

경피적 척추체성형술로 치료한 골다공성 척추 압박골절에서 외상에 의한 영향: 외상 유무에 따른 방사선학적 양상의 비교

서울보훈병원 신경외과

남동혁 · 박관호 · 김태완 · 지문표 · 김재오

The Effect of Trauma in Osteoporotic Vertebral Compression Fractures Treated by Percutaneous Vertebroplasty: A Comparison of Radiological Features in Presence or Absence of Trauma

Dong Hyuk Nam, MD, Kwan Ho Park, MD, Tae Wan Kim, MD, Moon Pyo Chi, MD and Jae O Kim, MD

Department of Neurosurgery, Seoul Veterans Hospital, Seoul, Korea

Objective: The purpose of this study is to evaluate the effect of trauma in osteoporotic vertebral compression fractures (OVCFs) treated by percutaneous vertebroplasty (PVP). We compare radiographic features of OVCFs with trauma to those without trauma. **Methods:** The medical records and radiographic findings of 111 consecutive patients treated with PVP between January 2008 and June 2009 were retrospectively reviewed. A total of 111 patients with 122 painful vertebral fractures was identified based on clinical and radiological findings. The patients were divided into two groups according to the cause of the OVCFs. Group A contained 81 patients with a history of trauma. They included slip, sprain, and fall. 30 patients with no history of trauma were categorized into group B. Differences in radiographic features and occurrence rates of new compression fractures were examined and compared for both groups. The following factors were analyzed on radiographs, dual bone densitometry, CT, and MRI: pre-existing vertebral compression fracture (VCF), bone mineral density (BMD), anatomical location of the vertebral fracture, type and grading of fracture, intravertebral cleft (IVC), and new VCF. **Results:** There were 111 patients, with a mean age of 74.6 years (range, 65–86 years). Group A showed 81 patients with a mean age of 74.8 ± 6.2 and 30 patients with a mean age of 73.8 ± 6.4 in group B. In group A, body mass index (BMI) was 22.4 ± 3.9 and 22.5 ± 6.5 in group B. There were no significance differences in age, gender, and BMI. Mean follow-up period was 12 months (range, 3–24 months). The most common location of fractured vertebrae is thoracolumbar levels (T11-L2) in both groups. Mild deformity and wedged fractures are most common in both groups. Pre-existing VCF, BMD, anatomical location of the vertebral fracture, type and grading of fracture, IVC, and amount of cement injected have no statistically significant difference between group A and group B. In group A, the new VCF occurred in 17 patients (20.0%) and 8 (26.7%) in group B. The radiographic features of OVCF and occurrence rate of new VCF have no significant difference in both groups. **Conclusion:** The etiology of OVCF is multifactorial. This condition may be caused by mainly osteoporosis and trauma. There is no great difference between the two groups in radiographic features of OVCF. The history of trauma is not aggravating the situation and progress of OVCF. (J Kor Neurotraumatol Soc 2011;7:29-34)

KEY WORDS: Osteoporotic vertebral compression fracture · Trauma · Percutaneous vertebroplasty · New compression fracture.

Received: March 15, 2011 / Revised: March 17, 2011 / Accepted: April 20, 2011

Address for correspondence: Kwan Ho Park, MD

Department of Neurosurgery, Seoul Veterans Hospital, 27 Iljeon-gil, Gangdong-gu, Seoul 134-791, Korea

Tel: +82-2-2225-1363, Fax: +82-2-2225-1366, E-mail: spineho@naver.com

서 론

골다공증은 낮은 골량과 골조직의 구조적 노화로 뼈가 쉽게 부서지는 전신적인 골격계 질환으로 폐경, 노화 등 여러 가지 원인에 의하여 발생하며 만성 요통, 척추변형뿐만 아니라 척추에 골절을 유발하는 뼈질환이다. 노인 인구가 증가되면서 골다공증과 골다공성 척추골절이 점차 증가하고 있다. 척추골절로 척추체의 부피가 감소되고 변형이 일어나면 척추체의 생체역학과 기능에 변화가 오고 심한 동통이나 신경계의 장애를 일으키기도 한다. 골다공성 척추골절이 발생하는 데는 여러 가지 요인이 있지만 척추체의 강도와 부피가 감소되면 뚜렷한 원인이 없거나 가벼운 외상에도 척추체가 파괴되어 척추골절이 발생할 수 있다. 골다공증에 의한 뼈의 약화와 외상이 골다공성 척추 압박골절의 주된 원인이다. 본 연구에서는 골다공성 척추 압박골절로 진단되어 척추체성형술을 시행받은 환자에서 외상 후에 척추골절이 발생한 경우와 외상력 없이 척추골절이 발생한 경우의 환자 분포와 골절의 영상학적 소견을 비교하여 외상이 골다공성 척추압박 골절에 미치는 영향을 보고하고자 한다.

