

(4) 椎体造影・CPC注入(図3)

イソビスト®を椎体内に直接注入しイメージ下に椎体外への漏れが無いことを確認した後、専用セメントガンを用いてCPCを注入する。CPCは粉剤12gに対して液量2.8～3.0mLとし、通常より粘度を上げて使用する。

2. 臨床成績

当科で本法を用いて椎体形成術を行った骨粗鬆症性椎体骨折偽関節症例は、13例14椎体(男性3例、女性10例、平均年齢73歳)である。椎体骨折発生から手術までの期間は平均5.7カ月であった。術直後より疼痛の著明な改善が得られ、visual analogue scale (VAS)は術前8.1であったが術後1.7に改善した。また疼痛のために術前8例が寝たきりであったが、術後全例において独歩可能となった。現時点において肺塞栓症を代表とする全身合併症は1例も経験していない。

3. 代表症例

77歳男性、第12胸椎骨折。受傷後6カ月経過後も骨癒合が得られず、強度の腰痛のため寝たきりであった。本法による椎体形成術を施行し、椎体前縁の%椎体高は術前27%が術直後100%に矯正され、術後1年においても80%に保持されていた。術後1年の現在、独歩が可能である(図4)。

おわりに

上述のごとく、椎体形成術は骨粗鬆症に伴う椎体骨折後の疼痛を早期に軽減させ、ADLを保持あるいは改善できる方法である。しかし、一方では重篤な合併症も報告されており、器具や手技の改善あるいは補填材料への配慮が必要となる。受傷後一定期間経過後に本法が行われているのが現状であるが、早期に予後不良因子が同定できれば不要な保存的治療の期間を短縮でき、個々の症例の活動性も良好に保持される。今後は、骨粗鬆

症性椎体骨折の予後不良因子への検討が不可欠である。

文 献

- Galibert P, et al: Note preliminaire sur le traitement des angiomes vertebraux par vertebroplastie percutanee. Neurochirurgie 33: 166-168, 1987.
- Amar AP, Larsen DW, Esnaashari N, et al: Percutaneous transpedicular polyethylethacrylate vertebroplasty for the treatment of spinal compression fractures. Neurosurgery 49: 1105-1114, 2001.
- Cardon T, Hachula E, Flipo RM, et al: Percutaneous vertebroplasty with acrylic cement in the treatment of a Langerhans cell vertebral histiocytosis. Clin Rheumatol 13: 518-521, 1994.
- Weill A, Chiras J, Simon JM, et al: Spinal metastases: indications for and results of percutaneous injection of acrylic surgical cement. Radiology 199: 241-247, 1996.
- Cotton A, Dewarte F, Corter B, et al: Percutaneous vertebroplasty for osteolytic metastases and myeloma: effects of the percentage of lesion fulling and the leakage of methylmethacrylate at clinilca follow-up. Radiology 200: 525-530, 1996.
- 渡部泰行, 高橋啓介: 高齢者脊椎椎体骨折の最新の治療法と成績. 骨粗鬆症性椎体圧迫骨折偽関節に対する椎体形成術. 骨・関節・靭帯. 18 (5): 441-446, 2005.
- 武政龍一, 谷 俊一, 喜安克仁ほか: 高齢者の脊椎圧迫骨折の最新の治療法と成績, 高齢者骨粗鬆症性椎体骨折および偽関節に対するリン酸カルシウム骨セメントを用いた椎体形成術. 骨・関節・靭帯 18 (5): 425-434, 2005.
- 中野正人: 急性期圧迫骨折および偽関節に対するCPCを用いた椎体形成術. 特集椎体圧迫骨折後の偽関節に対する治療法. 関節外科基礎と臨床
- 松崎浩巳: 椎体骨折に対する経椎弓根的椎体形成術. Hydroxyapatite (HAblock)を用いた椎体骨折に対する新しい Transpedicular Kyphoplasty.

- 骨・関節・靭帯 15 (3) : 247-253, 2002.
- 10) Garfin SR, Tuan HA, Reiley MA : New technologies in spine. Kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fracture. *Spine* 26 : 1511-1515 2001.
 - 11) Lieberman IH, Dudeney S, Reinhardt R, et al : Initial outcome and efficacy of kyphoplasty in the treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine* 26 : 1631-1638, 2001.
 - 12) Krebs J, Ferguson SJ, Bohner M, et al : Clinical measurements of cement injection pressure during vertebroplasty. *Spine* 30 : E118-122, 2005.
 - 13) Grados F, Depriester C, Cayrolle G, et al : Long-term observations of vertebral osteoporotic fractures treated by percutaneous vertebroplasty. *Rheumatology* 39 : 1410-1414, 2000.
 - 14) Heini PF, Walchli B, Berlemann U : Percutaneous transpedicular vertebroplasty with PMMA : operative technique and early results. A prospective study for the treatment of osteoporotic compression fractures. *Eur Spine J* 9 : 445-450 2000.
 - 15) Yeom JS, Kim WJ, Choy WS, et al : Leakage of cement in percutaneous transpedicular vertebroplasty for painful osteoporotic compression fractures. *J Bone Joint Surg* 85 : 83-89 2003.
 - 16) Corter B, Cotton A, Bourtry N, et al : Percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures : an open prospective study. *J Rheumatol* 26 : 2222-2228, 1999.
 - 17) Hodler J, Peck D, Gilula LA : Midterm outcome after vertebroplasty : predictive value of technical and patient-related factors. *Radiology* 227 : 662-668, 2003.
 - 18) Harrington KD : Major neurological complications following percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate : a case report. *J Bone Joint Surg* 83 : 1070-1073, 2001.
 - 19) Ratliff J, Nguyen T, Heiss J : Root and spinal cord compression from methylmethacrylate vertebroplasty. *Spine* 26 : E300-302, 2001.
 - 20) Lee BJ, Lee SR, Yoo TY : Paraplegia as a complication of percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate : a case report. *Spine* 27 : E419-422, 2002.
 - 21) Padovani B, Kasriel O, Brunner P, et al : Pulmonary embolism caused by acrylic cement : a rare complication of percutaneous vertebroplasty. *AJNR* 20 : 375-377, 1999.
 - 22) Jang JS, Lee SH, Kung SK : Pulmonary embolism of polymethylmethacrylate after percutaneous vertebroplasty : a report of three cases. *Spine* 27 : E416-418, 2002.
 - 23) Childers JC Jr : Cardiovascular collapse and death during vertebroplasty. *Radiology* 228 : 902-903, 2003.
 - 24) Phillips FM, Todd WF, Lieberman I, et al : An in vivo comparison of the potential for extravertebral cement leak after vertebroplasty and kyphoplasty. *Spine* 27 : 2173-2178, 2002.
 - 25) Bohner M, Gasser B, Baroud G, et al : Theoretical and experimental model to describe the injection of a polymethylmethacrylate cement into a porous structure. *Biomaterials* 24 : 2721-2730, 2003.
 - 26) Berusch S, Heisel C, Muller J, et al : Influence of cement viscosity on cement interdigitation and venous fat content under in vivo conditions : a bilateral study of 13 sheep. *Acta Orthop Scand* 73 : 409-415, 2002.
 - 27) 星野雅俊ほか：骨粗鬆症性椎体骨折に対する内視鏡とバルーンを用いた椎体形成術。新OS Now No.27 整形外科最新技術－手技のポイントとコツ。 (高岡邦夫 編) : p84 ~ 90, 2005.



脊椎

骨粗鬆症性椎体骨折に対する内視鏡とバルーンを用いた椎体形成術

大阪市立大学大学院医学研究科整形外科

星野雅俊

大阪市立大学大学院医学研究科整形外科

助教授 中村博亮

大阪市立大学大学院医学研究科整形外科

教授 高岡邦夫

高齢化社会の到来で、骨粗鬆症性椎体骨折患者が増加傾向にある。この骨折に対しては一般的に保存療法が選択され、おおむね予後良好である。しかし一部の症例では骨癒合不全、偽関節へ進展することがある。偽関節化した場合には、頑固な疼痛が遷延し ADL(日常生活動作)は極度に障害され、寝たきりになる場合も少なくない¹⁾。

近年、骨粗鬆症性椎体骨折に対して、calcium phosphate cement(以下、CPC)を使用した椎体形成術が行われ、良好な成績が報告されている^{2,3)}。

しかし、CPCの血液混入による強度低下、術中矯正不足や術後矯正損失による遺残後弯変形、セメント椎体外漏出による肺塞栓症などの合併症の問題、後壁損傷例への適応などの問題点が残されている。

著者らは、骨粗鬆症に伴う椎体骨折の偽関節例に対して、偽関節部に存在する壊死組織、肉芽組織の搔爬と十分なCPC挿入腔の形成を目的として、ウロマチックバルーンと内視鏡を応用した椎体形成術を行ってきた。ここでは、この術式の適応と手術法を紹介し、その治療成績についても述べる。

手術適応

遷延する強い腰背部痛のため、ADLを制限された骨粗鬆症性椎体骨折骨癒合不全・偽関節症例で、椎体後壁損傷はないか、あっても軽微なものとし、運動麻痺のある症例は除外した。骨癒合不全(偽関節)の診断は、受傷後3~6カ月経過し、動態X線側面像、とくに臥位後屈像と立位前屈像とで前方椎体高に明らかな差のあるもの、MRIのT2強調像において椎体内に液体成分の貯留の確認ができるものとした。

術前準備

◆外固定・リハビリテーション

術前に硬性装具(thoraco-lumbo-sacral orthosis; TLSO)を作製する。また、高齢者でADLが高度に障害された例では、術前に床上リハビリテーション、とくに下肢筋力増強を目的とした訓練を十分行っておく。

◆術前評価

術前CTにより、進入経路となる罹患椎の椎弓根部分の解剖学的特徴(椎弓根径、方向)を把握しておく。CPCの挿入部位は椎体前上部に優位とすべきと思われるので、CTで椎体サイズも計測し、術中CPC挿入時の参考にする。

