 原 著

順天堂医学 43 (1)
p. 78 ~ 84 (1997)

健常者および椎間板ヘルニア術後における MRI 像による腰椎硬膜管断面積の検討

Measurement of the cross-sectional area of the dural tube in the lumbar spine
on magnetic resonance imaging-Comparison between normal, pre-
and post-discectomy conditions

松 林 保 智*

YASUTOMO MATSUBAYASHI, M. D.

目的：腰椎椎間板ヘルニアの術前・術後評価法として経時的 MRI 撮像と、それによる硬膜管断面積を測定比較することの有用性を検討した。

対象：年齢構成をほぼ等しくとった健常対照群 73 例 219 椎間と、椎間板ヘルニア摘出術を受けた 25 症例 25 椎間の術前・術後の MRI axial 像を調査対象とした。

方法：対照群およびヘルニア手術群を経時的に同条件にて MRI 撮像し、横断面像の硬膜管断面積を 1 mm 方眼紙にトレースしその専有面積を求めた。あわせて術前・術後の臨床症状の点数評価も参考とした。

評価方法と成績：対照群と患者術前の硬膜管断面積比較では、術前には約 50% と有意に ($p < 0.01$) 減少していた。術後 1 カ月の硬膜管断面積は術前と比べ有意な ($p < 0.01$) 増加を認めず、血腫・浮腫などの異常信号域の存在により術後評価にはあまり適さなかった。

結論：術後 3 カ月以降の硬膜管断面積は、術前と比べ有意に増加しており、臨床症状の改善度とも正の相関関係を示し、術後評価法としての有用性が認められた。

キーワード：腰椎椎間板ヘルニア、硬膜管、MRI、術後変化

Key words: lumbar disc herniation, dural tube, magnetic resonance imaging, postoperative change

緒 言

腰椎椎間板ヘルニアにおいて magnetic resonance imaging (以下 MRI と略) の axial 像における硬膜管断面積を測定し、術前・術後診断法としての有用性について検討した。まず健常者の腰部硬膜管断面積を測定し、椎間別・性別・年代別

に比較検討した。健常者と術前の硬膜管断面積を比較し、ヘルニア塊による圧迫により硬膜管がどのように縮小しているかを確認した。また術後評価法としての価値を確認するため、簡便に任意の断面を反復撮像できるという MRI の利点を利用して、経時的 MRI 撮像によりヘルニア摘出部位や周囲組織の変化、および硬膜管の修復過程を観察し、axial 像における硬膜管断面積を測定比較した。

* 順天堂大学医学部整形外科学講座
Department of Orthopedic Surgery, Juntendo
University School of Medicine, Tokyo, Japan
[Sept. 13, 1996 原稿受領] (Oct. 24, 1996 掲載決定)

対象および方法

対象は順天堂大学医学部附属順天堂医院および

表-1 MRIの撮像条件

パルス系列	T1強調画像 (Tr400~500m/sec, Te30~40msec)
	T2強調画像 (2000, 40~80)
	FE (300, 22, deg15~30)
	SE (400/30~40)
スライス厚	8-10mm
撮像断面	coronal
	midsagittal
	parasagittal
	axial
撮像時期	術後1, 3, 6, 12ヵ月

関連諸病院で、手術の治療を行った腰椎椎間板ヘルニア25例25椎間と、健常対照群として人間ドック対象者で腰痛や神経脱脱症状のない者の中から、MRI上で明らかな椎間板変性を認めなかった73例219椎間である。ヘルニア手術群は男性20例・女性5例、手術時年齢は19歳から55歳、平均38.3±11歳であり、ヘルニアの局在高位はL4/5間16例・L5/S1間9例であった。術前、全例にMRI・ミエログラフィー（以下ミエロと略）・X線CTミエログラフィー（以下CTMと略）を行い、術後は1 3 6 12ヵ月にて経時的にMRIを撮像した。撮像にあたっては術前に患者に術後の経時的MRI撮像の必要性を説明し、承諾を得た上で行った。ただし、あくまで患者の自主的意志による撮像のため、経過とともに撮像できない症例も生じた。

