

図4 【症例1】L1椎体骨折遷延治癒

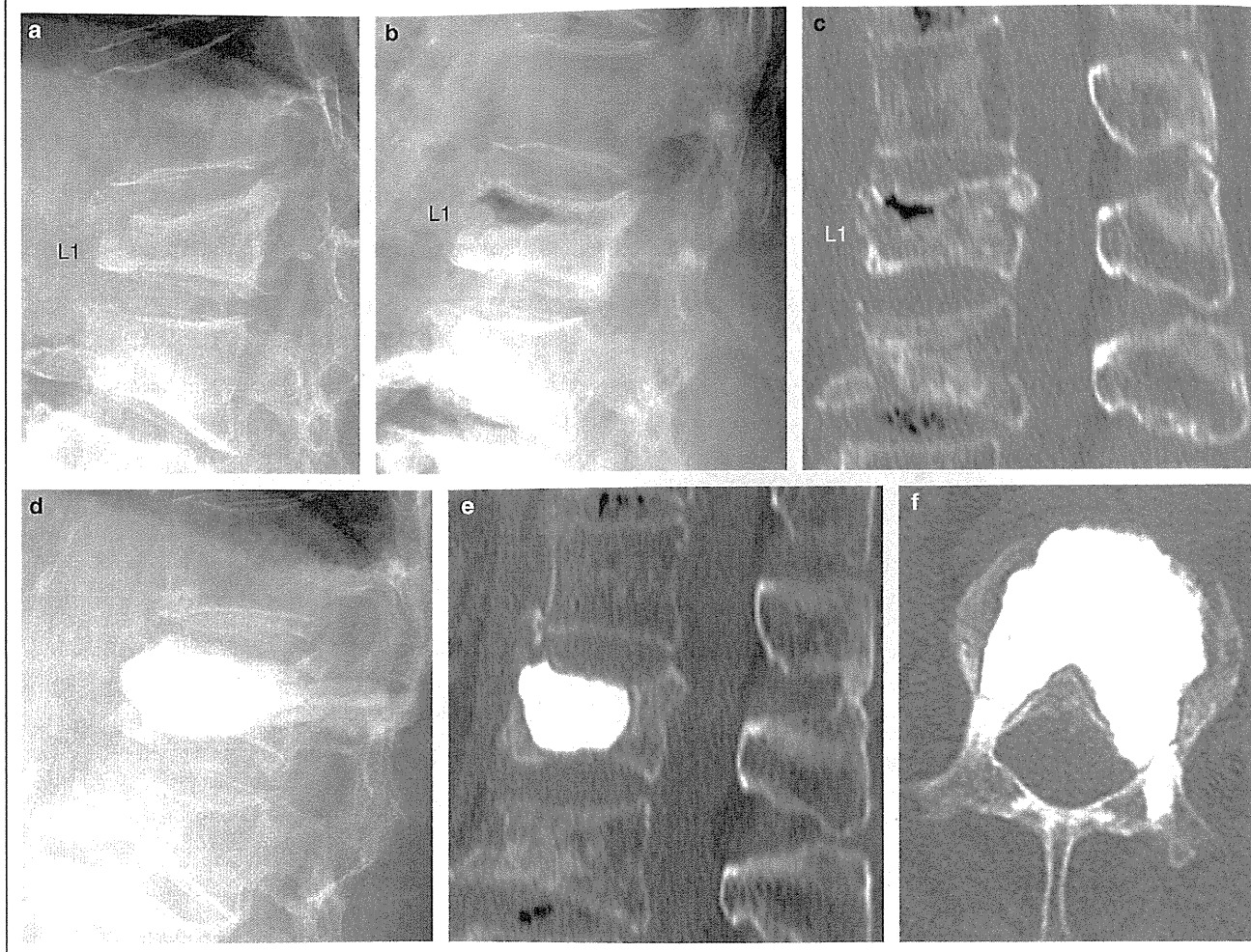
90歳，女性。

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

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。

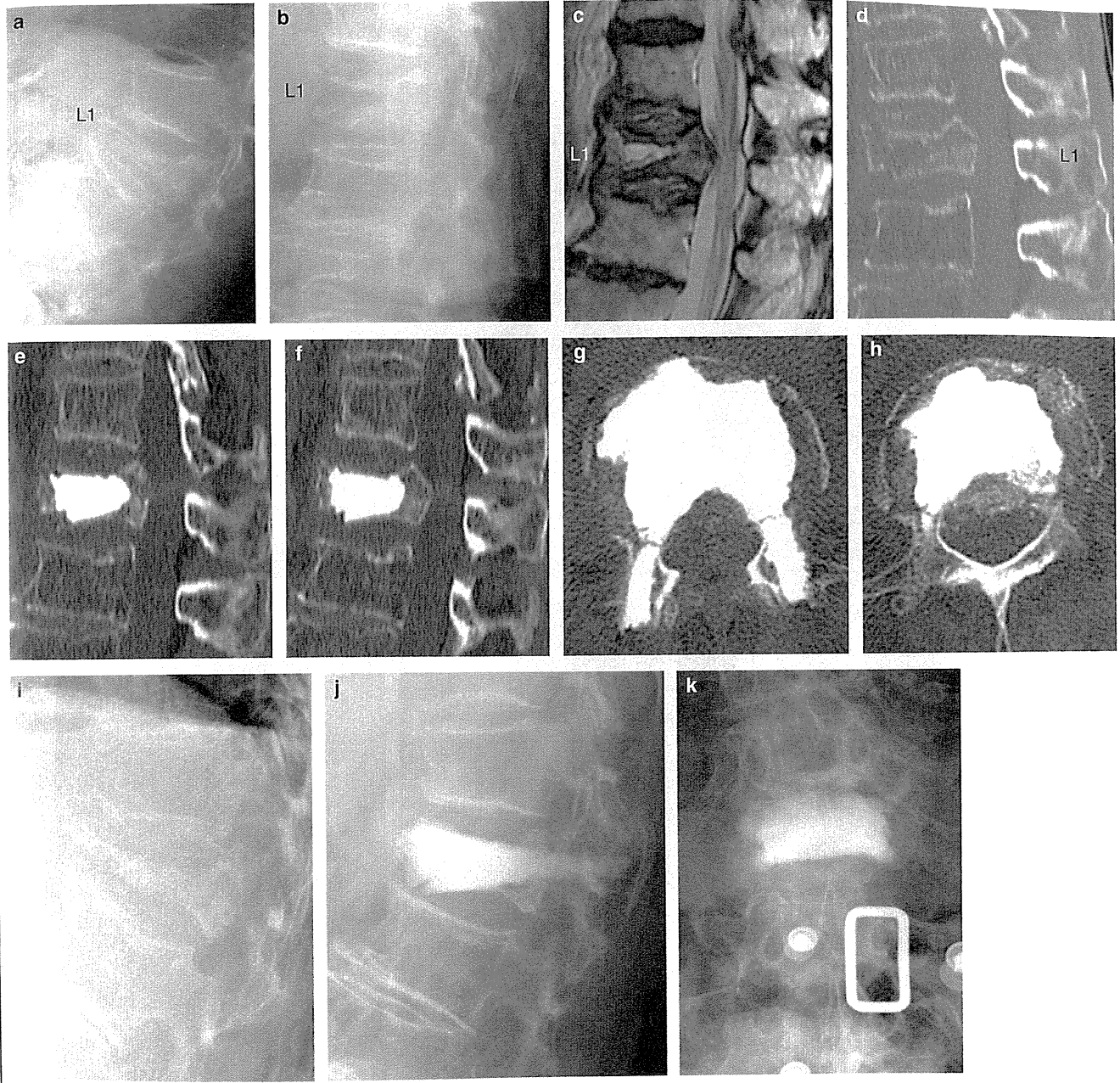
遅発性に神経麻痺が発症し立位不能(Frankel分類Type C)となり当科に紹介された。坐位および仰臥位X線側面像ではL1椎体内に比較的大きな不安定性を認めたが，MRI T2強調像やCTでは椎体後壁の脊柱管内突出は30%程度と大きくはなかった。

