

- [25] Jingushi S, Urabe K, Okazaki K, Hirata G, Sakai A, Ikenoue T, Iwamoto Y. Intramuscular bone induction by human recombinant bone morphogenetic protein-2 with beta-tricalcium phosphate as a carrier: in vivo bone banking for muscle-pedicle autograft. *J Orthop Sci* 2002;7-4:490–4.
- [26] Yamada S, Heymann D, Bouler JM, Daculsi G. Osteoclast resorption of calcium phosphate ceramics with different hydroxyapatite/ β -tricalcium phosphate ratios. *Biomaterials* 1997;18:1037–41.
- [27] Kaneko H, Arakawa T, Mano H, Kaneda T, Ogasawara A, Nakagawa M, Toyama Y, Yabe Y, Kumegawa M, Hakeda Y. Direct stimulation of osteoclastic bone resorption by bone morphogenetic protein (BMP)-2 and expression of BMP receptors in mature osteoclasts. *Bone* 2000;27:479–86.

V. 骨粗鬆症の治療

骨粗鬆症性椎体骨折に対する
椎体形成術の現状中村 博亮*¹⁾ 高岡 邦夫*²⁾

骨粗鬆症性椎体骨折に対する椎体形成術は、損傷椎体の強度を保持あるいは増強させ、早期に疼痛を軽減させる手技として注目されている。通常は polymethylmethacrylate (PMMA) 骨セメントや calcium phosphate cement (CPC) 等の骨セメントが使用される。この際、椎体外へのセメントのリークあるいはそれに続発する神経合併症や肺塞栓症が問題となる。

これらの問題点を解消するために、あらかじめ椎体内に十分な空間を作成しておくことが必要で、我々はバルーンによる椎体内空隙形成および内視鏡下搔爬を応用した、椎体形成術を偽関節例に対して施行している。本方法により疼痛は著明に軽快し、それに伴い日常生活動作 (ADL) の改善が認められた。また肺塞栓症を代表とする全身合併症は認められなかった。今後の展望として、受傷後の予後不良因子を検討し、不良因子を有する症例に対してはより早期に本法を施行する必要がある。

*Vertebroplasty for osteoporotic vertebral fracture**Osaka City University Graduate School of Medicine**Hiroaki Nakamura, Kunio Takaoka*

Vertebroplasty for osteoporotic vertebral fracture has been published to enhance fractured vertebra and to reduce severe pain after the fracture. Bone cement such as Polymethylmethacrylate or calcium phosphate cement has been used for this procedure. However, serious neurological complication and pulmonary embolism might occur following the leakage of the cement.

In order to avoid these serious complications, it seems to be important to make an enough space in the vertebral body before injecting bone cement. For this purpose, we utilized balloon inflation and endoscopic resection of connective tissue for pseudoarthrosis following osteoporotic vertebral fracture. With this procedure, severe pain after the fracture improved dramatically. So far, we did not have any serious systemic complications

*大阪市立大学大学院医学研究科整形外科 ¹⁾ 助教授 (なかむら・ひろあき) ²⁾ 教授 (たかおか・くにお)

はじめに

椎体形成術は1987年Galibertら¹⁾によって血管腫の治療に初めて行われた。その後転移性骨腫瘍^{2)~4)}、血管腫、骨髄腫などの腫瘍⁵⁾や骨粗鬆症性椎体骨折に対しても用いられるようになった。骨粗鬆症性椎体骨折に対しては、骨変形の矯正、予防と疼痛軽減の目的で用いられている。本稿では、骨粗鬆症性椎体骨折に対する椎体形成術の現状について解説する。

適応

椎体形成術は、骨粗鬆症性椎体骨折後の偽関節が最もよい適応となる⁶⁾⁷⁾。偽関節の診断は①単純X線で椎体部にvacuum cleft像が存在するか、②前後屈像で椎体内に異常可動性が認められること、あるいは③磁気共鳴画像(MRI)において椎体内にT2強調像で高輝度性変化が見られることである。この場合に、椎体形成術は疼痛の軽減や日常生活動作(ADL)の改善に有効であるが、明らかな下肢神経症状を伴わないことが条件となる。

一方で、新鮮骨折例に対する椎体形成術も報告されている。中野ら⁸⁾は、その適応として①神経麻痺を伴わない有痛性の骨粗鬆症胸腰椎骨折、②疼痛による離床が困難であり、その原因が明らかで画像診断と一致すること、③保存療法の予後不良因子の検討に基づいて、胸腰椎移行部の骨折で椎体後壁損傷を伴うもの、としている。この予後不良因子については未だ十分に検討されているとは言えず、今後の検討が待たれる。

使用する補填材料

現在骨折部の補填材料としては、Polymethylmethacrylate(PMMA)骨セメント、calcium phosphate cement (CPC)あるいはハイドロキシアパタイトが用いられる。

PMMAは最大強度に達するまでの期間が短く、最大強度も約100MPaと言われており、罹患

椎体の強度を短期間で増加させる目的では最も適している。しかし、重合熱の問題や、モノマーの吸収による血圧低下問題が欠点としてあげられる。一方、CPCを使用した場合、骨伝導能があるために一部は骨に置換される可能性があることが利点である。しかし、その硬化には約3日間を要し、その間活動性の制限が余儀なくされることが欠点となる。また、両者について脊柱管内漏出や塞栓症の問題などが指摘されており、この点については骨セメント共通の欠点となる。

これらの欠点を補うために、松崎ら⁹⁾はハイドロキシアパタイトを補填材料として使用している。ブロックを用いるために術後の矯正損失は少なく、術後4週間で10%の損失が見られた後は安定化する傾向にあったとしている。

Vertebroplastyとkyphoplasty

Vertebroplastyは、骨折した椎体の変形を矯正せずに椎体内にセメントを充填し、椎体の強度を高める手技である。一方、kyphoplastyは、圧壊した椎体の椎体高を復元するために椎体内にバルーンなどを挿入し、圧壊した椎体を矯正し、その結果生じた椎体内の空隙に骨セメントを注入する方法である¹⁰⁾¹¹⁾。Kyphoplastyは造語であり、骨折部に形成された局所後弯を矯正する手技を併用した椎体形成術に対して用いられる。

合併症

椎体形成術に伴う合併症は、セメント注入に伴うものが多い。椎体へのセメント注入時の圧は2,000kPaにも達し¹²⁾、それに伴い椎体外への骨セメントのリークは20~71%に達すると言われて^{13)~17)}。

このセメントの漏出は脊髄や神経根の圧迫の原因となり¹⁸⁾¹⁹⁾、下肢麻痺が続発することもある²⁰⁾。また椎体外静脈叢へのセメントの混入は肺塞栓症の原因となり²¹⁾²²⁾、致命的な結果²³⁾を招くことも

