

原 著

骨粗鬆症性椎体骨折後偽関節に対する 椎体形成術を併用した脊椎後方固定術の治療成績

—経皮的椎弓根スクリーシステム単独での後方固定には注意が必要—

昭和大学医学部整形外科学講座

白旗 敏之 豊根 知明 工藤 理史
松岡 彰 丸山 博史 石川 紘司
稲垣 克記

抄録：持続する強い疼痛や神経障害のある骨粗鬆症性椎体骨折後偽関節には手術療法を選択せざるをえないことがある。本研究の目的は当科での手術成績の検討を行った。対象は2009年～2015年12月に手術を行った骨粗鬆症性椎体骨折後偽関節17例で、手術は後方固定術に椎体形成術を併用して施行した。後方固定術は従来通りに正中の皮膚切開部から椎弓根スクリーシステムを展開してスクリーを挿入する従来法（Open：O群）と経皮的椎弓根スクリーシステム（Percutaneous Pedicle Screw system；PPS：P群）で施行した。これら症例の手術成績を調査した。体動困難な疼痛は術前 visual analog scale 8.4が術後3.3と全例で優位に改善した。局所後弯角は術前／術直後／最終観察時で平均23.1°／6.8°／19.6°で、矯正損失は平均14.1°（O/P群14.6°／13.0°）であった。全例で体動困難であった疼痛や麻痺は改善が得られたが全例で矯正損失が認められた。術中・後合併症は認められなかった。X線上椎弓根スクリー周囲の透亮像が平均9.2週で全例に認め、特にP群では出現時期は術後約2週とO群に比べ早期に見られていた。頭側の隣接椎体骨折を2例（O群1例、P群1例）認めた。本研究の結果から、骨粗鬆症性椎体骨折後偽関節に対する椎体形成術を併用した後方固定術では矯正損失は認められたが、その臨床成績は概ね良好であった。しかし、インプラントの緩みと矯正損失を全例で認め、特にPPS使用群では早期から緩みの出現があった。経過観察期間がP群では平均約6か月と短いにも関わらずO群（平均約28.1か月）と同程度の矯正損失を認めていることから今後更なる矯正損失の進行は考えられ慎重な経過観察が必要と考えられる。本疾患の様な骨脆弱性の強い場合にはPPS単独の後方固定術に追加の補助固定など一手加える必要があると考えられた。

キーワード：骨粗鬆症性椎体骨折、椎体骨折後偽関節、椎体形成術、後方脊椎固定術、経皮的椎弓根スクリー

緒 言

高齢化社会が進む現代において骨粗鬆症性疾患、特に骨粗鬆症性椎体骨折（Osteoporotic Vertebral Fracture, 以下OVF）に遭遇する機会は増加している。OVFの治療は基本的には保存療法でありその経過は良好とされているが、偽関節を呈する症例も少なくない^{1,2)}。骨折偽関節のため持続する強い疼痛や神経障害のある骨粗鬆症性椎体骨折に対し手術療法が必要となることがある³⁾。手術には前方

固定術、後方固定術、前後合併固定術、椎体形成術に後方固定術を組み合わせた方法が報告されている⁴⁻⁷⁾。本疾患は殆どが高齢者の罹患であり、どの手術方法が最良であるかは一定の見解がない。当科では、手術侵襲を考慮し、比較的low侵襲でありながらも良好な成績が報告されている椎体形成術併用後方固定術を施行している^{6,8)}。今回われわれは当科における骨粗鬆症性椎体骨折後偽関節に対する椎体形成術を併用した後方固定術の成績の検討を行った。

*責任著者

研究方法

対象は2009年4月～2015年12月に当科で手術を行った骨粗鬆症性椎体骨折後偽関節17例（男性4例，女性13例）で，手術時年齢は平均74.2歳，経過観察期間は平均28か月である．手術は椎弓根スクリーシステム（Pedicule Screw System）を用いた後方固定術にHA（ハイドロキシアパタイト）ブロックによる骨折椎体の椎体形成術を併用した．後方固定術は従来法（Open法：O群）と経皮的椎弓根スクリーシステム（Percutaneous Pedicle Screw System，以下PPS：P群）で施行した．麻痺を認める症例には椎弓切除術による除圧術を追加

