若 年 者 の 腰 椎 MRI 像 の 検 討

別府中央病院・整形外科

原 田 博 文

新別府病院・整形外科

泊 一 秀

An Analysis of Magnetic Resonance
Images of Lumbar Discs in Thirty-three Adolescents.

by

Hirofumi Harada

Department of Orthopaedic Surgery, Beppu Chuo Hospital, Beppu, Japan.

Kazuhide Tomari

Department of Orthopaedic Surgery, Shin-Beppu Hospital.

Thirty-three magnetic resonance images of the cases under the age of twenty-five years were evaluated. Two groups were compared; one was a control in which eleven were imaged because of the sprain of the low back, and the other was a symptomatic group in which twenty-two sustained low back pain. There were two major findings in the NMR images: low intensity in the nucleus and posterior protrusion of the disc materials, which were observed more often in the cases of the symptomatic group than in the control group. Close relationship between posterior disc protrusion and clinical manifestation of low back pain was suspected. Multi-leveled abnormalities were specially noted in the symptomatic cases. Existence of Schmorl's nodules had no clinical meaning and no relation with changes of the discs on the NMR images.

腰痛疾患の多くは、椎間板がその原因となっていることが考えられるが、実際にその病態を把握することは難しい。MRIは椎間板の変性を見るに有用な手段である。われわれは今回25才以下の若年者に限って腰椎椎間板のMRI像を検討した。

方 法

昭和62年1月から平成元年8月までの3年間にMRIを撮像した25才以下の症例、33例を対象とした。男性21例、女性12例で、年齢は最小14才、最大25才、平均年齢20.5才である。主に交通事故を原因とする腰椎捻挫が11例、腰痛・坐骨神経痛を主訴とするものが22例である。後者を腰痛群とした。腰椎捻挫群の症例は腰痛の既往がないため腰痛群の対照症例とした。腰痛群の内、急性の腰痛を示したものが8例で、慢性の

ものが14例であった。また坐骨神経痛症状を呈し、ラセグ症状陽性のものが11例、陰性のものが11例であった。

MRIは朝日マークJ0.1テスラ常電導型を用いた。撮像方法はSR法TR700, TE18, NEX3, スライス厚10mmにて、5枚マルチスキャンを行い、さらにSE法, NEX2, スライス厚10mmにて、TR500, TE40, 80, およびTR1500, TE40, 80, 120, 160マルチエコーを行った。プロトン・ T_1 ・ T_2 強調画像としてそれぞれSE1500/40, 500/40, 1500/80のMRI像を読影した。髄核および繊維輪内層の低信号化は T_2 画像から、椎間板の突出は T_1 および T_2 画像からシュモール結節は T_1 画像から読み取った。

結 果

全 33 症例 165 椎間板中 27 例・52 椎間板に MRI 上、MRI 信号の低信号化、椎間板の突出、シュモール結節のいずれかの所見をみた。シュモール結節を除く異常像を 25 例、43 椎間板に認めた。各椎間板レベル別に分類すると L₁₋₂ が 2 椎間 (6 %)、L₂₋₃ が 3 椎間 (9 %)、L₃₋₄ が 5 椎間 (15 %)、L₄₋₅ が 15 椎間 (45 %)、L₅/S₁ が 18 椎間 (55 %) に異常像を認めた。L₁₋₂、L₂₋₃ は椎間板の異常が非常に少なく、L₄₋₅、L₅/S₁ には多くの異常を認めた。

これを腰痛群とコントロールの非腰痛群とに分けると非腰痛群では L₁₋₂、L₂₋₃、L₃₋₄ に異常例はなく、L₄₋₅ に 1 例 (9 %)、L₅/S₁ に 4 例 (36 %) の異常を認めた。非腰痛群では L₅/S₁ に変性の頻度が高く、その他の椎間では異常を示す頻度が非常に少ない結果であった。腰痛群における異常像の出現頻度は L₁₋₂ が 2 例 (23 %)、L₂₋₃ が 3 例 (14 %)、L₃₋₄ が 5 例 (23 %)、L₄₋₅ が 14 例 (64 %)、L₅/S₁ が 14 例 (64 %) であった。

