

図 5 椎体骨折の高位分布

骨粗鬆症性椎体骨折は胸腰椎移行部をピークに分布していたが、偽関節例はほとんどの症例が胸腰椎移行部に存在し、特に T12 と L1 で多くなっていた。

表 2 登録時単純 X 線像と偽関節率

	総症例数	偽関節例数	偽関節率 (%)
隆起型	47	7	14.9
くいこみ型	21	2	9.5
終板づれ型	154	24	15.6
終板圧潰型	47	3	6.4
変化なし	22	1	4.5
総数	254	37	12.7

表 3 登録時 MRI T1 強調像と偽関節率

	総症例数	偽関節例数	偽関節率 (%)
低輝度広範囲型	213	33	15.5
低輝度限局型	78	4	5.1
総数	291	37	12.7

表 4 登録時 MRI T2 強調像と偽関節率

	総症例数	偽関節例数	偽関節率 (%)
低輝度限局型	167	7	4.2
低輝度広範囲型	59	16	27.1
高輝度限局型	26	13	50.0
高輝度広範囲型	17	1	5.9
変化なし	22	0	0
総数	291	37	12.7

(18.9%)であった。また6カ月後に偽関節がみられた症例は37例で、偽関節率は12.7%であった。

6カ月後の骨癒合群と偽関節群を比較すると図4のようになり、寝たきり比率、ADLの低下比率、高度疼痛残存比率は偽関節群において高値を示し、経過はより不良であることが判明した。認知度については両群間で差は認められなかった(図4)。

登録された椎体骨折のレベル分布を図5に示す。骨粗鬆症に伴う椎体骨折は、胸腰椎移行部を中心に分布し、特に第1腰椎で最も多くなっていた。一方、偽関節症例はほとんどの症例が胸腰椎移行部にみられ、第12胸椎においてその症例数

が最も多かった(図5)。

骨折型との関係では、偽関節への移行率は隆起型で14.9%、くいこみ型9.5%、終板ずれ型15.6%、終板圧潰型6.4%、変化なし4.5%で、終板ずれ型で偽関節への移行比率がやや高くなっていたが有意差はなかった(表2)。

登録時のMRI所見との関係では、T1強調像で低輝度広範囲型が213例、限局型が78例に認められた。そのうち広範囲型では33例(15.5%)が、限

表 5 偽関節発生の予測因子 (多変量解析結果)

	Odds ratio(95% CI)	p value
年齢	1.03 (0.94~1.12)	0.536
性別	0.86 (0.16~4.71)	0.859
BMI	1.04 (0.98~1.10)	0.251
骨密度	1.00 (0.98~1.02)	0.970
アルコール歴	0.95 (0.45~2.02)	0.378
喫煙歴	0.66 (0.17~2.54)	0.544
スポーツ歴	1.52 (0.48~4.81)	0.479
介護者の有無	0.51 (0.18~1.47)	0.211
外出の頻度	1.08 (0.59~2.01)	0.799
コルセットの種類	1.01 (0.50~2.03)	0.983
脊椎骨折の既往	1.36 (0.44~4.24)	0.598
胸腰椎移行部の骨折	7.88 (1.35~45.9)	0.022
後壁損傷	2.32 (0.78~6.93)	0.130
隣接椎の前縦靭帯骨化	1.08 (0.27~4.28)	0.912
MRI 像における	42.3 (10.9~165)	<0.001
T2 高輝度限局型例		
MRI 像における	11.4 (3.34~38.9)	<0.001
T2 低輝度広範囲型例		

局型では4例(5.1%)が偽関節になっており、広範囲型でその比率が高くなっていった(表3)。一方、T2強調画像では低輝度限局型が167例、低輝度広範囲型が59例、高輝度限局型が26例、高輝度広範囲型が17例、変化なしが22例に認められた。これらのうちで偽関節へ移行した症例数はそれぞれ7例、16例、13例、1例、0例で、移行率は4.2%、27.1%、50%、5.9%、0%で、低輝度広範囲型、高輝度限局型で偽関節へ移行する比率が高くなっていった。これら以外の輝度変化では、偽関節へ移行する可能性は低く、特に変化がみられない変化なし型では全例骨癒合が得られていた(表4)。

6カ月後の偽関節を目的変数とした多変量解析結果を、表5に示す。胸腰椎移行部の骨折であること、MRIのT2強調像で、椎体内の低輝度性変化が広範囲にみられること、MRIのT2強調像で高輝度性変化が限局してみられることが、偽関節発生を予測させる有意な因子であった。

考察

骨粗鬆症性椎体骨折は椎体高の減少を生じ、高齢者の円背の原因となる。しかし、それぞれの椎体骨折は骨折後、圧壊が生じて骨癒合の進行と

ともに経時的に疼痛は軽減し、日常生活の急激な低下は起こらないものと考えられてきた。しかし、近年椎体内に vacuum cleft 像がみられる偽関節例が報告され、骨折後の遷延化する強い疼痛の原因と考えられている^{2,5)}。

今回のわれわれの検討においても、寝たきり率、ADLの低下する比率、高度疼痛の残存比率は、偽関節例において高率で、偽関節になるとその経過は不良であることが判明した。

一方、椎体形成術が椎体骨折に対する手術的治療として報告されるようになった。本法は侵襲度が低く、特に偽関節例における疼痛軽減に有効な方法である。Jangら⁴⁾は本方法により後弯角は8.5度、また椎体高は7.0mm矯正され、VASは9.0から4.3に減少したと報告している。しかし、疼痛発生後椎体形成術が施行されるまでの期間は長期間を要しており、Hoshinoら³⁾は平均7.6カ月であったと報告している。またTaylorら⁸⁾は椎体形成に言及した70の論文をreviewし、椎体高の整備を計るKyphoplastyでは受傷後手術までの期間は2.1~11カ月、平均5カ月、また骨セメントを注入するのみのvertebroplastyでは平均4カ月と報告している。

最終的に椎体形成術の適応となるような症例では、保存的治療は奏効せず、この期間強い痛みで苦しんでいることになるため、より早期に手術的加療を行えば、疼痛に苦しむ期間の短縮が可能である。しかし、そのためには受傷後早期に、偽関節への移行を予測させる因子を特定する必要がある。

これまで、骨粗鬆症性椎体骨折に続発する偽関節の発生率は10.6~34.8%と報告されてきた(表6)^{1,5,7,9)}。しかしこれらはすべて後ろ向き研究に基づいた報告で、今回のわれわれの報告が前向き研究としては最初の報告となる。今回の前向き研究から、偽関節の発生率は12.7%であった。

一方、偽関節発生の予測因子について検討した報告は非常に少ない。Wuら⁹⁾は椎体の前柱のみでなく中央柱も損傷を受けている骨折が、偽関節になりやすいと報告している。われわれの今回の

表 6 骨粗鬆症性椎体骨折後偽関節への移行率 (過去の報告)

著者	年	雑誌	偽関節率 (%)
種市 洋, 他	2002	臨整外	13.9
Kim DY, et al	2004	J Neurosurg Spine	10.6
Wu CT, et al	2006	J Clinical Neuroscience	34.8
福田文雄, 他	2006	別冊整形外科	18.3

検討では多変量解析による有意差はみられなかったものの、椎体後壁損傷を伴っている症例では、偽関節に移行する Odds 比は高かった。また、胸腰椎移行部の骨折であること、MRI T2 強調像で高輝度性変化が限局していること、低輝度性変化が椎体内に広範にみられることが、有意な偽関節発生の予測因子であった。

以上のごとく、受傷後早期に MRI を撮影することは、その後の予後判定に有用であり、推奨される。

結論

- (1) 骨粗鬆症性椎体骨折の後、偽関節が発生する頻度は 6 カ月の経過観察において、12.7%であった。
- (2) 偽関節例では、骨癒合例に比較して、寝たきりになる症例数比率、ADL の低下する症例比率、高度疼痛が遷延する症例比率が高く、その経過はより不良であった。
- (3) 胸腰椎移行部の骨折、T2 強調像における高輝度限局性変化、広範な低輝度性変化が、偽関節発生を予測させる受傷時の画像的変化であった。

謝辞

本研究は平成 17~19 年度厚生労働省長寿科学研究事業補助金を受領して施行いたしました。種々の助言をいただきました公衆衛生学教室の福島若葉先生、近藤享子先生、実際に調査員として実務をしていただいた辰己雅美様、佐藤朝美様、田中知美様、小丸智子様、田中亜紀様、米田恵子様および大阪市立大学整形外科協働関連病院 (大阪市立大学病院、大阪市立総合医療センター、大阪市立十三市民病院、大阪市立北市民病院、大阪市立住吉市民病院、大阪