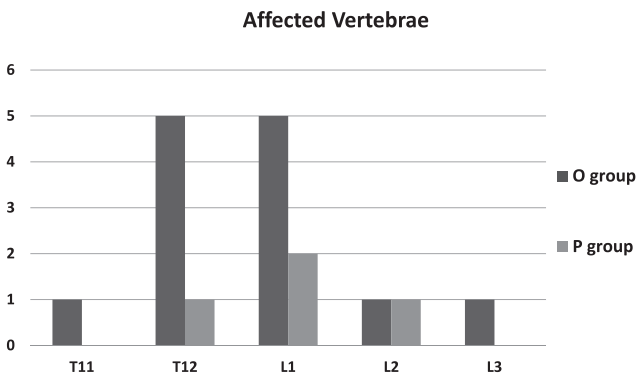


Fig. 1 The affected vertebrae were T11 in one patient for O group, T12 in six patients (five patients for O group and one patient for P group), L1 in seven patients (five patients for O group and two patients for P group), L2 in two patients (one patient for each group), L3 in one patient for O group.

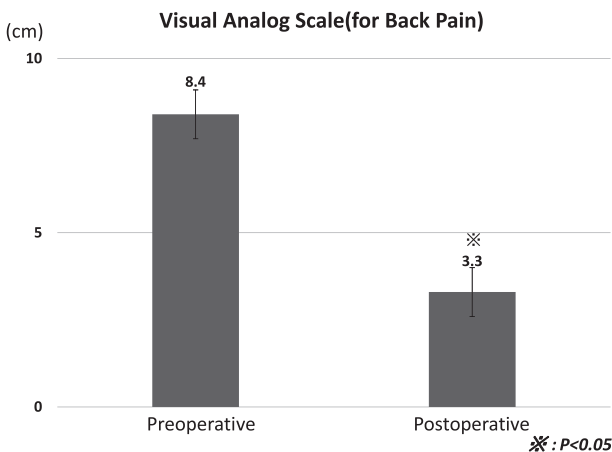


Fig. 2 Visual analog scale significantly improved from 8.4 cm preoperatively to 3.3 cm postoperatively. Y axis stands for pain scale (cm).

した．骨移植に関しては，O群では固定範囲の後側に施行し，P群では除圧の創から骨折椎体部の頭尾側1椎間の範囲の後方に可能な範囲の骨移植を施行した．これら症例に関して罹患椎体，術式，最終観察時の疼痛（Visual Analogue Scale，以下VAS値），矯正角度（local kyphotic angle）と矯正損失（correction loss），術中後合併症，インプラント関連の問題（implants failure）について調査した．統計学的解析にはStudent-t検定，Mann-WhitneyのU検定を用いて危険率5%未満を有意差ありとした．

結果

罹患椎体はT11が1例，T12が6例，L1が7例，L2が2例，L3が1例であった（Fig. 1）．全例で椎体形成術に後方固定術を併用し，O群で13例，P群で4例であった．固定範囲は，1above-1below（1a-1b）固定が4例，2a-2b固定が9例（うちPPS使用が4例），3a-2b固定が3例，4a-2b固定が1例で，O群では全例でフックや椎弓下ワイヤーリングまたはテーピングによる固定を併用していた．体動困難な疼痛VASは術前8.4が術後3.3と全例で優位な改善が認められた（Fig. 2）．局所後弯角は術前／術直後／最終観察時で平均23.1°／6.8°／19.1°であり（Fig. 3），O群では20.8°／5.2°／18.7°，P群では26.8°／

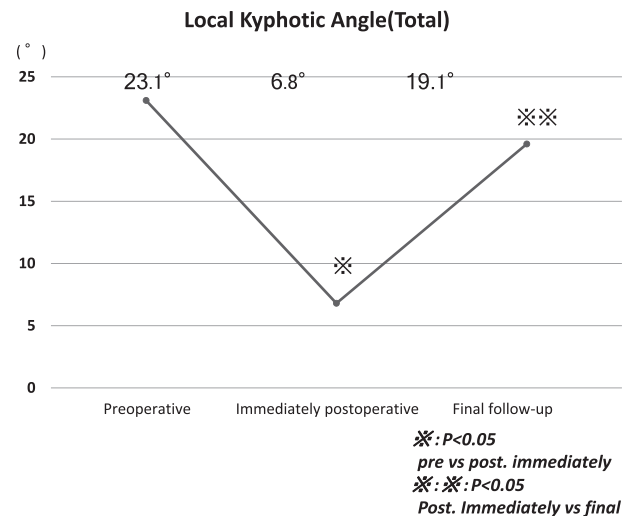


Fig. 3 The graph shows transition of local kyphotic angle of fusion area in total of study. The mean local kyphotic angle significantly improved from 23.1° to 6.8° when determined before and immediately after surgery, respectively. However, the mean local kyphotic angle was 19.6° at final follow-up.

