

腰椎 MRI における神経根描出の検討

別所貴仁¹⁾ 場合美奈子¹⁾ 赤坂正明¹⁾ 山口健二¹⁾ 三味篤¹⁾ 森下毅¹⁾ 角弘論¹⁾

¹⁾ 恵寿総合病院 放射線部 放射線課 ²⁾ 恵寿総合病院 放射線部

【要旨】

椎間孔部の評価には MR-myelography が有用であるとの報告があり、通常 Balanced シーケンス（当院では true steady state free precession : true SSFP）が用いられている。Balanced シーケンスの信号強度は組織の T1, T2 値の比により決定され、T2/T1 値が比較的大きな値をとる髄液や血液、脂肪などは高信号を呈する。しかし、髄液や血液が非常に強い高信号として描出されて他の組織の信号が相対的に低下するため、軟部組織のコントラストが低く、椎間孔部やその遠位である椎間孔外部の腰椎神経根の描出は明瞭ではない。そこで、軟部組織コントラストの改善と椎間孔外部の腰椎神経根を明瞭に描出することを目的として、true SSFP と three dimensional-field echo (3D-FE_fc) 法の 2 種類のシーケンスで、flip angle (FA) を 10 度から 60 度まで 10 度毎に変化させて撮像条件の検討を行った。

ボランティア撮像における検討で、腰椎神経根の描出能は信号強度の低下が小さい 3D-FE_fc 法の FA10 度が最も優れていた。true SSFP は脊髄液の強い高信号化と血流の遅い椎体周囲静脈の高信号が障害陰影となり、腰椎神経根の描出を低下させる要因になったと考える。3D-FE_fc 法の MR-myelography を通常の腰椎 MRI 検査に追加することで、神経根遠位部病変の診断率が向上し、far-out syndrome や外側型椎間板ヘルニアが多く見つかる可能性があると考ええる。

Key Words : MR ミエログラフィ, 腰椎神経根, 腰椎椎間孔狭窄症

【はじめに】

近年、magnetic resonance imaging(MRI)の一撮像法である Balanced シーケンスは、超高速で高い信号雑音比 (signal-to-noise ratio : SNR) を得ることができるために、さまざまな領域で臨床利用されている。椎間孔部の評価には MR-myelography が有用であるとの報告があり、通常 Balanced シーケンス(当院では true steady state free precession: true SSFP) が用いられている。Balanced シーケンスの信号強度は組織の T1, T2 値の比により決定され、T2/T1 値が比較的大きな値をとる髄液や血液、脂肪などは高信号を呈する。しかし、髄液や血液が非常に強い高信号として描出されて他の組織の信号が相対的に低下するため、軟部組織のコントラストが低く、椎間孔部やその遠位である椎間孔外部の腰椎神経根の描出は明瞭ではない^{1,2)}。腰椎神経根の走行や外側病変を明瞭に描出することは臨床的に有用であり、腰椎神経根症に対する手術成績にも影響を及ぼす^{3,4)}。そこで、軟部組織コントラストの改善と椎間孔外部の腰椎神経根を明瞭に描出することを目的として、true SSFP と three dimensional-field echo (3D-FE_fc) 法の 2 種類のシーケンスで撮像条件の

検討を行った。

【対象と方法】

使用機器は、TOSHIBA 社製 1.5 T MRI 装置 : EXCELART Vantage XGV F2-Edition Ver.8.02 と脊椎用コイル : CTL array coil を用いた。本研究に同意が得られた健常ボランティア 4 名(平均 29.8 歳)を対象として、true SSFP と 3D-FE_fc 法の 2 種類のシーケンスで、flip angle (FA) を 10 度から 60 度まで 10 度毎に変化させて coronal 断面にて撮像を行った。

true SSFP の FA 以外の撮像パラメータは、TR:14.7 ms, TE:7.2 ms, スライス厚 : 2.0 mm, matrix : 224×224, field of view (FOV) : 30×30 cm, 加算回数 : 2, 脂肪抑制法 : CHESS 法, バンド幅 : 244 Hz/pixel, スライス枚数 : 25 枚, 撮像時間 : 2 min 58 s とした。