健常対照群は、あらかじめ18歳以下と56歳以上の症例は除外し、男性44例・女性29例を選択した。年齢は19歳から55歳、平均38.7±11.3歳であり、手術群と年齢的に分散がほぼ均一に（F-testによる $p=0.46$ ）なるようにした。健常対照群の撮像は、L3/4・L4/5・L5/S1間の各椎間板のsagittal像とaxial像を撮像した。なお手術例の撮像断面は、coronal・midsagittal・parasagittal、およびaxialに設定した。

MRI撮像にあたっては、パルス系列をT1強調（Tr400~500m/sec Te30~40msec）、T2強調

図-1 硬膜管断面の測定方法
(斜線部分の面積を求めた)

像(2000, 40~80)・FE(300/22 deg 15~30)・SE(400/30~40)に設定し、スライス厚を8~10mmとした。各症例・各椎間でのパルス系列、スライス面を同一条件にして撮像した。特にaxialでの設定条件は主にFE(300/22 deg 30)スライス厚10mmとし、sagittalでのヘルニアの最大膨隆部位を撮像した(表-1)。

硬膜管断面の測定には、図-1のようにMRIのaxial像にて硬膜管(図-1の斜線部)を1mm方眼紙にトレースし、その面積を測定した上で、axialの撮像画像は実物の75%大のため、その面積に $(75/100)^2$ を掛けて求めた^{1) 2)}。各断面の測定の際、同様の操作を3度繰り返し行ってその平均値を採用した。臨床症状の改善度評価には日整会の『腰痛疾患治療成績判定基準』のうち、直接椎間板ヘルニアに関連のない項目を除外し、12点満点として評価した^{1) 2)}(表-2)。

結 果

1. 健常対照群とヘルニア手術群術前の硬膜管断面の比較

表-2 術後成績 (12 点満点で評価, 日整会腰痛治療成績判定基準より一部改変)

I	腰痛 (3 点)	
a.	全く腰痛はない	(3)
b.	時に軽い腰痛がある	(2)
c.	常に腰痛があるか, あるいは時にかなりの腰痛がある	(1)
d.	常に激しい腰痛がある	(0)
II	下肢痛・しびれ (3 点)	
a.	全く下肢痛・しびれはない	(3)
b.	時に軽い下肢痛・しびれがある	(2)
c.	常に下肢痛, しびれがある あるいは時にかなりの下肢痛しびれがある	(1)
d.	常にはげしい下肢痛・しびれがある	(0)
III	SLR (2 点)	
a.	正常	(2)
b.	30 度から 70 度	(1)
c.	30 度未満	(0)
IV	知覚 (2 点)	
a.	正常	(2)
b.	軽度の知覚障害	(1)
c.	明白な知覚障害	(0)
V	筋力 (2 点)	
a.	正常	(2)
b.	軽度の筋力低下	(1)
c.	明白な筋力低下	(0)

表-3 健常対照群の硬膜管の断面積

	症例数	平均値 (mm^2)	標準偏差	最大値 (mm^2)	最小値 (mm^2)
L 3 / 4	101	126.9	49.7	264.9	19.6
L 4 / 5	102	137.0	48.9	259.6	19.6
L 5 / S1	102	137.5	54.7	313.8	7.1

健常対照群の硬膜管断面積を椎間別に求めると, L 3 / 4 の平均値は $127.5 \pm 47.5 mm^2$, L 4 / 5 の平均値は $139.0 \pm 43.6 mm^2$, L 5 / S1 の平均値は $136.5 \pm 48.5 mm^2$ であった (表-3). 椎間別に男女の硬膜管断面積を比較すると, L 3 / 4 間の男性の硬膜管断面積の平均値は $126 \pm 49.4 mm^2$, 女性 $129.5 \pm 45.2 mm^2$, L 4 / 5 間では男性 $141.8 \pm 49.6 mm^2$, 女性 $136.9 \pm 37.9 mm^2$ であり, L 5 / S1 間では男性 $138.1 \pm 52.3 mm^2$, 女性 $133.9 \pm 44.2 mm^2$ であった (図-2). L 4 / 5 間においては男性の方が女性より有意に ($p < 0.05$) 大きかったが,

