

腰椎椎間孔狭窄に対する傍脊柱筋間アプローチを用いた mini-open TLIF^{*1}

森平 泰^{*2} 須田 浩太^{*2}
楯野 知道^{*2} 種市 洋^{*3}

はじめに

腰椎椎間孔部は脊髓造影単独による病態把握が困難で、かつては「Hidden Zone」と呼ばれた。同部位の狭窄は failed back surgery の主因の一角をなす³⁾。しかし、近年は画像診断技術の進歩により同部位の詳細な病態把握が可能となり、同部位をターゲットにした手術治療が増え、治療成績は改善している^{1,2,6,8,9)}。

腰椎椎間孔部は、椎間板および椎間関節・黄色靭帯などの腰椎の姿位によって大きく形態変化する要素に囲まれ、動的影響を受けやすい。それゆえに、確実な神経根除圧のためには十分な椎間関節切除を要することがある。除圧のために椎間関節全切除を要する症例では固定術の適応となる^{10,15)}。

当科では、側弯変形や側方すべり・後方すべりなどの不安定性を伴う腰椎椎間孔部狭窄に対して、症状側の椎間関節全切除により、脊柱管から

椎間孔内外の神経根走行を確認し、同部位から椎体間ケージが挿入できる transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF) を行ってきた。椎体間ケージにより椎間板高は適度に拡大され、術後においてもそれが安定して維持される。さらに、2005年以降は、より低侵襲化を目指して傍脊柱筋間アプローチを併用した mini-open TLIF (以下、mini-TLIF) を開発導入した。その手術手技と有用性を紹介する^{11,12,14)}。

手術方法

L4/5 単椎間固定を例に説明する。全身麻酔下に、Hall フレーム上で腹臥位とする。L4 棘突起上端から L5 棘突起下端までの正中切開を加える。

L4 棘突起から傍脊柱筋附着部をメスで切離し、コブエレベーターで、症状側の椎間関節外側まで展開する。反対側の脊柱管狭窄を合併して除圧が必要な場合には、反対側も椎間関節部分まで展開しておく。

次に両側ともに筋間アプローチにて多裂筋の外から椎間関節外側を展開する。傍脊柱筋の棘突起附着部にて腰筋膜と脊柱起立筋腱膜の間を外側に

Key words

低侵襲手術 (minimally invasive surgery)
傍脊柱筋間アプローチ (paraspinal approach)
腰椎椎間孔部狭窄
(foraminal stenosis of lumbar spine)

^{*1} Clinical Results of Mini-open TLIF through Intermuscular Paraspinal Approach for Foraminal Stenosis of Lumbar Spine

^{*2} 北海道中央労災病院せき損センター [〒072-0015 美瑛市東4条南1丁目3-1] / Hiroshi MORIDAIRA, Kota SUDA, Tomomichi KAJINO : Spinal Cord Injury Center, Hokkaido Chuou Rosai Hospital

^{*3} 獨協医科大学整形外科 / Hiroshi TANEICHI

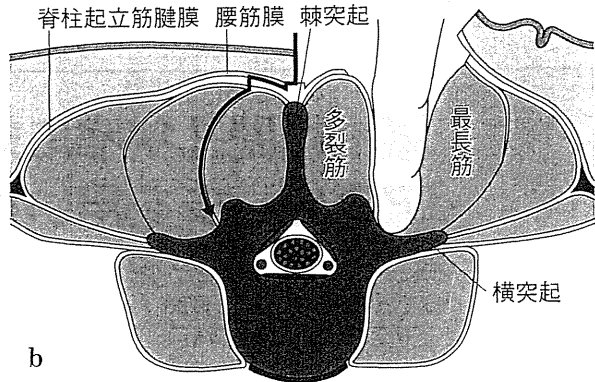
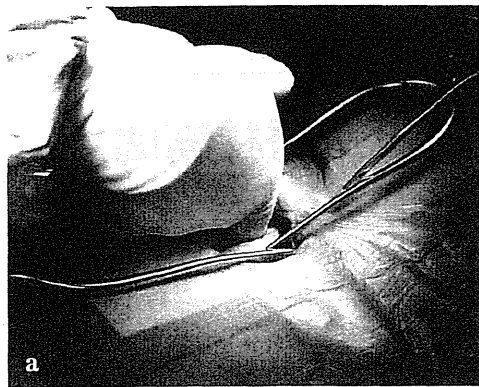


図1 傍脊柱筋間アプローチ

棘突起付着部から約3 cm 外側で、脊柱起立筋腱膜をメスで縦割し、内側に多裂筋筋膜をみながら、多裂筋と最長筋の筋間を指で鈍的に分けて、椎間関節外側に到達する。

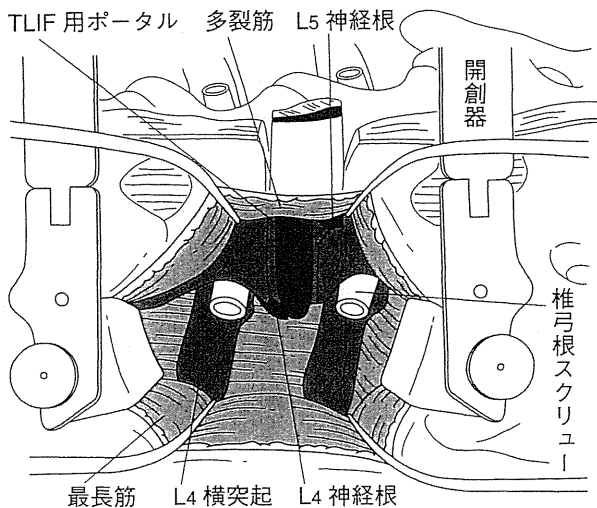


図2 傍脊柱筋間アプローチからの mini-open TLIF 外側開創部から椎弓根スクリューを刺入する。椎間関節全切除を行った症状側から片側侵入 TLIF を行う。

向かって剥離し、棘突起付着部から約3 cm 外側で、脊柱起立筋腱膜をメスで縦割する。内側に多裂筋筋膜をみながら、多裂筋と最長筋の筋間を指で鈍的に分けて、椎間関節外側からL4およびL5横突起まで展開する(図1)。このとき症状側のL4/5椎間関節は正中アプローチにてすでに展開されているため、メルクマールとなる。適当な開創器にて外側開創部を保持する。筆者らは、頭尾側方向はトリムラインを、左右方向はゲルピー鉤を用いることが多い。

外側開創部から両側の椎弓根スクリューを刺入する。椎間関節外側、横突起、副突起を骨膜下に展開し、付着していた筋肉を除去すると、スク

リュー刺入点がより正確になるが、侵襲は大きくなる。X線イメージを用いることで軟部組織の上からの刺入が可能となる。

続いて、椎管内から椎間孔部の除圧を正中アプローチにて行う。L4下関節突起ならびにL5上関節突起は基部より全切除し、椎間板上縁ならびに下縁を確認する。L4神経根は椎体後壁に沿って神経べらを椎弓根方向に滑らせると確認できる。必要に応じてL4下関節突起を椎弓根の方向に頭側に切除を加えて、脊柱管から椎間孔内外へのL4神経根走行を確認する。脊柱管狭窄合併例では、両側の内側椎間関節切除にて脊柱管内除圧を行い、L5神経根を確認する。

椎間関節全切除を行った症状側から片側侵入TLIFを行う(図2)。L4ならびにL5神経根走行に干渉しない部位に椎間板操作のポータルを作製し、棘突起スプレッダーで椎間板腔を広げながらキュレットを用いて椎間板切除を行う。その後、骨移植と椎体間ケージの設置を行う。筆者らは、2個のボックス型の椎体間ケージを設置しているが、反対側のできるだけ遠い位置にケージを設置する際は外側開創部から、侵入側手前に設置する際は正中アプローチからと、ケージの設置位置によって使い分けている。

その後、外側開創部から、両側のロッドを設置してインストゥルメンテーションを完成させる。椎間関節の残っている反対側に、必要に応じて後側方固定の追加が可能である。

表 1 Mini-TLIF と TLIF の対象

		Mini-TLIF	TLIF
年齢	平均	69.4	65.3
性別	男性	10	13
	女性	14	13
手術椎間	L3/4	3	3
	L4/5	10	10
	L5/S	11	13
疾患	側弯 (10度以上)	5	3
	椎間孔内 ヘルニア	6	7

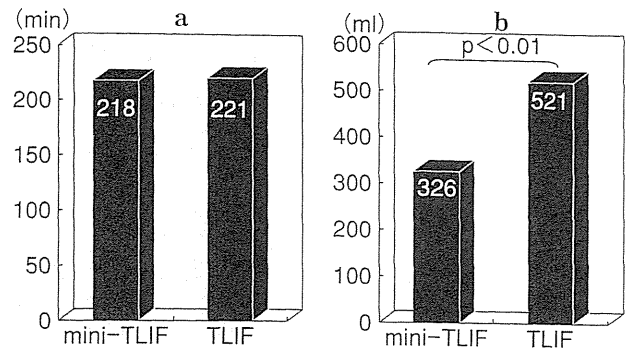


図 3 手術時間 (a) と出血量 (b)