市立弘済院附属病院、藤井寺市民病院、和泉市立病院、アエバ外科病院、淀川キリスト教病院、石切生喜病院、浅香山病院、大阪掖済会病院、共和病院、済生会中津病院、馬場記念病院、済生会千里病院、清恵会病院、長吉総合病院、西宮渡辺病院、阪堺病院、東住吉森本病院、四天王寺病院、サトウ病院、辻外科病院) の先生方に深謝いたします。

文 献

- 1) 福田文雄, 大塚弘剛, 益本真太郎, 他: 治療開始時期の違いによる骨粗鬆症性椎体骨折の予後—疼痛・椎体変形・偽関節の推移. 別冊整形外科 50: 117-119, 2006
- 2) Hasegawa K, Homma T, Uchiyama S, et al: Vertebral pseudoarthrosis in the osteoporotic spine. *Spine* 23: 2201-2206, 1998
- 3) Hoshino M, Nakamura H, Konishi S, et al: Endoscopic vertebroplasty for the treatment of chronic vertebral compression fracture. *J Neurosurg Spine* 5: 461-467, 2006
- 4) Jang JS, Kim DY, Lee SH: Efficacy of percutaneous vertebroplasty in the treatment of intravertebral pseudoarthrosis associated with noninfected avascular necrosis of the vertebral body. *Spine* 28: 1588-1592, 2003
- 5) Kim DY, Lee SH, Jang JS, et al: Intravertebral vacuum phenomenon in osteoporotic compression fracture: report of 67 cases with quantitative evaluation of intravertebral instability. *J Neurosurg* 100 (Suppl 1): 24-31, 2004
- 6) 中村博亮, 辻尾唯雄, 寺井秀富, 他: 骨粗鬆症性椎体骨折後偽関節発生に関与する予後不良因子について—多施設前向きコホート研究. 臨整外 43: 309-314, 2008
- 7) 種市 洋, 金田清志, 小熊忠敬, 他: 骨粗鬆症性椎体圧潰 (偽関節) 発生のリスクファクター解析. 臨整外 37: 437-442, 2002
- 8) Taylor RS, Taylor RJ, Fritzell R: Balloon Kyphoplasty and vertebroplasty for vertebral compression fractures. A comparative systemic review of efficacy and safety. *Spine* 31: 2747-2755, 2006
- 9) Wu CT, Lee SC, Lee ST, et al: Classification of symptomatic osteoporotic compression fractures of

the thoracic and lumbar spine. *J Clin Neurosci* 13 :
31-38, 2006

10) 吉田 徹, 見松健太郎: 高齢者脊椎圧迫骨折の保存治

療—早期診断と経過予測. 骨・関節・韧带 18 : 395-
401, 2005

ご案内

第25回 日本義肢装具学会学術大会 (第1報)

会期 2009年10月31日(土), 11月1日(日)

会場 神戸国際展示場 (〒650-0046 神戸市中央区港島中町6-11-1 TEL: 078-303-7516)

大会長 陳 隆明 (兵庫県立総合リハビリテーションセンター)

テーマ ハードウェアとソフトウェアの融合

参加費 会員: 10,000円, 非会員: 14,000円, 学生/院生: 3,000円 (学生証等の提示が必要です)

会員懇親会費: 3,000円 (神戸旧居留地にある中華料理の老舗「第一樓」にて開催)

特別講演 澤村誠志 (兵庫県立総合リハビリテーションセンター中央病院名誉院長)

招待講演 Douglas G. Smith (University of Washington/Harborview Medical Center, U.S.A)
Sheila A. Hubbard (Bloorview Research Institute, Bloorview Kids Rehab, Canada)
Xuejun Cao (China Rehabilitation Research Center, China), 他

演題募集 ・発表形式: 口演 (PC発表) またはポスター展示 (ポスターと実物展示, 口演なし) とする。

・演題の採否ならびに発表形式につきましては, 大会長にご一任ください

応募資格 発表は本学会員で年会費を納入している方に限る。

未入会の場合は, 応募に先立ち, 下記の学会事務局に入会手続きをしてください。

募集期間・応募方法

(1) 第1次演題募集

募集期間: 2009年2月4日(水)~4月15日(水)

いずれも必要事項および演題要旨 (150字以内) をご記入のうえ, 日本義肢装具学会誌綴じ込みの葉書またはインターネットにてご応募ください。

(2) 第2次演題募集

募集期間: 2009年5月13日(水)~6月17日(水)

第1次募集で採用された方に, 講演集掲載用の原稿をご投稿いただきます。

日本義肢装具学会事務局

〒113-0033 東京都文京区本郷5-32-7 義肢会館201

TEL & FAX: 03-3812-9066

学術大会ホームページ URL <http://25jspo.jtbcom.co.jp/>

上記項目の詳細情報, 商業展示, マニファクチャラーズワーク
ショップ等につきましては, 随時ホームページに掲載致します。

問合せ先 第25回日本義肢装具学会学術大会 事務局

(株)ジェイコムコンベンション事業本部内

〒530-0001 大阪市北区梅田2-2-22 ハービス ENT 11階

TEL: 06-6348-1391(代) (平日9:30~17:30), FAX: 06-6456-4105

E-mail: 25jspo@jtbcom.co.jp

骨のバイオマテリアル—人工骨

Artificial bone substitute

特集

早乙女進一^{*1*2} 四宮 謙一^{*3} 大川 淳^{*4}
 SOTOME Shinichi SHINOMIYA Kenichi OKAWA Atsushi

すべての医師のための骨粗鬆症診療ガイド2010 Key words 骨移植 人工骨 組織工学

背景

骨は自然治癒能力の高い組織であるが、骨腫瘍や外傷、人工関節の緩みなどで大きな骨欠損が生じた場合や脊椎の固定手術などでは、骨移植が必要となる。移植材料には自家骨、同種骨(他家骨)、人工骨などがある(図1)¹⁾²⁾。自家骨移植は、骨癒合率も高く成績も良好でゴールドスタンダードで

あるが、採取量に限りがあるだけでなく、採取部における合併症の頻度も高く問題となっている。同種骨移植とは、死体骨や人工股関節手術などで摘出した大腿骨頭を移植に用いる方法であるが、国内では同種骨移植に対する抵抗感も強く、普及していないのが現状である。人工骨は、これらの移植材料の問題点を克服するために研究開発が始められた。

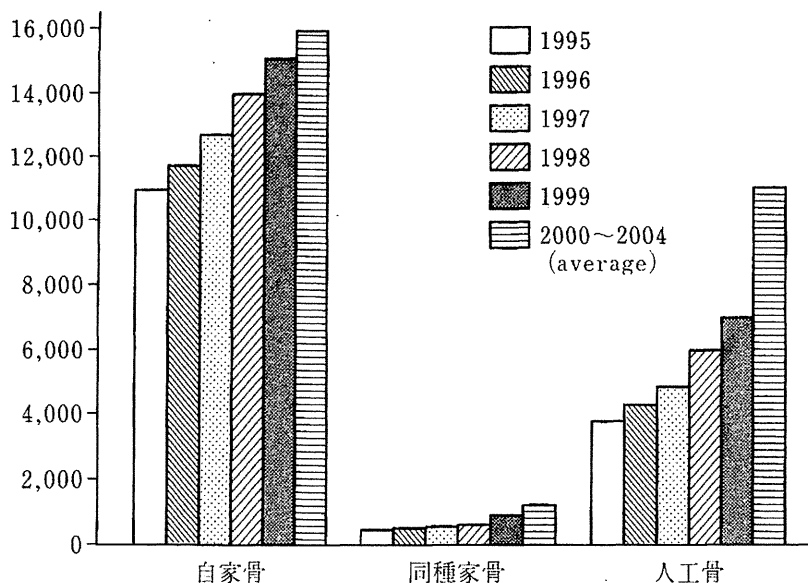


図1 移植骨組織別の推移(文献1, 2より改編)

^{*1}東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科整形外科先端治療開発学講座 寄附講座准教授 ^{*2}同 整形外科学分野 ^{*3}教授 ^{*4}准教授