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。

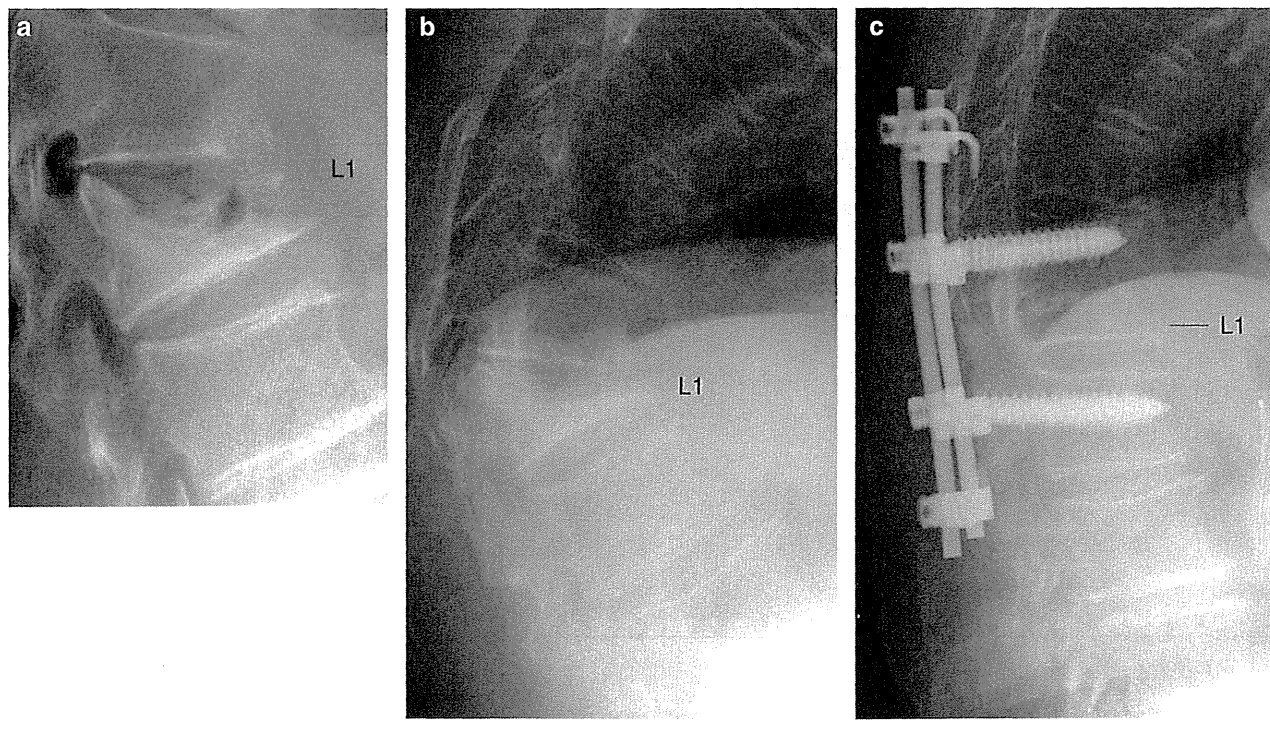
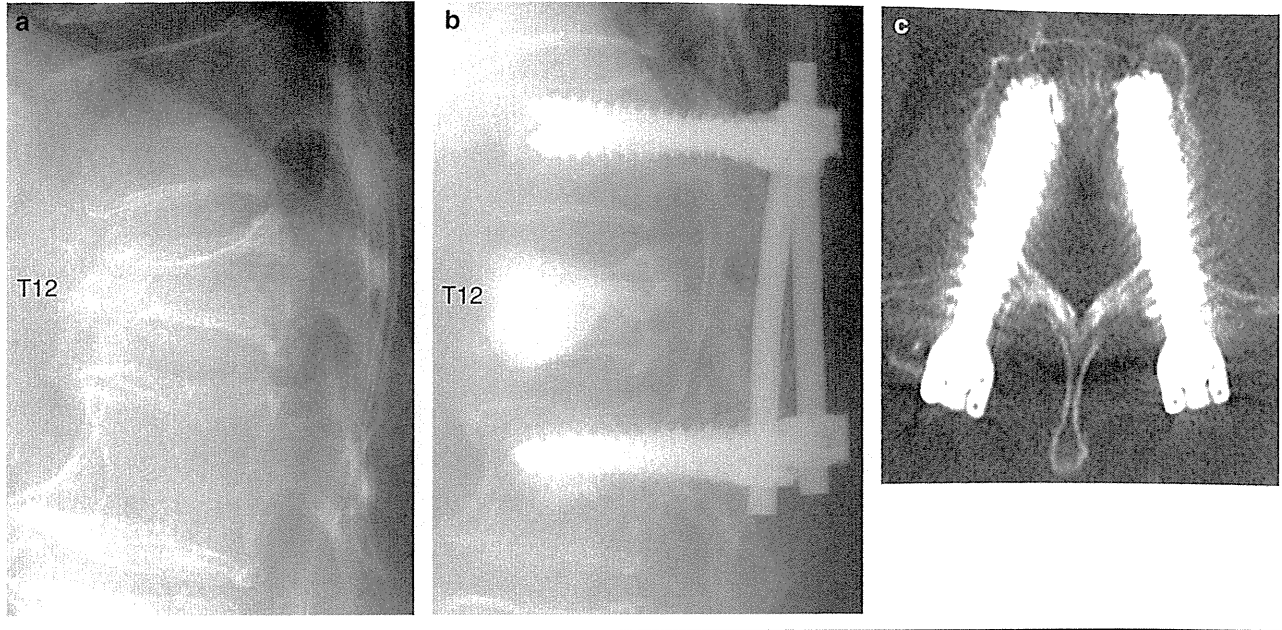


図7 T12椎体圧潰遅発性脊髄麻痺に対する椎体形成術を併用した後方除圧固定術

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, 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.
- 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, 鏡 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) Yoem 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.

Vertebroplastyとkyphoplasty

鈴木亨暢* 中村博亮*

SUZUKI Akinobu NAKAMURA Hiroaki

(*大阪市立大学大学院医学研究科整形外科学)



はじめに

椎体形成術は、椎体骨折や脊椎腫瘍による不安定な椎体に対して、骨セメント(polymethyl methacrylate : PMMA)やリン酸カルシウムペースト(calcium phosphate cement : CPC)などを注入することにより、疼痛緩和と脆弱化した罹患骨の補強を得ようとする低侵襲治療である。椎体形成術はその手技によってvertebroplastyとkyphoplastyの2つに大別される。Vertebroplastyはおもに経皮的にPMMAを注入するもので、1987年にGalibertら¹⁾により報告された。椎体血管腫への骨セメントの注入が最初の臨床的実用とされている。本方法は局所麻酔下におこなうことができるという利点があるが、単に経皮的に注入するだけでは楔状化した椎体の変形を戻すことは困難であり、セメントの高圧注入による椎体外・脊柱管内への漏洩も危惧される。Kyphoplastyはこれらの欠点を改善する目的で考案された方法で、2001年にGarfinら²⁾によってはじめて報告された。このkyphoplastyは全身麻酔下に経皮的もしくは小切開にて椎体内にバルーンを挿入し、バルーンを拡張させ椎体内に空洞を形成した後、骨セメントを充填する方法である。この操作により椎体

高を再獲得し、形成された空洞に注入圧をかけずに高粘度の重合が進んだ骨セメントを充填できることが利点となる。



適応

椎体形成術の適応は各施設により大きく異なっている。一般的には、1)保存療法抵抗性の骨粗鬆症性椎体骨折による疼痛を有する症例、もしくは2)骨溶解性の良性もしくは悪性腫瘍による疼痛を有する症例が適応とされ、疼痛のない骨折や保存療法によく反応する椎体骨折、全身もしくは局所の感染を有する症例、補正できない出血傾向を有する症例などは適応外と考えられている³⁾。過去には椎体後壁損傷や脊髄・馬尾症状がある場合は禁忌ともいわれていたが、現在では慎重におこなえば可能であるとされている。手技の簡便さから適応が拡大される傾向にあるが、重篤な合併症を起こしうる手技であり、その適応は十分に考慮されなければならない。



充填材料

一般的にはPMMAもしくはCPCが用いられることが多い。これらはいずれも充填時には液状であるため操作性が良い。PMMAの場合、硬化後の強度はきわめて高い(100MPa)が、重合熱が発生すること、重合前のモノマーに毒性があること、強度が高すぎて隣接椎の椎体骨折が発生しやすいことなどが問題点としてあげられる。CPC