3D-FE_fc 法の FA 以外の撮像パラメータは、TR:34.8ms, TE:10ms, スライス厚:2.0 mm, matrix : 224×224, field of view (FOV) : 30×30 cm, 加算回数 : 1, 脂肪抑制法 : WET 法, バンド幅 : 122 Hz/pixel, スライス枚数 : 25 枚, 撮像時間 : 3 min 31

sとした。

軟部組織コントラストと腰椎神経根の描出能を検討するために、ボランティア画像を用いて各組織コントラスト評価と腰椎神経根の信号強度測定および診療放射線技師による視覚評価を行った。組織コントラスト測定は脊髄液、神経根、椎間板、腸腰筋、椎体にそれぞれ5個のROIを設定し、それぞれの信号の平均値を測定した(図1)。ここでのROIの大きさは16 pixelとした。そして画像上、信号強度の低い脊椎に対するその他の組織コントラスト比を以下の式で算出した。

コントラスト = $\frac{|(SI_T - SI_{BG})|}{\{(SI_T + SI_{BG})/2\}}$
ここで、 SI_T は各組織の平均信号強度、 SI_{BG} は脊椎の平均信号強度である。

次に腰椎神経根の信号強度測定は、腰椎神経根の近位部～遠位部にかけて8カ所にROIを設定し、その平均信号強度を測定した。ここでのROIの大きさは16 pixelとした。

【結果】

各ボランティアにおける true SSFP の脊椎に対する各組織のコントラストを図2に、3D-FE_fc法の脊椎に対する各組織のコントラストを図3に示す。true SSFPではFAが大きいほど脊髄液のコントラストが上昇した。またボランティア間のばらつき

はあったが、FA変化における神経根、椎間板のコントラストはほぼ横ばい、腸腰筋のコントラストはFAが大きくなると若干低下した。3D-FE_fc法では、脊髄液のコントラストはFA=10度から30度の間で急激に低下した。また、神経根、椎間板、腸腰筋のコントラストはボランティア間のばらつきが大きかった。

FA変化における腰椎神経根の近位から遠位にかけての平均信号強度を図4に示す。true SSFPでは腰椎椎間孔部で急激に信号強度が低下し、末梢へ向かうに従いさらに信号強度が低下した。また、小さいFAほど腰椎神経根の信号強度は高かった。3D-FE_fc法は、小さいFAでは腰椎神経根近位から遠位にかけて低下が見られたが、true SSFPに比べて信号強度の低下は小さかった。

各ボランティアの画像を図5、6に例示する。true SSFPでは大きなFAで脊髄液の信号強度が高く、腰椎神経根の描出能と軟部組織コントラストが低下した。FAを30度付近まで小さくすると脊髄液の信号を抑えることができ、腰椎神経根の描出能と軟部組織コントラストが改善した。3D-FE_fc法では、FAが大きくなるにつれて脊髄液の信号強度が明らかに低下し、FA=40度以上で軟部組織コントラストが低下した。椎間孔外部の腰椎神経根の描出能は小さいFAが優れていた。