◆手術器具

膝用関節鏡光学器械一式，X線透視装置，8 Fr.ウロマチックバルーンカテーテルを用意する。椎体内搔爬器具は，通常の小径の鋭匙，鉗子類でよい(図1)。CPCはバイオベックス®-Rを使用した。

手術体位，麻酔

全身麻酔下(可能であれば低血圧麻酔下)に，4点支持フレーム(Hall frame)を使用し，腹臥位で行う(図2)。体位をとるときはX線イメージで罹患椎が前後像，側面像とも正確に確認できるように4点支持フレームの位置を調節する。この体位をとることによって，ある程度の椎体の変形矯正が得られる。

手術手技

◆アプローチ

イメージ透視下に罹患椎の椎弓根を同定する。その背側部に約2 cmの小皮切を加えた後，MED(Micro Endoscopic Discectomy)用ダイレーターで筋層間を展開し，椎弓後面に到達する。10 ccのプラスチック注射筒を創部の深さに合わせて切断し，レトラクターの代わりに設置する。再度，イメージ透視下に椎弓根部を同定し，オウルにて開孔する。

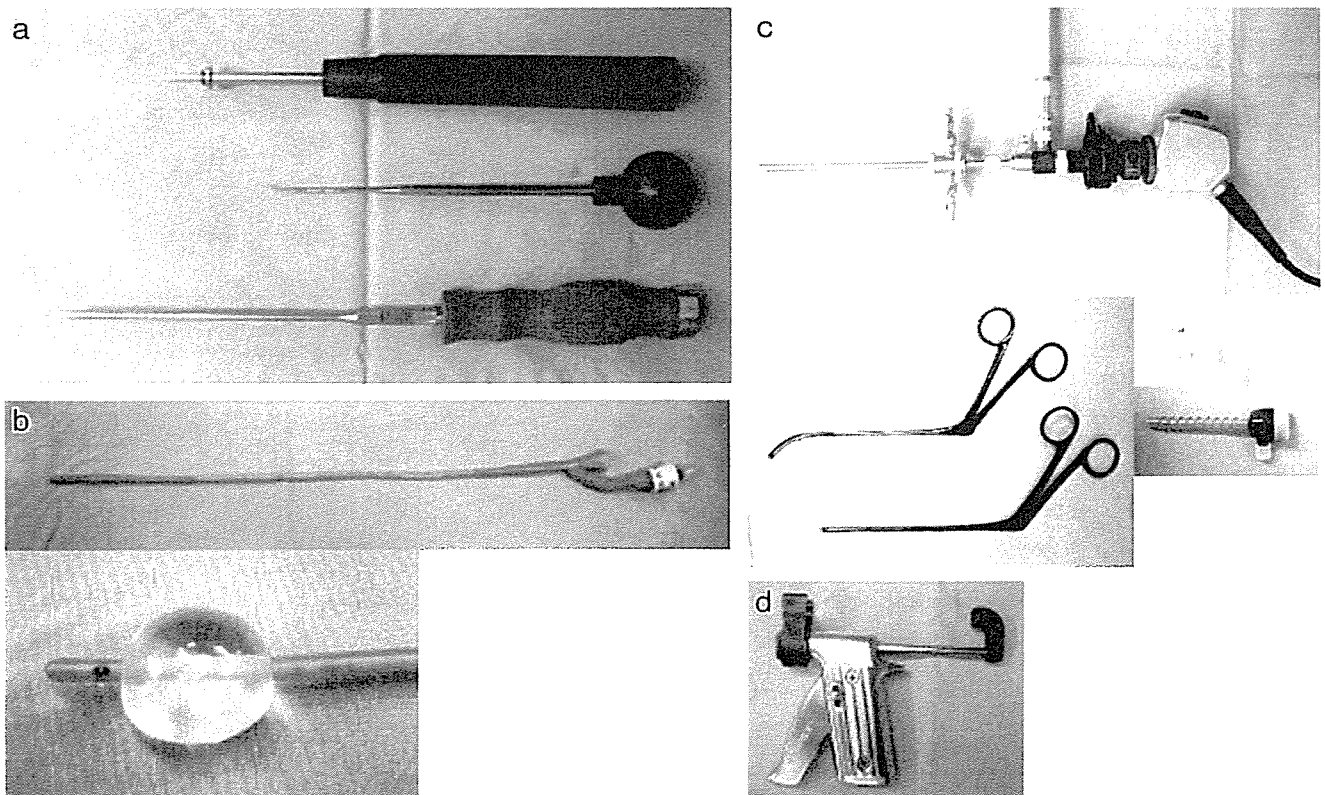


図1 手術器具

a：アプローチに使用するオウル，ペディクルプローブ，タップ。

b：8Fr.ウロマチックバルーンカテーテル。

c：膝用関節鏡光学器械一式。10ccの注射器をレトラクターの代わりに使う。椎体内搔爬器具は，通常の小径の鋭匙，鉗子類でよい。還流開始時は，ユニバーサルカニューレを使う。

d：CPC注入用セメントガン。

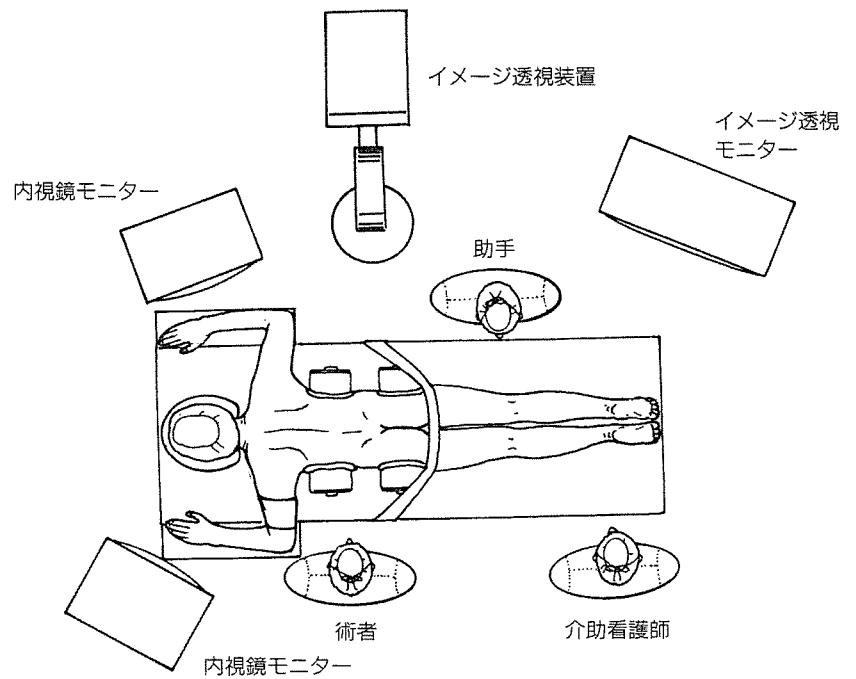


図2 術中体位, 器具の配置

4点支持フレーム(Hall frame)使用による腹臥位で行う。イメージ透視で罹患椎が前後像, 側面像とも正確に確認できるように4点支持フレームの位置を調節する。

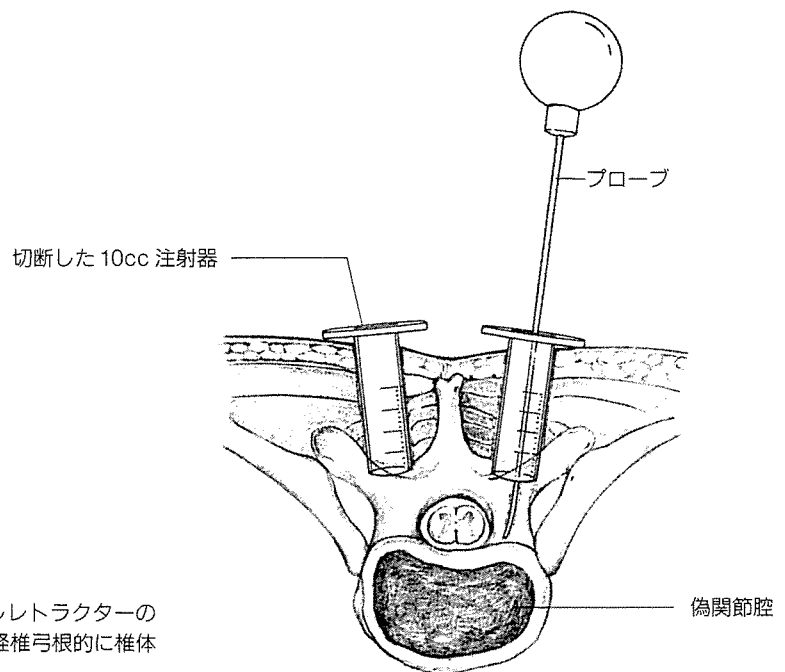


図3 アプローチ

10ccの注射器を創部の深さに合わせて切断しレトラクターの代わりに設置する。ペディクルプローブにて経椎弓根的に椎体内に到達する。

次いでイメージ透視を側面像に変更してペディクルプローブで椎弓根から椎体内に到達する。タッピングを行い椎弓根部の孔径を拡大する。同様の操作を反対側椎弓根にも行う(図3)。

◆バルーン挿入・椎体矯正

両側の経椎弓根椎体開通孔に連続性があることを確認するため, 片側から生食水を注入し, 反対側の孔からの流出を確認する。この流出があれば両側の椎弓根孔が, 椎体内の偽関節腔を通じて交通したことを示す。その後, 片側より経椎弓根的に8Fr.ウロマチックバルーンを椎体内に挿入し, イソビストの注入によってバルーンを膨らませ, バルーン的位置, 膨大状況, 椎体高の増大をイメージ下に観察する(図4)。