関連語

- ・ vertebroplasty
- ・ kyphoplasty
- ・ 骨粗鬆症性椎体骨折

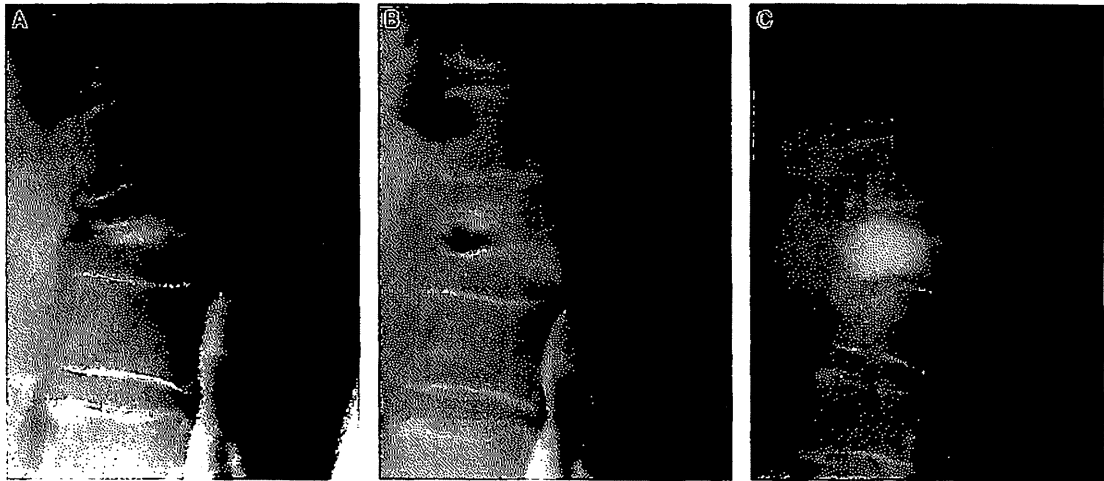


図1 骨粗鬆症性椎体骨折後偽関節に椎体形成術を施行した1例
症例は64歳女性、背部痛を主訴とし、座位保持不能であった。術前X線中間位では椎体の楔状化が見られたが(A)、仰臥位では椎体内にVacuum Cleftを認め骨折部の癒合不全を認めた(B)。椎体形成術を施行した後、背部痛は消失し独歩可能となった(C)。

は生体親和性が良く、重合熱もあまり発生しない。強度はPMMAより低く(80MPa)椎体強度に近い。隣接椎骨折は生じにくいとされているが、血液混入などにより強度が低下し圧潰しやすいという問題点もある。その他、切開手術ではあるが、hydroxyapatiteのブロックなどを使用した椎体形成術の報告も存在する。

合併症

いずれの手技においても問題となるのが、セメントの椎体外漏出である。セメント漏出があっても無症状のケースが多いが、血管内漏出が生じた場合には肺塞栓などの危険性があり、また脊柱管内・椎間孔部への漏出が生じた場合には神経損傷や根性疼痛を生じる可能性がある。Vertebroplastyおよびkyphoplastyの合併症に関するsystematic reviewによると、無症候性のセメント漏出はvertebroplastyで75%、kyphoplastyで14%であり、症候性のセメント漏出ではvertebroplastyで1.48%、kyphoplastyで0.04%と、いずれもkyphoplastyにおいて発生頻度は低いと報告されている⁴⁾。また、新規椎体骨折も重要な合併症の一つである。その発生頻度は20%前後と報告されているが、この発生頻度が自然発生の椎体骨折の頻度を上回るかどうかは議論の余地がある。しかし、椎体形成術後の新規骨折は隣接椎に多い(vertebroplastyにて51.6%、

kyphoplastyにて74.8%⁴⁾)ことから、骨セメントなどによる椎体強度やアライメントの変化がこれらの骨折に関与している可能性は高い。

当施設における適応・方法

筆者らの施設では、遷延化する強い腰背部痛を有する骨粗鬆症性椎体骨折後の偽関節症例を対象として、内視鏡とバルーンを用いて椎体形成術をおこなっている⁵⁾(図1)。偽関節(または癒合不全)の診断は受傷後3~6か月経過し、動態X線側面像(とくに仰臥位側面像と立位前屈像)にて椎体骨折部に異常可動性を有するものとしている(図1A,B)。手術は全身麻酔下にて4点支持フレームを使用して、腹臥位でおこなう。イメージ透視下にて罹患椎の椎弓根を確認し、その背側に約2cmの小皮切を加えた後、10ccのプラスチック注射筒を創部の深さに合わせて切断し、レトラクターとして設置する(図2A)。再度透視下にてオウル・プローブを用いて経椎弓根的に偽関節部までの骨孔を作成した後、偽関節腔にバルーン(8Fr)を挿入する(図2B)。バルーンを膨らませて十分に偽関節腔のスペースを確保した後、内視鏡を挿入する。内視鏡視下に偽関節腔内の肉芽組織を搔爬し(図2C)、造影剤を注入してその椎体外への漏出が無いことを確認し、CPCを充填する(図2D)。CPCは最高強度に達する

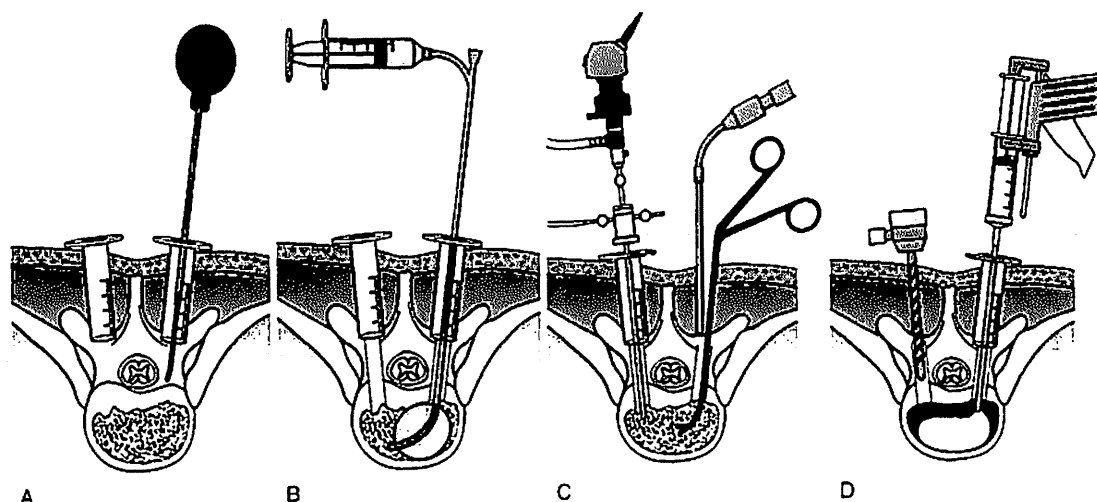


図2 当科における椎体形成術の方法

約2cmの小皮切を加えた後、10ccのプラスチック注射筒を適切な長さに切断してレトラクターとして設置し、経椎弓根的に偽関節腔までの骨孔を作成(A)、偽関節腔にバルーン(8Fr)を挿入し、バルーンを膨らませて十分に偽関節腔内にスペースを確保する(B)、内視鏡視下に偽関節腔内の肉芽組織を搔爬し(C)、造影剤を注入して椎体外への漏出が無いことを確認して、CPCを充填する(D)。

のに72時間を要するため、術後3日間を臥床安静とした後、フレームコルセットを着用して離床させている。当院で椎体形成術を単独で施行し、6ヵ月以上followが可能であった25症例(男性3例、女性22例、平均年齢72.7歳)では手術前背部痛はvisual analogue scale(VAS: 100mm法)にて平均73.5であったのに対し、退院時平均19.0、最終経過観察時24.2と有意な疼痛の改善を認めた。肺塞栓などの全身合併症は認められなかったが、1例で術中のCPCの脊柱管内への漏出が認められた。また、隣接椎体の新規骨折は4例に認められた。



最近の動向

2009年8月*N Engl J Med*に衝撃的な2論文が掲載され、波紋をよんだ。2本の論文とも1年以内に発生した、疼痛を有する椎体骨折患者(平均年齢はいずれも75歳前後)を対象としたrandomized controlled trialであり、vertebroplastyをおこなった群とsham procedure(実際に局所麻酔をおこない、セメントを開封してその臭いを患者に感じさせる)をおこなった群とで、疼痛の程度、腰痛、QOLに関するスコアを比較検討したものである^{6,7)}。Kallmesら⁷⁾の研究では3、14、30、90日と1年のtime pointで、Buchbinderら⁶⁾の研究では7、21、90日と6ヵ月のtime pointで検討をお