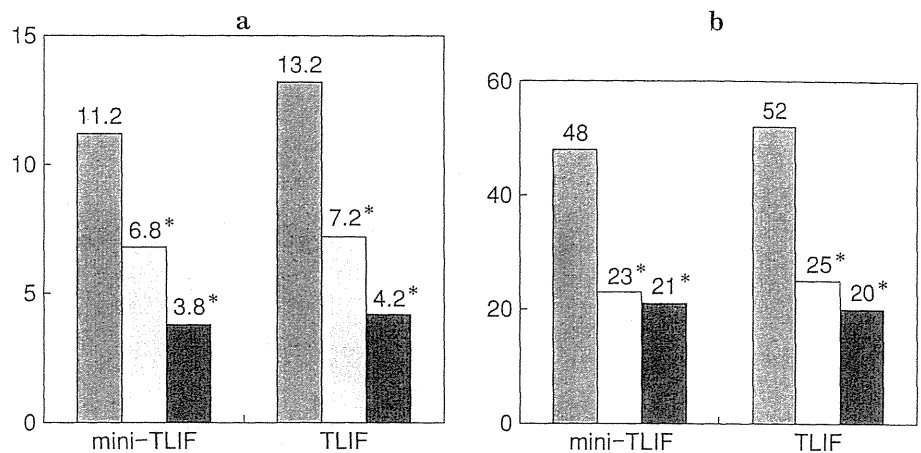


図 4 臨床成績

a: RDQ, b: ODI.

■: 術前, □: 術後 6 カ月,

■: 術後 1 年.

*: $p < 0.01$ (術前値から)

手術成績

① 対象と方法

側弯変形や側方すべり・後方すべりなどの不安定性を伴う腰椎椎間孔狭窄に対して、2005年4月～2008年3月に行われた mini-TLIF 群の 24 例 (男性 10 例, 女性 14 例, 平均年齢 69.4 歳) と、2003 年 4 月～2007 年 3 月に行われた従来型 TLIF 群 (以下, TLIF 群) の 26 例 (男性 13 例, 女性 13 例, 平均年齢 65.3 歳) を対象とした (表 1)。全例, 臨床症状と神経学的所見および神経根ブロックの反応から責任病巣を椎間孔部と診断し, 片側進入にて Brantigan I/F cage 2 個と自家骨移植で一椎間固定を行った。手術椎間は, L3/4 が 6 例, L4/5 が 20 例, L5/S が 24 例であった。Cobb 角 10 度以上の側弯は 8 例に認め, 椎間孔内ヘルニア合併例は 13 例であった。手術時間, 出

血量, 術前および術後 6 カ月, 1 年時の Roland-Morris Questionnaire (RDQ), Oswestry Disability Index (ODI), 腰痛と下肢痛の visual analogue scale (VAS), 骨癒合率を調査した。また, 傍脊柱筋への侵襲を評価するため, 術前後の MRI を撮像し, T2 強調横断像にて多裂筋の術前後信号変化を no change, subtle, moderate, severe の 4 段階に分類した。

② 結果

経過観察期間は mini-TLIF 群が平均 20 カ月 (7 カ月～2 年), TLIF 群が平均 25 カ月 (1～3 年) であった。平均手術時間は mini-TLIF 群が 218 分, TLIF 群が 221 分で有意差を認めなかったが, 平均出血量は mini-TLIF 群が 326 ml, TLIF 群が 521 ml と mini-TLIF 群で有意に少なかった ($p < 0.01$) (図 3)。RDQ の臨床成績 (術前-術後 6 カ月-1 年) は, mini-TLIF 群が 11.2-6.8-3.8,


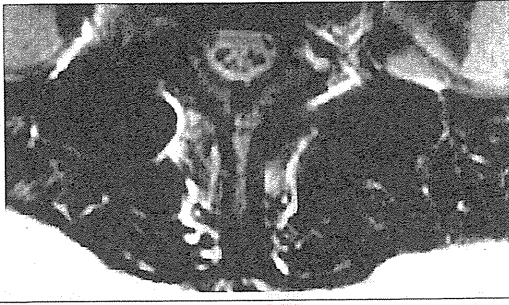


	MRI (T2)	Mini-TLIF	TLIF
no change		0	0
subtle		13	0
moderate		11	4
severe		0	22

図 5 多裂筋の術後変化

TLIF 群が 13.2-7.2-4.2, ODI は mini-TLIF 群が 48%-23%-21%, TLIF 群が 52%-25%-20% であった (図 4)。すなわち, 術後はすべて術前より有意に改善したが, 両群間の有意差は認めなかった。VAS (腰痛) は mini-TLIF 群が 6.6-2.3-1.7, TLIF 群が 6.5-3.3-2.1, VAS (下肢痛) は mini-TLIF 群が 8.2-1.7-1.6, TLIF 群が 8.3-1.8-1.6 で, 両群間の有意差を認めなかった。MRI T2 強

調像における多裂筋の術後信号変化 (subtle/moderate/severe) は, mini-TLIF 群が 13/11/0, TLIF 群が 0/4/22 で, TLIF 群における術後信号変化が高度であった (図 5)。それぞれ 1 例の無症候性の偽関節を認め, 骨癒合率は mini-TLIF 群が 95.8%, TLIF 群が 96.1% であった。神経障害や深部感染などの重篤な合併症はなかった。図 6 に症例を提示する。

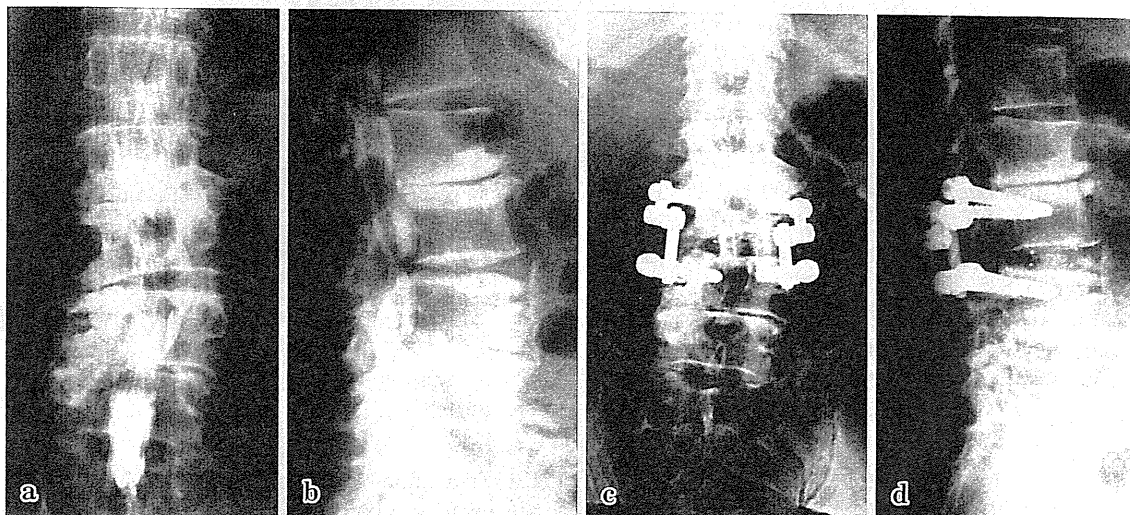


図 6 症例

68歳，男性．変性側弯を伴うL3/4レベルの椎間孔狭窄例（a，b）．1椎間のmini-open TLIFを施行（c，d）．

考察

腰椎椎間孔狭窄は，MRIなど画像診断技術の進歩により，詳細な病態認識が可能になってきた．同部に対する除圧術においては，椎間板ヘルニアや肥厚した黄色靭帯に加えて，後方支持組織である椎間関節（特に上関節突起）や椎弓根の一部を切除している．しかし，不安定性があり，動きに伴い同部の形態的な変化が大きい症例においては，術中に除圧不足に陥らない後方支持組織の切除範囲を予測することは困難である．当科では側弯変形や側方すべり・後方すべりなどの不安定性を伴う場合には，症状側の椎間関節全切除にて脊柱管から椎間孔内外の神経根除圧を確認し，同時に椎間孔部から椎体間固定を行ってきた．

固定術の併用により，下肢症状を確実に改善させることが可能だが，一方で，スクリュー刺入，ケージ挿入時における傍脊柱筋圧排など固定術中の筋血流阻害による傍脊柱筋の術後変性を生じる問題を有する^{7,13)}．近年，脊椎低侵襲固定術のためのレトラクターや経皮的椎弓根スクリューシステムが導入されているが，多裂筋と最長筋の筋間アプローチによるmini-TLIFは，アプローチを工夫することで従来の手術器具にて行うことができる低侵襲手術である^{4,5,11,12)}．

mini-TLIFは，今回の研究におけるMRIの検討から，多裂筋への侵襲がTLIFと比較し軽微であり，また術中出血量も大きく軽減された．臨床成績の結果からはmini-TLIFの術後腰痛への優位性はとらえられなかったが，TLIFと同等の良好な術後成績が得られた．

