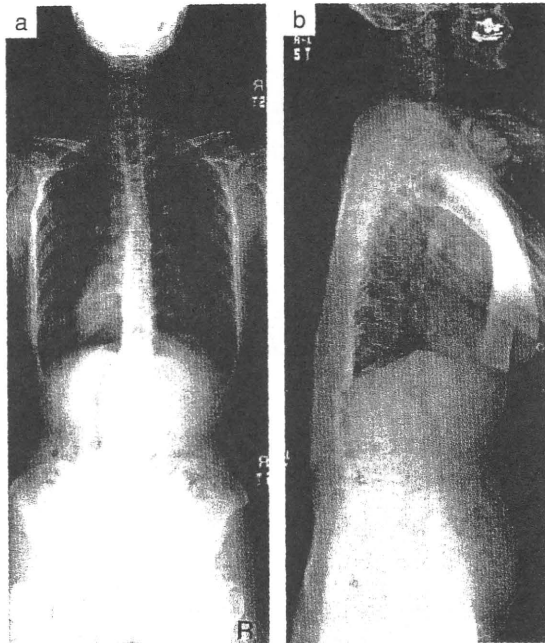
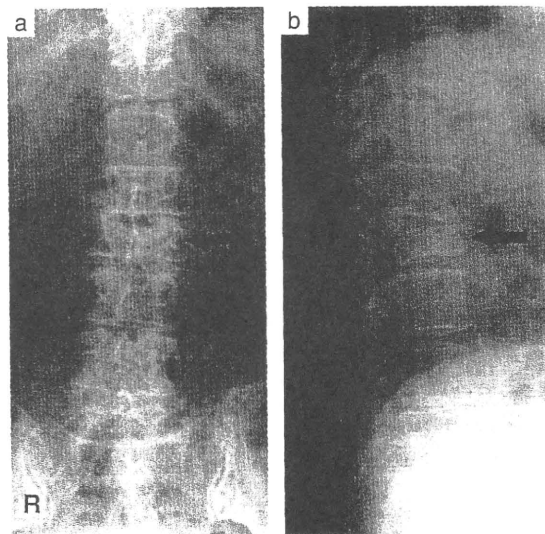


図4 腰椎変性後彎症の単純X線画像



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

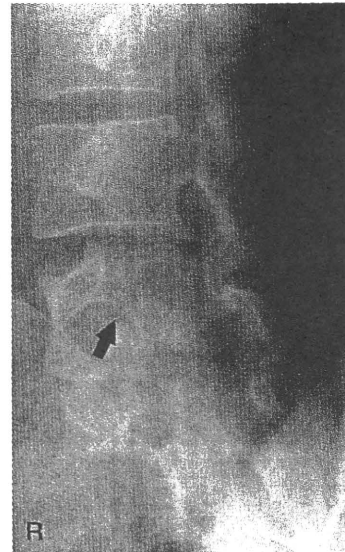
図5 脊椎圧迫骨折の単純X線画像



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

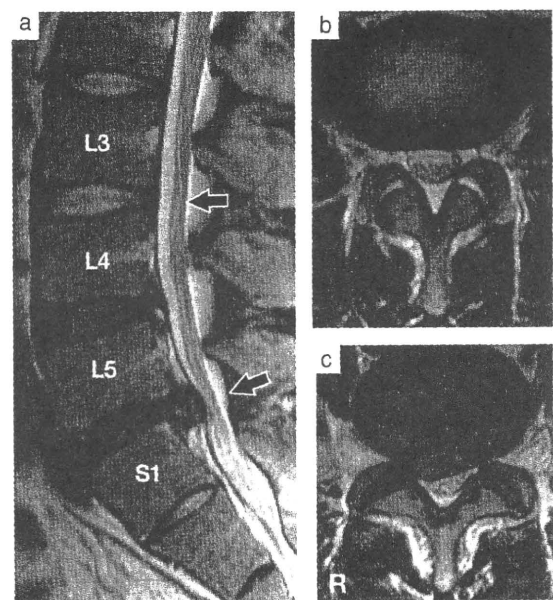
定性が出現し椎体が前方へすべり、分離すべり症となります (図6)。

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

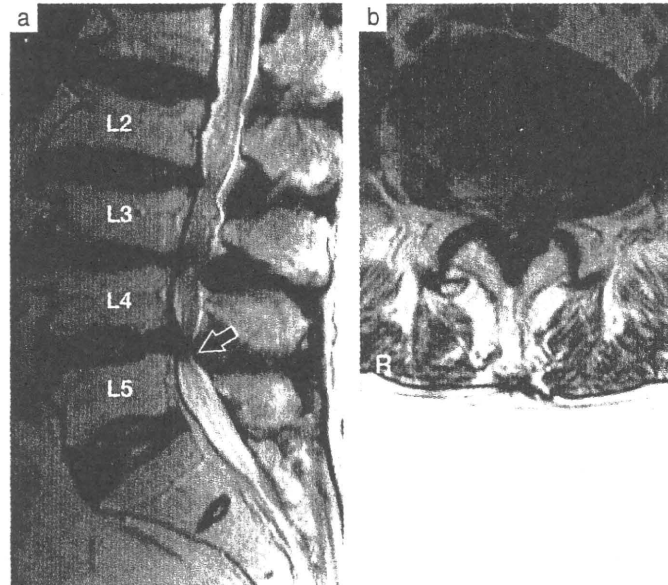
c: L5/S1 横断像において、脊柱管右側へ脱出した椎間板ヘルニアが右第1仙随神経根を圧迫している。症状は右坐骨神経痛である

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、腰部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。