こなっているが、驚くべきことに、両研究とも疼痛およびその他のスコアはいずれのtime pointにおいてもvertebroplasty群とsham procedure群で有意な差を認めなかった。Sham procedure群も早期より除痛効果があったことから局所麻酔に意味があったのではないかと、あるいは患者のselection biasがあったのではないかなど、臨床的な経験から両論文に対して多数の疑問の声が上がっている⁸⁾。実際、sham procedureではなく通常おこなわれる保存療法を対照群としたRCTにおいて、vertebroplasty⁹⁾もしくはkyphoplasty¹⁰⁾は早期の除痛獲得に有用であるとした報告も存在する。つまり骨粗鬆症性椎体骨折に対する椎体形成術の有効性についてはいまだ明確な答えが出ていないといえる。椎体形成術にも重篤な合併症は起こりえること、新規の骨粗鬆症性椎体骨折は保存療法で良好な経過をたどる症例が多いことなどを考えると、やはり適応には慎重になる必要がある。一方、転移性脊椎腫瘍に対するkyphoplastyに関するmeta analysisでは、Level IIIながらも除痛に有効であると報告されている¹¹⁾。また転移性脊椎腫瘍に対する椎体形成術に関してはラジオ波焼灼術との組み合わせ¹²⁾や、ラジオアイソトープ含有セメントを用いた椎体形成術¹³⁾など、抗腫瘍効果も考慮に入れた方法が報告されている。

椎体形成術はすでに世界で広くおこなわれているが、

適応症例の基準や手技・方法、また有効性についてもいまだ確立されているとはいえない。保存療法を含めた大規模調査や異なった手技間での比較検討をおこなうことなどが今後の課題であると考えられる。



文 献

- 1) Galibert P, Deramond H : Percutaneous acrylic vertebroplasty as a treatment of vertebral angioma as well as painful and debilitating diseases. *Chirurgie* **116** : 326-334, 1990
- 2) Garfin SR, Yuan HA, Reiley MA : New technologies in spine : kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures. *Spine (Phila Pa 1976)* **26** : 1511-1515, 2001
- 3) Denaro L, Longo UG, Denaro V : Vertebroplasty and kyphoplasty : reasons for concern? *Orthop Clin North Am* **40** : 465-471, viii, 2009
- 4) Lee MJ, Dumonski M, Cahill P *et al* : Percutaneous treatment of vertebral compression fractures : a meta-analysis of complications. *Spine (Phila Pa 1976)* **34** : 1228-1232, 2009
- 5) Hoshino M, Nakamura H, Konishi S *et al* : Endoscopic vertebroplasty for the treatment of chronic vertebral compression fracture. Technical note. *J Neurosurg Spine* **5** : 461-467, 2006
- 6) Buchbinder R, Osborne RH, Ebeling PR *et al* : A randomized trial of vertebroplasty for painful osteoporotic vertebral fractures. *N Engl J Med* **361** : 557-568, 2009
- 7) Kallmes DF, Comstock BA, Heagerty PJ *et al* : A randomized trial of vertebroplasty for osteoporotic spinal fractures. *N Engl J Med* **361** : 569-579, 2009
- 8) Andersson GB : Surgery : vertebroplasty : one solution does not fit all. *Nat Rev Rheumatol* **5** : 662-663, 2009
- 9) Rousing R, Andersen MO, Jespersen SM *et al* : Percutaneous vertebroplasty compared to conservative treatment in patients with painful acute or subacute osteoporotic vertebral fractures : three-months follow-up in a clinical randomized study. *Spine (Phila Pa 1976)* **34** : 1349-1354, 2009
- 10) Wardlaw D, Cummings SR, Van Meirhaeghe J *et al* : Efficacy and safety of balloon kyphoplasty compared with non-surgical care for vertebral compression fracture (FREE) : a randomised controlled trial. *Lancet* **373** : 1016-1024, 2009
- 11) Mendel E, Bourekas E, Gerszten P *et al* : Percutaneous techniques in the treatment of spine tumors : what are the diagnostic and therapeutic indications and outcomes? *Spine (Phila Pa 1976)* **34** : S93-100, 2009
- 12) Schaefer O, Lohrmann C, Markmiller M *et al* : Technical innovation. Combined treatment of a spinal metastasis with radiofrequency heat ablation and vertebroplasty. *AJR Am J Roentgenol* **180** : 1075-1077, 2003
- 13) Cardoso ER, Ashamalla H, Weng *et al* : Percutaneous tumor curettage and interstitial delivery of samarium-153 coupled with kyphoplasty for treatment of vertebral metastases. *J Neurosurg Spine* **10** : 336-342, 2009

Ⅳ

高齢者・超高齢脊椎疾患(リウマチを除く)患者に対する手術適応と手術の実際

都会

腰椎疾患患者への手術適応と手術の実際

寺井秀富, 中村博亮 大阪市立大学大学院医学研究科整形外科学

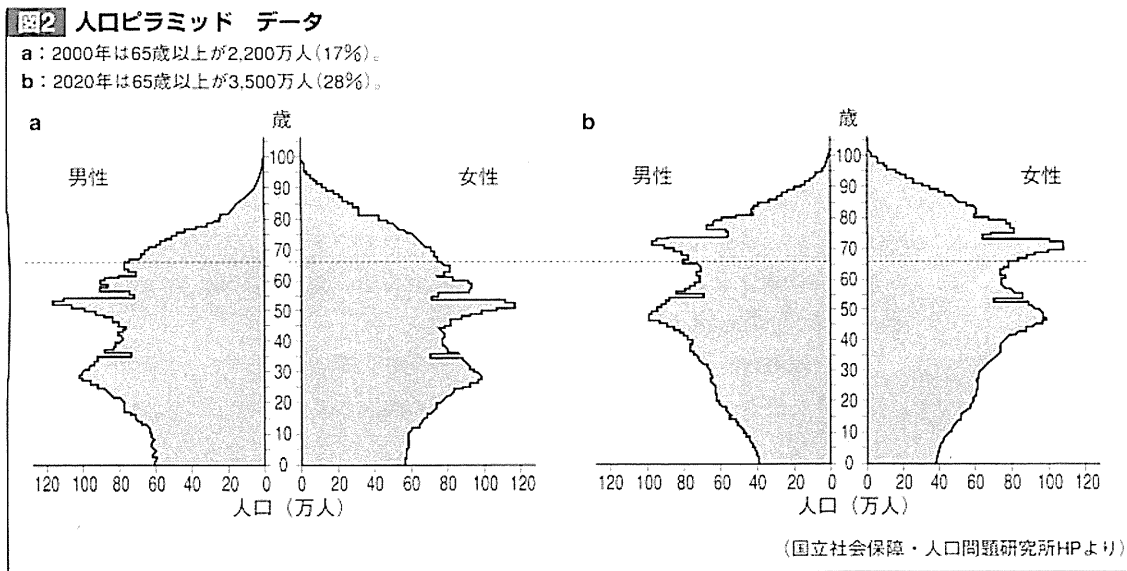
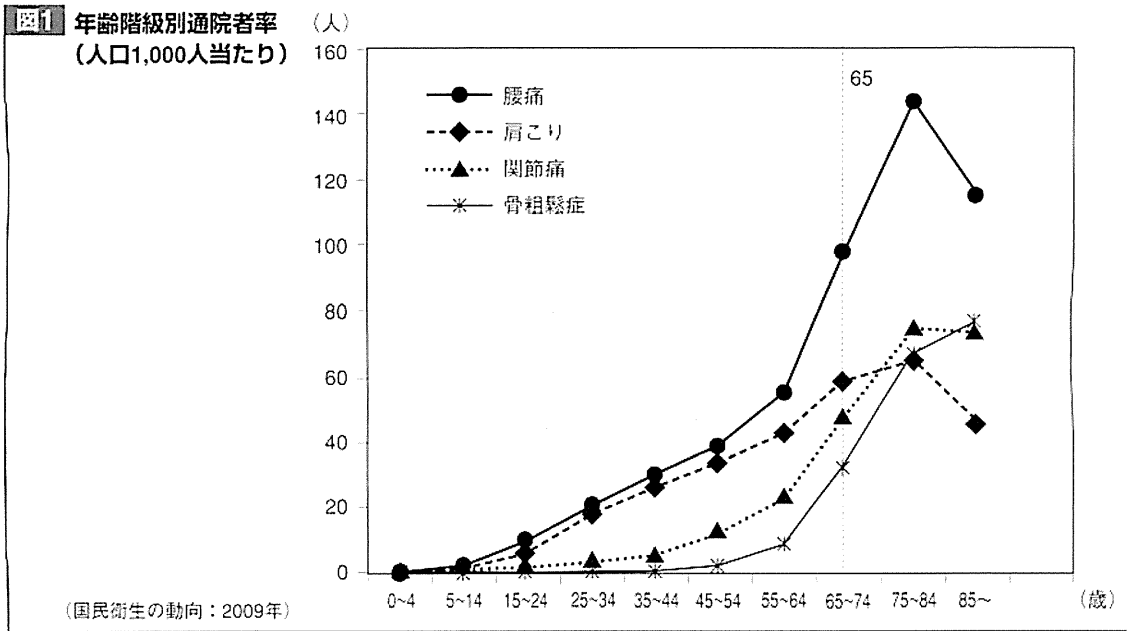
2009年度版国民衛生の動向によれば, 腰痛を主訴とした年齢階級別通院者率は55~64歳では1,000人当たり54.7人であるのが, 75~84歳の年齢層では144.5人と加齢に伴い3倍近くに急増していることがわかる。その理由は現時点で明らかでないが, 他の整形外科的疾患である肩こりや関節痛, 骨粗鬆症と比較してもその増加率は顕著である(図1)。一方, 10年前には2,200万人であった65歳以上の人口は, 10年後の2020年には3,500万人, 全人口の約30%に達すると見込まれている(図2)。この比率から換算すると, 腰痛を主訴に通院する患者数は今後の10年間で100万人以上増加するであろうと予想される。この増加率は, 今後10年間で輩出される整形外科医・脊椎外科医で対応可能な患者数をはるかに上回る。それゆえ高齢者の腰椎疾患に対する治療法の確立は社会的にも, 医学的にも早急に確立されなければならない問題の1つである。

