대한골절학회지 제 24 권, 제 4 호, 2011년 10월
Journal of the Korean Fracture Society
Vol. 24, No. 4, October, 2011

■ 원 저 ■

경피적 풍선 척추 성형술에서 디스크로의 골 시멘트 누출과 인접 추체의 추가 골절 사이의 연관성

손훈상 · 신성기 · 서은석 · 장강섭

국립중앙의료원 정형외과

목 적: 골다공증성 척추 압박 골절로 풍선 척추 성형술을 시행한 환자에서 추간판으로 골 시멘트 누출이 인접 추체의 신생 골절에 미치는 영향에 대해서 알아보고자 하였다.
대상 및 방법: 골다공증성 척추 압박 골절로 풍선 척추 성형술을 시행받은 103명 (118 추체)을 대상으로 하였다. 남자가 13명, 여자가 90명이었고 평균 나이는 75세 (57～95세), 평균 추시 기간은 10개월 (6～30개월)이었다. 추간판으로 골 시멘트 누출이 발생하였던 군과 발생하지 않은 군으로 나누고 인접 추체의 신생골절에 관련된 인자의 상관관계를 분석하였다.
결 과: 118추체 중 추간판으로 골 시멘트 누출은 16추체 (13%)에서 발생하였고 이 중 5추체 (31%)가 인접 추체의 신생 골절이 발생한 반면, 골 시멘트 누출이 없었던 102추체에서는 11추체 (11%)가 인접 추체의 신생 골절이 발생하여 통계적으로 의미 있는 차이를 보였다 ($p<0.05$). 골 시멘트 누출이 있었던 16추체 중 수상 원인이 명백한 10추체에서는 1추체 (10%)가 인접 추체의 신생 골절이 발생한 반면, 그렇지 않았던 6추체에서는 4추체 (67%)가 인접 추체의 신생 골절이 발생하였다 ($p<0.05$).
결 론: 추간판으로 골 시멘트 누출은 인접 추체의 신생 골절을 증가시키는 것으로 판단되었다. 신생 골절은 대부분 술 후 초기에 발생하였으며 초기 수상 원인이 없거나 경미한 경우에 추간판으로 골 시멘트 누출이 발생했을 경우 신생 골절 발생률이 높았다.

색인 단어: 압박 골절, 골 시멘트 누출, 신생 골절, 경피적 풍선 척추 성형술

Cement Leakage into Disc after Kyphoplasty: Does It Increases the Risk of New Adjacent Vertebral Fractures?

Hoon-Sang Sohn, M.D., Seong-Kee Shin, M.D., Eun-Seok Seo, M.D., Kang-Seob Chang, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, National Medical Center, Seoul, Korea

Purpose: This study aims to investigate the relationship between cement leakage into the disc during percutaneous balloon kyphoplasty and subsequent compression fractures in adjacent vertebrae during treatment of osteoporotic vertebral compression fracture.
Materials and Methods: 103 patients (118 vertebrae) who have been treated with balloon kyphoplasty due to osteoporotic compression fracture from June 2007 to July 2010 were retrospectively analyzed. The group was composed of 13 males and 90 females. The mean age was 75 years (57～95 years). The mean follow-up period was 10 months (6～30 months). Patients were divided into two groups; one with cement leakage into the disc and the other without cement leakage into the disc. The study was performed to determine whether subsequent compression fractures in adjacent vertebrae were related to several factors.
Results: The cement leakages into the disc occurred in 16 of 118 vertebrae. Of the 16 vertebrae with cement leakage into the disc, 5 (31%) had subsequent adjacent vertebral compression fractures; however, of the 102 vertebrae in which cement leakage did not occur, only 11 (11%) had subsequent adjacent vertebral compression fractures ($p<0.05$). Of the 16 vertebrae with cement leakage into the disc, subsequent adjacent vertebral compression fractures occurred 1 vertebrae of 10 vertebrae with definite trauma history. Out of the 6 vertebrae with cement leakage and no definite trauma history, 4 vertebrae (67%) had subsequent adjacent vertebral compression fractures ($p<0.05$).