(硬膜管断面積: mm^2)

図-2 椎間別にみた健常者男女の硬膜管断面積

L 3 / 4 間・L 5 / S1 間では有意差 ($p = 0.76$ ・ $p = 0.72$) を認めなかった。

年代別に硬膜管断面積を求めると男女ともに年齢が高くなるにしたがい, 硬膜管断面積は縮小していく傾向を認めた (図-3). 年代別に硬膜管断

図-3 健常者の椎間別硬膜管断面積と年齢による推移

図-4 健常者と術前の硬膜管断面積の年代別比較

面積を健常者とヘルニア手術群術前で比較すると、いずれの年代においても術前の断面積は減少していた(図-4)。

ヘルニア手術群術前の硬膜管断面積を椎間別に求めると、L4/5間が $72.9 \pm 31.2 \text{ mm}^2$ 、L5/S1間が $72.9 \pm 23 \text{ mm}^2$ となり、健常対照群と比べるといずれの椎間に関しても有意に($p < 0.01$)減少していた(図-5)。

図-5 健常者と術前の硬膜管断面積

2. ヘルニア手術群の硬膜管断面積の術後経時的変化について

術後1ヵ月でMRIを撮像し得た21例中15例(71.4%)に術前と比べ硬膜管断面積の増加を認めた。術後3ヵ月では19例中17例(89.4%)、術後6ヵ月では18例中18例(100%)、術後12ヵ月では12例中12例(100%)が術前と比較し硬膜管断面積が増加していた。術後1ヵ月で硬膜管断面積が減少した6例の内訳は男性5例・女性1例で平均年齢37.5歳、ヘルニアの局在高位はL4/5が5例、L5/S1が1例であった。この6例の術前と術後1ヵ月の時点での臨床評価点数はそれぞれ平均4.3点と8.1点であり、術後1ヵ月で断面積の増加していた19例の平均4.5点・8.7点と比較してやや改善度は低いものの有意差($p < 0.01$)はなかった。この6例中5例(83.3%)は術後1ヵ月の時点で臨床症状は著明に改善しており、術前平均4.0点から平均8.8点となった。残りの1例も術後3ヵ月で術前6点から8点に改善していた。これら6例の断面積の平均は術前84.2%であったが、このうち4例は術後3ヵ月で136.5%となり、残りの2例では93.8%にとどまった。

全手術症例の硬膜管断面積は、術前値を100とした場合、術前と比較して術後1ヵ月では平均126.7%、術後3ヵ月で157.2%、術後6ヵ月で189.2%、術後12ヵ月で211.9%と術後経過とともに

図-6 術後硬膜管断面積の経時的変化
(術前硬膜管断面積を基準とし%で表示)

に増大した(図-6). 術前の硬膜管断面積は、健常者の約50%にすぎなかったが、術後12ヵ月で健常者の平均値とほぼ同程度となった。臨床症状の改善度は、術前4.5点から、術後1ヵ月8.4点・術後3ヵ月9.2点・術後6ヵ月9.7点・術後12ヵ月9.9点と漸次増加していった(図-7). 術後の硬膜管断面積と臨床症状改善度との間には正の相関関係を認めた(Pearson's correlation coefficientの検定による)。

考 察

健常者の硬膜管断面積を実測し、各椎間・性別・年代で比較検討した。L3/4からL5/S1までの各椎間では、L4/5間で最大値を示したが他椎間と有意差はなかった。硬膜管断面積を性別で比較すると男性の方が大きい傾向が認められた。これは男性の方が女性よりも体格が大きく脊柱管も広いから、その中に存在する硬膜管断面積も大きくなるためと考える。健常者の硬膜管断面積は年齢とともに狭小化の傾向があるが、これには骨棘形成や椎間板の変性、軟部組織の肥厚³⁾などが関与していると考えられる。ただし今回の調査では10歳代の症例数が少なく、56歳以上の症例も省いているため、高齢者の傾向については言及できない。