ここでは高齢者(75歳~), 超高齢者(85歳~)の腰椎疾患に関する手術療法について, 疾患の特徴, 手術適応, 術式選択などについて述べる。

高齢者腰椎疾患の特徴

高齢者における腰椎疾患の特徴は変形と骨粗鬆症を伴うことである。椎間板変性, 椎間関節の破綻, 骨粗鬆性椎体骨折などが高率, また複合して認められる。これらはすべり症や変性側弯症, 腰椎後弯症, または分類不能な脊柱不安定性の原因となっており, 高齢者に腰痛が多い原因の1つであると考えられる。

あまり知られていないが, 強直性脊椎骨増殖(diffuse idiopathic skeletal hyperostosis; DISH)も70歳以上の高齢者で有病率が急激に増加する。70歳代の男性では実に4割近くにDISHが認められるという海外の報告もある¹⁾²⁾。DISHにより脊柱に部分的な不撓性が生じると, 固定術後の隣接椎間障害と類似した脊柱不安定性の出現や, いわゆるglobal kyphosisの原因となる。



高齢者腰椎疾患患者に対する手術適応

高齢者は内科的疾患の合併率が高く、その有無と程度により全身麻酔に対するリスクは個人差が大きい。基本的に安全に全身麻酔を実施できる全身予備能があれば、手術適応については非高齢の患者と大きな相違はないと考えられる。中・高年の患者と比較すると、もともと活動性は高くなく連続歩行距離も短い。腰部脊柱管狭窄症に関しては、若年者と比べるとより短時間の歩行で間欠跛行が

出る状態でないと手術を希望しない。すなわち、手術を希望するほどの症状がある高齢者はより重症であるといえる。

ただし、高齢者ではrestless legs syndromeが馬尾性間欠跛行の訴えと似ていることがあるので注意を要する。

変性側弯や椎体不安定性、椎体骨折後偽関節による腰背部痛を伴っている場合は、歩行すらままならないこともあり、正確な間欠跛行の程度を聴取できないこともあるので注意しなければならない。腰痛が主訴の場合でも手術適応はあるが、それが手術で解消できるかどうかの判断は難しい。病歴の詳細な聴取と神経学的所見、動態撮影や神経根ブロックなどから考えて総合的に判断する必要がある。しかし、高齢者腰痛に対する手術加療に関するエビデンスは少なく、術者の経験的な判断要素が大きい。

術式を選択

術式を決定するうえで最も重要な条件は高率に症状がとれる手術法であること、かつ周術期の合併症を避け早期の離床とリハビリテーションを可能にせしめる術式であることである。高齢者は全身麻酔を受けるだけでもリスクがある。それゆえ、症状の軽快を見込めない手術を行って経過をみるということは、症状が軽減しないばかりでなく、全身状態の悪化によりかえってADLの低下を招くおそれがある。それゆえ上記の条件に見合う術式がない場合、もしくは技術的にできない場合は、ほかの保存療法を模索するべきである。余命から考えると、術後の長期臥床や再手術は最も忌避すべき事項であるといえる。

術式の判断材料として重要な要素は患者の症状と全身状態である。まずは症状、神経所見から必要な術式を決定し、それが患者の全身状態と照らし合わせて可能かどうかを検討する。脊柱変形や不安定性がなく、除圧で対処できる場合は内視鏡下手術など低侵襲手術のよい適応である³⁾。

しかし組織侵襲の小ささばかりにとらわれて、手術時間が長くなってしまふことは避けなければならない。手術時間短縮の観点からは高齢者への内視鏡下手術は十分にトレーニングを積み、短時間で行えるようになってから行うべきである。

腰背部痛を伴い、その原因が脊柱不安定性にある場合は固定術も検討されなければならない。神経圧迫症状がメインの場合、脊柱不安定性が症状発現に寄与しているかどうかで固定の必要性は違ってくる。脊柱不安定性の判断はミエログラフィ、脊柱動態撮影を行って判断する。高齢者では一見すべり症や椎間楔状化が認められても、変性の進行により椎体間での再安定化が得られていることがあるので注意が必要である。術式選択のプロセスについては長谷川ら⁴⁾の文献も参考にされたい。

高齢者の脊椎固定術は骨脆弱性のためにスクリューの固着力が弱い。強固なインプラントの固定を得るためにはペディクルスクリューだけでなくsublaminar wiring techniqueやフックを自在に扱うことができなければいけない。また椎体骨折後偽関節に対しては椎体形成術の技術を習得しておく、侵襲の大きい前方固定を回避できることができる場合があり術式選択の幅が広がる⁵⁾。

現在まで術式別の術後経過についてさまざまな報告がなされているが、高齢者・超高齢者では日常の生活レベルも骨脆弱性も異なるので一概に既存の論文の結果をあてはめて考えることはできない。長期経過を優先する術式と同一に論じることができないということを理解する必要がある。術者の技量も手術方針を決定するうえで重要な因子となる。高齢者の脊椎インストゥルメンテーション手術における手術侵襲の安全域について佐野⁹⁾が詳述している。高齢者の脊椎疾患はさまざまな疾患要素を含んだ応用問題であり、手術中の臨機応変な判断と対処が必要になることも多い。トレーニングレベルにあるものはさまざまな手技に習熟した指導医のもとで経験を積む必要がある。

症例供覧

【症例1】

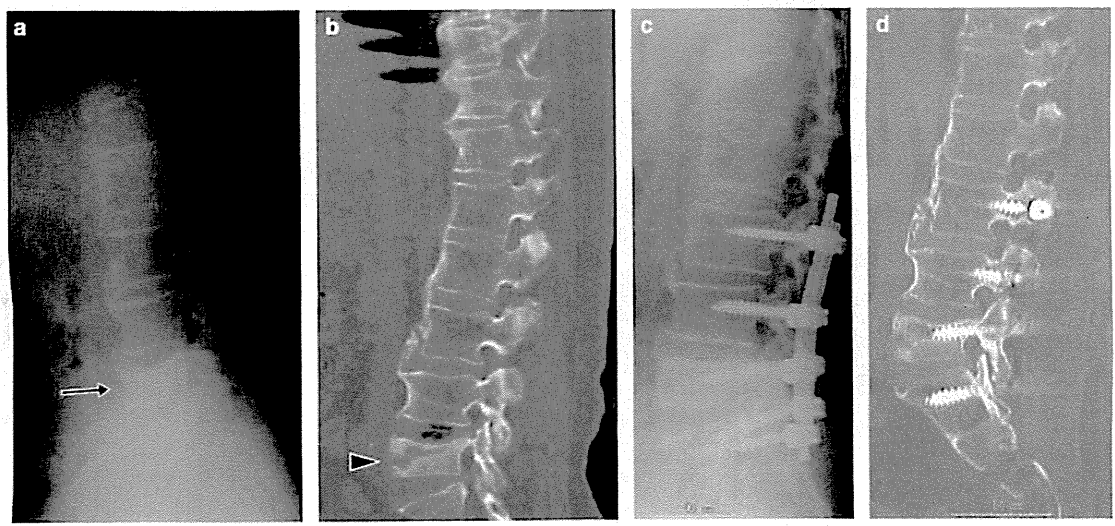
75歳、男性(会社勤務)1年前に転倒し、約6カ月後に腰痛が出現、徐々に増悪して1年ほどで疼痛のため寝起きが困難となった。仰臥位または立位の保持姿勢では疼痛は軽微であった。神経症状は認められなかった。立位単純X線側面像ではDISHとL5椎体の骨硬化を認めたが病変の存在は判然としなかった(図3a)。仰臥位側面像、CTによりL5椎体骨折後偽関節と判明した(図3b)。偽関節腔内への腸骨移植とL3-S1までの固定術を施行。術後1年で完全に骨癒合が得られ、疼痛は軽快し職場復帰を果たした(図3c, d)。