통신저자 : 신 성 기
서울시 중구 을지로 245
국립중앙의료원 정형외과
Tel : 02-2260-7195 · Fax : 02-2278-9570
E-mail : 1453man@hanmail.net
접수: 2010. 9. 10
심사(수정): 1차 2010. 10. 21, 2차 2011. 2. 24
게재확정: 2011. 8. 23

Address reprint requests to : Seong-Kee Shin, M.D.
Department of Orthopedic Surgery, National Medical Center, 245, Euljiro, Jung-gu, Seoul 100-799, Korea
Tel : 82-2-2260-7195 · Fax : 82-2-2278-9570
E-mail : 1453man@hanmail.net

Conclusion: The cement leakage into the disc significantly increases the incidence of subsequent adjacent vertebral compression fractures. Most of the subsequent fractures occurred in the early post-operative period. When cement leakage into the disc occurred in patients with no definite trauma history such as slip down, the incidence of subsequent adjacent vertebral compression fracture increased significantly.

Key Words: Compression fracture, Cement leakage, Subsequent fracture, Kyphoplasty

서 론

최근 고령 인구의 증가와 함께 골다공증성 척추 압박 골절 환자를 임상에서 쉽게 볼 수 있다. 대부분의 경우 1주일 이내의 침상 안정과 소염진통제 및 보조기 착용으로 양호한 경과를 보이나 경우에 따라 통증 조절이 되지 않거나 드물지만 심한 압박률로 인한 후만 변형으로 지속적인 허리 통증과 심각한 호흡 기능의 감소가 예상되는 경우도 있다[16]. 이런 경우 수술적 치료를 고려할 수 있는데 경피적 풍선 척추 성형술을 통해 통증의 완화와 어느 정도의 전만 복원을 기대할 수 있다[13]. 그러나 경피적 풍선 척추 성형술 시행 시 골 시멘트의 누출이 발생하는 경우가 있어 시술자는 시술 시 상당한 주의를 해야 한다[17]. 다행히 골 시멘트 누출이 있더라도 대부분의 경우 무증상인 경우가 많고 치명적인 합병증을 일으킬 수 있는 경막외강이나 신경공으로의 골 시멘트 누출은 시술자가 주의를 한다면 피할 수가 있다[4]. 그러나 추체 종판의 골절이 있는 경우 세심한 시술에도 불구하고 추간판으로의 골 시멘트 누출이 일어나는 경우가 있다[8]. 이에 저자들은 추간판으로의 골 시멘트 누출이 인접 추체의 신생 골절에 미치는 영향에 대해서 알아 보고 문헌 고찰과 함께 보고하고자 한다.

대상 및 방법

2007년 7월부터 2010년 1월 사이에 골다공증성 척추 압박 골절로 경피적 풍선 척추 성형술을 시행받은 103명 (118 추체)을 대상으로 하였다. 수술 전 자기 공명 영상이나 전산화 단층 촬영 혹은 핵의학 검사를 시행하여 최근 압박 골절이 확인된 환자 중 감염이나 종양에 의한 병적 압박 골절 환자를 제외한 골다공증성 척추 압박 골절로 확진 된 경우만을 대상으로 하였다. 모든 환자에서 시술 전 골밀도 검사 (Bone Mineral Density)를 하였고 체질량 지수 (Body Mass Index)를 측정하였다. 남자가 13명, 여자가 90명이었고 평균 나이는 75세 (57～95세), 평균 추시 기간은 10개월 (6～30개월)이었다. 경피적 풍선 척추 성형술의 적응증으로는 3주 이상의 적극적인 보존적 치료에도 불구하고 지속되는 통증을 호소하는 환자 중 전주의 압박률이 30% 이상인 경우만을 대상으로 하였다. 경피적 풍선 척추 성형술은 국소 마취하에 복와위 자세에서 양측 척추경을 통해 시행하였다. 골 시멘트의 주입은 투시 장비를 통해 누출 유무를 확인하며 4～6 cc 이상을 주입하였고 골 시멘트의 누출 시 바로 주입을 중단하였다. 두 명의 척추 전문의가 술 후 전후면 및 측면 방사선 사진을 이용하여 골 시멘트의 누출 여부를 판독하였다. 인접 분절의 신생 골절의 정의는 추간판으로의 골 시멘트 누출이 있던 방향의 바로 인접 분절의 골절만으로 하였고 한 분절을 건너서 골절이 발생하거나 골 시멘트 누출 방향과 다른 부위에서 발생한 골절은 제외하였다. 추간판으로의 명백한 골 시멘트 누출이 있는 환자들을 연구군으로 하였고 그렇지 않은 환자들을 대조군으로 하고 인접 추체의 신생 골절과 연관된 위험인자를 찾기 위해 성별, 나이, 골밀도 검사 (bone mineral density), 키, 체중, 체질량 지수 (Body Mass Index) 등을 분석하였다. 통계적 분석을 위해 SPSS (Statistical Package for Social Sciences, version 15)를 이용하였다. 인접분절에서 신생골절이 발생한 군과 발생하지 않은 군 사이의 환자의 나이와 골밀도 검사, 키, 체중, 체질량 지수는 Independent Samples T-test로 하였고, 성별은 Chi-square를 시행하였다. 인접분절에서 신생골절 발생과 추간판으로의 골 시멘트 누출 유무, 외상력과의 연관성 관계는 Chi-square를 시행하였다.

