

Title	最新の腰痛治療
Sub Title	
Author	千葉, 一裕(Chiba, Kazuhiro)
Publisher	慶應医学会
Publication year	2005
Jtitle	慶應医学 (Journal of the Keio Medical Society). Vol.82, No.3 (2005. 9) ,p.129- 141
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	講座
Genre	Journal Article
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00069296-20050900-0129">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00069296-20050900-0129</a>

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

講 座

## 最新の腰痛治療

慶應義塾大学医学部整形外科学教室

ち ぼ かず ひろ  
千 葉 一 裕

Key Words : low back pain, intervertebral disc degeneration, conservative treatment, surgical treatment

### 1. はじめに

腰痛はヒトが進化の過程で二足歩行となり脊柱の生理的湾曲に変化が生じた結果、腰部に負担がかかり発生するようになったとされており、腰痛との付き合いは人類の宿命と言え、事実、人類の8割が一生に一度は腰痛を経験すると言われるほど腰痛の発生率は高く、整形外科を受診する患者の主訴として最も頻度が高い。こうした腰痛の多くは保存療法で軽快するが、時として慢性化したり坐骨神経痛を合併して手術の対象となる。長年にわたる数多くの研究によって腰痛の発生メカニズムの解明が進められ、次々と新たな治療法が開発されてきたにも関わらず、腰痛を訴える患者はむしろ増えており、費やされる医療費も年々増加傾向にある。

近年 evidence based medicine (EBM) が叫ばれているが、腰痛に対し有効性が証明された治療法はあまりにも少ない。最近の臨床疫学的研究より、「解剖学的損傷が腰痛を引き起こす」という従来概念だけでは病態の説明がつかない事例が多く、腰痛発症には心理的、社会的因子が大きく関与していることが明らかにされつつある<sup>1)</sup>。そこで、本稿では腰痛に対する医療の現状、最新の研究から得られた知見ならびに新たな治療法開発とその可能性につき概説し、腰痛治療の今後の展望を考察したい。

### 2. 腰痛に対する医療の現状

我が国では毎年国民の15-20%が腰痛を訴えていると推測されており、腰痛は高血圧に続いてプライマリーケアを受診する2番目に多い傷病であり、整形外科を受診する原因としては最も頻度が高い(図1)。平成10年度の国民生活基礎調査の筋骨格系の訴えは2470万人に達し、うち腰痛は1160万人と約半数を占めている。

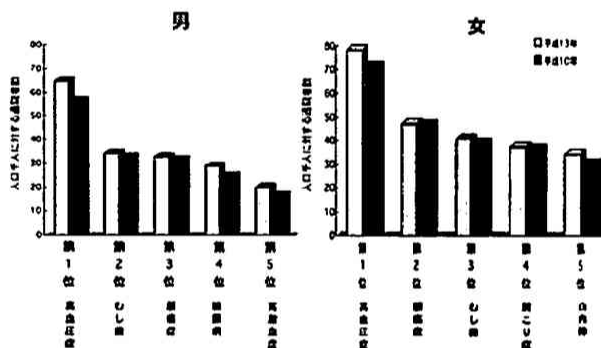


図1：性別でみた通院者率の上位5傷病  
文献3)より引用・改変

また、平成12年の日本整形外科学会学術プロジェクト委員会の疫学調査によると、ある1ヶ月間の腰痛の有病率は男性29.2%、女性31.8%と極めて高く、平成13年度の厚生統計協会による国民の体の不調の訴えでもっとも頻度が高いのも筋骨格系の愁訴であり、その中でも腰痛と肩こりが2大愁訴となっている<sup>2,3,4)</sup>。

腰痛の診療のため多額の医療費が費やされているが、急速な高齢化社会の到来に伴い、さらに増加の一途をたどるものと予測されている。実際、平成13年度の65歳以上の人口1000人に対する腰痛の有訴者率は201.0と第1位であり、通院率も117.2と高血圧に次いで高く、第2位となっている<sup>5)</sup>。

一方、45歳以下の人で就業不能の原因としてもっとも多いのも腰痛であり、腰痛による労災認定も年間6000件を超えている。休業補償と就業不能による労働時間損失を合わせると治療に要する医療費の3倍にも及ぶとの試算もあり、その国家的な経済損失は高齢者による医療費の消費増大と相まって計り知れなく、国民健康

の面のみならず医療経済上の大きな問題として早急な対策が望まれている<sup>6)</sup>。

### 3. 腰痛の原因

腰痛の原因としては内臓性、血管性などさまざまなものが挙げられるが、脊椎そのものに原因がある脊椎性腰痛の頻度をもっとも高い<sup>7)</sup> (表1)。脊椎性腰痛も疲労や姿勢が原因とされる機能的腰痛と、脊柱に何らかの病理組織学的変化のある器質性腰痛に大別される。さらに後者の原因は、加齢による椎間板などの退行変性が基盤となる変性性、側弯症や後弯症などの脊柱変形に続発す

表1：腰痛の原因

●脊椎性
- 椎間板、椎骨など脊椎に原因があるもの
●内臓性
- 消化器疾患 (胆石、膵炎など)
- 泌尿器疾患 (腎・尿管結石など)
- 婦人科疾患 (子宮筋腫、内膜症など)
●血管性
- 大動脈瘤、閉塞性動脈硬化症など
●心因性

文献7)より改変

る変形性、骨折や脱臼などによる外傷性、原発性腫瘍や悪性腫瘍転移による腫瘍性、化膿性や結核性脊椎炎などの感染症に加え慢性関節リウマチなどの全身性炎症疾患による炎症性、骨粗鬆症や透析性脊椎症などの代謝性と多岐にわたる<sup>8)</sup> (表2)。このうち最も頻度が高いのは機能的腰痛であるが、器質性では変性性ならびに代謝性の中でも骨粗鬆症に起因する腰痛の頻度が高い。

表2：腰痛をきたす脊椎疾患

●機能的 (明らかな原因を見い出せないもの)
- 疲労性腰痛、腰部筋々膜炎 (ぎっくり腰)
●器質性 (骨や椎間板、神経等に何らかの異常があるもの)
- 変性性 (椎間板、椎間関節の退行変性が基盤となり発症)
- 変形 (側弯症、後弯症)
- 外傷
・ 腰椎捻挫、圧迫骨折、破裂骨折、脱臼骨折
- 腫瘍
・ 脊椎腫瘍 (原発性、転移性)、脊髓腫瘍
- 炎症
・ 感染性：化膿性脊椎炎、結核性脊椎炎
・ 非感染性：関節リウマチ、強直性脊椎炎
- 代謝性
・ 骨粗鬆症、骨軟化症、透析性脊椎症など
- 奇形性
・ 二分脊椎、脊髓係留症候群

