

척추성형술 후 발생한 자발성 방출성 압박골절

연세대학교 의과대학 신경외과학교실

신동아 · 김상현 · 김금년 · 신현철 · 윤도흠

Spontaneous Bursting Collapse of a PMMA Augmented Vertebra: A Rare Complication of Vertebroplasty
- A Case Report -Dong-Ah Shin, M.D., Sang-Hyun Kim, M.D., Keung-Nyun Kim, M.D.,
Hyun-Cheol Shin, M.D., and Do-Heum Yoon, M.D.

Department of Neurosurgery, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Previous studies have shown that vertebroplasty using PMMA is a safe and effective treatment for vertebral compression fractures. This case shows that spontaneous bursting fracture can develop even after cement augmentation. In summary, proposed etiologies of this phenomenon are ① insufficient interdigitation of bone cement due to high viscosity, ② inflammation or foreign body reaction, ③ interfered bone remodeling, and ④ thermal necrosis. New filler materials which have similar mechanical characteristics compared with bone and are not causing inflammation, foreign body reaction, not generating excessive heat are needed for more successful outcome in vertebroplasty.

Key Words: Percutaneous vertebroplasty · Vertebral collapse · Complication



서론

Polymethylmethacrylate (PMMA)는 1987년 Galibert가 척추 혈관종에 처음 사용한 이후로 현재까지 꾸준히 척추성형술(vertebroplasty)에 사용되고 있다¹⁰⁾. 현재까지 소개된 대부분의 연구는 PMMA를 이용한 척추성형술은 안전하고 효과적 이다라는 것이다^{7,17,21)}. PMMA는 액체 성분인 methylmethacrylate, N, N-dimethyl-p-toluidine, hydroquinone과 가루 성분인 methyl methacrylate polymer, barium sulfate, benzoyl peroxide로 이루어져 있다. 가루 성분이 액체 성분과 섞여지면 일정시간 후 PMMA는 강력한 중합체(polymer)로 변하게 된다. 한 번 중합반응(polymerization)이 일어나고 나면 다시는 저절로 분해

되는 일은 없다. 생체에서 전혀 분해되지 않는 PMMA는 혈관으로 흘러나와 폐색전, 심근경색, 뇌경색을 유발하며, 척추체의 갈라진 틈을 통하여 주변 조직으로 흘러나와 신경을 압박하는 종괴효과(mass effect)를 나타낸다^{19,20,25)}. 또 다른 합병증으로 중합 반응시 발생하는 고온으로 인한 열손상(thermal injury), 반응하지 않고 남은 물질에 의한 화학적 손상(chemical injury), 이물질반응(foreign body reaction) 등이다^{3,9,12,15,16,18,22,28)}.

저자들은 골절된 척추체를 튼튼하게 재건한다고 알려진 경피적 척추성형술 후 치료한 그 척추체에 다시 골절이 진행되는 드문 합병증을 경험하여 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.



증례

58세 여자 환자가 내원 2주 전 공중목욕탕에서 넘어진 후 발생한 심한 요통을 주소로 본원 신경외과 외래를 방문하였다. 환자는 심한 요통으로 5분 이상을 걸을 수 없었다. 신체 검진 상 압박점이 흉요추 경계부에 저명하게 있었다. 신경학

Corresponding Author: Do-Heum Yoon, M.D.

Department of Neurosurgery, Yonsei University College of Medicine, 134, Shinchon-dong, Seodaemun-gu, Seoul, 120-752, Korea
Tel: 82-2-2228-2157, Fax: 82-2-393-9979