まとめ

腰椎椎間孔部狭窄に対するmini-open TLIFは，多裂筋への侵襲がTLIFと比較して軽微で，術中出血量も少なく，TLIFと同等の良好な術後成績が得られた．腰椎椎間孔部狭窄に対するmini-open TLIFは有用な術式と考える．

文献

- 1) Aota Y, Niwa T, Yoshikawa K, et al: Magnetic resonance imaging and magnetic resonance myelography in the presurgical diagnosis of lumbar foraminal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 32: 896-903, 2007
- 2) Baba H, Uchida K, Maezawa Y, et al: Microsurgical nerve root canal widening without fusion for lumbosacral intervertebral foraminal stenosis: technical notes and early results. *Spinal Cord* 34: 644-650, 1996
- 3) Burton CV, Kirkaldy-Willis WH, Yong-Hing K, et al: Causes of failure of surgery on the lumbar spine. *Clin*

- Orthop Relat Res* 157 : 191-199, 1981
- 4) Dhall SS, Wang MY, Mummaneni PV : Clinical and radiographic comparison of mini-open transforaminal lumbar interbody fusion with open transforaminal lumbar interbody fusion in 42 patients with long-term follow-up. *J Neurosurg Spine* 9 : 560-565, 2008
 - 5) Foley KT, Holly LT, Schwender JD : Minimally invasive lumbar fusion. *Spine (Phila Pa 1976)* 28 (15 Suppl) : S26-S35, 2003
 - 6) Jenis LG, An HS, Gordin R : Foraminal stenosis of the lumbar spine : a review of 65 surgical cases. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)* 30 : 205-211, 2001
 - 7) Kawaguchi Y, Yabuki S, Styf J, et al : Back muscle injury after posterior lumbar spine surgery. Topographic evaluation of intramuscular pressure and blood flow in the porcine back muscle during surgery. *Spine (Phila Pa 1976)* 21 : 2683-2688, 1996
 - 8) Kunogi J, Hasue M : Diagnosis and operative treatment of intraforaminal and extraforaminal nerve root compression. *Spine (Phila Pa 1976)* 16 : 1312-1320, 1991
 - 9) Ozeki N, Aota Y, Uesugi M, et al : Clinical results of intrapedicular partial pediclectomy for lumbar foraminal stenosis. *J Spinal Disord Tech* 21 : 324-327, 2008
 - 10) 佐藤栄修, 星野雅俊, 百町貴彦, 他 : 椎間孔部～椎間孔外狭窄による再手術とその対策. 腰部脊柱管狭窄症 up-to-date. 脊椎脊髓 21 : 509-514, 2008
 - 11) Taneichi H, Suda K, Kajino T, et al : Unilateral transforaminal lumbar interbody fusion and bilateral anterior-column fixation with two Brantigan I/F cages per level : clinical outcomes during a minimum 2-year follow-up period. *J Neurosurg Spine* 4 : 198-205, 2006
 - 12) 種市 洋 : 低侵襲脊椎固定術のための腰仙椎後方アプローチ mini-open TLIF のための傍脊柱筋間アプローチと正中アプローチの併用. in 岩本幸英 (編) : 新 OS NOW No 28 Useful Surgical Approach—定型からオリジナルまで. メジカルビュー社, 2005, pp141-145
 - 13) Tsutsumimoto T, Shimogata M, Ohta H, et al : Mini-open versus conventional open posterior lumbar interbody fusion for the treatment of lumbar degenerative spondylolisthesis : comparison of paraspinal muscle damage and slip reduction. *Spine (Phila Pa 1976)* 34 : 1923-1928, 2009
 - 14) Wiltse LL, Spencer CW : New uses and refinements of the paraspinal approach to the lumbar spine. *Spine (Phila Pa 1976)* 13 : 696-706, 1988
 - 15) 山田 宏, 吉田宗人 : 椎間孔内・外の狭窄ならびに圧迫病変の診断. 腰部脊柱管狭窄症 up-to-date. 脊椎脊髓 21 : 364-368, 2008

読者の意見 (Letters to the Editor) 原稿募集

本誌では「読者の意見 (Letters to the Editor)」を設けております。読者交流の場として意見交換にご利用いただきたく、下記の要領で編集室宛に原稿をお寄せください。また、読者アンケートを三輪書店のウェブサイト (URL : <http://www.miwapubl.com/>) で受け付けておりますので、ご協力をお願いいたします。

趣 旨

- ①掲載論文に対する意見.
 - ②編集方針に対する意見, 希望など.
- *①に関しては, 著者側からのコメントも掲載いたします.

執筆内容

- ①本文は図表も含め 1,200 字以内 (文献は 3 文献以内, 写真・図・表は 1 点以内とし, その数に応じて本文を減じてください).
- ②筆者名, 所属名を明記してください.
- ③著者側からのコメントは 600 字以内.

採 否

編集委員会で決定いたします。不採用の場合は速やかに連絡いたします。また, 採否のいかんにかかわらず, 原稿は返却いたしません。

そ の 他

- ・論文掲載後 6 カ月以内に意見をお寄せください.
- ・文章は書簡の形式 (口語体) としてください.
- ・原稿は多少の字句の変更をさせていただくことがありますので, ご了承ください.
- ・採用の場合は掲載誌 1 部をお送りいたします.

『脊椎脊髓ジャーナル』編集委員会

腰痛の検査

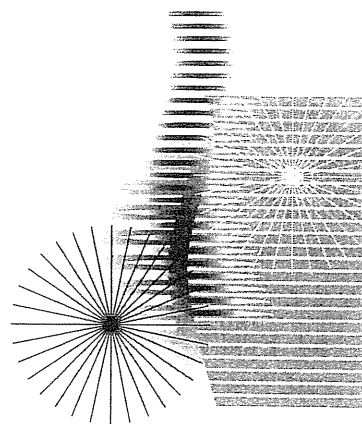
②画像診断

並川 崇

獨協医科大学医学研究科整形外科

種市 洋

獨協医科大学医学研究科整形外科准教授



腰痛は日本人有訴率第1位の症状であり、日常診療において、よく遭遇する疾患です。画像診断法はMRIなどの出現により大きく進歩し、これら高度な検査法の普及によって、より容易に検査が可能となりました。それにともない、われわれ医師、患者さんともに、種々の画像検査による形態学的異常にとらわれ、これをもって腰痛の原因としがちな傾向が見受けられます。まず神経学的所見を含めた理学所見により臨床診断を下し、適切な画像検査法を選択すること、そして、理学所見から得られた臨床診断を説明しうる画像所見の有無を確認し、総合的に確定診断を下すこと、すなわち偽陽性 (false positive) にとられないことが重要と考えます。

単純X線

腰痛で医療機関にかかると、最初に行なわれる基本的な検査は、単純X線検査（いわゆるレントゲン検査）でしょう。単純X線検査は、先天的な脊椎の形成異常、脊柱変形、脊椎の変性変化の程度、腫瘍の存在の可能性など、多くの情報が得られます。一方、X線には写らない筋肉、椎間板などの軟部組織の異常の診断については限界がありますので、それらを認識することも重要です。

● 腰椎変性疾患

腰痛の主因である腰椎の退行性変化は、いくつかの典型的なX線像を示します。腰椎の変性は椎間板からはじまります。それにより、椎間板の高さが減少し、椎体辺縁の骨棘が形成され、変形性脊椎症と呼ばれる所見を呈します（図1）。椎間板の変性、椎間関節の機能不全により異常可動性が生じ、腰椎変性すべり症が生じることもあります（図2）。椎間板の非対称性の変性、椎体の側方すべり、椎体回旋による椎間関節亜脱臼などによる三次元的な変形から側彎変形をきたす、変性側彎症と呼ばれるものもあります（図3）。

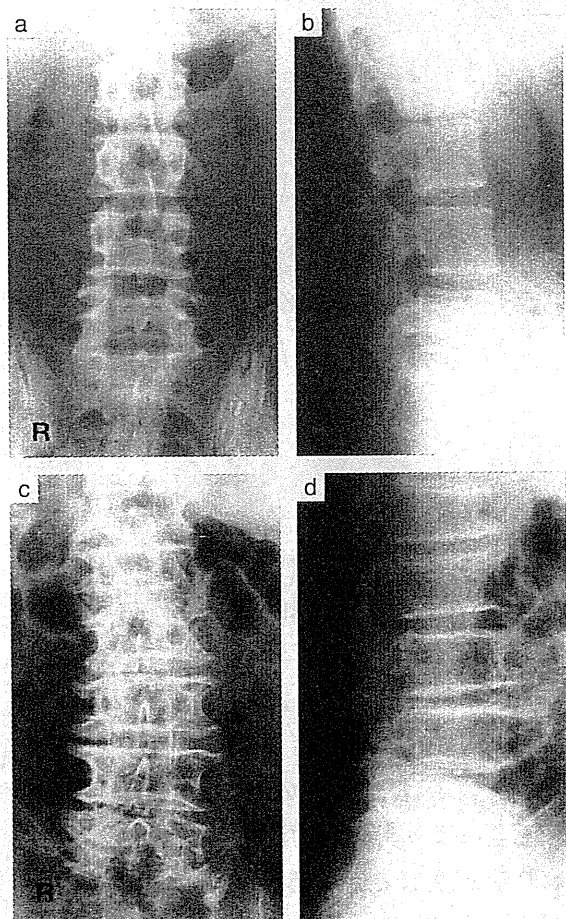
これらの腰椎退行性変化は、脊柱管を狭小化させ、馬尾神経、神経根の機械的圧迫因子となります。その結果、下肢痛、筋力低下、感覚障害をきたす“腰部脊柱管狭窄症”と呼ばれる病態となります。

