

原 著

骨粗鬆性脊椎椎体骨折に対するMRI診断
(Para-sagittal像の活用)

藤井謙三

山口大学医学部高次統御系・整形外科講座 宇部市南小串1丁目1-1 (〒755-8505)

Key words : 脊椎, 骨粗鬆症, 圧迫骨折, 磁気共鳴画像

緒 言

高齢者の骨粗鬆症に起因する骨折は、高齢化が進むにつれ増加している。骨粗鬆症性骨折は転倒などの軽微な外傷により脊椎、橈骨遠位端、大腿骨頸部など全身の各部位に発現しうる。各種の骨折のなかでも、脊椎椎体の骨折はもっとも頻度が高く、軽重の差はあるが、後期高齢者では殆どの人が脊椎椎体の圧迫骨折を有しており、高齢者に円背がよく見られる一因でもある。椎体骨折は軽微であれば、その診断に難渋することがあり、本人も一過性の背部痛として理解していることがある。しかし、時には慢性期に至っても円背が進み、後彎変形を来し、椎間関節の不適合や背部筋群の易疲労性によって常時腰背部痛を訴える原因となっている。或いは、脊柱管内に骨片が嵌入し、脊髄を圧排し、圧迫性脊髄麻痺による歩行障害や膀胱障害などのパラプレジア状態に陥ることもある。

そこで、脊椎椎体骨折においては初期に的確な診断と病態の把握が必須であり、それに応じて適切な治療と対応を行う必要がある。椎体骨折の診断は通常は受傷機転と臨床症状を基に、単純X線写真にて行っている。しかし、高齢者では脊椎の変形性変化や陳旧性の骨折を有している症例が多く、新鮮骨折を的確に把握することは必ずしも容易ではない。そこで、紛らわしい椎体骨折については、近年MRIを用いて詳細に病態を把握している^{1, 2, 3)}。通常はmid-

sagittal像を用いて判断しているが、MRIは鋭敏であるが故40～50%の症例で過剰診断となってしまう。

脊椎の支持はThree Column Theory (Denis)に基づき、anterior, middle, posteriorの3つの構成されるcolumnのうち、2つ以上のcolumnが破壊されていると、不安定であると考えられている⁴⁾。骨粗鬆性脊椎骨折では椎体の前方部分が圧潰しており、anterior columnは明らかに損傷されているが大切なことは同時に椎体後壁—椎弓根部であるmiddle columnの損傷の有無を確認することである。

本研究における目的は脊椎のバイオメカニカルな観点からも重要なmiddle columnの損傷形態をpara-sagittal像を用いて評価し、的確な予後の推測を行うことである。

対象および方法

明らかな新鮮椎体骨折を対象とするため、1997年から2000年までに、60才以上で尻もちなどの軽度の受傷機転により発症し、受傷後1週間以内にMRIの撮像を行うことが可能であった45例(男性13例、女性32例)48椎体を対象とした。X線像では全例骨粗鬆症判定基準慈大式分類1度以上であった。年齢は60～93歳(平均76歳)であった。受傷原因は尻もちをつくなどの転倒33例、重量物の挙上7例、腰部捻挫5例であり転落、事故などの重度の外傷によりギプス治療、あるいは麻痺症状を呈し手術的治療を行

平成15年12月9日受理

1996 寒竹

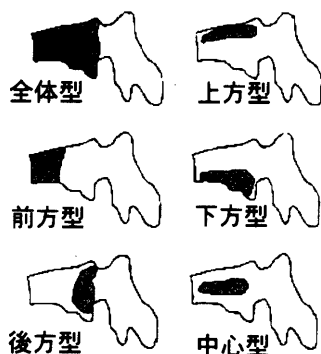


図1 寒竹の分類 (mid-sagittal像)