7.5°/19.6°であり、術直後には有意に後弯は矯正(矯正角度 平均 17.4°)されていたが、最終観察時には有意に後弯が増悪していた (Fig. 4, 5). 矯正損失は平均 14.1° (O 群 14.6°, P 群 13.0°)であった (Fig. 6). 術中・後合併症は認められなかった. X線 線上, 椎弓根スクリュー (PS) 周囲の透亮像が平

均 9.2 週 (O 群: 平均 18.4 週, P 群: 平均 2.0 週) で認められ, 全例でスクリューのゆるみを生じていた. 頭側の隣接椎体骨折を 2 例 (O 群 1 例, P 群 1 例) 認められ, それらの矯正角度は約 20°, 30°であった.

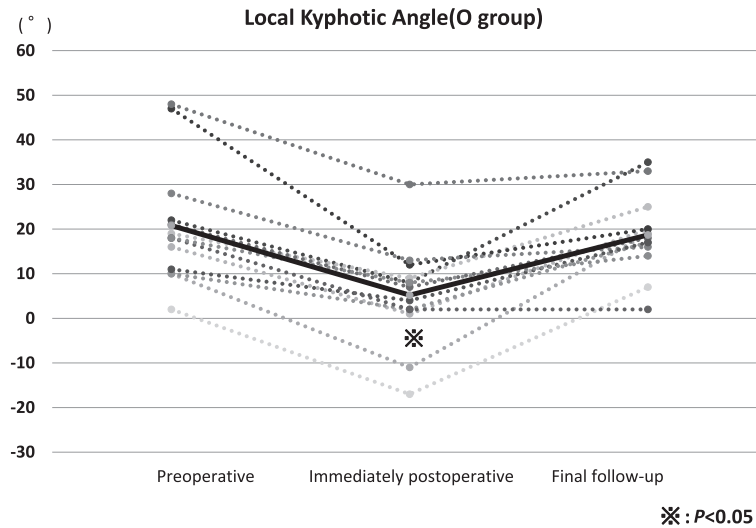


Fig. 4 The graph shows transition of local kyphotic angle of fusion area in O group

The mean local kyphotic angle significantly improved from 20.8° to 5.2° when determined before and immediately after surgery, respectively. However, the mean local kyphotic angle was 18.7° at final follow-up.

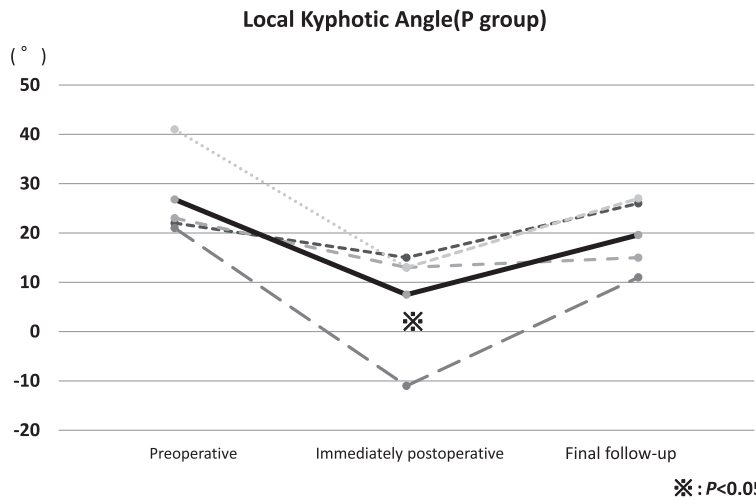


Fig. 5 The graph shows transition of local kyphotic angle of fusion area in P group

The mean local kyphotic angle significantly improved from 26.8° to 7.5° when determined before and immediately after surgery, respectively. However, the mean local kyphotic angle was 19.6° at final follow-up.

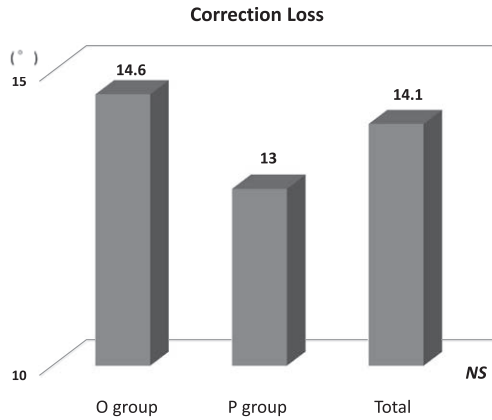


Fig. 6 The graph shows the mean angle of correction loss. The mean angles of correction loss were 14.6°, 13.0° and 14.1° in O group, P group and total of this study, respectively. There was no significant difference between each group.