ある。これら合併症のもととなるセメントの漏出は、セメント注入の器具や圧、粘調度によって左右される^{24)~26)}。

筆者らの椎体形成術

上記合併症を考慮して、我々はバルーンと内視鏡下瘻痕切除を応用した椎体形成術を偽関節例に対して応用しているため、その概略を解説する。

1. 手術手技

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。

(1) 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。その背側部に左右それぞれ約2cmの小皮切を加えた後、pedicle probe, tapを用いて経椎弓根的に椎体内に到達する。両側の椎弓根孔に連続性があることを確認するため椎弓根にユニバーサルカニューレを挿入し、片側から生理食塩水を注入し、反対側の孔からの流出を確認する。これが確認できれば、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。

(2) バルーン挿入・椎体矯正(図1)

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®(一般名:イオトロラン)の注入によってバルーンを膨らませ、バルーンの位置、膨大状況、椎体高の増大をイメージ下に観察する。

(3) 内視鏡挿入・椎体内搔爬(図2)

バルーンを抜去して、膝関節鏡に用いる30度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。

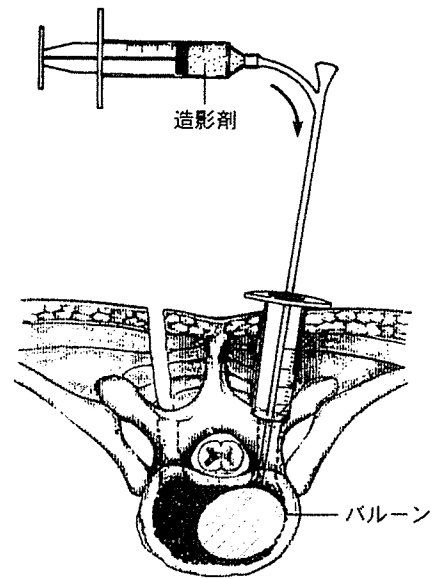


図1 バルーン挿入・椎体矯正

経椎弓根的にバルーンを椎体内に挿入し、造影剤(イソビスト®)でバルーンを膨らませる。この手技で椎体内に空隙が形成され、内視鏡による椎体内の観察が容易となる。
(文献27より)

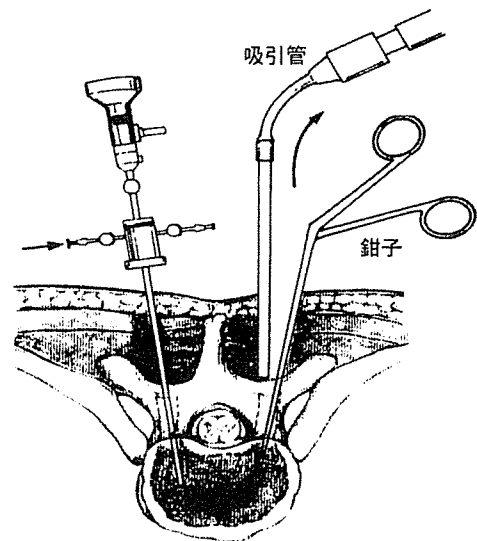


図2 内視鏡挿入・椎体内搔爬

一側椎弓根から30度斜視の関節鏡を挿入し、対側から曲がり鉗子を挿入して、偽関節部に形成された肉芽組織を可及的に搔爬する。

(文献27より)

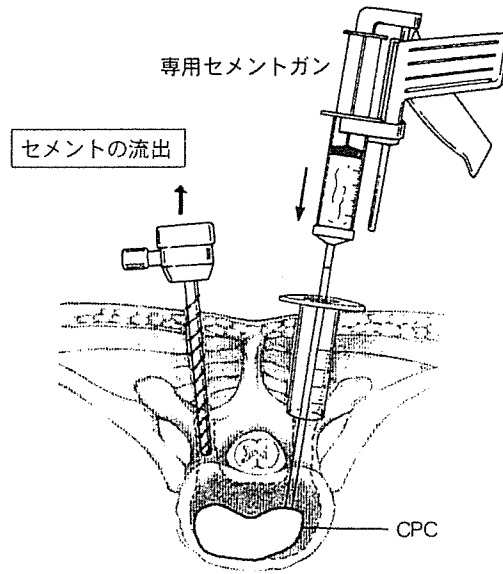


図3 椎体造影・CPC注入

造影剤を椎体内に注入して椎体外への造影剤の漏れが無いことを確認した後、専用セメントガンを使用して calcium phosphate cement (CPC) を椎体内に注入する。

(文献 27 より)

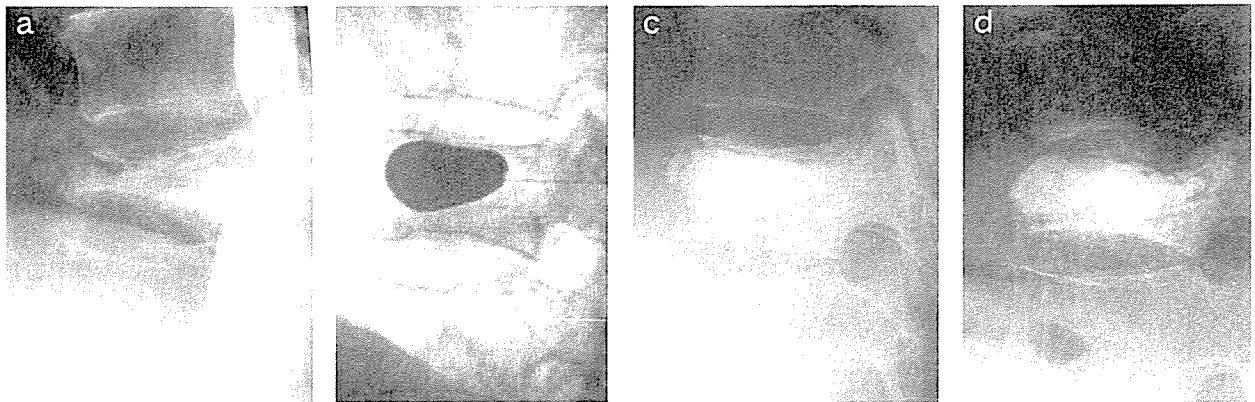


図4 77歳男性、第12胸椎骨折の症例

77歳男性、第12胸椎骨粗鬆症性椎体骨折後偽関節に対してバルーンによる椎体整復の後、内視鏡下に偽関節部の肉芽組織を搔爬し、calcium phosphate cement(CPC)を注入した。術直後椎体高が整復され、術後1年の時点で椎体高が約80%に保持されている。