図1 各組織におけるROI設定

脊髄液、神経根、椎間板、腸腰筋、椎体にそれぞれ5個のROIを設定し、平均値を算出

組織間測定法

脊椎に対する各組織の
信号強度を測定

$$\text{コントラスト} = \frac{(SI_T - SI_{BG})}{(SI_T + SI_{BG})/2}$$

SI_T : 各組織の平均信号値

SI_{BG} : 脊椎の平均信号値



図 2 true SSFP において各ボランティア画像の FA 変化による各組織コントラスト変化

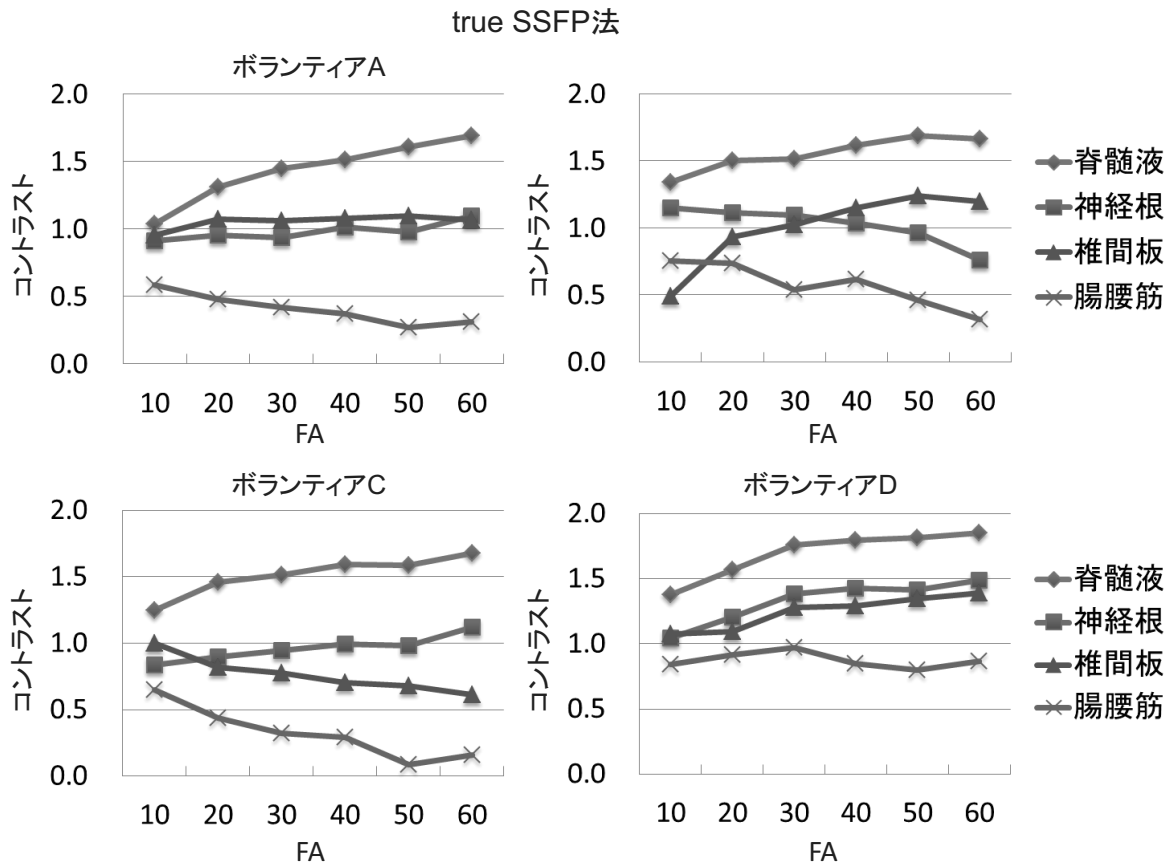


図 3 3D-FE_fc 法において各ボランティア画像の FA 変化による各組織コントラスト変化

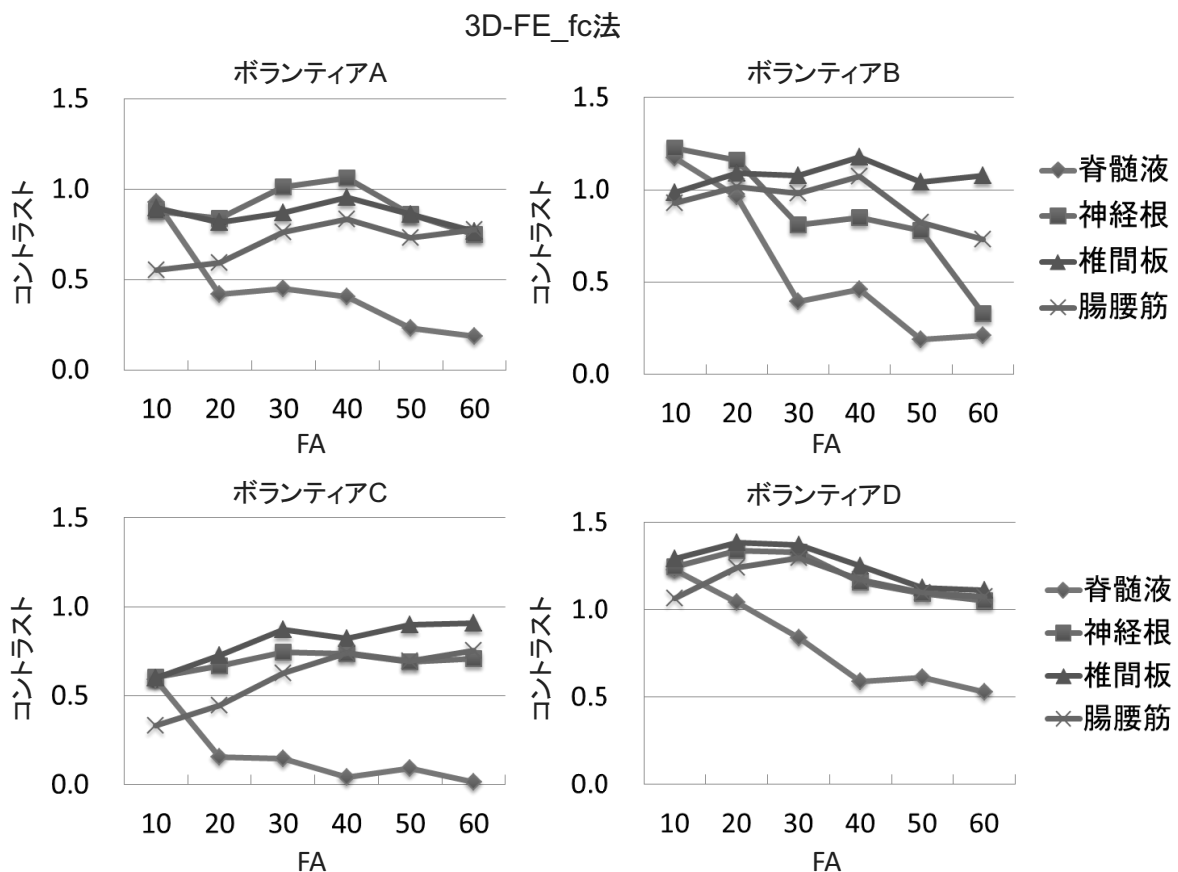
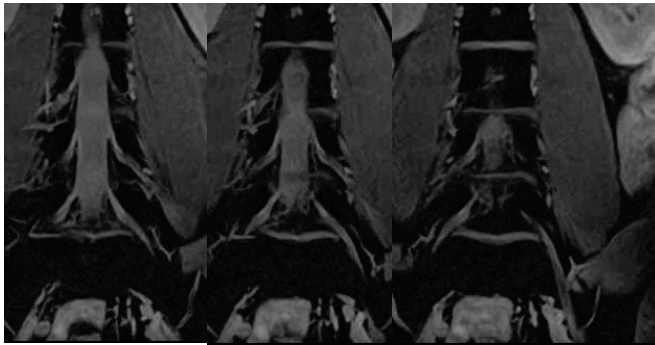