대상 및 방법

2008년 1월부터 2009년 6월까지 골다공성 척추 압박골절로 진단되어 척추체성형술을 시행받은 65세 이상 환자 111명을 대상으로 후향적으로 분석하였다. 급성기 통증이 6주 미만, MR 촬영상 골절된 척추체가 T1강조영상에서 저신호강도, T2강조 및 short-tau inversion recovery (STIR) 영상에서 고신호강도, 척추체 높이가 20% 이상 감소된 경우를 대상으로 하였다. 중증 척추외상으로 갑갑 및 고정수술이 필요한 경우, 심한 압박골절 (>50% 이상), 척추관내 신경압박, 척추불안정성, 병적골절 (종양, 감염), 흉요추부 수술을 받았던 경우, 심폐질환 동반, 응고병증 환자는 연구 대상에서 제외하였다. 외상 후에 골다공성 척추 압박골절이 발생되어 경피적 척추체성형술을 시행받은 환자는 A군으로 분류하고, 외상력 없이 골다공성 척추 압박골절이 발생되어 경피적 척추체성형술을 시행받은 환자는 B군으로 분류하였다. A군의 외상력은 넘어짐, 염좌, 떨어짐과 같이 일상생활 중에 발생할 수 있는 정도의 외상이었다. 모든 환자에서 단순 방사선 검사, 전산화단층촬영 (CT), 자기공명영상촬영(MRI)을 시행하여 척추 압박골절 부위, 척추관내 골편함입 및 신경압박 유무를 확인하였다. 골밀도(BMD) 검사로 골다공증의 정도를 측정하였으며 동

위원소 골주사(bone scan)로 다발성 골절 여부도 확인하였다.

두군에서 나이, 성별, 체질량지수(body mass index, BMI), 골밀도 검사, 기존의 척추골절, 골절의 위치, 골절의 모양과 정도, 척추체내 틈(intravertebral cleft: IVC), 뼈시멘트(polymethylmetacrylate: PMMA) 주입량, 새로운 골절의 발생빈도를 비교하였다. 기존의 척추골절과 골절된 척추체의 위치는 T4-T10, T11-L2, L3-L5로 분류하였고, Genant method에 따라 척추골절의 모양과 정도를 분류하였다.⁶⁾ 골절의 모양은 wedge형, concave형, crush형으로 나누고, 감소된 척추체 높이에 따라 경도(mild), 중등도(moderate), 중증(severe)으로 분류하였다.

모든 환자에게 C-arm 방사선 투시기를 이용하여 경피적 척추체성형술을 시행하였다. Jamshidi 바늘을 일측 또는 양측 척추경을 경유하여 골절된 척추체 내에 삽입하여 바늘의 끝이 척추체의 전방 1/3에 위치하도록 하였다. 주사기를 통하여 뼈시멘트를 주입하였고 뼈시멘트가 척추체의 후방 1/3을 지나 주입되거나 추간판내 또는 척추체 주변으로 유출되면 뼈시멘트 주입을 중지하였다. 새로운 척추골절은 최초의 척추체성형술 후에 통증이 발생하고 척추체 높이가 20% 이상 감소되면서 MRI 촬영에서 뼈부종 소견이 관찰되고, 다른 영상학적 검사상 새로운 골절이 발견된 경우로 하였다.

골다공성 척추 압박골절로 척추체성형술을 시행받은 환자를 척추골절 당시의 외상 유무에 따라 각각 A군과 B군으로 나누고, 외상이 골다공성 척추 압박골절에 미치는 영향을 알아보기 위하여 두 군의 환자 분포와 영상학적 소견을 비교하였다. 모든 통계 자료는 SPSS를 이용하여 Chi-square test와 t-test를 시행하여 분석하였고 $p<0.05$ 인 경우를 통계학적으로 유의성 있는 것으로 하였다.