多孔質人工骨

ハイドロキシアパタイト (hydroxyapatite ; HA) は、骨の無機成分のほとんどを占める。この HA を化学的に合成し焼き固めた (焼結) 人工骨が、1980年代の半ばに世界に先駆けて国内で実用化された。焼結 HA は骨伝導能 (後述) を有していることが確認され、さまざまな焼結 HA 人工骨が開発された。最も一般的な焼結 HA 人工骨は、周囲骨組織が侵入できるように、多数の気孔 (マクロポア : macropore) を有し、軽石状の多孔体と呼ばれる構造をとる。しかし、従来の多孔質人工骨は孤立した気孔が多く、また焼結 HA は生体内でほとんど吸収されないことから、骨組織が表面近くにしか侵入できないことも明らかになった³⁾。骨組織が侵入していない気孔は、移植部位の強度を低下させる要因となっていた。近年では、気孔間の連通性を向上させる製法で作製された高連通性の焼結 HA 人工骨や、極端に気孔率を高めることで高連通性を獲得させた超高気孔率タイプの

HA 人工骨なども開発され臨床応用されている。

生体吸収性人工骨

破骨細胞は、骨組織に接着した部位にコラーゼなどの酵素を放出するとともに、酸性環境にすることで骨の HA を溶解し骨組織を吸収する。対して、焼結した HA は生体内ではほとんど吸収されない。これは、生体骨の HA はマグネシウムなどの微量の不純物を含み、化学的に溶解されやすいのに対し、合成 HA は不純物を含まず結晶性が高いこと、および骨に含まれる HA は微結晶の集合であるのに対し、焼結 HA は焼き固められ一塊となっているため、溶解反応の起る HA の表面積が小さくなっているからである (骨組織の HA を角砂糖とすれば焼結 HA は氷砂糖)。

近年、HA と同じリン酸カルシウムである β -三リン酸カルシウム (β -TCP) 製の生体吸収性人工骨も開発された。この多孔質 β -TCP は焼結体ではあるが、HA に比較し溶解されやすく、またマイクロポア (micropore) と呼ばれる微小気孔 (直

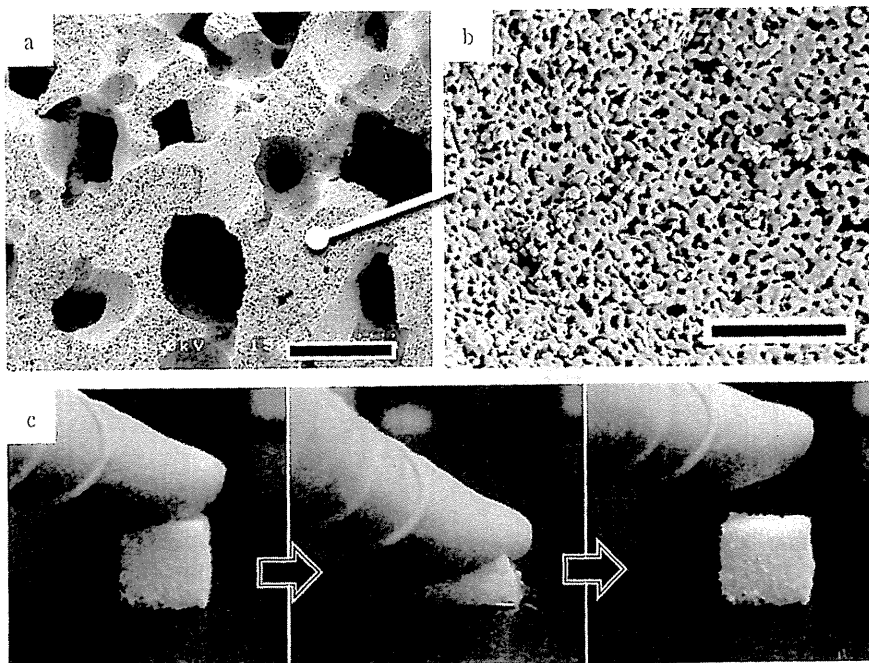


図 2

多孔質 β -TCP (オスフェリオン[®], オリンバステルモバイオマテリアル)

- a : 骨組織が侵入しやすいように直径 100~400 μm の気孔 (マクロポア) が多数存在する。スケールバー : 200 μm
 b : a における材料実質部には直径数 10nm ~ 数 μm の微小気孔 (マイクロポア) 構造が存在する。スケールバー : 20 μm
 c : 多孔質ハイドロキシアパタイト・コラーゲン複合体 水分を吸うと、スポンジ状の弾力性を示す。

径数10nm から数 μ m)が存在するため、表面積も大きい(図2a, b)。骨欠損に移植すると、数ヵ月～数年の間に生体骨に置換されることが確認されている。

さらに新しいタイプの人工骨として、われわれは独立行政法人物質・材料研究機構とともに、多孔質ハイドロキシアパタイト・コラーゲン複合体(HAp/Col)の開発を行っている。この多孔質HAp/Colは、生体骨と同様のナノ構造を有し生体吸収性である。従来の人工骨が非常に脆く崩れやすいのに対し、スポンジ状の弾力性があり操作性に優れている(図2c)。骨伝導能も高く生体吸収性であることが動物実験で確認されており、HOYA株式会社とともに研究開発を進め、現在は臨床治験を実施中である。



人工骨の骨伝導能と骨誘導能

骨伝導能とは、骨組織内もしくは骨欠損に移植した場合、周囲の骨組織からの連続的な骨形成を導く能力のことであり、骨誘導能とは骨以外の組織内に骨組織を形成させる能力である。これまで、人工骨には骨伝導能はあるが骨誘導能はないとされてきた。しかし、多孔質人工骨を動物の筋肉内に移植した近年の研究では、人工骨のなかには弱いながらも骨誘導能をもつものがあることが明らかにされた⁴⁾⁵⁾。この場合、骨形成は多孔質人工骨の内部(マクロポア内)にのみ生じることから、人工骨の骨誘導能には気孔構造の存在が必須であると考えられている。また、骨誘導能が確認されている人工骨に共通しているのはマイクロポアの存在で、同じ材料でもマイクロポアを減少させると骨誘導が起こらなくなることも分かっている。また溶解性の低い純粋なHAよりも、二相性リン酸カルシウムや β -TCPなどの、ある程度化学的溶解性が高い材料のほうが骨誘導能も高いこともわかっている⁴⁾。



組織工学的手法

人工骨の骨誘導能の存在が明らかにされたが、その骨誘導は決して高いものではない。そこで組織工学的手法を用いることで、人工骨に骨誘導能を付加する試みが行われている。

1. 骨髄間葉系幹細胞(MSCs)

骨髄液中には、多分化能を有するMSCsや前駆細胞が含まれるが数は少なく、巨大な骨欠損の再生に使用するには培養・増殖させる必要がある。培養したMSCsを移植に用いる工程は、培養した細胞を骨形成の足場となる多孔質人工骨内に導入し、足場上で分化誘導を行い移植するというもので、15年以上前に開発され⁶⁾⁷⁾、その後さまざまな研究が重ねられてきた。しかし、培養MSCsは増殖とともに分化能が低下するといった問題や、MSCsの性能を評価する方法が確立されていないといった問題もあり、巨大骨欠損の再建に応用されるまでには至っていない。

2. Bone morphogenetic proteins(BMPs)

BMPsは強力な骨誘導作用を持つ増殖因子で、骨再建への応用が期待されてきたが、普及するに至っていない。最大の要因は、最適なBMP担体が存在しなかったことである。BMP担体に求められる性能はBMPを徐放し、かつ希望する形状の骨組織を形成できることである。これまでに開発された担体の多くは、BMPの放出速度が速いため、骨形成が不十分であったり、逆に十分な骨形成を得ようと過剰な量を使用することで、予定外の部位に骨形成を生じて、合併症を引き起こすという問題を抱えていた。われわれが開発を行っている多孔質HAp/Colは、BMPを吸着する能力が高く、移植を行ってもBMPは容易には放出されない。そのため少量のBMPで骨形成が得られ、また逆に用量を多くしても過剰骨が形成されず、予定通りの形状の骨組織を形成することがで

き、安全性が高い⁸⁾。現在、多孔質 HAp/Col も BMP も臨床で使用することはできないが、臨床応用が実現すれば、骨移植における次のブレークスルーになると考えられる。

おわりに

性能向上により骨移植材料における人工骨の割

合が増加し続けているだけでなく、社会の高齢化に伴い骨移植全体の件数も増加を続けている。また、組織工学的手法を応用することで自家骨に勝る移植材料も実現されつつあり、これまでにない人工骨の需要を生み出す可能性も期待されることから、人工骨の重要性は今後ますます高まっていくものと考えられる。