症例供覧

症例 1 (Fig. 7) 58 歳 女性, 主訴は腰痛と両下肢痛, 脱力である. 既往に糖尿病がある. L1 椎体骨折後偽関節を認め, 椎体形成術と PPS による後方固定術を施行した. 術前 / 術直後 / 最終観察時の後弯角は 41° / 13° / 27° で 14° の矯正損失を認めた. 術後 2 週目の単純 X 線像でスクリュー周囲に透瞭像を認めた. 最終観察時単純 X 線画像では尾側スクリューの軽度バックアウトを認める. ADL の改善は得られるも疼痛は残存している (VAS 4.0).

症例 2 (Fig. 8) 70 歳 女性, 主訴は腰背部痛と下肢脱力である. L1 椎体骨折後偽関節を認め, 椎

Case 1

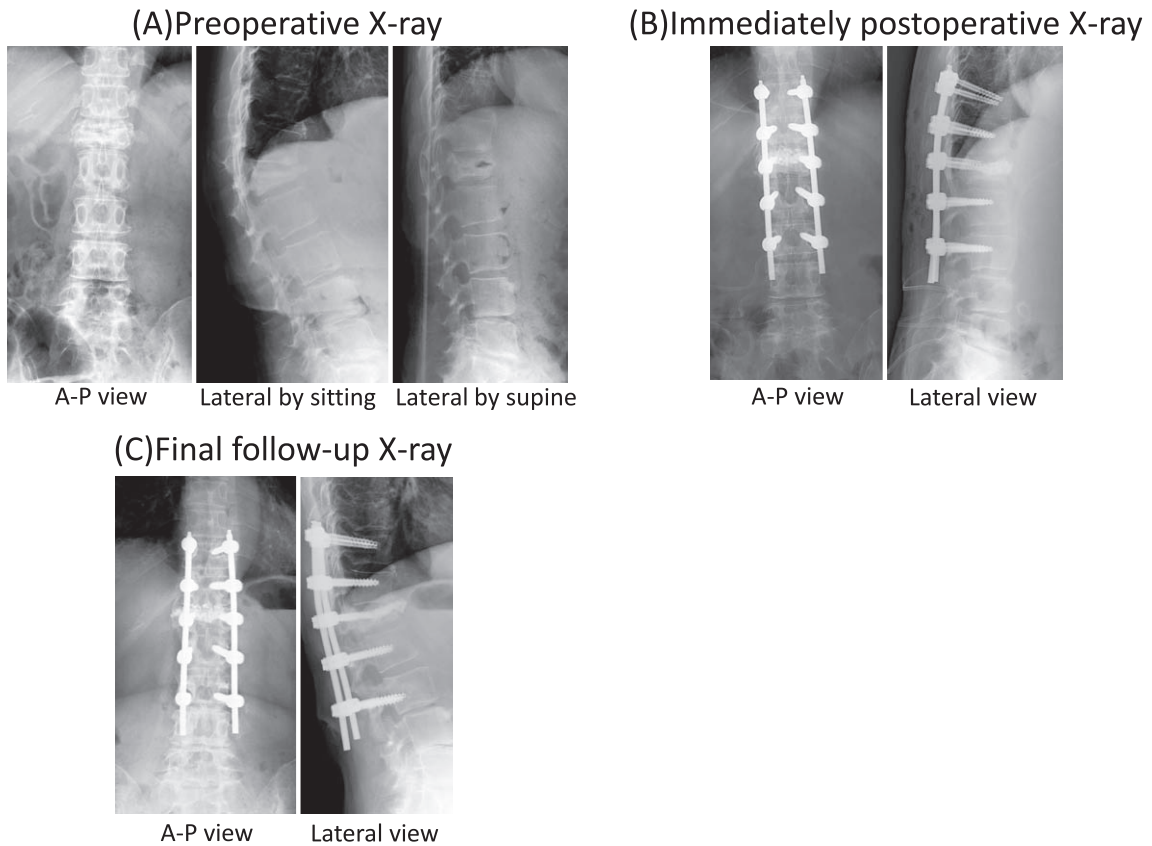


Fig. 7 The images show X-ray of case 1

- (A) : The images are anteroposterior (A-P) view and lateral view by sitting position, and lateral view by supine position taken preoperatively, which show vertebral fracture for L1. There was significant instability on L1 vertebra. The local kyphotic angle of fusion area was 41° .
- (B) : The images are A-P view and lateral view taken immediately after surgery. Posterior spinal fusion from T11 to L3 with vertebroplasty on L1 and decompression by laminectomy of L1. The local kyphotic angle of fusion area was 13° .
- (C) : The images are A-P view and lateral view at final follow-up, there was radiolucent zone around pedicle screw in A-P view and pedicle screws at L3 backed out to posterior in lateral view. The local kyphotic angle of fusion area was 27° . The correction loss angle was 14° in this case.