E-mail: ydoheum@yumc.yonsei.ac.kr

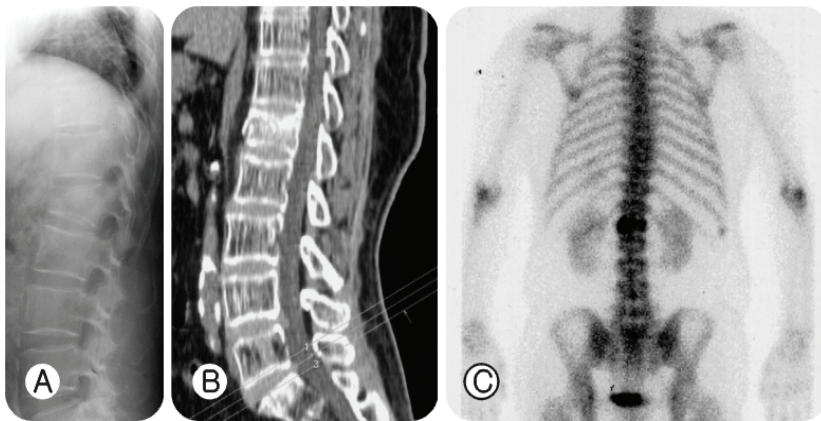


Fig. 1. A: Lateral roentgenogram showing the anterior wedge compression fracture of the L1 vertebral body. B: Preoperative computerized tomographic scan showing the wedge compression fracture with intact posterior column. C: Whole body bone scan showing the hot uptake in the L1 level.

적 검진상 이상 소견은 없었다. 엑스선 검사와 컴퓨터단층촬영 검사상 신경관 압박(spinal canal encroachment) 소견이 없는 전방쐐기모양 압박골절 소견이 요추 1번에서 관찰되었다(Fig. 1). 전신골주사 검사상 요추 1번에 열소(hot uptake) 소견이 관찰되었다(Fig. 1). 골밀도 검사 소견 상 Z값이 -3.1로 심한 골다공증 소견을 관찰할 수 있었다. 양성 골다공증성 압박골절로 확진하고 먼저 보존적 치료를 시도하였으나, 통증이 소실되지 않아 척추성형술을 시행하였다. 척추성형술은 Deramond 등의 방법과 같이 다음 순서로 시행되었다⁷⁾. 먼저 2개의 10G 척추성형술용 바늘을 양쪽 척추경에 위치시켰으며 최종적으로 바늘의 끝이 척추체 앞쪽 1/3 지점에 온 것을 방사선 투시기(fluoroscope)로 확인하였다. PMMA (EXOLENT SPINE, Elmdown, London, England)는 오른쪽에 2 mL, 왼쪽에 3 mL를 주입하였다. 척추성형술은 성공적이었으며, 호소하던 통증은 시술 전 VAS 9점이었던 것이 시술 직후 VAS 4점으로 유의하게 감소하였다. 그런데 시술 한 달 후 다시 외래로 왔을 때 환자는 매우 심한 통증을 다시 호소하고 있었으며, 바로 시행한 엑스선 검사상 척추 후만변형과 함께 요추 1번의 진행된 파열성 압박골절(bursting collapse) 소견이 관찰되었다. 환자는 척추성형술을 시행받고 퇴원한 후 다친 적이 없었다. 다시 입원하여 시행한 자기공명영상 검사상 척수를 누르고 있는 파열성 압박골절이 요추 1번에 관찰되고(Fig. 2), 하지 방사통(radicular pain)이 발생하고, 요통이 점점 진행하여 저자들은 후방에서 돌출된 척추체를 제거한 후 흉추 12번부터 요추 3번까지 후측방고정술(posterolateral fusion)을 시행하였다. 심한 요통과 하지 방사통은 수술 후 사라졌다.