腰痛群では非腰痛群に比べてより多くの異常を認めた。とくに L₄₋₅ においては対照群の非腰痛群に比べて著明に異常を示す頻度が高かった。異常像を髄核の低信号化と、椎間板の突出の 2 つに分けてそれぞれの出現頻度を算出した。低信号化を示すものは非腰痛群では L₁₋₂、L₂₋₃、L₃₋₄ が 0 椎間 (0 %)、L₄₋₅ が 1 椎間 (9 %)、L₅/S₁ が 4 椎間 (36 %) であった。腰痛群では L₁₋₂ が 2 椎間 (9 %)、L₂₋₃ が 2 椎間 (9 %)、L₃₋₄ が 4 椎間 (18 %)、L₄₋₅ が 6 椎間 (27 %)、L₅/S₁ が 9 椎間 (41

%) であった。L₄₋₅ で低信号を示すものは非腰痛群では 1 例 (9 %) にすぎないのに対し腰痛群では 6 例 (27 %) に達していた。椎間板の突出は、非腰痛群では L₁₋₂、L₂₋₃、L₃₋₄ が 0 椎間 (0 %)、L₄₋₅ が 1 椎間 (9 %)、L₅/S₁ が 3 椎間 (27 %) に認めた。腰痛群では、L₁₋₂ が 0 椎間 (0 %)、L₂₋₃ が 2 椎間 (9 %)、L₃₋₄ が 3 椎間 (14 %)、L₄₋₅ が 13 椎間 (59 %)、L₅/S₁ が 13 椎間 (59 %) に認めた。L₄₋₅ レベルで椎間板突出を示すものは非腰痛群 1 例 (9 %) しかいないのに対して、腰痛群では 13 例 (59 %) にも達していた。L₅/S₁ では非腰痛群でも突出が 3 例 (27 %) あったが、腰痛群ではこの約 2 倍の 13 例 (59 %) であった (表 1)。

椎間板の低信号化と腰痛の関係をみるために低信号化の出現頻度を腰痛群と非腰痛群とで比較すると、非腰痛群では 5 例 (45 %) が低信号を示す椎間板を有するのに対して、腰痛群では 15 例 (68 %) が有していた。低信号を示す椎間板を有する 20 症例を single level に低信号を示す椎間板を有する群と multi-level の群とに分けると、非腰痛群では multi-level は 0 例であるのに対して、腰痛群では 9 例 (60 %) と高頻度を示した。すなわち腰痛群では非腰痛群に比べて多椎間にわたって椎間板の低信号化を示す傾向があった。ラセーグ症状の有無と椎間板の低信号化との比較では、ラセーグ症状を示す 11 例の中で低信号を示すものが 7 例 (64 %) であったのに対し、ラセーグ症状を示さないもの 11 例の中で低信号を示すものも 7 例であった。

椎間板の突出を示した 35 椎間板は L₂₋₃ 前方突出の 1 椎間板を除いてすべて後方突出であった。椎間板突

表 1 各椎間板レベルにおける低信号および椎間板突出の出現頻度

	① 低 信 号		② 椎間板突出		① or ②	
	捻 挫	腰 痛	捻 挫	腰 痛	捻 挫	腰 痛
L12		2 (9 %)				2 (9 %)
L23		2 (9 %)		2 (9 %)		3 (14 %)
L34		4 (18 %)		3 (14 %)		5 (23 %)
L45	1 (9 %)	6 (27 %)	1 (9 %)	13 (59 %)	1 (9 %)	14 (64 %)
L5/S1	4 (36 %)	9 (41 %)	3 (27 %)	13 (59 %)	4 (36 %)	14 (64 %)