- a. 術前 myelography : 椎体の圧壊と椎体内の vacuum cleft が確認できる。
- b. 術中透視画像 : 椎体内でバルーンが膨らむ様子が確認できる。
- c. 術直後 X 線像 : 椎体高は良く整復されている。
- d. 術後1年の X 線像 : 術直後に比較して約80%の椎体高が保持されている。

(文献 27 より)

(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

上述したごとく、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 polyethyleneacrylate 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 : Clinilca 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 treatedy percutaneous vertebroplasty. *Rhematology* 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 fracutures : an opne prospective study. *J Rhematol* 26 : 2222-2228, 1999.
 - 17) Hodler J, Peck D, Gilula LA : Midterm outcome after vertebroplasty : predictive value of technical amd patient-related factors. *Radiology* 227 : 662-668, 2003.
 - 18) Harrington KD : Major neurological complications following percutaneous vertebroplasty with polymethymethacryalte : 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 polymethymethacrykate : 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 verteroplasty 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方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はバイオペックス®-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。

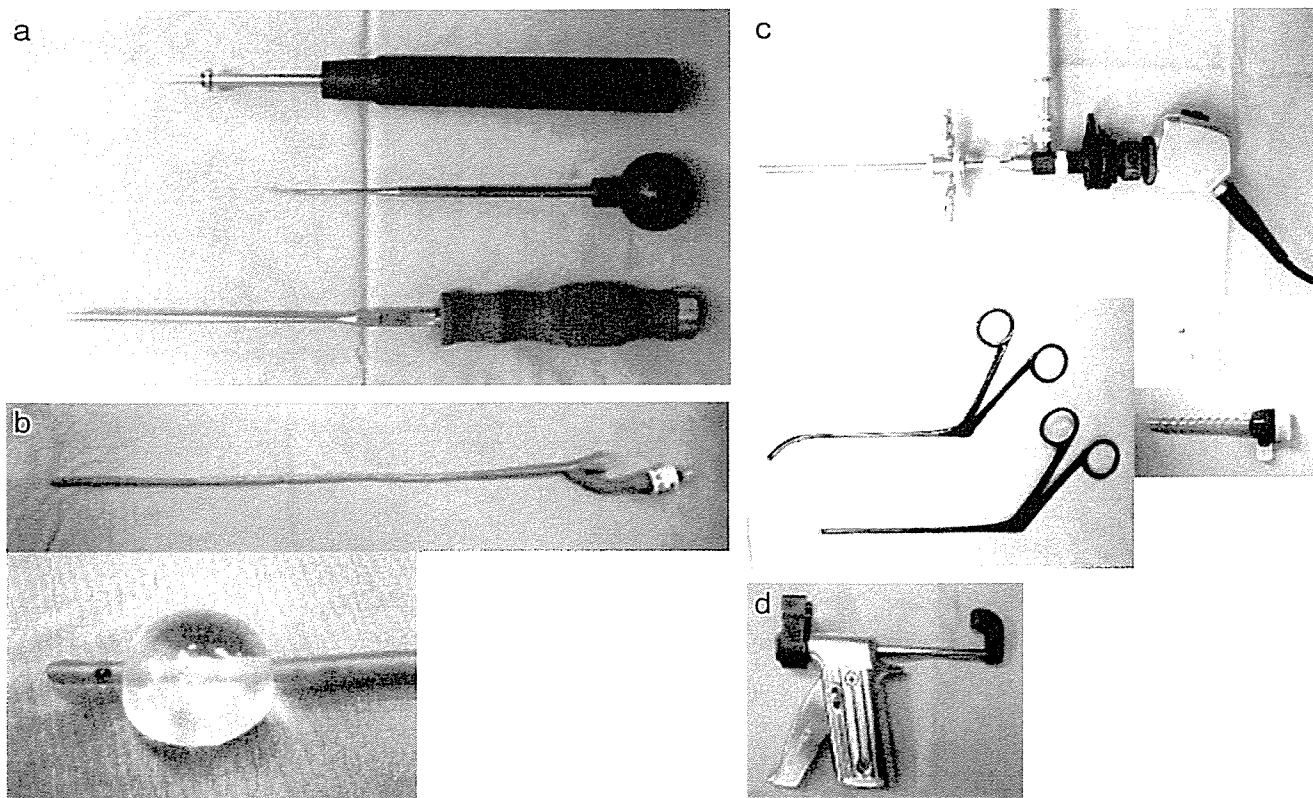


図1 手術器具

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。

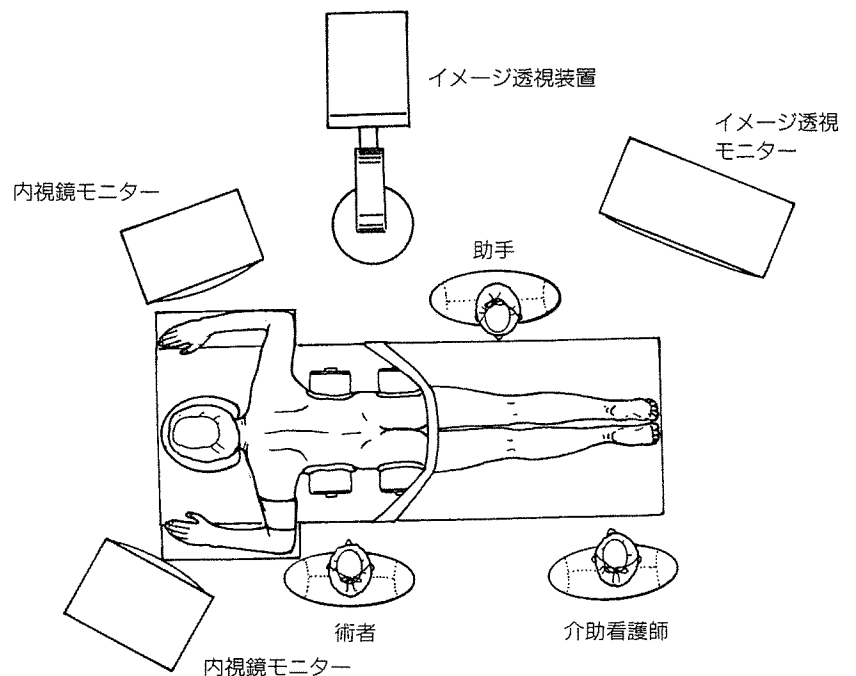


図2 術中体位，器具の配置

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。

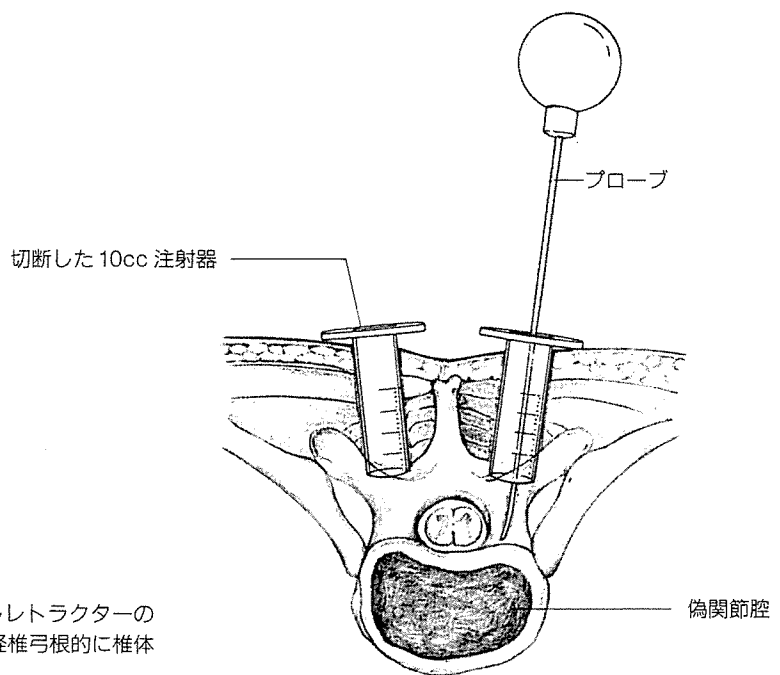


図3 アプローチ

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，イソピ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)。

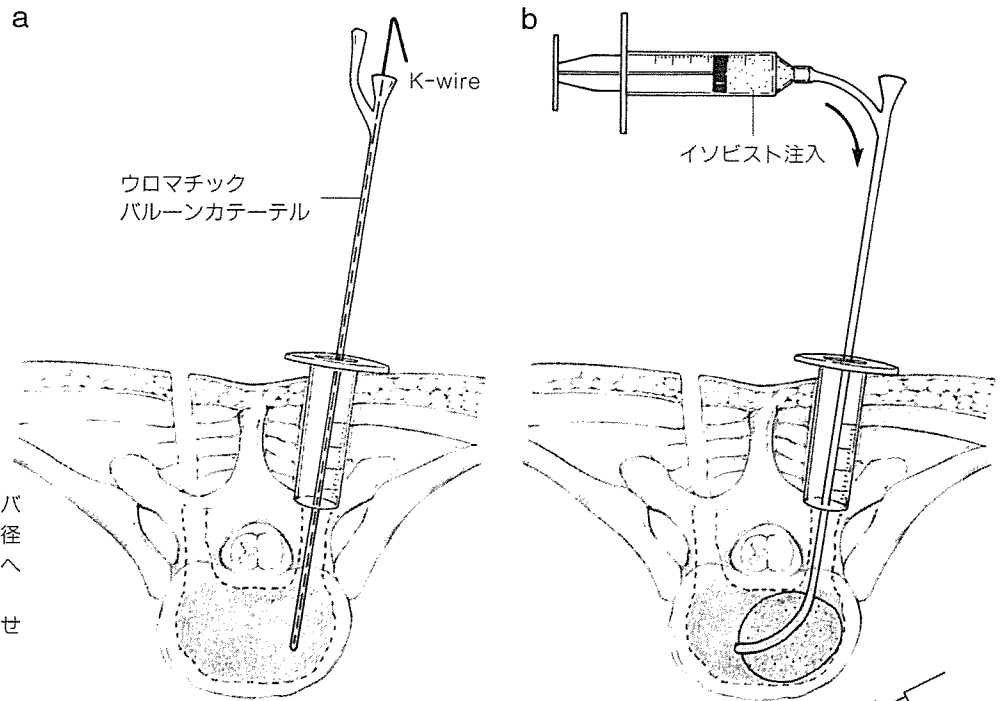


図4 バルーン挿入・椎体矯正
 a: 経椎弓根的に8Fr.ウロマチックバルーンを椎体内に挿入する。管腔内に径0.8mmのK-wireを挿入し、椎体内への挿入を図る。
 b: イソピストにてバルーンを膨らませる。

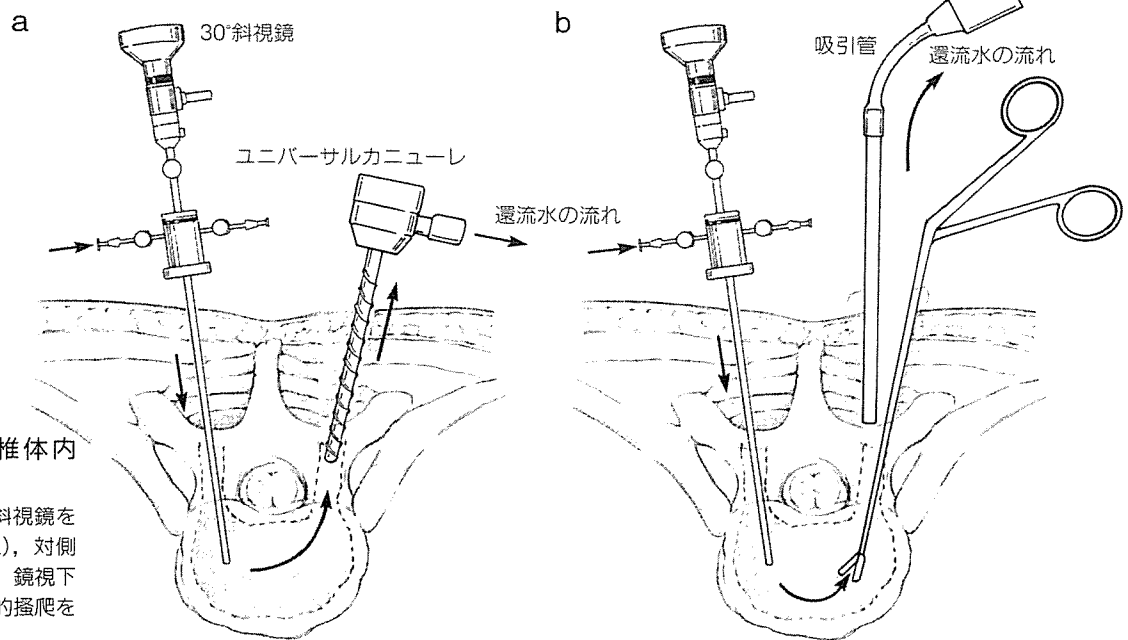


図5 内視鏡挿入・椎体内搔爬
 膝関節鏡に用いる30°の斜視鏡を片側椎弓根から挿入し(a), 対側椎弓根孔から鉗子を入れ、鏡視下に偽関節腔内組織の可及的搔爬を行う(b)。