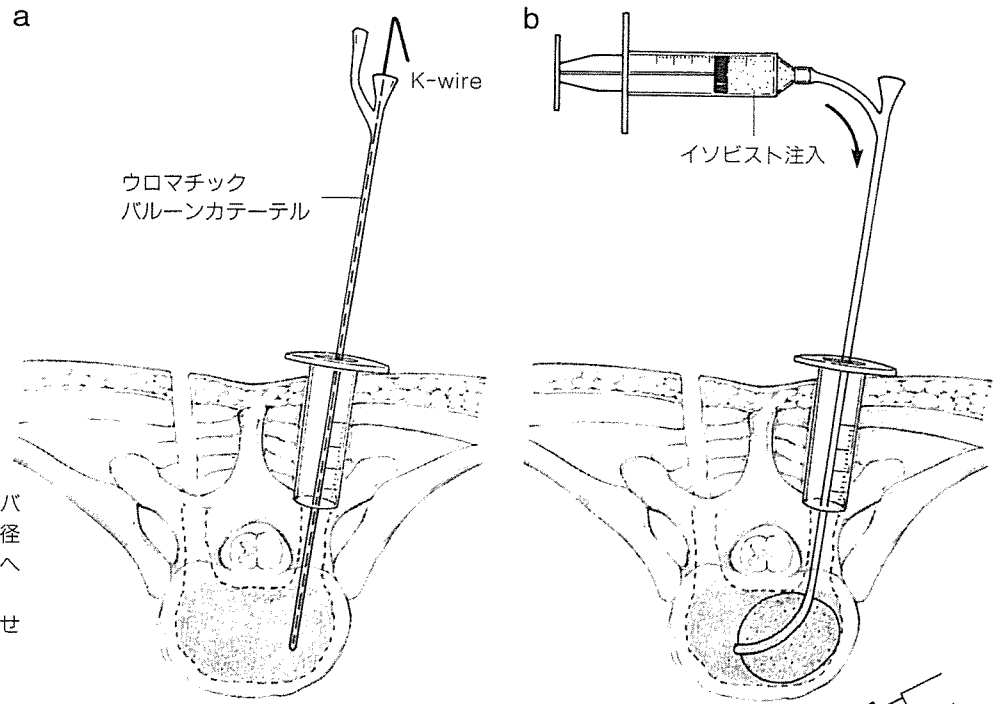


図4 バルーン挿入・椎体矯正

a: 経椎弓根的に8Fr.ウロマチックバルーンを椎体内に挿入する。管腔内に径0.8mmのK-wireを挿入し、椎体内への挿入を図る。
b: イソピストにてバルーンを膨らませる。

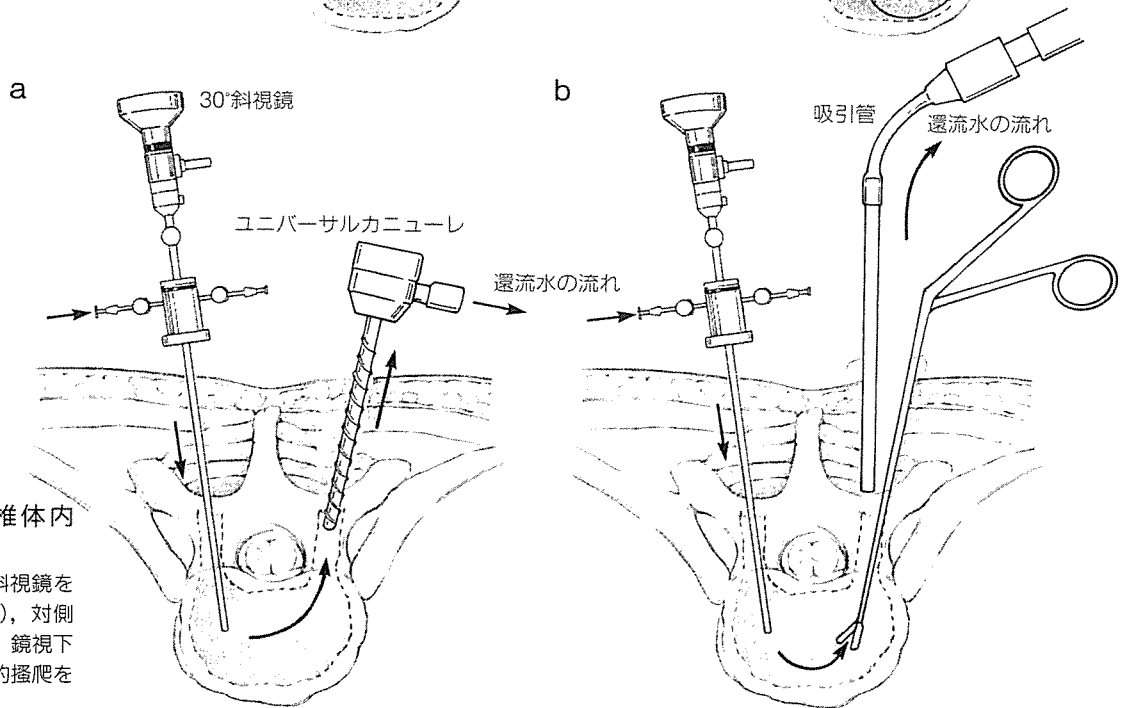


図5 内視鏡挿入・椎体内搔爬

膝関節鏡に用いる30°の斜視鏡を片側椎弓根から挿入し(a), 対側椎弓根孔から鉗子を入れ、鏡視下に偽関節腔内組織の可及的搔爬を行う(b)。

◆内視鏡挿入・椎体内搔爬

バルーンを抜去して、膝関節鏡に用いる30°の斜視鏡を片側椎弓根から挿入し、対側椎弓根孔から鉗子を入れ、鏡視下に偽関節腔内肉芽組織を可及的に搔爬する。以上の操作を対側椎弓根からも行う(図5)。

◆椎体造影, CPC挿入

イソピストを椎体内に直接注入し、イメージ下に椎体外への漏れがないことを確認した後、専用セメントガンを用いて、CPCを挿入し、手術を終了する。CPCは、粉剤12gに対して液量2.8~3.0mlとし、通常より粘度を上げて使用する(図6)。

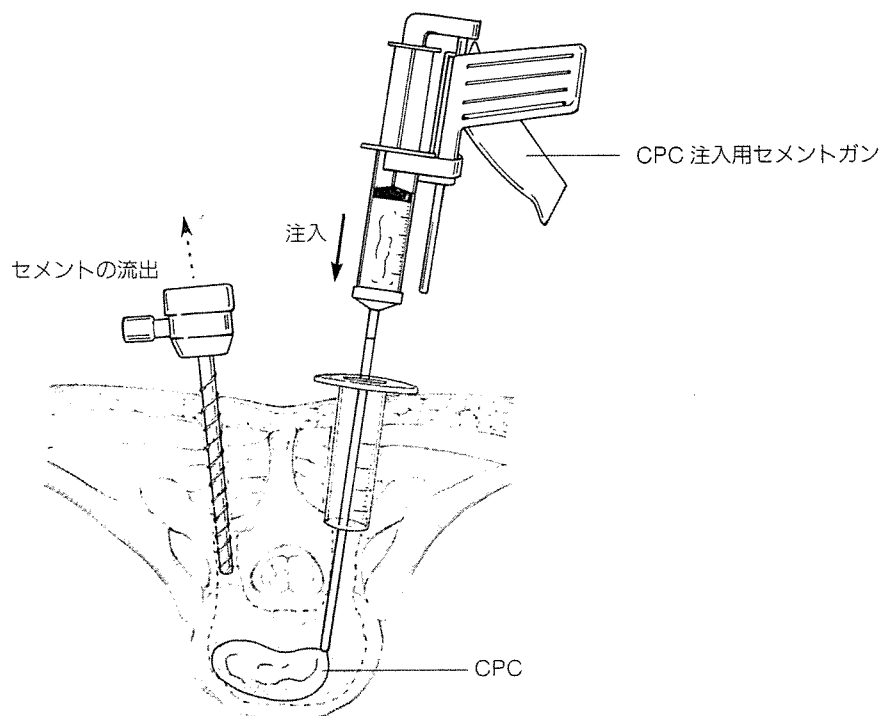


図6 CPC挿入

造影剤の椎体外への漏れがないのを確認した後、専用セメントガンを用いて、CPCを挿入し手術を終了する。

【手術のコツ，注意点】

- ①経皮的な手技を避け、必ず約2cmほどの皮切を椎弓根直上におく。骨粗鬆症の強い症例では経皮的にブラインドで経椎弓根的な作業を行うと、椎弓根部の骨皮質を貫通する危険性があり、これを避けるためである。
- ②ペディクルプローブで経椎弓根的に椎体内へ進入する場合、イメージによる透視方向を側面とし、椎体前面をプローブが貫通しないように注意する。通常前方骨皮質の骨性抵抗のため、このような貫通は起こりにくいですが、骨粗鬆症による骨折の場合、その骨欠損や骨脆弱性のため発生しうる。
- ③ウロマチックバルーンカテーテルを椎弓根内に挿入する場合、管腔内に先端が鈍な径0.8mmのKirschner鋼線(以下、K-wire)を挿入し、椎体内に至る。またバルーンの先端に5mmほどの膨らまない部分があるため、椎体内の前方部にバルーンが十分に入らない場合には、この部分をはさみで切断する。
- ④関節鏡で椎体内を観察する場合、生食水を灌流し続けることが必要で、作業当初は被切除部が見えにくい場合でも、徐々に観察が容易になる。
- ⑤骨セメントを実際に注入する場合には、その前に必ずイソビストを注入し、椎体外への漏れがないかを確認する。硬膜外への漏出が認められた場合は、顆粒状アパタイトの充填など、ほかの術式に切り替えることが必要である。
- ⑥骨セメント注入時には、直前まで椎体内偽関節部を生食水で洗浄し、セメント内への血液の混入を防ぐようにする。
- ⑦対側の椎弓根にユニバーサルカニューレを椎体後縁レベルまで挿入し、この部から余分なセメントの流出することを確認する。こうすることで、万一椎弓根内側に小孔があいていた場合でも、脊柱管内へのセメント漏出は予防できる。