多椎間にわたる腰椎椎間板変性により脊柱前方要素が短縮することに加え、背筋力の低下は、腰椎変性後彎症（図4）をひきおこします。脊椎圧迫骨折とならび、いわゆる“腰痛がり”の原因となる疾患で、症状は慢性腰痛です。

● 外傷

先に述べた脊椎圧迫骨折は、近年増加傾向にある高齢者の骨粗鬆症を基礎として、比較

図1 正常と変形性脊椎症の単純X線画像



ほぼ変性を認めない腰椎単純X線画像 (a, b) と比較し、変形性脊椎症においては椎間板変性を示唆する椎体間高の減少、椎体辺縁の骨棘増生を認める (c, d)

的軽微な外傷（尻もちをついての転倒など）により発生する骨折です（図5）。安静と装具による外固定が治療の基本ですが、発症、治癒とも、患者さん自身が気づかないまま経過する場合があります。しかしながら、骨折が治癒しなければ椎体偽関節（骨癒合が得られず骨折部が不安定な状態）となり、慢性腰痛、脊髄・馬尾神経圧迫による神経麻痺の原因となります。

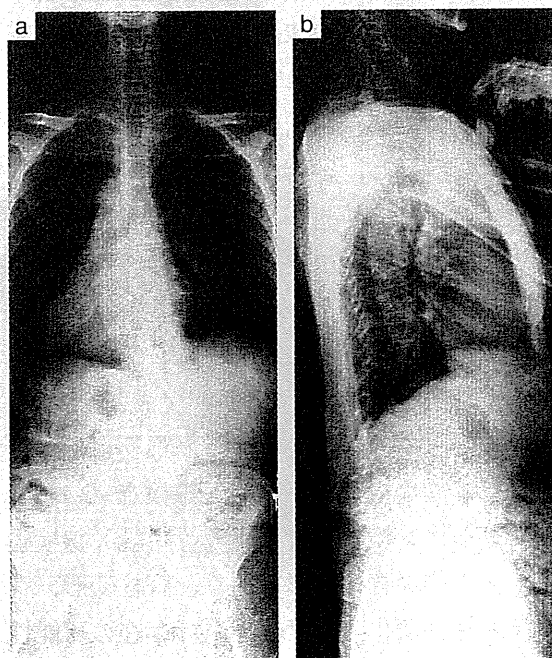
青少年における腰痛の原因として重要な疾患に、腰椎分離症があります。腰椎上・下関節突起間の連続性が絶たれる状態で、発症要因は過度のスポーツ活動によるストレス骨折と考えられています。罹患椎体のすぐ尾側椎間板の変性が進行することにより、椎間不安

図2 腰椎変性すべり症の単純X線画像



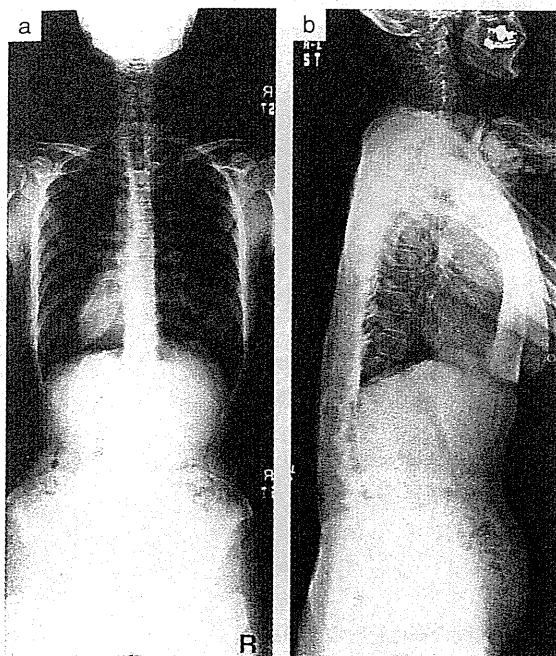
側面像において、第4腰椎の前方へのすべりを認める

図3 変性側彎症の単純X線画像



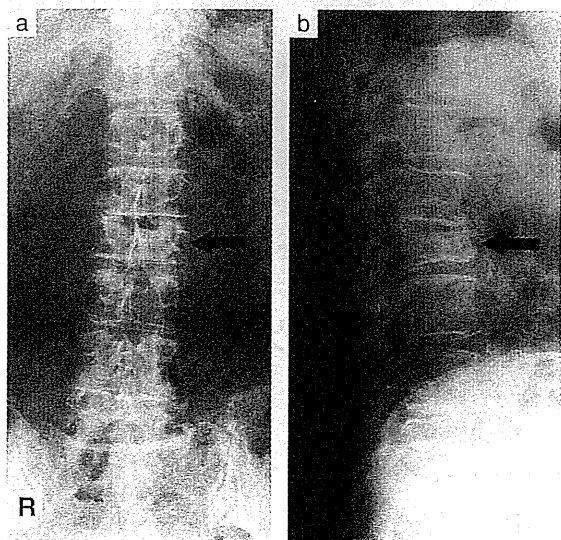
正面像 (a) において、腰椎の顕著な脊椎症性変化、椎体の回旋、椎体間高の非対称性をともなった側彎変形を認める

図4 腰椎変性後彎症の単純X線画像



側面像 (b) において、生理的腰椎前彎が失われた後彎変形を呈する

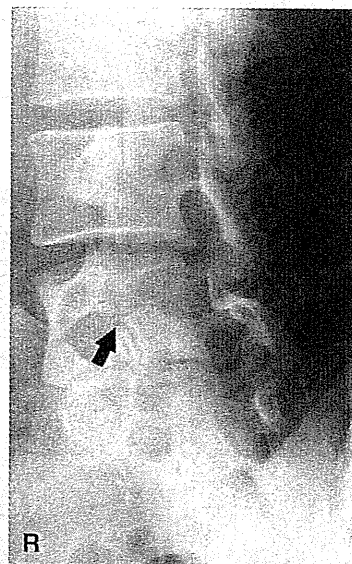
図5 脊椎圧迫骨折の単純X線画像



第2腰椎圧迫骨折。正面像 (a)、側面像 (b) ともに椎体の変形を認めるが、とくに側面像において椎体前方の椎体高の減少が典型的である

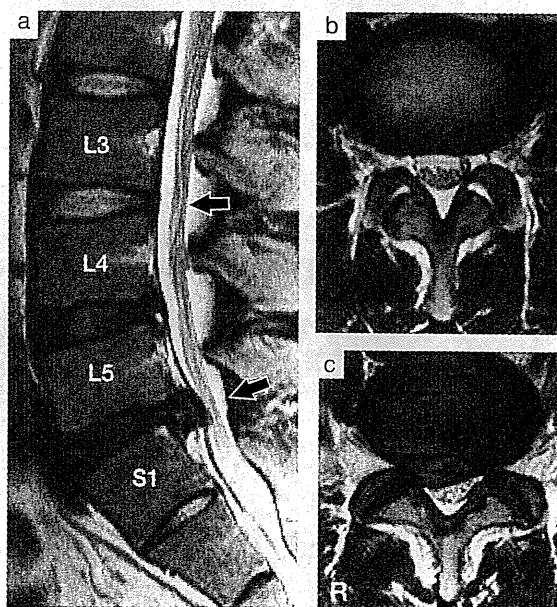
定性が出現し椎体が前方へすべり、分離すべり症となります (図6)。

図6 分離すべり症の単純X線画像



斜位像において関節間部の分離を認める

図7 腰椎椎間板ヘルニアのMRI画像

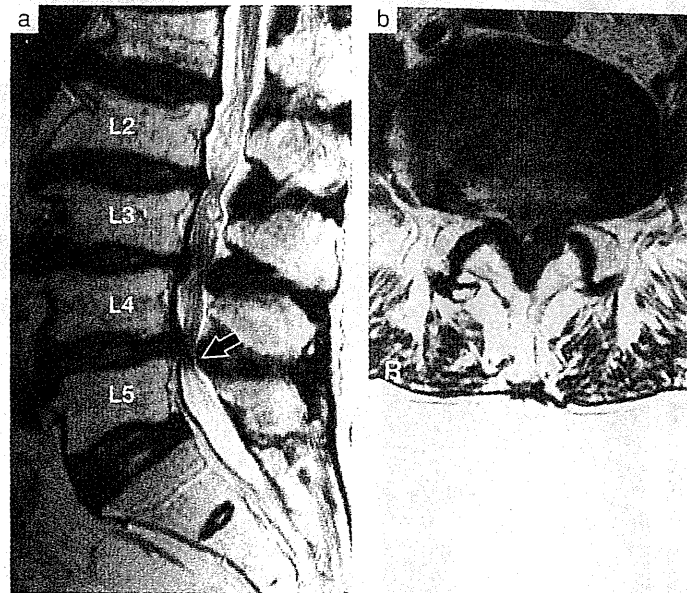


第5腰椎/第1仙椎 (L5/S1) 椎間板ヘルニア
 a: 矢状断像で第5腰椎/第1仙椎 (L5/S1) 椎間板組織の脊柱管への脱出を認める
 b: 正常である第3/4腰椎 (L3/4) 高位
 c: L5/S1 横断像において、脊柱管右側へ脱出した椎間板ヘルニアが右第1仙随神経根を圧迫している。症状は右坐骨神経痛である