결 과

척추성형술은 척추 혈관중에 Galibert가 처음 사용한 이후로 그 사용이 점점 확대되고 있다¹⁰⁾. 참고로 보험심사평가원의 자료에 따르면 한국에서는 매년 만 건 이상의 척추성형술이 행하여지고 있다. 이렇게 성행한 데에는 척추성형술의 매우 빠른 통증 감소 효과가 작용하였다고 본다. 척추성형술에서 통증 감소 효과의 기전으로는 통증 지각 신경의 화학적 및 열적 제거(chemical and thermal ablation)와 함께 척추의 미세운동(micromotion)을 고정하는 효과 때문인 것으로 알려져 있다^{1,2,5,6,26)}. 그런데 최근 들어

척추성형술의 안전성과 생체적합성(biocompatibility)에 대한 문제가 제기되고 있다^{14,27)}. 생체에서 분해되지 않는 PMMA가 새는 경우 폐색전, 심근경색, 뇌경색, 종괴 효과 등을 유발하게 된다^{19,20,25)}. 또한 PMMA의 중합반응 중 발생하는 고온과 반응하지 않고 남은 물질의 화학적 독성, 이물질반응 등으로 생체적합성이 비판되어지고 있는 실정이다^{3,9,12,15,16,18,22,28)}.

저자들은 골절된 척추체를 튼튼하게 재건한다고 알려진 PMMA를 이용한 척추성형술 후 치료한 척추체에 자발적 파열성 압박골절을 경험하였다. 저자들의 술기는 Deramond 등이 제안한 보편적 방법으로 진행되었다⁷⁾. 환자의 골밀도는 일반적인 골다공증성 압박 골절 환자보다 특별히 더 낮지 않았으며⁸⁾, 주입되는 PMMA의 양 역시 일반적으로 추천되는 양 또는 그보다 약간 적은 정도였다²⁶⁾. 현재까지의 연구들을 보면 치료한 마디의 위 또는 아래에 새롭게 발생한 압박골절에 대한 보고는 흔하지만, 치료한 마디에 압박골절이 다시 진행한 보고는 드물다^{4,23,24,27)}. 저자들이 추정하는 치료한 마디에 발생한 진행성 압박골절의 진행의 원인과 대책은 다음과 같다.

첫 번째, 본 증례에서 주입된 PMMA가 고르게 분포하지 않았다는 것이다. 완전히 반응한 PMMA는 점도가 낮아 척추체 주변이나 혈관으로 잘 새어나게 된다. 누출현상(extravasation)은 척추성형술에서 가장 흔하게 보고되는 합병증이다^{19,20,25)}. 이런 누출을 막고자 많은 의사들이 약간 진하게 PMMA를 혼합한 다음 주입기(injector)를 이용하여 약간 고압으로 주입하고 있다. 고점도의 척추성형술은 이런 누출현상을 막는 데는 효과적이지만, 주위 뼈로 잘 스며들지 못하는 단점이 있

다. 저자들도 본 증례의 환자에게 누출을 막고자 고점도의 척추성형술을 시도하였으며, 결과적으로 주변으로 잘 스며들지 못하고 말았다. 사진을 보면 주입된 PMMA가 척추체의 위 아래로 충분히 스며들지 못한 것을 알 수 있다(Fig. 2). 본 증례와 유사하게 Tsai 등은 고점도의 척추체성형술로 척추뼈 주위로 골고루 시멘트가 스며들지 못해 수술 후 주입한 시멘트가 떨어져 나가는 현상(dislodgement)을 보고한 바 있다²⁷⁾. PMMA가 잘 스며들지 않은 척추체는 척추성형술 전과 마찬가지로 여전히 PMMA가 보완해 주지 못하는 부분 때문에 약한채로 있게 된다(Fig. 3). 보고된 바에 따르면 척추체의 30% 정도만 채워져도 통증 감소효과는 크다고 한다¹³⁾. 그러나 저자들은 본 증례를 경험하고서 주입된 절대양 보다는 주