後療法

術翌日より自力体交を許可する。創は2.0~2.5 cm と小さく、吸収糸で埋没縫合を行っているため抜糸は行わない。CPCが最高強度に達するとされる術後3日目に、硬性装具を装着させ、起立歩行訓練を開始する。その後硬性装具は約3カ月装着させる。

手術成績

当科において、この手技で椎体形成術を行った骨粗鬆症性椎体骨折偽関節症例は9例10椎体(男性3例, 女性6例, 平均年齢72歳)である。椎体骨折発生から手術までの期間は平均5.7カ月, 術後追跡期間は平均7.6カ月, 罹患椎はTh12が6椎体, L2が2椎体, L1, L4がそれぞれ1椎体であった。術前後のX線学的観察は, 6カ月以上経過観察できた7例8椎体(男性3例, 女性4例, 追跡期間平均8.9カ月)について行った。%椎体高(罹患椎の前壁高または後壁高/上下正常椎体の前壁高または後壁高 $\times 100$), および, 局所後弯角を, 手術前, 手術直後, 最終経過観察時に計測した。

手術時間は平均181分(135~215分), 出血量は平均101 ml(10~250 ml)であった。術直後より, 疼痛の著明な改善が得られ, 術前6例が寝たきり, 1例が車椅子移動, 2例が歩行器歩行であったが, 術後全例において独歩が可能となった。%椎体高は平均値で, 前壁で術前47%, 術後86%, 最終72%であり, 後壁で術前81%, 術後90%, 最終82%であった。局所後弯角は術前17°, 術後5.5°, 最終観察時11°であった。合併症として, 肺塞栓症を代表とする全身合併症は1例も認められなかった。プローブにより椎弓根内側壁を貫通した症例が1例あり, この部からのセメント漏出がみられた。

考察

CPCは血液の混入によって硬化体の力学的強度が低下すると報告されているが⁴⁾, 生体内での硬化状況の詳細は不明である。椎体内での無血野の獲得は不可能であるため, CPCの硬化を促すには注入前に十分に腔を形成し, セメント注入直前まで生食水による同部の洗浄を行うことが必要と考える。また, 十分な腔の形成により, CPCの低圧注入が可能となり, 高圧注入に伴う椎体外へのセメント漏れや, 後壁骨片の脊柱管内への突出を予防でき, また偶発する肺塞栓症の予防にも有効である。また, 高齢者椎体骨折による局所後弯変形は頑固な腰背部痛の原因となることがあり, また可及的に良好な脊柱アライメントを保持することは上下椎体の骨折発生の予防に重要である。

関節鏡を応用し, 鏡視下に椎体内偽関節内壊死組織の搔爬を行うことで, 骨伝導能をもつCPCと母床骨を直接結合させれば, 早期に椎体安定性が獲得でき, 矯正の保持に有利と考える。

本法では, 特殊な器具を用いず, 汎用されているウロマチックバルーンカテーテルを使用して, 椎体高の開大と腔の作製を図った。短期成績であるが, 本法は骨粗鬆症性椎体骨折偽関節例に対して有用な手技であると考え。今後は, さらに利便性を高めるための椎体内搔爬器具の開発や, 骨形成因子の付加による骨癒合促進などが課題である。

症例提示

77歳，男性。第12胸椎骨折。体をひねった後，腰背部痛出現，保存療法を行ったが症状が改善せず，発症後6カ月に本法による手術を行った。術前は強度の腰痛のため，寝たきりであった。椎体形成術によって椎体前縁

の%椎体高は術前27%が，術直後100%に矯正され，術後1年においても80%に保持されていた。局所後弯角は，25°，8°，16°と推移した。現在，独歩が可能である(図7)。

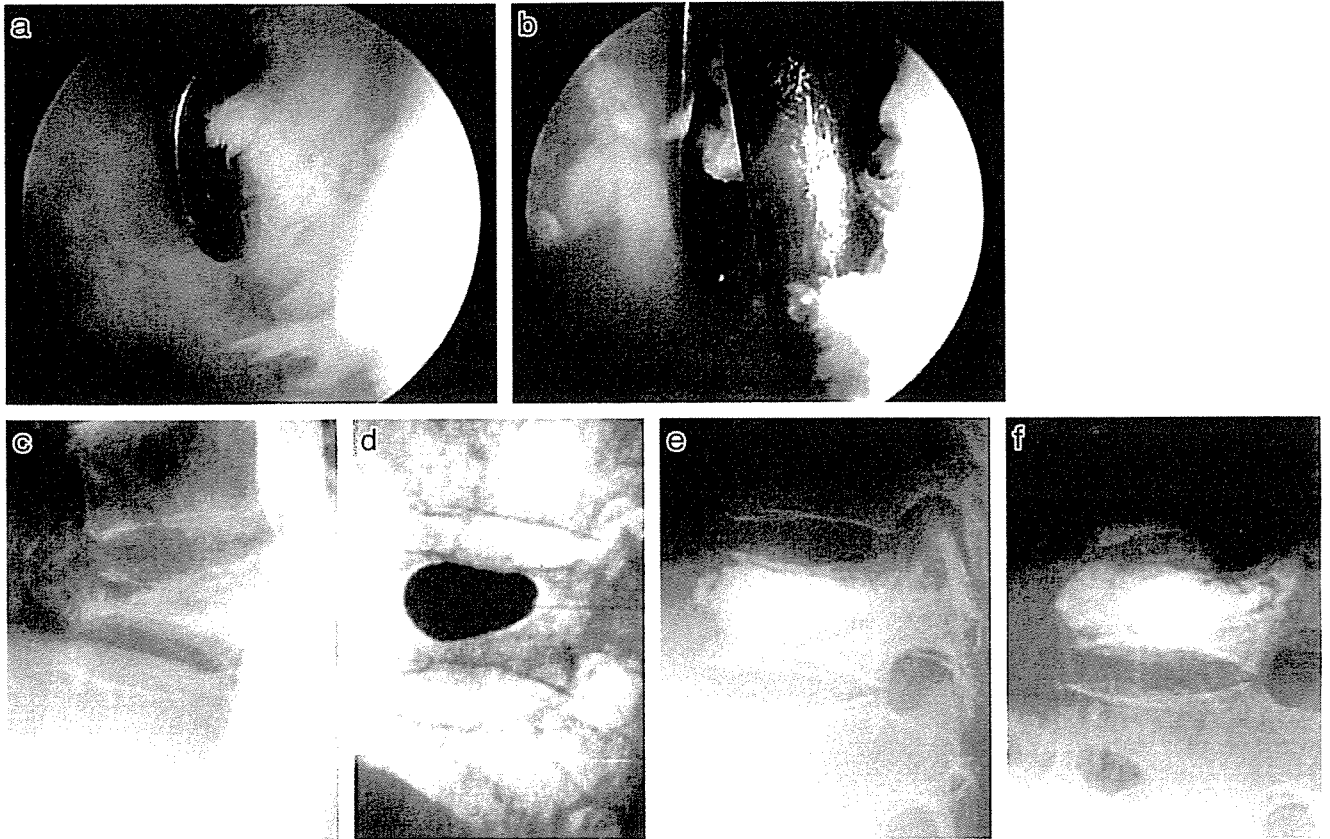


図7 症例提示

a, b: 椎体内鏡視像。鋭匙，鉗子を使って，椎体内の偽関節内腔壊死組織を可及的に搔爬する。

c: 術前X線像(受傷後6カ月・偽関節)。d: 術中イメージ像(バルーン挿入)。e: 術直後X線像(CPC挿入後)。f: 術後1年X線像。

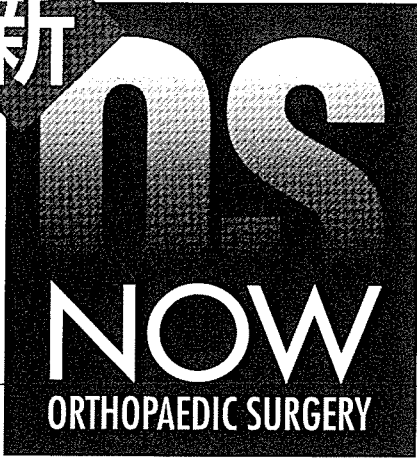
c~f: 椎体形成術によって椎体前縁の%椎体高は術前27%が，術直後100%に矯正され，術後1年においても80%に保持されていた。

●文献

- 1) 種市 洋ほか：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．臨床整形外科，37(4)：437-442，2002.
- 2) 武政龍一ほか：骨粗鬆症性椎体骨折に対するリン酸カルシウム骨ペースト注入による椎体内修復術．臨床整形外科，37(4)：457-465，2002.

- 3) Nakano M, et al: Percutaneous transpedicular vertebroplasty with calcium phosphate cement in the treatment of osteoporotic vertebral compression and burst fractures. J Neurosurg Spine, 97(3)：87-93, 2002.
- 4) 武者芳朗ほか：リン酸カルシウム骨セメントへの血液混入の影響に関する検討．整形外科，55(2)：227-232，2004.

