

緒 言

骨粗鬆症性椎体骨折に対する低侵襲手術には種々の方法があり、対象とする症例や用いた手技などによりその成績は異なる¹⁵⁾。われわれ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、リン酸カルシウムセメント(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(図1)¹⁶⁾。CPCはPMMAと異なり、非発熱性に自己硬化して、約72時間で皮質骨強度に迫る80MPaほどの圧縮強度に至り、周囲に骨伝導しながらホスト骨と直接結合することが知られているが、血液が多量に混合すると硬化が妨げられたり、血流に流されてwash-outされるなどの欠点もあり^{6,11)}、その成否は手術手技に大きく依存する^{1,7)}傾向がある。本稿ではCPC椎体形成術の長所と短所を評価し報告する。

対象および方法

われわれは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ーを2つ設置するbiportal法を行っている¹⁷⁾(図2)。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。そしてCPCの骨伝導作用を期待するため偽関節腔に存在する癒痕・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。骨腔内部に残るdebrisや血餅は、一方の椎弓根孔から生理食塩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状態を形成する。その後、麻酔医に一時的に低血圧処置をお願い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硬化体を形成することで骨折部の力学的安定化と変形矯正位の維持を図っている。

調査対象はbiportal法で手術した椎体骨折後の骨癒合不全67例71椎体(偽関節55/遷延治癒16)であり、手術時平均年齢は80(61~92)歳、発症から手術まで平均9.2ヵ月で、腰椎BMDの平均Tscoreは-2.7、観察期間は6ヵ月以上平均20ヵ月であった。手術高位はT11が6、T12が24、L1が23、L2が9、L3が7、L4が2椎体であった。椎体後壁損傷による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。本症例には処置椎

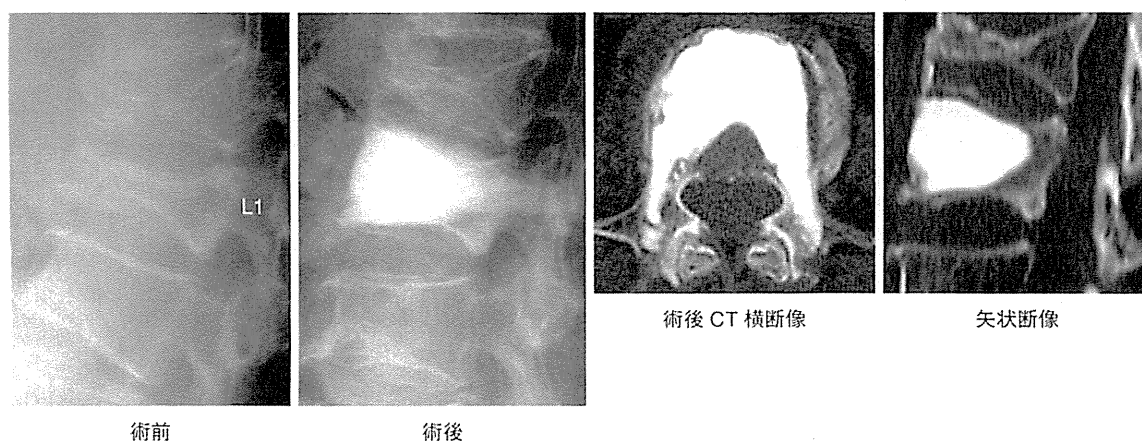


図1 L1椎体偽関節に対するリン酸カルシウムセメント(CPC)を用いた椎体形成術

われわれ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、リン酸カルシウムセメント(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いる。

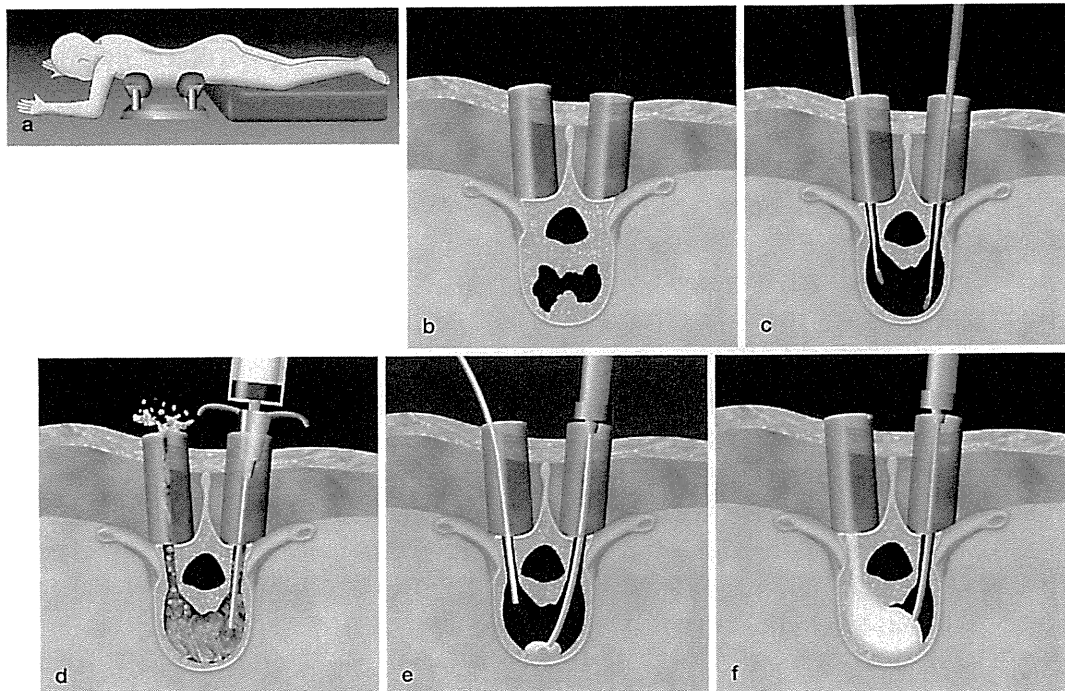


図2 Biportal 法による CPC 椎体形成術式

- a : 偽関節など骨癒合不全椎体の骨折可動性を利用し、体位の工夫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ーを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。椎体内で終板を開大させる変形整復操作も追加する。
- d : 骨腔内部に残る debris や血餅は、一方の椎弓根孔から生理食塩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状態を形成する。
- e : 麻酔医に一時的に低血圧処置をお願い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。