para-sagittal 像

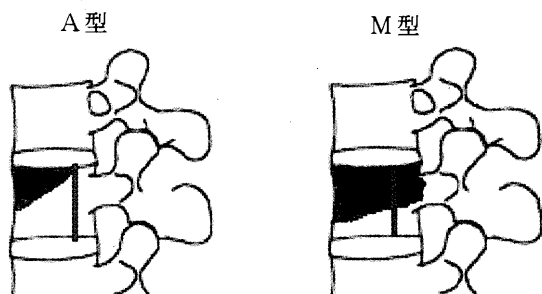


図2 para-sagittal像による分類

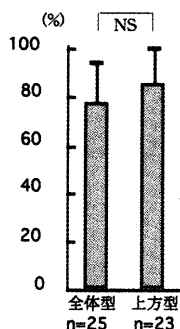
low intensityがanterior columnまでの症例をA型, middle columnまで損傷が達している症例をM型と分類した。

った症例は除外している。MRIの撮像は受傷当日から7日目(平均3.1日)までであった。治療はこのような症例に一般的に行われる約2~3週間の安静臥床の後、軟性コルセット装着にて起立歩行とした。

使用した機種は島津社性SMT100X, 1.0Tでspin echo法T1強調画像 (TR/TE=500/20), T2強調画像 (TR/TE=2000/90) にて撮像した。撮像に要する時間はそれぞれ約2分, 2分30秒である。方法はT1, T2強調画像で陳旧性の症例を除外した後、新鮮椎体骨折に対しT1強調画像のmid-sagittal像および、両側の椎弓根が写るスライスのpara-sagittal像を用いて損傷形態を評価した。

評価として、mid-sagittal像は椎体全体がlow intensityを示す症例を予後不良とし、上方のみにとどまっている症例を予後良好とする寒竹の分類¹⁾を用いた(図1)。寒竹の分類における中心型や後方型は、治療過程と考えられており存在しなかった。下方型を3例、前方型を1例認めたが、多椎体圧潰

mid-sagittal 像 (寒竹)



para-sagittal 像

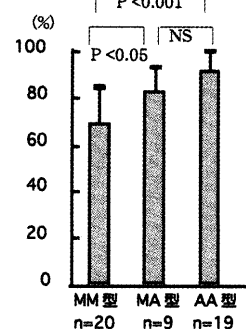


表1 結果 圧潰率 (%)

mid-sagittal像では全体型と上方型に有意差は得られなかった。

para-sagittal像でMM型とAA型, MM型とMA型に有意差を認めた。

が認められる症例で圧潰率の評価が困難なため検討から除外した。

para-sagittal像の評価はlow intensityが椎体後方1/3を越えるか否かでanterior column (前柱)にとどまっている症例をA型とし, middle column (中柱)まで損傷がおよんでいる症例をM型と分類し, 左右両側がA型の症例をAA型, 一側はA型であるが他側はM型の症例をAM型, 両側がM型の症例をMM型とし検討した。(図2)。

また、治療成績判定の評価として、受傷時と3か月後のX線写真にて、損傷椎体を、前壁、中央、後壁の3か所で上下椎体の平均と比較し、最も圧潰している部位で圧潰率を求めた。

統計学的解析はmid-sagittal像による分類はStudent's t-test, para-sagittal像による分類はTurkey testを用いて行い、いずれも危険率5%未満をもって有意差ありと判定した。

結 果

mid-sagittal像では寒竹の分類では全体型25例, 上方型23例の2群に分類された。圧潰率は全体型で平均77.6 ± 15.9SD (%), 上方型で平均85.2 ± 13.6SD (%)であり全体型で圧潰が進行する傾向を示したが統計学的な有意差は得られなかった。

para-sagittal像による分類はMM型19例, MA型9例, AA型20例に分類された。圧潰率はMM型で平均69.1 ± 15.2SD (%), MA型で平均82.6 ± 10.3SD (%), AA型で平均91.3 ± 8.5SD (%)でありmiddle