新



新世代の整形外科手術

27

整形外科最新技術 —手技のポイントとコツ

■担当編集委員

高岡邦夫
大阪市立大学大学院医学研究科
整形外科教授

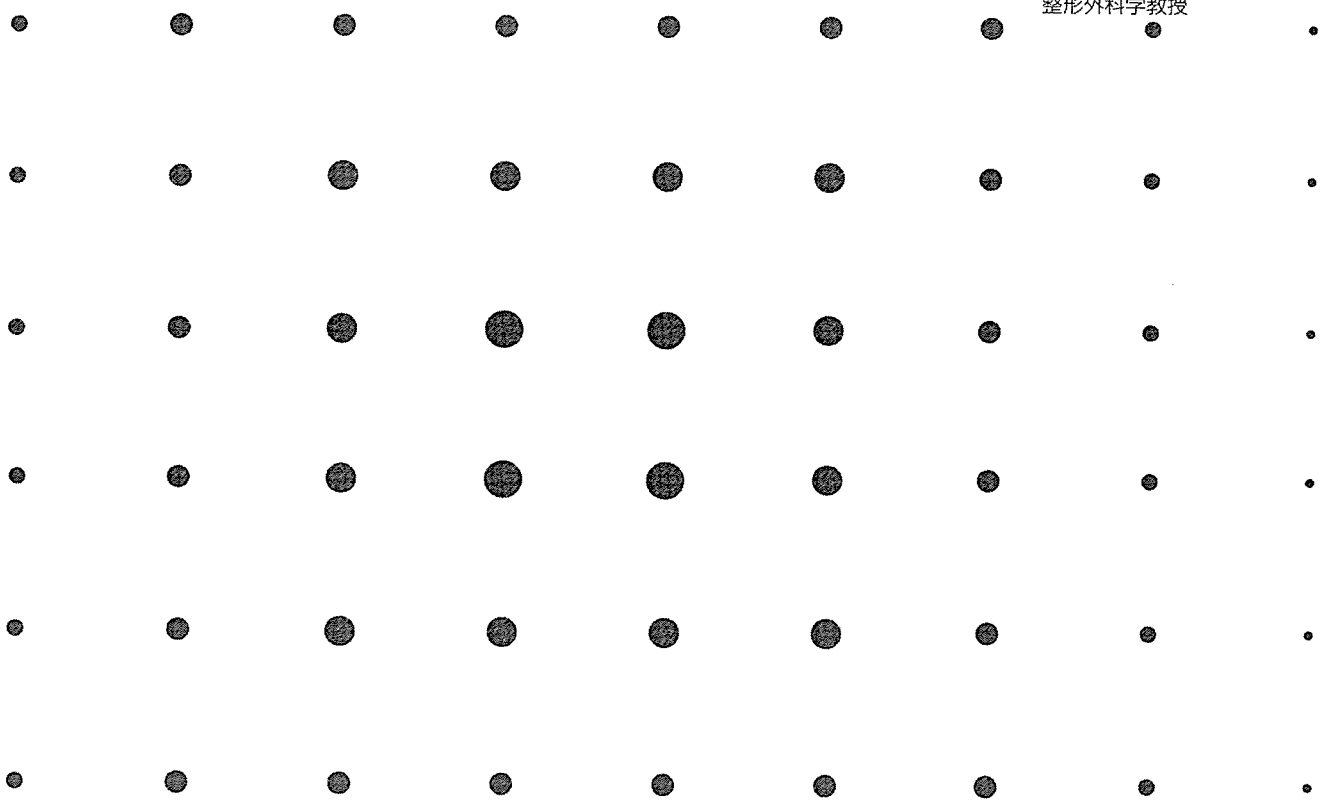
■編集委員

高岡邦夫
大阪市立大学大学院医学研究科
整形外科教授

岩本幸英
九州大学大学院医学研究院
整形外科教授

落合直之
筑波大学大学院
人間総合科学研究科教授

清水克時
岐阜大学大学院医学研究科
整形外科学教授



脊椎

腰椎変性すべり症に対する 後腹膜鏡下前方固定術

大阪市立大学大学院医学研究科整形外科
助教授 中村博亮大阪市立大学大学院医学研究科整形外科
教授 高岡邦夫

1991年にObenchain¹⁾が初めてL5/S間の椎間板ヘルニアの切除に内視鏡を応用して以来、内視鏡の脊椎手術への応用は現実的なものとなった。またわが国でも1996年以降内視鏡を用いた脊椎手術が臨床応用され、報告されている^{2~7)}。著者らも1997年以降腰椎変性疾患、とくに変性すべり症に対して、後腹膜鏡視下に前方固定術を施行してきた⁸⁾。本法はminimally invasive techniqueであると同時に、前縦靱帯、後縦靱帯、椎間関節などの腰椎支持組織を温存でき、一方では損傷のみられる椎間板組織を切除することができる方法である。ここではその手技の詳細について述べる。

手術適応

腰椎変性疾患に対する椎体間固定術の適応については統一された見解がないが、前屈時後方開大のみられる例、すなわち角状不安定性の強い症例に椎体間固定術を行うとする報告が多い^{9~11)}。腰椎変性すべり症で不安定性のみられるもの、とくに前屈時に5°以上の後方開大のみられる症例を本法の適応とした。

術前準備

造影CTを施行し総腸骨動脈の分岐部の位置を確認する。本法ではL4/5間に左側側方からアプローチすることが多いが、総腸骨動脈分岐部が通常よりも高位にある場合にはこれが進入路の邪魔になり、アプローチが困難になる。これを確認するためには三次元CTを構築すると容易に判断できる。また、下位腰椎では腸腰筋の容積が大きくなっており、手技上の問題点となるため術前に確認しておく。腸腰筋の前縁が椎体の前縁を越えて存在する場合には、本法は適応しにくい。

また、気腹法で行うため術中に後腹膜腔内にCO₂ガスを充満させ視野を確保するが、高炭酸ガス血症を誘発する可能性があり^{12,13)}、この際には呼吸回数を増加させる必要がある。この点について術前に担当の麻酔科医師と十分に協議しておく。

手術手技

◆体位および術者の位置

手術は右下側臥位で行い、腋窩および腋窩～大転子下にクッションを挿入する。この際、目的とする椎間(通常L4/5間)が真側面に描写されるように注意をはらう。術者は患者の腹側に立ち、第1助手も同様に腹側に立つ。これは第1助手が鏡像イメージを見ることを

避けるために重要である。手術用モニターを術者の正面に置き、できれば第2助手用にもう1つのモニターを患者の頭側に置く。また術中に使用するイメージをモニターの側方に位置しておく(図1)。

◆ポートの作製および後腹膜腔の展開

ポートは通常左側壁に4つ作製し、互いの位置関係は菱形になるようにする(図2)。最初のポートの作製は1の位置に行くが、目標とする椎間の直上に小皮切をおき、open methodで行う。側腹壁には図3に示すように、外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋が存在するが、各々筋線維の方向に剝離し、後腹膜腔に到達する。腹横筋を横方向に剝離後、通常は豊富な脂肪組織が確認でき、これが後腹膜腔の指標になる(図4)。

後腹膜腔を示指先端で可及的に展開後、バルーンを挿入し、後腹膜腔をさらに展開する(図5)。この第1ポートにトロカーを挿入し、気腹法によって作製した後腹膜腔空間を保持し、内視鏡を挿入して後腹膜腔内を観察する。第2~4のポートの作製は、オプティカルトロカー(先端部の抵抗がある場合のみ刃先が突出する)を用いて行う。この際、トロカー先端が後腹膜腔内に挿入される様子を内視鏡下で観察しながら挿入する。

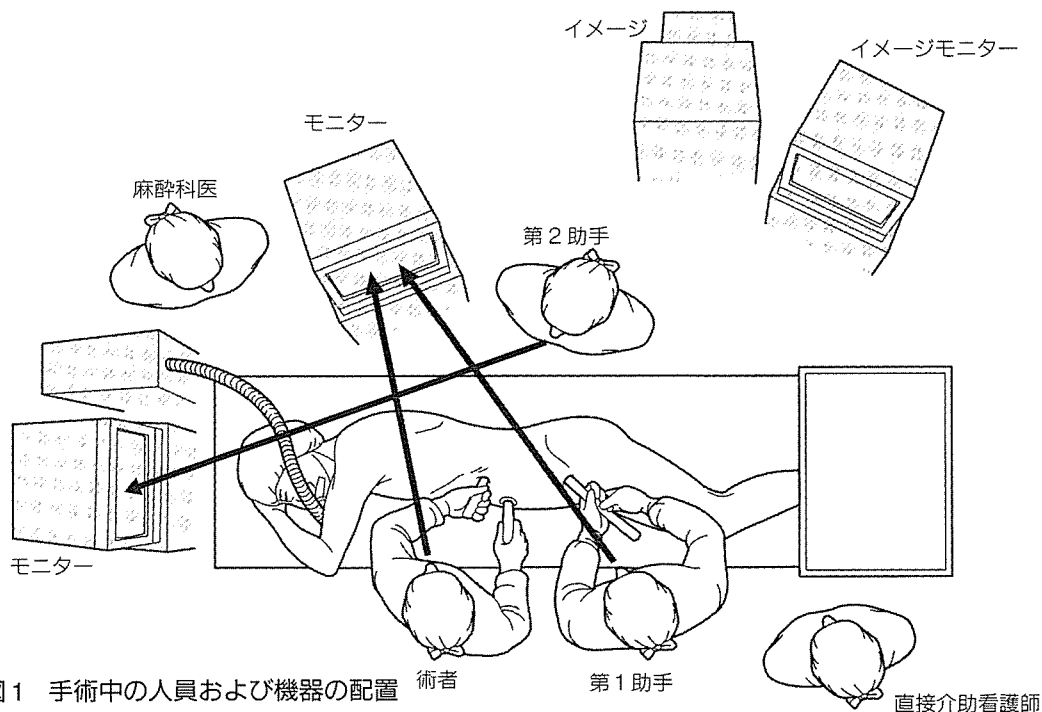


図1 手術中の人員および機器の配置

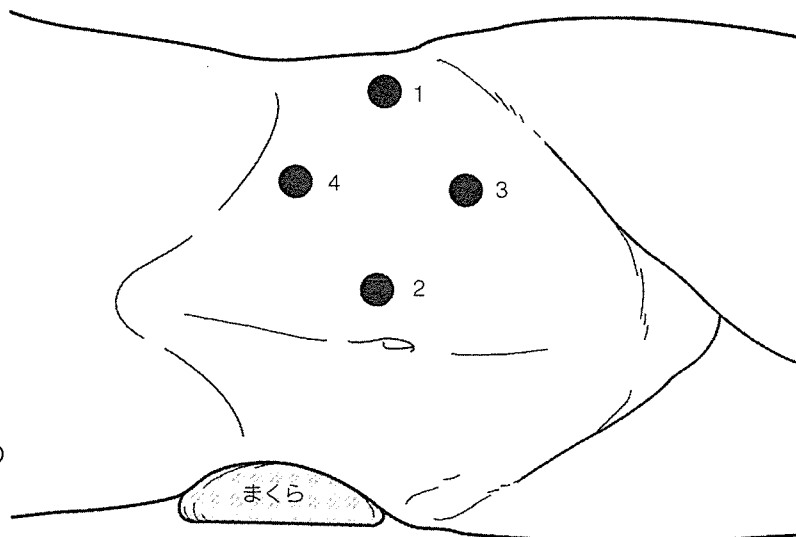


図2 それぞれのポータル
位置関係

◆大腰筋の露出および後方への圧排

バルーンで十分に後腹膜腔を拡大しておく、通常は大腰筋の側面が観察できる。鈍的に後腹膜を前方へ剝離し、大腰筋の前面および椎体側面、大動脈から左総腸骨動脈を露出する(図6)。