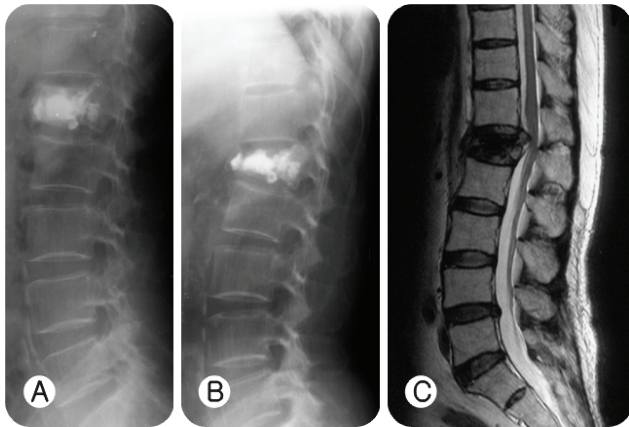


Fig. 2. A: Immediate postoperative lateral roentgenogram. The bone cement was well distributed except the upper portion of the L1 vertebral body. B: Postoperative one month lateral roentgenogram. Anterior wedge compression fracture developed mainly due to the collapse of the non-filled area. C: Postoperative one month T2-weighted magnetic resonance image. The spinal cord is compressed by the posteriorly displaced portion of the L1 vertebral body and kyphosis.

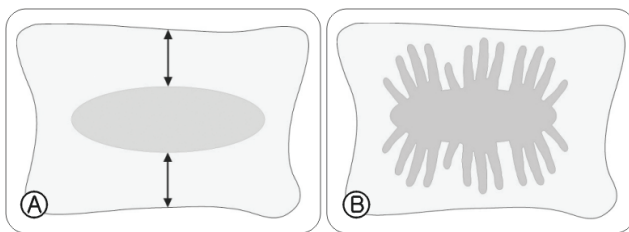


Fig. 3. A: Localized cement. Further collapse can happen at the unfilled area (arrow). B: Ideal vertebroplasty. Interdigitation is well formed around the main mass.

입된 형태가 더 중요하다고 생각하게 되었다. 즉 적은 양이라도 주위에 잘 스며들었다면(interdigitation) 척추체의 강도가 유의하게 증가하지만 많은 양이라도 주위에 잘 스며들지 못하고, 척추체의 일정 부분에 모여 있다면(localization) 향후 시멘트가 주입되지 않은 부분에서의 압박골절의 진행이 발생할 수 있다는 것이다(Fig. 3).

두 번째, 척추체성형술시 반응하지 않은 물질이 주변 조직에 염증 반응과 이물질반응을 유발 한다는 보고가 있다¹⁸⁾. Huang 등은 PMMA가 주입된 척추체에서 골괴사(osteonecrosis), 이물질 반응, 섬유화 반응(fibrosis) 등을 관찰하였다¹²⁾. Wilmhurst 등은 주입된 PMMA의 표면에서 뼈의 용해를 유발한다고 보고하였다²⁸⁾. Herman 등은 PMMA가 interleukin-1, tumor necrosis factor, prostaglandin E2와 같은 염증 물질을 유발시켜 PMMA와 뼈의 경계부위를 약화시킨다고 하였다¹¹⁾. 이렇게 골괴사, 염증반응, 이물질반응이 일어난 척추체는 약해져 다시 골절될 수 있게 된다.

세 번째, PMMA는 생체에서 분해되지 않으며, 골형성유도 효과(osteoconductivity)도 없다. Huang 등은 PMMA가 주입된 척추체에서는 재생 반응인 신생혈관형성(neovascularization), 원시중배엽세포의 활성화(primitive mesenchymal cell proliferation), 골흡수(osteoclastic resorption of dead bone), 골형성(osteoblastic new bone formation)이 관찰되지 않는다고 하였다¹²⁾. 본 증례는 치료 한 달만에 발생한 추가 골절로 세 번째 현상과 같은 기전이 작용했을 것 같지는 않다. 그러나 척추체성형술 후 장기 결과에는 분명 영향을 줄 것으로 생각한다.

네 번째, 중합반응 중에 나타나는 40~100℃의 발열 반응이 주변 조직에 열 손상을 유발할 수 있다^{3,9,16,22)}. 본 증례에 사용한 기존의 PMMA 보다는 비교적 낮은 발열 반응을 보인다(50~60℃) 이 역시 열 손상을 유발할 수 있다. 이렇게 열 손상을 입은 척추체는 약해져 다시 골절될 수 있다.