文献8)より改変

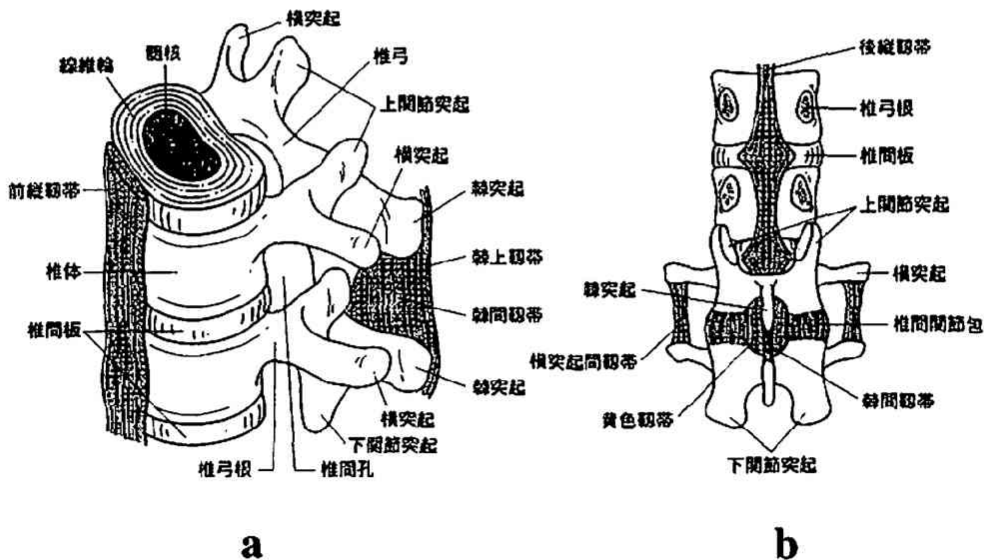


図2：腰椎の解剖

a 腰椎を前側方から見たところ b 腰椎を後方より見たところ (上位2椎は椎弓根を切断し後方要素を除き、椎体後面を見ている) 文献9)より引用

#### 4. 腰椎の解剖

腰椎は脊柱を構成する椎骨のうち胸椎と仙椎の間にある5つからなる。脊椎の基本構造はいずれの部位でも共通であるが、腰椎は大きな荷重を受けるため椎体が大きく、筋肉靭帯の付着部である横突起、棘突起も発達している。一つの椎体は椎間板、椎間関節、靭帯を通じて上下の椎体と連結されている。椎間板はゲル状の髄核がコラーゲンの層状構造から成る線維輪および硝子軟骨である終板軟骨によって一定の内圧下に封入された構造をとり、通常の滑膜関節である左右の椎間関節と強調して体幹の支持性、運動性ならびに衝撃吸収能を司る<sup>9)</sup> (図2)。

#### 5. 腰痛発生の病態

##### a) 変性性腰痛

器質性腰痛の原因として最も多い変性性腰痛は、10歳代後半から20歳代前半にはじまる椎間板の退行変性が発症の端緒となる。椎間板は常時強い外力を受け、それに抗するために大きな内圧を有し、かつ人体内最大の無血管組織であるため、腰椎におけるいかなる病理学的

変化にも先んじて椎間板変性が発生するといわれている。まず、髄核細胞の基質産生能低下のため髄核中の抱水性のプロテオグリカン濃度が低下し、水分含有量が減少することで椎間板内圧が減少し、あたかも空気の抜けたタイヤのごとく衝撃吸収能が障害される。それによって負荷がかかる椎間板外層の線維輪に亀裂が入り、椎間板の機能不全が生じる<sup>10)</sup>。椎間板の機能不全は椎間関節にかかるストレスを増大させ、椎間関節にも炎症や変形が生じてくる<sup>11)</sup>。こうした、病的変化自体が脊柱周囲の神経終末を刺激して、いわゆる椎間板性や椎間関節性の疼痛を生じる。機能不全が進行した結果、線維輪の亀裂が拡大したり不安定性が生じると、髄核成分が脱出してヘルニアとなったり、椎体間のズレすなわち「すべり」を生じ、神経組織の圧迫による関連痛や下肢痛が頻発することとなる。退行変性がさらに進むと反応性の骨増殖性変化が目立つようになり、椎間板狭小化や椎間関節変形が著明となり、その椎間は再安定化する一方で脊柱管狭窄が生じ、神経障害を来す<sup>12)</sup> (図3)。こうした腰痛・下肢痛のため、患者のADL、特に歩行能が障害され、QOLの低下につながる。

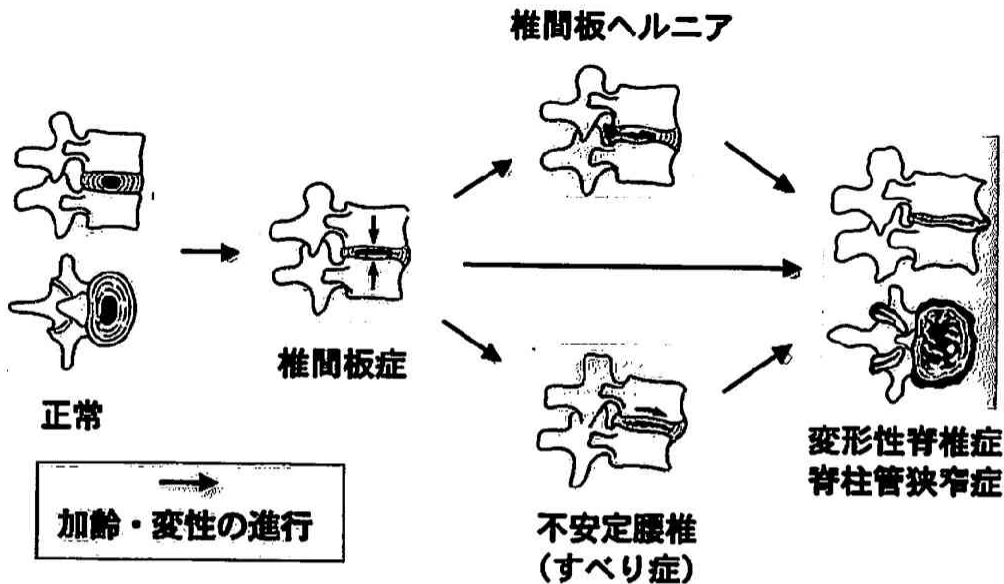


図3：椎間板変性による各種病態の発生機序

椎間板の変性が生じると椎間板内圧の低下による椎間狭小化がみられ、腰痛を自覚するようになり、いわゆる椎間板症と診断される。さらに椎間板変性が進むと時として椎間板ヘルニアや脊椎すべり症を発症する。さらに変性が進むと椎体や椎間関節に変形が生じ、退行変性の週末像として、いわゆる変形性脊椎症と呼ばれる状態となる。本症のうち脊柱管が狭くなり神経症状を呈した場合、脊柱管狭窄症と診断される。文献12)より引用

b) 骨粗鬆症性腰痛

加齢に伴う腰痛のもう一つの主要な原因である骨粗鬆症には、女性ホルモン分泌低下の影響による骨吸収亢進のための閉経後骨粗鬆症と、加齢による骨代謝回転そのものの低下による老人性骨粗鬆症があるが、女性に生じる前者が圧倒的に多い。したがって、男性では年代に関わらず腰痛の有病率は30%前後とほぼ一定であるのに対し、女性は70歳代が42.7%と年齢が上がるほど有病率が高くなるが、それは加齢とともに女性により大きな骨量の低下がみられる結果と考えられている<sup>13)</sup>。骨粗鬆症により大腿骨頸部骨折や橈骨遠位端骨折など様々な脆弱性骨折を生じ易くなるが、中でも最も頻度が高いのは脊椎圧迫骨折であり、欧米では女性の30-50%、男性の20-30%が生涯に1度は脊椎圧迫骨折を経験すると