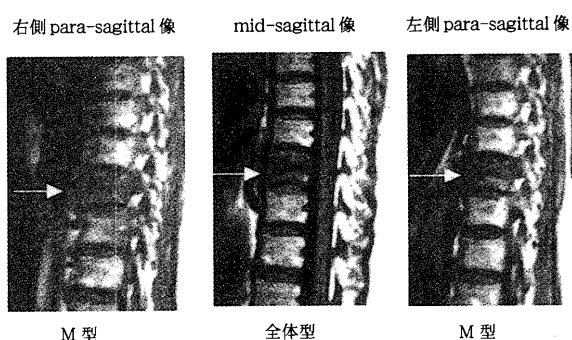


図3-a 症例1 受傷時MRI

65才 女性 mid-sagittal像では全体型, para-sagittal像はMM型であった。

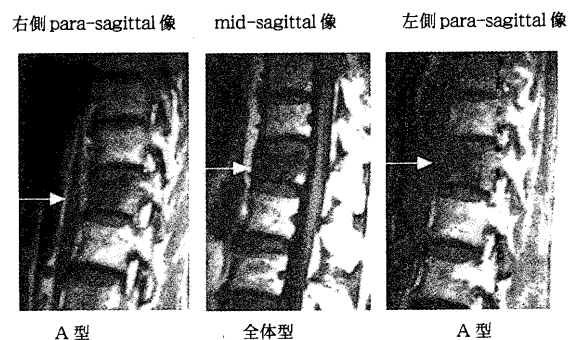


図4-a 症例2 受傷時MRI

65才 女性 mid-sagittal像では全体型, para-sagittal像はAA型であった。

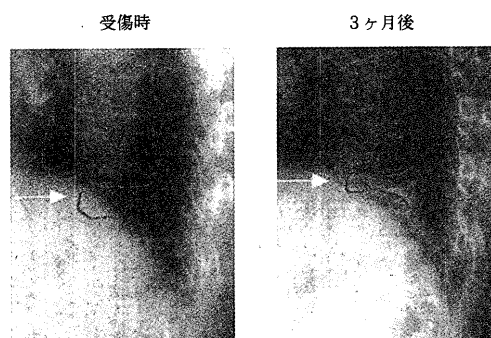


図3-b 症例1 受傷時, 3ヶ月後X線

3ヶ月後X線では圧潰率57.5%まで進行した。

columnへの損傷範囲が広がるほど圧潰が進行する傾向を示した。統計学的にはMA型とAA型では有意差は認めなかったが、MM型とAA型、MM型とMA型では有意差を認め両側middle columnまで損傷がおよんでいる症例は有意に圧潰が進行していた。(表1)

症 例

症例1 65歳女性。転倒により受傷した。受傷時のMRIでmid-sagittal像では全体型, para-sagittal像では両側middle columnまで損傷範囲が及んでおりMM型であった(図3-a)。2週間の安静臥床の後、軟性コルセット装着にて起立歩行とした。3か月後のX線では57.5%まで圧潰は進行し治療成績不良であった(図3-b)。

症例2 65歳女性。転倒により受傷した。受傷時のMRIでmid-sagittal像では予後不良とされる全体型であったが、para-sagittal像は両側anterior columnにとどまっているA型であった(図4-a)。2週間の安静臥床の後、軟性コルセット装着にて起立歩