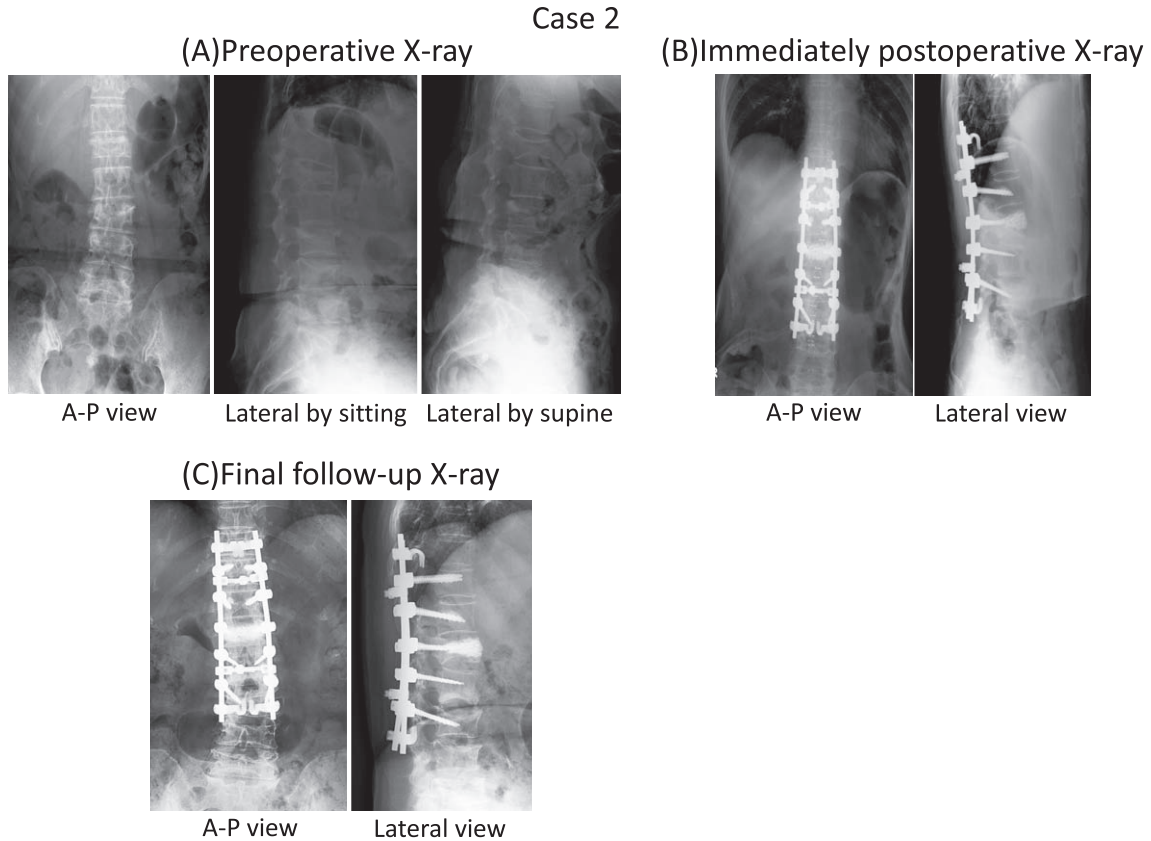


Fig. 8 The images show X-ray of case 2

- (A) : The images are A-P view and lateral view by sitting position, and lateral view by supine position preoperatively, which show vertebral fracture for L1. There was significant instability on L1 vertebra. The local kyphotic angle of fusion area was 17° .
- (B) : The images are A-P view and lateral view taken immediately after surgery. Posterior spinal fusion from T10 to L3 with vertebroplasty on L1 and decompression by laminectomy of L1. Posterior fusion was performed by adding a hook system and sublaminar wiring other than pedicle screw. The local kyphotic angle of fusion area was -5° .
- (C) : The images are A-P view and lateral view at final follow-up. The local kyphotic angle of fusion area was -1° and the correction loss angle was 4° . The correction position was almost maintained in this case.