出を腰痛群と非腰痛群で比較すると椎間板突出を有する例は腰痛群 18 例 (82 %), 非腰痛群 4 例 (36 %) と腰痛群に突出例が多かった。椎間板突出を single level の群と multi-level の群に分けると、腰痛群では multi-level が 10 例 (56 %) であるのに対して非腰痛群では 0 例であった。このように腰痛群では非腰痛群に比べて明かに multi-level の椎間板の突出が多かった。

椎間板の低信号化と椎間板突出の関係を調べるため、 L_{1-2} , L_{2-3} の椎間板を除いた L_{3-4} , L_{4-5} , L_5/S_1 の 99 椎間板を調べた。低信号を有する症例でかつ後方突出を示すものは 19 例 (83 %) であった。低信号を示さない症例でかつ椎間板突出を示すものは 15 例 (20 %) であった。低信号を示すものに椎間板突出が多い傾向がみられるが、必ずしも椎間板突出があるものに低信号があるわけではなかった。

ラセーグ症状と椎間板の突出を比較した。ラセーグ症状陽性例でかつ椎間板突出を示すものは 11 例 (100 %) であった。これに対してラセーグ症状陰性例でかつ椎間板突出を示すものが 6 例 (55 %) であった。このようにラセーグ症状陽性例により高率に椎間板突出が見られた。ラセーグの程度 (角度) と MRI 上の椎間板の突出の程度を比較したが、明かな関係は見いだせなかった。

シュモール結節の有無と腰痛の関係では、腰痛群の中でシュモール結節を有するもの 5 例 (23 %) であった。非腰痛群では 3 例 (27 %) であり、両者に差を認めなかった。シュモール結節を有する 8 例中 multi-level にあるものは 4 例であったが、腰痛群に 2 例と非腰痛群の中に 2 例で両者の間に均等に存在していた。シュモール結節と椎間板の低信号化の比較では、シュモール結節陽性例の中で低信号を示すもの 6 例 (75 %) であった。シュモール結節陰性例の中で低信号を示すものは 14 例 (64 %) であり、両者に差を認めなかった。シュモール結節と椎間板突出の関係ではシュモール結節陽性例で椎間板突出を有するもの 5 例 (38 %) であった。シュモール結節陰性例では 15 例 (60 %) であり、シュモール結節陰性例に椎間板突出が多いとの結果であった。このようにシュモール結節の存在は低信号とも椎間板突出とも関係がなかった。

急性型・慢性型の腰痛と椎間板の低信号化の関係では、急性型でかつ低信号化を示すものが 6 例 (75 %) であった。慢性型でかつ低信号化を示すものは 9 例 (64 %) であり、両者の間に差を認めなかった。急性型・

慢性型の腰痛と椎間板の突出との関係では急性型でかつ椎間板の突出を示すものが、8 例 (100 %) であった。慢性型でかつ椎間板の突出を示すものが 10 例 (71 %) であり、とくに両者の間に差を認めなかった。