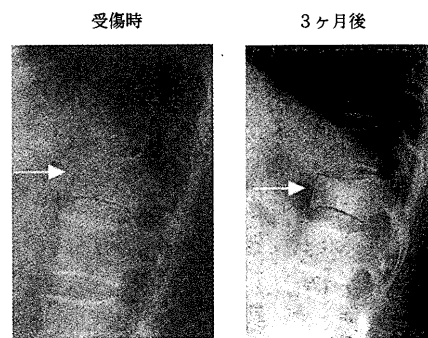


図4-b 症例2 受傷時, 3ヶ月後X線

3ヶ月後X線では、圧潰率86.5%に留まった。

行とした。3か月後のX線では86.5%までに圧潰は留まり経過良好であった。(図4-b)。

考 察

骨粗鬆性脊椎椎体骨折後における進行性の椎体圧潰の原因としては、手術時に摘出された組織像からも骨折椎体の骨癒合不全、偽関節とされる^{5,6)}。そのため骨癒合過程を妨げないように初期診断を的確に行い、病態に即応する治療法を採用することが重要である。吉田らは、X線像を用いて軽度の椎体骨折の症例に、椎体の前壁と終板の変化を初期像として4つのパターンに分類し、必要に応じて体幹ギプス固定による積極的な治療を行い、椎体の圧潰変形の進行を阻止、または軽減できたと述べている^{7,8)}。佐々木らはCTを用いて骨皮質の損傷が前方にのみ存在する前方損傷型、前方+後方損傷型、前方+後方損傷+椎体後方骨皮質型に分類し、それぞれ外固定なし、コルセット、ギプス、硬性装具などを損傷形態により治療方針を変えて良好な結果を得ていると報告している⁹⁾。しかし、一般には変形性変化や

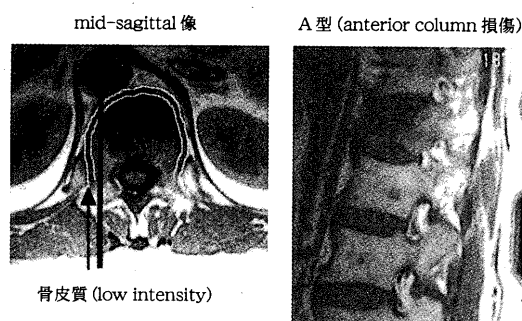


図5 para-sagittal像による評価

para-sagittal像でA型であれば、椎弓根基部の骨皮質は損傷されていない。

陳旧性の骨折が存在する症例ではX線、CTによる評価は必ずしも容易ではない。また安易に高齢者に体幹固定によるギブス治療を行うことは体位変換も困難となり、食欲低下、呼吸機能障害、褥創などの合併症を引き起こし重篤な状態となる可能性もあり適応を判断するのは難しい。

そこで近年、MRIの普及とともにMRIを用いた報告が散見される^{1, 2, 3)}。寒竹らは、mid-sagittal像を用いて損傷範囲がlow intensityとして明瞭に描出されるT1強調画像を用いた分類で、椎体後壁或いは全体に及ぶタイプが将来的に椎体の遅発性圧潰を来し、脊柱管内に骨片が突出する可能性があるので、治療にあたっては注意を要すると述べている¹⁾。中野らは、椎体後壁にlow intensityが及ぶほど、また後壁が破壊されているほど、予後が不良であると述べている²⁾。つまり脊椎骨折の支持性の予後は、middle column (中柱)としての椎体の後壁や椎弓根基部の損傷の度合いによるところが大きい。mid-sagittal像では椎体の後壁のみの診断となる。また、MRIは鋭敏であるために骨梁構造の損傷だけでなく、その周囲に生ずるbone marrow edemaまでも同様のlow intensityとして表現されてしまう。このため画像的なlow intensityは容易に椎体後壁まで達しmid-sagittal像では椎体全体がlow intensityを呈する症例は40~50%に及び、実態とはかけ離れている所見を示している。

そこで、脊椎のmiddle columnの状態を的確に把握する方法が必要である。middle columnについてはバイオメカニカルな実験でDennis⁴⁾のthree-column theoryに基づきPanjabiら¹⁰⁾はCTを用いて詳細に検討し、垂直荷重は椎体後方1/3の

middle columnの椎弓根基部にもっとも大きい負荷がかかると述べている。また、Hondaらは3軸ひずみゲージによる圧縮荷重実験により、椎弓根基部にひずみが最大であり、椎弓根基部の損傷は破裂骨折の前段階であると報告している¹¹⁾。また、Andresenら¹²⁾、Rockoffら¹³⁾は海綿骨が弱くなるほど骨皮質で荷重をうける割合が大きくなると報告しており、骨粗鬆性脊椎椎体骨折においては椎弓根基部での骨皮質の損傷の度合いが予後に大きい影響を与えると考えることができる。