결 과

압박 골절 발생 부위는 L1이 40추체, T12가 26추체로 주로 흉요추 이행부에서 호발하였다 (Fig. 1). 경피적 풍선 척추 성형술을 시행한 118추체 중 22추체 (18%)에서 추체 외로의 골 시멘트 누출이 발생하였다. 추체 외 연부 조직으로의 누출이 6추체 (5%), 추간판으로의 누출은 16추체 (13%)에서 발생하였으며 정맥을 통한 누출과 경막 외강이나 신경공으로의 누출은 없었다. 추간판으로의 골 시멘트 누출이 있었던 16추체에서 누출은 근위 추간판으로 발생한 경우가 14추체 (88%), 원위 추간판으로 발생한 경우가 2추체 (12%)로 대부분 근위 추간판으로 골 시멘트의 누출이 일어났다. 추간판으로 골 시멘트 누출이 있었던 연구군 (16추체)에서는 5추체 (31%)에서 인접 추체의 신생 골절이 발생하였고 골 시멘트 누출이 없었던 대조군 (102추체)에

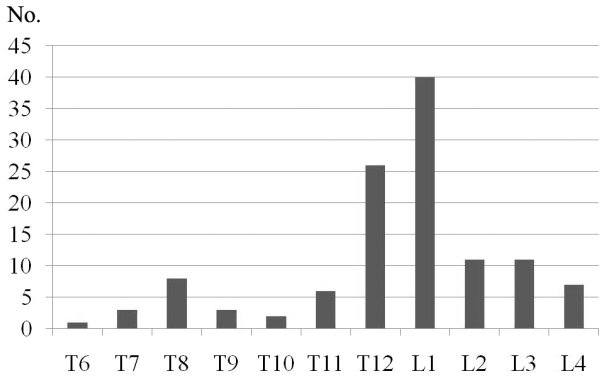

Fig. 1. Distribution of the initial fractures by location.

Table 1. New adjacent fractures among patients undergoing balloon kyphoplasty in relationship to cement leakage into disc

	Adjacent VCF	No adjacent VCF	Total
Cement leakage	5	11	16
No cement leakage	11	91	102
Total (p=0.042)*	16	102	118

*Analyzed using a χ^2 test.

Table 2. Demographics data of whole patients

	Adjacent VCF	No adjacent VCF	p-value
No. of patient	16 (13%)	102 (87%)	
Mean age	77.1±6.0	74.2±7.6	0.14
No. of women	15 (93%)	88 (86%)	0.40
Mean body weight	52.2±9.9	53.7±9.4	0.55
Mean body height	151.9±5.7	153.1±7.7	0.54
Mean BMD	−2.54±0.9	−2.7±1.1	0.40
Mean BMI	22.8±5.2	22.9±3.6	0.93

Table 3. Demographics data of patients with cement leakage into disc

	Adjacent VCF	No adjacent VCF	p-value
No. of patient	5 (31%)	11 (69%)	
Mean age	72.0±2.9	72.8±8.9	0.84
No. of women	5 (100%)	10 (90%)	0.48
Mean body weight	62.8±7.6	57.1±11	0.32
Mean body height	150.2±8.2	152.3±8.5	0.65
Mean BMD	−2.5±0.7	−2.2±1.3	0.67
Mean BMI	28.0±4.2	24.4±3.7	0.11

Table 4. New adjacent fractures among patients with cement leakage into disc in relationship to trauma

	Trauma		Total
	Major	Minor	
No adjacent VCF	9	2	11
Adjacent VCF	1	4	5
Total (p=0.036)*	10	6	16

*Analyzed using a χ^2 test.

