3.0T MRI による頸椎椎間孔部神経根の撮影

3.0T MR Imaging of the Cervical Nerve Root in the Intervertebral Foramen

古賀 久伸 大石 豪

Hisanobu Koga, M. D., Tsuyoshi Oishi, M. D.

Abstract

The symptoms of the cervical spondylosis are various because of the complexity of the relationship between the causative degeneration and the nerve root. One of these symptoms, severe pain, is caused by an impaired root in the intervertebral foramen and demands an accurate and rapid diagnosis. Clear imaging of the affected root in the vertebral foramen is difficult to obtain with conventional X-ray, CT scan, CT myelography and/or MRI. Accordingly, we have used 3.0T MRI for detecting the root in the intervertebral foramen since July 2007. The various imaging methods and assorted clinical cases are demonstrated and discussed.

Methods : For our 3.0T MRI, an Achieva 3.0T (Philips, the Netherlands) was used. Sequences for imaging the nerve root were : Balanced Fast Field Echo (B. FFE), T2 multiple fast field echo (T2*) and T2 turbo spin echo (T2 TSE). Each image can be further reconstructed for acquiring a more visible view.

Results : Physical examinations, MRI views and surgical findings corresponded well with each other. Very small degenerations which compressed the nerve roots, could also be detected with the MRI.

Conclusions : 3.0T MRI has definite diagnostic advantage. Operative indication and method, especially for minimally invasive surgery would be reconsidered with 3.0T MRI.

(Received : September 9, 2008 ; accepted : October 13, 2008)

Key words

3.0T MRI, cervical nerve root, intervertebral foramen, radiculopathy

はじめに

頸椎症による神経症状は、脊髄、各神経と病変の関係から多彩になるが、低侵襲の治療にあたっては責任病巣の細かな同定が重要になる。特に椎間孔部の骨棘、椎間板ヘルニアによる神経圧迫では、強い症状をきたす例や、ほかの神経筋疾患との鑑別が困難な例があり、同定に正確さと迅速さが要求される¹⁾。従来の X 線や CT, CT myelography (CTM) は神経根を直接描出することはできず、また MRI による神経根の描出は機器の性能、撮像条件で

大きく異なる。われわれは 2007 年 7 月に 3.0T MRI を導入し、脊髄、神経根描出が容易となり、診断および治療に大きく改良を加えることができたので、その撮像法、事例などを提示し考察する。

方 法

使用機器 : Achieva[®] 3.0T (フィリップスエレクトロニクスジャパン)

撮像法 : 通常の T1, T2 撮像でスクリーニングを行っ

長崎森の木脳神経外科／〒851-2127 長崎県西彼杵郡長与町高田郷 698-1〔連絡先：古賀久伸〕

Address reprint requests to : Hisanobu Koga, M. D., Nagasaki Morinoki Neurosurgical Clinic, 698-1 Koda-go, Nagayo-cho, Nishisonogi-gun, Nagasaki 851-2127, Japan

Fig. 1

Axial views of B. FFE (a), T2* (b) and T2 TSE (c).

a : the photo shows the clear root running.

b : this image emphasizes the contrast of the different tissues.

c : postoperative T2 TSE shows a minimal metal artifact image.

Table 1 Sequences of MRI for imaging the intervertebral foramen

	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	NSA	Flip angle (deg)	Scan mode	Thickness (mm)	Matrix	Scan time (min'sec)
B. FFE	7	2.7	150	4	4.5	3D	0.5	304	3'59
T2*	35	TE/ Δ TE 5.5/7.0	150	2	8	3D	1	400	4'17
T2 TSE	3000	80	150	3	90	2D	3	480	2'43

FOV : field of view, NSA : number of signals averaged, B. FFE : balanced fast field echo, T2* : T2 multiple fast field echo, T2 TSE : T2 turbo spin echo.

た後、脊髄、神経根を明瞭に描出する撮影を行う。Balanced Fast Field Echo 法（以下、B. FFE）で神経根の描出を目的に行い、コントラストが鮮明な T2 multiple fast field echo 法（以下、T2*）は脊髄構造、神経圧迫の質的診断を目的に行う。また術後の評価は金属アーチファクトの少ない T2 turbo spin echo 法（以下、T2 TSE）を追加する（Fig. 1）。B. FFE および T2*では 3D 撮影を行い、随意に再構成して斜位像などを追加する。これらの撮像条件を Table 1 に示す。

■ 結 果

正常例と代表症例を提示する。

【正常例】

B. FFE 軸位像による神経根の走行を示す（Fig. 2）。脊柱管内から椎間孔内外まで全走行をとらえることが可能である。さらに再構成斜位像を作製すると、前根、後根それぞれの走行を詳細に検討することができる（Fig. 3）。

【症例 1】

患者：63 歳、女性

左上腕外側の激しい痛みと肩関節運動制限があり、肩関節症の治療を受けるも改善せず来院した。MRI B. FFE および T2*にて、左 C4/5 椎間孔内に神経根を圧迫する