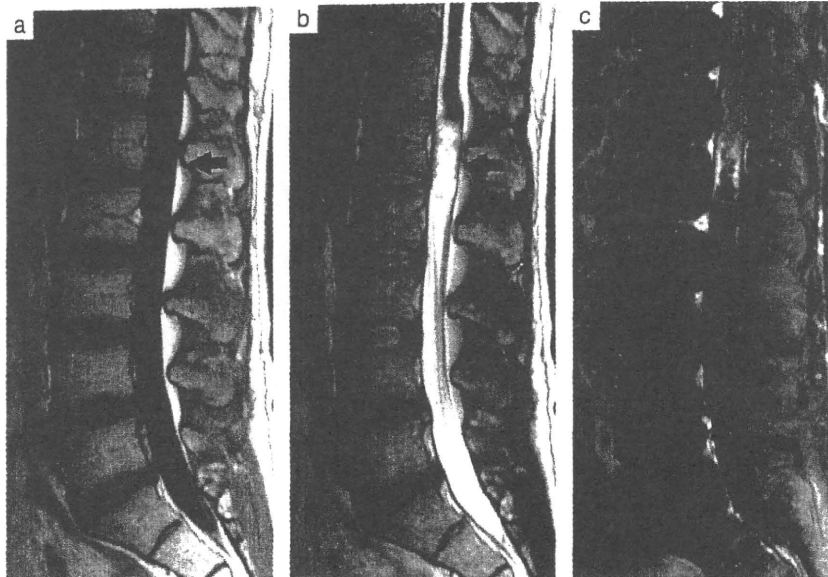
脊髄造影（ミエログラフィー）

……………

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。

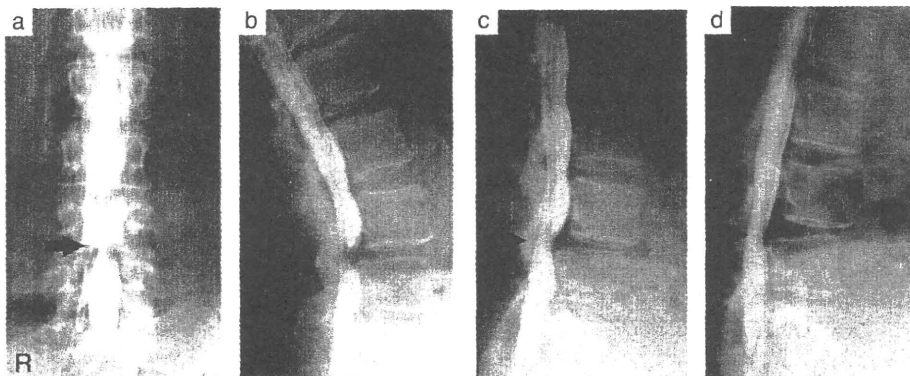
侵襲的な検査であり、少ないながらも造影剤による副作用の可能性があります。したが

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強調画像で低信号（a）、T2強調画像で高信号（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，脊髓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，脊髓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。

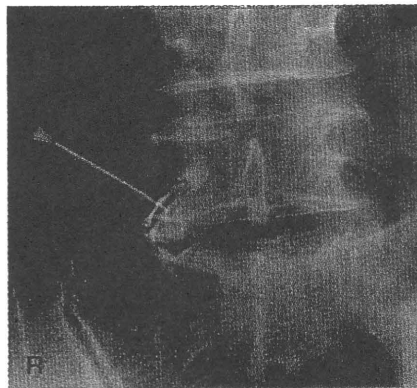
*

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



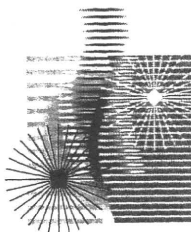
選択的右第5腰神経根造影・ブロック。ブロックの除痛効果により，障害神経根を特定できる

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脊柱不安定性、③脊柱管狭窄であり、これらが種々の程度に組み合わさ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

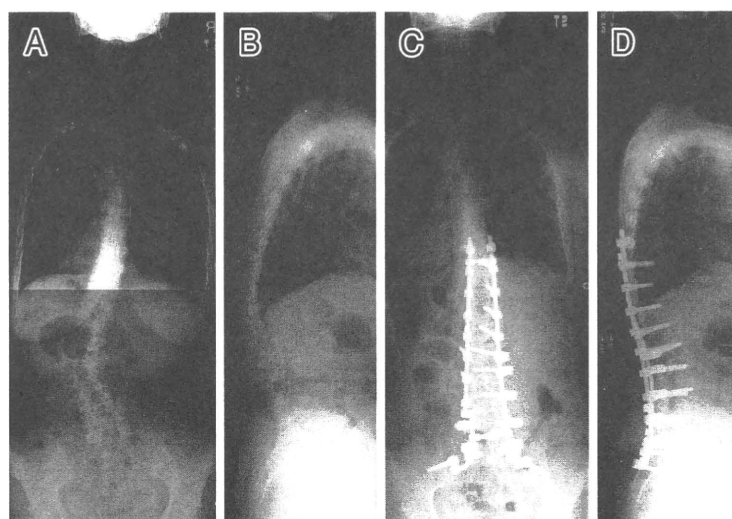


図 1 変性後側弯症 (SRS 分類 : L)

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) がいないことが条件で、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