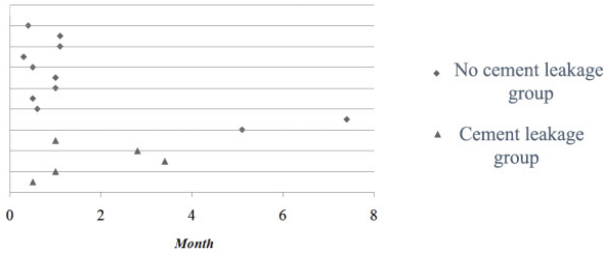

Fig. 2. Distribution of subsequent fracture by time period.

서는 11추체 (11%)에서 인접 추체의 신생 골절이 발생하였는데 이는 통계적으로 의미 있는 차이를 보였다 ($p<0.05$) (Table 1). 추간판으로 골 시멘트 누출이 있었던 연구군과 골 시멘트 누출이 없었던 대조군사이의 골밀도 검사의 차이는 없었다 ($p>0.05$) (Table 2). 추간판으로 골 시멘트 누출이 일어났을 경우 신생 골절 발생의 위험 인자를 알아보기 위한 분석에서 외상력 외에 의미 있는 통계학적 연관성을 찾을 수 없었다 (Table 3, 4). 추간판으로 골 시멘트 누출이 있었던 16추체에서 낙상과 같은 명백한 수상 원인이 있었던 경우는 10추체였고 특별한 수상 원인이 없거나 경미한 수상 원인이 있었던 경우는 6추체였다. 명백한 수상 원인이 있던 10추체 중에서는 단지 1추체 (10%)에서만 인접 추체의 신생 골절이 발생한 반면, 그렇지 않았던 6추체에서는 4추체 (67%)에서 인접 추체의 신생 골절이 발생하였고 이는 통계적으로 의미 있는 차이를 보였다 ($p<0.05$) (Table 4). 인접 추체의 신생 골절은 전체적으로는 평균 1.7개월 (0.4～7.4개월)에 발생하였고 연구군과 대조군으로 나누어 보면 연구군은 평균 1.7개월 (0.5～3.4개월), 대조군 역시 평균 1.7개월 (0.4～7.4개월)로 두 군간에 의미 있는 차이는 없었다 (Fig. 2).

고 찰

통증을 동반한 골다공증성 추체 압박 골절에서 골 시멘트 충전 (bone cement augmentation)은 굉장히 유용한 술식이나[5,12,13,21] 골 시멘트의 추체외로의 누출과 술 후 인접