図 4 true SSFP と 3D-FE_fc 法において FA の違いによる腰椎神経根近位～遠位にかけての信号強度変化



腰椎神経根の信号強度

腰椎神経根近位～遠位にかけてROIをとり、その平均信号強度を計測

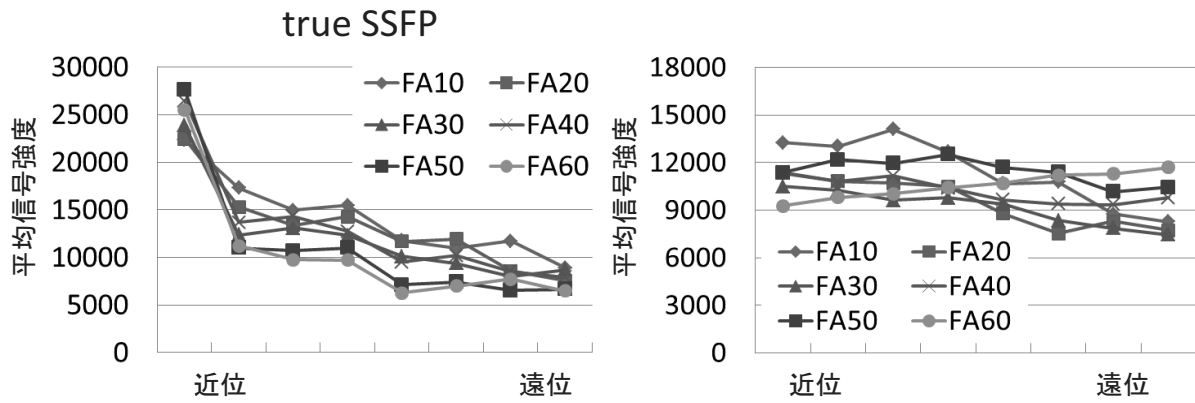