脊椎のmiddle column、殊に椎体の後壁が重要なポイントであり、X線像において脊椎の後壁の所見を綿密に観察する必要があることは臨床的経験から指摘されていたがMRIに応用すると有意な差が得られなかった。

そこで著者は臨床的経験やバイオメカニカルな検討結果をMRIとしてさらに適切に反映させるためにpara-sagittal像にて、middle columnの椎弓根基部における骨皮質の損傷の度合いを判定する方法を考案した。その結果、para-sagittal像を用いて読影することで有意差をもって予後の推定が可能であることが判明した。

これは症例2のようにmid-sagittal像で全体型を示しても、para-sagittal像で椎弓根レベルまでlow intensityが及んでいないA型であれば予後が良好であり、実際にはこのような症例が多く存在していることが判明し、臨床的経験とほぼ一致する結果を得た。またMRIで骨皮質は無信号であり、骨髄や軟部組織など周囲組織とのコントラストで間接的に情報が得られており、椎弓根部分でlow intensityを示す場合には、必ずしも骨皮質に損傷があると判断出来ないがpara-sagittal像により骨皮質に近いスライスでlow intensityを示さなければその隣接する骨皮質も損傷されていないと考えることが出来る。(図5)よってpara-sagittal像はバイオメカニカルな理論を反映しているだけでなく椎弓根基部の骨皮質の損傷をX線、CTよりも鋭敏に評価しているという利点もある。

すなわち、MRI mid-sagittal像においてlow intensityが椎体全体に及ぶ症例でpara-sagittal像でも両側middle columnまで損傷がおよんでいるMM型の症例においては体力、筋力、活動性を評価し、合併症に十分注意した上、ギブス治療などの厳密な

固定を行う必要がある。同時に長い期間にわたって注意深い観察が必要である。またmid-sagittal像で全体型と判断できる症例であるとしてもpara-sagittal像でAA型であれば安静、軟性コルセットなどで治療を行い早期の離床により合併症も防ぐことが可能であると考えている。

臨床の現場においてMRIは予約検査とされている病院が多く、すべての症例に受傷の早期に撮像することは困難な場合が多い。しかし、単純X線像において椎体の後壁の所見を慎重に観察し、疑わしい場合には、MRIのmid-sagittal像による評価だけでなく、para-sagittal像にて椎弓根基部の損傷の有無と程度を確認しておくことは治療方針の決定や予後の推測、それに伴う病状の説明において極めて重要である。高齢者の椎体は脂肪随に置換されているという特徴をもつため、T1強調画像でhigh intensityを示し、損傷部位はlow intensityを示すため、短時間の撮影でも十分なコントラストが得られる。放射線科と協力し、撮像条件を工夫すれば臨床上十分活用可能であり早期診断、早期治療方針の決定に有用であると考えている。

結 語

- 1) 骨粗鬆症性脊椎椎体骨折に対して、椎体のmiddle columnの情報を把握できる新たなMRI分類を考案した。
- 2) mid-sagittal像において全体型であるとしてもpara-sagittal像で両側椎弓根レベルの骨皮質が損傷されていないAA型であれば予後良好と考えられる。
- 3) para-sagittal像で両側椎弓根レベルに損傷が及ぶMM型は圧潰進行例が多く治療に注意を要する。

謝 辞

稿を終えるにあたり、終始懇切なる御指導と御校閲を賜りました山口大学医学部高次統御系整形外科講座河合伸也教授に深甚なる感謝の意を表します。また、本研究に際し、御助言と御協力を戴いた田口敏彦助教授、豊田耕一郎助手に深謝致します。