考 察

NMR 現象は 1946 年に発見された物理現象であり、イメージングの可能性については、1972 年 Damadian によって示唆された。その臨床応用が定着したのは 1980 年代からである。NMR イメージングによって得られる情報はプロトン密度、 T_1 (縦緩和時間)、 T_2 (横緩和時間) の 3 つの要素からなる。しかし通常はそれらの値を計算するのではなく、得られる信号をそのままイメージ化するため、画像は 3 者の複合した値によって決まる。これらは T_1 強調型、 T_2 強調型などと呼ばれる。イメージングの方法としては IR 法 (反転回復法)、SR 法 (飽和回復法)、SE 法 (スピン・エコー法) などがある。IR 法は T_1 をもっとも際立たせる方法であるが、撮像に時間を要するのが欠点である。SR 法では IR 法より撮像時間は短い T_1 値に対しての誤差が大きい。TR 値を十分 (1000 msec 以上) とればプロトン値を、十分短くとれば T_1 値を反映する。SE 法はデータ収集の時間を短縮できる有用な方法である。SE 法では画素濃度 C_s は $\rho \cdot [1 - \exp(-TR/T_1)] \cdot \exp(-TE/T_2)$ で表される⁷⁾。生体中の ρ の変化は少ないので、 T_1 , T_2 値によって画素濃度が大きく影響される。式から明かなように T_1 の延長によって画素濃度は低くなり、 T_2 の延長により高くなる。TR を十分大きく TE を十分小さくとれば $[1 - \exp(-TR/T_1)] \approx 1$, $\exp(-TE/T_2) \approx 1$ となるため ρ が画素濃度に反映する。これはプロトン強調画像と呼ばれる。TR を T_1 近く (800-1000) に TE を十分小さくとれば、 $\exp(-TE/T_2) \approx 1$ のため $[1 - \exp(-TR/T_1)]$ が大きく反映する。これは T_1 強調画像と呼ばれる。TR を十分大きく TE を T_2 近く (35-40) とれば、 $[1 - \exp(-TR/T_1)] \approx 1$ のため $\exp(-TE/T_2)$ が大きく反映する。これは T_2 強調画像と呼ばれる (図 1)。

T_1 , T_2 値は生体中の自由水の含量によって大きく影響される。生体内の水は自由水と結合水の 2 つの状態に分けられ、前者の方が後者よりも大きな T_1 値を持つ。また生体内の中性脂肪も水の信号の数%に相当する T_1 信号強度を有し、また T_1 値は水の 5/1 である⁸⁾。中性脂肪の多く含まれる組織 (脂肪組織、皮膚) では見か

図1 T₁, T₂, プロトン強調画像
SE マルチエコーによって得られる T₁, T₂, プロトン画像

け上 T₁ 値が低くなる。したがって高信号となる。T₂ に関して、生体組織中の水のプロトンの T₂ 値は純粋に比して 50 倍も短く、複雑な緩和曲線をとる。運動の遅い蛋白分子上のプロトンは極めて短い T₂ 値を示す⁷⁾。このように T₂ 値は運動性が抑えられるほど短い値をとる。

椎間板における MRI 上の変性像は Modic, Weinstein ('84)らが最初に irregular な outline や信号強度の低下などの所見を示した。椎間板の構成要素として外側の繊維輪は type I コラーゲンを多く含み、水分含量が少ない。髄核および内側の繊維輪は主として type II コラーゲンを多く含み、より多くの水分を含有すると考えられている。この髄核の水分含量は 80 % から 90 % と考えられている⁸⁾。椎間板の髄核の MRI 信号強度の低下と椎間板内の水分含量には密接な関係があると考えられている。しかしコラーゲンやプロテオグリカンの具体的な含有量と MRI 信号の強度との関係については不明である。

生体内の水分含有量と T₁ 値の関係は Damadian が 1971 年悪性腫瘍中の水の T₁ 値が正常組織に比較して著しく大きな値を示すことを報告して以来多くの研究がある。しかし T₂ 値に関してはあまり知られていない。髄核の低信号化は T₁ 画像よりも T₂ 画像においてより顕著であるとの報告が多い。われわれの症例でもそうであった。自由水の存在が増えるにしたがって T₂ 値が延長する関係から、MRI 上の椎間板の高信号と髄核内の水分量とが関係することが推測される。しかしこの

原因の詳細については現在のところ不明である。

正常椎間板において髄核の低信号化がどの程度の頻度で起こるのかについては正確なデータは少ない。Gibson('87)の報告では 20 才以下の腰痛の既往の無い 20 例の MRI にて 4 例に異常を認め、内 3 例に中心性の椎間板突出を、1 例に 2 椎間の椎間板突出を認めている⁹⁾。われわれの非腰痛群の 11 例では 5 例に低信号を、4 例に椎間板の突出を認めた。これらは L₅/S₁ に集中していたが、症例数が少ないためこれが一般的な傾向であるとは言い切れない。