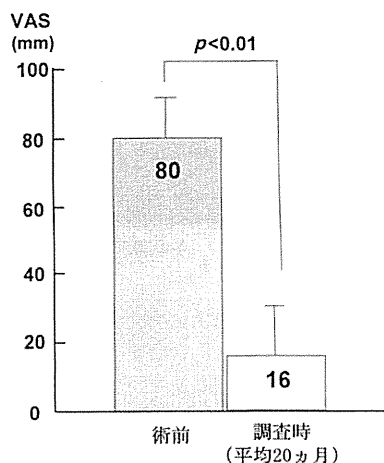


図3 腰背部痛の評価(100mm 法による VAS)
腰背部痛の VAS は術前 80 ± 13 mm が調査時 16 ± 14 mm と有意に改善していた。(値は平均 $\pm$ 標準偏差)。

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。これらの症例に対し、手術時間、術中出血量、100 mm 法で評価した腰背部痛の visual analog scale (VAS)、椎体変形の指標として椎体楔状率(椎体前縁高が後縁高に占める割合)、頭尾側の椎体と椎間板を含めた局所後弯の指標として局所後弯角(側面 X 線像における隣接頭側椎体の頭側終板と隣接尾側椎体の尾側

表 1 椎体形成術による椎体および局所後弯変形に対する変形矯正効果

	術前		術後 1 週	最終調査時
	荷重位	仰臥位		
椎体楔状率(%)	30.0(17.1)	69.5(18.2)	75.2(14.7)	71.0(16.3)
局所後弯角(度)	35.4(13.5)	14.4(15.0)	20.8(13.2)	24.7(12.3)

値は平均値(標準偏差)

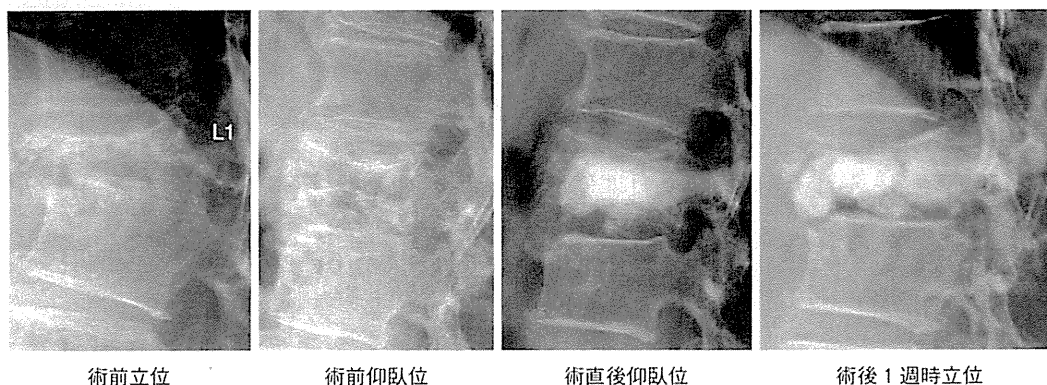


図 4 L1椎体形成術後における CPC 塊の術後早期 fragmentation

L1椎体は頭尾側終板および前側壁ともに粉碎骨折し、加えて L1/2椎間板も圧潰して立位で椎間板腔が消失するが、仰臥位では椎間板腔が大きく開大する椎体間不安定性も合併していた。本例に椎体形成術を行ったが、術後 1 週で CPC 塊 fragmentation を認め、腰背部痛の緩和効果も不十分であった。このような矯正損失を伴う CPC 塊の術後早期 fragmentation が 71 椎体中 3 椎体で発生していたが、患者要因として、椎体側壁や終板の高度粉碎や、隣接椎間板の圧潰などによる椎体間の高度不安定性、術後せん妄などによる CPC の硬化不十分時の早期荷重などが含まれていた。

終板のなす角度)、術後 CT による CPC の椎体外漏出率、合併症、術後の新規椎体骨折の発生頻度について調査した。統計解析には統計ソフト PASW Statistics 18(SPSS, Tokyo)を用い、Shapiro-Wilk test で正規性の検定を行い、正規分布とみなせるものには Paired-*t* test を、正規分布に従わないものには Wilcoxon signed rank test で検定した。有意水準は 5 %とした。

結 果

測定値は平均±標準偏差で示す。手術時間は 1 椎体あたり 86±24 分、出血量は 26±20ml であった。腰背部痛の VAS は術前 80±13mm が調査時 16±14mm と有意に改善した($p<0.01$) (図 3)。椎体楔状率は術前には荷重位(立位または座位)で 30±17%であったが、仰臥位になると椎体内にクレフトが生じて 70±18%にまで矯正され($p<0.01$)、椎体内での骨折可動性が著しかった。前述

手技での手術により、術後には術前仰臥位での整復位よりも更なる矯正が得られ、術後 1 週時の荷重位での楔状率は 75±15%であった($p<0.01$)。最終調査時は 71±16%で、術直後と有意差はなく、矯正位は良好に維持されていたが、若干の矯正損失の原因は、CPC 塊の fragmentation や処置椎体の再骨折などであった。局所後弯角は、術前 35±13 度が術後 21±13 度(術後 1 週時)に矯正された($p<0.01$)。最終調査時には椎体楔状率の矯正損失以外に、隣接椎体の骨折や隣接椎間板の楔状化などにより 25±12 度にまで矯正が失われた($p<0.01$)。それでも術前と比べ平均 10 度の矯正が獲得されていた(表 1)。

椎体周辺の静脈塞栓や肺塞栓、および神経合併症は発生せず、術後 CT での評価でも脊柱管内への漏出はなく、椎体外壁から外へ膨隆する形態での無症候性 CPC 漏出を 4 椎体 4.5%に認めた。矯正損失を伴う CPC 塊の術後早期 fragmentation が 3 椎体に(図 4)、術後には CPC 硬化体も形成さ