◆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)。

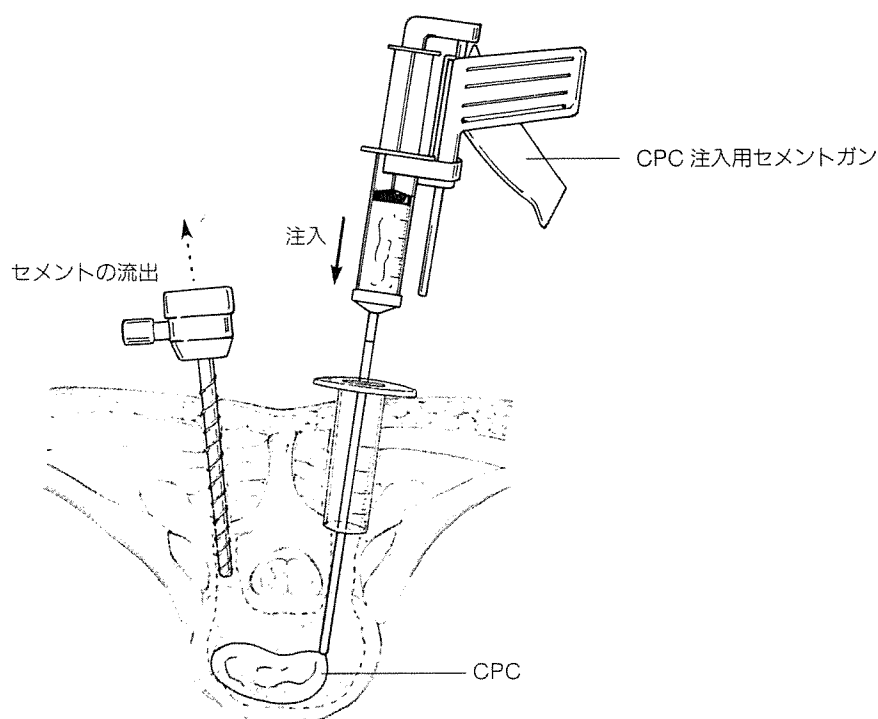


図6 CPC 挿入

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、その前に必ずイソピストを注入し、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×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られる。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)。

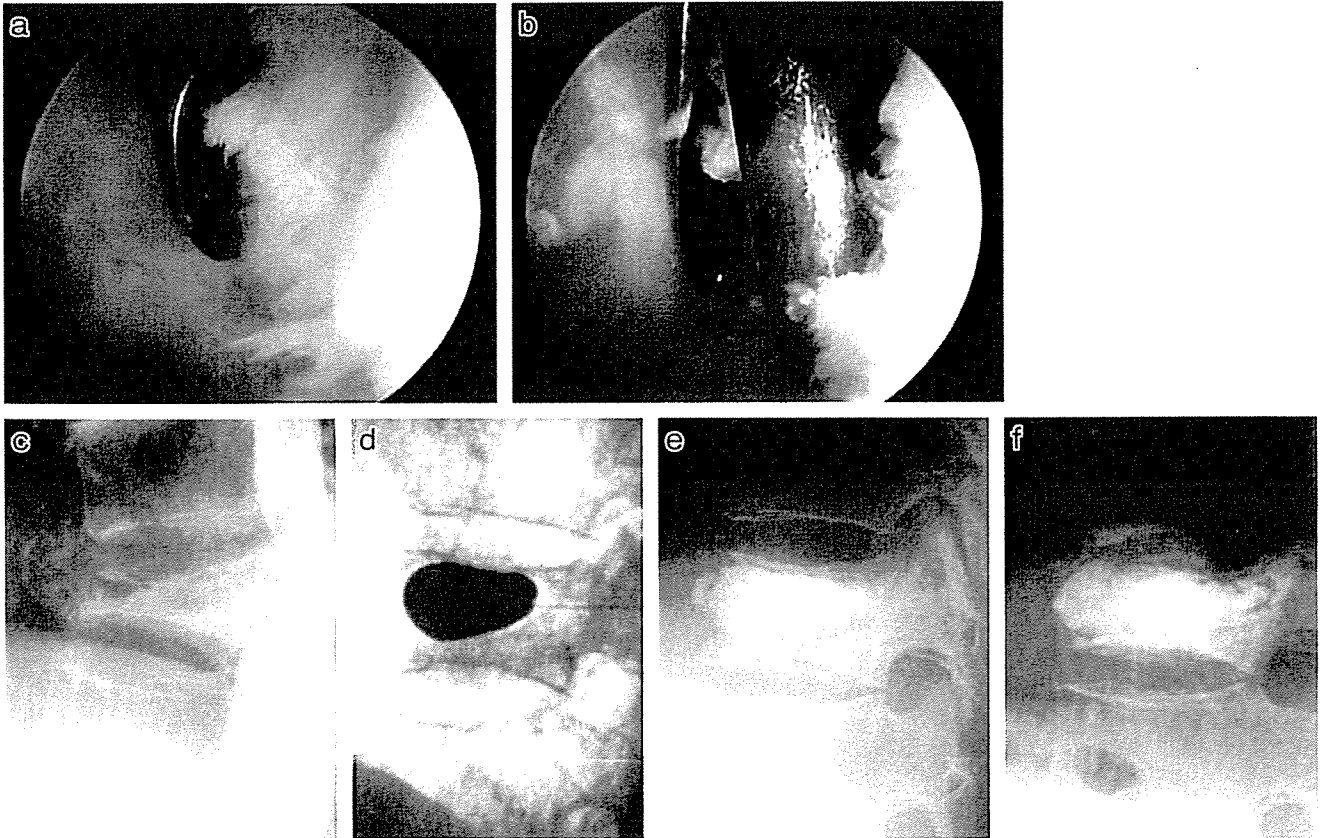


図7 症例提示

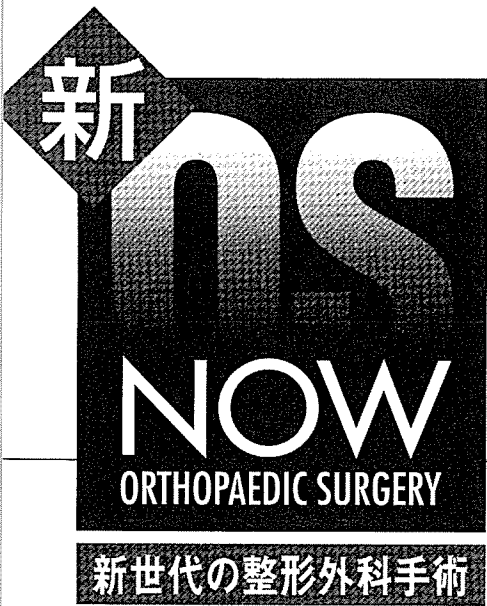
a, b: 椎体内鏡視像。鋭匙，鉗子を使って，椎体内の偽関節内腔壊死組織を可及的に搔爬する。

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.