図4：骨粗鬆症性脊椎圧迫骨折

76歳女性、著しい骨粗鬆症のため胸腰椎に多発性の圧迫骨折を認める。強度の腰背部痛に加え、高度の後弯変形を呈し、いわゆる腰曲がりの状態となっている。



図5：化膿性脊椎炎

64歳男性に生じた化膿性脊椎炎。強度の腰痛と両下肢のシビレを主訴として来院した。L4/5椎間板を中心とした骨破壊・骨硬化像を認める。

の報告がある<sup>14)</sup>。本骨折は急性腰背部痛を引き起こし、残存した椎体変形は脊柱の弯曲異常、特に後弯変形を続発させ、それに起因する腰背部痛を生じるという悪循環に陥る(図4)。高度後弯を呈する患者では疼痛や脊椎機能障害のみならず、内臓器の機能障害のためQOLが低下することがある。また、骨折が偽関節となった場合には遅発性の椎体圧潰を生じ、骨片の脊柱管内への突出による脊髄、馬尾の圧迫のための下肢麻痺や膀胱直腸障害を来すこともあり、本骨折が日常生活動作(Activities of daily living: ADL) 障害を引き起こし高齢者の死亡率を増加させている事は明らかである<sup>15, 16)</sup>。

c) その他の腰痛

外傷性腰痛は強い外力による脊柱の構築学的破綻によって、また、腫瘍性、炎症性腰痛は腫瘍や炎症の直接浸潤による椎体破壊に加え、脊柱管への腫瘍、膿瘍や肉芽などの波及によって神経損傷・圧迫を生じ、激しい腰痛と、多くの場合、急性麻痺を呈する(図5, 6)。

以上、さまざまな原因で生じる腰痛ではあるが、その病態は局所の安定性・支持性の破綻と圧迫による神経組織の障害の2つに大別できる。すなわち、椎間板の変性、

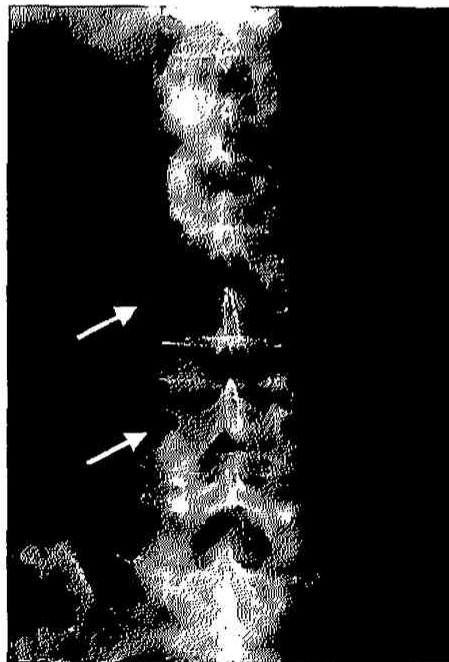


図6：転移性脊椎腫瘍

59歳女性、腰痛を主訴に来院。単純X線にて第3, 4腰椎椎弓根像の消失と骨破壊像をみる(矢印)。生検を施行し、未分化腺癌の病理診断を得たため全身検索を行なったが原発巣は不明であった。

椎体の変形や破壊など、脊椎そのものの安定性が損なわれたため生じる疼痛と、椎間板の突出、骨棘、腫瘍などによる馬尾、神経根の圧迫による神経症状である。

## 6. 腰痛の診断

腰痛を主訴とする患者を診察する際には、まず緊急を要するものか否かの判断が重要となる。特に内臓性や血管性、あるいは脊椎性の中でも感染性や腫瘍性疾患は多くの場合、早期診断と迅速な治療開始が必須となる。常にこうした疾患の可能性を念頭に置き、詳細な病歴の聴取、全身ならびに局所所見、さらには神経学的所見の注意深い観察が要求される。具体的には疼痛の部位や性状、発症様式、増悪の有無などを含めた発症から受診時までの時間的経過を患者から詳しく聞き出すこと、熱発、腹痛、下痢、血尿など脊椎外症状の有無に注意し、背部叩打痛の有無の確認や腹部触診を行なうことが大切である。内臓性や血管性の場合、突然襲う痛が多く、姿勢や運動と痛みに関連がない。したがって安静にしても疼痛が軽快しない場合、こうした疾患を考えるべきである。また、嘔気、るいそう、顔色不良、食思不振、血尿など原因となる疾患による症状を伴い、腰痛が唯一の症状であることは少ない。逆に脊椎性の場合、姿勢や運動などの負荷で症状が増悪し、安静で軽快することが特徴的である。

内臓性や血管性腰痛を除外でき、脊椎性腰痛の可能性が高い場合、器質性か非器質性かを鑑別する。その場合、疼痛の性状や神経症状の有無の把握が大切となり、強度の腰・下肢痛や神経症状がある場合、器質的疾患を有する可能性は高く、椎間板ヘルニア、すべり症、脊柱管狭窄症などの変性疾患に加え、腫瘍性あるいは炎症性疾患を疑い、単純 X 線や MRI に CT や骨シンチグラフィを追加して原因を究明する。特に慢性進行性に疼痛や神経障害が悪化する場合や単純 X 線で椎体の破壊、椎間板の狭小化と骨性終板の不整、椎弓根像の消失などをみる場合は、腫瘍性疾患や炎症性疾患を疑い、全身状態、発熱の有無を確認した上で、炎症反応や腫瘍マーカーを含めた血液検査も忘れずに行う（図 5、6）。手術を念頭に置く場合、脊椎造影、椎間板造影や造影後 CT は、手術術式の選択や術前プランニングに有用な情報を提供する。

こうした画像診断技術の進歩によって脊椎疾患の診断精度の著しい向上がもたらされた。一方で腰痛の診断における大きな問題は画像上の変化と臨床症状が必ずしも一致しないことである。すなわち画像上著しい変性性変

化をみても腰痛をみないことや、その逆も稀ではない。特に MRI は極めて鋭敏な検査であるがゆえに臨床的に意義の少ない軽微な変化をもとらえることがあり、その解釈には十分な注意が必要である<sup>17)</sup>。したがって、腰痛の診断は、臨床所見、画像所見、その他の補助診断を適宜組み合わせ、患者の社会的、心理的側面をも念頭に置きつつ慎重に行う必要がある。

神経所見、画像所見いずれにおいても明らかな異常が見られない場合、筋々膜炎など非器質性腰痛やごく初期の椎間板変性、椎間関節症を含む“いわゆる腰痛症”と診断される。著しく長期にわたり非器質性腰痛を訴える患者には何らかの心理的要因の加重を考えるべきである。大方の場合、患者の生活様式、職業、既往歴、過去の受診歴、治療歴などを詳細に聞き出すことで特定できる。

心理的要因の加重を調べる簡単な方法として患者自身に痛みの部位を記入させる疼痛描写の他、flip test、Hoover test などの臨床鑑別テストや MMPI などの心理テストが有用である<sup>18)</sup>。

## 7. 腰痛に対する治療の現状

### a) 腰痛に対する保存療法

腰痛の原因としてもっとも頻度の高い機能性腰痛の真の原因は不明なため保存療法による対症療法が主体となる。また、腫瘍や外傷によるものを除き、多くの器質性腰痛疾患の治療もまずは保存療法が原則となる。しかし、腰痛に対し有効性が科学的に立証された保存療法は少なく、その多くは医師の経験や勘に基づいて行われており、この点でわが国の保存療法や腰痛予防に関する基礎研究は不十分と言わざるを得ない。欧米ではさまざまな randomized control trial (RCT) によって特定の治療法の効果を科学的に検証する試みが数多くなされているが、今のところ急性腰痛に効果があるとされているのは消炎鎮痛剤を含めた薬物療法と一部の脊椎マニピュレーションのみであり、安静、注射、理学療法や運動療法の有効性は証明されていない<sup>19)</sup>。しかし、こうした結果を直ちに医療制度が異なり、正式な脊椎マニピュレーションの教育や資格が確立されていない我が国に当てはめられるかは疑問であり、今後我が国の実態に即した科学的検証が必要と思われる。

#### i. 安静

従来、腰痛に対する治療の基本は安静とされてきたが、過度の安静はむしろ腰痛の回復を遅らせることが欧米のレビューやガイドラインでも明記されている<sup>20)</sup>。最近では臥床安静を勧めることは少なく、疼痛を誘発する姿勢、