文 献

- 1) 日本整形外科学会移植問題等検討委員会：整形外科における組織移植の現状(1995-1999年)－日本整形外科学会認定研修施設を対象としたアンケート集計結果－。日本整形外科学会誌 76：255-261, 2002.
- 2) 日本整形外科学会移植・再生医療委員会：整形外科における組織移植と再生医療の現状(2000-2004年)－日本整形外科学会認定研修施設を対象としたアンケート集計結果－。日本整形外科学会誌 80：469-476, 2006.
- 3) Ayers RA, Simske SJ, Nunes CR, et al : Long-term bone ingrowth and residual microhardness of porous block hydroxyapatite implants in humans. *J Oral Maxillofac Surg* 56 : 1297-1301, 1998.
- 4) Habibovic P, Yuan H, van der Valk CM, et al : 3D microenvironment as essential element for osteoinduction by biomaterials. *Biomaterials* 26 : 3565-3575, 2005.
- 5) Kondo N, Ogoose A, Tokunaga K, et al : Osteoinduction with highly purified beta-tricalcium phosphate in dog dorsal muscles and the proliferation of osteoclasts before heterotopic bone formation. *Biomaterials* 27 : 4419-4427, 2006.
- 6) Bruder SP, Jaiswal N, Haynesworth SE : Growth kinetics, self-renewal, and the osteogenic potential of purified human mesenchymal stem cells during extensive subcultivation and following cryopreservation. *J Cell Biochem* 64 : 278-294, 1997.
- 7) Caplan AI, Bruder SP, Lanza RP, et al : Cell and molecular engineering of bone regeneration. *Principles of tissue engineering* Academic Press 603-618, 1997.
- 8) Sotome S, Orii H, Kikuchi M, et al : In vivo evaluation of porous Hydroxyapatite/Collagen composite as a carrier of OP-1 in a rabbit PLF model. *Key Engineering Materials* 309-311 : 977-980, 2005.

今月のテーマ 表面筋電図



表面筋電計を用いた腰椎変性疾患を有する高齢者の腰背筋活動

Surface electromyography in paraspinal muscle of elderly patients with lumbar degenerative disease

榎本 光裕 ENOMOTO Mitsuhiro	榊 経平 SAKAKI Kyohei	富澤 将司 TOMIZAWA Shoji	新井 嘉容* ARAI Yoshiyasu
川端 茂徳 KAWABATA Shigenori	加藤 剛 KATO Tsuyoshi	大川 淳 OKAWA Atsushi	四宮 謙一** SHINOMIYA Kenichi

- ・表面筋電図を用いて脊椎疾患を有する高齢者に対して立位腰背筋活動および筋疲労が客観的に評価可能であった。
- ・腰椎後弯症患者は、上位腰椎での筋活動増加と易疲労性が明らかとなった。
- ・腰椎後弯症患者の腰痛と腰背筋活動の相関が明らかとなり、今後、表面筋電図が治療効果判定として有用である可能性が示唆された。

KEY WORDS ■■ 表面筋電図, 腰背筋, 腰部脊柱管狭窄症, 腰椎後弯症

はじめに

近年、運動器不安定症という概念が提唱されている。脊椎圧迫骨折および亀背、高度腰椎後弯・側弯など各種の脊柱変形や大腿骨頸部骨折に代表されるような下肢骨折、骨粗鬆症、変形性関節症、腰部脊柱管狭窄症、神経・筋疾患、長期臥床に伴う運動器廃用などがあげられ、いずれの疾患も適切な予防と対応が急務となっている。

日常診療で腰椎変性疾患に伴う高齢者の腰痛や下肢痛・しびれに遭遇する機会が多い。代表的な脊椎疾患として腰部脊柱管狭窄症があげられる。その名の通り椎間板狭小や変形、黄色靭帯の肥厚によって脊柱管狭窄が起こり神経が圧迫される。特徴的な症状は、下肢痛やしびれによって歩行と

休息を繰り返す間欠性跛行である。

一方、腰曲がりに代表される脊椎後弯症は、骨粗鬆症を基盤に発生する老人性亀背や椎間板の変性、背筋不全のため正常な脊椎前弯が失われた状態である。最も直接的な原因は、腰背筋の萎縮とされており、後弯に伴う姿勢不良は、慢性的な腰背部痛の原因となり、その程度が進行するとバランスを失い立位や歩行が困難となり、女性では台所仕事ができない等の日常生活に支障を来すようになる¹⁾。

脊椎後弯変形を矯正するには、内固定金属を用いた脊椎前方固定術や後方固定術が必要であり、手術侵襲が大きい。手術対象としては、比較的若く体力のあるものに限られている。

日常診療では、腰背筋強化運動やコルセットの使用などが選択されており、保存的治療の効果は、

東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科整形外科科学分野 **教授 *国立印刷局東京病院整形外科
Address/ENOMOTO M: Dept. of Orthopaedic Surgery, Graduate School, Tokyo Medical and Dental University, TOKYO 113-8519

患者自身の自覚症状に依存することが多い。

当教室では、腰痛患者を対象に積極的に表面筋電計を用いた腰背筋活動の記録を行っている²⁾。腰部脊柱管狭窄症に伴う腰痛や下肢痛、後弯変形による腰痛や易疲労性等に対し、今後の治療や後弯変形の予防のためにも高齢者の腰背筋活動評価が重要となる。

本研究では、60歳以上の脊椎後弯変形を有する患者と腰部脊柱管狭窄症の手術対象患者および健康ボランティアを対象に腰痛の自覚症状についてのアンケートを記入してもらい、ポータブル表面筋電計を用いて腰椎上位および下位レベルでの立位腰背筋活動を記録・解析し、各症例の筋活動と腰痛、腰椎アライメントの影響について解析を行った。

■ ■ 対 象

2008年6月から2009年3月まで当科を受診し、本学倫理委員会承認の説明書により承諾を得た60歳以上の腰椎後弯症患者9名(LDK群;男性4名・女性5名;平均75歳)、腰部脊柱管狭窄症患者10名(LCS群;男性5名・女性5名;平均72歳)、腰痛歴のない男性ボランティア5名(Vol群;平均62歳)の計24名を対象にした。

■ ■ 方 法

診察時に問診と身体所見を記録し、JOAスコア(日本整形外科学会腰痛疾患治療成績判定基準:29点満点)の記入を行った。症状、診察所見、画像診断から歩行や立位維持が困難な状況である患者をいわゆる脊椎後弯症とした。腰椎矢状断アライメントで前弯が減少している状態を併せて腰椎後弯症(LDK群)とした。腰痛、下肢痛、しびれが強くて間欠性跛行を呈している場合は、画像診断と併せて腰部脊柱管狭窄症(LCS群)とした。LCS群では、日常生活に支障がある手術予定患者を測定した。本人により腰痛VAS(Visual Analogue Scale:100mm)の記入をしてもらった。

画像検査は、立位側面像を用いて腰椎前弯角(L1-S角)を測定した。

ポータブル型筋電計ME3000P(Mega Electronics Ltd. FINLAND)を用いて腰部多裂筋の筋表面筋電図を測定した。第1/2および第4/5腰椎棘突起間レベルで正中より3cm外側、両側の多裂筋直上に表面電極を取り付けて立位安静時に計測した。筋疲労テストには、立位で2kgの錘を両手で1~2分保持してもらいL1/2、4/5レベルで同様に筋活動を記録した。得られたデータは、筋電図解析ソフトMegaWin(Mega Electronics Ltd. FINLAND)を用いて一定時間内での積分筋電図(iEMG)を筋活動量として評価に用いた。錘負荷時の疲労テストでは、一定時間内での平均パワー周波数(MPF)を指標に解析を行った。各例について自覚的評価の腰痛VASおよびJOAスコアを解析して腰痛の有無、程度について分類した。得られた数値の解析には統計解析ソフトGraphPad Prism5(GraphPad Software, Inc.)を用いて3群間の比較にBonferroni's Multiple Comparison Testを使用し $p < 0.05$ を有意差ありとした。

■ ■ 結 果

1. 対象患者データ(表1)

対象患者年齢は、LDK群で高い傾向にあったがLCS群と比較して有意差はなかった。腰痛なしボランティアの平均年齢が62歳と低いのは、腰痛歴の少ない高齢者を探するのが困難なためであった。