MRI 上の異常像と形態学的な変化との関係については 10 例の遺体を用いた Juntura('89)の報告、若年者と高齢者の 2 例の遺体を用いた Hickey('86)の報告がある。MRI 上の変化と肉眼的形態学的変化の所見はほぼ一致しているとの結論であるが、Juntura は椎間板の変性に対し、MRI の方が underestimate であると述べている⁴⁾。逆に Hickey は T₂ の低下は若年者の椎間板の変性に対して鋭敏であったとしている³⁾。椎間板造影と MRI の比較では Gibson ('86) は 22 例 50 椎間板中、44 椎間板において所見が一致したと述べ、Schneiderman ('86) は 36 例において MRI は椎間板造影に対して 99 % の一致率であったとしている⁸⁾。

Gibson は椎間板変性に対して MRI が椎間板造影より正確であると報告している¹⁾。

Zucherman ('88) は逆に discogram-CT で異常像を呈する症例の中で MRI で正常像を示す例が 18 例あった

と報告している⁹⁾。われわれの症例の中にも腰痛症例中 MRI でまったく異常が無かったものが2例含まれている。Zucherman ('88)は peripheral annular tears などが MRI 上検出されない可能性があるとして述べている。

Gibson ('87)は20才以下の症候性椎間板ヘルニア20例中3/4に multiple lesion を認めているが、われわれも腰痛症例では明かに multiple lesion を多く認めた。これらのことは Gibson の指摘するように、若年者の腰痛疾患では腰椎の変性を引き起こす先天性素因が関与している可能性を示唆している。

ま と め

(1) 25才以下の33症例にMRIを撮像し、腰痛群と非腰痛群を比較した。

(2) L5/S1椎間では腰痛群、非腰痛群共に約半数の症例で変性所見を示した。L4-5では非腰痛群に比して腰痛群に多く変性像を示した。

(3) MRI上の椎間板後方突出と腰痛との関連が示唆された。

(4) 若年者の腰痛例では多椎間変性を示す傾向が見られた。

(5) シュモール結節と腰痛や椎間板変性の間には関係はなかった。

参 考 文 献

- 1) Gibson, M. J., et al : Magnetic resonance imaging and discography in the diagnosis of disc degeneration. A comparative study of 50 discs. J. Bone and Joint Surg. 68B : 369-373, 1986.

- 2) Gibson, M. J., et al : Magnetic resonance imaging of adolescent disc herniation. J. Bone and Joint Surg. 69B : 699-703, 1987.
- 3) Hickey, D. S., et al : Analysis of magnetic resonance images from normal and degenerated lumbar intervertebral discs. Spine 11 : 702-708, 1986.
- 4) Juntura, E. V., et al : Evaluation of cervical disc degeneration with ultralow field MRI and discography. An experimental study on cadaver. Spine 14 : 616-619, 1989.
- 5) 亀井祐孟・他 : NMR 医学—基礎と臨床—, 丸善, 東京, 1984.
- 6) Modic, M. T., et al : Imaging of degenerative disk disease. Radiology 168 : 177-186, 1988.
- 7) 永井輝夫 : MRI 診断学—基礎と臨床—, 朝倉書店, 東京, 1988.
- 8) Schneiderman, G., et al : Magnetic resonance imaging in the diagnosis of disc degeneration : correlation with discography. Spine 12 : 276-281, 1987.
- 9) Zucherman, J., et al : Normal magnetic resonance imaging with abnormal discography. Spine 13 : 1355-1359, 1988.

質問 岐阜県立多治見病院 室 桂之
椎間板の低信号を椎間板変性として御報告してみえますが、とくに若年者で軽度の低信号化も椎間板変性といつてよいでしょうか。

解答 別府中央病院 原田 博文

椎間板の低信号と椎間板内の水分含有量との関係が示唆されるが、これを即椎間板変性と言ってよいかどうかは議論のあるところと考える。