参 考 文 献

- 1) 寒竹 司, 田口敏彦, 河合伸也, 西島雋嘉, 野村耕三. 骨粗鬆症性椎体骨折におけるMRIの検討. 中部整災誌 1996; 39 (4) : 1031-1032.
- 2) 中野哲雄, 阿部靖之, 清水泰宏. 新鮮脊椎圧迫骨折のMRI分類と治療方針, 整形外科別冊 1998; 33 : 161-164.
- 3) 三好英明, 福島 孝, 笠井時雄. 高齢者の椎体骨折におけるMRIの経時的変化. 中部整災誌 1998; 41 (3) : 727-728.
- 4) Denis F. Three Column Spine and Its Significance in the Classification of Acute Thoracolumbar Spine Injuries. *Spine* 1983; 8 (8) : 817-831.
- 5) Tiffany T. F. Shi, Yang-Hwei Tsuang, Koumou Huang, Po-quang Chen, Cheng-tau Su. Magnetic Resonance Imaging Of Vertebral Compression Fractures. *J Formos Med Assoc* 1996; 95 : 313-19.
- 6) 岩田豊英, 伊東 学, 種市 洋, 佐藤栄修, 鏝邦芳, 金田清志. 骨粗鬆症性外傷後椎体圧潰の組織学的検討 - 脊椎破裂骨折との比較 -. 日整会誌 1997; 71 (8) : S1687.
- 7) 吉田 徹, 武田 丘, 村上英喜, 伊東明雄, 村田盛郎. 骨粗鬆症性脊椎椎体骨折の早期X線像とその対応. 整形外科別冊 1987; 12 : 36-40.
- 8) 吉田 徹. 骨粗鬆症性脊椎椎体骨折の早期診断と治療. 西日脊椎研会誌 1994; 20 : 150-4.
- 9) 佐々木邦雄, 清水 敦, 田丸卓弥, 渡辺浩一, 西井章裕, 松浦恒明, 赤木慶三. 骨粗鬆症の椎体骨折に対する治療法の検討 - とくに楔状型骨折について. 整形外科 1993; 44 (3) : 333-340.
- 10) Monohar M. Panjabi, Thomas R. Oxland, Masao Kifune, Marcus Arand, Liu Wen, Allen Chen. Validity of the Three Column Theory of Thoracolumbar Fractures. *Spine* 1998; 20 : 1550-1558.
- 11) Michio Hongo, Eiji Abe, Yoichi Shimada, Hajime Murai, Nobuyuki Ishikawa, Kozo Sato. Surface Strain Distribution on Thoracic and Lumbar Vertebrae Under Axial Compression. *Spine* 1999; 24 : 1197-1202.

- 12) Andresen R, Werner HJ, Schober HC.
Contribution of the cortical shell of vertebrae to mechanical behaviour of the lumbar vertebrae with implications for predicting fracture risk. *Br J Radiol* 1998 ; **71** (847) : 759-765.
- 13) Rockoff SD, Sweet E, Bleustein J. The relative contribution of trabecular and cortical bone to the strength of human lumbar vertebrae. *Clacif Tissue Rel Res* 1969 ; **3** : 163-175.

Appearance of Osteoporotic Compression Fracture of the Vertebrae on Para-sagittal Images of MR Imaging

Kenzo FUJII

*Dept of Orthopedics. and. Human Science, Yamaguchi University School of Medicine,
1-1-1 Minami Kogushi, Ube, Yamaguchi 755-8505, Japan*

SUMMARY

It is often difficult for clinicians to diagnose osteoporotic fresh compression vertebral fracture on X-ray of patients with spondylosis deformans and multiple old compression fractures. To prevent neurological compromise due to delayed vertebral collapse after fracture, the initial diagnosis and therapy are very important. Magnetic resonance imaging (MRI) is very sensitive for detecting these fractures. T1 weighted images with low signal intensity are more sensitive than T2 weighted images with high signal intensity.

We retrospectively studied the T1 weighted images of 48 fresh fractures in 45 patients. Fractures were classified into two types from biomechanical studies. In type A, the range of low intensity was in the anterior column on para-sagittal images, and these images showed little collapse and patients had good outcome. In type M, the range of low intensity reached to the middle column, and images often showed collapsed vertebrae. Type M patients should be carefully treated.

Initial MRI diagnosis of osteoporotic vertebral compression fracture is very useful for deciding therapeutic strategy.