MRI

腰痛疾患に対するMRI検査は非常に有用です。骨のほか、軟部組織の観察にすぐれて

図8 腰部脊柱管狭窄症のMRI画像



a: 椎間板、椎骨、黄色靱帯の変性により、多椎間の脊柱管狭窄を認める
b: 狭窄がもっとも顕著なL4/5高位。脊柱管内には、高信号を呈する脳脊髄液がほとんど認められない

おり、とくに腰椎椎間板ヘルニア、腰部脊柱管狭窄症といった腰部神経症状を呈する変性疾患、脊髄・馬尾腫瘍などは、単純X線以上に情報量が多く、診断確定が容易となりました。外来で施行可能であり、放射線被曝がない、造影検査のように身体に針を刺入する必要がないなど、患者さんに対して低侵襲な検査でもあります。ただし、情報量が多いゆえに、臨床症状と関連のない画像上の異常所見も詳細に表わしますので、読影の際には注意が必要です。以下に、代表的な腰痛疾患のMRI像を示します。

● 腰椎椎間板ヘルニア (図7)

罹患椎間板の変性と、椎間板組織の脱出、それによる神経の圧迫が認められます。T2強調像では硬膜管内の脳脊髄液が高信号で示されるため、硬膜管の形態が明確に描出されます。

● 腰部脊柱管狭窄症 (図8)

変性した椎間板と、肥厚した黄色靱帯によ

る、脊柱管の狭窄が認められます。

● 馬尾腫瘍 (神経鞘腫) (図9)

神経から発生する良性腫瘍であり、腰椎部発生のは腰痛が主症状です。また、馬尾神経根を圧迫することにより、下肢痛、感覚障害、運動障害をきたします。

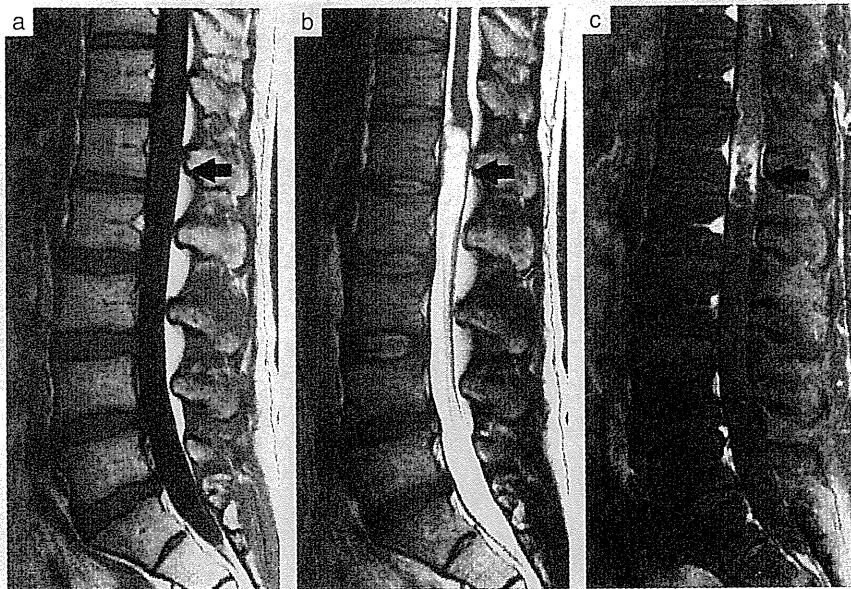
脊髄造影 (ミエログラフィー)

.....

硬膜管に水溶性造影剤を注入の後、X線撮影をすることにより得られる画像です。MRI T2強調像のように、硬膜管の形態を明確に描出することが可能です。利点は脊椎動的要素による硬膜管の形態変化を観察できることにあります。すなわち、X線撮影の際、腰椎側面前後屈を行なうことにより、前屈・後屈位おのおのの状態での硬膜管の形態を観察できます。これは、臥位での撮像を基本とするMRIでは困難です。

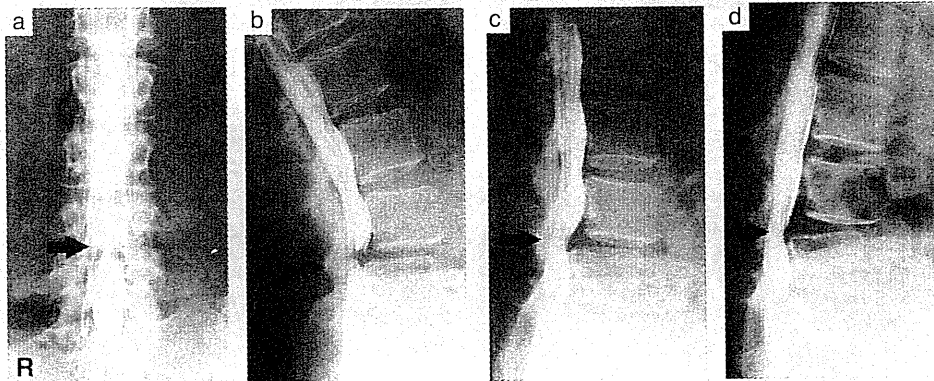
侵襲的な検査であり、少ないながらも造影剤による副作用の可能性がありますが

図9 馬尾腫瘍（神経鞘腫）のMRI画像



馬尾腫瘍（神経鞘腫）。第1腰椎高位の硬膜管内に腫瘍を認める。T1強調像で低信号（a）、T2強調像で高信号（b）、Gd-DTPA造影効果がある（c）、典型的な神経鞘腫の像である

図10 腰椎変性すべり症の脊髓造影像



第4腰椎変性すべり症の脊髓造影像

a：正面像では第4/5腰椎（L4/5）高位において、脊柱管狭窄を示唆する砂時計様狭窄を示す
b, c, d：側面像において、腰椎伸展位で脊柱管狭窄はより高度となり、屈曲位で狭窄は低減する。
屈曲位では、第4腰椎のすべりが増悪、L4/5椎間腔は後方へ開大し、異常可動性を有する

って、MRIなど非侵襲的な検査を施行したうえで、とくに手術的治療を計画しているなど、さらに詳細な情報を必要とする場合に行なうべきです。

脊髓造影後CT撮影を行なうCTミエログラフィーにより、より詳細な病態把握が可能となります。

●腰椎変性すべり症（図10）

正面像で第4/5腰椎（L4/5）椎間高位での硬膜管狭窄像側を認めます。側面前後屈像では、前屈位で硬膜管は拡大しますが、後屈位でL4/5椎間高位での硬膜管狭窄が顕著となります。

神経根造影・神経根ブロック

身体所見，各種画像検査において，腰椎椎間板ヘルニア，腰部脊柱管狭窄症などによる腰神経根由来の疼痛が疑われる際，疼痛の原因となっている部位（責任高位）を診断するために行なわれます（図11）。本法は，MRI，脊髄造影などでの画像上の複数椎間病変から責任高位をしぼる際，また，MRI，脊髄造影検査で判断しづらい椎間孔部病変による神経根症の診断において有効です。

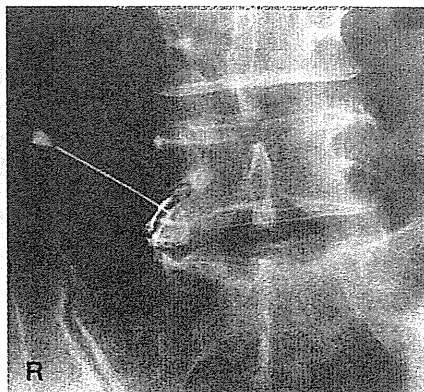
*

以上，腰痛疾患に対する代表的な画像診断法について述べました。しかし，これら画像診断上の形態学的異常は，多くの無症候性の病変を含んでいます¹⁾²⁾。治療を成功させるためにもっとも重要なことは，画像所見が身体所見を説明しうるものかを吟味することにより，真に症状に関与する病変を特定し，それを治療に反映させることと考えます。