다섯 번째, PMMA는 탄성률(elastic modulus)과 같은 기계적 성질이 뼈와 전혀 다르므로 중국에는 PMMA와 뼈의 접촉면에서 분리가 일어나게 된다고 한다¹⁵⁾. 젊고 건강한 척추에 비하여 골절이 발생한 골다공증성 척추체는 더욱 차이가 많이 나며, 시간이 지날수록 이런 차이는 심화 될 것이다. 이렇게 분리가 일어난 현상은 Tsai에 의하여 보고된 바 있다²⁷⁾. PMMA와 척추체의 기계적 성질의 차이는 주변 척추체에 영향을 미쳐 주변 척추체의 압박골절이 유발될 수 있다^{4,23,24)}.

본 증례를 통하여 PMMA로 치료한 척추체라도 다시 압박골절이 진행할 수 있다는 것을 알았으며, 향후 이런 현상이 유발되지 않으려면 인체의 뼈와 기계적 성질이 유사하고, 염

증반응이나 이물질반응을 유발하지 않으며, 발열이 심하지 않은 충진제(filler material)가 필요한 것으로 판단된다.



결론

본 증례를 통하여 척추성형술을 시행받은 척추체라도 압박골절이 진행할 수 있음을 알았다. 이런 현상이 일어날 수 있게 하는 기전을 요약하자면 ① 고점도로 혼합된 PMMA가 척추체에 골고루 퍼지지 못함, ② PMMA에 대한 염증반응과 이물질반응, ③ 뼈 재형성 방해, ④ 열 손상, ⑤ PMMA와 뼈의 기계적 성질의 차이이다. 따라서 인체의 뼈와 기계적 성질이 유사하고, 염증반응이나 이물질반응을 유발하지 않으며, 발열이 심하지 않은 충진제가 성공적이고, 장기적으로 안전한 척추성형술을 위하여 필요한 것으로 여겨진다.