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

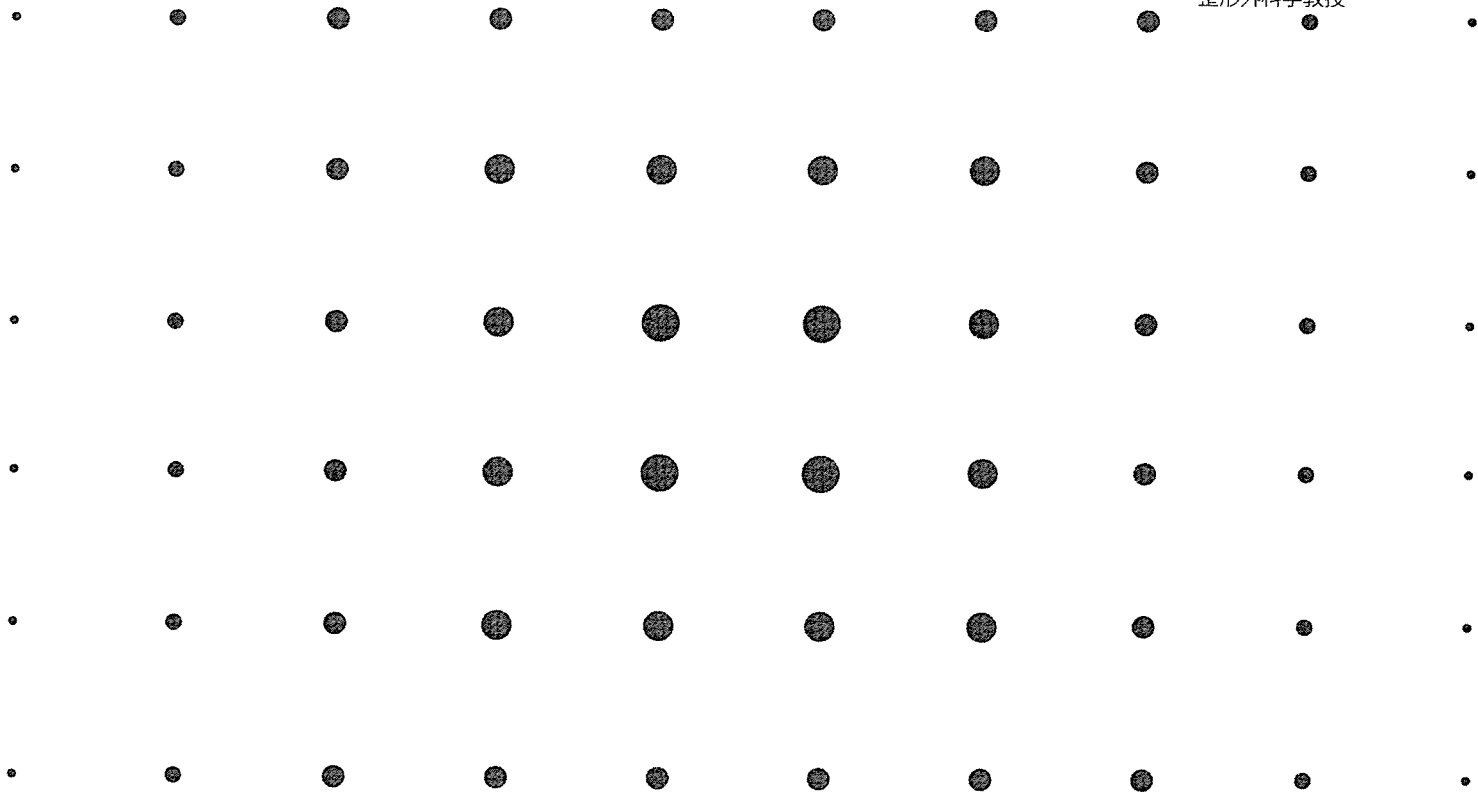
九州大学大学院医学研究院
整形外科教授

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、前縦靭帯、後縦靭帯、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要する。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の位置に行うが、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ポートにトロカールを挿入し、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ル(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、トロカール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。