JOAスコアは、自覚症状、他覚所見、日常生活動作、膀胱機能を含んだ指標で29点が満点である。JOAスコアは、両群とも手術対象のため低値であった。LDK群のJOAスコアは、LCS群より低い有意差はなかった。ただし、LDK群の腰痛スコア(◆)は、常に腰痛がある(1点)状況でLCS群より腰痛が強かった。自覚的評価の腰痛VASは、腰痛が最も強い状態を100mmとしている。LDK群で高い傾向にあるがLCS群と

表 1

	年齢	JOA スコア (◆)	腰痛 VAS	L1-S 角
LDK 群 (9名)	75±4	11±5.6 (1)	78.8±11.5	8.0±11.9*
LCS 群 (10名)	72±5	15±5.2 (2)	55.6±29.4	43.6±14.0
ボランティア Vol 群 (5名)	62±2			36.6±10.0

(◆) 腰痛スコア

±SD

3 まったく腰痛がない 2 時に軽い腰痛

* p<0.05

1 常に腰痛 0 常に激しい腰痛

比較して統計学的有意差はなかった。腰椎前弯をしめす L1-S 角は、LCS 群と比較して LDK 群で有意に少なく腰椎後弯を示していた (表 1*)。LCS 群と腰痛なし群では有意差を認めなかった。

2. 立位安静時の腰背筋筋活動 (図 1)

被験者に立位安静姿勢を 2 分間維持してもらい腰背筋活動を記録し、比較的安定した状態の 60 秒を選択し iEMG を解析した。その結果、LDK 群では L1/2, L4/5 レベルでそれぞれ平均 30.4, 25.6 μ V/min, LCS 群ではそれぞれ平均 17.1, 15.8 μ V/min, 腰痛なし群ボランティアではそれぞれ平均 13.0, 12.4 μ V/min であった。LDK 群で、腰背筋活動が高い傾向にあり、腰痛なし群と比較して L1/2 での筋活動が有意に高かった (図 1B)。LCS 群の筋活動は、腰痛なし群よりも高い傾向にあったが統計学的な差は認められなかった。

3. 重錘負荷による脊柱起立筋の筋疲労 (図 2)

立位で 2 kg の錘を両手で 1~2 分保持してもらい筋活動を記録した (図 2A)。筋電図が安定した開始 30 秒から 1 分 30 秒の間について疲労解析を行った。LDK 群は、L1/2, L4/5 両方のレベルで筋疲労を強く認めた。統計学的には、LCS 群との差はなく、腰痛なし群と有意差を認めた (図 2B)。

4. JOA スコアと腰痛 VAS と腰背筋活動との関係 (図 3)

各症例の JOA スコアを X 軸, Y 軸に立位 iEMG

値をプロットして回帰直線を作成し、JOA スコアと iEMG 値に相関があるか検討した。両群とも明らかな相関関係はなかった (図 3A)。次に各症例の腰痛 VAS を検討すると LDK 群では VAS 高値の症例で筋活動が高く、L1/2 レベルの iEMG 値は VAS との相関を認めた (図 3B)。それに対して LCS 群では相関を認めなかった。また、筋疲労についても JOA スコア, 腰痛 VAS との相関を検討したが、いずれも関係を認めなかった。

5. 腰椎前弯角と腰背筋活動の関係

レントゲン矢状断像での腰椎前弯角は、LDK 群で減少しており、iEMG 値と相関があるか検討した。その結果、腰椎前弯角と筋活動に両群とも明らかな相関は認めなかった。

■ ■ ■ 考 察



本研究では、腰背筋活動量の指標として積分筋電量である iEMG を用いた。通常、腰痛がない場合に腰背筋の筋放電が最大前屈位になると消失する現象 (flexion relaxation phenomenon) を指標にした解析が有名であり、立位姿勢を指標にしたデータは少ない。今回、腰椎後弯症、脊柱管狭窄症、腰痛なしボランティアで立位筋活動を比較・解析した結果、後弯症患者に特徴的な筋活動を得ることができた。図 1 で示したように立位時 L1/2 レベルでの iEMG は LDK 群のみで高値を示していた。後弯症は、立位時に重心線が前方に移動し立位を維持するのに常に腰背筋活動が必要となる³⁾。よって LDK 群は、比較的短時間の立位

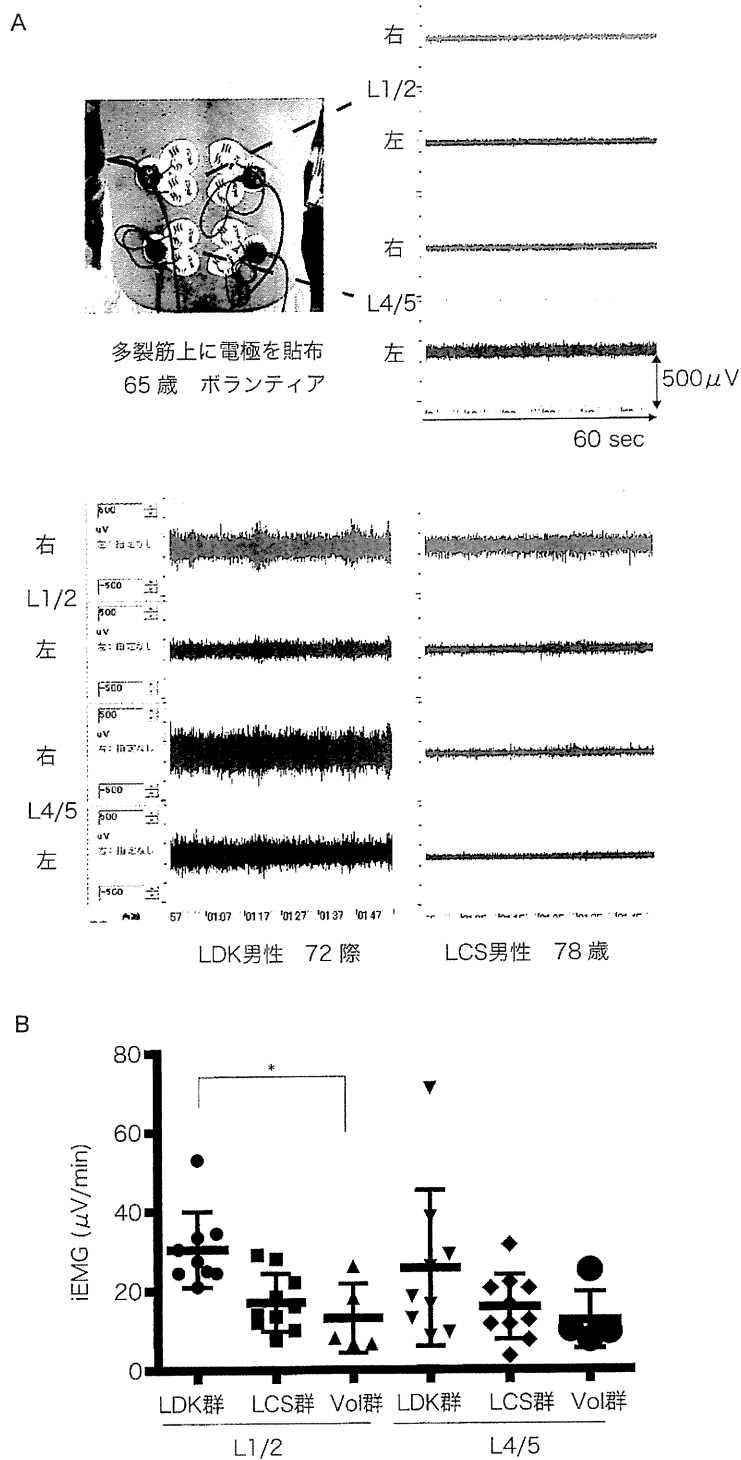


図1 立位安静時の腰背筋活動

(A) 代表症例の筋活動；後弯症（LDK）患者での筋活動が高い
 (B) 各群での1分間の筋活動量；ボランティアと比較してLDK患者の上位腰椎での筋活動が有意に高い

でも筋活動が高く、特にアライメント変化の影響を受けやすい上位腰椎レベルでの筋活動が高くなったと思われる。また、LCS群の立位筋活動がLDK群およびボランティアと差がないことが