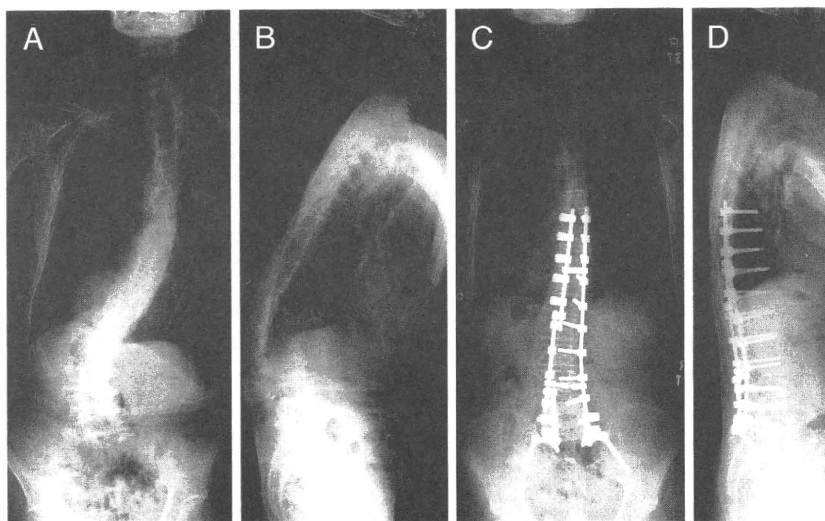


図 2 変性後側弯症 (SRS 分類: DM)

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: $44^\circ \cdot 63^\circ$ 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: $+48^\circ$ 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: $12^\circ \cdot 13^\circ$ 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には 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の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

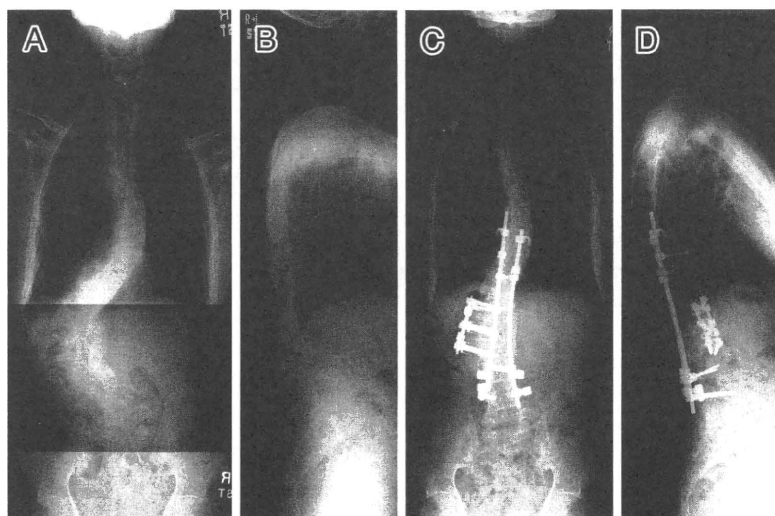


図 3 変性後側弯症 (SRS 分類: DM, マルファン症候群)

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°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°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

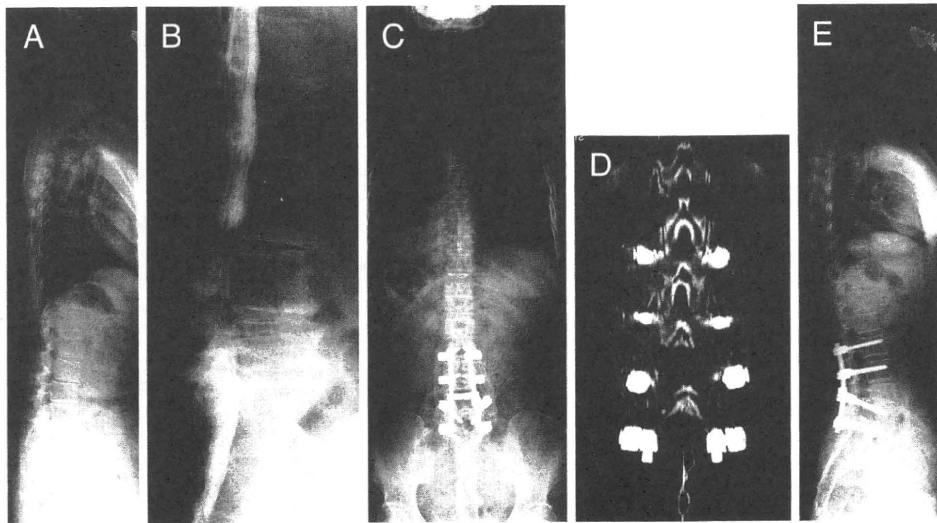


図4 変性後側弯症 (SRS分類: SP)

60歳女性(主婦)。腰痛と50m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 plumblineは前方に60mm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れば, 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く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