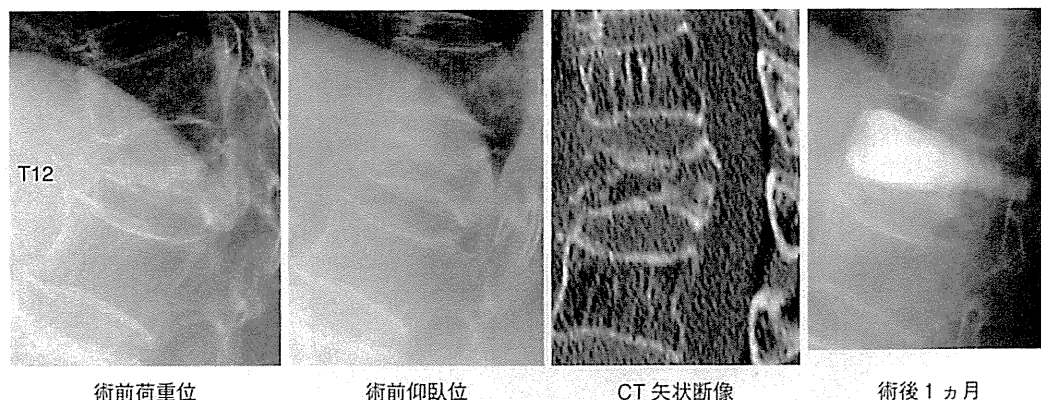


図5 両側下垂足を呈し歩行不能となったT12椎体圧潰後遅発性脊髄麻痺に対する椎体形成術
T12椎体の進行性圧潰のため遅発性に両側下垂足を呈して歩行不能となった症例である。局所の不安定性は大きい。CT椎体後壁の脊柱管内突出は軽度であった。下位腰椎に狭窄はなく、T12レベルの脊髓円錐上部障害が両側下垂足の原因と考えられた。本例は後壁突出骨片の直接除圧を行わない椎体形成術を行い速やかな神経麻痺の完全回復と正常な歩行機能の再獲得が可能であった。

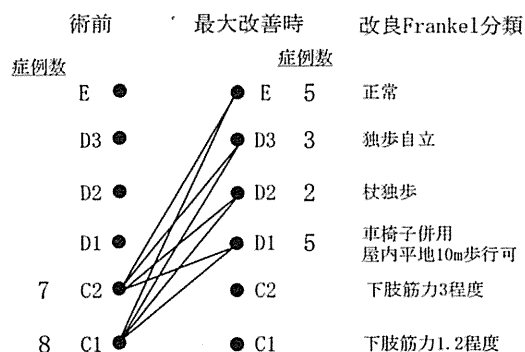


図6 遅発性両下肢運動不全麻痺を呈した椎体圧潰に対する椎体形成術の神経機能評価(改良フランケル分類)

椎体後壁の後方突出よりも局所の不安定性が神経障害の発生により大きく関与していると考えられた椎体圧潰15例に対し、低侵襲性に椎体形成術を行った結果、術後の最大改善時には、Frankel gradeで1段階以上の麻痺の改善と腰背部痛の著明な減少が得られ、杖やシルバーカーでの歩行を含めると全例で歩行機能が再獲得されていた。

れて除痛も良好であったが、日常生活に復帰し、再び転倒などの外傷により処置椎体に再骨折をきたした症例を4例4椎体に認めた。平均20カ月の経過観察で、新規に椎体骨折が16例(うち隣接椎体には14例)に生じていた。追加手術を行ったのはfragmentationをきたした3例中2例、処置椎体の再骨折をきたした4例中2例、新規椎体骨折が骨癒合不全に陥って再び椎体形成術を行った4例

であった。

両側の下垂足など遅発性に両下肢運動不全麻痺を呈し、術前に歩行不能であった15例に対し、椎体形成術で治療した結果(図5)、術後の最大改善時には、Frankel gradeで1段階以上の麻痺の改善と腰背部痛の著明な減少が得られ、最大改善時には、杖やシルバーカーでの歩行を含めると全例で歩行機能が再獲得されていた(図6)。

考 察

経皮的椎体形成術では骨折部や周囲の骨梁をPMMAにてinterdigitationすることで骨折部の安定化を図る必要があるため、必然的に骨内にPMMAを圧入することになる。そのため骨内でのcement flowを制御できず、高率に椎体外への漏出をきたす²⁰⁾。そのほとんどは無症候性であるが、肺塞栓や脊柱管内への漏出による神経麻痺発生などの重篤な合併症も発生する¹²⁾。両側椎弓根直上に設置したポータル内に空間を確保し、椎弓根孔を介して椎体骨腔内を大気圧と等しい状態に維持する本術式では、CPC注入充填時に骨腔内圧が上昇せず、骨腔深部より充填開始されたCPCは骨腔を満たした後、対側の椎弓根孔より溢れ出てくる。本術式は、経皮の手技よりも侵襲は増すものの、内圧上昇がないため後壁損傷のある症例

にも脊柱管内漏出を生じさせることなく骨腔充填が可能であり、かつ静脈系への漏出は完全に抑制できており、安全性がきわめて高いことが特徴である⁸⁾。

臨床評価では、著明な疼痛の緩和と椎体楔状変形の矯正が低侵襲性に達成できており、高齢者の椎体骨折後骨癒合不全に対して有効であった。われわれは椎体形成術における主たる除痛メカニズムは、不安定性を呈する骨折椎体を力学的に安定化することであると考えている。自験例での調査では、患者の腰背部痛は寝起き動作時に最も強く、そのおそらく骨折部の異常可動性に起因する腰背部痛は、椎体形成術で骨折部を安定化させることで直後から劇的に減少した。しかし偽関節などで椎体圧潰および楔状化が高度となって著明な局所後弯を呈する場合、後弯化した矢状面 alignment 不良による腰背部痛症状が加わってくるため、長時間の立位や歩行での腰背部の疲労痛などの訴えが多くなる。また椎体の楔状変形は、脊柱の矢状面バランスを悪化させ、更なる骨折を招く可能性がある。後弯変形は QOL の低下を引き起こし、肺機能障害や胃食道逆流症の発症とも関連が深く、生命予後をも悪化させる因子であることが示されている^{2,4,10)}。骨癒合不全に陥って、すでに椎体が高度に圧潰した症例に保存療法を継続しても、いったん生じた局所後弯は矯正不能である。したがって、圧潰し楔状化した椎体を単に安定化するだけでなく、椎体の楔状変形の矯正ができれば、理論上、より優れた治療効果が期待できる。自験例では局所後弯角で評価すると平均で術後には14度、最終調査時でも10度の改善が得られており、これが臨床症状の改善に役立っている可能性がある(図7)。