次に、大腰筋を後方へ圧排するが、そのために著者らは特別な工夫をしている(psoas strapping technique, 図7)¹⁴⁾。前腹壁のポートから後腹膜腔内に血管テープを挿入し、挿入した血管テープの一端を鉗子で把持する。これを大腰筋のできるだけ椎体寄りに挿入した後、後方の皮膚外へ引き抜く。同一テープの他端を大腰筋に挿入せずに同一孔から後方皮膚外へ引き抜く。テープの両端を後方へ引っ張ることで、大腰筋の圧排が可能になる。この方法は鏡像イメージしか観察することのできない第2助手が間欠的に、また容易に大腰筋の圧排を行うことができるため有用である。

◆椎間板の掘削

大腰筋の圧排が完了したら、イメージで目的とする椎間に誤りがないかを確認する。次に、ハーモニックスカルフェルあるいは電気メスで椎間板組織に切開を入れる。椎間板前

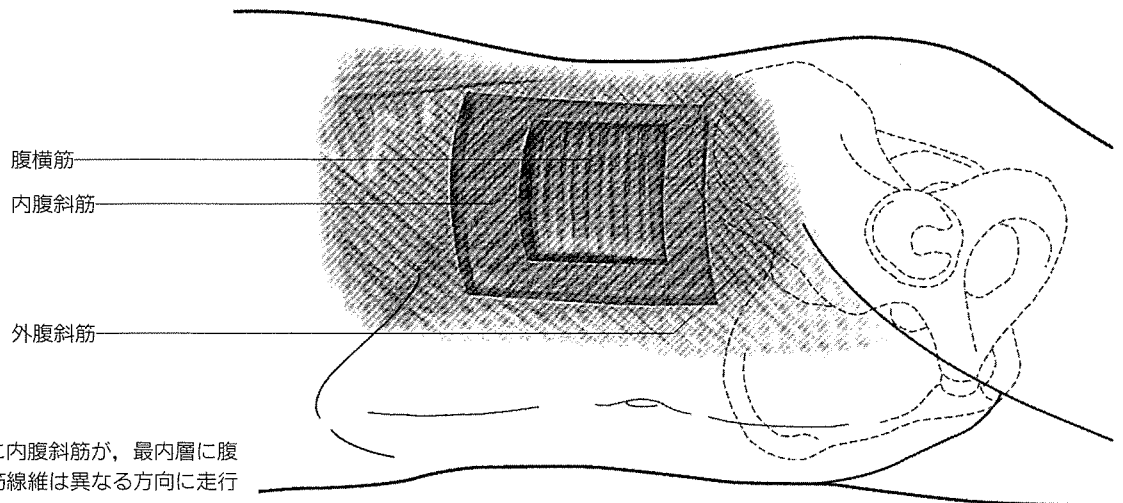


図3 側腹壁の筋層

最外層に外腹斜筋が、中間層に内腹斜筋が、最内層に腹横筋が存在する。それぞれの筋線維は異なる方向に走行している。

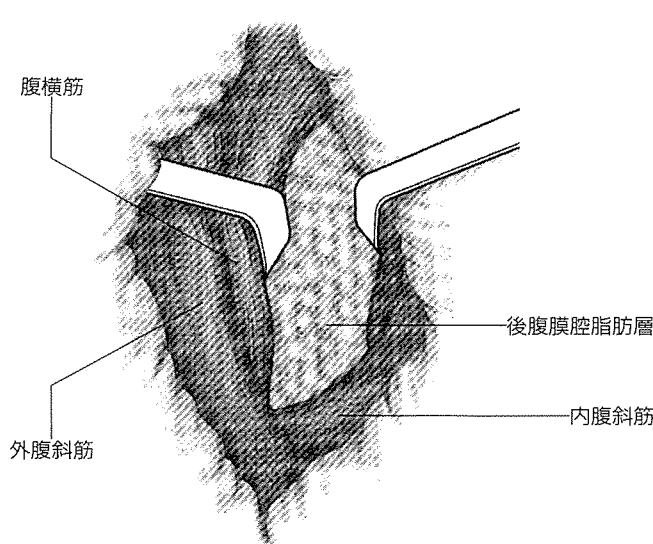


図4 後腹膜腔の展開

外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋をその筋腹の方向に筋鉤で分けていくと、脂肪層が確認できる。この脂肪の存在が後腹膜腔へ到達した指標になる。

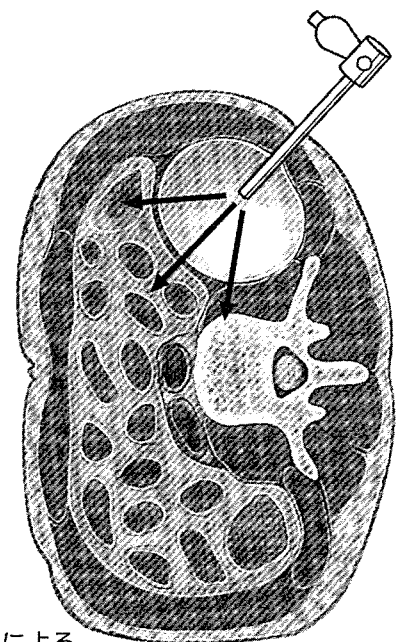


図5 バルーンによる後腹膜腔の拡大

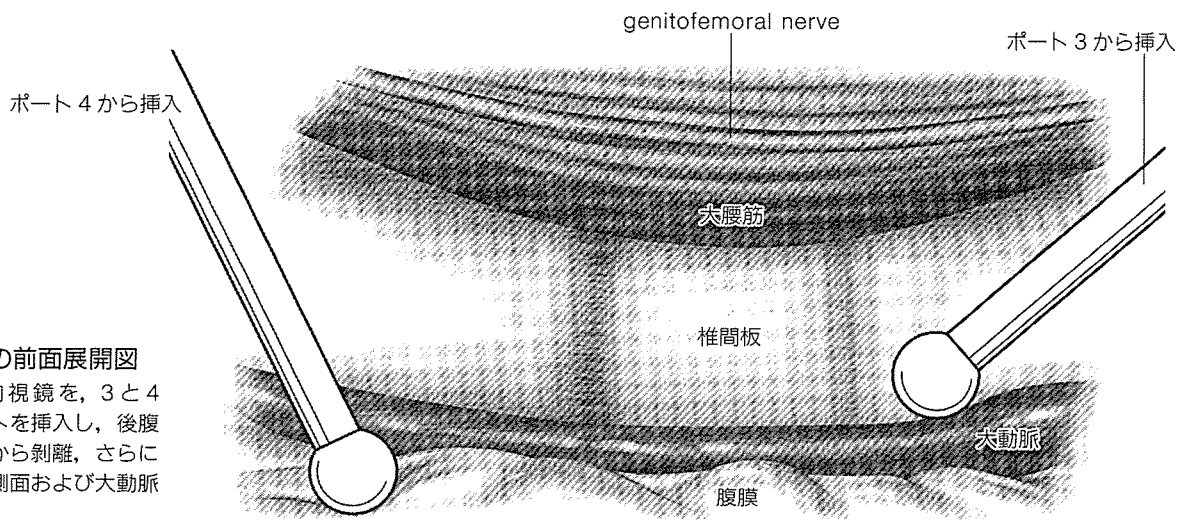


図6 大腰筋の前面展開図

ポート2から内視鏡を、3と4からパージェットを挿入し、後腹膜を大腰筋前面から剥離、さらには椎体、椎間板側面および大動脈を確認する。

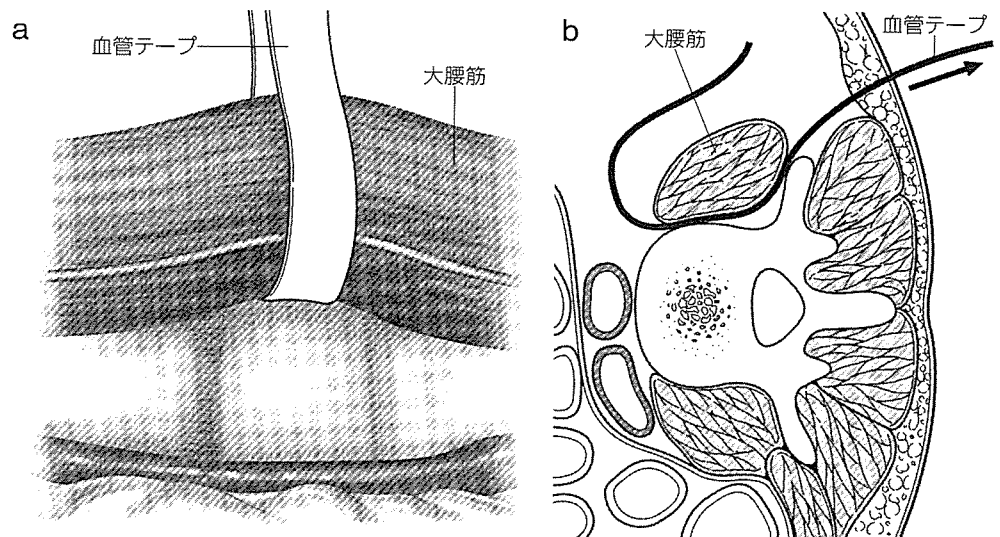


図7 大腰筋の圧排

ポート3の位置から内視鏡を挿入し、後腹膜腔内を観察しながら、鉗子先端に血管テープを把持し、これを大腰筋の椎体寄りに挿入、後方皮膚外へテープ先端を引き抜く。同一血管テープの他端を同様に鉗子で把持し、今度は大腰筋を貫かずに同一孔から後方皮膚外へ引き抜く。この血管テープの両端を引くことで、容易に大腰筋の圧排が可能になる。