ら腰椎上位での筋活動増加は、腰椎後弯そのものが一因となっていることが示唆される。

筋疲労テストでは、LDK群の腰椎上位、下位レベルでボランティアと比較して筋疲労の増加を

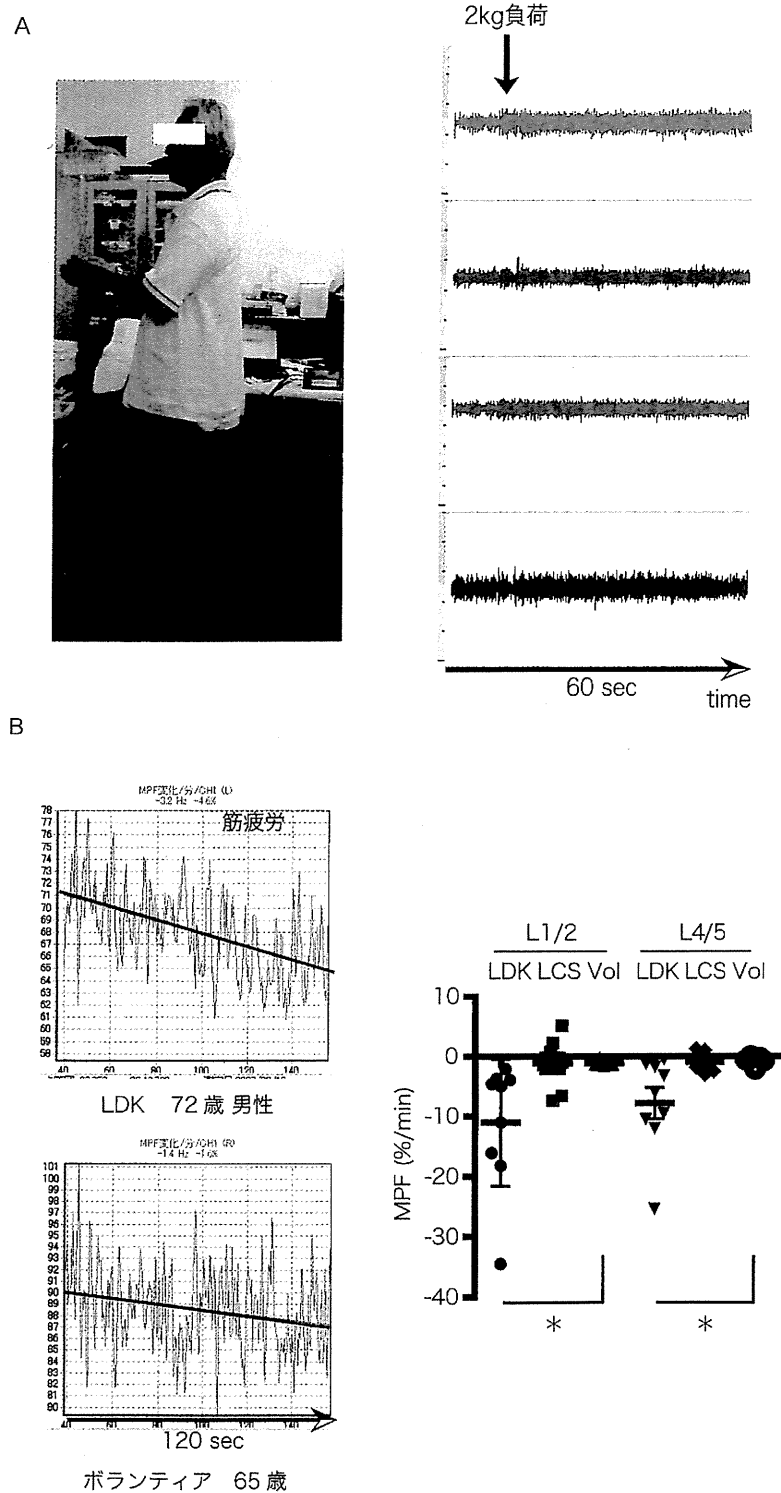


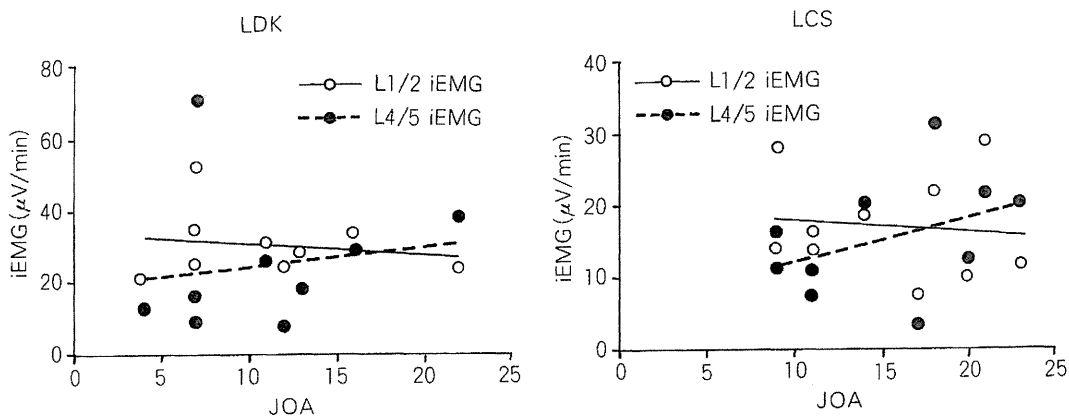
図2 立位筋疲労テスト

- (A) 体前に2kgの重錘を保持して記録する；重錘負荷時に筋活動が増加する
- (B) 筋疲労は、平均パワー周波数（MPF）を算出し減少率を指標とする；ボランティアと比較してLDK患者で筋疲労が強い

示していた。このことは、後弯症の発症機序が椎体圧迫や椎間板変性だけでなく腰背筋活動の影響を大きく受けている一つの証拠となり得る。腰背

筋変性の評価にはMRIが有用であり、後弯症患者では筋萎縮や脂肪変性が著明との報告もある⁴⁾。今後、本研究においても筋活動とMRIによる筋

A JOAスコアと立位筋活動



B 腰痛VASと立位筋活動

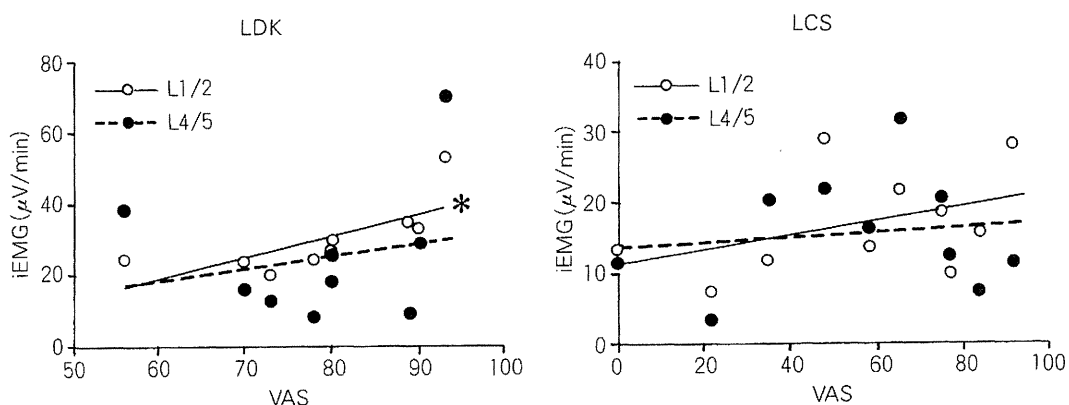


図3 日本整形外科学会腰痛疾患治療成績判定基準 (JOAスコア) および腰痛自覚症状 (VAS) と腰背筋活動との関係

(A) JOAスコアと筋活動; JOAスコアと筋活動に相関は認めなかった

(B) 腰痛VASと筋活動; LDK患者の上位腰椎では, VASと筋活動に相関を認めた (*)

変性との関連を検討する必要がある。また、理学療法などによる筋力強化訓練の治療効果判定にも比較的簡便な手技で記録できる表面筋電図は有用と考えられた。

JOAスコアは、自覚症状、他覚所見、日常生活動作、膀胱機能を含んだ指標となっておりLDK群とLCS群両方で筋活動との相関はなかった。腰痛VASを症例ごとに解析するとLCS群では、腰痛が強くてもL1/2あるいはL4/5レベルでの筋活動が低い例もあり相関を示さなかった。この原因の一つに腰痛や下肢痛が長く継続したことによる腰背筋萎縮によって筋活動低下を示した可能性がある。それに対しLDK群では、腰痛が強いほど上位腰椎の筋活動が高くなる傾向があり