図 5 true SSFP の FA 変化における腰椎画像

true SSFP

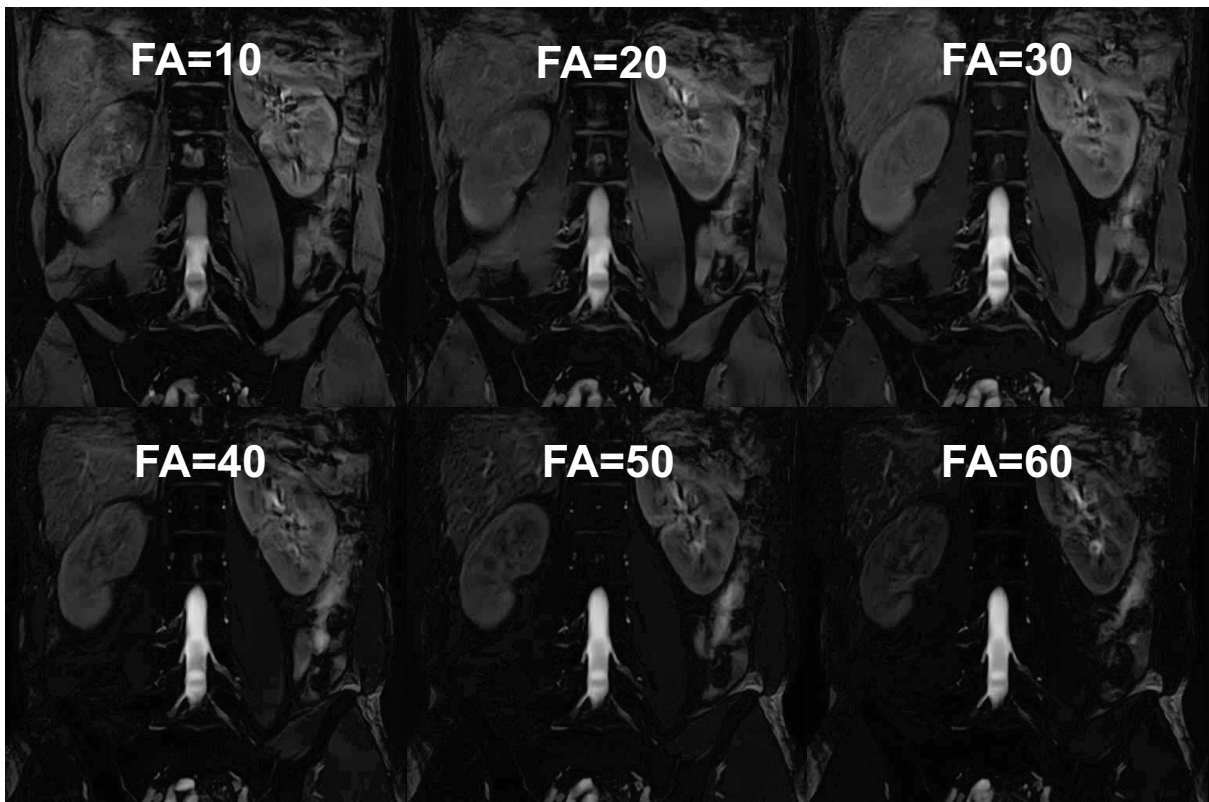
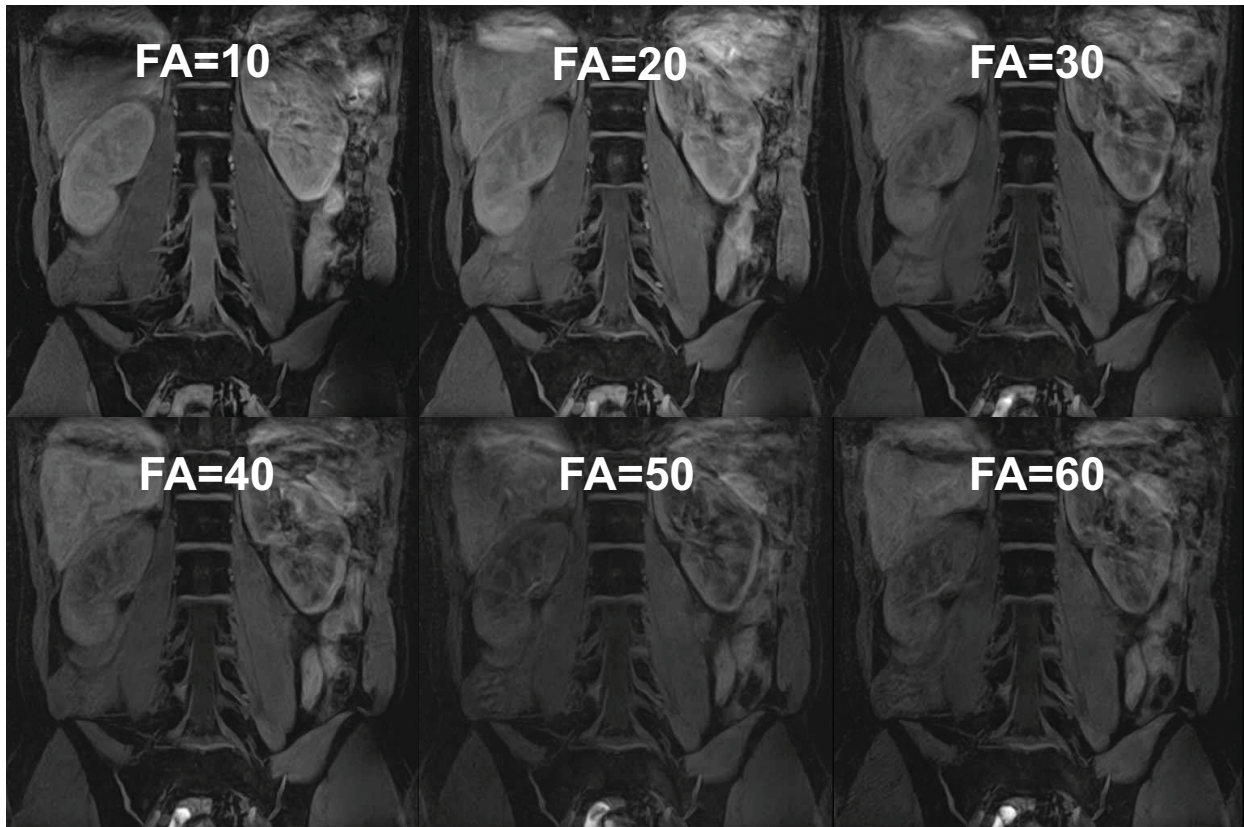


