

湾変形は生命予後へも悪影響を与えることが知られており^{8)~10)}、治療の際、できるだけ脊柱後湾変形の進行を防止することや変形を矯正することは、前述した症状を少しでも改善させる可能性がある。

椎体骨折後骨癒合不全 (遷延治癒/偽関節)の病態

急性期の椎体骨折に関連する痛みは、通常、数週～数カ月の経過で徐々に緩和されていくが、腰背部痛が慢性化することもまれではない。痛みが遷延する原因としては脊柱後湾変形が遺残すること以外に、骨折部の癒合が遷延したり、偽関節に陥って、椎体内部での異常可動性が存在し続ける状態となることなどがあげられる¹¹⁾。

種市らは骨粗鬆症性椎体骨折の保存療法で36.6%が進行性に椎体が圧潰し、さらに13.9%が偽関節に陥ったことを報告している¹²⁾。椎体偽関節は、骨粗鬆症で骨の脆弱性があり、骨形成能も低下しているところに骨折が発生し、そこに胸腰椎移行部の大きな生体力学的負担となる屈曲-伸展あるいは軸圧ストレスが繰り返し加えられると、骨折の正常な修復機転が障害されて椎体が進行性に圧潰し、やがて椎体内部が線維性瘢痕組織や壊死骨に置き換えられて発生する¹³⁾。したがって圧潰および楔状化が骨折発生当初よりも進行して、坐位や立位での荷重位では高度の局所後弯を形成する。ところが仰臥位になると椎体内の偽関節部にクレフトを形成し、痛みの発現とともに椎体内での異常可動性により椎体前方部は大きく開大する¹⁴⁾。

Visual analog scale(100mm法)評価で平均80mmと強い腰背部痛があり、当科で椎体形成術を行った椎体骨折後癒合不全症例67例71椎体(偽関節55/遷延治癒16)の検討では、平均年齢は80歳(61~92歳)と高齢であり、腰椎BMDの平均Tスコアは-2.7、発生高位はT11が6、T12が24、L1が23、L2が9、L3が7、L4が2椎体と胸

腰椎移行部に多く発生していた。

特徴的であったのは椎体後壁損傷を高率に合併していることであり、椎体後壁の脊柱管内突出は71椎体中66椎体(93%)に存在し、CT矢状断像での脊柱管内最大突出率は平均35.2%であった(図3)。処置椎体以外にも既存骨折が平均2.5椎体認められ、多発骨折例が多く含まれていた。椎体楔状率(椎体前縁高が後縁高に占める割合)にて椎体変形を評価すると、椎体楔状率は荷重位(立位または坐位)で $30 \pm 17\%$ (平均±標準偏差)と高度の圧潰および楔状化を認めた。しかし仰臥位になると椎体内にクレフトが生じて椎体楔状率は $70 \pm 18\%$ にまで矯正されるなど、椎体内での骨折可動性が著しかった(図4)。

椎体偽関節では、椎体内の異常可動性に起因すると考えられる寝起き動作の痛みだけでなく、立位や坐位の持続により腰背部の疲労痛の

図3 骨癒合不全椎体における脊柱管の中央部スライスでのCT矢状断像

当科において椎体形成術で治療した椎体骨折後癒合不全症例67例71椎体(偽関節55/遷延治癒16)に特徴的であったのは、椎体後壁損傷を高率に合併していることであった。椎体後壁の脊柱管内突出は71椎体中66椎体93%に存在し、CT矢状断像での脊柱管内最大突出率(図の $b/a \times 100\%$)は平均35.2%であった。



(文献¹⁸⁾より)

骨粗鬆症性椎体骨折 の病態

—骨折急性期から骨癒合不全および
遅発性神経麻痺発症の病態まで—

Clinical pathophysiology of osteoporotic
vertebral fractures

—acute phase, fracture non-union, and
late-onset paraparesis associated with
progressive vertebral collapse—

武政龍一

R. Takemasa : 高知大学医学部整形外科

Key words

- 骨粗鬆症性椎体骨折 (osteoporotic vertebral fractures)
- 病態生理 (pathophysiology)
- 骨癒合不全 (fracture nonunion)
- 遅発性神経麻痺 (late-onset neurologic compromise)

はじめに

骨粗鬆症性椎体圧迫骨折は、骨粗鬆症による骨強度の低下を基盤として発生する脊椎椎体の圧潰型骨折であり、高齢者のQOLを大きく低下させる代表的疾患である^{1),2)}。

本稿では骨折の急性期から骨癒合に至るもの、骨癒合に至らず疼痛が遷延する椎体骨癒合不全、そのなかでも頻度は少ないが重症度の高い、遅発性に神経麻痺が発症する病態など、多岐にわたる椎体骨折の病態について自検例での検討を交えて紹介する。

骨粗鬆症性椎体骨折の 臨床症状と病態

■ 臨床症状

高齢者の椎体骨折は³⁾、転倒や尻もちをつくなどの軽微な外傷でしばしば発生するが、明らかな外傷がないことも少なくない。胸腰椎移行部が骨折の好発部位であり、多くの場合は椎体の楔状変形をきたす。そのため椎体高の減少と脊柱後弯変形により身長も低下するが、急性期の臨床症状は骨折による腰背部痛が主体である。自検例の調査では、腰背部痛は臥位からの起き上がり動作や、坐位からの臥床動作などの寝起き動作時に最も強く、臥床安静時には消失する。痛みは骨折部周辺の脊椎に限定して存在するとは限らず、むしろ骨折部よりも尾側および側方へ痛み領域が分布することが多い。胸椎骨折では側胸腹部へ、胸腰椎移行部骨折では殿部や仙骨・尾骨部へ、腰椎骨折では大腿部にまで痛みを訴える場合がある。

■ 病態

椎体形成術で骨折部を安定化させると寝起き動作時の腰背部痛は直後から劇的に緩和されることから⁴⁾、この痛みは主として骨折部が不安定に動くことに由来する痛みではないかと考え

ことが肝要である。

遅発性神経麻痺の病態

骨粗鬆症性椎体骨折では、発生時に神経麻痺症状を合併することは通常ないが、高度の椎体圧潰や偽関節に至ると神経障害が遅発性に生じることがある。種市らの報告では保存療法例の3%と少ないが¹²⁾、両下肢に不全麻痺を生じ、歩行不能となることもあり、本骨折の最重症型と考えられる。胸腰椎移行部椎体骨折では脊髓円錐や円錐上部症候群を呈する場合があり、

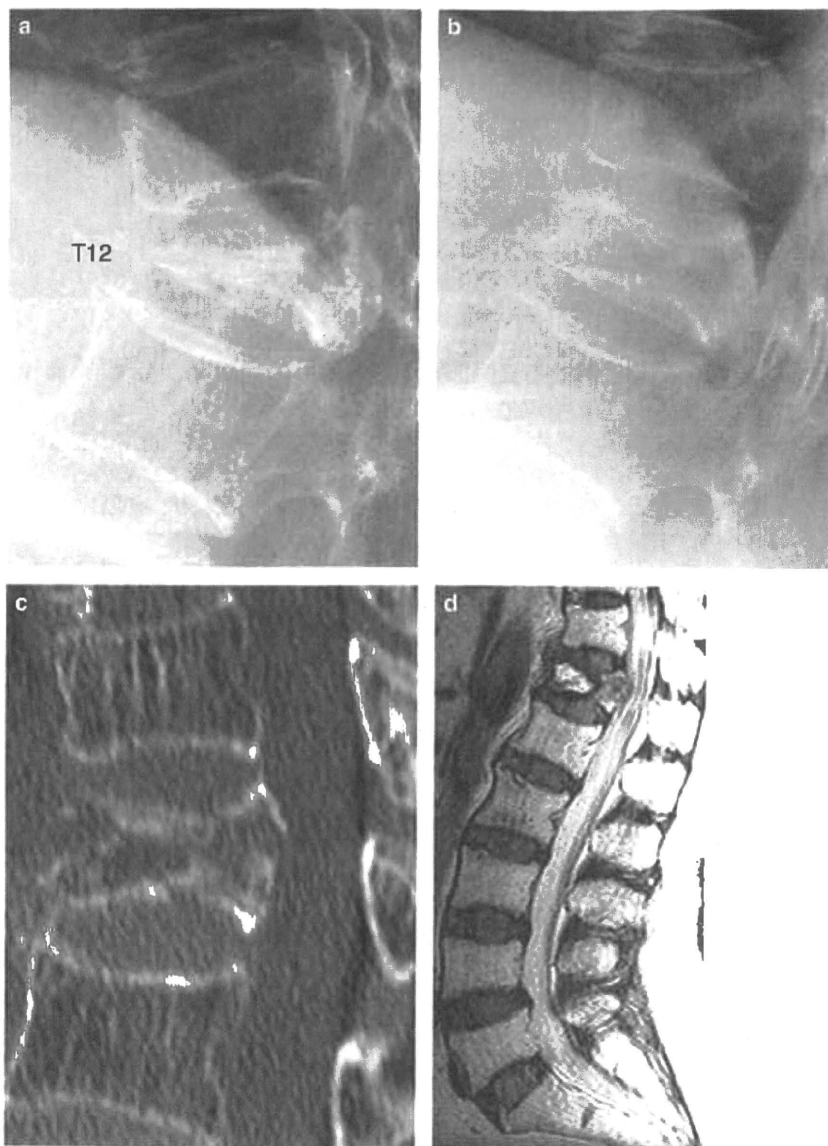
T12では両側下垂足、L1では膀胱直腸障害を発症する場合がある。

その病態は、骨折した椎体が進行性に圧潰して局所後弯の頂椎となった偽関節椎体において、破綻した後壁骨片が脊柱管内に突出し、脊髓・馬尾を圧迫することが主因とされてきた。Kanedaらは確実な神経除圧と、十分な前方支柱再建が可能として前方除圧前方再建術の有用性を示しているが¹⁶⁾、侵襲が大きくなりがちであり、熟練した技術と適切な患者選択が求められるのも事実である。自検例では、局所の不安定性が大きく、両側下垂足を呈して歩行不能と