相関を認めた。前述したように上位腰椎での立位筋活動が高いことを併せて考えると腰痛が軽減し前弯位が少しでも改善すれば筋活動は低下すると推測される。よってLDK患者の治療に際しては、上位腰椎での筋活動が良い指標になり得る。さらに後湾症の病態を理解するために表面筋電図評価以外にもレントゲンによる立位全脊柱アライメント、体幹傾斜角の計測や重心動揺等を含めた評価が必要である。今後は、腰部脊柱管狭窄症や脊椎後湾症手術例に対して筋活動記録を行い、手術による脊柱アライメント変化や症状変化との関係を明らかにする必要がある。

■ ■ ま と め



今回、簡便な表面筋電図計を用いて脊椎変性疾患を有する高齢者の腰背筋活動を記録し定量的に評価することが可能であった。数々の要素とともに脊柱を支える腰背筋の筋活動量および疲労を解析した結果、腰椎後弯症では、ボランティアと

比較して立位時に腰椎上位での筋活動が高く易疲労性を示していた。腰部脊柱管狭窄症患者と異なり後弯症患者では腰痛が強いほど腰背筋活動が高くなることがわかった。今後、表面筋電図を用いて高齢者腰痛疾患患者の腰背筋活動を記録・解析を継続することによって従来にない評価方法が確立され、治療指針としても有用となる可能性がある。

文 献

- 1) 辻 太一, 川上紀明: 高齢者の脊椎脊髄疾患に対する治療ポイント. 脊柱変形 高齢者脊柱変形の病態生理. 脊椎脊髄ジャーナル 20: 530-534, 2007.
- 2) 大川 淳: 表面筋電図を用いた腰痛の客観的評価法について. 日本整形外科学会雑誌 78: 721-726, 2004.
- 3) 中井 修: 脊柱変形. 後弯症および後側弯症, 腰椎変性後弯症を中心に. 脊椎脊髄ジャーナル 19: 552-558, 2006.
- 4) Kang et al: MRI of paraspinal muscles in lumbar degenerative kyphosis patients and control patients with chronic low back pain. Clin Radiol 62: 479-486, 2007.

特集
骨粗鬆症性椎体骨折の治療戦略

【骨粗鬆症性椎体骨折の保存療法】

コルセットによる治療

Conservative treatment of osteoporotic vertebral fractures

—The efficacy of orthoses—

長谷川雅一 市村正一 里見和彦

M. Hasegawa, S. Ichimura, K. Satomi : 杏林大学医学部
整形外科

Key words

- 骨粗鬆症性椎体骨折(osteoporotic vertebral fracture)
- 保存療法(conservative treatment)
- 装具療法(orthosis treatment)

はじめに

骨粗鬆症性椎体骨折(osteoporotic vertebral fracture ; OVF)は従来、保存療法により良好な予後が得られる骨折として位置づけられてきた。しかしながら、骨脆弱性に起因する本骨折は、受傷機転が明らかでないことも多く、ときに骨折の診断が遅延し、治療開始までに時間を要する場合がある。また、近年遷延治療や偽関節^{1),2)}、後弯変形による慢性腰背部痛、さらには後壁損傷に伴う遅発性神経障害³⁾などをきたし種々の手術療法^{4)~6)}を要する場合がある。しかし、手術には侵襲性や長期成績⁷⁾などの課題もあり、OVFの初期治療としての保存療法が、より重要視されている。

著者らは、OVFの初期治療にはコルセットを用いている。本稿では、硬性型コルセット(図1)を用いたA施設と軟性型コルセットを用いたB施設の治療成績をretrospectiveに比較検討し、保存療法の初期治療としてコルセット療法の有用性を報告する。また、ほかの保存療法について文献的に論ずる。

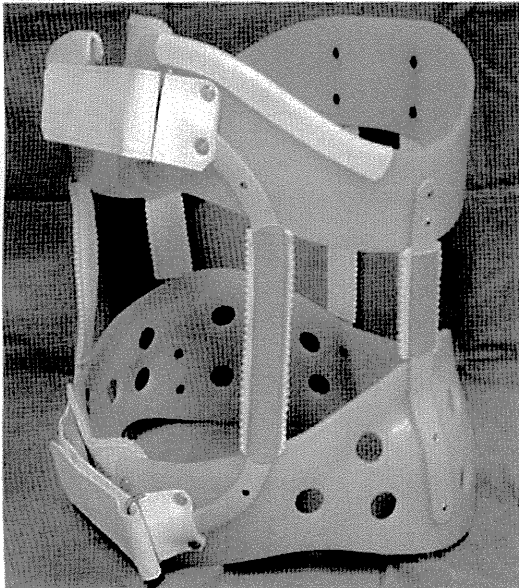
OVFの保存療法

外固定法としては体幹ギブス固定、硬性型コルセット、軟性型コルセット、Jewett型装具などが用いられているが、その選択に関しては統一された見解はない。原田ら⁸⁾は、OVFの初期治療に関するアンケート調査で、ギブス固定群は32.8%、軟性コルセット群は41.6%、硬性コルセット群は15.5%、固定具なし群は4.7%であり、幅広い選択肢であったと報告している。

■体幹ギブス固定

骨盤から腋下部までを固定するため、骨折椎体にとって最も強固な固定が得られる。整復を行うかは議論のあるところであるが、患者自身での脱着が不可能であり、コンプライアンスという点で

図1 著者らが使用する硬性型コルセット



(文献¹⁷⁾より)

は良好と考えられる。治療成績として石河ら⁹⁾は全例に骨癒合が得られたと報告しているが、北岡ら¹⁰⁾は4.4%に偽関節例を認め、骨癒合例でも20%の椎体圧潰の進行を認めたと報告している。ほかの保存療法と比較してギプス固定の成績は一般に良好であり、OVFの初期治療として1つの有用な選択肢である。しかしながら、高齢者では心疾患や肺疾患、高度な脊柱変形例など、体幹ギプス固定そのものが困難な例も多く、褥瘡や麻痺性イレウスなどの合併症も危惧される。また固定性は良好であるものの、最もADLを障害する療法¹¹⁾であり、その適応や固定期間などにさらに詳細な治療成績を検討する必要がある。

■ コルセット療法

原田ら⁹⁾のアンケートにもあるように、臨床では最も多く用いられている方法である。コルセットには、軟性型、硬性型、Jewett型¹²⁾、クロスバンド型¹³⁾などがあり、さまざまな治療成績が報告されている。いずれの報告でも一定の偽関節などの成績不良例が報告されており、その治療成績については統一された見解は得られていない。また、手術移行例の検討¹⁴⁾では、初

期治療で軟性型の使用例が多かったと報告されている。また阿部ら¹⁵⁾は、軟性型とJewett型の成績を比較し軟性型で偽関節の発生が多かったと報告している。著者らの硬性型と軟性型の治療成績については後述するが、軟性型よりは体幹支持性の高い硬性型やJewett型などのほうが有用であると考えている。ただし、これら装具の治療成績は、着用のコンプライアンスに影響されることが予想されるため、着用率の向上が課題である。

■ ブロック療法

OVF受傷後初期の除痛を目的に、脊髄神経後内側枝の選択的ブロックにより疼痛の軽減が得られるとの報告¹⁶⁾があり、前述した外固定と併用することで早期に患者の除痛が得られることも期待できる。

硬性型と軟性型コルセットの 治療成績の比較

著者らは、OVFに対する硬性型と軟性型コルセット療法のretrospectiveな調査を行った。

■ 対象および方法

対象は、転倒などの軽微な外傷や明らかな受傷機転がない腰背部痛を有するOVFの患者で、発症後21日以内に受診し新鮮OVFと診断され、入院加療による保存療法を行った100例である¹⁷⁾。硬性型コルセット(H型)は74例で、平均年齢は75.7歳であった。軟性型コルセット(S型)は26例で、平均年齢は73.4歳であった。H型、S型の患者背景に有意差はなかった(表1)。