体形成術と従来法による後方固定術（フックシステムと椎弓下ワイヤー追加）を施行した。術前／術直後／最終観察時の後弯角は $17^\circ / -5^\circ / -1^\circ$ で 22° の矯正となるも矯正損失は 4° であり矯正位は保持されている。ADLは改善し疼痛の残存無く生活をしている。

考 察

本疾患の治療に関しての問題点は、骨脆弱性のため implants failure や椎体再圧潰、隣接椎体骨折による矯正損失があり手術法の選択は慎重を要する。手術療法は前方固定術をはじめ、前後合併脊椎固定術や後方固定術、椎体形成術併用後方固定術が

あり、良好な手術成績が報告されているが^{4,6-9)}、各々利点と欠点を持ち合わせており未だ術式選択に関しての統一された見解は得られていない。術式の選択は、各術者に依存するところが大きいのが現状である。本疾患の罹患は高齢者に多く、また多くは既往症を持ち合わせている場合があり手術はより低侵襲に行う必要があると考え、われわれは低侵襲でありながら、比較的良好的な成績が報告されている椎体形成術併用の後方固定術^{5-7,9)}を選択している。

本疾患の治療上問題となってくるのは、骨脆弱性に伴う implants の緩みや椎体の再圧壊、新規椎体骨折にともなう矯正損失と術後後弯の進行である。固定範囲の後弯角は術後1年で術前と同程度となっ

たと報告があり⁹⁾、本検討でもその傾向はみられた。固定範囲（固定椎間数）に関しては、著者らは以前の検討にて 1a-1b 固定と 2a-2b 以上の固定を比較し優位に矯正損失が後者で小さかった結果から¹⁰⁾ 当科では 2a-2b 固定での後方固定術を施行している。勝見らは短椎間固定と 4 椎間以上の長範囲固定群を比較し、矯正損失に両群で差はなく固定椎間数に関わらず生じると報告している⁹⁾。その他にも短椎間固定を推奨する報告や 3 椎間、4 椎間以上の固定で良好な成績の報告もあり^{11, 13, 14)} 一定の見解は得られていない。

矯正損失については、Nakashima らは前後合併手術と椎体形成併用後方固定術群で比較しその矯正損失は約 7.0° と約 13.4° であり後方手術群で大きい傾向であったと報告している⁴⁾。一方 Sudo らは前方固定と後方固定群では両者間に神経学的改善、後弯矯正角、矯正損失に有意差はなかったと報告している⁸⁾。また、勝見らは椎体形成に後方固定術を併用し矯正損失は約 10.1° であり、後方固定に関しては固定椎間数に関わらず矯正損失は生じてしまい、これが本術式の限界であると述べている。そして、脊柱後弯の約 16° 以上の矯正は大きな矯正損失と新規椎体骨折の危険因子であると報告している⁹⁾。本研究では全例でスクリューの緩みと骨折椎体の再圧壊を認め平均 14.1° と諸家の報告と同程度の矯正損失を認めた。その矯正角度は約 17.4° でありそれら報告と一致した。新規椎体骨折の発生も矯正損失の大きな原因となる。山崎らは、大きな後弯矯正は新規椎体の骨折リスクであると報告しており¹⁵⁾、本検討でも 2 例で頭側隣接椎体での骨折がみられ、その矯正角度を計測するとそれぞれ約 20° と約 30° であった。本研究の症例では、特に後弯の矯正は施行せず手術体位：腹臥位での in-situ 固定としている。骨折部の不安定性が大きい場合は注意が必要と考えられる。

近年 PPS を用いた最小侵襲脊椎安定化術 (Minimally Invasive Spine Stabilization : MIS_t) の良好な成績の報告がある¹⁶⁾。従来の Open 法で行うようよりも低侵襲に後方固定が行えると報告がある¹³⁾。本検討でも 4 例に対し MIS_t を用いた後方固定を施行した。PS 周囲の透亮像を全例、隣接椎体骨折を 1 例、更に全例で矯正損失 (平均 13.0 度) を認めた。PPS システムの使用上の問題として手技が煩雑で骨移植など