遅発性神経麻痺を有する椎体圧潰は、これまで侵襲の大きい脊柱再建術の適応とされてきた⁵⁾。麻痺の発生には椎体後壁の破綻による脊柱管内への突出が前提であるが、突出があっても麻痺のない症例は少なくない。むしろ楔状化による局所後弯の頂椎における椎体内不安定性が麻痺発生に大きく関与している場合があり¹⁴⁾、その場合に限れば、椎体形成術単独でも椎体安定化と変形矯正により、理論上、麻痺の回復効果が期待できる^{3,9)}。



図7 T12椎体偽関節に対するCPC椎体形成術の後弯矯正効果

偽関節にて椎体楔状化が高度となって著明な局所後弯を呈する場合、後弯化した矢状面 alignment 不良による腰背部痛症状が加わるばかりでなく、更なる骨折を招く可能性がある。また後弯変形は QOL や肺機能を低下させ、胃食道逆流症の発症とも関連が深く、生命予後をも悪化させる因子である。したがって、圧潰し楔状化した椎体を単に安定化するだけでなく、椎体の楔状変形の矯正ができれば、椎体形成術でも理論上、より優れた治療効果が期待できる。自験例では局所後弯角で評価すると平均で術後には14度、最終調査時でも10度の改善が得られており、これが臨床症状の改善に役立っている可能性がある。

事実、本法単独でも麻痺の改善と、いったん失われた歩行能力が再獲得されており、適用条件の制約はあるものの、一般に椎体形成術の禁忌とされる遅発性脊髄麻痺の中に椎体形成術だけで著明な改善が得られる症例が存在することは事実である。

本術式の問題点は、術後早期に発生するCPC塊の fragmentation や処置椎体の外傷性再骨折などであり、腰背部痛の再発や矯正損失の原因ともなっていた。CPC塊の早期 fragmentation は71椎体中3椎体で発生していたが、患者要因として、椎体側壁や終板の高度粉碎、隣接椎間板の圧潰などによる椎体間の高度不安定性、術後せん妄などによるCPCの硬化不十分時における超早期荷重などが含まれる。その場合は椎体形成術に加えて

instrumentation を併用する等の対策が必要である¹⁸⁾。

隣接椎体の骨折は14例に、遠隔部位に2例発生し、疼痛再発の原因となっていた。手術時の平均年齢が80歳と高齢で、処置椎体以外に平均2.5椎体の既存骨折があり、隣接椎体骨折の発生するリスクが高いとされる椎体内クレフトを有する症例¹⁹⁾を対象としているなど、続発性椎体骨折発生リスクの高い群での結果であり、日本人に対するPMMAを用いた椎体形成術の報告¹³⁾での発生率と比べると、CPCでは新規椎体骨折の発生が少ない可能性がある。それを証明するには対照比較試験が必要である。

結 語

CPC 充填時に骨腔内圧が上昇しない本法は、セメント椎体外漏出の発生リスクが少なく安全である。臨床的にも著明な除痛効果と良好な椎体楔状変形の矯正が低侵襲性に得られており、高齢者の椎体後壁損傷を高率に合併する椎体骨折後骨癒合不全に対して有効であった。椎体不安定性が遅発性神経麻痺の主因である症例に対しては本法のみで麻痺の改善が得られる場合がある。課題は全身麻酔を要すること、血液の多量混入や粉碎破裂型骨折例でCPCが十分に硬化する前に荷重するとCPC塊のfragmentationが生じることがあること、および臨床成績が手術手技の成否に依存する傾向があることなどである。

文献

- 1) Blattert TR, Jestaedt L, Weckbach A : Suitability of a calcium phosphate cement in osteoporotic vertebral body fracture augmentation : a controlled, randomized, clinical trial of balloon kyphoplasty comparing calcium phosphate versus polymethylmethacrylate. *Spine* 34 : 108-114, 2009
- 2) Gold DT : The clinical impact of vertebral fractures : Quality of life in women with osteoporosis. *Bone* 18 : 185s-189s, 1996
- 3) 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
- 4) 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
- 5) 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
- 6) 喜安克仁, 武政龍一, 谷 俊一ほか : 血液と粉液比の違いがリン酸カルシウム骨セメント硬化体の圧縮強度に与える影響 : 椎体形成術モデルを用いた検討. *Orthopaedic Ceramic Implants* 25 : 63-66, 2006
- 7) 喜安克仁, 武政龍一, 谷 俊一ほか : 血液存在下における注入充填方法の違いがリン酸カルシウム骨セメント硬化体の圧縮強度に与える影響—椎体形成術モデルを用いた検討—. *中部整災誌*50 : 61-62, 2007
- 8) 喜安克仁, 武政龍一, 谷 俊一ほか : リン酸カルシウム骨セメントを用いた椎体形成術—治療成績と合併症—. *中部整災誌*49 : 961-962, 2006
- 9) 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
- 10) 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
- 11) 武者芳郎, 梅田智広, 水谷一裕 : リン酸カルシウム骨セメントへの血液混入の影響. *骨・関節・靱帯*16 : 529-534, 2003
- 12) Stricker K, Orlor R, Yen K et al : Severe hypercapnia due to pulmonary embolism of polymethylmethacrylate during vertebroplasty. *Anesth Analg* 98 : 1184-1186, 2004
- 13) Tanigawa N, Komemushi A, Kariya H et al : Radiological follow-up of new compression fractures following percutaneous vertebroplasty. *Cardiovasc Intervent Radiol* 29 : 92-96, 2006
- 14) 武政龍一 : 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 : 高齢者骨粗鬆症性椎体骨折の問題点と対策. *日整会誌*80 : 957-969, 2006
- 17) 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
- 18) 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
- 19) Trout AT, Kallmes DF, Lane JJ et al : Subsequent vertebral fractures after vertebroplasty : association with intraosseous clefts. *AJNR Am Neuroradiol* 27 : 1586-1591, 2006
- 20) Yoem JS, Kim WJ, Choy WS et al : Leakage of cement of percutaneous transpedicular vertebroplasty for painful osteoporotic compression fractures. *J Bone Joint Surg* 85B : 83-89, 2003