결 과

환자의 분포

골다공성 척추 압박골절로 진단되어 척추체성형술을 시행받은 환자는 111명이었고 총 122개의 척추체에 척추체성형술을 시행하였다. 평균 연령은 74.6세 (65~86세), 남녀비는 54:57이고 추적관찰 기간은 평균 12개월 (3~24개월)이었다. A군은 81명으로 척추골절 당시에 외상이 있었으며 총 85개의 척추체에 척추체성형술을 시행받았다. 평균 연령은 74.8±6.2세이고 남녀비는 40:41이었다. 외상의 원인은 넘어짐 (60명), 염좌 (19명), 떨어짐 (2명)으로 나타나 일상생활 중에 발생할 수 있는 정도의 외상이었다. 골

다공성 척추 압박골절로 신경학적 결손이 동반된 경우나 중증의 외상으로 척추골절이 발생되어 감압 및 고정술이 필요한 경우는 연구대상에서 제외되었다. BMI는 22.4 ± 3.9 이었다. B군은 30명으로 골다공성 척추골절 발생시 명확한 외상력이 없었으며 총 37개의 척추체에 척추체성형술을 시행하였다. 평균 연령은 73.8 ± 6.4 세이고 남녀비는 14:16이었다. BMI는 22.5 ± 6.5 이었다. A군과 B군을 비교하면 골다공성 척추 압박골절 발생 당시의 평균 연령, 성별, BMI는 통계학적으로 유의성이 없었다 (Table 1).

방사선학적 평가

A군 81명 중 기존의 척추체 골절은 31명 (38.3%)에게서 총 58개의 척추체 골절이 있었다. A군의 평균 골밀도 수치는 -3.7 ± 1.2 이었다. 기존의 척추체 골절의 위치는 T11-L2 부위에 33개, L3-L5 부위에 16개, T4-T10 부위에 9개로 나타났으며 T11-L2 부위에 가장 많았다. A군에서 척추체성형술을 시행받은 척추체 골절은 총 85개

였고, 치료받은 평균 척추체 수는 1.21 ± 0.5 이었다. 척추체 골절이 1부위에서 발생한 경우는 60명, 2부위에서 발생한 경우는 11명, 3부위에서 발생한 경우는 1명이었다. 척추체 골절은 T11-L2 부위에 53개, L3-L5 부위에 17개, T4-T10 부위에 15개순으로 나타나 T11-L2 부위에서 가장 많이 발생하였다. 척추체 골절의 모양은 wedge형이 57개, biconcave형 22개, crush형은 6명으로 관찰되어 wedge형이 가장 많았다. 척추체 골절의 정도는 경도 61개, 중등도 20개, 중증은 4개 척추체로 나타났다. 외상력은 넘어짐, 염좌, 떨어짐 순으로 나타났으며 외상의 원인에 관계없이 골절의 위치는 T11-L2, 골절의 모양은 wedge형, 골절의 정도는 경도가 가장 많은 것으로 관찰되었다. 척추체내 틈이 나타난 경우는 10명이었다. 골다공성 척추체 골절로 진단되어 척추체성형술 시 주입한 뼈시멘트 평균량은 3.0 ± 1.1 cc이었다. A군 환자 81명 중 17명 (20.0%)에서 새로운 척추체 골절이 발생하였다 (Table 1).

B군 30명 중 기존의 척추체 골절은 12명 (40.0%)에서

TABLE 1. Demographics of the both study groups

Characteristics	Group A (n=81)	Group B (n=30)	p value
Mean of age	74.8 ± 6.2	73.8 ± 6.4	0.42
Sex ratio (male:female)	40:41	14:16	0.18
Male (%)	40 (49.4%)	14 (46.7%)	
Female (%)	41 (50.6%)	16 (53.3%)	
Body mass index	22.4 ± 3.9	22.5 ± 6.5	0.17
Previous fractures	58	21	0.73
T4-T10	9	5	
T11-L2	33	13	
L3-L5	16	3	
BMD	-3.7 ± 1.2	-4.1 ± 1.3	0.89
No. of fractured vertebra	85	37	
Treated vertebrae	1.21 ± 0.47	1.23 ± 0.52	
Location			0.95
T4-T10	15	7	
T11-L2	53	24	
L3-L5	17	6	
Fracture type			0.48
Wedge	57	29	
Biconcave	22	6	
Crush	6	2	
Deformity			0.09
Mild	61	31	
Moderate	20	5	
Severe	4	1	
Intravertebral cleft	10	6	0.15
PMMA volume (cc)	3.0 ± 1.1	3.3 ± 1.4	0.45
New VCF (%)	17 (21.0%)	8 (26.7%)	0.53

T: thoracic, L: lumbar, No: number, BMD: bone mineral density, PMMA: polymethylmetacrylate, VCF: vertebral compression fracture