図 6 3D-FE_fc 法の FA 変化における腰椎画像

FE3D_fc法



【考察】

脊椎・脊髄における MRI 検査は、その高い組織コントラストから非侵襲的な検査法として幅広く利用されており、腰椎疾患の診断に対しても必要不可欠な検査となっている。しかし、現在の MRI での通常撮像では神経根の描出に限界があるとの見解もある⁵⁻⁷⁾。そのため、軟部組織コントラストの改善と腰椎神経根の遠位部描出を目的として、true SSFP と 3D-FE_fc 法の 2 種類のシーケンスで撮像条件の検討を行った。

ボランティア撮像における検討で、腰椎神経根の描出能は信号強度の低下が小さい 3D-FE_fc 法の FA=10 度が最も優れていた。これは各組織の縦緩和の違い、すなわち 3D-FE_fc 法では FA が小さいほど縦緩和が早く回復するので、脊髄液および腰椎神経根のコントラストが高くなったと考える。一方、true SSFP は定常状態部のデータを用いるため、短時間で heavy T2 強調像を得ることができ、その画像コントラストは T2/T1 値に依存する。true SSFP の物理評価および視覚評価において、腰椎椎間孔部

で急激に腰椎神経根の信号強度が低下した。これは腰椎椎間孔部で腰椎神経根が 2 本の神経節に分かれたためと考える。また、true SSFP は脊髄液の強い高信号化と血流の遅い椎体周囲静脈の高信号が障害陰影となり、腰椎神経根の描出を低下させる要因になったと考える。3D-FE_fc 法はこれらの高信号部分に対する問題点の影響が小さく、良好な軟部組織コントラストと腰椎神経根遠位部が描出可能となった。そのため、3D-FE_fc 法の MR-myelography を通常の腰椎 MRI 検査に追加することで、神経根遠位部病変の診断率が向上し、far-out syndrome や外側型椎間板ヘルニアが多く見つかる可能性があると考えられる。

【文献】

- 1) 青田洋一：腰椎椎間孔内狭窄症に対する MRI と MR ミエロの診断精度. 整形外科 61(1):83-86,2010
- 2) 堀 正明, 石亀慶一, 山口 晶, 他. : 脊髄の balanced sequence MRI, MR myelography. 脊椎脊髄 21(2) : 123-128, 2008
- 3) Ross JS. Newer sequence for spinal MR imaging : smorgasboard or succotash of acronym?. AJNR Am J Neuroradiol 20(3) : 361-373, 1999
- 4) 二階堂琢也, 紺野慎一：腰部脊柱管狭窄の再手術の原因と revision 手技. 脊椎脊髄 22(7) : 835-839, 2009
- 5) 吉本三徳, 岩瀬岳人, 井田和功, 他：外側型腰椎椎間板ヘルニアの診断と内視鏡下椎間板切除術. 整形・災害外科 52(9) : 1071-1076, 2009
- 6) 山田 宏, 吉田宗人, 木戸義照, 他：脊髄神経根の3次元 MRI. 脊椎脊髄 21(2) : 115-121, 2008
- 7) 岩崎 博, 吉田宗人, 山田 宏, 他：Far-out syndrome の診断法. 整形・災害外科 52(9) : 1081-1087, 2009
- 8) 豊根知明, 男澤朝行, 渡辺淳也：腰椎椎間孔狭窄の画像診断. 脊椎脊髄 23(5) : 515-520, 2010