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

られる(図1)。また椎体終板の骨折は隣接椎間板の変性を促進する因子となり、椎体の楔状化は当該椎体の椎間関節の不適合を惹起して体動時の痛みの原因となる可能性がある。

椎体の楔状化に伴い脊柱に後弯変形が発生すると(図2)、たとえ骨癒合に至った後でも腰背部の慢性痛や易疲労感、日常生活動作(ADL)の制限や容姿の悪化などの身体症状のほかに、抑うつ気分が助長するなどの心理的、精神的影響や、

呼吸機能の低下、腹部膨満や胃食道逆流症などの消化器症状を招くことがある^{5)~7)}。また椎体骨折による脊柱後弯変形は、新たな骨折が発生しやすい生体力学的な環境を形成することになる。すなわちその後弯変形が患者の矢状面での重心軸を前方に移動させるため、脊柱後弯の頂椎周辺に、より大きな屈曲-曲げモーメントを生じさせ、さらなる後弯変形を増大させたり、新しい骨折が発生しやすい素地を形成する。後

図1 T12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

a: 術前立位。b: 術前仰臥位。c: 椎体形成術後立位。

受傷後8週を経過しても椎体内に異常可動性があり、寝起き動作時の著明な腰背部痛を訴えるT12椎体骨折症例も、椎体形成術で骨折部が安定化すると、術直後から寝起き動作時の腰背部痛が劇的に緩和された。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られる。

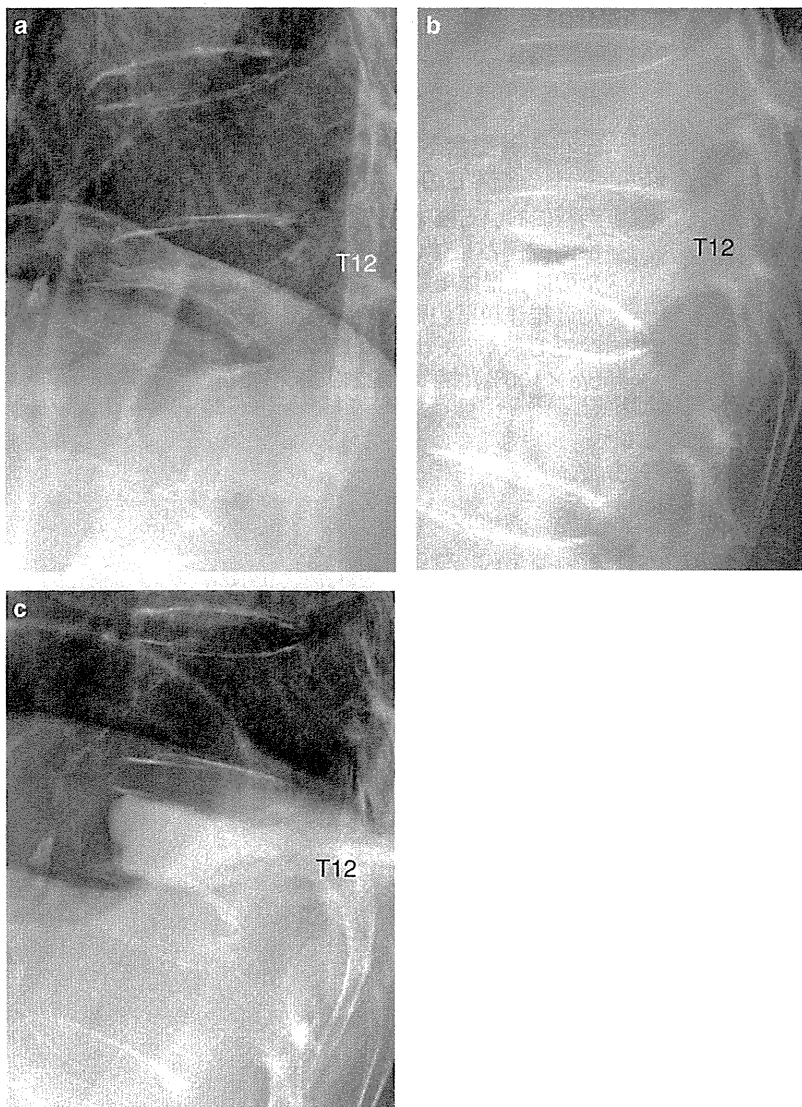
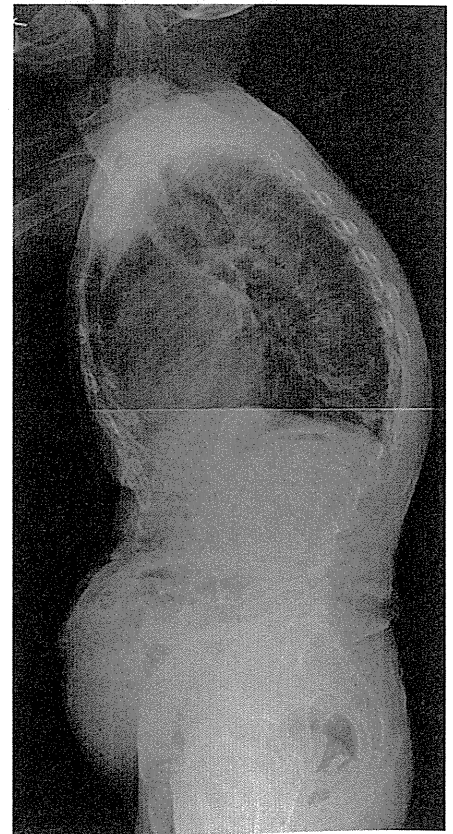