図6 椎体偽関節における立位前後屈像と仰臥位側面像

a：立位。b：仰臥位。c：CT矢状断像。
d：MRI。

T12椎体の進行性圧潰のため遅発性に両側下垂足を呈して歩行不能となった症例である。局所の不安定性は大きい。CT、MRIでの椎体後壁の脊柱管内突出は軽度であった。MRIでは腰椎レベルの狭窄は軽度であり、T12レベルの脊髓円錐上部障害が両側下垂足の原因と考えられた。本例のような局所の不安定性が大きく、後壁の脊柱管内突出が少ない症例には、後壁突出骨片の直接除圧を行わない椎体形成術でも、神経麻痺の完全回復と正常な歩行機能の再獲得が可能であった。
(文献¹⁸⁾より)



なったT12椎体圧潰症例に対し、後壁突出骨片の直接除圧は行わず、局所の楔状変形を矯正しながら安定化させる椎体形成術を低侵襲性に行うことで、両側下垂足の神経麻痺の完全回復と正常な歩行機能の再獲得が可能であった症例を数例経験している(図6)^{17),18)}。すなわち局所における不安定性もまた、遅発性神経麻痺の発症に大きく関与していると考えられる。

遅発性両下肢運動不全麻痺の 発症因子の分析

対象

自検例にて椎体圧潰に伴う遅発性両下肢運動不全麻痺の発症因子の分析を行った。対象は2004年当院での多列CT導入以後に手術対象となった椎体圧潰症例のうち、胸腰椎移行部L1～T10までの脊椎高位における、単椎体の骨癒合不全症例に対し、神経麻痺の評価を含む臨床所見、骨折部不安定性を検出するX線評価として前後屈動態撮影だけでなく仰臥位での側面X線像、多列CTでの矢状断再構築像およびMRIがすべてそろっている100例100椎体とした。罹患高位はL1が38、T12が46、T11が12、T10が4椎体であり、性別は男性28例女性72例、平均年齢78歳、罹病期間は最短8週、平均8.6カ月であった。腰背部痛ばかりでなくMMT3以下の両下肢運動不全麻痺を呈し歩行不能であった症例が25例、腰背部痛は著しいが明らかな神経症状のない症例が75例であった。この2群の比較を行った(表1)。

結果

椎体の後壁損傷は、麻痺あり群では全例、麻痺なし群でも68例91%に存在した。麻痺なし群と麻痺あり群において(以下、値は麻痺なし/ありの順に記載する)、平均年齢は(78/77)歳と有意差がなかった。椎体楔状率は荷重位で平均(33/20)%であり、麻痺あり群で有意に楔状変形が高度であった。仰臥位になると椎体楔状率は平均(60/81)%にまで矯正された。荷重位と仰臥位における楔状率の差である椎体内不安定性は平均(28/61)%であり、麻痺あり群で有意に大きかった。後壁の脊柱管内突出率は平均(30/42)%であり、麻痺あり群で有意に大きかった。MRI評価で、脊髓実質がくも膜下腔を超えて後壁骨片に圧迫されて生じる脊髓の後方偏位は、麻痺あり群では全例に、麻痺なし群でも後壁損傷のある68例中54例(79%)に認められた。遅発性両下肢運動麻痺の発生要因を見出すため、従属変数を“運動麻痺のあり/なし”とし、それを説明する因子である独立変数として、年齢、性別、罹患高位のほかに、圧潰変形の指標として荷重位椎体楔状率、骨折不安定性の指標として荷重位と仰臥位における楔状率の差である椎体内不安定性、神経圧迫の指標として椎体後壁の脊柱管内最大突出率を選択し多重ロジスティック回帰分析を行った。統計解析にはPASW Statistics 18® (SPSS Japan Inc, Tokyo)を使用した。

その結果、椎体内不安定性がオッズ比1.21(95%信頼区間1.10～1.33, $p<0.01$)、脊柱管内最大突出率がオッズ比1.13(95%信頼区間1.01～1.27, $p<0.05$)にて有意であり、局所後弯の重

表1 遅発性両下肢運動不全麻痺の
有無と発症因子

数値は平均値(標準偏差)

	麻痺なし群 (N=75)	麻痺あり群 (N=25)	平均値の差 (有意確率)
年齢(歳)	78.4 (7.3)	76.8 (8.3)	N.S
荷重位楔状率(%)	32.5 (16.1)	19.6 (10.9)	$p<0.01$
仰臥位楔状率(%)	60.1 (17.5)	80.7 (13.8)	$p<0.01$
椎体内不安定性(%)	27.6 (13.9)	61.1 (10.0)	$p<0.01$
脊柱管内最大突出率(%)	29.7 (13.5)	42.0 (8.1)	$p<0.01$

表2 変数増加法ステップワイズ(尤度比検定)による多重ロジスティック回帰分析の結果

独立変数	有意確率	オッズ比	95%信頼区間	
			下限	上限
椎体内不安定性	p<0.01	1.21	1.10	1.33
脊柱管内最大突出率	p=0.03	1.13	1.01	1.27
荷重位楔状率	N.S			
年齢	N.S			
性別	N.S			
性別	N.S			
従属変数：遅発性両下肢運動不全麻痺のあり/なし				

症度を反映する荷重位楔状率を含むその他の独立変数に有意なものはなかった(表2)。

すなわち胸腰椎移行部における椎体骨癒合不全の症例には、その90%以上に椎体後壁損傷が合併し、さらに脊髄実質への神経圧迫がMRIで確認されても、そのみで神経麻痺が生じるわけではなく、麻痺の発生には、これらの要因に加えて、神経組織への動的圧迫要因としての局所の不安定性が大きく関与していることが示さ

れた。すなわち遅発性神経麻痺の発生には、椎体後壁損傷による後壁の脊柱管内突出がまず前提として存在しなければならないが、より影響の大きな(オッズ比の大きな)要因として局所の不安定性が発生に関与していることが判明した。不安定性が大きいがために麻痺に陥っている症例を適切に選択できれば、椎体形成術などの低侵襲処置でも麻痺の回復が得られる可能性を示唆する結果といえる¹⁹⁾。

文献

- 1) Gold DT : The clinical impact of vertebral fractures : Quality of life in women with osteoporosis. Bone, 18 : 185s-189s, 1996.
- 2) Leideg-Bruckner G, Minne HW, Schlaich C, et al : Clinical grading of spinal osteoporosis : Quality of life components and spinal deformity in women with chronic low back pain and women with vertebral osteoporosis. J Bone Miner Res, 12 : 663-675, 1997.
- 3) 武政龍一 : 高齢者骨粗鬆症性椎体骨折の問題点と対策. 日整会誌, 80 : 957-969, 2006.
- 4) 武政龍一 : 椎体形成術-vertebroplastyとkyphoplasty-. 日脊会誌, 18 : 760-769, 2007.
- 5) Leech JA, Dulberg C, Kellie S, et al : Relationship of lung function to severity of osteoporosis in women. Am Rev Respir Dis, 141 : 68-71, 1990.
- 6) Gold DT : The nonskeletal consequences of osteoporotic fractures : Psychologic and social outcomes. Rheum Dis Clin North Am, 27 : 255-262, 2001.
- 7) Coelho R, Silva C, Maia A, et al : Bone mineral density and depression : A community study in women. J Psychosom Res, 46 : 29-35, 1999.
- 8) Kado DM, Lui L-Y, Ensrud KE, et al : Hyperkyphosis predicts mortality independent of vertebral osteoporosis in older women. Ann Intern Med, 150 : 681-687, 2009.
- 9) Cooper C, Atkinson EJ, Jacobsen SJ, et al : Population-based study of survival after osteoporotic fracture. Am J Epidemiol, 137 : 1001-1005, 1993.
- 10) Silverman SL : The clinical consequences of vertebral compression fracture. Bone, 13(Suppl 2) : S27-31, 1992.
- 11) Hasegawa K, Homma T, Uchiyama S, et al : Vertebral pseudarthrosis in osteoporotic spine. Spine, 23 : 2201-2206, 1998.
- 12) 種市 洋, 金田清志, 小熊忠教ほか : 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.
- 13) 伊東 学, 金田清志, 鑑 邦芳ほか : 脊椎圧迫骨折に対する前方法による脊柱再建. リウマチ科,

- 29 : 363-370, 2003.
- 14) 武政龍一, 喜安克仁, 川崎元敬ほか: 骨粗鬆症性椎体骨折癒合不全の簡易な画像診断法—仰臥位側面像撮影の有用性—. 中部整災誌, 49 : 705-706, 2006.
- 15) 川崎元敬, 武政龍一, 喜安克仁ほか: 初診時単純X線(座位・仰臥位)撮影法による高齢者の脊椎新鮮圧迫骨折の早期診断. 中部整災誌, 49 : 703-704, 2006.
- 16) Kaneda K, Asano S, Hashimoto T, et al : The treatment of osteoporotic-posttraumatic vertebral collapse using the Kaneda device and a bioactive ceramic vertebral prosthesis. Spine, 17 : S295-303, 1992.
- 17) 井上真輔, 武政龍一, 谷 俊一ほか: 神経麻痺を呈した骨粗鬆症性椎体圧潰に対するリン酸カルシウム骨セメント椎体形成術. 中部整災誌, 50 : 79-80, 2007.
- 18) 喜安克仁, 武政龍一, 川崎元敬ほか: 遅発性脊髄麻痺を生じた骨粗鬆症性椎体圧潰に対する椎体形成術. 中四整会誌, 21 : 269-275. 2009.
- 19) 武政龍一, 喜安克仁, 谷 俊一ほか: 骨粗鬆症性椎体骨折癒合不全における遅発性両下肢運動不全麻痺の発症に関する病態解析—100症例の多重ロジスティック回帰分析を用いて—. J Spine Res, 1 : 426, 2010.

