臨床技術

論文受付
2021年5月23日

論文受理
2021年7月20日

Code Nos. 200
250
251

脳幹梗塞の診断における thin-slice gapless coronal DWI の臨床的意義と有用性

郡 倫一^{1,2}

¹ 小牧市民病院放射線科

² 金沢大学大学院医学系研究科

緒言

急性期脳梗塞で magnetic resonance imaging (MRI) での diffusion-weighted image (DWI) の有用性は確立している^{1,2)}。しかし、椎骨脳底動脈領域の脳幹などの領域では内頸動脈領域と比較して偽陰性が多いことが報告されている³⁾。脳梗塞の偽陰性を減らす目的で gapless 撮像や薄いスライス厚での撮像が有用であったとの報告⁴⁻⁷⁾や、脳幹梗塞において冠状断面や矢状断面での撮像の有用性が報告^{8,9)}されている。しかし、Felfeli らの報告⁸⁾では磁場強度が一定でないこと、gapless の撮像かどうか不明であること、脳幹梗塞の

発症時間が不明であり急性期症例だけではない可能性があるという問題点がある。また、撮像画像が増えることは有用であるが、検査時間が延長するというデメリットがある。したがって、脳幹梗塞発症からの経過時間の違いにおける thin-slice gapless coronal DWI (coronal DWI) の臨床的有用性を評価することを目的とする。

1. 方法

1-1 使用機器および対象

MR 装置と受信コイルは、Signa Excite HDxt Horizon

Usefulness and Clinical Significance of Thin-slice Gapless Coronal Diffusion-weighted Imaging for Acute Brainstem Infarction Diagnosis

Norikazu Koori^{1,2}

¹ Department of Radiology, Komaki City Hospital

² Graduate School of Medical Sciences, Kanazawa University

Received May 23, 2021; Revision accepted July 20, 2021

Code Nos. 200, 250, 251

Summary

Background: The lesions caused by brainstem infarction are usually small. Therefore, it is often difficult to diagnose them using axial diffusion-weighted imaging (axial DWI). The purpose of this study was to evaluate the usefulness of thin-slice gapless coronal DWI in acute brainstem infarction diagnosis by difference of elapsed time from the onset of cerebral infarction. **Methods:** Axial DWI and coronal DWI were performed in 90 patients (mean age: 70.0±12.5 years) with acute brainstem infarction. Patients were classified into four groups according to the elapsed time after the onset of brainstem infarction: <3 h (group A), 3–10 h (group B), 10–30 h (group C), and ≥30 h (group D). We compared axial DWI and coronal DWI in terms of visual evaluation score, apparent diffusion coefficient (ADC) value, and contrast in the four groups. **Results:** The visual evaluation scores were significantly higher using coronal DWI in groups A, B, and C than in group D. The ADC values in groups C and D were significantly higher in coronal DWI. The contrast in groups C and D was significantly higher in coronal DWI. **Conclusion:** Coronal DWI is especially useful for acute brainstem infarction diagnosis within 30 hours of its onset.

Key words: diffusion-weighted image (DWI), magnetic resonance imaging, coronal DWI, acute brainstem infarction, thin-slice gapless

1.5 T, 8 ch Brain coil (GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA) を使用した。

対象は、2016 年 1 月から 2019 年 5 月までに当院にて頭部 MRI 検査を受け、当院放射線科医または脳外科医によって、脳幹梗塞と診断された患者 90 名 (男性 52 名, 女性 38 名, 70.0±12.5 歳) を連続サンプリング法にて抽出し、後ろ向きに検討した。患者の病変部位は中脳 14 例, 橋 53 例, 延髄 21 例, 中脳・橋混合病変 1 例, 橋・延髄混合病変 1 例であった。また, 本研究は当院倫理委員会にて審査を受け、倫理規範の妥当性につき審査を受け承認された。

1-2 撮像条件

撮像パルスシーケンスは 3 軸別印加法の spin echo 型 single-shot echo-planar imaging 法を用いた。撮像条件の詳細は Table に示す。

Table Sequence imaging parameters of axial DWI and coronal DWI

DWI-sequence	Axial	Coronal
b value [s/mm ²]	0, 1000	
Repetition time [ms]	5000	3500
Echo time [ms]	81.4	77.5
Band width [kHz]	±250	
Field of view [mm]	250	
Slice thickness [mm]	5.5	2.4
Slice gap [mm]	1.2	0.0
Matrix	128×256	94×128
NEX	3	2
Phase FOV	1.0	0.8
SENSE factor	2.0	
Fat suppression	SSRF	
Phase direction	AP	RL
Scan time [s]	66	70