図2 複数の胸腰椎移行部椎体骨折に伴う脊柱後弯変形

椎体の楔状化に伴い脊柱に後弯変形が発生すると、たとえ骨癒合に至った後でも腰背部の慢性痛や易疲労感、ADLの制限や容姿の悪化などの身体症状のほかに、抑うつ気分が助長するなどの心理的、精神的影響や、呼吸機能の低下、腹部膨満や胃食道逆流症などの消化器症状を招くことがある。



弯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、できるだけ脊柱後弯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ある。痛みが遷延する原因としては脊柱後弯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癒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

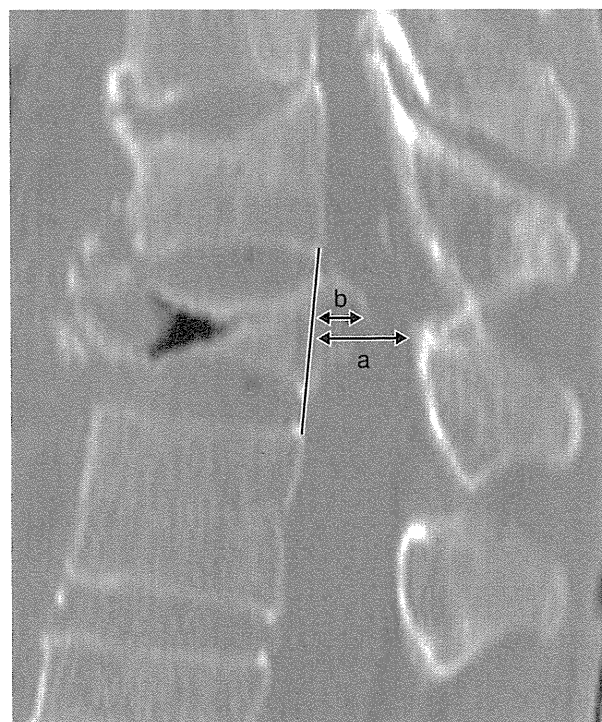
腰椎移行部に多く発生していた。

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)

ような、後弯脊柱由来と思われる腰背部痛の訴えが追加される。椎体偽関節の痛み分布パターンは、前述した急性期の骨折の場合と基本的には同様で、当該部位よりもより尾側、側方に広がって自覚されることがしばしばであった。胸腰椎移行部骨折であっても殿部や腰仙部に痛みを訴えるため、日常診療で高齢者が腰部や殿部、仙骨部付近に痛みを訴える場合は、必ず寝起き

動作時の疼痛増強の有無を問診し、胸腰椎移行部まで含めたX線撮影を行うべきである。骨癒合不全椎体における椎体内異常可動性は、通常の前後屈機能撮影では検出できないことが多く、仰臥位になって初めて椎体内にクレフトが確認できる場合がほとんどである(図5)^{14),15)}。したがって一般臨床では、坐位または立位での荷重位と仰臥位での側面像を注意深く見比べる

図4 骨癒合不全椎体における椎体内異常可動性(不安定性)

骨癒合不全椎体71椎体の評価では、椎体楔状率(椎体前縁高が後縁高に占める割合)は荷重位(立位または坐位)で平均 30 ± 17 (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平均 $70 \pm 18\%$ にまで矯正されるなど、椎体内での骨折可動性(不安定性)が著しかった。

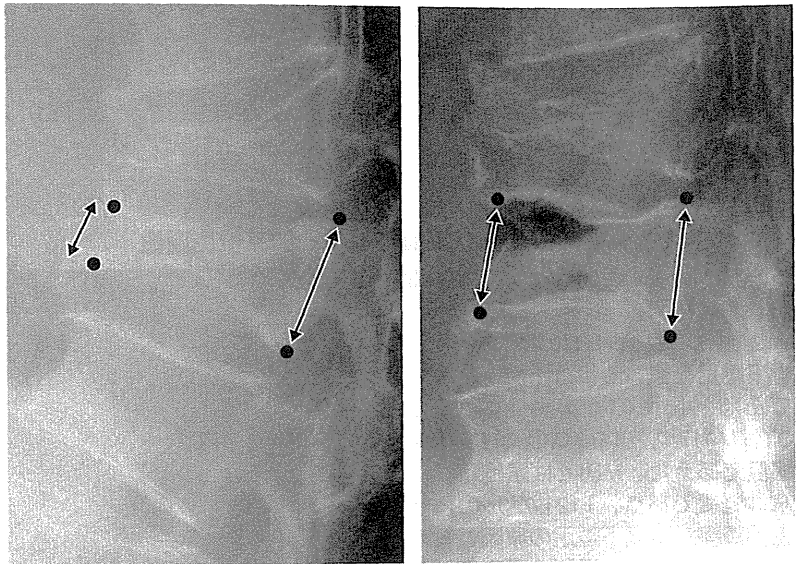
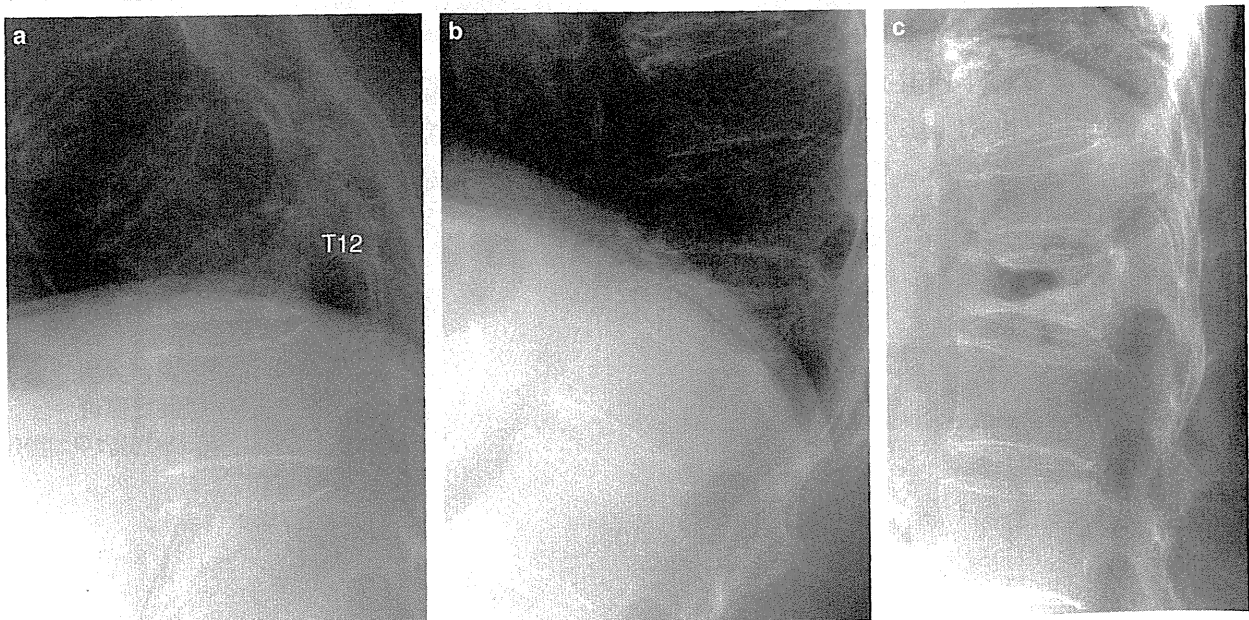