地方

胸腰椎陳旧性圧迫骨折患者への手術適応と手術の実際

武政龍一, 谷 俊一 高知大学医学部整形外科

高齢社会の到来で骨粗鬆症患者が増加した。骨粗鬆症に関連する脊椎の椎体圧迫骨折は、高齢者にしばしば発生し、高齢者のquality of life (QOL)を著しく低下させる代表的疾患である。新鮮な急性期の椎体圧迫骨折に対しては、さまざまな保存療法が行われており、一般には一定期間の臥床安静にて疼痛が減少してから体幹装具やときにはギブスなどの外固定を行って離床し、リハビリテーションを行うなどの保存療法が行われている。しかし保存療法における課題は、経過が良好で骨癒合が得られたとしても、治療経過中に多かれ少なかれ椎体の圧潰が進行して楔状変形が増悪し、その結果として脊柱の後弯変形が発生または増悪することである^{1),2)}。脊柱後弯変形は身長をきたし、その結果、腰背部の鈍痛が慢性化し、呼吸器、消化器症状、抑うつなどの精神症状など、運動器以外にも機能障害が発生しやすいことが知られている^{3)~7)}。椎体の圧迫骨折は生命予後を悪化させる要因であることが知られているが、圧迫骨折にかかわらず、脊柱後弯変形は独立した生命予後の悪化因子であることも示されている⁸⁾。

また、なかには骨癒合が完成に至らず、進行性に椎体が圧潰して椎体の偽関節が発生することにより、主として寝起き動作時などに激しい腰背部痛が生じることもある。さらには椎体後壁にまで損傷が及ぶと、後壁骨片が脊柱管内に突出して脊髄や馬尾を圧迫するようになり、遅発性に神経障害が発生して歩行不能となる場合もある⁹⁾。椎体圧潰や偽関節においては、保存療法による満足な治療効果は期待できないものの、かといって従来の脊柱再建術などの手術療法も、骨脆弱性に基づくインストゥルメンテーション合併症の発生や、さまざまな内科的併存症を有する高齢者にとって手術侵襲が大きくてリスクが高いなどの問題がある^{10)~12)}。

ここでは、骨粗鬆症性胸腰椎椎体骨折の陳旧例における手術の適応と実際について、75歳以上の高齢者あるいは85歳以上の超高齢者であればどのように対処しているのかについて著者らの取り組みを紹介する。

胸腰椎椎体圧迫骨折陳旧例の病態と手術適応

骨癒合が得られている陳旧性圧迫骨折例

骨癒合が得られていても高度の楔状変形が遺残すれば、脊柱の後弯変形が高度となり、慢性的な腰背部痛を訴える場合が多い。特徴は長時間の立位歩行や坐位で増悪し、臥床安静により速やかに軽快する。肺機能障害や胃食道逆流症をしばしば併発する。いわゆる腰曲がりの状態となり、歩行に杖やシルバーカーを要するようになり、歩容や容姿が損なわれる。体幹矢状面の立位バランスをとるために頸椎が過前弯となったり膝の屈曲拘縮の原因となる場合もある。

圧迫骨折による脊柱後弯変形によりQOLが著しく低下した場合は、75歳以上の高齢者であっても手術の適応があると考えられる。しかし骨癒合が得られていれば、骨折発生時の激しい急性期疼痛と比べると痛みの性状が変化し、その程度も小さくなっている。骨折受傷前と比べてQOLが多少低下したとしても、著者らの地域(地方)においては、それを骨折の後遺症あるいは広い意味でのaging processとしてやむをえないものとして受け入れる傾向があり、侵襲度の高い後弯変形を矯正する手術を希望される高齢者・超高齢者はまれである。また希望があっても併存症によるリスクが高すぎたり、骨脆弱性がきわめて高度で再建が困難などの理由で手術を断念してもらわざるをえないこともある。

陳旧性骨折で神経症状を合併する場合は歩行能力が大きく損なわれることもあり、手術が選択されるが、骨癒合している椎体が神経症状をきたすことはまれである。手術は最近では後方からの術式がほとんどであり、楔状椎の後方短縮骨切り術¹³⁾や後方進入での楔状椎体の切除術などを第一選択としている(図1)。高齢者であるため合併症を引き起こさないように侵襲をできるだけ少なくし、固定椎間数を最小としたいが、少なすぎると固定性に問題が生じることがある。後方のpedicle screwの引き抜けや矯正損失を防ぐ意味では、後方からの手術でも前方の荷重支持機構を確実に再建することが必須条件である。いずれにしてもリスクとベネフィットのバランスを考えた術前計画と、患者および家族と十分に意見交換を行い、リスクを伴うchallengingな手術であることを理解してもらって手術に臨まなくてはならない。

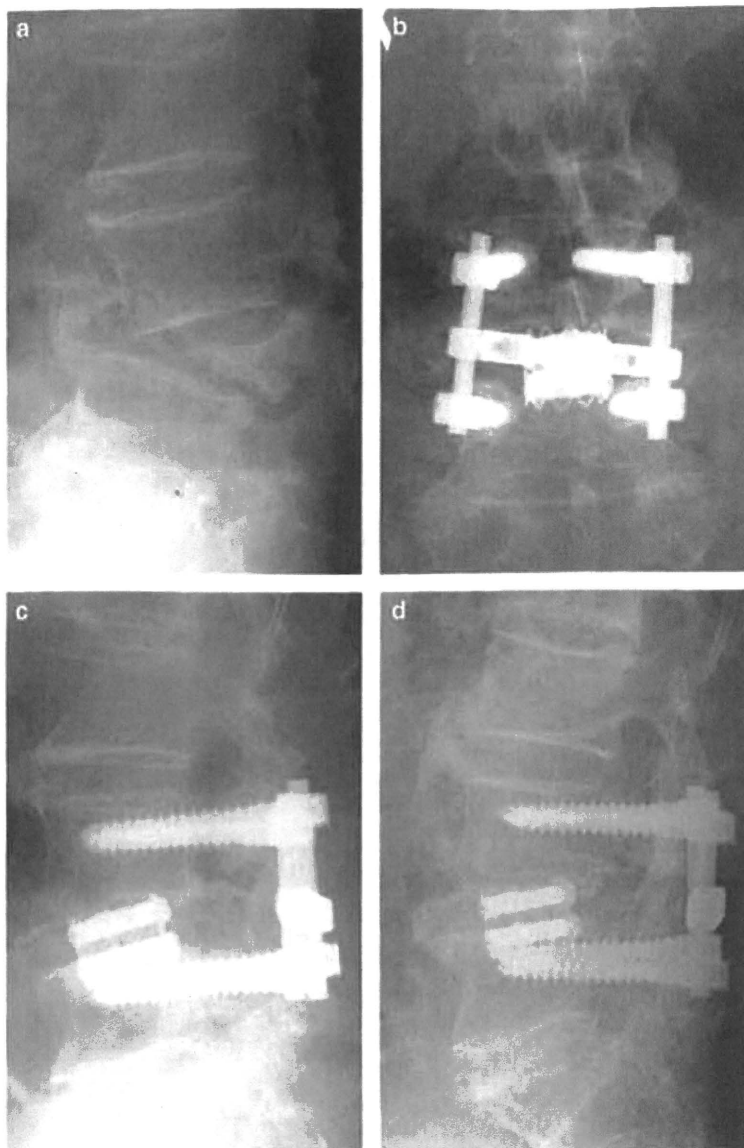
骨癒合不全に陥った陳旧性圧迫骨折例

遷延癒合や偽関節などの椎体骨折後骨癒合不全は、高率に椎体後壁損傷を合併しており、椎体圧潰および楔状変形の程度も高度となる。症状は、局所の後弯以外に椎体内の骨折部に異常可動性を残しているため、寝起き動作など体動時の強い痛みが主体となるが、当然圧潰に伴う後弯変形由来の腰背部痛も発現する¹⁴⁾。脊柱管内に突出した後壁骨片と局所の不安定性により遅発性に脊髓障害が発生する重症型もある。

図1 L4椎体圧潰骨癒合例における後方進入椎体置換再建術

- a: 術前。
b: 術直後正面像。
c: 術直後側面像。
d: 術後5年。

L4椎体は楔状化したまま骨癒合しているが、立位や坐位などの荷重位になると後方に椎体突出し、馬尾を圧迫するため、両側下肢痛としびれ、脱力のため坐位や立位が困難であった症例である。後方から進入し、楔状化したL4椎体およびL3/4、L4/5椎間板を切除した後、椎体間ケージを後方から前方に挿入し、CPCで固定性を補強したL3、L5のpedicle screwを用いてL3-5を固定した。術後腰痛と神経症状は改善し、術後5年時にもアライメントは良好に維持されている。