1-3 評価方法と統計解析

視覚評価参加者には病変部の位置などは伝えず、症例や撮像断面の違う画像をランダムに表示し、視覚評価を行った。視覚評価については axial DWI, coronal DWI のそれぞれで、5 点：100% 明瞭に病変が認識可能, 4 点：25% 程度偽病変の可能性あるが病変として認識可能, 3 点：病変の可能性高いが 50% 程度偽病変の可能性ある, 2 点：偽病変の可能性高いが 25% 程度病変の可能性ある, 1 点：全く病変として認識不可能の五つに分類分けした。また、視覚評価は MRI 業務に従事している診療放射線技師 5 名 (MRI 業務の従事歴平均 8.2 年) が別々に評価を行い、その平均値を視覚評価の点数とした。

Axial DWI と coronal DWI のそれぞれで円形の region of interest (ROI) を使用し、正常部と梗塞部での contrast と梗塞部の apparent diffusion coefficient (ADC) 値を求めた。その際の ROI の配置例を Fig. 1 に示す。また、ADC 値は $b=0$ s/mm² および $b=1000$ s/mm² における脳幹梗塞部の信号強度から式 (1) により測定した。Contrast は脳幹梗塞部と正常部は小脳の信号強度から式 (2) により測定した。

$$ADCvalue = -\ln \frac{(S_1/S_2)}{(b_1-b_2)} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 S_1 : $b=1000$ s/mm² における信号強度, S_2 : $b=0$ s/mm² の信号強度 b_1 : $b=1000$ s/mm², b_2 : $b=0$ s/mm² とした。

$$Contrast = \frac{Signal_{infarction}}{Signal_{normal}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 $Signal_{infarction}$: $b=1000$ s/mm² における脳幹梗塞部の信号強度, $Signal_{normal}$: $b=1000$ s/mm² の正常

Fig. 1 An example of region of interest selection for calculating ADC value and contrast.

部の信号強度とした。

また、得られたデータを Mann-Whitney's U test を使用して統計学的検定を行った。統計解析ソフトは EZR¹⁰⁾ を使用し、統計学的有意水準は 5%未満とした。

1-4 脳幹梗塞発症から検査終了時間との関係

脳幹梗塞発症時間と検査終了時間は電子カルテを参照し、算出した。また、統計解析を行うために脳幹梗塞発症から検査終了時間(発症-検査終了時間)を 3 時間未満(グループ A)、3 から 10 時間未満(グループ B)、10 から 30 時間未満(グループ C)、30 時間以上の群(グループ D)の 4 群に分類し、axial DWI と coronal DWI の視覚評価の点数、ADC 値、contrast を比較した。その際 ADC 値と contrast は視覚評価で病変を認識できた症例のみ測定した。また視覚評価の平均点が 3.5 点以上だった症例を検査陽性とし、検査陽性率を算出した。

2. 結果

脳幹梗塞発症から検査終了時間との関係 coronal DWI が有用であった代表的な画像を Fig. 2 に示す。

また、得られた結果を Fig. 3~5 に示す。Axial DWI と coronal DWI の視覚評価は発症からの経過時間が長いほど点数が高くなった。統計学的有意差はグループ発症からの経過時間が 30 時間未満のグループ群である A, B, C で有意差を認めた。Axial DWI と coronal DWI の検査陽性率はそれぞれグループ A で 45.5%と 63.6%, グループ B で 76.5%と 91.2%, グループ C で 96.3%と 100.0%, グループ D で 100.0%と 100.0%であった。Axial DWI と coronal DWI の ADC 値は発症からの経過時間が長いほど低くなり、contrast は経過時間が長いほど高くなった。統計学的有意差は発症からの経過時間が 10 時間以上のグループ群であるグループ C と D で有意差を認めた。

Fig. 2 Examples of coronal DWI useful for the detection of acute brainstem infarction.
(For an example, see arrow in Figure 2.)
The acute brainstem infarction is easier to identify with coronal DWI than with axial DWI.