運動など日常生活動作上の負担を避けつつ、ある程度活動性を維持させる指導がなされる。また、就業に関しても痛みを誘発あるいは増悪させる特定の作業や姿勢のみを制限し、可能な限り就業を継続させることが主流である。

#### ii. 薬物療法

薬物療法は急性腰痛症に対する有効性のエビデンスが示されている数少ない治療法であり、欧米では非ステロイド系消炎鎮痛剤(non-steroid anti-inflammatory drugs: NSAIDs)あるいは弱オピオイドの短期の、しかも定期的内服が有効とされており、本邦のごとく頓服としては使われない。我が国では、NSAIDs、筋弛緩剤、ビタミン剤の内服、湿布や軟膏の外用、プロスタグランジン製剤の注射や内服などが症状、病態に応じて適宜行われ、特に急性腰痛に対してはNSAIDsの坐剤が頻用されている。NSAIDsは有効である反面、消化管出血を初めとする副作用に十分な注意が必要である<sup>19, 20)</sup>。

#### iii. 注射療法

その強い鎮痛効果から乱用されることがある一方で、副作用の危険性が必要以上に危惧され、むやみに避けられることもあるなどその適正な使用に関する定説はない。しかし、有効に活用することで治療のみならず診断に関する重要な情報も得られる有用な方法である。疼痛誘発点(トリガーポイント)に局所麻酔剤とステロイド剤を少量注射する局所ブロック、仙骨裂孔から局所麻酔剤とステロイド剤に生食10ccを加え注入する硬膜外ブロック、椎間板ヘルニア、脊柱管狭窄症などによる根性坐骨神経痛に対し、透視下に障害されていると考えられる神経根に直接針を当て、症状の再現性を確認した後、局所麻酔剤とステロイド剤を注入する神経根ブロックがある。

#### iv. 理学療法

数多くの手技が含まれるが、その有効性に関する科学的検証はほとんどなされていない。唯一運動療法のみが、欧米のRCTにおいて一部の腰痛に対し有効であったと報告されている<sup>21)</sup>。

- 装具療法：軟性、硬性の体幹装具が局所の安静、過度の運動の抑制、低下した筋力の補助などの目的で使用されている。漫然と長期に使用し、腹背筋の萎縮や拘縮、精神的依存を作らないよう配慮する。
- 温熱療法：局所の循環改善、粘弾性増加を目的に行われる。ホットパック、パラフィン浴、赤外線などの表面温熱と極超短波、超音波などの深部温熱がある。
- 牽引療法：その作用機序として安静効果、筋や関節のストレッチ効果などが唱えられているものの十分に説明はされていない。効果がない症例には漫然と長期に

続けるべきではない。

- 運動療法：いわゆる急性期には適応はないが、亜急性期、慢性期腰痛に対する治療として有効であるとの報告がある。筋力増強訓練、腰痛体操などがあり、拘縮した筋、関節のストレッチ、腹背筋力増強、姿勢の矯正などの目的で行われる。心肺機能を含めた全身状態を考慮しながら、個々に適した運動プログラムを作成する必要がある。しかし、どのような運動をどれくらい行えば良いのか、腰痛発症に対する予防効果はあるのか、など多くの点が未解明である。

#### b) 腰痛に対する主な手術療法

いかなる原因の腰痛にせよ手術に耐え得る全身状態と患者、家族の十分なinformed consentが施行の前提となる。腫瘍、化膿性炎症、外傷などによる腰痛ではたとえ神経症状が無くても、腫瘍の増大や膿瘍の形成、外傷後の脊椎不安定性などにより、神経障害の発現や腰痛遺残の危険性が極めて高いと判断される例では、脊椎腫瘍摘出術、掻爬骨移植術、脊椎再建術などの適応となる。変性疾患の場合、MMT3以下の著しい麻痺や進行性の麻痺をみる場合、膀胱直腸障害が出現した場合、最低6週の徹底した保存療法にも関わらず強度の腰・下肢痛やシビレ、脱力などが持続し、就業、学業、日常生活に支障をきたす場合に手術を考慮する<sup>22)</sup>。しかし、実際には患者の社会的あるいは心理的背景なども十分考慮に入れ、患者との信頼関係、術者の経験や技術、患者、家族の希望などを考慮して症例ごとに手術適応が決められている。理想的には主治医がいくつかの治療選択肢を呈示し、その得失を理解、納得した上で患者自身が選択することが望ましい。

前述のごとく、腰椎疾患の病因は局所の安定性・支持性の破綻と圧迫による神経組織の障害の2つに大別できるため、手術も脊椎安定性の再獲得すなわち固定術と神経組織の圧迫や絞扼の解除すなわち除圧術の2つが基本となる。以下に主な術式につき解説する。

##### i. 後方除圧術

##### ① 椎弓切除術(Laminectomy)

棘突起、椎弓ならびに棘上・棘間靭帯、黄色靭帯を含め後方支持組織を全切除し、脊柱管を広範に除圧する術式であり、あらゆる脊椎手術の基本となる術式である(図7a)。しかし、脊柱支持性の低下による不安定性発生の危惧から徐々にその適応は限定されており、特に外傷、脊椎腫瘍、すべり症、変性側弯症などに対しては脊椎固定術が併用されることが多い。しかし、巨大正中ヘルニアや中心性脊柱管狭窄症、脊髄腫瘍摘出などの際に

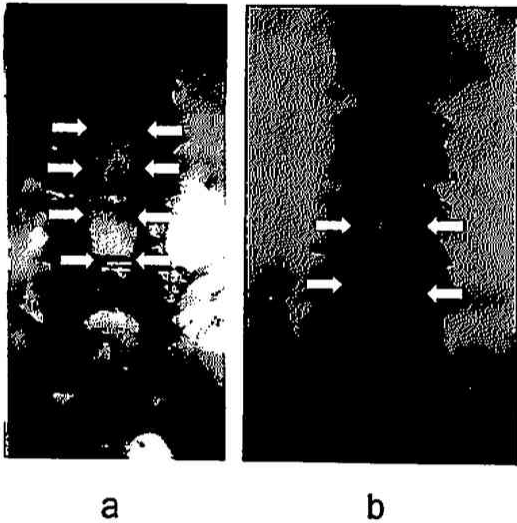


図7：後方除圧術

- a 椎弓切除術：脊椎手術で最も基本となる術式。後方より進入し棘突起、棘上・棘間靭帯、椎弓を切除し脊柱管を広く除圧する。ただし、後方支持組織を全切除するため術後の不安定性を招来する危険性がある。
- b 開窓術（部分椎弓切除術）：棘突起、棘上・棘間靭帯を温存しつつ、椎弓の一部を切除し、椎弓間を中心に除圧する。特に外側陥凹部での神経根の除圧に適している。

は現在でも本術式が常用される。また近年、棘突起基部の骨切り後に椎弓を切除する方法や片側進入により両側除圧を行なう方法など、後方支持組織を可及的に温存する椎弓切除術が開発され、後述する開窓術との厳密な区別が困難となってきた。

②椎弓間開窓術（Laminotomy, fenestration）、部分椎弓切除術（Partial laminectomy）

片側の椎弓間を展開し、上下の椎弓縁を部分的に削除したのち黄色靭帯を摘出し、神経根、硬膜を正中へ排除しつつ椎間板ヘルニア塊を摘出する術式は、本邦ではLove法と呼ばれ、最も多く施行されてきた脊椎手術である<sup>21)</sup>。脊柱管狭窄症に対しては両側性に椎弓間開窓が行われ、上下椎弓の黄色靭帯付着部に加え椎間関節内側部も切除し外側陥凹部まで広く除圧する（図7b）。最近では最小侵襲手術（minimally invasive surgery）として手術用顕微鏡視下（microscopic）あるいは内視鏡視下（endoscopic）にヘルニア摘出や脊柱管除圧を行なう術式が普及している。われわれも現在、椎間板ヘルニアに対しては内視鏡下ヘルニア摘出術（Micro-endoscopic discectomy：MED）を標準術式としている<sup>20)</sup>（図8）。