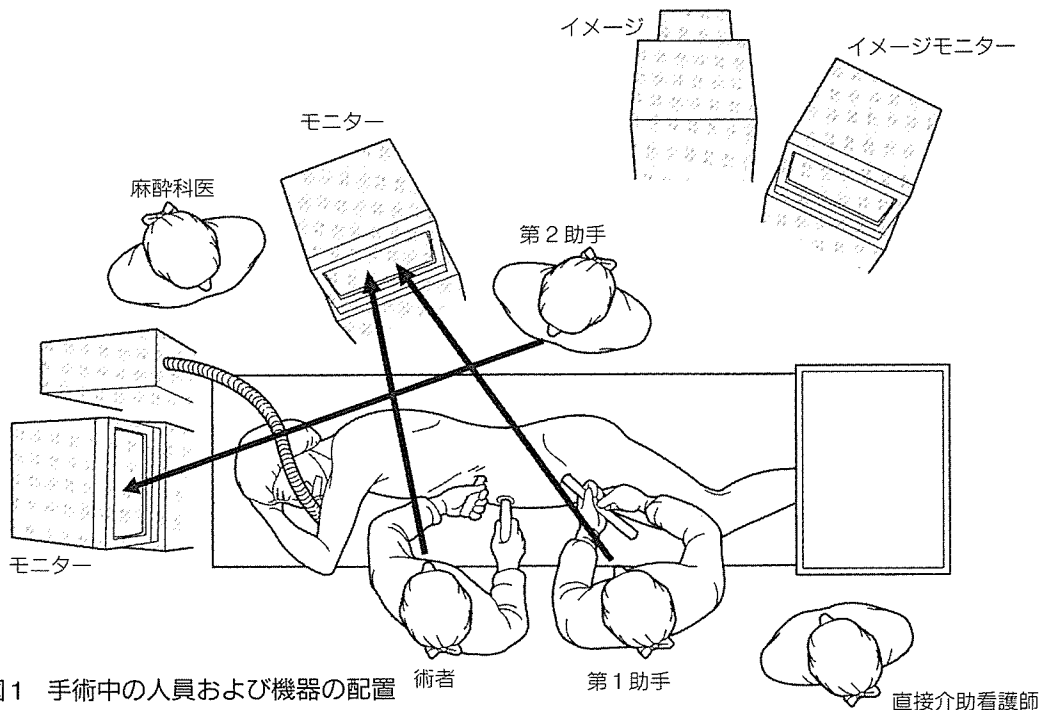


図1 手術中の人員および機器の配置

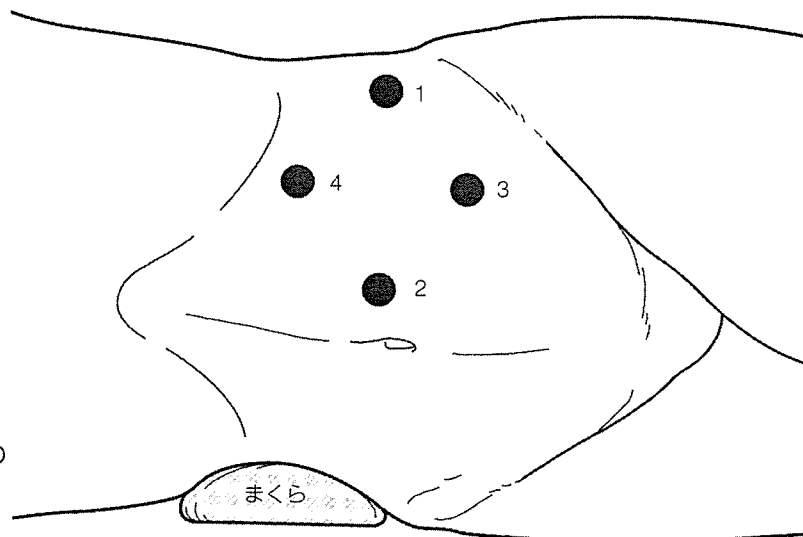


図2 それぞれのポータルの位置関係

◆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

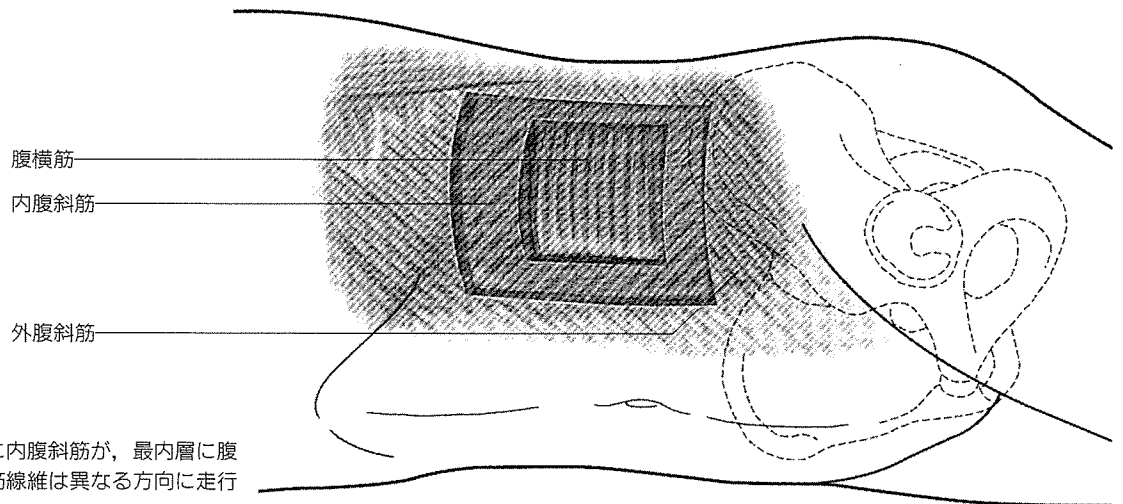


図3 側腹壁の筋層

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。

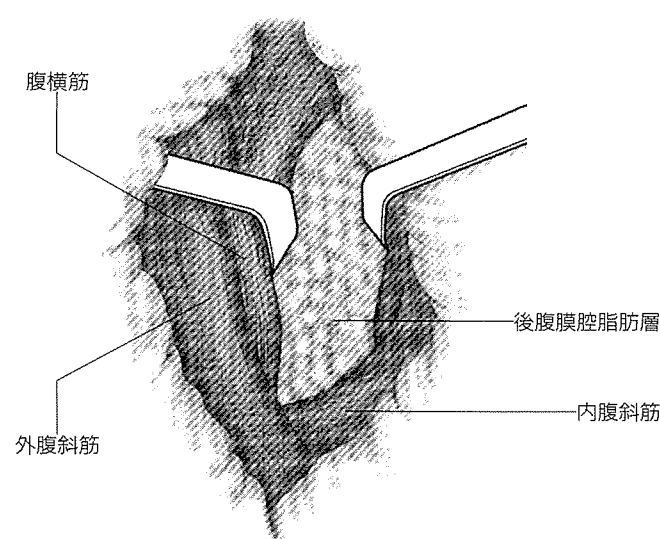


図4 後腹膜腔の展開

外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋をその筋腹の方向に筋鉗で分けていくと、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。