<文 献>

1) Boden SD, Davis DO, Dina TS et al :

図11 神経根造影・神経根ブロック



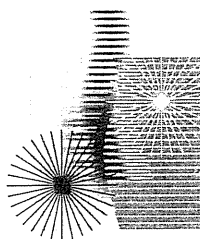
選択的右第5腰神経根造影・ブロック。ブロックの除痛効果により，障害神経根を特定できる

Abnormal magnetic - resonance scans of the lumbar spine in asymptomatic subjects. A prospective investigation. J Bone Joint Surg Am 72 : 403-408, 1990

2) vanTulder MW, Assendelft WJJ, Koes BW et al : Spinal radiographic findings and nonspecific low back pain — A systematic review of observational studies. Spine 22 : 427-434, 1997

[なみかわ・たかし／整形外科]

[たねいち・ひろし／整形外科]



特集：脊椎インストゥルメンテーションのリスクとベネフィット

腰椎変性後側弯症に対する脊椎骨切り
または椎体間解離を併用した矯正固定術

種 市 洋

金原出版株式会社

特集 脊椎インストゥルメンテーションのリスクとベネフィット

腰椎変性後側弯症に対する脊椎骨切り または椎体間解離を併用した矯正固定術

種 市 洋*

要旨：変性後側弯症は、非生理的脊柱アライメント、不良脊柱バランス、脊柱管狭窄症を伴い、強い腰痛、歩行障害、下肢神経障害を呈する重篤な病態である。変性を伴う固い脊柱変形を矯正しバランスのとれた生理的脊柱アライメントを獲得するためには、①椎体間解離、②椎体骨切り（pedicle subtraction osteotomy；PSO）、③3-column osteotomy（vertebral column resection；VCR）などの徹底的な解離と強力な脊柱インストゥルメンテーションの応用が必要となる。病態に応じた有効な脊柱解離とインストゥルメンテーションの選択がポイントである。矯正手術の目的は冠状面・矢状面バランスの適正化と生理的矢状面アライメントの獲得である。

はじめに

変性後弯症・変性後側弯症の基本的病態は、①脊柱不良アライメントおよびバランス、②脊椎不安定性、③脊柱管狭窄であり、これらが種々の程度に組み合わせられ複雑な症状を呈する^{1)~4)}。

脊柱変形が軽度でバランスが良好なもの（一般に軽度側弯変形のみを呈する）は、脊柱管狭窄症による間欠性跛行が主たる症状となる。これに対し、側弯変形が高度なもの（Cobb角 $\geq 30^\circ$ ）の多くは胸腰椎・腰椎後弯を伴い、矢状面、冠状面バランスも不良となり、強い腰背部痛が前面に出てくるのが特徴である^{1)~4)}。これに脊柱管狭窄が

様々な程度で合併し、間欠性跛行や麻痺を呈する。また、大きな側弯を伴わず胸腰椎・腰椎の後弯が主体のいわゆる変性後弯症の存在も成人脊柱変形に特徴的な病態である。脊柱管狭窄が主体の軽度変性側弯（Cobb角 $< 30^\circ$ ）例に対する治療目的が神経除圧と不安定椎間の安定化（固定）であるのに対し、変形が高度な変性後側弯症と変性後弯症は不良な脊柱アライメントと脊柱バランスが治療のターゲットとなる。すなわち、後者は脊柱変形のカテゴリーに含まれる病態（成人脊柱変形：adult spinal deformity）であり、前者とは異なる治療戦略を立てる必要がある。

一方、本症と同様に変形矯正を目的とした思春期特発性側弯症などの若年例とも異なり、変性後側弯症は変性を伴う固い脊柱変形、脊柱管狭窄の存在、骨粗鬆症の合併があるため、独自のアプローチから治療計画を立てるべきものである。

本稿では、Scoliosis Research Society（SRS）の成人脊柱変形の分類に沿って、胸腰椎・腰椎側弯症と後弯症の治療戦略について述べる。

* Hiroshi TANEICHI, 獨協医科大学, 整形外科学教室

Spinal correction and fusion with vertebral osteotomy or intervertebral release in treatment of degenerative lumbar kyphoscoliosis

Key words : Vertebral osteotomy, Intervertebral release, Degenerative lumbar kyphoscoliosis

表 1 SRS Adult Deformity Classification [文献 3) より改変引用]

Primary curve types
Single thoracic (ST)
Double thoracic (DT)
Double major (DM)
Triple major (TM)
Thoracolumbar (TL)
Lumbar “de novo”/idiopathic (L)
Primary sagittal plane deformity (SP)
Adult spinal deformity modifiers
Regional sagittal modifier (include only if outside normal range as listed)
● (PT) Proximal thoracic (T2-T5) : $\geq +20^\circ$
● (MT) Main thoracic (T5-T12) : $\geq +50^\circ$
● (TL) Thoracolumbar (T10-L2) : $\geq +20^\circ$
● (L) Lumbar (T12-S1) : $\geq -40^\circ$
Lumbar degenerative modifier (include only if present)
● (DDD) ↓ disc height and facet arthropathy based on X-ray include lowest involved level between L1 and S1
● (LIS) listhesis (rotational, lateral antero, retro) ≥ 3 mm include lowest level between L1 and L5
● (JCT) junctional L5-S1 curve $\geq 10^\circ$ (intersection angle superior endplates L5 and S1)
Global balance modifier (include only if imbalance present)
● (SB) sagittal C7 plumb ≥ 5 cm anterior or posterior to sacral promontory
● (CB) coronal C7 plumb ≥ 3 cm right or left of CSVL
SRS definition of regions
● Thoracic : apex T2-T11/12 disc
● Thoracolumbar : apex T12-L1
● Lumbar : apex L1/2 disc-L4
Criteria for specific major curve types
1. Thoracic curves
● Curve $\geq 40^\circ$
● Apical vertebral body lateral to C7 plumbline
● T1 rib or clavicle angle $\geq 10^\circ$ upper thoracic curves
2. Thoracolumbar and lumbar curves
● Curve $\geq 30^\circ$
● Apical vertebral body lateral to CSVL
3. Primary sagittal plane deformity
● No major coronal curve
● One or more regional sagittal measurements (PT, MT, TL, L) outside normal range

I. 成人脊柱変形の分類 (SRS)

成人脊柱変形は、腰椎変性を伴うこと、局所の矢状面配列不良、バランス不良(矢状面・冠状面)であることが特徴で、思春期側弯症の分類は使用できない。そのため、SRSの専門委員会が成人脊柱変形の主カーブタイプを、① single thoracic

(ST)、② double thoracic (DT)、③ double major (DM)、④ triple major (TM)、⑤ thoracolumbar (TL)、⑥ lumbar (L)、⑦ primary sagittal plane deformity (SP) の7型に分類した(表1)³⁾。

胸椎カーブは、頂椎が第2胸椎～第11/12胸椎椎間板にあり、Cobb角が40°以上であるものと定義されている。一方、胸腰椎カーブと腰椎カー

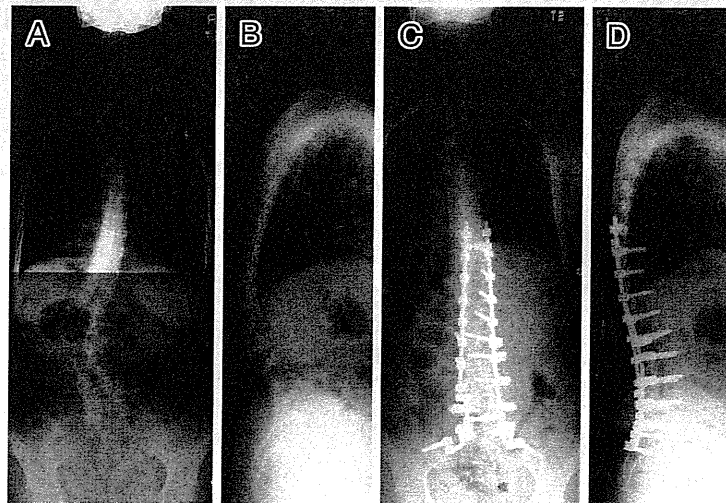


図 1 変性後側弯症 (SRS 分類 : L)

61 歳女性。服飾業に従事していたが、腰背部後側弯変形と強い腰痛のため、業務の遂行が困難になり来院した。

- A T12-L4 : 50° の側弯変形がみられるが、脊柱バランスは良好である。
- B T10-L1 : +45° の後弯変形を認める。C7 plumbline は前方に 90 mm シフトしており、矢状面バランスは不良である。
- C T9-S1 の後方矯正固定術で L1/2/3 に椎体間解離と TLIF を施行した。側弯は T12-L4 : 9° に改善したが、C7 plumbline は左に 50 mm シフトし、術前より悪化した。
- D T10-L1 : +8° に改善し、矢状面バランスは +37 mm に改善した。