図-7 術後硬膜管断面積と臨床評価

健常者とヘルニア手術群術前の硬膜管断面積の各椎間別・男女別・年代別比較では、いずれの椎間においても術前は50%前後に減少しており、脱出・膨隆したヘルニア塊によって硬膜管が圧迫されていることが確認できた。ただし神経根の描出は不明瞭で、硬膜管の圧迫により神経根も圧迫を受けていると推定するにとどまった。腰椎椎間板ヘルニアの術前評価法としてMRIの有用性を認める報告^{4) 5) 6)}は多いが、問題は神経根の状態がミエロ・CTM・神経根造影に比べると評価しにくい点である。新たなMRI撮像法も報告^{7) 8)}されてきてはいるものの今後の課題である。ただし、腰椎椎間板ヘルニアの臨床症状の原因としては神経根由来のものだけではなく、椎間板周囲の脊椎洞神経(sinovertebral nerve)からの疼痛、旁脊柱筋由来の疼痛⁹⁾などがあり、腰椎椎間板ヘルニアの臨床症状を評価するうえで硬膜管断面積の減少は重要な所見と考える。

術後経過に伴う硬膜管断面積の変化と臨床症状の関連については、術後1ヵ月の時点で6例に術前よりも硬膜管断面積の減少が認められたが、いずれの症例でも臨床症状は改善していた。この原因として、術後早期にみられるヘルニア摘出部の浮腫や血腫・瘢痕などの影響が考えられる^{10) 11)}。異常信号域の原因については術後早期より造影MRIによる鑑別の報告^{12) 13)}もあるが、早期に撮像を強いて行うよりも、著者は血腫・浮腫が消退

する術後3ヵ月以降に行う方がよいと考える。Rossら^{10) 11)}や前回の著者らの報告²⁾でみられるように、術後1～2ヵ月以内のMRIでは、上記の異常信号域の存在や硬膜管修復による異常像のため、術後の臨床評価にはあまり適さないことが指摘されており、今回の調査もそれを裏付ける結果であった。

術後3ヵ月以降の硬膜管断面積測定の有用性を検討する目的で、臨床症状との関連性を経過を追って調べた。術後3ヵ月のMRI axial像では、術後1ヵ月でみられた異常信号域も消退し、硬膜管と周囲組織との境界の鑑別も容易になった。術後3ヵ月で硬膜管断面積は術前の約1.2倍となり、経過を経るごとに増加していき、術後12ヵ月の時点で術前の約2倍となり、健常者の平均とほぼ同等となった。これは、手術部における浮腫・血腫などが消退する時点が術後約3ヵ月前後であり¹⁴⁾、それとともに除圧された硬膜管が修復していくためと考えられた。臨床症状は術後1ヵ月で急速に改善するが、その後も緩やかに改善が続いており、硬膜管の修復による断面積の増加が臨床症状の改善に影響していると考えた。硬膜管断面積の増加と臨床症状改善度に正の相関関係を認めたことにより、術後評価として術後3ヵ月以上経過した硬膜管断面積をMRI像上測定し、術前と比較することは有用と考える。

結 語

1. 健常者のL3/4・L4/5・L5/S1の硬膜管断面積(73例219椎間)を計測し、椎間別・性別・年代別に比較検討した。
2. 腰椎椎間板ヘルニア術前の硬膜管断面積(25例25椎間)と健常者のそれとの比較では、術前の硬膜管断面積が有意に減少していた。
3. 術後1ヵ月の硬膜管断面積の測定は有用性が乏しく、術後3ヵ月以上の撮像が腰椎椎間板ヘルニアの術後評価法として有用であると考えた。