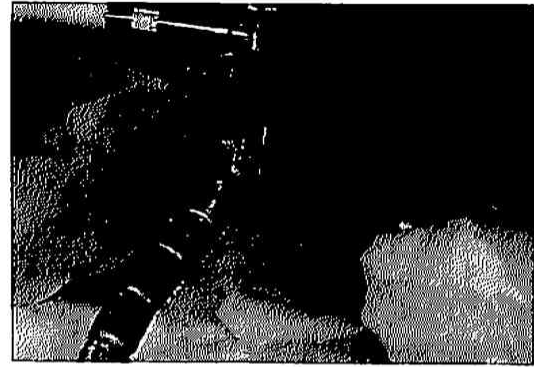


図8：内視鏡下ヘルニア摘出術

MTRx System（Medtronic Sofamore Danek社）による内視鏡下のヘルニア摘出術の実際。約1.5cmの皮切でworking cannulaを椎弓上まで挿入し、内視鏡下に椎弓間開窓、ヘルニア摘出を行なう。術後の創痛が少なく、術翌日より起立歩行、術後3日での退院が可能である。

ii. 脊椎固定術

①前方進入椎体間固定術（Anterior lumbar interbody fusion：ALIF）

仰臥位で腹部に皮切を加え、腹膜を腹腔内臓器とともに一側へ排除し後腹膜腔に達する。大血管を保護しつつ椎柱前面を展開したのちに椎間板を切除・郭清し、椎間開大位で移植骨を打ち込み椎体間を固定する（図9a）。本術式の最大の利点は脊柱管内に侵襲を加えないことであり、再発ヘルニア、術後不安定腰椎などで脊柱管内の

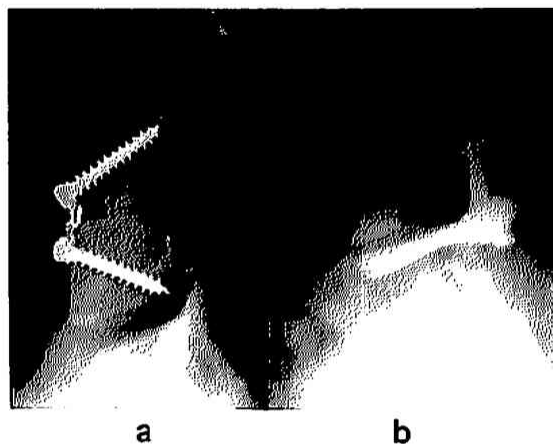


図9：脊椎固定術

a：前方固定術，b：後方進入椎体間固定術

最近ではいずれの手術も早期の離床と骨癒合率の向上を目指し、様々なinstrumentationとの併用を含めた術式の改良が重ねられている。



癒痕による癒着がある例や脊椎腫瘍、化膿性脊椎炎、脊椎カリエスなど椎体に主病巣がある例が良い適応となる<sup>25)</sup>。一方で、大血管損傷、交感神経叢損傷による逆行性射精、イレウスなど整形外科医が遭遇する機会の少ない合併症が生じることがあり注意を要する。

②後方進入椎体間固定術 (Posterior lumbar interbody fusion : PLIF)

椎弓に加え内側椎間関節切除による完全な神経除圧後に、硬膜管、神経根を一側に排除しつつ後方より椎間板を郭清し椎体間に骨移植を行なう。従来は固定術後3-4週のギブスベッド上の安静臥床を要していたが、pedicle screw systemや椎体間ケージなど脊椎インストルメンテーションの併用により、すべり、側弯や後弯などの変形矯正と即時かつ強固な固定性が得られ<sup>26)</sup>、術後数日の離床が可能となり、骨癒合率の向上がもたらされた (図9b)。

③後側方固定術 (Posterolateral fusion : PLF)

椎弓切除による神経除圧後に椎間関節外側から横突起にかけ皮質骨を削除し海綿骨を露出 (decortication) した上で、骨移植を行なう。脊柱管内への侵襲は少ないが、側方への展開が大きくなることで筋層への侵襲は大きい。椎体間の固定が得られないため、整復ならびに固定性は PLIF に比し劣るとされている。通常は pedicle screw system が併用される<sup>27)</sup>。

c) 主な腰痛疾患に対する術式選択

i. 腰部椎間板症

3から6ヶ月の保存的治療に抵抗し、学業、就業、日常生活に著しい制限をもたらす腰痛があり、単純 X 線で著しい椎間不安定性や狭小化、終板の不整等があり、MRI でも椎間板変性や終板、椎体の輝度変化を認め、椎間板造影時に腰痛の再現性がある症例で心因性要因を除外できる場合、ALIF の適応となる<sup>28)</sup>。近年では内視鏡下前方固定術あるいは特殊な開創鉤を用いて小皮切で行う mini ALIF が開発され、われわれも症例に応じて採用している<sup>29)</sup> (図10)。

ii. 腰椎椎間板ヘルニア

大部分の症例で Love 法によるヘルニア摘出が行われる。特に最近では内視鏡視を用いる Microendoscopic discectomy (MED) が急速に普及しつつある<sup>23, 24)</sup> (図8)。

iii. 腰椎分離・すべり症

分離のみあるいはすべりが軽度で、保存的治療に抵抗する腰痛が持続する症例のうち椎間板の変性がないか軽度な場合、分離部固定術の適応となる<sup>29)</sup> (図11)。一方、



図10 : Mini-ALIF

特殊な開創器を用い、約5cmの小皮切で行なう前方固定術。本症例は28歳の調理師で著しい腰痛に対し、L2/3のmini-ALIFを施行。術後腰痛は完全に消失し、職場に復帰している。文献2)より引用



図11 : 分離部固定術

脊椎分離に起因、保存療法に抵抗する頑固な腰痛があり、椎間板変性が少ない場合、本術式の適応となることがある。文献2)より引用

椎間板変性が高度ですべりが進行し、下肢症状を呈している例では PLIF の適応となる。

iv. 腰椎変性すべり症

40歳以降の中年女性に多く、先天的な椎間関節の形状に加え、椎間板ならびに椎間関節の退行変性によって発症すると言われている。比較的若年で不安定性による腰痛が主である初期から中期の症例には ALIF を (図9a)、中期から後期で不安定性に脊柱管狭窄による神経症状が加重した症例には PLIF (図9b) を、末期で不安定性が消失し、腰痛は無いが安静時にも下肢症状がある症例には後方除圧術 (図7) と、患者の年齢、活動度、病期に応じて術式が選択される<sup>30)</sup>。

v. 腰部脊柱管狭窄

主に後方除圧術の適応となる。従来、外側狭窄が強い

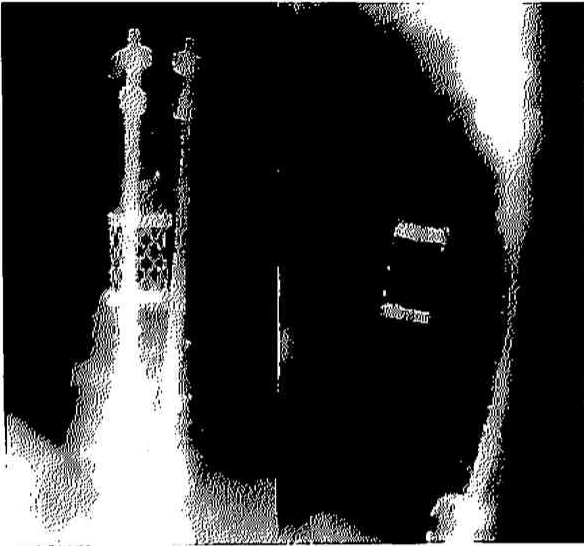


図 12：転移性脊椎腫瘍に対する全脊椎切除術 (total en-bloc spondylectomy)  
48 歳男性，第 8 胸椎甲状腺癌転移に対し後方進入による一期的全脊椎切除術とチタン製椎体ケージを用いた脊柱再建術を施行した。術後 8 年の現在，腫瘍の再発もなく，通常の生活を送っている。