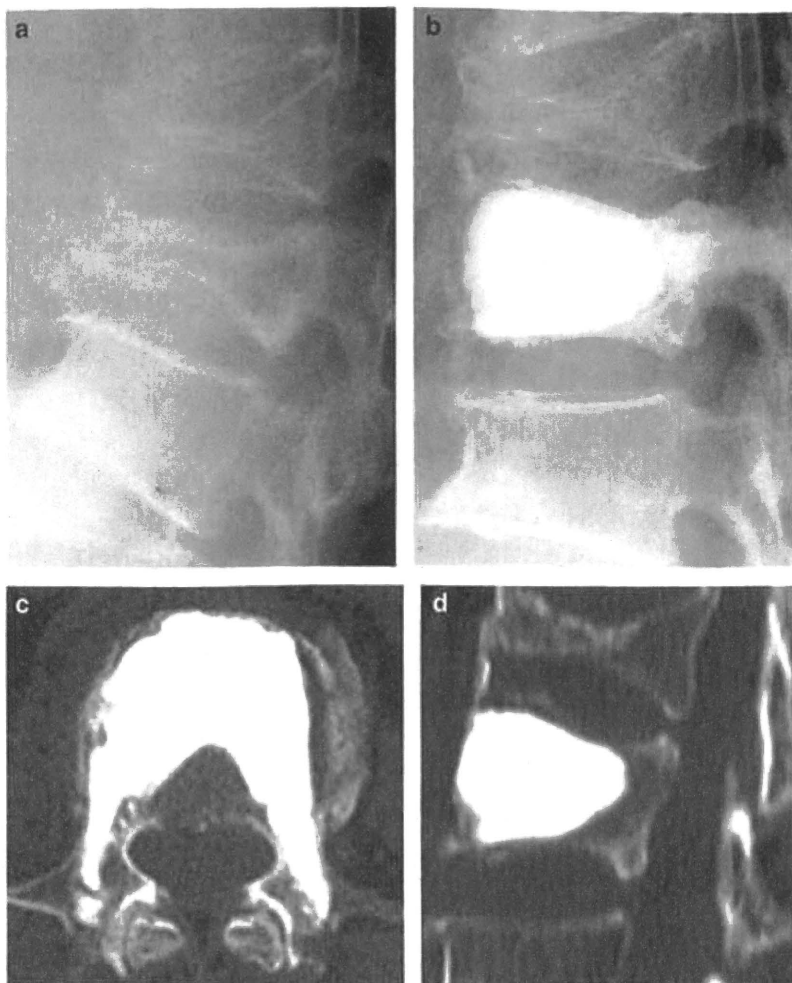


75歳以上であっても痛みが高度である場合が多く、保存療法抵抗性でdisabilityが高度な場合は手術適応になるが、全身状態や併存症などのリスクを十分考慮した術式が選択される。その点、椎体形成術は侵襲が少ないため、このような高齢者の骨癒合不全症例に対して有用である^{15),16)}。著者らは骨折椎体を安定化させるだけでなく、楔状変形の可及的な矯正を目的とした椎体形成術を行っており、多くの症例で後弯変形の矯正も同時に達成している¹⁷⁾(**図2**)。椎体補強材料には、骨伝導能を有するリン酸カルシウムセメント(calcium phosphate cement; CPC)を用いている。CPCは周囲の骨組織と直接結合するため、一塊としてセメントを充填した場合、たとえ全周性にはなくても、ある程度の部分が骨と結合すれば、椎体内でセメント塊が動き回るようなことなく安定して存在するため、骨折椎体周辺部での骨癒合を阻害することはない。また偽関節椎体ではほとんどの症例で後壁損傷がみられるため、もしPMMAなどのセメントを注入していて脊柱管内に漏出し

図2 L1椎体偽関節に対するCPCを用いた椎体形成術

- a: 術前。
- b: 術直後。
- c: 術後CT横断像。
- d: 術後CT矢状断像。

著者らは腰背部痛の著しい骨粗鬆症性椎体骨折後の骨癒合不全(偽関節/遷延治癒)を対象とし、CPCを用いて骨折部の修復と安定化、および椎体変形の矯正を目指した椎体形成術を行ってきた。



(文献¹⁷⁾より)

た場合には、機械的な神経圧迫だけでなく、重合熱による神経障害の発生を心配しなければならないが、CPCは硬化時に発熱しないという長所がある。balloon kyphoplastyでは椎体高を可及的に復元させるため¹⁸⁾、椎体内でバルーンを膨らませる際に、後壁骨片を脊柱管内に押し出す可能性があり、後壁損傷合併例では禁忌とされているが、著者らの術式では椎体内部の癒着組織や壊死骨は搔爬して摘出するため後壁骨片を押し出す操作は含まれない。また両側の椎弓根孔を介して椎弓根部直上のポータル内の空間と椎体内骨腔が交通している状態でCPCを充填するため、セメント充填時に注入圧を上昇させることなく骨腔を充填できるため、セメントの椎体外漏出が発生しにくいという安全性のきわめて高い術式である。実際に罹患椎体が後壁損傷を有していても損傷後壁から脊柱管内にセメントが漏出したことはこれまで1例もない。椎体形成術の合併症で重篤なものはほとんどがセメントの椎体外漏出に起因しており^{19),20)}、これを最小限に抑えることが高齢者あるいは超高齢者ではとくに重要なポイントである。

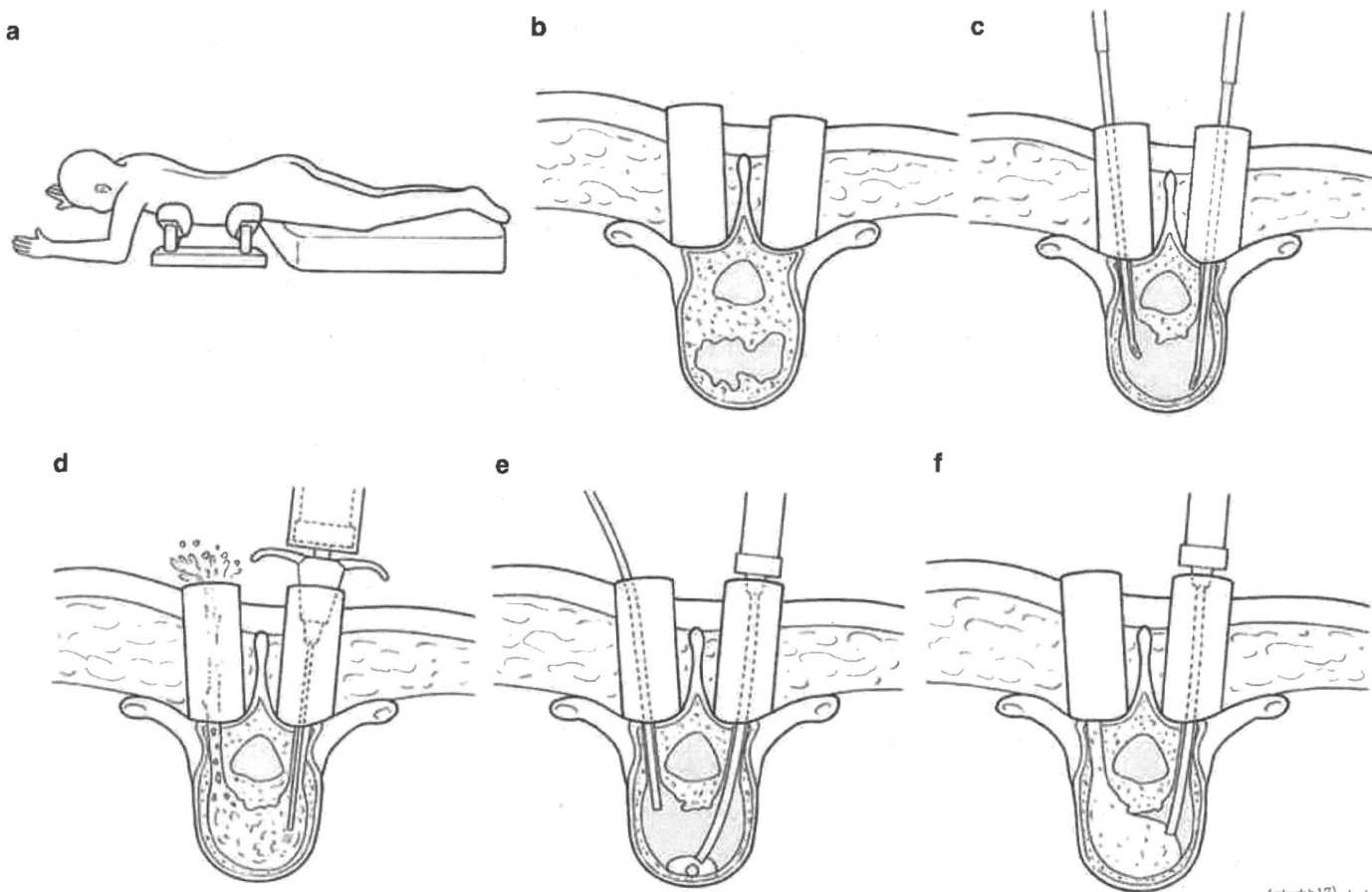
遅発性脊髄麻痺を有する症例でも、椎体内不安定性が主たる麻痺の原因の場合は、椎体形成術で神経麻痺も改善が可能であり、高齢者、超高齢者ではその侵襲の少なさからまず考慮してよい術式である^{14),17),21)}。

CPCを用いた椎体形成術の術式^{22),23)}

著者らは2005年より全身麻酔下に罹患椎体両側椎弓根上に直径18mmのX線透過性円筒レトラクタを2つ設置するBiportal法を行っている(図3)。偽関節など骨癒合不全椎体に存在する骨折可動性を最大限利用して、まず4点支持フレーム上で、股関節を十分伸展させた状態の腹臥位をとる。そのような体位の工夫と術中に椎体内に直接整復用器具を挿入して行う変形矯正操作により、椎体の楔状変形を可及

図3 Biportal法によるCPC椎体形成術式

- a: 偽関節など骨癒合不全椎体の骨折可動性を利用して、体位の工夫と椎体内での整復用器具による矯正操作により椎体楔状変形を可及的に整復する。
- b: 罹患椎体両側椎弓根上に直径18mmのX線透過性円筒レトラクタを2つ設置する。
- c: CPCの骨伝導作用を期待するため、偽関節腔に存在する瘢痕・壊死組織を専用器具で搔爬摘出し、骨腔内面を新鮮化してCPCと骨とのdirect contactを達成する。
- d: 骨腔内部に残るデブリや血餅は、一方の椎弓根孔から生食水を勢よく注入し、骨腔内をフラッシングすることで、対側の椎弓根孔から溢れ出る水流とともに完全に排出し、骨腔内にCPCの充填を妨げるものがない状態を形成する。
- e: 麻酔医に一時的に低血圧処置を依頼して骨髄出血をできるだけ抑制し、骨腔内に貯留する生食水や血腫などを完全に吸引排出した後、充填用ノズルを骨腔最深部に設置する。
- f: 高粘性CPC(粉/液比=4.0~4.1g/ml)をセメントガンにて、必ず骨腔の最深部から充填を開始して骨腔を満たし、椎体前方荷重部に一塊となるCPC硬化体を形成する。



(文献¹⁷⁾より)

的に整復する。

そしてCPCの骨伝導作用に期待するため、椎体内偽関節腔に存在する癒痕組織や壊死骨を各種の鋭匙やラスプなどの専用器具を用いて搔爬摘出し、骨腔内面を新鮮化してCPCと骨とが直接結合できる環境を整える。骨腔内部に残るデブリや血餅は、カテーテルチップシリンジを用いて一方の椎弓根孔から生食水を勢いよく注入し、骨腔内をフラッシングすることで、対側の椎弓根孔から溢れ出る水流とともに完全に排出し、骨腔内にCPCの充填を妨げるものがない空虚な状態を作製する。

その後、麻酔医に一時的に低血圧処置を依頼して骨髄出血をできるだけ抑制し、骨腔内に貯留する生食水や血腫などを完全に吸引排出する。最後に高粉液比で調整して作製した高粘性CPCを、必ず骨腔の最深部から専用のセメントガンを用いて充填を開始して骨腔を満たし、椎体前方荷重部に一塊となるCPC硬化体を形成することで骨折部を力学的に安定化し、同時に荷重を支持しながら変形矯正位を維持していくものである。