図3 【症例1】L5椎体骨折後偽関節

75歳、男性。

a：初診時X線側面像。b：初診時CT。立位側面像ではDISHとL5椎体の骨硬化像を認めるが病変ははっきりしない(矢印)。CTにてL5椎体骨折後偽関節と判明した(矢頭印)。

c：術後X線側面像。d：術後CT。L5偽関節腔内を揺戻後に腸骨移植を行い、当該椎間を含めた4椎体を固定した。約半年で骨癒合が得られ、術前の寝起きができないという症状は軽快し職場に復帰した。



【症例2】

85歳，女性。独居。以前から腰下肢痛があり近医にて投薬，ブロックなどの保存療法を受けていた。受診時には10m以下の混合性間欠跛行を認めた。神経根ブロックを施行し，責任高位はL3/4と判断したが，変性側弯が強くとL2-5の椎弓切除術とPLFを施行した。術後ドレーントラブルから術後血腫となり同日緊急血腫除去術を施行。右下肢のdrop footを生じたが術前の両下肢痛は消失したため患者満足度は高く，短下肢装具装着にてADLは自立している(図4)。

【症例3】

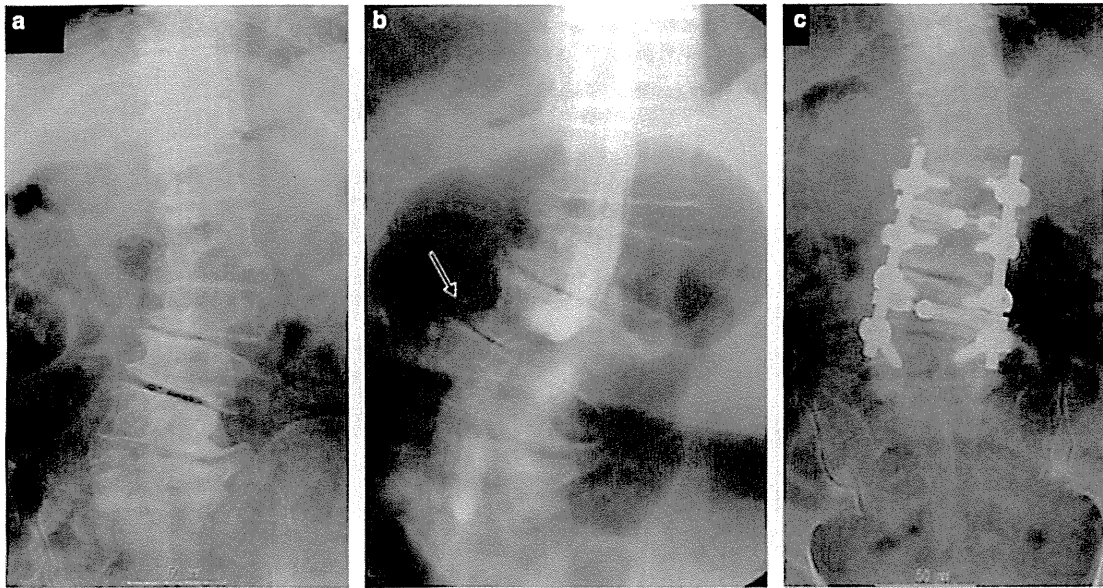
75歳，女性。独居。骨粗鬆性椎体骨折後の後弯症，椎間不安定性による腰痛，根性疼痛に対し短縮骨切り術を予定していた。手術の3週間前に自宅で転倒し，新たな椎体骨折を生じたため，手術まで入院・臥床安静としていたところ認知症症状が出現した(図5a~c)。当初予定していた固定椎間を延長せざるをえず，T10-L5までの後方固定術，L3のpedicle subtraction osteotomy，T12椎体への椎体形成術を施行した。術前の疼痛は消失し，坐位保持は可能となったが，認知症症状のためリハビリが思うように進まず，ADL改善という点では問題を残した(図5d~f)。

図4 【症例2】腰椎変性側弯症

85歳，女性。

a：術前臥位X線正面像。b：術前ミエログラム(立位) c：術後X線正面像(立位)。

術前の画像診断においてL3/4椎間で臥位6mm，立位で12mmと増強する側方すべりと同部位を中心とした脊柱管狭窄を認めた(矢印)。術前L1-4間での立位正面像でのCobb角は29°であったが，術後9°にまで改善した。JOAスコアも術前12点から術後1年で20点にまで改善した。現在腰痛に関する愁訴はなく，drop footを認めるもののADLは自立している。





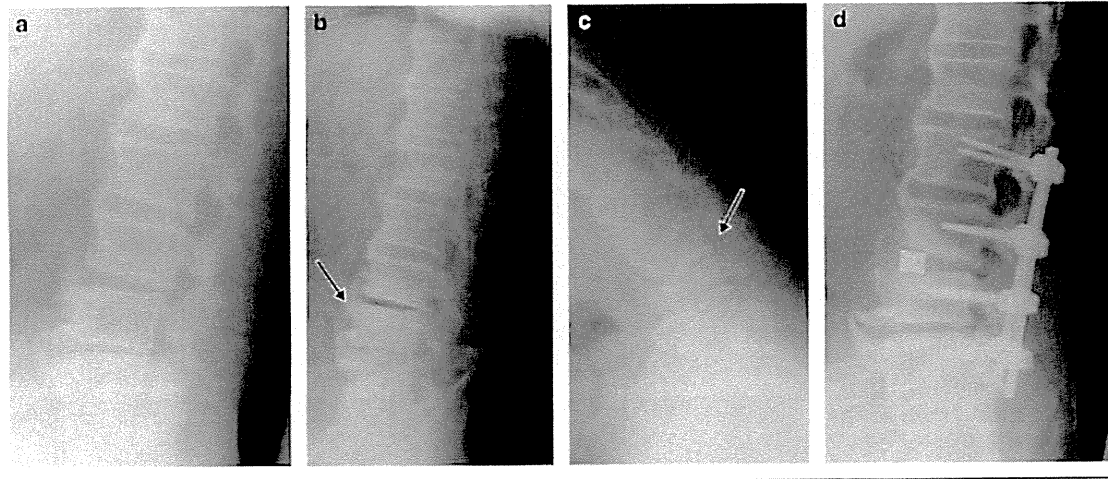
【症例4】

77歳、男性。74歳時にL3/4の後方除圧術(片側進入両側除圧)を施行。術後2年で除圧椎間の椎間板ヘルニアを生じ、保存的に経過をみていたところ一時症状が軽快した。しかし、術後3年で症状が再燃し、疼痛のため仰臥位安静を保つことも困難となった。精査の結果、除圧椎間での脊柱不安定性が問題であることが判明した(図6a~c)。DISHを伴う後方すべりが原因と考え、椎体間固定術を施行した。不安定椎間への応力集中を防ぐため上下2椎体に及ぶ後方固定を行った(図6d)。術後1年で骨癒合が得られ、疼痛は消失した。

【症例4】DISHを伴うL3/4椎間不安定症

77歳、男性。

a：初回術前X線側面像。b：再手術術前X線側面像(立位中間位)。c：再手術術前X線側面像(立位前屈位)。L3/4以外の椎間ではDISHにより椎体の不摂性を生じていた。L3/4椎間の後方除圧を施行したが、除圧術後3年でL3/4椎間の変性が進行し、椎間板は消失。前屈位ではL3の後方すべりを呈している(矢印)。症状は典型的な間欠跛行ではなく、仰臥位の際の腰下肢痛が著明であった。d：術後X線側面像。L3/4への応力集中を考慮し、L3/4の椎体間固定とL2-L5のペディクルスクリューによる固定を施行した。術後1年で骨癒合が得られ症状は消失した。