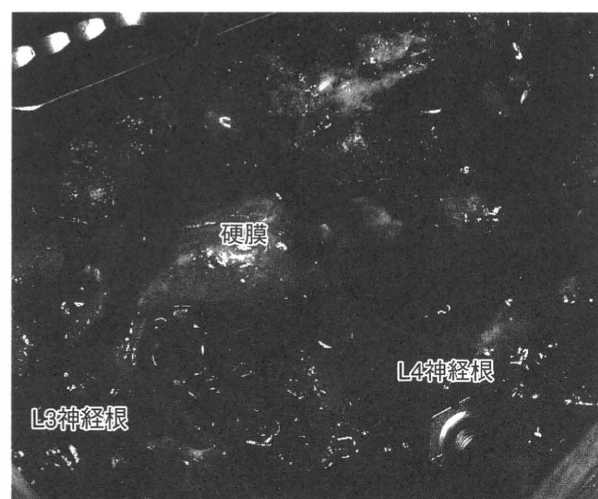


図 5 L4 椎体切除後ギャップへのケージ挿入法
左 L3 神経根と L4 神経根の間から, 神経根と硬膜に圧迫や牽引が加わらないように慎重に挿入する。

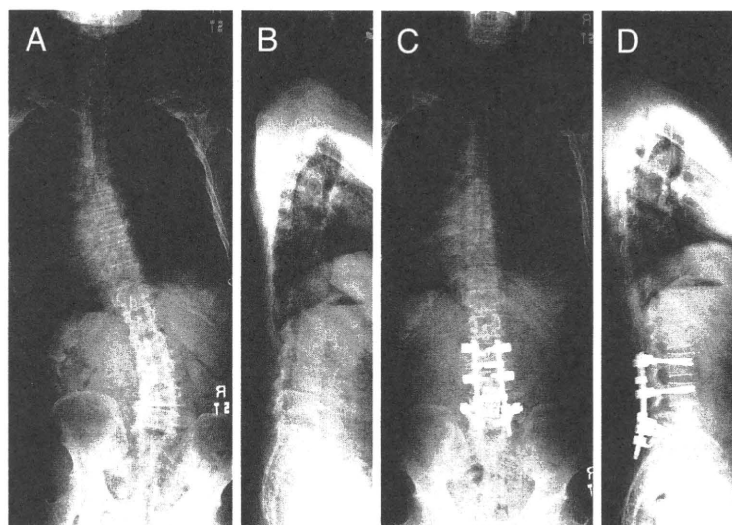


図 6 椎体骨折 (L4) を伴う変性後側弯症 (SRS 分類: L)
62 歳男性。著しい冠状面バランス不良を伴う腰痛により著しい ADL 制限をきたしていた。

- 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。

な脊柱管短縮は神経障害を惹起させ得る。以上の理由により、椎体骨折を伴う変性後弯症では PSO は適応すべきでない。

この場合は、骨折椎の後方要素全切除（上下椎間関節を含む）と上下椎間板切除、および後方からの椎体切除による 3-column osteotomy (vertebral column resection; VCR)⁸⁾ を行い、前方欠損部を後方から強固な前方支柱で再建するような方法が必要となる。上下椎間板切除は PLIF や TLIF 時の椎間板切除と同様の方法で行う。引き続いて行う椎体切除は基本的には PSO に準じるが、椎弓根以下の椎体切除も行う必要がある。後方からの前方支柱設置を行うには、切除椎体と同名の神経根とその上位神経根の間から椎体切除ギャップに対応する長さのケージなどの支柱を設置する（図 5）。胸髄レベルでは、この操作により神経根牽引が発生した場合、脊髄損傷をきたす危険性があるので、必要に応じて胸髄神経根を切断する。ケージは椎間板と椎体切除後に生じたギャップに左右 2 個設置するのが理想的である。ケージ設置後は、後方インストゥルメンテーションに適度な圧縮力を付加し、後弯矯正（前弯形成）と前方支柱の安定化を図る。これにより、安定し

た前方支柱再建を過度の脊柱管短縮をきたすことなく達成し得る（図 6）。

文 献

- 1) Bridwell KHZ : Degenerative scoliosis. The Textbook of Spinal Surgery (ed by Bridwell KHZ et al), Lippincott-Raven, 777-795, 1997
- 2) Glassman SD et al : The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity. Spine **30** : 2024-2029, 2005
- 3) Lowe T et al : The SRS classification for adult spinal deformity ; building on the King/Moe and Lenke classification systems. Spine **31** : S119-125, 2006
- 4) 種市 洋 : 腰椎変性側弯症の神経障害—特徴と発現機序. 脊椎脊髄 **20** : 972-978, 2007
- 5) 種市 洋 : 腰椎すべり症に対する instrumentation. OS Now Instruction No. 6 : 131-143, 2008
- 6) 種市 洋ほか : 特発性側弯症の矯正手術—前方 instrumentation による矯正固定. 脊椎脊髄 **21** : 37-42, 2008
- 7) Dykes DC et al : Adult kyphosis. The Adult & Pediatric Spine (ed by Frymoyer JEW et al), Lippincott, Williams & Wilkins, 479-490, 2004
- 8) Suk SI et al : Posterior vertebral column resection for severe rigid scoliosis. Spine **30** : 1982-1987, 2005

* * *

* *

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ

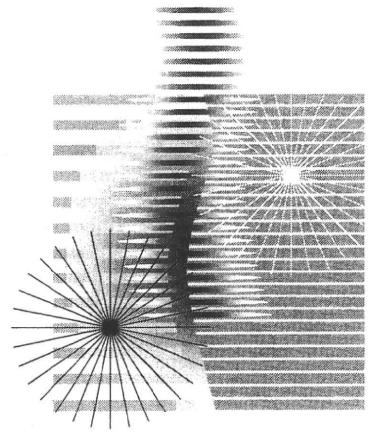
雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
中間季雄	筋・筋膜性腰痛	からだの科学	266	21-26	2010
星野雄一	超高齢社会とロコモティブシンドローム	関節外科	29	18-23	2010
星野雄一, 星地亜都司, 土肥徳秀, 赤居正美, 飛松好子, 岩谷力	運動器障害による介護リスクの評価ー早期発見診断ツールの開発ー	Modern Physician	30(4)	481-485	2010
星野雄一	サルコペニアと運動器不安定症	Geriatric Medicine	48(2)	185-189	2010
星野雄一	運動器不安定症 (MADS) の診断と治療	整形外科	61(7)	673-677	2010
星野雄一	腰痛診療のストラテジー	からだの科学	266	2-5	2010