椎体形成術のadvantage

低侵襲で早期の除痛効果に優れ、骨折椎体の楔状変形の矯正もある程度可能である。高齢者、超高齢者であっても短時間の全身麻酔に耐えられる全身状態であれば侵襲が少ないため施行可能である。

椎体形成術のdisadvantage

隣接椎体に早期に新規の骨折が生じることがある。術前の仰臥位側面X線像でも圧潰が高度な症例は、椎体形成術を行っても圧潰変形が遺残する傾向がある。まれにCPCのフラグメンテーションが発生し、インストゥルメンテーションを併用したrevision手術が必要となることがある。

椎体形成術症例供覧

【症例1】L1椎体骨折遷延治癒(図4)

90歳、女性。L2の圧迫骨折にて近医に入院加療後痛みが軽快して退院していたが、尻もちを契機に再び腰痛、両側殿部痛が発生。寝起き動作や体動時に強く屋内を数メートル歩くのがやっとの状態となった。保存療法が行われるも疼痛が遷延し、高齢でもあり、このまま寝たきりになることを心配され当科に紹介受診となった。

L1椎体は坐位で圧潰するも仰臥位では椎体内部にクレフトを形成し、異常可動性が認められた。CTでは後壁損傷を合併していた(図4a~c)。本例に椎体形成術を行った。椎体の楔状変形も整復され、術後3カ月時腰痛はほとんどなく、歩行可能となった。CTでも椎体内前方荷重部に一塊となるCPC硬化体が形成されていた(図4d~f)。

図4 【症例1】L1椎体骨折遷延治療

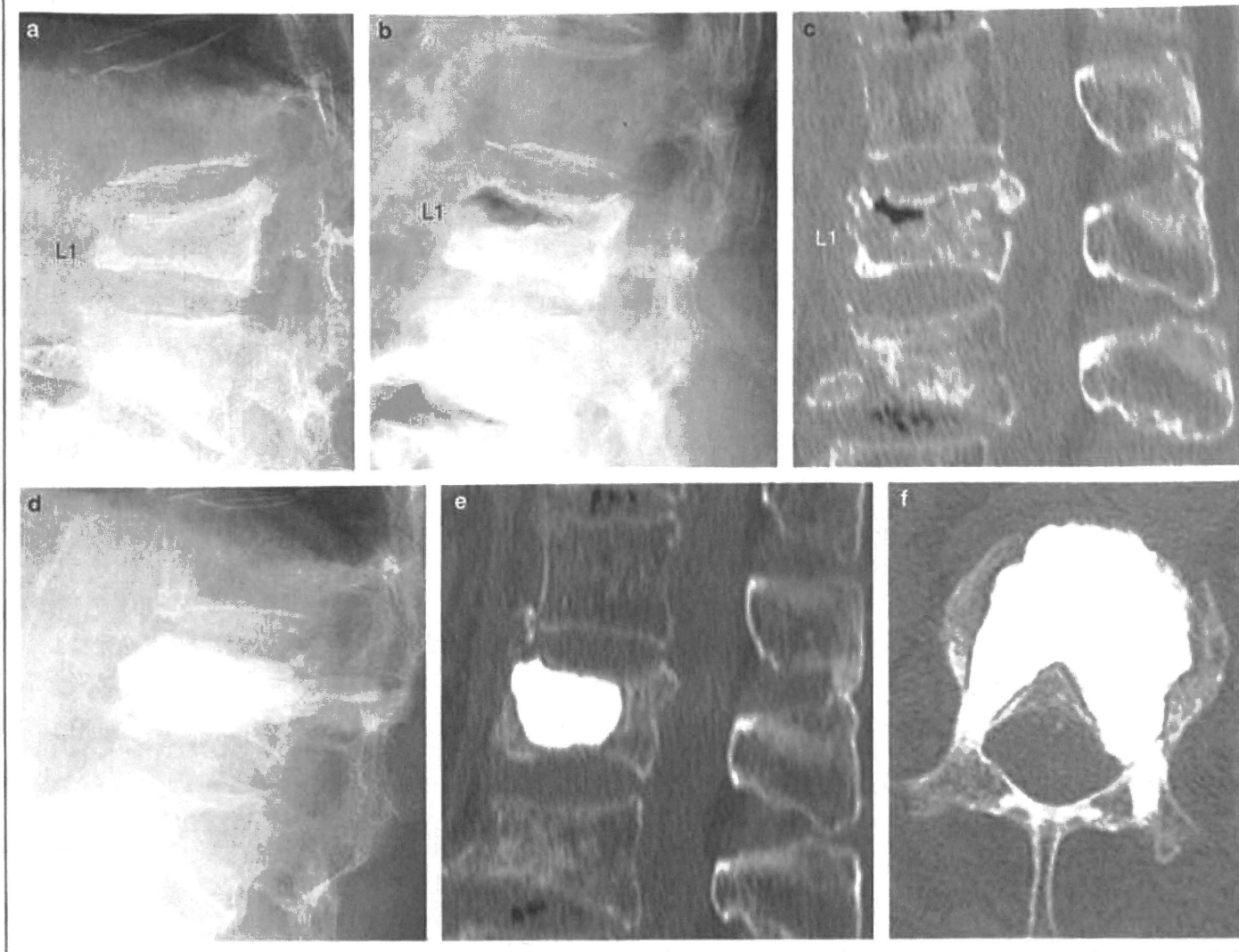
90歳、女性。

a：術前坐位X線像。b：術前仰臥位X線像。c：術前CT。

L2の圧迫骨折にて近医に入院・加療後、痛みが軽快して退院していたが、尻もちを契機に再び腰痛、両側殿部痛が発生。寝起き動作や体動時に強く屋内を数メートル歩くのがやっとの状態となった。保存療法が行われるも疼痛が遷延し、高齢でもありこのまま寝たきりになることを心配され当科に紹介受診となった。L1椎体は坐位で圧潰するも仰臥位では椎体内部にクレフトを形成し、異常可動性が認められた。CTでは後壁損傷を合併していた。

d：術後3カ月の坐位X線像。e：術後3カ月のCT矢状断像。f：術後3カ月のCT横断像。

本例に椎体形成術を行った。椎体の楔状変形も整復され、術後3カ月時腰痛はほとんどなく、歩行可能となった。CTでも椎体内前方荷重部に一塊となるCPC硬化体が形成されている。



【症例2】L1椎体骨折後遅発性神経麻痺(図5)

90歳、女性。転倒しL1椎体骨折受傷。外固定にて保存療法が近医で行われるも、受傷後約1カ月してから右下肢筋力低下としびれが出現。徐々に両下肢の脱力のため立位不能(Frankel分類Type C)となり当科に受傷後約2カ月で紹介された。

坐位および仰臥位X線側面像ではL1椎体内に比較的大きな不安定性を認めたが、MRI T2強調像やCTでは椎体後壁の脊柱管内突出は30%程度と大きくはなかった(図5a~d)。超高齢かつ高血圧、肝障害、せん妄などの併存症もあり、また麻痺の主因は局所不安定性であると考えられたため椎体形成術を行った。術後1週時の

図5 【症例2】L1椎体骨折後遅発性神経麻痺

90歳、女性。

a: 術前坐位X線像。**b:** 術前仰臥位X線像。**c:** 術前MRI T2強調矢状断像。**d:** 術前CT。

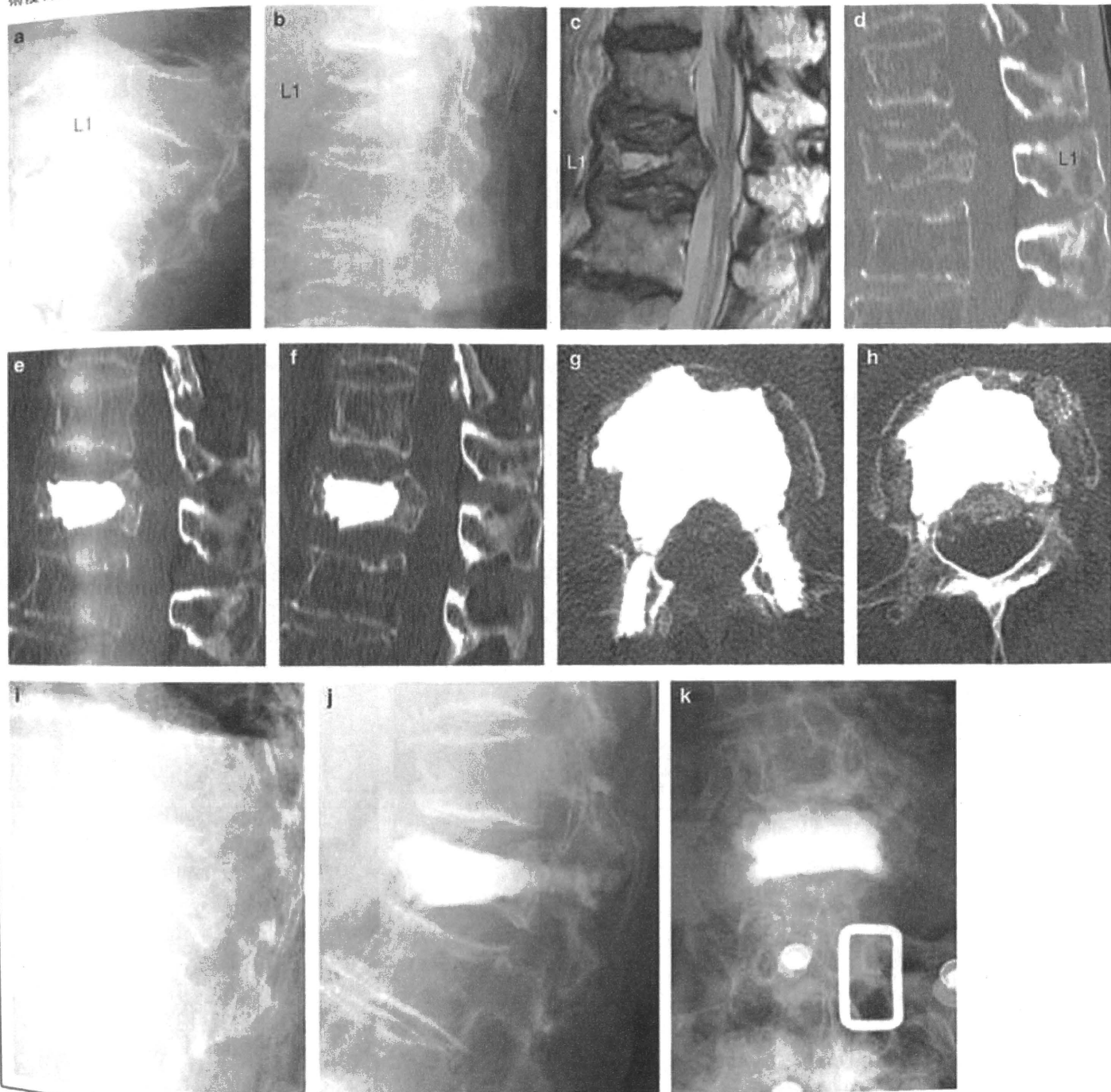
遅発性に神経麻痺が発症し立位不能(Frankel分類Type C)となり当科に紹介された。坐位および仰臥位X線側面像ではL1椎体内に比較的大きな不
安定性を認めたが、MRI T2強調像やCTでは椎体後壁の脊柱管内突出は30%程度と大きくはなかった。