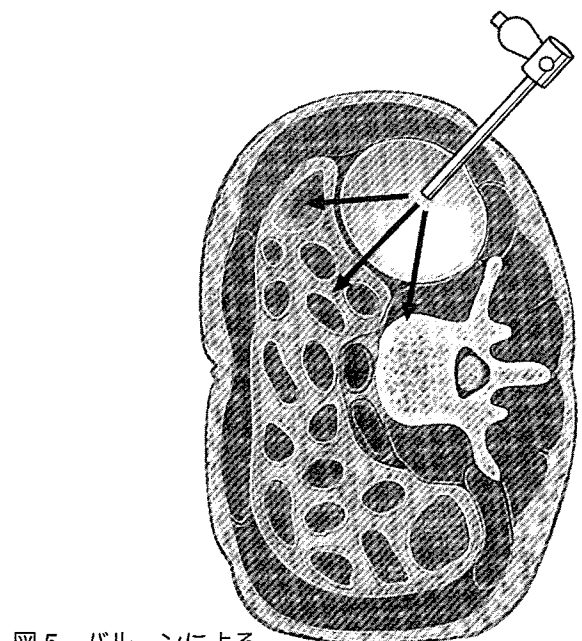


図5 バルーンによる後腹膜腔の拡大

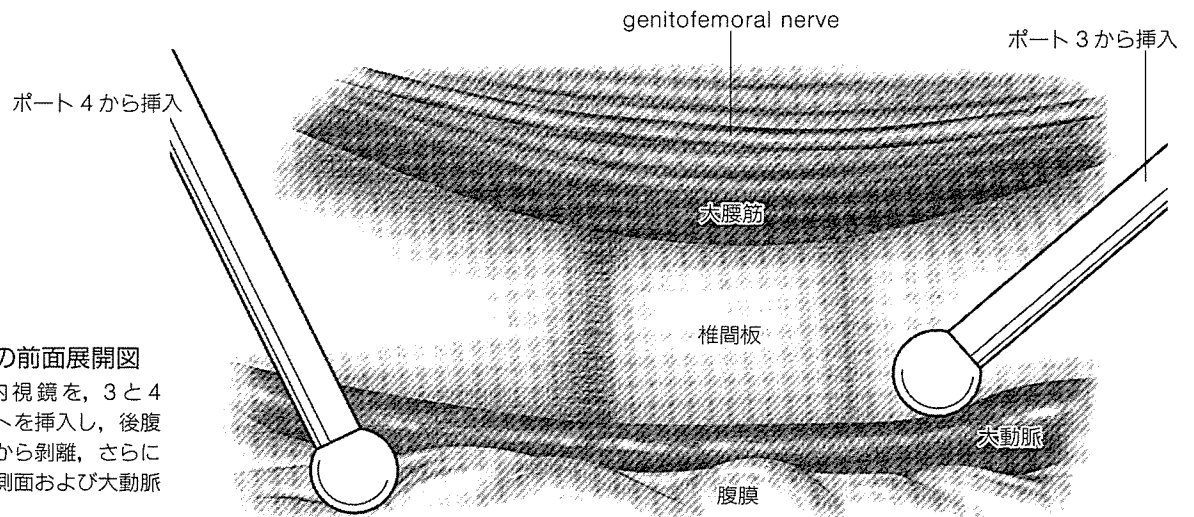


図6 大腰筋の前面展開図

ポート2から内視鏡を、3と4からペ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。

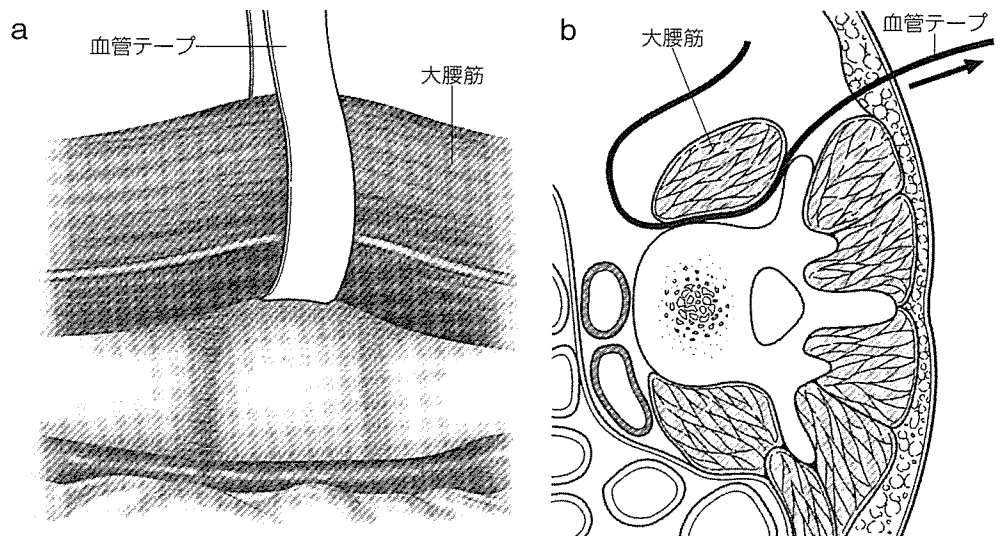


図7 大腰筋の圧排

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害しないよう前方に向け、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と、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払う。

◆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。

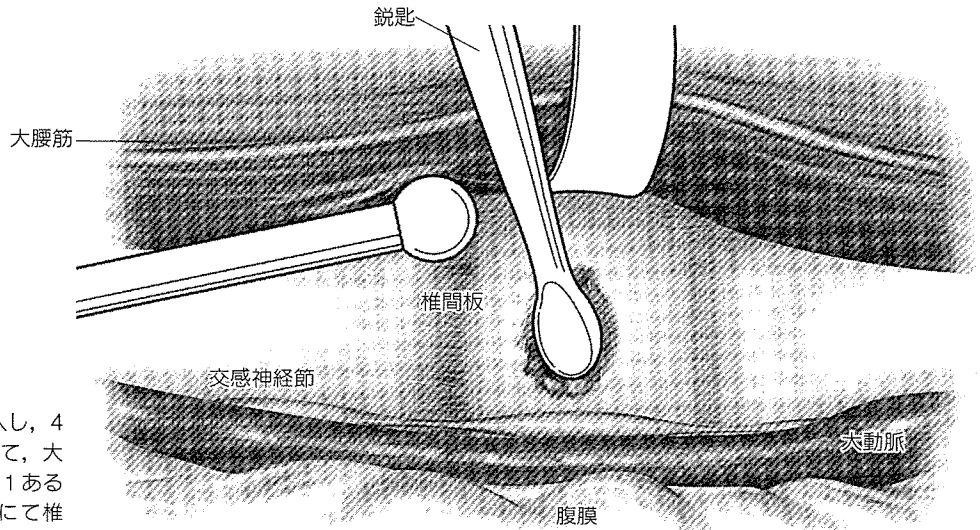


図8 椎間板の掘削

ポート3の位置から内視鏡を挿入し、4の位置からページェットを挿入して、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。

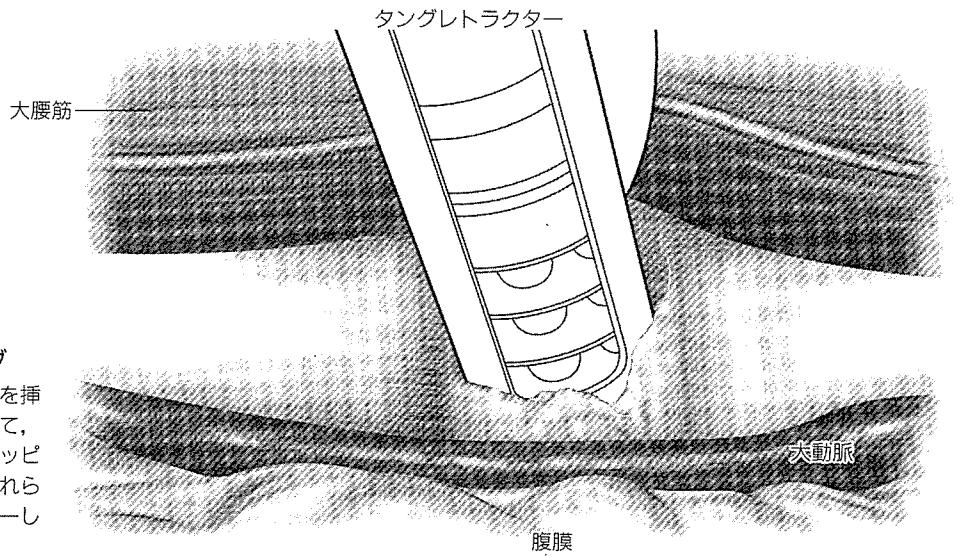


図9 ドリリング、タッピング

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。