筋・筋膜性腰痛

中間季雄

下都賀総合病院副院長・整形外科



筋・筋膜性腰痛とは

腰部の筋・筋膜におもな症状を認める場合を筋・筋膜性腰痛といいます。筋・筋膜痛症候群 (myofascial pain syndrome) あるいは筋・筋膜炎 (myofascitis) などと混同されることもあります。これは線維筋痛症など全身に痛みが出る疾患の一症状という考え方で、少し意味が異なります。痛みのメカニズムが解明されるにともない、筋・筋膜性腰痛という言葉もあまり使われなくなってきたのですが、一般に理解しやすいように、腰の筋肉、筋膜に由来した痛みの総称を筋・筋膜性腰痛と呼ぶことにします。

腰痛の原因はさまざまですが、筋・筋膜性腰痛は、ある意味もっとも理解しやすい原因の一つではないでしょうか。なぜなら、久しぶりにスポーツをした、庭の草取りをした、重いものを担いだ、などの翌日には、たいいていの人が腰痛を自覚するのではないのでしょうか。要するに、「腰の筋肉疲労、筋肉痛」と理解すればよいと思います。筋肉の疲労ですから、たいいていは数日で軽快してしまいます。そこで本稿では、脊柱の解剖学的な特性と腰背筋の生理などについて述べます。

脊柱の解剖学的特性

脊柱のもっとも特徴的な構造は、椎骨という骨が全部で24個連結され、それぞれのあいだで動きがあり、脊柱全体がしなやかに動いていることです。椎骨はおのおの椎間板や靭帯、椎間関節で連結し、さらにそれらを筋肉組織 (脊柱筋) がつないでいます。

この脊柱筋は、椎骨同士を結んでいる短い筋肉 (深層筋) から、数個以上、さらには多数の椎骨をまたいで連結している筋肉 (表層筋) までと、実に巧妙、合目的につくられています。しかもそれらのほとんどは背骨の後方に存在し、背骨の前にはほとんどありません。背骨の前には内臓があり、これを包むようにお腹の筋肉があります。つまり、背中を伸展するときは当然、背中中の筋肉が収縮しますが、からだを前屈するときはお腹の筋肉が収縮します。後述しますが、実はこの収縮の仕方も臥位と立位で異なります。

姿勢と筋活動

中腰になると腰を傷めやすい、というのはだれも疑わないと思います。「中腰になる」とは、腰の筋収縮という立場からみるとどういうことでしょうか。

筋肉の収縮度合いを調べるには筋電図が

図1 姿勢と腰背筋の筋活動 (23歳健常男性)

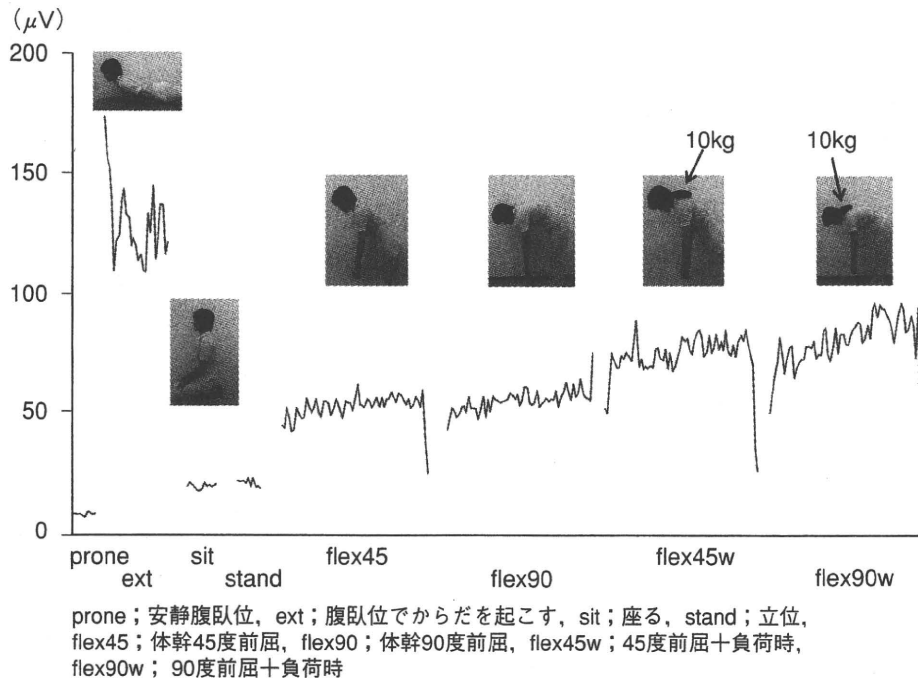
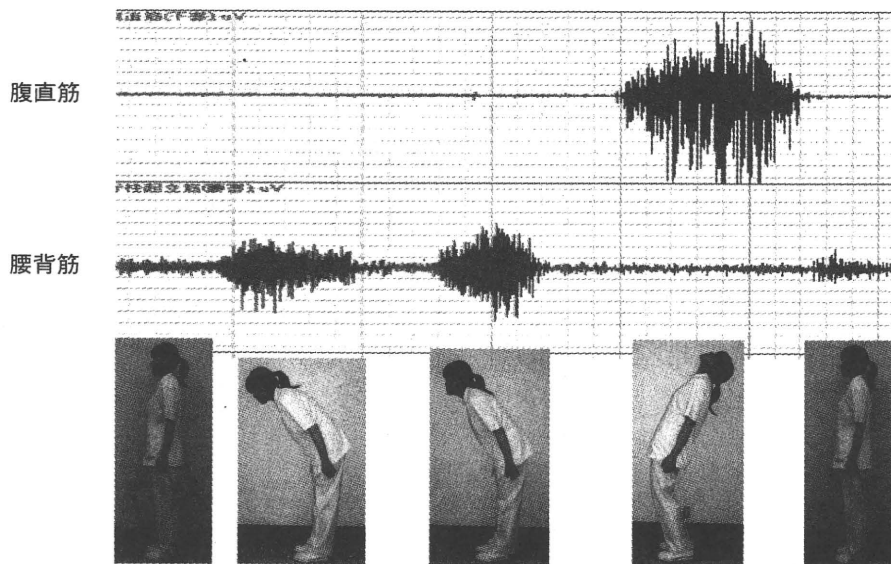