Fig. 3 Comparison of visual evaluation scores between axial DWI and coronal DWI according to the time from onset of acute brainstem infarction to examination.
The symbol * indicates a significant difference at $p<0.05$, and the symbol ** indicates a significant difference at $p<0.01$.

Fig. 4 Comparison of ADC values between axial DWI and coronal DWI according to the time from onset of acute brainstem infarction to examination. The symbol ** indicates a significant difference at $p<0.01$.

Fig. 5 Comparison of contrast between axial DWI and coronal DWI according to the time from onset of acute brainstem infarction to examination. The symbol * indicates a significant difference at $p<0.05$, and the symbol ** indicates a significant difference at $p<0.01$.

3. 考 察

急性期脳梗塞の偽陰性率は脳梗塞全体で 5.8% から 11.2% と報告^{11, 12)} されているが、小脳・脳幹梗塞の場合は 7.0% と報告¹³⁾ されており、大脳梗塞に比べて脳幹梗塞は偽陰性率が高いことが示唆される。本研究では axial DWI よりも coronal DWI の方が視覚評価や contrast の値が高く、ADC 値は低い急性期脳幹梗塞の診断において coronal DWI が偽陰性率低下に有用であることが示唆された。これは脳幹梗塞が大脳梗塞と比べて梗塞巣が小さいため、通常の slice gap のある axial の撮像では slice gap 内に病変が存在することで検出できないためと考えられる。そのため gapless にした coronal DWI ではこの影響がなくなるため脳幹梗塞の検出率が向上したと考えられる。ま

た、厚いスライス厚の場合ではパーシャルボリューム効果によって脳幹梗塞部の信号値が正常部と平均化され、検出しにくいことが考えられるが、薄いスライス厚の coronal 断面を用いることで体軸方向に長い branch atheromatous disease (BAD) 病変を呈する病変の検出率が上がったと考えられる。また、axial の撮像では脳幹部は頭蓋底に近接しているため磁化率アーチファクトによる歪みの影響を受けやすいため、検出率が低下している可能性も考えられる¹¹⁾。それに対して coronal の撮像では脳幹部に対して平行にスライス断面を設定できるため、空気に接する部分が減り、磁化率アーチファクトによる歪みの影響を軽減できている可能性がある。

発症から 30 時間経過した群であるグループ D では

axial DWI と coronal DWI の視覚評価は 5.0 点 (100% 明瞭に病変が認識可能なレベル) 近くになり、両者で有意差はなかった。また、検査陽性率も発症から 30 時間経過した群では axial DWI と coronal DWI とともに 100.0% となり、両者で差がなかった。この理由として、脳梗塞が時間経過とともに完成され、DWI での信号上昇と ADC 値の低下が明瞭化するため axial DWI と coronal DWI での描出能に差が出なかったためと考えられる。しかし、脳梗塞発症から 30 時間未満のグループで有意差があったのは発症から検査までの時間が短いほど DWI での偽陰性が増えるためと考えられる^{3, 11~15)}。また、発症から早期に MRI 検査を行った患者で、脳梗塞を認めない患者の場合は、初回 MRI 検査で異常がなくても再検査を行うことは重要であると思われる。特に脳幹部は虚血耐性が強く、神経線維と核が密に混在し、細胞障害性浮腫に起因する ADC 値の低下が緩やかであると報告¹⁶⁾されているため、脳幹梗塞患者においては更に重要であると考えられる。本研究では coronal 断面を使用し評価を行ったが、sagittal 断面での有用性も報告されている⁹⁾。しかし、脳幹梗塞の BAD 病変は RL 方向よりも AP 方向に多い可能性¹⁷⁾があるため、sagittal 断面と比較して、coronal 断面の方がより病変検出率が向上する可能性がある。

リミテーションとして、本研究ではスライス厚は使用装置の最小値を使用した。脳幹梗塞に対するスライス厚の最適値についての検討は行っていない。スライス厚の低下によって signal-to-noise ratio (SNR) の低

下が発生するのであまりに薄いスライス厚では脳幹梗塞の検出率が低下する可能性がある。しかし、axial のスライス厚の検討ではスライス厚を半分程度に変更した場合、感度・特異度の上昇を認めたという報告^{4~7)}があり、本研究で使用したスライス厚では SNR の低下より、薄いスライス厚による病変部とのコントラスト上昇効果の方が高いと考えられる。また、axial と coronal のスライス厚や面内分解能が異なっており、axial と coronal の断面の違いだけを評価できていない。