骨折の診断は、寝返りや起き上がり動作時痛などの臨床症状と、吉田ら¹⁸⁾のOVFの初期X線所見を参考とし、最終的には全例でMRIにより新鮮骨折と診断した。

骨折の治療は、床上安静にて疼痛が消失した後コルセットを装着し、歩行を許可した。

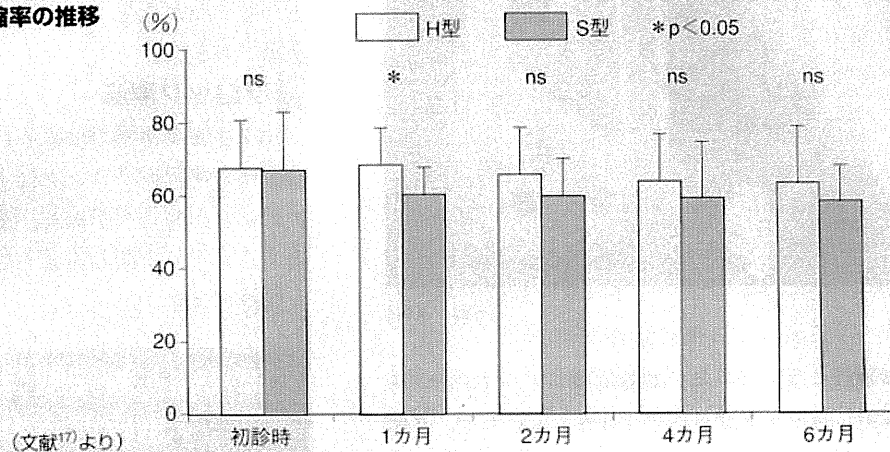
本稿では治療成績として、偽関節発生率、遅発性神経障害の発生率、X線上の椎体変形の推

表1 患者背景

	H型	S型	
症例数	74例	26例	
男性/女性	10/64例	9/17例	
年齢	59~90歳 平均75.7歳	61~84歳 平均73.4歳	ns
来院までの期間	平均6.9日	平均4.5日	ns
橈骨BMD	0.416g/cm ²	0.448g/cm ²	ns

(文献¹⁷⁾より)

図2 X線像上の圧縮率の推移



(文献¹⁷⁾より)

移について検討した。偽関節はX線上vacuum cleftを呈すものと定義し、椎体変形は圧縮率と後弯角を計測した。

結果

偽関節発生率は、H型群では11/74例(14.9%)、S型群では8/26例(30.8%)に認められ、S型で高い傾向を示したが両群間に有意差はなかった。一方、遅発性神経障害は両群ともに認めなかった。

椎体の平均圧縮率は、初診時H型群67.3%、S型群66.4%と有意差はなかった。1カ月後のH型群の圧縮率は68%と椎体高が維持されていたが、S型群は59.7%と圧潰が進行しており、両群間に有意差を認めた。それ以後は両群ともに緩やかに圧潰が進行し、4カ月以降はほぼプラトーに達した。6カ月後の平均圧縮率は、H型群では62.9%、S型群では57.8%であり、両群間に差はなかった(図2)。

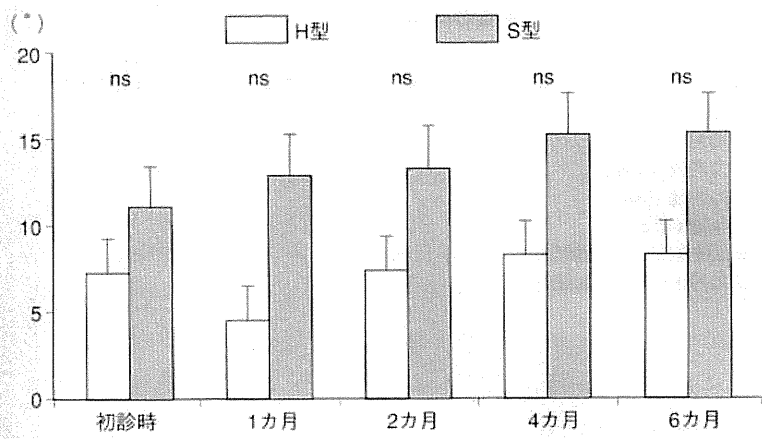
平均後弯角は、初診時H型群7.2°、S型群11°と、S型群で大きい傾向にあったが両群間に有意差はなかった。1カ月後のH型群は4.5°、S型群は12.8°

であり、H型群では安静臥床による矯正位が離床後早期では保たれていたが、S型群では早期から後弯が進行していた。H型群でも6カ月後は8.2°とほぼ初診時の値に戻っていたが、S型群では6カ月後15.2°と離床直後から後弯が進行した(図3)。

症例供覧

77歳、男性。階段から転落受傷し体動困難となり当院を受診した。疼痛のため寝返り、起き上がりが困難であった。X線では第1腰椎に楔状型の圧迫骨折を認め、MRIではT1低信号、T2高信号を呈していた(図4)。安静臥床により疼痛がほぼ消失した後、硬性型コルセットを装着し受傷後11日で離床した。椎体の圧潰、後弯化は受傷後3カ月まで進行し、骨癒合が得られた。MRIでも6カ月で椎体は等信号となり、現在ADL障害はなく骨折予防を目的に骨粗鬆症の薬物療法を行っている(図5)。

図3 X線像上の後弯角の推移 (°)



(文献¹⁷⁾より)

図4 【症例】第1腰椎の楔状型椎体骨折

77歳、男性。階段からの転落で受傷、第1腰椎の楔状型椎体骨折。矢印は骨折部位。

- a: 初診時正面X線像。
- b: 初診時側面X線像。
- c: 初診時MRI T1強調像。
- d: 初診時MRI T2強調像。

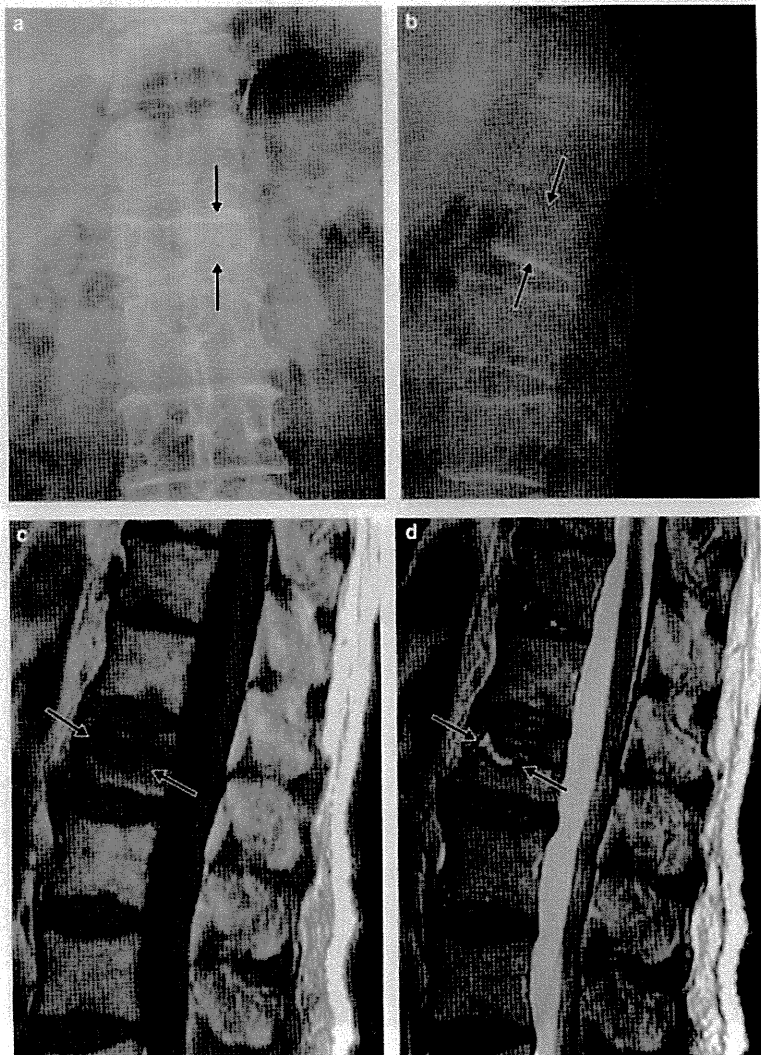


図5 X線像の推移と6カ月後のMRI所見

圧縮率は初診時72.4%で、以後順に64.4%、56.5%、57.8%、57.4%であった。後弯角は初診時2°で、以後順に7°、14°、14°、15°であった。矢印は骨折部位。

- a : 初診時X線像。
- b : 1カ月後X線像。
- c : 3カ月後X線像。
- d : 6カ月後X線像。
- e : 1年後X線像。
- f : 6カ月後MRI T1強調像。
- g : 6カ月後MRI T2強調像。