図5 椎体偽関節における立位前後屈像と仰臥位側面像

a: 立位前屈位。b: 立位後屈位。c: 仰臥位。

椎体偽関節などの骨癒合不全椎体における椎体内異常可動性は、通常の立位または坐位での前後屈機能撮影では検出できないことが多く、仰臥位になって初めて椎体内にクレフトが確認できる場合がほとんどである。本例でも立位では十分後屈されているが前屈位と比べてT12椎体の骨折部可動性は検出されず、仰臥位で初めて椎体内クレフト形成が観察されている。



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，

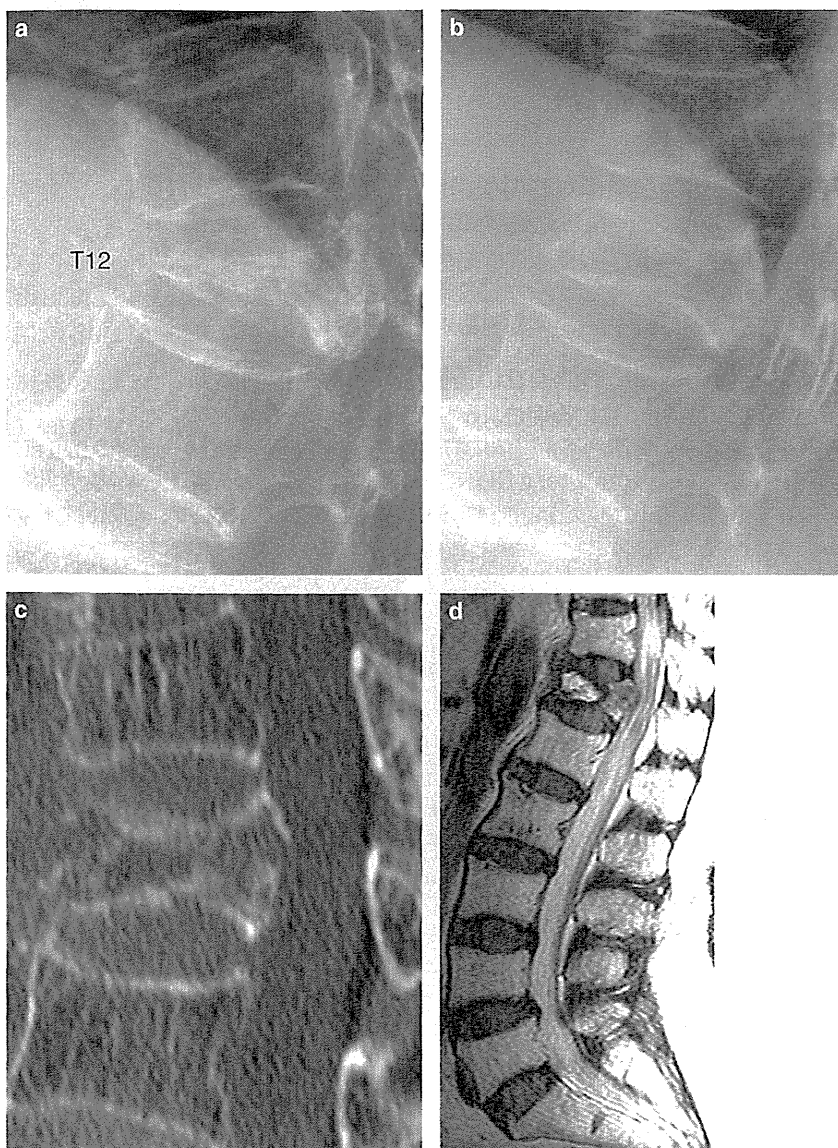
T12では両側下垂足，L1では膀胱直腸障害を発症する場合がある。

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が，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までの脊髄高位における、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、脊髄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髄の後方偏位は、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、さらに脊髓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) 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.
- 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低下をきたし、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、圧迫骨折にかかわりなく、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。