4. 結 論

本論文では脳幹梗塞発症患者において axial DWI と thin-slice gapless coronal DWI での比較評価を行った。その結果、脳幹梗塞発症から 30 時間以内の急性期脳幹梗塞の診断に coronal DWI が有用であった。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、実験に協力いただいた小牧市民病院放射線科の前田安貴子技師に感謝いたします。

また、本研究の要旨は第 47 回日本放射線技術学会秋季学術大会 (2019 年、大阪) にて発表した。

利益相反

筆頭著者は本論文に関して開示すべき利益相反はない。

参考文献

- 1) Lutsep HL, Albers GW, DeCrespigny A, et al. Clinical utility of diffusion-weighted magnetic resonance imaging in the assessment of ischemic stroke. *Ann Neurol* 1997; 41(5): 574-580.
- 2) González RG, Schaefer PW, Buonanno FS, et al. Diffusion-weighted MR imaging: diagnostic accuracy in patients imaged within 6 hours of stroke symptom onset. *Radiology* 1999; 210(1): 155-162.
- 3) 石川達也, 湯浅直樹, 大友卓, 他. 初回 MRI 拡散強調画像が陰性であった急性期脳梗塞症例の検討. *脳卒中* 2006; 28(2): 280-285.
- 4) Sorimachi T, Ito Y, Morita K, et al. Thin-section diffusion-weighted imaging of the infratentorium in patients with acute cerebral ischemia without apparent lesion on conventional diffusion-weighted imaging. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2008; 48(3): 108-113.
- 5) Entwistle T, Perchyonok Y, Fitt G. Thin section magnetic resonance diffusion-weighted imaging in the detection of acute infratentorial stroke. *J Med Imaging Radiat Oncol* 2016; 60(5): 616-623.
- 6) Nakamura H, Yamada K, Kizu O, et al. Effect of thin-section diffusion-weighted MR imaging on stroke diagnosis. *AJNR Am J Neuroradiol* 2005; 26(3): 560-565.
- 7) 澤村正典, 大川剛史, 大石渉, 他. 急性期脳梗塞における thin section 拡散強調画像の有用性. *脳卒中* 2016; 38(4): 233-238.
- 8) Felfeli P, Wenz H, Al-Zghoul M, et al. Combination of standard axial and thin-section coronal diffusion-weighted imaging facilitates the diagnosis of brainstem infarction. *Brain Behav* 2017; 7(4): e00666.
- 9) 林成人, 武田直也, 藤田勝三, 他. 急性期脳幹梗塞の診断における拡散強調画像矢状断像の有用性. *脳卒中* 2009; 31(1): 34-37.
- 10) Kanda Y. Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics. *Bone Marrow Transplant* 2013; 48(3): 452-458.
- 11) Oppenheim C, Stanescu R, Dormont D, et al. False-negative diffusion-weighted MR findings in acute ischemic stroke. *AJNR Am J Neuroradiol* 2000; 21(8): 1434-1440.
- 12) 浦口健介, 假谷伸, 岡愛子, 他. 初回 MRI で偽陰性だった脳幹・小脳梗塞症例の検討. *日耳鼻* 2016; 119(10): 1290-1299.
- 13) 成澤綾, 社本博, 清水宏明, 他. 脳幹梗塞急性期の拡散強

- 調 MRI. 脳と神経 2001; 53(11): 1021-1026.
- 14) Cormier PJ, Long ER, Russell EJ. MR imaging of posterior fossa infarctions: vascular territories and clinical correlates. Radiographics 1992; 12(6): 1079-1096.
- 15) Chalela JA, Kidwell CS, Nentwichet LM, et al. Magnetic resonance imaging and computed tomography in emergency assessment of patients with suspected acute stroke: a prospective comparison. Lancet 2007; 369(9558): 293-298.
- 16) Axer H, Grassel D, Brämer D, et al. Time course of diffusion imaging in acute brainstem infarcts. J Magn Reson Imaging 2007; 26(4): 905-912.
- 17) 田中弘道, 斎藤潤, 磯江健二, 他. 傍正中枝入口部閉塞による橋梗塞の臨床的検討. 脳卒中 1995; 17(1): 51-57.

問合先

〒485-8520 小牧市常普請1丁目20番地
小牧市民病院放射線科 郡 倫一