方には交感神経節が観察できるがこれを傷めないよう前方によけ、神経節の後方の椎間板からその掘削を開始する。切開後は鋭匙と鋭匙鉗子を交互に使用し、椎間板を切除する(図8)。とくに上下のendplateの軟骨性部分を鋭匙で十分に切除する。

◆椎間ケージの挿入

椎間板組織が十分に掘削できたら、次に椎間ケージを挿入する。まずケージの径に合ったタングレトラクターを椎間に設置する。当初は当該椎間に1つのケージを側方から挿入していたが、現在では手技が習熟したことで、生体力学的観点から2つのケージを挿入している。タングレトラクターを椎間に設置後、タングレトラクターの形状が正円に写るように、レトラクターの向きを調節し、レトラクターの椎間板前後方向に対する位置をよく確認する。ケージを2つ挿入する場合は前方寄りに最初のケージを挿入する必要がある。

まず、ケージと同サイズのドリルでドリリング、次にタッピングを施行し、最後にケージを挿入する(図9)。これらの操作は、すべてイメージ透視下で腰椎正面像を確認しながら行い、ケージが椎間板のほぼ中央部に位置するように注意を要する。

◆ケージ内への骨移植

最初に作製したポートを腸骨側にずらし、新たな皮切をおくことなく腸骨を採取する。採取した腸骨は主として海綿骨の部分をチップ状として、骨移植用の筒状デバイスに充填

し、ケージ内に移植する。

◆創の閉鎖

最初に open 法で作製したポートについては、腹横筋、内腹斜筋、外腹斜筋それぞれの筋を縫合するが、その他の創については皮膚のみ1~2針の縫合とする。

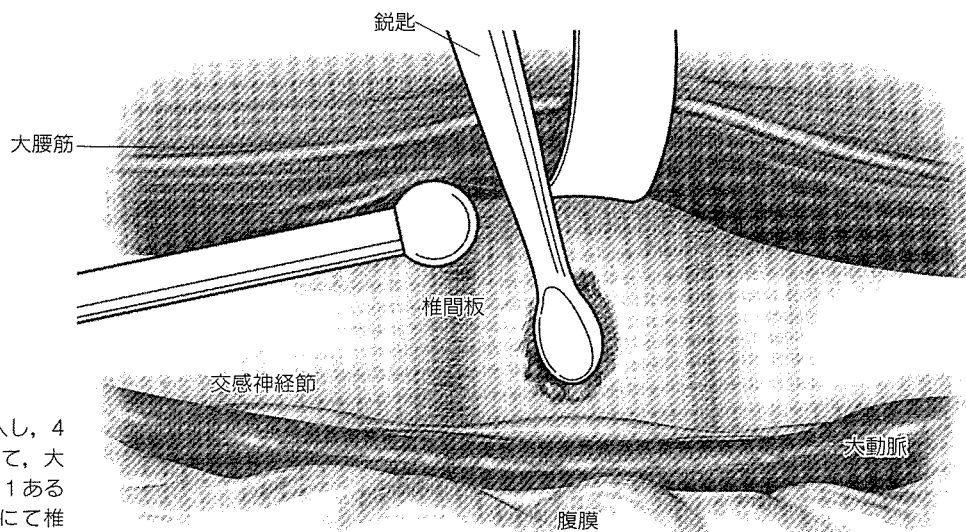


図8 椎間板の掘削

ポート3の位置から内視鏡を挿入し、4の位置からペーজেットを挿入して、大腰筋前面を後方へ圧排しながら、1あるいは2の位置から挿入した鋭匙にて椎間板を掘削する。

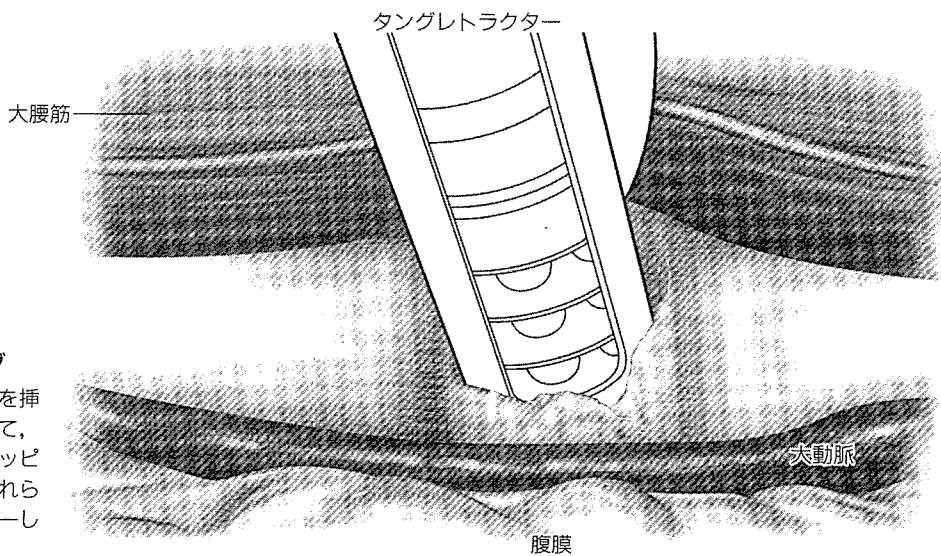


図9 ドリリング、タッピング

ポータル1からタングレトラクターを挿入し、3の位置から内視鏡を挿入して、術野を観察しながらドリリング、タッピング、またケージの挿入を行う。これらの操作はイメージで正面像をモニターしながら施行する。

【手術のコツ，注意点】

①術中にケージを挿入する際，左側方向からのケージ挿入となる。とくに2つのケージを挿入する場合には，できるだけ正確な側方向からのケージ挿入が望ましい。そのために手術体位をとる際には，イメージにて椎体のendplate像がずれていないか，椎体後縁が二重に写っていないかを十分に確認し，真側面像をモニターできるように工夫しておく。

②術中は皮切部からのCO₂ガスの漏出があると，視野が確保しにくくなる。その際には再度CO₂ガスが後腹膜腔に充満するのを待って，十分に術視野を確保してから作業を進める。

③持続的に腸腰筋を圧排すると，genitofemoral nerveの支配領域に術後疼痛が生じることがあるため，圧排する必要のないときは，これを弛めるようにする。

平均手術時間，出血量など

内視鏡手術は二次元画像を見ながら操作を進めるため，learning curveが存在する。施行当初は内視鏡下手技に時間を要したが，徐々にその時間は短縮し，現在では約3時間程度で後方からの同時手術が可能となった。出血量は平均179.0 mlで，後方からの手技と比較して有意に少なかった。

術後の注意点，後療法

術直後は腸管の動きに注意を払い，腸管蠕動音が微弱であるときには蠕動を亢進するよう薬剤を投与する。現在本術式の後療法はクリニカルパスを作成し，これに準じて行っており，術後3日目に離床し，2週目に退院している。

術後成績

著者らはこれまで28例の変性すべり症に対して，後腹膜鏡視下前方固定術を施行してきた。

当初の10例は後方からの除圧術とペディクルスクリューを用いたインストゥルメンテーションを先行させ，約3週間後に前方から後腹膜鏡視下前方固定術を施行した(第1群)。次の10例に対しては，後腹膜鏡視下に椎間ケージを斜め方向に1つ挿入した後，一次的に後方から片側進入両側除圧術，両側椎間関節のPLLAスクリューによる固定術を施行した(第2群)。また，21例目以降の症例に対しては，後腹膜鏡視下に前方に2つのケージを挿入し，後方からは片側進入両側除圧術のみを施行した(第3群)。

経過観察期間は平均で第1群62.1カ月，第2群31.9カ月，第3群11カ月であった。JOAスコアの改善率はそれぞれ78.4±8.8%，74.7±16.0%，76.7±11.6%で各群間の差は認められなかった。X線学的検討では，すべり率は第1群で術前平均17.0%が術直後11.1%に矯正され，経過観察時12.2%に変化した。第2群ではこれらの値は16.9%，10.9%，13.7%と推移し，第3群では15.8%，11.1%，11.2%と推移した。第3群の代表的な1例の術前後X線像を図10に示す。

考察

内視鏡視下手術は、整形外科領域でもとくに後方法を主として施行されるようになってきている。著者らは、腰椎変性疾患に対して後腹膜鏡視下に前方固定術を施行してきた。本法では大血管への操作が不要で、腰椎の力学的構成要素である前縦靱帯、後縦靱帯を温存でき、また後方要素では、力学的安定性に最も関与している椎間関節を温存できる。手技への習熟には訓練を要するが、後方からの椎体間固定術と比較して、その手術的侵襲は少なく、今後内視鏡や周辺機器の発達とともにさらなる発展が期待できる。