に工夫が必要となり、骨癒合が不完全な可能性や金属の緩みや逸脱により矯正損失を増大させることなどが危惧されると報告している¹⁷⁾。本研究で PS 周囲の透瞭像の出現時期を O 群と P 群で比較すると P 群で 2 週、O 群で 18.4 週で、P 群の症例数が少なく有意差は認めないが P 群で早期にみられた。矯正損失は O 群では約 14.6 度、P 群で約 13.0 度と差はみられないが、P 群の経過観察期間は平均 6 か月とまだ短く今後更なる矯正損失の可能性は考えられ、慎重な経過観察が必要と考えている。罹患椎体は O 群・P 群とも胸腰椎移行部であり、その違いはフックやテープによる補助固定の有無と考えられた。伏見らは、フックシステムや高分子ポリエチレンケーブルの併用により固定を強固にすることが可能であり、矯正損失は 2.2 度と良好な整復位の保持が得られたと報告している¹²⁾。中野らは、PPS にフックやサブミナーテープの使用により、スクリューの引き抜き強度を増大させる工夫を施行し、矯正損失は約 5.9 度と良好な成績を報告している¹⁷⁾。また、Sudo らも NESPLON ケーブルシステム[®]を用いて椎弓下ワイヤー固定を追加し椎弓根スクリュー固定の補強を行い矯正位の保持が可能であったと報告している¹⁸⁾。術後早期に緩みが出ていること、経過観察期間が短いにも関わらず矯正損失が従来法と同程度生じていることを考えると、本疾患の様な骨脆弱性の強い症例に対し後方固定を PPS で施行する場合には PPS 単独の後方固定に一手加える必要があると考えられた。

結 語

骨粗鬆症性椎体骨折後偽関節に対し椎体形成術を併用した後方固定術では、概ね良好な成績が得られた。しかし矯正損失を全例で認め、スクリューの緩みを PPS 単独の固定で比較的早期に認めていることから、PPS 単独の固定術では追加的な固定法を考慮する必要がある。

利益相反

本研究に関する開示すべき COI は認めない。

文 献

- 1) Tsujio T, Nakamura H, Terai H, *et al.* Characteristic radiographic or magnetic resonance images of fresh osteoporotic

- vertebral fractures predicting potential risk for nonunion: a prospective multicenter study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011;36:1229-1235.
- 2) Kim DY, Lee SH, Jang JS, *et al.* Intravertebral vacuum phenomenon in osteoporotic compression fracture: report of 67 cases with quantitative evaluation of intravertebral instability. *J Neurosurg*. 2004;100 (1 Suppl Spine):24-31.
 - 3) Yang H, Pan J, Wang G. A review of osteoporotic vertebral fracture nonunion management. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2014;39:B4-B6.
 - 4) Nakashima H, Imagama S, Yukawa Y, *et al.* Comparative study of 2 surgical procedures for osteoporotic delayed vertebral collapse: anterior and posterior combined surgery versus posterior spinal fusion with vertebroplasty. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2015;40:E120-E126.
 - 5) 加藤慎一, 寺田信樹, 丹羽 理, ほか. 80歳以上の高齢者骨粗鬆症性椎体骨折に対する手術成績の検討. *J Spine Res*. 2017;8:955-958.
 - 6) 勝見敬一, 山崎昭義. 骨粗鬆症性椎体骨折偽関節に対する後方固定併用椎体形成術. *Orthopaedics*. 2013;26:31-37.
 - 7) 織田 格. 骨脆弱性骨折に対する手術療法の適応と実際 椎体 インストゥルメンテーション併用の椎体形成術. *関節外科*. 2013;32:808-815.
 - 8) Sudo H, Ito M, Kaneda K, *et al.* Anterior decompression and strut graft versus posterior decompression and pedicle screw fixation with vertebroplasty for osteoporotic thoracolumbar vertebral collapse with neurologic deficits. *Spine J*. 2013;13:1726-1732.
 - 9) 勝見敬一, 平野 徹, 渡邊 慶, ほか. 骨粗鬆症性椎体偽関節に対する短椎間後方固定併用椎体形成術の多施設前向き研究. *J Spine Res*. 2014;5:156-161.
 - 10) 白旗敏之, 工藤理史, 神 與市, ほか. 椎体形成術に後方固定術を併用した骨粗鬆症性椎体骨折後偽関節の検討. *日整会誌*. 2015;89:S650.
 - 11) Nakajima H, Uchida K, Honjoh K, *et al.* Surgical treatment of low lumbar osteoporotic vertebral collapse: a single-institution experience. *J Neurosurg Spine*. 2016;24:39-47.
 - 12) 伏見一成, 下川哲哉, 宮本 敬, ほか. 高齢者の脆弱性椎体骨折に対する Claw Hook を用いた固定術. *J Spine Res*. 2017;8:975-978.
 - 13) 小島 敦, 笹生 豊, 鳥居良昭, ほか. 骨粗鬆症性椎体骨折に対する最小侵襲脊椎安定術 (MISt) short fixation vs long fixation. *J Spine Res*. 2015;6:1256-1261.
 - 14) 竹内陽介, 久野木順一, 増山 茂, ほか. 骨粗鬆症性椎体骨折後偽関節・遅発性麻痺に対する椎体形成を併用した後方固定の治療成績と問題点. *整・災外*. 2014;57:81-86.
 - 15) 山崎隆志, 小久保吉恭, 陳旧性骨粗鬆症性圧迫骨折・偽関節に対する固定術では後彎を許容したほうが他部位での骨折発生が少ない ステロイド性骨粗鬆症と Parkinson 病を除いた検討. *別冊整形外*. 2011;60:123-128.
 - 16) 篠原 光, 曾雌 茂, 井上 雄, ほか. 多椎間に施行した最小侵襲脊椎制動固定術 (MISt) の治療経験. *J Spine Res*. 2012;3:1158-1163.
 - 17) 中野正人, 川口善治, 安田剛敏, ほか. 骨粗鬆症性椎体骨折に対する最小侵襲脊椎安定術 (MISt) を応用した椎体形成併用後方固定術の経験. *J Spine Res*. 2015;6:1317-1321.
 - 18) Sudo H, Ito M, Abumi K, *et al.* One-stage posterior instrumentation surgery for the treatment of osteoporotic vertebral collapse with neurological deficits. *Eur Spine J*. 2010;19:907-915.