추체의 신생 골절이 문제시되어 왔다[7,10,15]. 신생 골절 발생률은 문헌에 따라 다양하나 6.2～63%로 보고되고 있고[4,7,9,14,16] 일부 저자들은 골다공증성 추체 압박 골절에서 골 시멘트 충전을 하는 것이 보존적 치료를 하는 것보다 오히려 신생 골절 가능성을 높인다는 보고도 하였다[7]. 신생 골절이 발생하는 것이 질병의 자연 경과인지 아니면 골 시멘트 충전에 의한 합병증인지에 대해서는 아직 명확히 밝혀지지 않았으나[21] 사체 실험이나 유한 요소 모델 (finite element model)을 이용한 여러 연구 결과에 따르면 골 시멘트 충전 후 치료받은 추체의 stiffness가 증가한다는 사실이 밝혀졌다[1,3,18]. 신생 골절의 위험 인자를 찾기 위한 여러 연구가 행해졌고 1) 흉요추 이행부의 골절인 경우, 2) 후만 변형의 교정을 많이 할수록, 3) 체질량 지수 (Body mass index)가 적을수록 (저체중일수록), 4) 기존의 압박 골절이 존재할 경우, 5) 추간판으로 골 시멘트 누출이 발생한 경우에서 신생 골절의 가능성이 높아진다는 보고들이 있었다[10,15]. 이 중 추간판으로의 골 시멘트 누출에 관해 살펴보면 2002년 Noonan[17]의 발표에서는 추간판으로의 골 시멘트 누출이 완전한 통증의 완화와 관련된다고 하였으나 2004년 Lin 등[14]의 보고에 따르면 추간판으로의 골 시멘트 누출이 있었던 환자의 58%에서 인접 추체의 신생 골절이 발생했음을 보고하였고 2010년 Chen 등[4]의 보고에서도 추간판으로의 골 시멘트 누출이 있었던 환자의 42.3%에서 인접 추체의 신생 골절이 발생했음이 보고되었다. 그러나 2008년 Lin 등[15]의 보고에서는 추간판으로의 골 시멘트 누출과 인접 추체의 신생 골절 사이에 의미 있는 연관성은 없다고 하기도 하였는데 위의 발표들은 모두 경피적 척추 성형술 (vertebroplasty) 후의 결과였고 최근까지 경피적 풍선 척추 성형술 (kyphoplasty) 후 추간판으로의 골 시멘트 누출과 인접 분절의 신생 골절에 대한 연구는 보고되지 않았다. 경피적 풍선 척추 성형술 후의 추체외로의 골 시멘트 누출은 문헌에 따라 9.94～49.2%까지 다양하게 보고되고 있는데[2,6,11,19] 저자들의 연구에서는 22%에서 추체외로의 골 시멘트 누출이 일어났고 특히 13%에서는 추간판으로의 골 시멘트 누출이 발생하였다. 일반적으로 골 시멘트의 주입량이 적을수록 골 시멘트의 누출이 적게 발생하는데 저자들은 최소 4～6 cc의 골 시멘트를 주입했기 때문에 비교적 골 시멘트의 누출이 많았던 것으로 생각된다. 또한 추간판으로의 골 시멘트의 누출이 발생한 기전은 Jun 등[8]의 보고에서처럼 손상된 연골 단판을 통해 일어났으리라 생각된다.

저자들의 결과에서 추간판으로의 골 시멘트 누출은 16추체 (13%)에서 발생하였는데 그 중 5추체 (31%)에서 신생 골절이 발생하여 그렇지 않았던 환자들의 11% (91추체 중 11추체)와 비교해 의미 있게 높은 결과를 보였다 ($p < 0.05$) (Table 1) (Fig. 3). 추간판으로의 골 시멘트 누출이 있었던 16추체에서 인접 추체의 신생 골절과 연관된 위험 인자를 찾기 위해 상관 관계를 분석한 결과 외상력을 제외한 나머지 요소에서 통계적으로 의미 있는 결과는 보이지 않았다 (Table 3, 4). 초기 손상의 원인이 명확하지 않은 경우 (특별한 외상력이 없는 경우 혹은 약간 삔 정도)의 환자에서 추간판으로의 골 시멘트 누출이 일어났을 경우 통계적으로 의미 있게 인접 분절의 신생 골절이 발생했음을 알 수 있었다. 이는 낙상 (slip down)과 같은 외상력 없이 압박 골절이 발생한 환자에서는 경피적 풍선 척추 성형술을 시행할 경우 신생 골절의 가능성이 높음을 염두에 두어야 할 것으로 생각된다. 다만 저자들의 연구에서 특이했던 점은 골 시멘트 누출이 있으면서 인접 추체의 신생