症例提示

第3群の代表的症例を図10に示す。

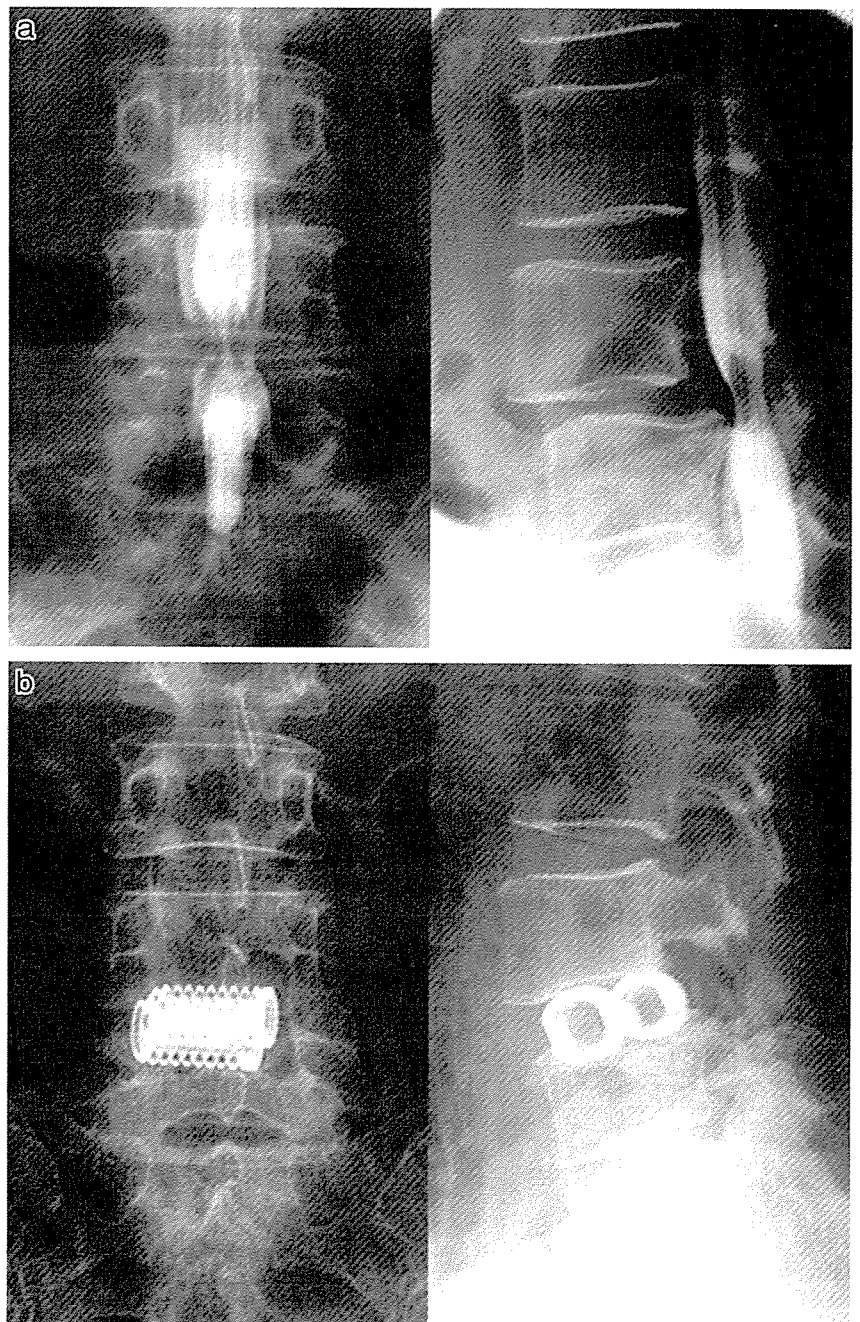


図10 症例

54歳，女性。

a：L4の変性すべりがみられ，同部で硬膜管は圧排を受けている。

b：前方に径16mmのケージ，後方に14mmのケージを挿入し，前弯の形成を図った。

●文献

- 1) Obenchain T : Laparoscopic lumbar discectomy ; Case report. J Laparoendosc Surg, 1 : 145-149, 1991.
- 2) 出沢 明, 草野信一 : 脊椎内視鏡の歴史と現状と展望 ; 内視鏡前方固定術から内視鏡椎間板ヘルニア日帰り手術まで . 脊椎脊髄ジャーナル, 17 : 620-625, 2004.
- 3) 山縣正庸ほか : 最小侵襲手術の実際 ; 脊椎シースを用いた鏡視下腰椎前方固定術の手術手技 . 脊椎脊髄ジャーナル, 17 : 57-60, 2004.
- 4) 平泉 裕 : イラストレイテッドサージェリー手術編 胸椎椎間板ヘルニア 内視鏡を用いた前方摘出術 . 脊椎脊髄ジャーナル, 16 : 891-899, 2003.
- 5) 矢吹省司ほか : 手術手技私のくふう ; 脊髄砂時計腫に対する鏡視下手術の応用 . 臨床整形外科, 37 : 827-832, 2002.
- 6) 夏山元伸 : 顕微鏡対内視鏡脊椎手術 ; 胸腔鏡視下脊椎手術の適応と実際 . 整形外科最小侵襲手術ジャーナル, 19 : 16-25, 2001.
- 7) 夏山元伸, 熊野 潔 : 腰椎椎間板症に対するチタンケージを用いた内視鏡下腰椎椎体間固定手術 . 関節鏡, 25 : 147-151, 2000.
- 8) 中村博亮ほか : 最小侵襲による脊椎外科 ; 腹腔鏡を応用した腰椎前方固定術の経験 . 日本整形外科学会雑誌, 73 : 604, 1999.
- 9) Bridwell KH : Acquired degenerative spondylolisthesis without lysis. The textbook of spinal surgery, Second edition, edited by Bridwell KH and Dewald RL. Lippincott-Raven Publishers, 1997, p1299-1315.
- 10) 金田清志 : 腰椎すべり症の分類, 病態と再建固定術, Anterior column support の概念から . 脊椎脊髄, 13 : 682-685, 2000.
- 11) 須田浩太ほか : 腰椎変性疾患固定術における anterior column support の要否 . 脊椎脊髄, 13 : 180-184, 2000.
- 12) 出沢 明, 斎藤竜太郎 : 基本手技シリーズ ; 後腹膜鏡視下脊椎手術手技と高二酸化炭素血症 . 内視鏡外科, 5 : 486-493, 2000.
- 13) 小坂橋俊哉ほか : 内視鏡併用脊椎前方固定術中に高二酸化炭素血症をきたした一例 . 臨床麻酔, 24 : 1817-1818, 2000.
- 14) Nakamura H, et al : Psoas strapping technique ; A new technique for laparoscopic anterior lumbar interbody fusion. I Am Coll Surg, 191 : 686-688, 2000.

骨再生医療と骨形成蛋白 (BMP)

寺井秀富 高岡邦夫

はじめに

整形外科領域では骨欠損部修復や骨折後偽関節部の骨再生促進法として、自家骨移植術をしばしば行う。自家骨移植が現時点でのもっとも効果的な骨再生促進法であることによる。しかし、自家骨移植に伴う合併症（採骨のための新たな手術創、採骨部の疼痛、知覚鈍麻、変形など）や採骨量に限界があることなどから自家骨移植にかわる、より効果的な骨再生促進技術が求められている。

昨今、整形外科領域の手術において小皮切や内視鏡併用による低侵襲手術 (minimum invasive surgery) の発展にみられるように、骨再生についても採骨しない低侵襲かつ効果的な方法が望ましい。そのためにセラミックやハイドロキシアパタイトなどの骨移植代替材料の開発が盛んに行われ、整形外科手術における骨充填材料として受け入れられている。しかし、これらの材料は骨伝導能を有するものの、自家骨移植にみられる骨形成促進作用は期待できないため、骨再生能力に限界がある。もし、これらの人工材料に骨形成促進活性を付与できれば、自家骨に勝る生体材料となるであろう。そのような骨形成促進効果が期待できるのが骨形成蛋白 (bone morphogenetic protein : BMP) を用いる方法である。現在 BMP (BMP-2, BMP-7) は遺伝子組換えによって合成され供給可能となっている。現時点での問題点は BMP をい

かに有効に生体材料と複合するかである。

本稿では BMP について解説し、BMP を用いた骨再生医療の近未来的な可能性について論述する。

■ BMP とは

BMP は骨芽細胞系細胞で産生、分泌されている一群の生理活性ペプチドである。その生物学的活性の特徴は、未分化間葉系細胞に作用して軟骨細胞または骨芽細胞へ分化誘導することである。歴史的には BMP は 1965 年に Urist¹⁾ によって塩酸脱灰した骨基質に存在することが発見され、その後長期の研究発展の結果、1988 年 Wozney ら²⁾ によって 2 種類の BMP (BMP-2, BMP-4) 遺伝子 (cDNA) がクローニングされて、その分子構造が明らかになった。その後、生命科学基礎的研究の発展に伴い BMP は *in vivo* での異所骨形成能や *in vitro* での未分化間葉系細胞から骨芽細胞への分化促進作用以外に、個体発生過程での体軸決定をはじめほかのさまざまな臓器の形成過程にも関与していることが明らかにされている³⁾。出生後の骨折治療過程でも、局所的に遺伝子発現の亢進によって仮骨形成に関与していることが報告されている^{4,5)}。

BMP の骨形成能を臨床的に応用するための研究としては、BMP の遺伝子導入や細胞工学的な方法への応用も考えられる。しかし研究の進捗状況からみて、BMP 遺伝子産物である遺

Key words : bone, BMP, drug delivery system

* Bone regeneration by bone morphogenetic protein (BMP)

** H. Terai (講師), K. Takaoka (教授) : 大阪市立大学整形外科 (Dept. of Orthop. Surg., Osaka City University School of Medicine, Osaka).