当科における高齢者腰椎疾患患者の現状

都市部では交通の便もよく、生活必需品も身近で入手できることが多い。しかし、駐車スペースの関係から、車での外出は地方部に比べて少ないことが予想され、近くの駅や商店に行くのに5～10分程度の距離を頻繁に歩く必要がでてくる。高齢者ではこの距離を歩けなくなった場合に病院を受診すると推察されるため、病院受診時には症状が強く、すでに変性が高度に進行していることが多い。近隣にはいわゆる大病院も多く存在しており、また子息などのインターネットからの情報収集の影響もあり、内視鏡手術や椎体形成術などの低侵襲手術を希望して当科を受診する患者も増加傾向にある。しかし、実際にはそれら低侵襲手術手技の適応がなく、固定術など侵襲の大きい方法を選択しなければならないことも多い。

独居、または高齢者夫婦のみで生活している場合も多く、日常生活が送れないほどのADL障害がある場合には高齢だからといって治療をあきらめるわけにはいかず、手術療法にも積極的な姿勢をみせることがある。ただし、患者本人が手術療法を強く望んでいても、病状を把握していない家族が反対することも多く、術後の世話をを行う患者家族の同意を先んじて得なければいけない。

手術自体には問題がなくても術後せん妄の発生や、隣接椎骨折、院内での転倒による骨折などが発生することがあり、既知の合併症だけでなく食欲不振や体調不良などを含めた予期せぬ合併症などについても十分に説明しておかなければならない。

おわりに

わが国の少子高齢化は諸外国に類をみない速い速度で進んでいる。高齢者に対する医療は単純に疾病の治療だけに留まらない。入院期間の短縮や医療費抑制が叫ばれるなかで、術後リハビリや社会・家庭への復帰、介護、医療経済の問題など医療だけでなく、社会全体として解決しなければいけない問題が山積している。現在の人口動態の推移から考えて、団塊の世代が高齢者域に入るまでもう10年もないのである。

現在までにさまざまな医療・治療体系が諸外国から導入されてきた。しかし、高齢社会はわが国で最も速く進んでおり、他国での治療法、成果をそのまま参考にすることはできない。高齢者、超高齢者の脊椎手術は今後世界が注目する新しい分野といえることができる。

文献

- 1) Weinfeld RM, Olson PN, Maki DD, et al : The prevalence of diffuse idiopathic skeletal hyperostosis (DISH) in two large American Midwest metropolitan hospital populations. *Skeletal Radiol*, 26 : 222-225, 1997.
- 2) Westerveld LA, van Ufford HM, Verlaan JJ, et al : The prevalence of diffuse idiopathic skeletal hyperostosis in an outpatient population in the Netherlands. *J Rheumatol*, 35(8) : 1635-1638, 2008.
- 3) Terai H, Suzuki A, Tsujio T, et al : A Clinical prospective study on the operative invasion for lumbar spinal canal stenosis : A comparison between microendoscopic and microscopic posterior decompression. *日本脊椎脊髄病学会雑誌*, 19 : 609-612, 2008.
- 4) 長谷川和宏, 本間隆夫, 渡辺 慶 : 高齢者側弯症の外科的治療. *脊椎脊髄*, 20(5) : 535-545, 2007.
- 5) Hoshino M, Nakamura H, Konishi S, et al : Endoscopic vertebroplasty for the treatment of chronic vertebral compression fracture. Technical note. *J Neurosurg Spine*, 5(5) : 461-467, 2006.
- 6) 佐野茂夫 : 高齢者の脊椎instrumentation : 手術侵襲の安全域を示すsliding scaleと骨粗鬆対策について. *脊椎脊髄*, 20(5) : 461-470, 2007.



骨粗鬆症性脊椎圧迫骨折に対する低侵襲手術*

戸川大輔**

[整形外科 61 巻 11 号 : 1231~1238, 2010]

はじめに

人口の高齢化に伴い、高齢者に対する整形外科診療に変化がみられる。以前よりも活動性の高い高齢者が増え、日常生活動作 (ADL) を維持するための治療や、生活の質 (QOL) を高める医療に対するニーズも高まっている。高齢者に多い骨粗鬆症性脊椎圧迫骨折は従来、保存的治療で十分に対処できる病態として認識されてきた。しかし最近、この骨折後に発生する偽関節や椎体圧潰の治療機会も増加傾向にあり、脊椎圧迫骨折に対する最善の保存的治療やその期間に対して改めて検討する必要性を唱える意見が多い。特に胸腰椎移行部の圧迫骨折が偽関節や椎体圧潰に陥ると、脊髄や馬尾、神経根障害 (下肢痛、下肢麻痺、膀胱直腸障害) をきたし、高齢者であるにもかかわらず侵襲の大きな脊椎除圧再建術が必要となる。

現在この骨折の偽関節に対する治療、椎体圧潰への進行予防についての対策が検討されており、骨粗鬆症性脊椎圧迫骨折に対する低侵襲手術に注目が集まっている。本稿では、骨粗鬆症性脊椎圧迫骨折の頻度や保存的治療の問題点、手術的治療、特に低侵襲手術としての経皮的椎体形成術について文献的考察を加えて記載する。

■ 背 景

1. 高齢社会

世界は今までに経験のない超高齢社会を迎えている。

本邦でも 2006 年の「高齢社会白書」によると、2005 年 10 月の時点で 65 歳以上の高齢者人口が 2,560 万人となり、65 歳以上の総人口比率である高齢化率は 20.0% に達した¹⁾。国立社会保障・人口問題研究所の発表によると、2010 年における日本の高齢化率は 22.57% である。このまま同様の傾向が継続した場合、2050 年には日本の高齢化率は 37.84% になると推測されており、わが国は世界でもっとも迅速に超高齢社会と向き合わなくてはならない状況にある。

2. 骨粗鬆症性脊椎圧迫骨折

人口の高齢化に伴い、骨粗鬆症の患者が年々増加している。本邦におけるその数は 1,100 万人と推測され²⁾、骨粗鬆症による脆弱性骨折としてもっとも頻度が高い骨粗鬆症性脊椎骨折の診療体制が大きな問題となっている。その椎体骨折頻度は 60 歳代で女性 14%、男性 5.1%、70 歳代で女性 22.2%、男性 10.8% と報告されており³⁾、骨折後の高齢者の QOL の維持と向上についての医学的な対応は急務である。

3. 運動器不安定症と運動器症候群

(ロコモティブシンドローム)

高齢化により長期間運動器を使い続けることによる障害への対策として、日本整形外科学会は新たな疾患概念を提唱した。バランス能力および移動歩行能力の低下が生じ、閉じこもり、転倒リスクが高まった状態を「運動

Key words : osteoporosis, vertebral compression fracture, percutaneous vertebroplasty, balloon kyphoplasty

* Minimally invasive surgery for primary osteoporotic vertebral compression fractures

** D. Togawa (せぼね骨折センター長) : 函館中央病院脊椎センター・せぼね骨折センター (〒040-8585 函館市本町 33-2 : Spine Center & Center for Spinal Fractures, Hakodate Central General Hospital, Hakodate).

表 1. 骨粗鬆症性脊椎圧迫骨折後の偽関節移行率

報告者(年)	雑誌	偽関節率 (%)
Kim ら ¹²⁾ (2004)	J Neurosurg Spine	10.6
中村ら ⁹⁾ (2009)	脊椎脊髄ジャーナル	12.7
種市ら ⁷⁾ (2002)	臨床整形外科	13.9
福田ら ⁸⁾ (2006)	別冊整形外科	18.3
Wu ら ¹¹⁾ (2006)	J Clinical Neuroscience	34.8

器不安定症⁴⁾、また運動器の障害による要介護の状態や要介護リスクの高い状態を運動器症候群（ロコモティブシンドローム）と呼ぶ⁵⁾。脊椎圧迫骨折による活動性の低下は、これら二つの新たな概念における頻度の高い原因の一つである。

■ 骨粗鬆症性脊椎圧迫骨折に対する診療の問題点

1. 骨折診断

骨粗鬆症性圧迫骨折は、病歴や臨床的な所見から疑われ、まず単純 X 線像で椎体の変形、椎体壁や終板の破壊像を読み取ることで行われるが、軽微なものを見逃す場合や、高度の肥満や重度の骨粗鬆症、変性側弯症などにより単純 X 線像のみでは骨折が診断できない場合も少なからずある。身体所見の特徴としては体動時痛が特徴であり、安静時痛がなく起き上がりや寝返りなどで疼痛を訴える場合も多い。骨粗鬆症をベースとした脆弱性骨折は、転倒、尻もちなど明らかな外傷がなくても発生するため、受傷起点がなくとも、高齢者の腰部疼痛をみたら必ず椎体骨折を念頭において診療を行う必要がある。単純 X 線像で判断がつかない場合には MRI で、ベースメーカーや閉所恐怖症などがある場合は CT と骨シンチグラムを組み合わせて診断する。中野は MRI における新鮮椎体骨折診断の感度、特異度がそれぞれ 99.0%、98.7%であったとし、MRI がもっとも信頼できる診断法であると報告している⁶⁾。T2 強調画像は骨折からの時期により多様な像を呈するので、T1 強調画像で低信号、STIR 像で高信号を呈する椎体を新鮮骨折と診断する。