e, f: 椎体形成術後1週時のCT矢状断像。**g, h:** 椎体形成術後1週時のCT横断像(L1椎体)。

超高齢かつ高血圧、肝障害、せん妄などの併存症もあり、また麻痺の主因は局所の不安定性であると考えられたため椎体形成術を行った。術後1
週時のCTでは後壁骨片の脊柱管内突出の程度には変化なく、CPCは荷重部に良好に充填されていた。

i: 術前坐位X線像。**j:** 術後1カ月の坐位X線像。**k:** 術後1カ月のX線正面像。

術後1カ月時、腰痛はほとんどなく、両下肢神経麻痺も速やかに改善し、歩行器で数十メートル歩行ができるまでに改善した(Frankel分類Type D)。



CTでは後壁骨片の脊柱管内突出の程度には変化なく、CPCは荷重部に良好に充填されていた(図5e~h)。

術後1カ月時、腰痛はほとんどなく、両下肢神経麻痺も速やかに改善し、歩行器で数十メートル歩行ができるまでに改善した(Frankel分類Type D)(図5i~k)。

椎体形成術以外の手術適応

骨折部の不安定性よりも局所の後弯変形が症状の主体と考えられる場合は、全身状態が許す範囲で後方短縮骨切り術や後方進入での楔状椎体の切除術などのアライメント矯正術を選択せざるをえない場合もある(図6)。著者らの行っている椎体形成術での楔状変形矯正効果は、標的となる骨癒合不全椎体が個々に有している骨折不安定性の程度に大きく依存している。すなわち術前に仰臥位すなわち最大整復位に近い状態で撮像された側面像においても、骨折椎体の楔状変形が高度に遺残する場合は、椎体形成術だけでは椎体の安定化は得られても術後に局所の後弯変形が遺残する。超高齢者には侵襲が大きすぎるため一般には適応外であるが、高齢者で全身状態の良好な場合はまれにアライメントを矯正する侵襲の大きな手術を選択することもある。

図6 L1椎体偽関節

80歳、女性。

a: 術前仰臥位X線像。b: 術前立位X線像。c: 術後1年X線像。

L1椎体偽関節部は仰臥位になっても十分には整復されず、立位持続困難などの症状も主として後弯変形由来と考えられたため、L1の後方短縮骨切り術を行った。

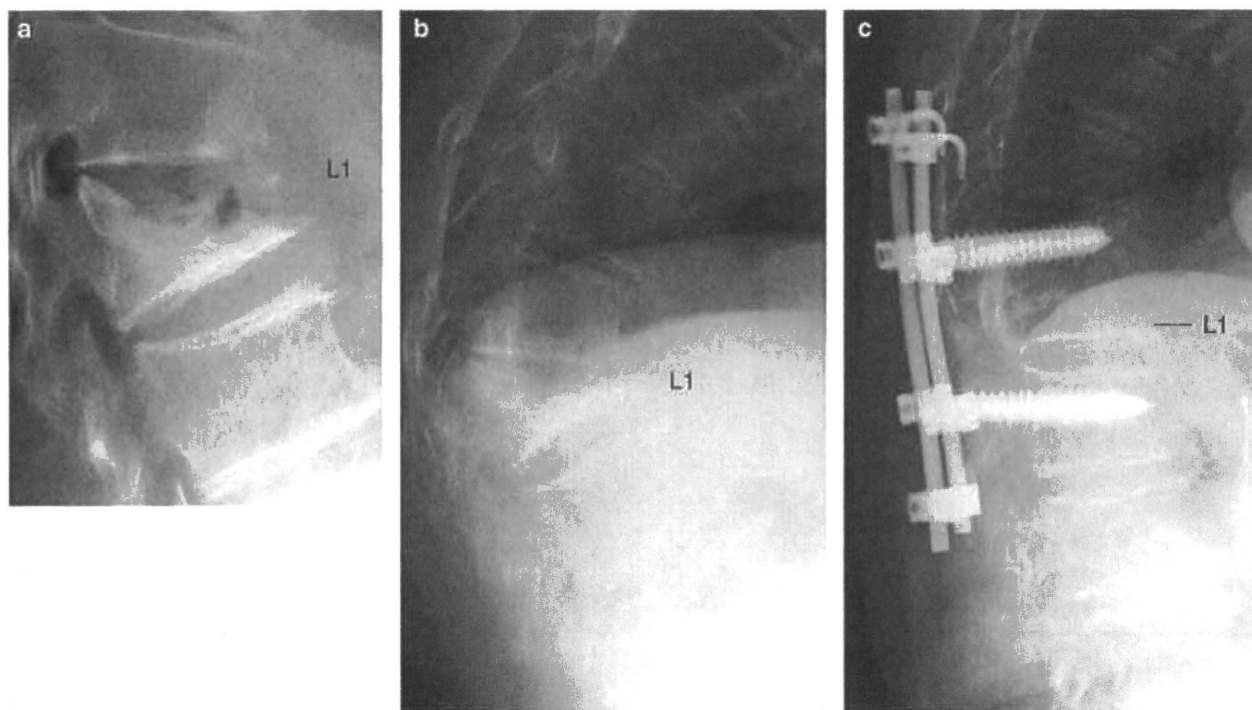
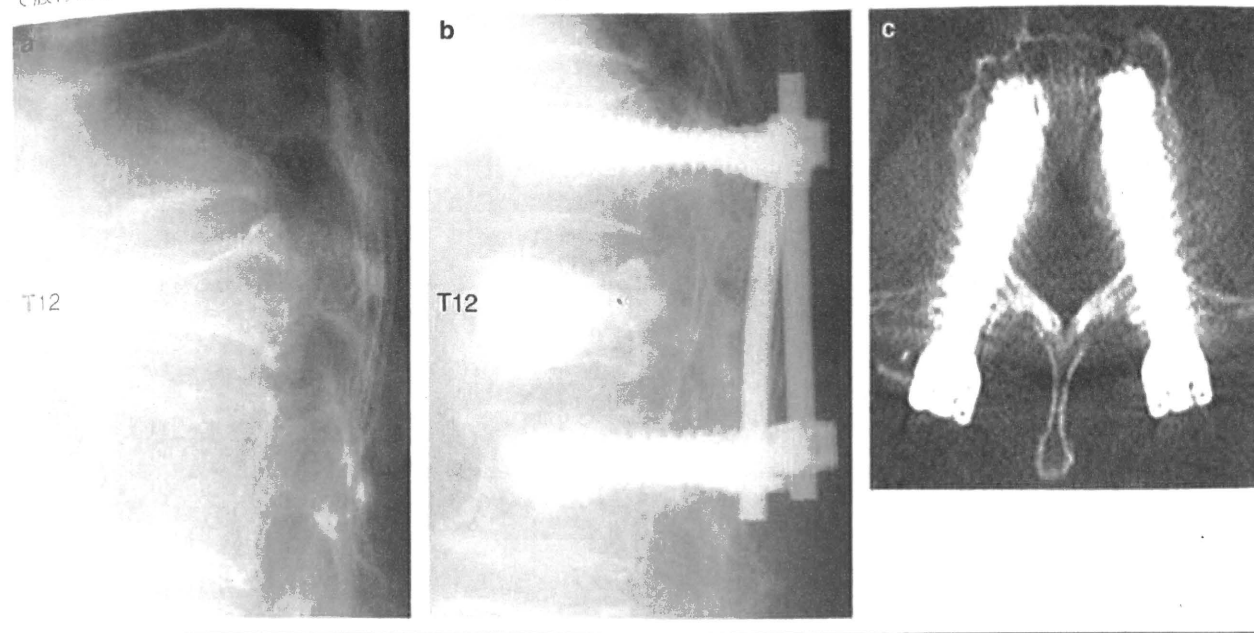


図7 T12椎体圧潰遅発性脊髄麻痺に対する椎体形成術を併用した後方除圧固定術

81歳、女性。

a：術前坐位X線像。**b**：術後3カ月の立位X線像。**c**：術後1週時のCT(L1の椎弓根高位)。

Frankel分類Type Cの遅発性脊髄麻痺を合併した椎体偽関節に対し、T12脊柱管内突出骨片の前方打ち込みによる神経除圧とT12椎体形成術による前方支持機構の再建、およびCPCで固定性を補強した椎弓根スクリューを用いた後方固定術を行った。術後3カ月で腰背部痛はほぼ消失し、神経麻痺も回復(Frankel分類Type D)して独歩可能となった。



遅発性脊髄麻痺を合併する症例で、後壁骨片が50%以上脊柱管内に突出するなど局所の不安定性要因よりも静的圧迫要因が麻痺の主因であると考えられる場合には、高齢者の全身状態を考慮して、再建術のなかでも侵襲の少ない方法、すなわち椎体形成術に後方からの後壁骨片前方打ち込み術と後方インストゥルメンテーションを加えたshort fusionを行うことがある²⁴⁾(図7)。