所見がみられた。これによる C5 の強い radicular pain と診断した。手術により椎間板ヘルニアが確認され、摘出した。術後症状は改善した（Fig. 4）。

【症例 2】

患者：66 歳、男性

約 1 年前に手根管症候群と診断され、手術を受けていたが、右第 3 指の強い痛みが持続したため、MRI を撮影した。右 C6/7 椎間孔内に小さな骨棘とヘルニアを認め、これによる C7 radicular pain と診断した。術中所見と MRI 所見は一致し、術後症状は急速に寛解した（Fig. 5）。

【症例 3】

患者：57 歳、男性

左上腕前腕内側から手関節以下の強いしびれ感と、手指筋力低下、骨間筋委縮を認めた。MRI で左 C6/7、C7/T1 椎間孔の骨棘による神経根圧迫がみられ左 C7、C8、T1 の神経根症と診断した。手術を行い、C6/7、C7/8 椎間孔で神経根を強く圧迫する骨棘を認め摘出した。術後症状は改善した（Fig. 6）。

【症例 4】

患者：65 歳、男性

他院で椎弓形成術を受けたが症状が改善せず来院した。右上肢手関節以下の知覚障害と手関節屈伸力、肘関節伸展力、および握力低下、橈骨反射、三頭筋反射の減弱が

Fig. 2 B. FFE sequence demonstrating the entire normal nerve root morphology

- a : origin of the nerve root in the cervical canal.
b, c : the root in the intervertebral foramen.
d : the ganglion of the nerve root (arrows).

Fig. 3 Reconstruction of B. FFE

- a : ventral nerve roots.
b : dorsal nerve roots.

Fig. 4 Case 1

- a : B. FFE shows a small disc hernia in the C4/5 intervertebral foramen.
b : T2* shows the same finding.
c : operative findings show the correspondence with the MRI findings.

Fig. 5 Case 2

- a, b : axial MRI findings demonstrate a small spur in the right C6/7 intervertebral foramen.
c : oblique view.
d : operative finding showing the corresponding appearance.

Fig. 6 Case 3

- a, b : spur formations occupy the entire C6/7 and C7/T1 intervertebral foramina.
 c : oblique view shows the occluded intervertebral foramina.
 d : the intraoperative X-ray (left upper) shows the micro instrument and the photo demonstrating the spur formation in the C7/T1 intervertebral foramen.

Fig. 7 Case 4

- a - c : MRI shows bilateral spur formations compressing the roots in the C5/6 and C6/7 intervertebral foramina.
 d, e : operative findings in the right (upper) and left (lower) C6/7 vertebral foramina.

みられた。また左上肢も 3, 4, 5 手指の知覚異常と右側と同様の筋力、反射異常がみられた。MRI で右 C5/6, 両側 C6/7 椎間孔に骨棘による神経圧迫所見を認め、両側 C6-8 の神経根症と診断した。各部位で foraminotomy を施行し、MRI 所見との一致を確認した。術後症状は改善した (Fig. 7)。

【症例 5】

患者：73 歳，男性

右上腕外側から第 1 指にかけての強い痛みと第 2, 3 指に強いしびれ感を訴えた。運動時痛もあり右手全体に運動不全を認めた。X 線斜位像，CT 撮影では，右 C5/6 椎間孔の骨棘による狭小化がみられたが，右 C4/5 には

Fig. 8 Case 5

- a : oblique X-ray view of the right intervertebral foramen.
 b, c : CT scan shows the right C4/5 (b) and C5/6 (c) intervertebral foramina.
 d, e : T2* MRI images demonstrate the C4/5 disc herniation (d) and C5/6 spur formation (e) in the intervertebral foramina.

所見を認めなかった。MRI B. FFE では、右 C4/5 椎間孔部に高信号領域の突出がみられ、右 C5/6 椎間孔は低信号領域で占められていた。右 C4/5 椎間板ヘルニアと右 C5/6 骨棘による神経根圧迫による症状と診断した。手術によりこれらを摘出し、症状は軽快した (Fig. 8)。

■ 考 察

頸椎神経根症は耐えがたい急激な疼痛で発症するものから、慢性的に進行するもの、自然治癒するものまで多彩な臨床経過があり、診断と治療指針にさまざまな意見がある²⁾。診断については身体所見を重視するものから、画像を優先させるものまで意見の分かれるところである³⁻⁵⁾。身体所見については各神経根の典型症状がみられるものから、多椎間神経根症や脊髓症の混合例や末梢の神経絞扼症候群との鑑別が困難な例がある^{6,7)}。また椎間孔レベルと神経根レベルとの乖離がある例もあり、身体所見のみでは責任部位の同定は不正確になる^{8,9)}。

椎間孔部の画像診断は X 線撮影、CT、CT myelography (CTM)、MRI、などの組み合わせで行うが、神経根の全走行を描出してその圧迫所見を得ることは従来の方法では困難であった^{5,10,11)}。脊髓変化の診断には MRI がよい

としても、椎間孔部の診断には CTM が優れているとする報告もある¹²⁾。しかし CTM では神経根の直接的圧迫所見を得ることはできない。また MRI では斜位像が有効とする報告もあるが、低磁場の MRI 装置による神経根描出には限界があると考えられる¹³⁾。