2. 保存的治療の課題

現在、圧迫骨折の治療はまず保存的治療が行われる。骨折が治癒し、疼痛が緩和され、骨折前の ADL を獲得することが治療目標であり、骨折の原因となった病態自体の薬物治療（骨粗鬆症、時に骨軟化症や椎体腫瘍）も重要である。多くの圧迫骨折がこの保存的治療によって

骨癒合を得るが、偽関節へと移行する率も 10~20% と少なからず発生する（表 1）⁷⁻¹²⁾。この偽関節は体動時痛が主な症状であるため、安静にしている高齢者が症状を訴えずに、偽関節のまま活動性が低下していく場合もある。この偽関節を放置すると椎体圧潰へと進行し、圧潰した椎体後壁が脊柱管へ突出すると脊髄障害や神経根障害をきたす可能性が高い。また、骨折が治癒しても楔状化が強いとその椎体を中心として局所後弯となり、やがては脊柱後弯変形が進行すると慢性腰背部痛をきたす原因となるばかりでなく、逆流性食道炎や食欲低下、肺活量の低下や、生命予後の短縮につながるなどのデータも報告されている¹³⁻¹⁵⁾。

つまり骨粗鬆症性圧迫骨折の保存的治療における課題は、① 早期に正しく診断すること、② できる限り変形を最小限にとどめつつ骨癒合を得ること、さらには③ 偽関節を正しく診断し、放置せず、椎体圧潰による神経障害を予防するための治療を行うことである。

3. 偽関節の診断

立位や坐位の単純 X 線像では時に診断が困難であるが、偽関節は仰臥位の X 線像（正面像、側面像）や CT で椎体内 cleft を観察することで診断できる。一度椎体内に cleft が形成されると骨折治癒は困難で、骨癒合するとしても相当の期間が必要である。

当院脊椎センターにおける骨粗鬆症性脊椎圧迫骨折のクリニカルパスは早期離床を目的とし、装具療法、骨粗鬆症治療薬を用いながら、積極的に疼痛緩和とリハビリテーションを行っている¹⁶⁾。これらのうち、画像による偽関節率と QOL 障害を前向きに検討した 57 例 69 骨折の検討では、明らかな受傷起点、または疼痛発生から 12 週間経過した時点で、仰臥位単純 X 線像で椎体内 cleft があり、動態 X 線像で 3° 以上の動きがある偽関節率が 14.5% (10/69 骨折)、visual analog scale (VAS) 5 点以上、かつ日本語版 EuroQOL (EQ-5D) の効用値 (0: 考えられうる最悪の状態~1: 完全な健康状態) が 0.6 未満の QOL 障害例が 57 例中 4 例 (7.0%) 存在した。この 4 例は椎体圧潰に進行していないが、偽関節で椎体楔状化が強く、神経脱落症状を呈してはいないが腰背部痛の強い症例であった。これら 12 週間 (約 3 ヶ月間) の装具療法後に偽関節となり QOL 障害がある 7.0% には、この時点で低侵襲手術などの治療オプションが有効と考えている。さらに偽関節ではあるが 12 週後に QOL 障害がない症例も、経過観察中に椎体圧潰に

進行する可能性が高く注意を要する。

4. 手術適応

骨折治療の原則は、解剖学的整復位の獲得と十分な固定である。脊椎圧迫骨折以外の骨粗鬆症性脆弱骨折（大腿骨近位部骨折、橈骨遠位端骨折など）は、その原則に則って治療されている。しかし骨粗鬆症性脊椎圧迫骨折は椎体が楔状化し潰れながら骨癒合を得たり、脊柱が後弯してもいたしかたないと考えられ、おおむね神経脱所見のある症例に限って、侵襲の大きな除圧再建術や、後弯を改善する骨切り術が行われてきた背景がある。つまり、今までは偽関節や後弯変形による疼痛が理由で高齢者に手術を施行するのは多くの症例で避けられ、保存的治療を延長する傾向が強かった。近年は神経脱所見がなくとも腰背部痛が強い圧迫骨折偽関節例に対して、低侵襲な椎体形成術が施行されるようになってきている。

5. 低侵襲手術とは

手術器械の発展と手術手技の向上は、患者や医師に多くの恩恵を与える。特に近年は、短期間の入院という社会のニーズに応えるため、できる限り小さい侵襲で目的を達成する多種類の低侵襲手術方法が開発された。しかし手術的治療には目的があるので、手術侵襲を小さくすることだけに目を向けてはならない。良好な成績が得られる既存の手術方法と同等の目的が達成できるか、または侵襲を少なくすることによる利点が非常に大きいことが理由で行われるのが理想的な低侵襲手術といえる。

その中で経皮的椎体形成術を取り上げて記述する。

■ 骨粗鬆症性脊椎骨折に対する経皮的椎体形成術

【経皮的椎体形成術（PVP）】

PVPはフランスの放射線科医らが開発した方法で、最初は軸椎腫瘍（血管腫）に適応された¹⁷⁾。この方法が米国で広まると、徐々に骨粗鬆症性圧迫骨折の治療へと適応が拡大され^{18,19)}。日本でも同様の適応により、主に放射線科医や脳神経外科医によって行われるようになった²⁰⁻²²⁾。この低侵襲手術は皮膚に小切開をおき、経椎弓根的、または椎弓根の外側から骨折椎体に針を挿入し、椎体内に生体材料を注入または充填して行われる。一方、整形外科医による椎体形成術は、偽関節椎体内の線維組織を搔爬し、リン酸カルシウム骨セメント（CPC）やハイドロキシアパタイト（HA）ブロックなど骨伝導

表 2. 本邦の脊椎圧迫骨折治療体系

骨折のみ	圧迫骨折治療の状態	
	偽関節 楔状化の進行	椎体圧潰
疼痛のみ	疼痛残存 脊柱後弯	神経脱落症状
保存的治療	椎体形成術 (CPC, HA) 経皮的椎体形成術 (PMMA)	脊椎除圧再建術

能をもつマテリアルを充填する方法が好まれ、施行されてきた²³⁻²⁶⁾。本邦での椎体形成術は複数の診療科により行われているため、特に保存的治療との境界に対する考え方に不一致をみる傾向がある（表2）。

1) 本邦における PVP

本邦における PVP は放射線科医、脳神経外科医を中心に脊椎腫瘍、骨粗鬆症性圧迫骨折に対して生体材料 [主に polymethylmethacrylate (PMMA)] を注入する治療法として広まった。この方法は、以前は高度先進医療、そして最近では先進医療という名のもとで行われてきたが、現在は脊椎腫瘍に対する PVP のみが、先進医療として申請を行っている 36 施設のみに許可されている²⁷⁾。良好な疼痛緩和、QOL の改善を認める報告が多いが^{28,29)}、特に骨粗鬆症性圧迫骨折例については、後述の『New England Journal of Medicine』に掲載された 2 論文^{30,31)}の影響を受けて欧米同様、手術適応範囲が再検討されている（図1）。

2) CPC を用いた椎体形成術

α -tricalcium phosphate (α -TCP) を主体とする粉体と溶解液からなる CPC は、骨伝導能 (osteoconductivity) をもつマテリアルである。練和するとペースト状になり、注射器による注入が可能で bioactive なセメントで、水和反応にて HA に組成を変化させながら自己硬化する。このマテリアルを用いた本邦の椎体形成術の報告は多い³²⁻³⁵⁾。骨伝導能を十分に発揮するため、骨折椎体内の線維組織を十分にデブリドマンし、血液と CPC が混ざらないよう椎体内の出血を抑える工夫をしながら粘稠性を高めた CPC を充填するのが良好な成績のためのキーポイントである（図2）。

3) HA ブロックを用いた椎体形成術

HA ブロックとは気孔率 30% の HA 顆粒を 1 辺 5 mm の直方体様に加工したもので、このブロックを骨折椎体の整復と整復位の保持を目的に充填して骨粗鬆症性圧迫