図2 姿勢と腰背筋、腹筋の筋活動 (22歳健常女性)

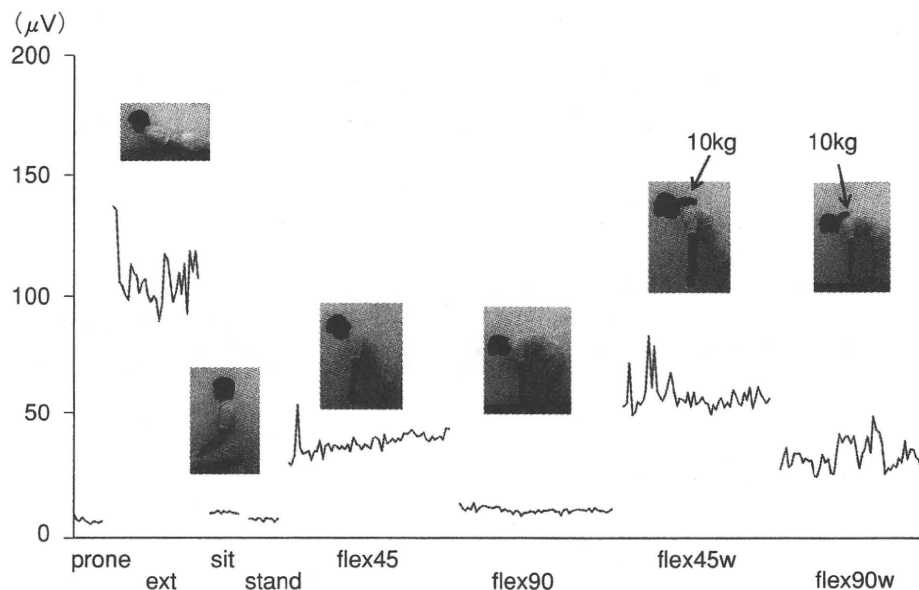


有用です。表面筋電図は、体表から筋の活動度合いをひろうことが可能です。図1は、さまざまな姿勢における腰の筋肉の活動度合いを示したものです。

安静腹臥位 (prone) では、まったく収縮はみられません。腹臥位でからだを起こす動作 (ext) がもっとも筋活動が高く、座る

(sit)、立位 (stand)、体幹45度前屈 (flex45)、体幹90度前屈 (flex90)、45度前屈+負荷時 (flex45w)、90度前屈+負荷時 (flex90w) の順で筋活動量は増大していきます。しかし、ここで注意しなければならないのが、立位と臥位の違いです。立位で体幹を背屈するときは背中

図3 屈曲・弛緩現象 (23歳健常男性)



90度屈曲位で筋活動が低下している

prone; 安静腹臥位, ext; 腹臥位でからだを起こす, sit; 座る, stand; 立位, flex45; 体幹45度前屈, flex90; 体幹90度前屈, flex45w; 45度前屈+10kg負荷時, flex90w; 90度前屈+10kg負荷時

しません。その代り、お腹側の筋肉が体幹を支えるために引っ張りながら収縮します。つまり、からだを前に倒すときに背中側の筋肉が、後ろに伸展するときに腹部の筋肉が支えているのです(図2)。そのために体幹の前傾が深くなるにつれて腰の筋肉の負荷が増えていくのです。

ここで理解しなければならないことは、脊柱筋の収縮様式です。一般に筋肉は、収縮して骨と骨を接近させるように収縮します(これを求心性収縮といいます)が、それとは違う様式があります。それは、筋が収縮しながら2点間の距離が広がる収縮様式です。これを遠心性収縮といいます。つまり、立位で体幹を前傾させる姿勢のときの背中側の筋肉、立位でからだを後屈させるときの腹部の筋肉が、遠心性収縮を強いられているのです。

屈曲・弛緩現象

立位で体幹を完全に屈曲してしまうと、腰

の筋活動はどうなるのでしょうか。最近あまり見かけないかもしれませんが、農作業をしている高齢の方が体幹を深く屈曲させて仕事している姿を見たことがあると思います。実はこの姿勢、背骨は靭帯だけで支えられ、腰の筋肉はほとんど収縮していないのです(図3)。

このように最大前屈時に腰背筋の筋放電が消失する現象を、屈曲・弛緩現象(flexion-relaxation phenomenon; FRP)といいます。この姿勢は、腰の筋肉に負担がかからないためによい姿勢であるかという点、実はそうではありません。短時間ならよいでしょうが、長時間になると腰の筋肉の血流低下から、腰の筋肉損傷を生じる可能性があります(後述)。

姿勢と腰背筋の血流

先に述べた脊柱筋の収縮様式の違いにより、筋肉の血液量にも違いが生じます。近赤外線

図4 局所酸素緩飽和度の変化 (23歳健常男性)