例，比較的若年で活動性の高い例では開窓術が，中心性狭窄例や高齢者では椎弓切除術が選択されることが多かったが (図 7)，近年の棘突起温存法や片側進入法などの普及により，両術式の厳密な区分が曖昧となってきた。医原性狭窄例や不安定性が強い例では固定術が追加されることがある<sup>31)</sup>。

vi. 腰椎の外傷，炎症，腫瘍

詳細な術式は他書に譲るが，外傷後の脊柱再建術，感染性疾患に対する搔爬骨移植術，脊椎腫瘍摘出+再建術など一見大掛かりな手術も基本的には除圧術と固定術の組み合わせである。麻酔の進歩に伴う全身管理の向上とインストゥルメンテーション手術の発達により，従来では不可能と考えられていた悪性腫瘍に対する全脊椎切除術 (total en bloc spondylectomy) などの根治的手術も症例によっては可能となり，治療成績の著しい向上が得られている<sup>32)</sup> (図 12)。

d) 最近注目されている新たな治療法

i. レーザー椎間板蒸散法を含めた中間療法

従来から椎間板ヘルニアに対する治療として保存療法と手術療法の間位置する各種の中間療法が開発・施行され注目を浴びてきた (表 3)。化学的髄核融解

表 3：中間療法

<ul style="list-style-type: none"> <li>● 椎間板内酵素注入法 (Chemonucleolysis)                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- Chymopapain</li> <li>- Chondroitinase ABC</li> <li>- Collagenase</li> <li>- Aprotinin</li> <li>- Steroids</li> </ul> </li> <li>● 経皮的髄核摘出術 (Percutaneous nucleotomy)</li> <li>● レーザー髄核蒸散術 (Laser discectomy)</li> </ul>
---

(chemonucleolysis) は Smith らによって初めて提唱された概念であり，タンパク分解酵素であるカイモパペイン (chymopapain) を椎間板内に注入し，椎間板内圧を減弱させることで突出したヘルニアによる神経への圧迫を減弱せしめ，症状の軽減を図る治療法である<sup>33)</sup>。その簡便性のため 1970 年代から 80 年代前半にかけて欧米を中心に広く普及したが，アナフィラキシーショックによる死亡例や硬膜内への誤注入による神経麻痺などの副作用のため本邦への導入はなされなかった。一方，本邦では椎間板造影に準じたアプローチで椎間板にカニューレを挿入し，特殊な鉗子を用いて髄核を摘出，椎間板内圧を低下させ，ヘルニアによる神経根への圧迫を減じる経皮的椎間板摘出術が土方によって創始され普及した<sup>34)</sup> (図 13)。本法は 1980 年代後半にかけて世界中に広まり，その後のレーザー蒸散法や内視鏡手術開発の基盤となった。レーザー髄核蒸散法は細いガイドカニューレを通してレーザーファイバーを椎間板内へ刺入し，レーザーの照射によって髄核を蒸散することでその容積を減少させ，突出した椎間板の内圧を下げ，ヘルニアによる神経



図 13：経皮的髄核摘出術

1975 年，土方が創始し，世界に先駆けて発表した方法。椎間板造影後の注射針に順次外径が大きくなる dilator を被せつつ刺入路を拡大し，最終的に径 4 mm の外套管を椎間板外縁まで挿入する。髄核パンチを外套管内を通して椎間板へ挿入し，髄核を咬除・摘出することで間接的に突出したヘルニアの減圧を図る。

の圧迫を弱めるのがその原理である<sup>35)</sup>。昨今、その有効性のみが声高に叫ばれ、マスコミを賑わしており、保険適応外にも関わらず比較的短期間に多数の症例に施行されている。本法はその簡便性や低侵襲性のみが注目されているが、最近では有効率が5割にも満たないとの報告もあり、さらには適応の間違いや誤った手技による合併症の報告も増えている<sup>36)</sup>。何れにせよ本法に対する適切な対照群を設定した比較研究が全くなされていない現在、その有効性の科学的検証が強く望まれている。

#### ii. Intradiscal electrothermal therapy (IDET)

経皮的に椎間板内に特殊な電極を挿入し、約80度の熱を発生させ、椎間板内のコラーゲンを変性させ、線維輪の亀裂を修復することで椎間板性疼痛の軽減を図る方法である<sup>37)</sup>。米国を中心に数年前に爆発的に流行したが、最近はその効果に否定的な基礎研究結果の発表が相次いでおり、やや下火となっている。

#### iii. 骨移植代用物質 (Bone graft substitutes) を用いた固定術

脊椎固定術の際に移植用の自家腸骨を採取した後にしばしば採骨部痛や外側大腿皮神経障害が問題となる。こうした障害を回避する目的で欧米でさまざまな骨移植代用品 bone graft substitute が開発された。特に米国では従来より同種移植 (allograft) が盛んに用いられてきたが、骨癒合能の点で問題があった。その欠点を補うべく脱灰骨基質 (demineralized bone matrix : DBM)、血小板ゲル (platelet gel)、コラーゲン+ハイドロキシ

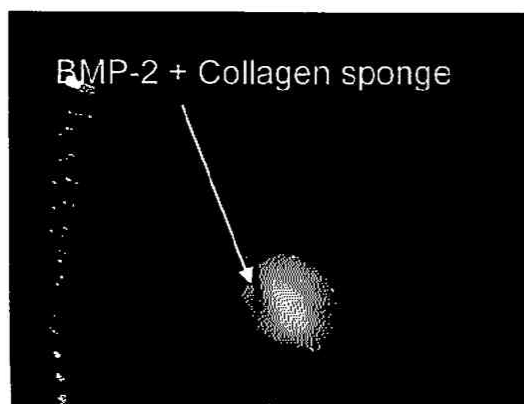


図 14 : Infuse Bone Graft + LT cage

米国で脊椎固定術への使用が初めて正式に認可された BMP 製剤。BMP-2 をコラーゲンスポンジにしみ込ませ、ねじ山付円筒ケーシング内へ充填し、前方より展開した椎間板腔へ挿入する。(Medtronic Sofamore Danek 社より資料提供)

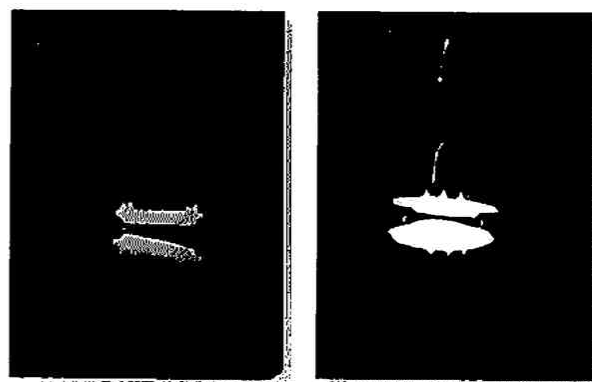


図 15 : Charité 型人工椎間板

2004年10月、米国FDAによって承認された初めての人工椎間板。既に全世界で3000例以上の臨床例に使用されている。(Depuy Spine 社より資料提供)