ブは、頂椎がそれぞれ第 12 胸椎および第 1 腰椎、第 1/2 腰椎椎間板～第 4 腰椎にあり、側弯 Cobb 角が 30° 以上と定義されている。主カーブタイプに後弯変形 (SP) が分類されている点が成人脊柱変形分類の特徴である。後弯変形 (SP) は上述の診断基準に合致する冠状面での主カーブ (側弯) がないことが条件で、近位胸椎 (PT : T2-5) 後弯 $\geq 20^\circ$ 、主胸椎 (MT : T5-12) 後弯 $\geq 50^\circ$ 、胸腰椎 (TL : T10-L2) 後弯 $\geq 20^\circ$ 、腰椎 (L : T12-S1) 前弯 $\leq 40^\circ$ と定義されている。腰椎カーブタイプ (L) には、成人期発症のいわゆる “de novo” 側弯症と特発性側弯症の双方が含まれている。主カーブタイプ分類に矢状面カーブ (adult spinal deformity modifier)、腰椎変性 (lumbar degenerative modifier)、脊柱バランス (global balance modifier) の各項目を加え、分類することになっ

ている。

本稿で取り扱う変性後側弯症は、SRS 分類の DM, TM, TL, L で胸腰椎・腰椎に矢状面配列 (adult spinal deformity modifier) 異常を伴うものと、胸腰椎・腰椎の SP にあたるものである。

II. 変性後弯症・変性後側弯症に対する矯正固定術

手術適応は、矢状面、冠状面の脊柱アライメントとバランス不良に伴う保存療法でコントロール不能な腰背部痛を有する例である。間欠性跛行をはじめとする下肢神経症状の有無は、手術適応の基準とはならない。また、手術の目的は、① 矢状面および冠状面バランスの適正化、② 矢状面アライメントの正常化の 2 点である。主カーブの側弯 Cobb 角の矯正のみに主眼を置いた矯正術はか

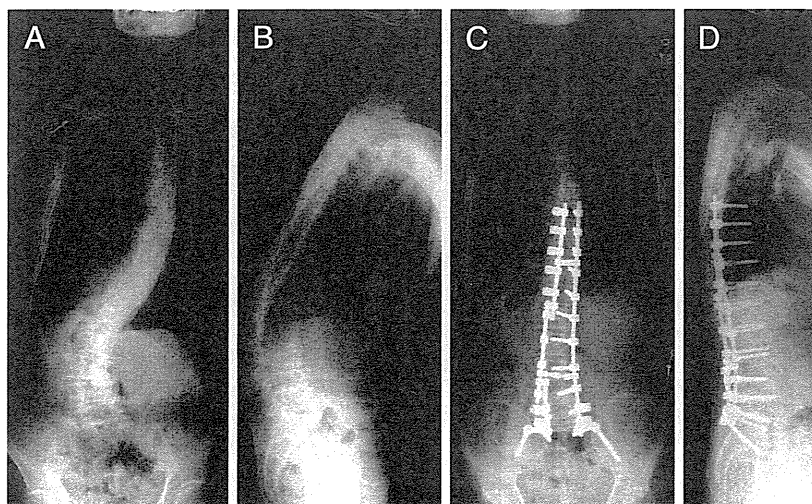


図 2 変性後側弯症 (SRS 分類: DM)

71 歳男性。数年前から腰椎の後側弯変形が進行し、立位バランスがとれず起立歩行に大きな障害をきたすようになった。

- A T4-12-L5: 44°・63° のダブルメジャーカーブである。C7 plumbline は右へ 75 mm シフトしており、著しい冠状面バランス不良を呈している。
- B T10-L4: +48° の腰椎後弯と前方 175 mm の C7 plumbline シフトを認める。
- C T8-S1: 後方矯正固定術で L3/4 に椎体間解離と TLIF を行い、T4-12-L5: 12°・13° と良好な矯正が得られている。術後、腰背部痛は消失し、歩容は著しく改善した。
- D T10-L4: -13° に改善した。

えって脊柱バランスをきたすため、注意を要する。これは、L5 ないし仙骨 (骨盤) までの固定を要する例が大半を占める本症では、腰仙椎における変形矯正の限界を超えた胸腰椎・腰椎の主カーブの側弯矯正は脊柱バランス不全を惹き起こすためである (図 1)。

固定上端椎は後弯変形の高位や胸椎部脊柱変形の状況により決定する。胸椎に固い 40° 以上の側弯や前弯がある場合は、固定範囲は上位胸椎までとなる。そうでない例では、胸腰椎・腰椎後弯の頂椎より 2 ないし 3 椎上位とするが、一般に T9~11 であることが多い。固定下端椎は L5 ないし S1 となる。脊柱バランスの代償不全防止の観点からは、L5/S1 椎間変性がないか軽度の場合は L5/S1 椎間の温存が有利であるが、移行部破綻 (junctional breakdown) の誘因ともなるため温存できない例が多い。腰仙椎固定の下位アンカーは

S1 椎弓根スクリューであるが、腸骨スクリュー、仙骨翼スクリューなどによる補強、すなわち 4-point fixation が必須である⁵⁾。固定の信頼性は腸骨スクリューが最も高いが、仙腸関節をまたいで固定となる点やスクリューによる疼痛などの問題がある。仙骨翼スクリューは固定力の信頼性がやや劣る点と仙腸関節に著しい負荷がかかることが問題である。

1. 変性(後)側弯症に対する手術

1) 椎体間解離

側弯変形の頂椎部 2~3 椎間の椎体間解離を徹底的に行うことにより、良好な変形矯正が得られる。椎体間解離は、椎間関節切除と前方ないし後方からの徹底的椎間板切除により得られる。解離した椎体間には、適当なケージを用いて anterior column support を行う。前方解離は固定下端が L4 以上に設定できる例と腰椎椎弓根が矮小で椎

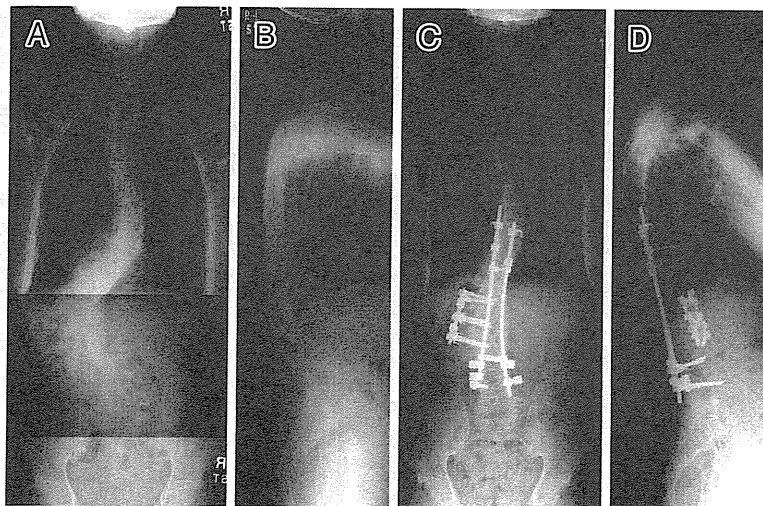


図3 変性後側弯症（SRS分類：DM，マルファン症候群）

35歳男性。思春期にマルファン症候群による側弯症に対し装具療法が施行されたが，高校卒業時に変形を残したまま治療を終了した。20歳代後半より腰痛が激しくなり，電気工事業に支障をきたすようになった。

- A T5-10-L4： 51° ・ 76° のダブルメジャーカーブである。L4傾斜角は 34° と不良であった。脊柱バランスは正常である。
- B T10-L3： $+70^{\circ}$ の著しい腰椎後弯を呈していた。
- C T12-L2の前方矯正固定術により腰椎後側弯の矯正手術後，二期的にT9-L4の後方矯正固定術を行った。T5-10-L4： 37° ・ 36° ，L4傾斜角： 17° と良好に矯正された。硬い腰椎カーブに対し，全周性の椎間解離を行うことにより，良好な改善を得た。また，この症例のように比較的若年者で腰仙椎変性の少ない例では，固定範囲をL4以上にとどめることが可能である。
- D T10-L4： $+17^{\circ}$ に改善した。

弓根スクリュー（PS）が使用できない例に適応される。腰仙椎部の椎体間解離を要する例は少ないが，主カーブの矯正によりバランスの悪化が想定される例では適宜追加する。

2) 変形矯正操作

胸腰椎・腰椎のメジャーカーブ（側弯）の矯正はアンカーにPSを用いた凸側のrod-derotationで行う。メジャーカーブの上位終椎（UEV）と下位終椎（LEV）間に側弯変形に合わせてベンディングさせたロッドを装着し，側弯矯正と前弯形成を同時に行うべくロッドを回旋させ矯正する。次に，胸腰椎後弯の矯正を行う。これは腰椎メジャーカーブの矯正に用いたロッドの上位部分を下位胸椎のアンカーに締結することにより行われるが，