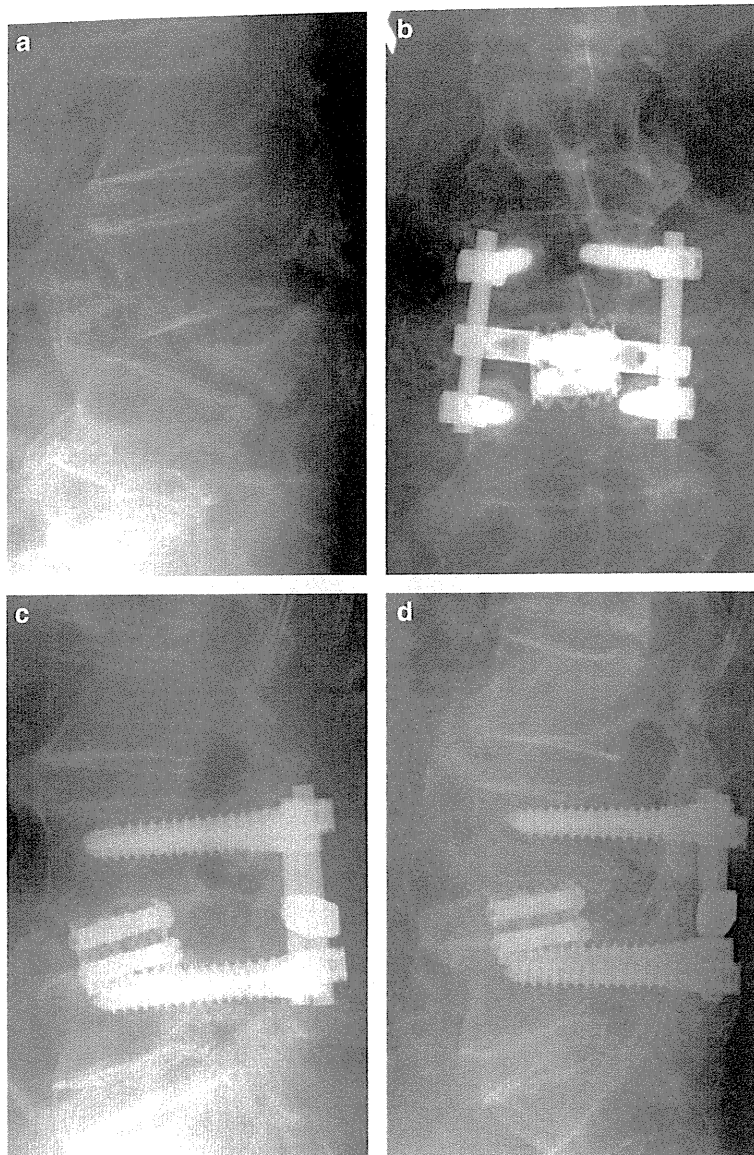
骨癒合不全に陥った陳旧性圧迫骨折例

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髄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が突出し、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瘢痕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。

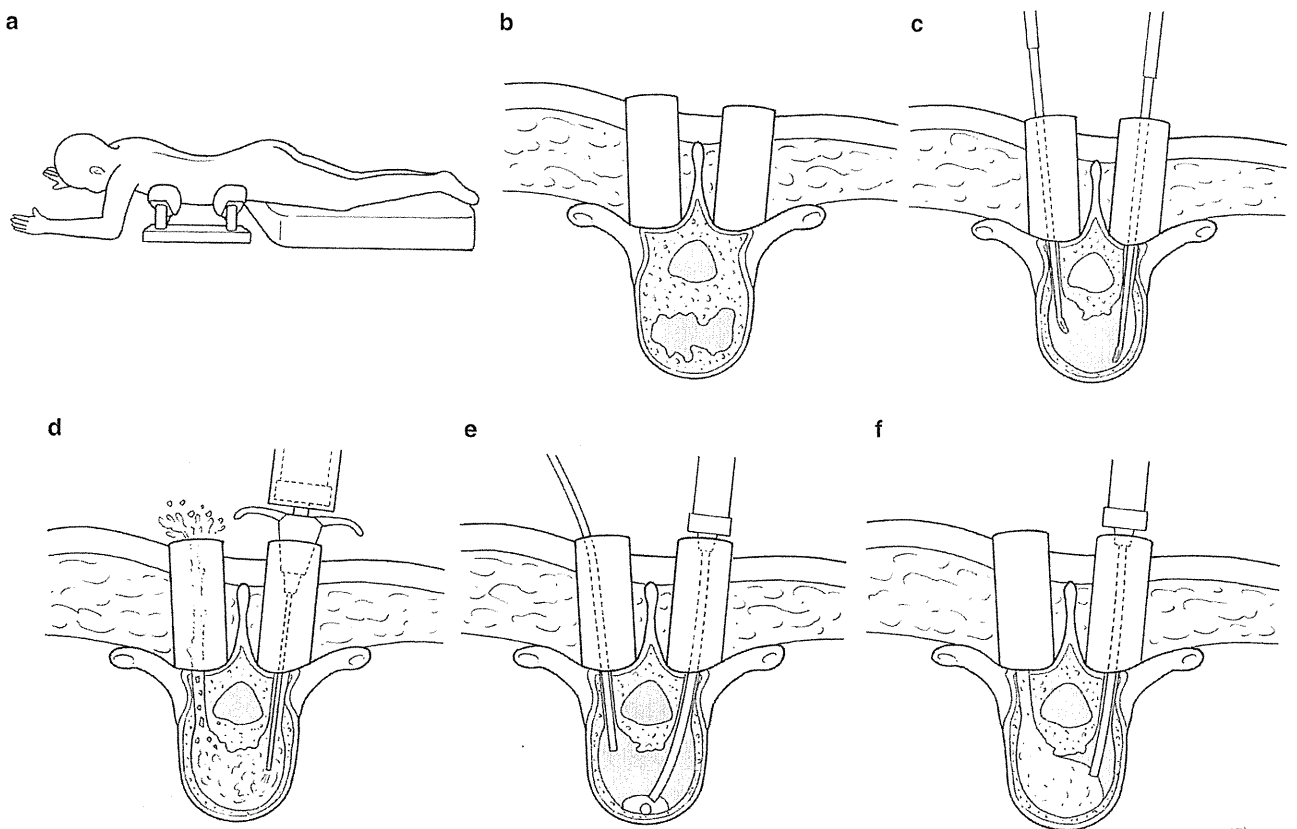
遅発性脊髄麻痺を有する症例でも、椎体内不安定性が主たる麻痺の原因の場合は、椎体形成術で神経麻痺も改善が可能であり、高齢者、超高齢者ではその侵襲の少なさからまず考慮してよい術式である^{14),17),21)}。

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癒痕・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瘢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つの状態となった。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)。