文 献

- 1) 松林保智, 数井英雄, 山内裕雄, 他: 腰椎椎間板ヘルニア術後MRIの経時的変化について. 臨整外, **28**: 123～129, 1993
- 2) 松林保智, 山内裕雄: 術後MRIによる腰部椎間板ヘルニア摘出部とその周辺組織の経時的変化. 脊椎脊髓, **8**: 605～609, 1996
- 3) Craushaw C.: The use of nuclear magnetic resonance in the diagnosis of Lateral canal entrapment. J Bone Joint Surg **66-B**: 711～715, 1994
- 4) 平野典和, 辻 陽雄, 木田義弘, 他: 腰椎椎間板ヘルニアに対するMRIの意義. 整・災害, **332**: 1111～1119, 1990
- 5) 戸山芳昭, 藤村祥一: 椎間板ヘルニアのMRI診断. 脊椎脊髓, **1**: 41～49, 1988
- 6) R. Dullerud, J. G. Johansen, U. L.-H. Johnsen, et al.: Differentiation Between Contained And Noncontained Lumbar Disk Hernias By CT and MR imaging. Acta Radiologica, **36**: 491～496, 1995
- 7) 市丸勝二, 平 学, 三浦幸雄: 3D-MRIにおける障害神経根の診断. 脊椎脊髓, **8**: 611～616, 1996
- 8) Toyone T, Takahashi K, Kitahara H, et al.: Visualization of symptomatic nerve root. Prospective study of contrast-enhanced MRI in patients with lumbar disc herniation. J Bone Joint Surg., **75B**: 529～539, 1993
- 9) 井上 一, 金田清志, 富田勝郎, 他: 新図説臨床整形外科講座, 194～195, 1995
- 10) Hueftle MG, Modic MT, Ross JS, et al.: Lumbar spine. Postoperative MR imaging with Gd-DTPA. Radiology, **167**: 817～824, 1988
- 11) Ross JS, Modic MT, Masaryk TJ.: Tears of anulus fibrosis. Assessment with Gd-DTPA-enhanced MR imaging. AJNR, **10**: 1251～1254, 1989
- 12) Spiros Sotiropoulos, Neil I, Chafentz, Philipp Lang, et al.: Differentiation Between Postoperative Scar and Recurrent Disk Herniation. AJNR, **10**: 639～643, 1989

- 13) Bordon SD, Davis DO, Dina TS. Contrast-enhanced MR imaging performed after successful lumbar disk surgery. *Radiology*, **182** : 59~64, 1992
- 14) M. Annertz, B. Jonsson, S. Holtas, *et al.*: Serial MRI in the early postoperative period after lumbar discectomy. *Neuroradiology*, **37** : 177~182, 1995

Original Paper

Summary

Measurement of the cross-sectional area of the dural tube in the lumbar spine on magnetic resonance imaging-Comparison between normal, pre- and post-discectomy conditions

Objective This study evaluated the usefulness of pre- and postoperative magnetic resonance imaging (MRI) of lumbar disc hernia with special attention to measurement of the cross-sectional area of the dural tube.

Materials and methods Twenty-five patients (20 men and 5 women; 25 discs) who underwent posterior lumbar discectomy and 73 normal individuals (44 men and 29 women; 219 discs) of a similar age distribution were studied. Axial MRI was mainly used for the measurement of the dural tube. In the patient group, MRI examination was performed 1, 3, 6, and 12 months postoperatively. Assessment of the clinical symptoms was also included and used for comparison with the MRI evaluation.

Results The cross-sectional area was significantly reduced to about 50% of the normal preoperatively. One month postoperatively, there was no significant increase in the size of the area, but after three months, the area increased significantly and progressed to the normal size within a year. One-month postoperatively, MRI examination was not considered useful because of postoperative hematoma and/or edema at the surgical site. The increase in the size of the cross-sectional area of the dural tube correlated well with the improvement in clinical symptoms.

Conclusion Three-months postoperatively, MRI evaluation of the lumbar disc seemed useful and measurement of the cross-sectional area of the dural tube appeared to serve as an indicator of the effectiveness of the surgery.

Key words : lumbar disc herniation, dural tube, magnetic resonance imaging, postoperative change

YASUTOMO MATSUBAYASHI, M. D.

Department of Orthopedic Surgery, Juntendo University School of Medicine, Tokyo, Japan