文 献

- 1) 北岡謙一, 衣笠清人, 上田英輝：骨粗鬆症性脊椎圧迫骨折に対する反張位体幹ギプス固定. 骨折, 25 : 387-389, 2003.
- 2) 種市 洋, 金田清志, 小熊忠教ほか：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.
- 3) Gold DT : The clinical impact of vertebral fractures : Quality of life in women with osteoporosis. Bone, 18 : 185s-189s, 1996.
- 4) Leidig-Bruckner G, Mirne HW, Schlaich C, et al : Clinical grading of spinal osteoporosis : Quality of life components and spinal deformity in women with chronic low back pain and women with vertebral osteoporosis. J Bone Miner Res, 12 : 663-675, 1997.
- 5) Leech JA, Dulberg C, Kellie S, et al : Relationship of lung function to severity of osteoporosis in women. Am Rev Respir Dis, 141 : 68-71, 1990.
- 6) Gold DT : The nonskeletal consequences of osteoporotic fractures : Psychologic and social outcomes. Rheum Dis Clin North Am, 27 : 255-262, 2001.
- 7) Coelho R, Silva C, Maia A, et al : Bone mineral density and depression : A community study in women. J Psychosom Res, 46 : 29-35, 1999.
- 8) Kado DM, Lui L-Y, Ensrud KE, et al :

- Hyperkyphosis predicts mortality independent of vertebral osteoporosis in older women. *Ann Intern Med*, 150 : 681-687, 2009.
- 9) Hasegawa K, Honma T, Uchiyama S, et al : Vertebral pseudarthrosis in osteoporotic spine. *Spine*, 23 : 2201-2206, 1998.
- 10) Kaneda K, Asano S, Hashimoto T, et al : The treatment of osteoporotic-posttraumatic vertebral collapse using the Kaneda device and a bioactive ceramic vertebral prosthesis. *Spine*, 17 : S295-303, 1992.
- 11) 伊東 学, 金田清志, 鑑 邦芳ほか : 脊椎圧迫骨折に対する前方法による脊柱再建. *リウマチ科*, 29 : 363-370, 2003.
- 12) 武政龍一 : 高齢者骨粗鬆症性椎体骨折の問題点と対策. *日整会誌*, 80 : 957-969, 2006.
- 13) Saita K, Hoshino Y, Nikkawa I, et al : Posterior spinal shortening for paraplegia after vertebral collapse caused by osteoporosis. *Spine*, 25 : 2832-2835, 2000.
- 14) 武政龍一 : 骨粗鬆症性椎体骨折の治療戦略 : 骨粗鬆症性椎体骨折の病態－骨折急性期から骨癒合不全および遅発性神経麻痺発症の病態まで－. *関節外科*, 29 : 522-529, 2010.
- 15) 武政龍一 : 椎体形成術－vertebroplastyとkyphoplasty－. *日脊会誌*, 18 : 760-769, 2007.
- 16) 武政龍一 : 高齢者に対する骨粗鬆症性椎体骨折に対するリン酸カルシウムセメントを用いた椎体形成術. *脊椎脊髄*, 20 : 570-576, 2007.
- 17) 武政龍一, 谷 俊一 : 骨粗鬆症性椎体骨折癒合不全に対するCPC椎体形成術の長所と短所. *J Spine Res*, 1 : 1260-1266, 2010.
- 18) 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.
- 19) Yeom JS, Kim WJ, Choy WS, et al : Leakage of cement of percutaneous transpedicular vertebroplasty for painful osteoporotic compression fractures. *J Bone Joint Surg*, 85-B : 83-89, 2003.
- 20) Patel AA, Vaccaro AR, Martyak GG, et al : Neurologic deficit following percutaneous vertebral stabilization. *Spine*, 32 : 1728-1734, 2007.
- 21) 喜安克仁, 武政龍一, 川崎元敬ほか : 遅発性脊髄麻痺を生じた骨粗鬆症性椎体圧潰に対する椎体形成術. *中四整会誌*, 21 : 269-275, 2009.
- 22) 武政龍一 : 骨粗鬆症性椎体骨折に対する椎体形成術－リン酸カルシウムセメント(CPC)を用いた修復術－. 日本整形外科学会企画・監修 整形外科卒後教育研修用ビデオFXD-53, 2006.
- 23) 武政龍一 : 骨粗鬆症性椎体骨折に対するCPCを用いた椎体形成術. 久光製薬整形外科手術手技 : 新私の奥義シリーズDVD, No.14, 2009.
- 24) 武政龍一, 谷 俊一, 喜安克仁ほか : 神経麻痺と局所後弯を呈する骨粗鬆症性椎体圧潰に対するリン酸カルシウムセメント椎体形成術を併用したposterior short fusion. *脊椎脊髄*, 22 : 617-623, 2009.

Risk Factors for Early Reconstruction Failure of Multilevel Cervical Corpectomy With Dynamic Plate Fixation

Atsushi Okawa, MD, PhD, Kenichiro Sakai, MD, PhD, Takashi Hirai, MD, Tsuyoshi Kato, MD, PhD, Shoji Tomizawa, MD, PhD, Mitsuhiro Enomoto, MD, PhD, Shigenori Kawabata, MD, PhD, Makoto Takahashi, MD, PhD, and Kenichi Shinomiya, MD, PhD

Study Design. Retrospective case series.

Objective. To investigate risk factors for early reconstruction failure of multilevel cervical corpectomy with dynamic plate fixation.

Summary of Background Data. For anterior cervical decompression and fusion, reinforcement by plate fixation was performed to decrease early reconstruction failure and to increase the fusion rate. However, a relatively high complication rate such as graft dislodgement, has been reported in patients undergoing multilevel corpectomy and reconstruction. Risk factors associated with early reconstruction failure have not been explicitly described.

Methods. In 30 instrumented multilevel corpectomy and reconstruction, medical records and radiographic studies were reviewed to investigate risk factors with regard to sagittal alignment of the cervical spine, graft subsidence, screws used in fixation, endplate preparation, and intermediate screw for fibular graft.

Results. Reconstruction failures included anterior slipping at the bottom of the graft in 2 cases, fracture of the C7 vertebral body in 2 cases, and pullout of a screw in 2 cases. Four patients were found to have nonunion of the graft at the final follow-up, but none had experienced early reconstruction failure.

On radiologic measurement, the fusion area lordotic angle after surgery in the patients with reconstruction failures was significantly larger than that of the patients with no complications. The postoperative C2–C7 lordotic angles of the patients with reconstruction failure were also larger, but this trend was not statistically significant. No other factor, such as age and gender, type of screw used, intermediate screw or preservation of the endplates was related to reconstruction failures in this study.

Conclusion. Postoperative cervical hyperlordosis may adversely affect graft stability in the early postoperative period of the surgery of corpectomy and reconstruction with dynamic plate fixation.

Key words: anterior cervical fusion, anterior cervical plate, complication, cervical myelopathy, ossification of longitudinal ligament. *Spine* 2010;XX:000–000

Corpectomy and reconstruction are the treatment of choice in patients with ossification of the posterior longitudinal ligament (OPLL) or spondylotic myelopathy with a kyphotic alignment of the cervical spine. We have previously reported that the anterior floating method appears to yield adequate long-term outcomes when used to treat OPLL.¹ However, a relatively high complication rate, which includes complications such as respiratory distress and graft dislodgement, has been reported in patients undergoing multilevel corpectomy and reconstruction. Previous studies have found that graft reinforcement with anterior plate fixation is expected to decrease early reconstruction failure and to increase the fusion rate in patients undergoing multilevel corpectomy.^{2,3}

However, Sasso *et al* reported a 71% failure rate after 3-level fixed plated reconstruction.⁴ Daubs also reported an extremely high early failure rate (75%) with the use of a titanium mesh cage and a fixed anterior plate for reconstruction in patients undergoing multilevel corpectomies.⁵ Interestingly, in a biomechanical experiment, Brodke *et al* found that a static plate loses its load-sharing capacity after 10% subsidence has occurred.⁶ In contrast, with regard to the choice of the type of fixation that is used (*i.e.*, a constrained *vs.* a semiconstrained plate), most recent studies have reported that dynamic plate designs provide a faster fusion of the cervical spine in comparison to rigid plate designs.^{7–10} In these reports, however, the authors did not include a detailed discussion of the complications associated with early reconstruction failure in multilevel corpectomy.¹¹

This article details the results of a retrospective study of the factors associated with early reconstruction failure in patients undergoing multilevel corpectomy with dynamic plate fixation. Specifically, we review the preoperative and postoperative sagittal alignment of the cervical spine, the screws used in fixation, the use (or lack of use) of an intermediate screw for fibula grafts, the methods that were used for endplate preparation, and the characteristics of patients who required repeat surgery in the early postoperative period.

From the Department of Orthopedic and Spinal Surgery, Graduate School of Medicine, Tokyo Medical and Dental University, Tokyo, Japan.

Acknowledgment date: October 28, 2009. First revision date: February 12, 2010. Second revision date: March 12, 2010. Acceptance date: March 12, 2010.

The device(s)/drug(s) is/are FDA-approved or approved by corresponding national agency for this indication.

No funds were received in support of this work. No benefits in any form have been or will be received from a commercial party related directly or indirectly to the subject of this manuscript.

Address correspondence and reprint requests to Atsushi Okawa, MD, PhD, Department of Orthopedic and Spinal Surgery, Tokyo Medical and Dental University, Yushima 1–5–45, Bunkyo-Ku, Tokyo 113–8519, Japan; E-mail: okawa.orth@tmd.ac.jp

Table 1. Characteristics of 30 Patients

Median age (range)	59 (44–79)
Gender (male:female)	27:3
Segments fused (cases)	
3	14
4	13
5	3
Type of fusion (fibula: hydroxyapatite)	
Long (LF)	25
Hybrid (HF)	5

LF indicates multilevel corpectomy and fusion; HF, a combination of segmental fusion and multilevel corpectomy with fusion.