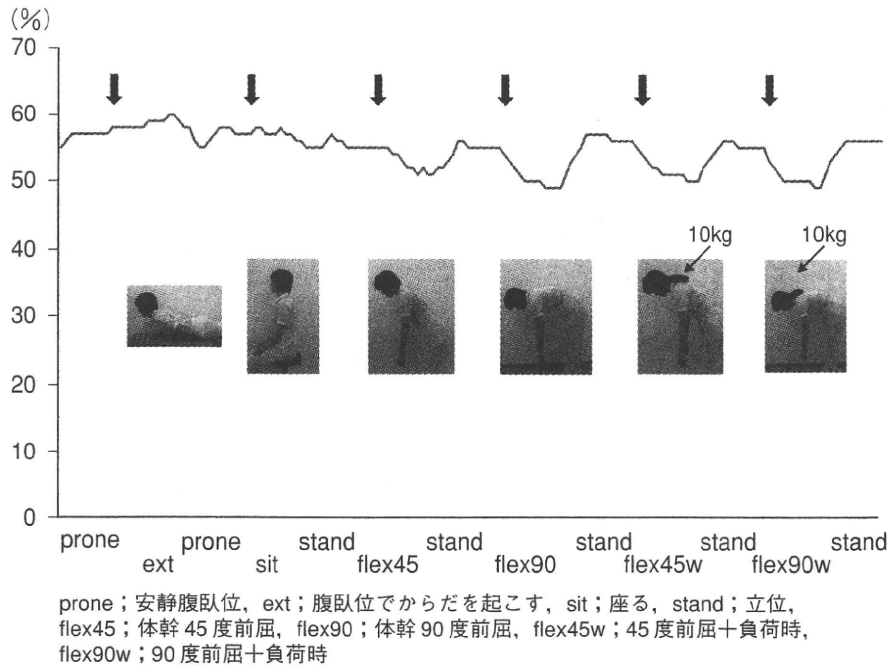
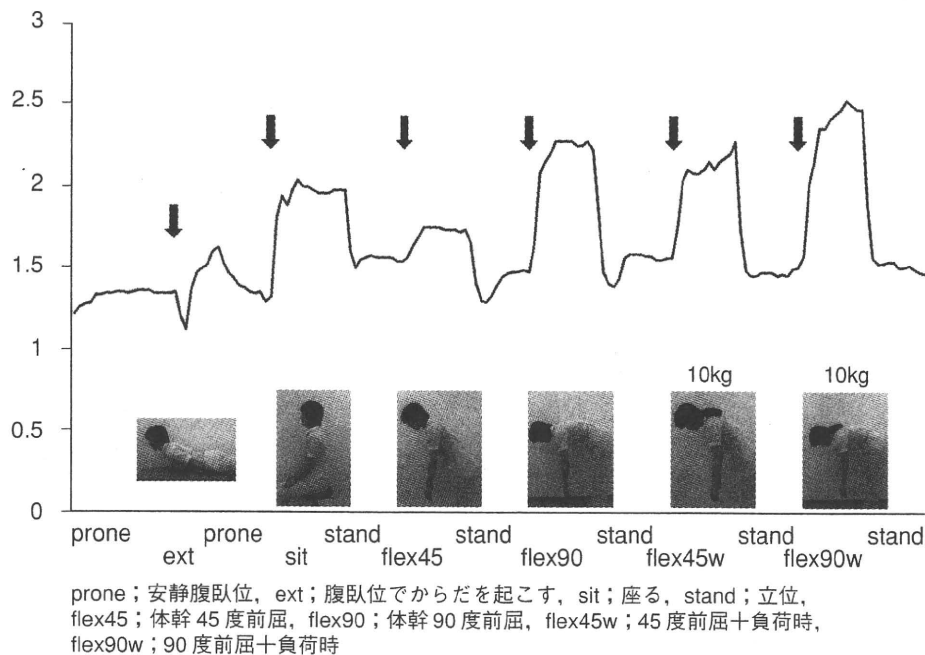


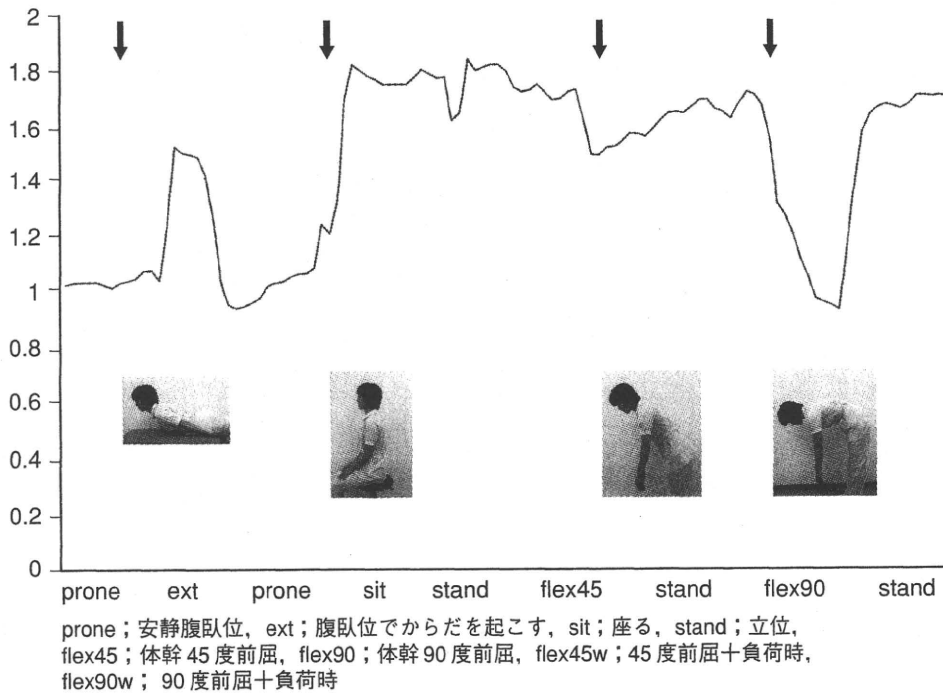
図5 HbIの変化 (典型例, 23歳健常男性)