REFERENCES

1. Belkoff SM, Mathis JM, Erbe EM, Fenton DC: Biomechanical evaluation of a new bone cement for use in vertebroplasty. **Spine** 25:1061-1064, 2000
2. Belkoff SM, Mathis JM, Jasper LE, Deramond H: An ex vivo biomechanical evaluation of a hydroxyapatite cement for use with vertebroplasty. **Spine** 26:1542-1546, 2001
3. Belkoff SM, Molloy S: Temperature measurement during polymerization of polymethylmethacrylate cement used for vertebroplasty. **Spine** 28:1555-1559, 2003
4. Berlemann U, Ferguson SJ, Nolte LP, Heini PF: Adjacent vertebral failure after vertebroplasty. A biomechanical investigation. **J Bone Joint Surg Br** 84:748-752, 2002
5. Bostrom MP, Lane JM: Future directions. Augmentation of osteoporotic vertebral bodies. **Spine** 22:38S-42S, 1997
6. Dahl OE, Garvik LJ, Lyberg T: Toxic effects of methylmethacrylate monomer on leukocytes and endothelial cells in vitro. **Acta Orthop Scand** 65:147-153, 1994
7. Deramond H, Depriester C, Galibert P, Le Gars D: Percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate. Technique, indications, and results. **Radiol Clin North Am** 36:533-546, 1998
8. Deramond H, Mathis JM: Vertebroplasty in osteoporosis. **Semin Musculoskelet Radiol** 6:263-268, 2002
9. Deramond H, Wright NT, Belkoff SM: Temperature elevation caused by bone cement polymerization during vertebroplasty. **Bone** 25:17S-21S, 1999
10. Galibert P, Deramond H, Rosat P, Le Gars D: [Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty]. **Neurochirurgie** 33:166-168, 1987
11. Herman JH, Sowder WG, Anderson D, Appel AM, Hopson CN: Polymethylmethacrylate-induced release of bone-resorbing factors. **J Bone Joint Surg Am** 71:1530-1541, 1989
12. Huang KY, Yan JJ, Lin RM: Histopathologic findings of retrieved specimens of vertebroplasty with polymethylmethacrylate cement: Case control study. **Spine** 30:E585-588, 2005
13. Jensen ME, Evans AJ, Mathis JM, Kallmes DF, Cloft HJ, Dion JE: Percutaneous polymethylmethacrylate vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral body compression fractures: technical aspects. **AJNR Am J Neuroradiol** 18:1897-1904, 1997
14. Kim CW, Minocha J, Wahl CE, Garfin SR: Response of fractured osteoporotic bone to polymethylacrylate after vertebroplasty: Case report. **Spine J** 4:709-712, 2004
15. Lewis G: Properties of acrylic bone cement: State of the art review. **J Biomed Mater Res** 38:155-182, 1997
16. Li C, Mason J, Yakimicki D: Thermal characterization of PMMA-based bone cement curing. **J Mater Sci Mater Med** 15:85-89, 2004
17. Liliang PC, Su TM, Liang CL, Chen HJ, Tsai YD, Lu K: Percutaneous vertebroplasty improves pain and physical functioning in elderly osteoporotic vertebral compression fracture patients. **Gerontology** 51:34-39, 2005
18. Lu JX, Huang ZW, Tropiano P, Clouet D'Orval B, Remusat M, Dejou J, et al: Human biological reactions at the interface between bone tissue and polymethylmethacrylate cement. **J Mater Sci Mater Med** 13:803-809, 2002
19. Nakano M, Hirano N, Ishihara H, Kawaguchi Y, Matsuura K: Calcium phosphate cement leakage after percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral fractures: Risk factor analysis for cement leakage. **J Neurosurg Spine** 2:27-33, 2005
20. Schmidt R, Cakir B, Mattes T, Wegener M, Puhl W, Richter M: Cement leakage during vertebroplasty: An underestimated problem? **Eur Spine J** 14:466-473, 2005
21. Singh AK, Pilgram TK, Gilula LA: Osteoporotic Compression Fractures: Outcomes after Single-versus Multiple-Level

- Percutaneous Vertebroplasty. **Radiology** **238**:211-220, 2006
22. Stanczyk M, van Rietbergen B: Thermal analysis of bone cement polymerisation at the cement-bone interface. **J Biomech** **37**:1803-1810, 2004
 23. Syed MI, Patel NA, Jan S, Harron MS, Morar K, Shaikh A: New symptomatic vertebral compression fractures within a year following vertebroplasty in osteoporotic women. **AJNR Am J Neuroradiol** **26**:1601-1604, 2005
 24. Tanigawa N, Komemushi A, Kariya S, Kojima H, Shomura Y, Sawada S: Radiological Follow-up of New Compression Fractures Following Percutaneous Vertebroplasty. **Cardiovasc Intervent Radiol**, 2005
 25. Togawa D, Schlenk R, Lieberman IH: Cement emboli in vertebroplasty and kyphoplasty. **AJR Am J Roentgenol** **185**: 277; author reply 277, 2005
 26. Tohmeh AG, Mathis JM, Fenton DC, Levine AM, Belkoff SM: Biomechanical efficacy of unipedicular versus bipedicular vertebroplasty for the management of osteoporotic compression fractures. **Spine** **24**:1772-1776, 1999
 27. Tsai TT, Chen WJ, Lai PL, Chen LH, Niu CC, Fu TS, et al: Polymethylmethacrylate cement dislodgment following percutaneous vertebroplasty: A case report. **Spine** **28**:E457-460, 2003
 28. Wilmhurst JA, Brooks RA, Rushton N: The effects of particulate bone cements at the bone-implant interface. **J Bone Joint Surg Br** **83**:588-592, 2001