アバタイト複合体など数多くの製品が市場に出回った。最近では骨形成タンパク bone morphogenetic protein (BMP) の脊椎固定術への臨床応用も開始された<sup>38)</sup>。現在、BMP-2 は前方固定術の際に椎間ケーシングとの併用(図14)で、また、BMP-7 (別名 Osteogenic Protein-1 : OP-1) も後側方固定術の一部症例での使用が、米国食品衛生局 Food & Drug Administration (FDA) により認可されている。BMP の臨床治験は我が国でも行われており、その結果いかんでは近い将来導入される可能性がある。

#### iv. 人工椎間板置換術

病因となっている椎間板を固定せず、その可動性を保持する目的で1980年代から東ヨーロッパを中心に人工椎間板の開発と臨床試験が行われてきた。しかし、初期のモデルは脱臼や大血管損傷などの合併症のため普及するには至らなかった。1990年代後半より米国で開発が再開され改良が進んだ結果、2004年10月ついに Chareite Artificial Disc (Depuy Spine Inc.) が FDA によって認可された<sup>39)</sup> (図15)。現在、椎間板性腰痛に対する最も新しい治療法として注目を浴びている。しかし、まだ一部の症例を除き経過観察期間が短く、脱臼、摩耗などの合併症の報告も散見され、今後より長期の厳重な経過観察が必要である。その結果次第では我が国でも普及する可能性がある。

#### v. 椎間板修復・再生

従来、変性性腰痛に対する治療としては、変性した椎間板を切除し固定あるいは置換するという発想が主流であったが、近年の再生工学的手法の発達に伴い椎間板自体を修復・再生させる試みが始まっている。様々な手

法によって椎間板内の基質代謝を活性化させ、椎間板の変性を遅延させ、修復を促進させようとするものであり、その手法により次の3つに大別される。1) サイトカイン療法 (cytokine therapy)：増殖因子、骨形成因子を椎間板内に直接注入する方法であり、BMP2, 7, TGF-beta, FGF などの注入により椎間板における基質の産生が亢進することが既に実験的に示されている<sup>40)</sup>。しかし、1回の注入ではその効果の持続性に問題があることから、次の遺伝子治療が注目されるに至った。2) 遺伝子導入法 (gene therapy)：遺伝子導入によって椎間板内の細胞自体に増殖因子を発現させる方法が模索されている。神戸大学の西田らは Adenovirus を用いて椎間板内に遺伝子が効率的に導入できることを初めて示した<sup>41)</sup>。その後、数多くのベクターや物理的手法による椎間板細胞内への遺伝子導入が試みられているが、未だに決定的なものはない<sup>42)</sup>。3) 細胞療法 (cell therapy)：賦活化した髄核細胞や間葉系幹細胞など in vitro で操作を加えた細胞を椎間板内へ直接移植する方法であり、最近脚光を浴びはじめている。特に東海大学の持田、酒井らの間葉系間細胞を用いた細胞移植による椎間板再生の一連の研究はその先進性から内外で高い評価を受けている<sup>43)</sup>。

#### vi. 椎体形成術、後弯形成術

近年、骨粗鬆症性椎体骨折新鮮例に対し、椎弓根から骨セメントを注入する椎体形成術 (vertebroplasty) や

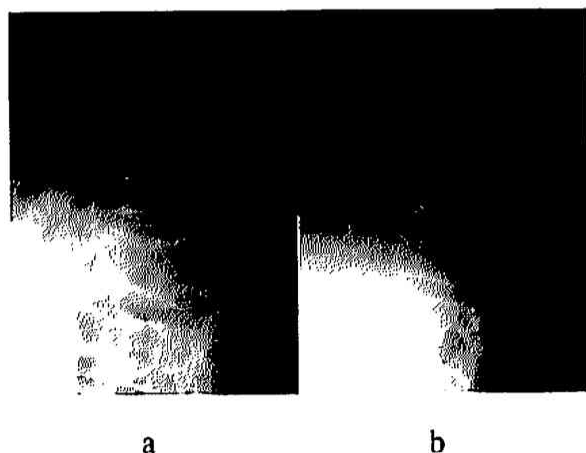


図16：後弯形成術

76歳男性、第12胸椎の圧迫骨折後偽関節のため著しい腰背部痛を来し、体動困難となった。両側椎弓根より終板エレベーターを挿入し圧潰した椎体の変形を矯正後、ハイドロキシアパタイトブロックを椎体内に充填した。術直後より腰背部痛は軽減し、歩行可能となった。  
文献2)より引用

バルーンで楔状化した椎体を整復し、空いた間隙に骨セメントを注入する後弯形成術 (kyphoplasty) が吹米を中心に導入され、その高い有効性が報告されている<sup>44)</sup>。本法では即時の除痛と椎体骨折部の固定性が得られ、直ちに離床が可能となり、極めて利点が多い一方で、骨セメントの脊柱管内への漏出による神経麻痺など、重篤な合併症の報告も散見される。我が国では骨セメントの替わりにより安全で生体親和性の高いリン酸カルシウムセメントやハイドロキシアパタイトブロックなどを挿入する方法が行われており、今後の症例の蓄積に伴った有効性の科学的検証が待たれている<sup>45, 46)</sup> (図16)。

## 8. おわりに

従来、腰痛に対してはまず対症療法を行い、それが無効の場合、除圧あるいは固定を行なうというきわめて限られた治療選択肢しか存在しなかった。しかし、科学の進歩とともに腰痛に対する治療も著しく変遷し、病態に合わせた細かい治療法選択が可能となってきた。大きな侵襲を伴いながら行われている脊椎固定術や現時点では不可能とされている変性椎間板の再生が近い将来1本の注射で行なえるようになる日が訪れるかもしれない。

一方で我々が目指している治療法は全て器質的病変、すなわち画像検査で捉えられる構築上の異常や診察所見で捉えられる機能的異常を解消することを目標としている。その結果、除圧後の神経機能回復に関してはある程度満足すべき成績が安定して得られるようになった。その一方で、こと腰痛に関しては、治療法が進歩し選択肢が増えた現在でも必ずしも満足すべき成績は得られていない。最近の研究より腰痛の発症には心理的、社会的因子の関与が極めて大きいことが判明している。したがって、手術によって解剖学的病変は修復できても、腰痛という個々の患者がもつ身体的精神的問題を全て解決できるわけではないことを常に念頭に置き、謙虚な気持ちで診療に当たるべきである。

## 文 献

- 1) 菊地臣一：腰痛診療とEBM。腰痛。医学書院、東京、p 17-23, 2003.
- 2) 千葉一裕：腰痛に対する手術療法の意義と適応。Clinical Calcium 15：343-351, 2005.
- 3) 厚生統計協会：第2編 衛生の主要指標 第4章 健康状態と受療状況。厚生指標 (臨時増刊)・国民衛生の動向 50：71-77, 2003.
- 4) 紺野慎一、菊地臣一：高齢者の運動機能維持に向けてー腰痛対策。関節外科 22：1524-1527, 2003.