分光法は、低侵襲で局所のヘモグロビン量の変化率を real-time で測定することが可能です。これを用いて、とくに腰椎疾患のない健常成人における腰背筋の血流動態について調べてみました。

安静腹臥位 (prone)、腹臥位での体幹背屈運動 (ext)、安静腹臥位、座位 (sit)、立位 (stand)、立位45度体幹前屈 (flex45)、立位、立位90度体幹前屈 (flex90)、立位、立位45度体幹前屈+10kg 重量物負荷

図6 腰背筋の虚血例 (82歳男性, 腰部脊柱管狭窄症)



(flex45w), 立位, 立位90度体幹前屈+10kg重量物負荷 (flex90w), 立位, の動作を連続的に行なわせ, 各動作時の局所酸素飽和度, ヘモグロビンインデックス (HbI; 測定部位の総ヘモグロビン量の変化率) を測定しました。

局所の酸素飽和度をみますと (図4), 腹臥位体幹伸展動作で経過とともに低下, 座位で軽度低下, 体幹前屈動作, 体幹前屈動作+負荷時と負荷の増大にともない低下していきます。このことから体幹の前屈姿勢は腰背筋の酸素消費をとまなう筋活動であることがわかります。

HbI の変化をみますと (図5), 腹臥位での体幹伸展動作 (求心性収縮) では, 動作開始直後に低下し, その後上昇しました。これに対して, 座位, 体幹前屈動作 (遠心性収縮) 時には, 興味深いことに HbI は急上昇した後一定レベルに達し, 立位をとると急激に低下してもとの値に戻りました。

HbI は, 測定部位の総ヘモグロビン量の変化率を示しますので, その上昇は測定部位

のヘモグロビン量が増加したことを意味します。腹臥位での背屈運動に比べて座位や体幹前屈, すなわち脊柱筋が遠心性収縮をとったときにその増加率が著明であったということは, 脊柱筋においては, 遠心性収縮と求心性収縮とで筋の収縮程度も血流動態も異なると推定されます。

腰背筋の血流動態については, 測定の仕方が各報告により異なっているため, 一定の見解がないのが実情ですが, ほかの循環動態が一定の条件下で, 体幹の前屈, 負荷の増大にともない HbI が急激に上昇するという事実は, 脊柱筋の遠心性収縮で最初におきる減少は筋肉のうっ血であると考えたほうが合理的です¹⁾。うっ血の増大が筋内圧の上昇をきたし結果的に筋血流の低下, すなわち虚血をおこして腰痛をきたすと考えられます。下腿三頭筋においても HbI を測定してみたところ, 立位をとると HbI は当然上昇しますが, 歩行負荷をかけると減少していきます²⁾。つまり筋肉の収縮, 弛緩という pumping 作用により HbI が減少したと考えられますから,

やはりうっ血が生じていると考えられます。体幹の前傾により脊柱筋内圧が高くなり、腰痛が出現するという報告³⁾も、この事実を裏づけています。

一方、腰椎疾患の場合、この血流動態はいちじるしく変化します。図6は、82歳男性、腰部脊柱管狭窄症の患者さんのHbI変化です。この症例に同様の検査を行なったところ、座位の姿勢から急激にHbIが増大し、立位をとっても徐々に低下するのみで、45度前屈で再上昇して強い腰痛を訴え、次の立位でも低下の程度は小さく、さらに90度体幹前屈をとったところで、強い腰痛のためにその後の測定ができませんでした。同時にHbIは急激に低下しました。本例では、体幹の前屈動作、すなわち遠心性収縮において強いうっ血が生じ、さらに90度前屈では腰背筋が伸展されたために、いちじるしい虚血に陥ったものと考えられます。

これらの事実をまとめると、脊椎疾患にもなう脊柱アライメントの変化、すなわち腰部脊柱管狭窄症を含めて腰椎の後彎^{わん}が強くなった例では、慢性腰痛の原因として腰背筋の慢性うっ血が存在している場合と筋の虚血が強い例が存在することが考えられます。

*

腰背筋においては遠心性収縮と求心性収縮では筋収縮の程度、血流動態が異なります。

遠心性収縮、すなわち体幹の前屈動作では、最初におきる現象は腰背筋のうっ血と考えられます。このことから筋・筋膜性腰痛を予防するには、作業姿勢がもっとも重要であることが理解できると思います。中腰、すなわち脊柱筋の遠心性収縮を長時間にわたり強いることが、腰の筋肉にとってはもっともよくない姿勢といえます⁴⁾。さらに、加齢やたとえば腰部脊柱管狭窄症脊柱のように、脊柱のアライメントに変化が生じた場合は、腰背筋の血流動態も変わると予測され、筋・筋膜性腰痛を治療するには、症例に応じた処方、運動療法が必要であると考えられます。

<参考文献>

- 1) 中間季雄ほか：体幹前屈動作は腰背筋の鬱血を生じる——表面筋電図と近赤外線分光法を用いた腰背筋での検討。運動療法と物理療法 18(3)：215-219, 2007
- 2) 大武真紀，金子 操，中間季雄，星野雄一：近赤外線分光法を用いた局所筋血流動態の検討——体幹筋と下肢筋の比較。運動療法と物理療法 16(3)：219-223, 2005
- 3) Konno S et al：The relationship between intramuscular pressure of the paraspinal muscles and low back pain. Spine 19(19)：2186-2189, 1994
- 4) 星野雄一，篠原光正，星地亜都司，中間季雄：特発性頸椎後彎症——いわゆる首下がり。J Spine Res 1：147-153, 2010

[なかま・すえお／整形外科]