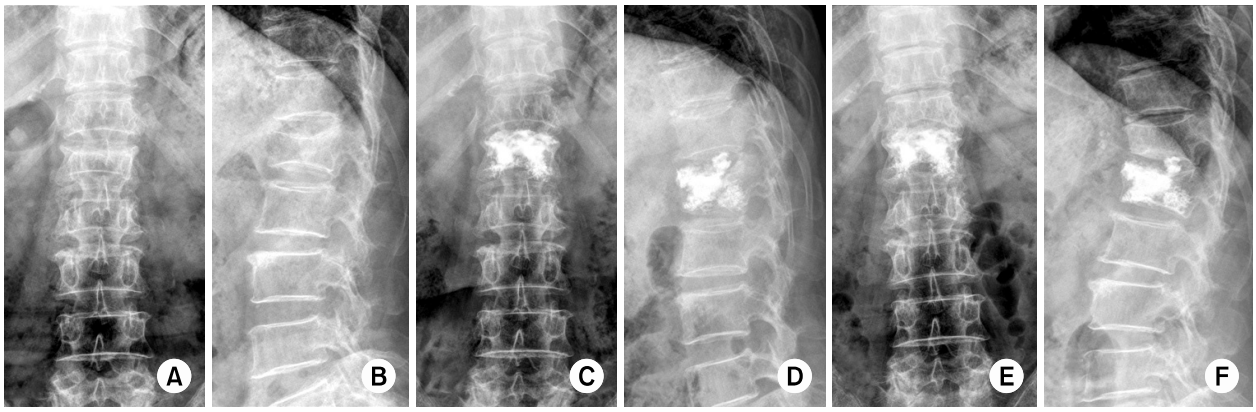

Fig. 3. A 69 year-old woman with compression fracture of L1.
Plain radiograph **(A), (B)** shows L1 osteoporotic vertebral compression fracture.
Plain radiograph **(C), (D)** immediately after kyphoplasty of L1 shows cement leakage into T12-L1 intervertebral disc.
Plain radiograph **(E)** and **(F)** 6 months after kyphoplasty shows subsequent fracture in lower end-plate of T12.

골절이 발생했던 5명의 환자 모두 경미한 통증만을 호소하여 추가적인 경피적 풍선 척추 성형술 없이 보존적 치료만으로 양호한 결과를 얻을 수 있었다는 점이다.

추간판으로의 골 시멘트 누출 여부와 상관 없이 대부분의 신생 골절은 술 후 이른 시기에 발생하였는데 이는 이전의 여러 연구 결과[7,10,20]와 일치하는 결과로 술 후 재활 도중 신생 골절이 발생할 수 있음을 환자 및 보호자에게 주지시키고 활동을 제한하거나 보조기 착용에 대한 교육이 중요하다고 여겨진다. 2004년 Fribourg 등[7]은 대부분의 신생 골절이 술 후 초기에 발생하는 점으로 미루어 골 시멘트 충전술 후 인접 추체의 리모델링이 일어나는 것이 아닐까 하는 가능성에 대해 언급한 적이 있는데 저자들 역시 이것이 충분히 고려 가능한 가설이라 생각한다.

본 연구의 제한점은 술 후 유출된 골 시멘트의 양을 정확히 측정할 수가 없었고 또한 유출된 증례가 12증례로 작아서 유출된 골 시멘트의 양에 따른 인접 추체의 신생 골절의 차이를 밝히지 못한 점이다. 다만 저자들의 연구를 바탕으로 보다 많은 증례를 대상으로 하여 다양한 요소를 고려하여 연구들이 발전된다면 골다공증성 척추압박 골절에서 경피적 풍선 척추 성형술 후 발생하는 신생골절에 대한 보다 정확한 지식을 얻을 수 있으리라 생각되며, 이에 대한 지속적인 관심과 주의 깊은 추시가 필요할 것이다.

결 론

추간판으로 골 시멘트 누출은 인접 추체의 신생 골절을 의미 있게 증가시키는 것으로 판단된다. 신생 골절은 대부분 술 후 초기에 발생하였으며 수상 원인이 없거나 경미한 경우는 낙상과 같은 명백한 원인이 있는 경우와 비교해서 추간판으로 골 시멘트 누출이 발생한다면 신생 골절 발생률이 의미 있게 높았다. 따라서 골절 당시 경미한 외상으로 발생한 골절환자에서 경피적 척추 성형술시 추간판으로 골 시멘트 누출될 경우 환자 및 보호자에게 신생 골절의 가능성을 설명하고 술 후 초기에 활동 제한 및 보조기 착용을 강조하는 것이 예방에 도움이 될 수 있다고 생각된다.