- 5) 佐藤勝彦, 菊地臣一: より効果的な腰部疾患の治療. 整・災外 43: 1487-1492, 2000.
- 6) 厚生統計協会: 第7編 労働衛生 第2章 労働衛生の現状. 厚生の指標 (臨時増刊)・国民衛生の動向 50: 305-308, 2003.
- 7) McCulloch JA, Transfeld EE: Classification of low back pain. Macnab's backache. 3rd. ed. Williams & Wilkins, Baltimore, p 86-89, 1997.
- 8) 千葉一裕: 腰痛疾患に対する各種画像のポイント. 骨・関節・靭帯 16: 844-851, 2003.
- 9) 千葉一裕: 運動器官の正常構造と機能 C 脊椎・脊髄の構造と機能 1. 脊椎の構造と機能. 整形外科学・外傷学 (第7版, 岩本幸英他編) 文光堂 p 46-51, 2005.
- 10) Kirkaldy-Willis WH, Mierau D: The three phases and three joints. Managing Low Back Pain. 4<sup>th</sup> ed (Kirkaldy-Willis WH, Bernard TN eds), Churchill Livingstone, New York, p 249-262, 1992.
- 11) 千葉一裕, 戸山芳昭, 外田浩一, 他: 椎間板変性の病態生理学. 脊椎脊髄 12: 471-475, 1999.
- 12) 菊地臣一: 4. 腰椎変性疾患. 28 胸椎, 腰椎 第5編 疾患各論. 標準整形外科 第9版 (鳥巢岳彦, 国分正一総編), 医学書院, 東京, p 476-496, 2005.
- 13) 福原俊一, 鈴鶴よしみ, 高橋奈津子, 他: RDQ (Rolland-Morris Disability Questionnaire) 日本語 JOA 版マニュアル, 日本整形外科学会学術プロジェクト委員会監修, 日本リサーチセンター, 東京, 2003.
- 14) Ross PD: Clinical consequences of vertebral fractures. Am J Med 103: 30S-43S, 1997.
- 15) 宮腰尚久, 井樋栄二: 高齢者の脊柱変形と生活運動機能障害. 整・災外 45: 731-737, 2003.
- 16) 加藤浩三, 芝啓一郎: 骨粗鬆症性椎体骨折による遅発性麻痺の成因と治療. 整・災外 41: 1555-1561, 1998.
- 17) Boden SD, Davis DO, Dina TS, et al: Abnormal magnetic-resonance scans of the lumbar spine in asymptomatic subjects. A prospective investigation. J Bone Joint Surg Am 72: 403-408, 1990.
- 18) 千葉一裕: 心因性腰痛. 腰椎の臨床 (戸山芳昭編) メジカルビュー p 294-298, 2001.
- 19) 菊地臣一: 第11章 腰痛の治療. 腰痛 医学書院, 東京, p 225-298, 2003.
- 20) Royal College of General Practitioners, Chartered Society of Physiotherapy, et al: The clinical guidelines for the management of acute low back pain. RCGP, London, 1999.
- 21) Agency for Healthcare Policy and Rerearch: Clinical practice guideline 12-Acute low back pain problems in adults. AHPR, US Dept of Health and Human Service, Washington DC, 1994.
- 22) 辻陽雄: 観血治療の位置決めと適応. 基本腰椎外科手術書, 第3版. 南江堂, 東京, p 10-12, 1997.
- 23) 千葉一裕: 腰椎椎間板ヘルニアに対する髄核摘出術 (いわゆる Love 法). 執刀医のためのサージカルテクニック 脊椎 (徳橋泰明編), メジカルビュー社, 東京, p 6-15, 2004.
- 24) 吉田宗人, 麻殖生和博, 角谷英樹, 他: 後方進入椎管内視鏡視下手術の適応と臨床成績 315 例の検討. 臨整外 39: 563-569, 2004.
- 25) 千葉一裕, 松本守雄, 西澤隆, 他: 腰痛に対する前方固定術. 脊椎・脊髄外科の最前線 (菊池晴彦, 他監) 先端医療技術研究所, 東京, p 253-258, 2002.
- 26) 山本利美雄, 岩崎幹季, 宮内晃: 変性すべり症に対する後方侵入椎体間固定術 (PLIF) の適応と手技. MB Orthopaedics 17: 113-120, 2004.
- 27) Axelsson P, Johnsson R, Stromqvist B, et al: Posterolateral lumbar fusion. Outcome of 71 consecutive operations after 4 (2-7) years. Acta Orthop Scand 65: 309-314, 1994.
- 28) Mayer HA: A new microsurgical technique for minimally invasive anterior lumbar interbody fusion. Spine 22: 691-700, 1997.
- 29) 徳橋泰明: イラストレイテッド・サージェリー 手術編 腰椎分離症に対する分離部固定術. 脊椎脊髄 16: 811-818, 2003.
- 30) 松本守雄, 西澤隆, 中村雅也, 他: 腰椎変性すべり症の治療 腰椎変性すべり症に対する後方手術例の成績 固定・非固定例の分析. 臨整外 38: 271-277, 2003.
- 31) 高橋和久: 高齢者の腰痛—診断から治療まで— 手術療法 法の適応と注意点 2) 脊柱管狭窄症 (Lumbar spinal canal stenosis). MB Orthopaedics 14: 64-69, 2001.
- 32) Tomita K, Kawahara N, Baba H, et al: Total en bloc spondylectomy. A new surgical technique for primary malignant vertebral tumors. Spine 22: 324-333, 1997.
- 33) Smith L, Brown JE: Treatment of lumbar intervertebral disc lesions by direct injection of chymopapain. J Bone Joint Surg Br 49: 502-19, 1967.
- 34) Hijikata S: Percutaneous nucleotomy. A new concept technique and 12 years' experience. Clin Orthop Relat Res 238: 9-23, 1989.
- 35) 米沢卓実, 小野村敏信, 本村喜代二, 他: レーザーによる椎間板ヘルニア髄核の蒸散. 中部整災誌 31: 735-736, 1988.
- 36) 高橋和久, 遠藤友規, 守屋秀繁, 他: 腰椎椎間板レーザー治療後再手術例の検討. 臨整外 37: 813-818, 2002.
- 37) Biyani A, Andersson GB, Chaudhary H, et al: Intradiscal electrothermal therapy: a treatment option in patients with internal disc disruption. Spine 28: S8-14, 2003.
- 38) Vaccaro AR, Chiba K, Heller JG, et al: Bone grafting alternatives in spinal surgery. Spine J 2: 206-215, 2002.
- 39) Anderson PA, Rouleau JP: Intervertebral disc arthroplasty. Spine 29: 2779-2786, 2004.
- 40) An HS, Takegami K, Kamada H, et al: Intradiscal administration of osteogenic protein-1 increases intervertebral disc height and proteoglycan content in the nucleus pulposus in normal adolescent rabbits. Spine 30: 25-31, 2005.
- 41) Nishida K, Kang JD, Suh JK, et al: Adenovirus-mediated gene transfer to nucleus pulposus cells. Implication for treatment of intervertebral disc degeneration. Spine 23: 2437-2442, 1998.



- 42) Shimer AL, Chadderdon RC, Gilbertson LG, et al : Gene therapy approaches for intervertebral disc degeneration. Spine 29 : 2770-2778, 2004.
- 43) 酒井大輔, 持田譲治, 山本至宏, 他 : 骨髄間葉系幹細胞移植による椎間板変性抑制. 臨整外 39 : 497-502, 2004.
- 44) Garfin SR, Yuan HA, Reiley MA : New technologies in spine. Kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures. Spine 26 : 1511-1515, 2001.
- 45) 武政龍一, 山本博司, 谷俊一, 他 : 骨粗鬆症性椎体骨折に対するリン酸カルシウムペースト注入による椎体内修復術. 臨整外 37 : 457-465, 2002.
- 46) 松崎浩巳, 星野雅洋, 徳橋泰明, 他 : 骨粗鬆症性椎骨折の治療 Transpedicular Kyphoplasty による骨粗鬆症性椎骨折の治療. 日整会誌 78 : 243-249, 2004.
-