3.0T MRI による椎間孔部撮像についてはこれまで報告がなく、検討されていない。今回示した例はいずれも症状と画像所見、および手術所見が一致し、術後成績も良好であった。また保存的治療例においても、これまでよりも的確な診断を得て、納得のいく治療計画、説明が可能となっている。3.0T MRI は十分に価値ある診断装置であると考えられる。

撮像法については、神経根の走行、圧迫を主とする方法やコントラストを重視して質的診断を主とするもの、術後の金属製固定具によるアーチファクトを軽減させる方法など、症例に応じた選択を行う。また 3D 撮影を用いると任意の方向で再構成が可能で、撮影後に症状と照らし合わせて画像作製を検討することができる。撮像法により時間は異なるが、いずれも短時間で撮影可能で、強い痛みのある例でも診断可能な画像が得られる。

治療にあたっては、責任病巣の量的、質的同定、症状との関連の検討が重要である。骨性病変には単純 X 線写

真, CT の補助が必要ではあるが, 骨変化に伴った小さな椎間板ヘルニアによる神経根症 (症例 1) も 3.0T MRI では診断可能である。また多椎間の異なる病変 (症例 4, 5), 脊髄症との合併例などで神経症状と病変の関係が不明瞭な例, 神経絞扼症候群と紛らわしい例 (症例 2), 呼吸性移動などで画像が不鮮明になる下部頸椎病変 (症例 3), 術後で再評価を要する例 (症例 4), 変性疾患との鑑別困難例などに対する細かな診断, 検討が可能となる。

椎間孔部の手術は除圧を完全にすることが要求される。不十分な除圧のために再手術を要する例も多く, 低侵襲と考えられる foraminotomy を敬遠, 推奨しないとする報告もある¹⁴⁾。しかしこれも術前の不正確な診断によるものであり, 症状と画像所見を十分に照らし合わせて除圧範囲を決定することで, 好成績を得ることができると考えられる。この点においても 3.0T MRI の優位性は確実で, 今後手術法の再検討にも関与してくるものと考えられる。

■ 結 語

3.0T MRI による椎間孔部神経根描出を示した。神経根の全走行の描出が明瞭で, 病巣と神経根の関係を十分に検討することが可能であり, 低侵襲の頸椎神経根症の手術に今後不可欠なものになると考える。

文 献

- Shedid D, Benzel EC : Cervical spondylosis anatomy : pathophysiology and biomechanics. *Neurosurgery* **60** : S7-13, 2007
- Boyce RH, Wang JC : Evaluation of neck pain, radiculopathy, and myelopathy : imaging, conservative treatment, and surgical indications. *Instr Course Lect* **52** : 489-495, 2003
- Shah KC, Rajshekhar V : Reliability of diagnosis of soft cervical disc prolapse using Spurling's test. *Br J Neurosurg* **18** : 480-483, 2004
- Sasso RC, Macadaeg K, Nordmann D, et al : Selective nerve root injections can predict surgical outcome for lumbar and cervical radiculopathy : comparison to magnetic resonance imaging. *J Spinal Disord Tech* **18** : 471-478, 2005
- Roth C, Papanagiotou P, Krick C, et al : [Imaging cervical myelo- and radiculopathy]. *Radiologe* **46** : 993-1000, 2006
- Abbed KM, Coumans JV : Cervical radiculopathy : pathophysiology, presentation, and clinical evaluation. *Neurosurgery* **60** : S28-34, 2007
- Kaiser MG : Multilevel cervical spondylosis. *Neurosurg Clin N Am* **17** : 263-275, vi, 2006
- Chang H, Park JB, Hwang JY, et al : Clinical analysis of cervical radiculopathy causing deltoid paralysis. *Eur Spine J* **12** : 517-521, 2003
- Ozgur BM, Marshall LF : Atypical presentation of C-7 radiculopathy. *J Neurosurg* **99** : 169-171, 2003
- Spector LR, Kim DH, Affonso J, et al : Use of computed tomography to predict failure of nonoperative treatment of unilateral facet fractures of the cervical spine. *Spine* **31** : 2827-2835, 2006
- Sohn HM, You JW, Lee JY : The relationship between disc degeneration and morphologic changes in the intervertebral foramen of the cervical spine : a cadaveric MRI and CT study. *J Korean Med Sci* **19** : 101-106, 2004
- Serrano Castro PJ : [Diagnosis of cervical spondylitis disease : An evidence based review]. *Rev Neurol* **33** : 1185-1193, 2001
- Goodman BS, Geffen JF, Mallempati S, et al : MRI images at a 45-degree angle through the cervical neural foramina : a technique for improved visualization. *Pain Physician* **9** : 327-332, 2006
- Pechlivanis I, Brenke C, Scholz M, et al : Anterior uncoforaminotomy in the treatment of recurrent radiculopathy after anterior cervical discectomy with fusion. *Minim Invasive Neurosurg* **49** : 323-327, 2006