참 고 문 헌

1) **Baroud G, Nemes J, Heini P, Steffen T:** Load shift of the intervertebral disc after a vertebroplasty: a finite-element study. Eur Spine J, **12:** 421-426, 2003.
2) **Becker S, Meissner J, Tuschel A, Chavanne A, Ogon M:** Cement leakage into the posterior spinal canal during balloon kyphoplasty: a case report. J Orthop Surg (Hong Kong), **15:** 222-225, 2007.
3) **Belkoff SM, Jasper LE, Stevens SS:** An ex vivo evaluation of an inflatable bone tamp used to reduce fractures within vertebral bodies under load. Spine (Phila Pa 1976), **27:** 1640-1643, 2002.
4) **Chen WJ, Kao YH, Yang SC, Yu SW, Tu YK, Chung KC:** Impact of cement leakage into disks on the development of adjacent vertebral compression fractures. J Spinal Disord Tech, **23:** 35-39, 2010.
5) **Cortet B, Cotten A, Boutry N, et al:** Percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures: an open prospective study. J Rheumatol, **26:** 2222-2228, 1999.
6) **Eck JC, Nachtigall D, Humphreys SC, Hodges SD:** Comparison of vertebroplasty and balloon kyphoplasty for treatment of vertebral compression fractures: a meta-analysis of the literature. Spine J, **8:** 488-497, 2008.
7) **Fribourg D, Tang C, Sra P, Delamarter R, Bae H:** Incidence of subsequent vertebral fracture after kyphoplasty. Spine (Phila Pa 1976), **29:** 2270-2276, 2004.
8) **Jun DS, Shin WJ, Koh YH, Moon SH:** MR predictors of bone cement leakage in percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty for painful osteoporotic vertebral compression fracture. J Korean Soc Spine Surg, **13:** 184-190, 2006.
9) **Kim MH, Min SH, Jeon SH:** Risk factors of new compression fractures in adjacent vertebrae after percutaneous vertebroplasty. J Korean Fracture Soc, **20:** 260-265, 2007.
10) **Kim SH, Kang HS, Choi JA, Ahn JM:** Risk factors of new compression fractures in adjacent vertebrae after percutaneous vertebroplasty. Acta Radiol, **45:** 440-445, 2004.
11) **Lee IJ, Choi AL, Yie MY, et al:** CT evaluation of local leakage of bone cement after percutaneous kyphoplasty and vertebroplasty. Acta Radiol, **51:** 649-654, 2010.
12) **Lee JH, Hwang DW, Shin JH, Hong WS, Kim JW:** Factors confluencing the result of percutaneous balloon kyphoplasty in osteoporotic thoracolumbar compression fracture. J Korean Fracture Soc, **20:** 76-82, 2007.
13) **Lieberman IH, Dudeney S, Reinhardt MK, Bell G:** Initial outcome and efficacy of "kyphoplasty" in the treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures. Spine (Phila Pa 1976), **26:** 1631-1638, 2001.
14) **Lin EP, Ekholm S, Hiwatashi A, Westesson PL:** Vertebroplasty: cement leakage into the disc increases the risk of new fracture of adjacent vertebral body. AJNR Am J Neuroradiol, **25:** 175-180, 2004.

15) **Lin WC, Cheng TT, Lee YC, et al:** New vertebral osteoporotic compression fractures after percutaneous vertebroplasty: retrospective analysis of risk factors. J Vasc Interv Radiol, **19:** 225-231, 2008.
16) **Lo YP, Chen WJ, Chen LH, Lai PL:** New vertebral fracture after vertebroplasty. J Trauma, **65:** 1439-1445, 2008.
17) **Noonan:** Disk-space PMMA leakage during vertebroplasty: a predictor of significant pain relief, 02-O-665-ASNR, 2002.
18) **Polikeit A, Nolte LP, Ferguson SJ:** The effect of cement augmentation on the load transfer in an osteoporotic functional spinal unit: finite-element analysis. Spine (Phila Pa 1976), **28:** 991-996, 2003.
19) **Ren H, Shen Y, Zhang YZ, et al:** Correlative factor analysis on the complications resulting from cement leakage after percutaneous kyphoplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fracture. J Spinal Disord Tech, **23:** e9-15, 2010.
20) **Uppin AA, Hirsch JA, Centenera LV, Pfiefer BA, Pazianos AG, Choi IS:** Occurrence of new vertebral body fracture after percutaneous vertebroplasty in patients with osteoporosis. Radiology, **226:** 119-124, 2003.
21) **Yu SW, Yang SC, Kao YH, Yen CY, Tu YK, Chen LH:** Clinical evaluation of vertebroplasty for multiple-level osteoporotic spinal compression fracture in the elderly. Arch Orthop Trauma Surg, **128:** 97-101, 2008.