その際，上位アンカーの引き抜け防止のために椎弓下ワイヤリング（テーピング）の補助が必要なケースが多い。最後に，下位固定端とロッドを連結することで矯正を終える（図2）。

比較的若年で骨粗鬆症がなく，L4以下の変性が軽度な例では，前方インストゥルメンテーションによる矯正を行う。前方法は徹底的な椎間板切除とストレート・ロッド設置による強力な矯正力により，より短分節固定で良好な三次元的変形矯正が可能のため，下位に多くの可動椎間を温存できるメリットがある。固定範囲は通常，T12-L3で各椎体に2本ずつ設置した椎体スクリューにベンディングさせない径4.5mmのフレキシブル・ロッドを順次締結させ，さらに各スクリュー間に

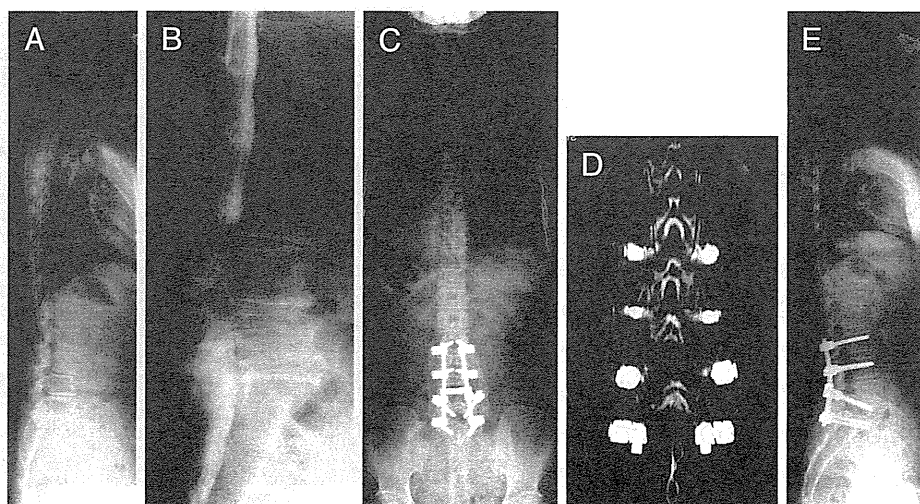


図 4 変性後側弯症 (SRS 分類: SP)

60 歳女性 (主婦)。腰痛と 50 m の間欠跛行を訴えていた。

- A L3-5: +16° の局所後弯があり, 全腰椎矢状面アライメント (T12-S1) は +5° と後弯位であった。C7 plumblines は前方に 60 mm シフトしており不良であった。
- B 脊髓造影にて L3/4/5 に高度な脊柱管狭窄を呈していた。
- C L4 の PSO と L2-S1 の後方矯正固定術を施行した。
- D 術後 CT-MPR (冠状断)。後側方固定部には十分量の骨移植が必須である。
- E 局所後弯は L3-5: -37° に, 全腰椎矢状面アライメントも -41° に改善した。

圧縮力を加えることにより, 変形を矯正する。フレキシブルなストレート・ロッドを用いることにより, 最大限の矯正が得られる。ロッドは後方→前方の順に設置する。後方ロッドのみに圧縮力を加えることにより後弯矯正が得られ, かつ, 2本のロッドを用いることにより術後の矯正損失を防止する⁶⁾ (図3)。

2. 変性後弯症に対する手術

腰椎前弯が 40° 未満または胸腰椎後弯が 20° 以上のケースが適応となる。矢状面変形がフレキシブルで比較的軽度な場合は 1~2 椎間の椎体間解離で後弯矯正が可能であるが, 3 椎間以上の椎体間解離を要する例では, 椎体骨切りが必要となる。

1) 椎体骨折を伴わない変性後弯症の脊椎骨切り

多椎間の椎間板変性が主体で後弯変形をきたしたものは, L2~L4 レベルの経椎弓根的椎体骨切り術 (pedicle subtraction osteotomy; PSO)⁷⁾ が第一選択となる。PSO は椎弓根レベルで 1 椎体の骨

切りにより 30° の後弯矯正が可能であることから, 多椎間の椎体間解離を行うより, 低侵襲かつ効率的に後弯矯正が可能となる (図4)。PSO によりもたらされる脊柱管短縮は 1 椎体高の半分程度であるので, 過剰な短縮にならず神経に対しても十分な安全性が確保される。骨切りは一時的インストゥルメンテーション設置下に行い, 骨切り操作中の骨折に伴う不意な転位に備える必要がある。PSO では椎体内の骨切りはノミを用いて鋭的に行う方が, 三次元的な正確な変形矯正が可能となるため有利である。ノミによる椎体楔状骨切りができたなら, 骨切り部に圧縮力を付加して短縮させ後弯矯正する。PSO では骨切り椎の上下椎間には十分量の移植骨を用いた後側方固定が必要 (図4) である。不十分な骨移植は偽関節を招き, 最終的に遅発性インプラント破損と矯正損失を生じることになる。

PSO 後はインストゥルメンテーションにより後弯矯正を行うが, 下位腰椎ないし腰仙椎のアン

カーに腰椎前弯を想定し prebend させた rod を連結し、cantilever force で矯正しつつ上位アンカーと締結させる。その後、骨切り面が完全に圧着するように圧縮力を加え、矯正を完了させる。

2) 椎体骨折を伴う後弯症の脊椎骨切り

後弯変形内に椎体骨折（圧迫骨折など）を伴う例はしばしば経験されるが、この場合、骨折椎が後弯の主因となっていることが多い。前述の PSO は、1 椎体の骨切りにより効率的な後弯矯正が可能であるが、楔状変形をきたした骨折椎に行うと骨切り後の椎体は bone stock の極めて少ない貧弱なものとなる。極端な例では上下の椎体終板を残すのみとなり、正常な骨癒合も期待できない状態となる。この状態で、良好な骨癒合を得るためには上下の椎間板を切除し、上下椎を接触させるような極端な短縮が必要となる。このような極端

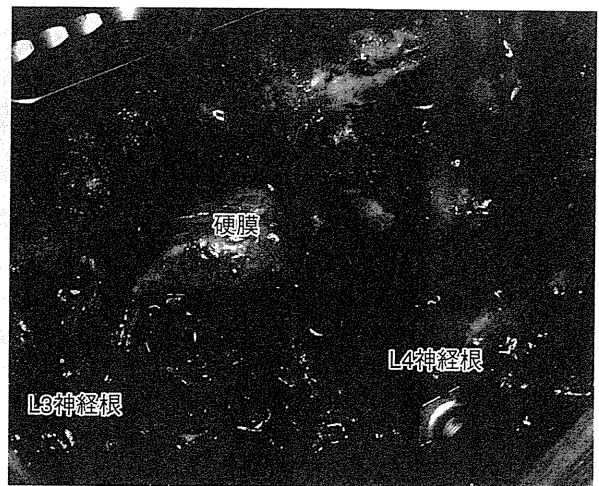


図 5 L4 椎体切除後ギャップへのケージ挿入法
左 L3 神経根と L4 神経根の間から、神経根と硬膜に圧迫や牽引が加わらないように慎重に挿入する。

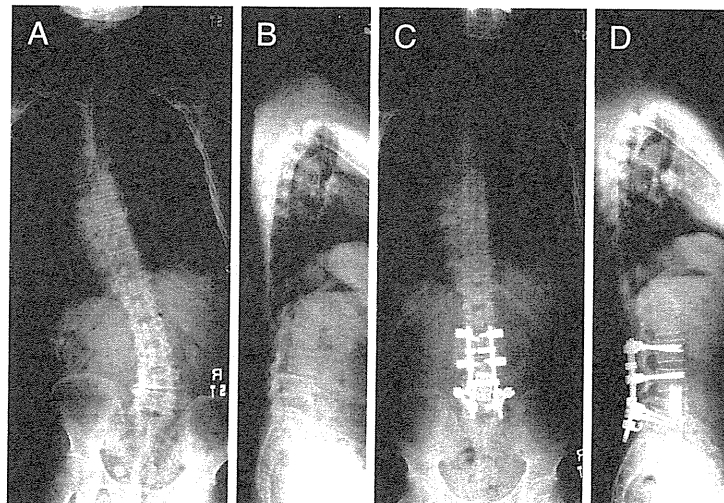


図 6 椎体骨折 (L4) を伴う変性後側弯症 (SRS 分類:L) 62 歳男性。著しい冠状面バランス不良を伴う腰痛により著しい ADL 制限をきたしていた。
A T12-L5: 35° の側弯変形と C7 plumbline の著しい左方シフトがみられる。
B L3-5: +6° の後弯変形を認める。矢状面アライメントは T12-S1: -12° と前弯減少している。C7 plumbline は前方にシフトしている。
C L4 に PDV を行い L2-5 の後方進入前方矯正固定術を施行した。側弯は T12-L5: 2° となり冠状面バランスも著しく改善した。
D L3-5: -28° となり、矢状面アライメントは T12-S1: -41° に改善した。C7 plumbline も正常化した。