CLINICAL STUDY OF POSTERIOR SPINAL FUSION WITH VERTEBROPLASTY
FOR PSEUDOARTHROSIS AFTER OSTEOPOROTIC VERTEBRAL FRACTURE:
USE OF POSTERIOR FIXATION VIA THE PERCUTANEOUS
PEDICLE SCREW SYSTEM ALONE

Toshiyuki SHIRAHATA, Tomoaki TOYONE, Yoshihumi KUDO,
Akira MATSUOKA, Hiroshi MARUYAMA, Kohji ISIKAWA
and Katsunori INAGAKI

Department Orthopaedic Surgery, Showa University School of Medicine

Abstract — Surgical treatment is indicated for patients with pseudoarthrosis after osteoporotic vertebral fracture for persistent back pain and neurological deficits. We evaluated the clinical outcome of such patients treated in our hospital. The study included 17 patients (4 men, 13 women) who underwent posterior spinal fusion with vertebroplasty between April 2009 and December 2015. The mean patient age was 74.2 years and mean follow up length was 28 months. We analyzed the affected vertebrae, the surgery performed, and preoperative and postoperative back pain (VAS : Visual Analog Scale). We also analyzed the local kyphotic angle of the fusion area, correction loss, intra- and postoperative complications and implant failure. Vertebrae, T11, T12, L1, L2, and L3 were affected in one, six, seven, two and one patient (s), respectively. Vertebroplasty was performed by using hydroxyapatite blocks and posterior spinal fixation via the pedicle screw system (PS). PS was inserted by the traditional open procedure (O group) or Percutaneous Pedicle Screw System (PPS, P group). The fusion segments were one above one below (1a-1b), 2a-2b, 3a-2b and 4a-2b in four, nine, three and one patient (s), respectively. The VAS for back pain improved from 8.4 preoperatively to 3.3 postoperatively ($P < 0.05$). The mean local kyphotic angles of fusion area were $23.1^\circ / 6.8^\circ / 19.1^\circ$ (preoperative / immediately postoperative / final follow-up, respectively). The mean correction loss of kyphotic angle of the fusion area was 14.1° (O : 14.6° , P : 13.0°) at the final follow-up. There was no complication intra- or postoperatively. All patients had loosening of the pedicle screws and a radiolucent zone around PS on X-ray. Although this surgery had a relatively high rate of correction loss, the clinical results were generally satisfactory. The appearance of a radiolucent zone around PS was found in a relatively early postoperative term in patients who underwent posterior spinal fusion by using only PPS. The current study suggests that additional fixation using a hook system or sublaminar cable system is recommended for patients with osteoporotic vertebral fracture when treated with posterior spinal fusion using PPS.

Key words: osteoporotic vertebral fracture, pseudoarthrosis, vertebroplasty, posterior spinal fusion, percutaneous pedicle screw

[受付 : 7月28日, 受理 : 12月22日, 2017]