Materials and Methods

Materials

Between 2000 and 2008, 31 patients with myelopathy caused by multilevel cervical spondylosis (n = 7) or OPLL (n = 24) underwent multilevel corpectomy and reconstruction with autologous fibula and anterior cervical plate placement. One patient with spondylotic amyotrophy was included in the group of patients with cervical spondylosis. Our patients were divided into 2 groups based on the operative methods we used: long fusion (LF) was defined as multilevel corpectomy and reconstruction without segmental fusion, and a hybrid group (HF) was defined as a combination of segmental fusion and multilevel corpectomy and reconstruction (Table 1). One patient treated with LF was lost to follow-up after within 1 year of surgery. Therefore, a total of 30 patients (3 female, 27 male) were observed for a minimum of 1 year after surgery. The average follow-up period was 3.5 years in this patient population. When we define a disc-level as “1 segment,” we performed 3-segment (n = 14), 4-segment (n = 13), and 5-segment fusion (n = 3). In the LF group, there were 14 cases of 2-level corpectomy and reconstruction, 10 cases of 3-level corpectomy and reconstruction, and 1 case of 4-level corpectomy and reconstruction. In the HF group, there were 3 cases of 4-segment fusion (a discectomy and 2-level corpectomy), and 2 cases of 5-segment fusion (1- or 2-level discectomy and 3- or 2-level corpectomy, respectively).

Clinical results were evaluated using the Japanese Orthopedic Association (JOA) scoring system for cervical myelopathy, and the JOA score recovery rate was calculated using Hirabayashi’s method.¹

The surgical procedure we used consisted of a standard anterior approach to the cervical spine with intraoperative spinal cord monitoring using motor-evoked potentials while the patient was under general anesthesia. No traction was used during the procedure. Lordosis of the cervical spine was maintained with a contoured foam pillow that was placed beneath the neck during the operation. Osteophytes that were compressing the spinal cord were removed using the microscope, and ossification of the posterior ligament was treated using an air drill such that the ligament was thinned and was allowed to migrate anteriorly (this is known as the “floating” method).^{1,12} The endplates of the adjacent vertebral bodies were retained whenever possible but were sometimes removed to decompress areas of ossification behind the vertebral body or to better fit the vertebral column to the shape of the graft.

For reconstruction, a fibular bone graft reinforced by a rotationally dynamic plate was typically used. We used a fixed-type screw for the bottom and a variable-type screw for the top of the graft. This configuration allows the screws to pivot while

Table 2. Complication

Neurological deterioration	
C5 palsy	2
Myelopathy	1
Reconstruction failure	
Graft migration	2*
C7 body fracture	2*
Screw pullout	2 (4)†

*One of the patients with graft migration and one of the patients with a C7 fracture had screws that had dislodged.

†Two patients showed only dislodged screws; this event coincided with graft migration and C7 fracture in other 2 patients.

preventing screw pullout.⁷ A fibular bone graft reinforced by an anterior plate was used in 30 cases, and in 18 of these cases intermediate screws were added. The length and shape of the grafts were chosen such that the decompressed cervical column was extended slightly by mild manual distraction or with a Casper distractor.

The average operation time was 6 hours 3 minutes and ranged from 3 hours 25 minutes to 9 hours 15 minutes. The mean estimated blood loss during the operation was 440 mL (range: 70–2885 mL). Patients were permitted to walk 2 to 5 days after surgery and were placed in Philadelphia-type collars for 3 months. The length of admission ranged from 15 to 79 days (mean: 29 days). Patients’ JOA scores before the operation ranged from 6 to 14.5 points with a mean of 11.0 ± 2.6 points. The JOA scores at the final follow-up appointment were 14.7 ± 2.3 points in the LF group and 14.9 ± 1.7 points in the HF group. The recovery rates of the JOA scores were 64.8% ± 27.9% in the LF group and 58.5% ± 50.5% in the HF group. Clinical outcomes did not differ significantly between the groups. Three patients experienced neurologic complications; 2 developed C5 palsy and 1 developed myelopathy (Table 2). One of the patients with C5 palsy also showed evidence of graft migration and screw pullout. All of the patients with neurologic complications had repeat surgery within 1 week after the initial surgery and had regained normal function by their 1-year follow-up appointment. Two of these patients displayed evidence of nonunion of the graft at their final follow-up appointment, which was most likely due to the fact that the graft was shortened somewhat during the second operation for neurologic complication. An additional 2 patients who had no particular risk factors also displayed evidence of nonunion at their 1-year follow-up appointments.

The clinical outcomes of these patients were not statistically significantly inferior to those of the patients who did not experience nonunion, but none of these 4 patients did exhibit early reconstruction failure.

Methods

This study is a case series of 30 patients who underwent multilevel corpectomy and reconstruction. Their medical records and radiographic studies were reviewed to investigate their individual risk factors for reconstruction failure.

We defined early reconstruction failure as graft migration, vertebral body fracture, or screw extrusion within 1 month of the index surgery regardless of whether it required repeat surgery. We examined the patients’ surgical records to collect data regarding the type of screws that were used as well as whether the endplates were preserved. A series of lateral plain radiographs of the cervical spine were obtained to identify the presence of any implant or graft movement as well as to evaluate

fusion status. Postoperative radiologic evaluation was performed on the radiographs that were taken within 1 week of surgery on the first day that patients were allowed to ambulate. Graft subsidence was defined as a >2 mm graft sinkage and was assessed by comparing lateral radiographs taken at 1 week and 1 month after the surgery. When either abnormal graft movement or screw pullout was suspected, a computer-assisted tomography (CT) scan was performed. This approach allowed us to detect fine fracture lines and anterior slippage at the bottom of the graft. Reformatted CT views that were obtained just after the surgery were also used for radiologic measurements when the borders of the C7 vertebral body were not clearly visible.

Sagittal alignment of the cervical spine was evaluated by measuring the C2–C7 angle between the tangential lines drawn from the posterior border of the C2 and C7 vertebral bodies. The lordotic angle of the fusion area was determined in a similar manner. The C7 horizontal angle was defined as the upper endplate angle of the C7 vertebral body viewed from the horizontal plane of the neutral lateral view. This angle was assessed with a radiograph that was taken with the patient in a sitting position. The graft was determined to have fused if there was absence of motion of the adjacent vertebral bodies and spinous processes in flexion-extension radiographs. We used the χ^2 test and Student's unpaired t test for our statistical analyses. All $P < 0.05$ were considered to be statistically significant.

Results

The causes of reconstruction failures for which the patients underwent secondary operations included graft migration ($n = 2$), fracture of the C7 vertebral body ($n = 2$), and screw pullout ($n = 2$) (Table 2). Because one of the patients who experienced graft migration and one of the patients who experienced a C7 fracture also presented with screw pullout, a total of 4 patients had screws that had protruded. Four patients who had experienced graft migration or C7 fracture were treated by posterior spinous process wiring. Two patients with screw pullout had their implants removed after fusion was completed.

Reconstruction failures were observed in 5 patients in the LF group and in 1 patient in the HF group. A total of 1 of 14 patients who underwent 3-segment fusion, 3 of 13 patients who underwent 4-segment fusion, and 2 of 3 patients who underwent 5-segment fusion eventually presented with reconstruction failures. The number of segments that were fused was found to be statistically significantly related to the risk of reconstruction failures ($P < 0.05$). The following factors were not associated with reconstruction failure; nor with age, gender, the preservation of the vertebral endplates, screw type, the occurrence of postoperative graft subsidence within 1 month of surgery, and the use of intermediate screws for fibular grafting (Table 3).

With regard to radiologic measurements, the mean preoperative C2–C7 lordotic angle of patients who experienced reconstruction failure was $13.5^\circ \pm 10.9^\circ$, and that of the patients who did not experience any complications was $13.5^\circ \pm 17.1^\circ$. The fusion area lordotic angle of the patients who experienced reconstruction fail-

Table 3. Factors Related to Reconstruction Failures

	Reconstruction Failures (6)	No Complication (24)	<i>P</i>
Average number of fused segments	4.2	3.5	$P < 0.05$
Removal of the top endplate of the fused area	4	6	$P < 0.1$
Removal of the bottom endplate of the fused area	4	13	n.s.
Fixed screw used at both ends	1	4*	n.s.
Intermediate screw	3/6	15/24†	n.s.
Subsidence	3	12	n.s.

*No documentation about the screw in the 2 operative records.

†Excluding HA graft.

ure was $9.6^\circ \pm 13.1^\circ$, and that of the patients who did not experience complications was $7.4^\circ \pm 9.1^\circ$. There were no significant differences observed between the preoperative C2–C7 lordotic angles or the fusion area lordotic angles of these 2 groups.

The postoperative C2–C7 lordotic angle of the patients who experienced reconstruction failures tended to be larger than those of patients who did not experience reconstruction failure, but this trend was not significant. The fusion area lordotic angle of the patients who experienced reconstruction failure was $15.6^\circ \pm 8.4^\circ$, which was significantly ($P < 0.05$) larger than that of the patients who did not experience reconstruction failure ($8.6^\circ \pm 6.4^\circ$) (Figure 1). The C7 horizontal angle did not differ between these 2 groups. We did not observe any statistically significant differences between the groups with regard to changes in the C2–C7 lordotic angle or the fusion area lordotic angle (Table 4).

Discussion

Anterior cervical decompression and fusion is a valuable method for treating patients with cervical myelopathy caused by spondylosis or OPLL. However, among this procedure, a multilevel corpectomy and reconstruction are frequently accompanied by complications like plate

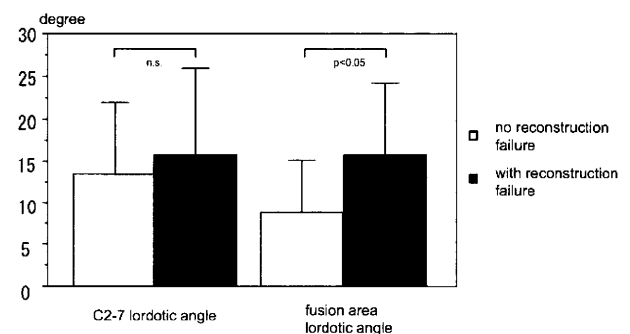


Figure 1. The postoperative C2–C7 lordotic angles and fusion area lordotic angles tended to be larger in patients who experienced reconstruction failure than they were in patients who did not experience reconstruction failure. The postoperative fusion area lordotic angles were statistically significant ($P < 0.05$).