나타났고 척추체 골절은 총 21개였다. B군의 평균 BMD는 -4.1 ± 1.3 이었다. 기존의 척추체 골절의 위치는 T11-L2 부위에 13개, T4-T10 부위에 5개, L3-L5 부위에 3개로 나타나 T11-L2 부위에서 가장 많았다. B군에서 척추체성형술을 시행받은 척추체 골절은 총 37개였고, 치료받은 평균 척추체 수는 1.23 ± 0.5 이었다. 척추체 골절이 1부위에서 발생한 경우는 28명, 2부위는 3명, 3부위에서 발생한 경우는 1명이었다. 척추체 골절의 위치는 T11-L2 부위에 24개, T4-T10 부위에 7개, L3-L5 부위에 6개로 나타났으며 T11-L2 부위에서 가장 많았다. 척추체 골절의 모양은 wedge형이 29개, biconcave형 6개, crush형은 2명으로 관찰되었으며 wedge형이 가장 많았다. 척추체 골절의 정도는 경도 31개, 중등도 5개, 중증은 1개 척추체로 나타났다. 척추체내 틈이 발견된 경우는 6명이었다. 척추체 골절로 진단되어 척추체성형술 시 주입한 뼈시멘트 평균량은 3.3 ± 1.4 cc이었다. B군 환자 30명 중 8명(26.7%)에서 새로운 척추체 골절이 발생하였다 (Table 1).

골다공성 척추 압박골절 발생시 외상의 유무와 골밀도 수치, 척추골절의 위치, 척추골절의 모양과 정도, 척추체내 틈, 뼈시멘트의 양, 새로운 척추골절의 발생률은 통계학적으로 유의성을 보이지 않았다 (Table 1).

고 찰

골생성에 비하여 골흡수가 증가하거나 골흡수에 비해 골생성이 감소되면 골다공증이 발생하게 된다. 일차성 골다공증은 제1형 (폐경 후 골다공증)과 2형 (노인성 골다공증)으로 분류되며, 이차성 골다공증은 주로 원인이 확인되는 경우이다. 골밀도는 유전적인 원인 인자와 환경적인 원인 인자와 관련이 있으며, 환경적인 원인 인자는 운동, 폐경, 칼슘, 비타민 D 등이 해당된다.

단순 방사선 촬영과 골밀도 검사로 골다공증 정도를 측정한다. CT와 MRI를 시행하여 방출성 골절, 척추 후주 및 신경조직 손상 유무를 관찰한다. 3D (dimension)-CT를 촬영하여 골절 양상과 골조직의 변화를 관찰한다. 골주사 검사로 압박골절의 진구성 여부, 다발성 골절 여부를 확인한다. 골밀도 검사는 해면골이 많은 대퇴골, 척추, 요골의 원위부가 적절하며, 골밀도 수치는 퇴행성 변화 또는 뼈관절증에 의하여 영향을 받을 수 있다. Shiraki 등¹⁸⁾에 의하면 여자 노인에서 BMI가 높을수록 새로운 척추체 골절의 빈도는 감소한다고 보고하였고, Ahn 등¹⁾은 골밀도 수치보다는 BMI가 새로운 척추체 골절 발생과 관련된 중요한 인자라고 하였다. A군과 B군의 평균 연령, 남녀비,

BMI는 비슷하게 나타났고, 골밀도 수치는 각각 -3.7 ± 1.2 와 -4.1 ± 1.3 로 관찰되었지만 통계학적으로 유의성 있는 차이는 없었다.

Briggs 등⁵⁾은 골다공성 척추체 골절이 발생되면 이후에 척추골절이 발생할 위험이 상당히 증가하며 이 현상을 “척추골절 연속단계(vertebral fracture cascade)”라고 하였다. 과거에 척추체 골절이 있었던 경우는 척추체 골절이 없었던 경우보다 새로운 척추체 골절이 발생할 위험성이 약 4~7배 높고, 기존에 발생한 척추체 골절의 갯수와 연관이 있다고 알려져 있다.^{14,16,17)} 기존의 척추체 골절은 A군과 B군에서 각각 31명 (38.3%)과 12명 (40.0%)으로 비슷한 빈도로 관찰되었으며 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 척추체 골절의 발생과 연관이 있는 위험 인자는 기존에 발생한 척추체 골절의 갯수이며 이것은 골다공증의 중증도와 관련이 있다고 알려져 있다. 골조직의 부피와 강도가 감소되면 가벼운 외상이나 뚜렷한 원인이 없이도 척추골절이 발생하기도 한다. 본 연구에서도 척추체 골절 발생시 외상력이 있는 경우도 있지만, 명확한 외상력이 없었던 경우도 있으므로 척추체 골절에는 외상 외에도 여러 가지 요인이 관여할 것으로 사료된다. 본 연구에서의 외상력은 넘어짐, 염좌, 떨어짐 순으로 나타났으며 일상활동 중에도 흔히 발생할 수 있는 외상이었다. 저자들은 골다공성 척추 압박골절 발생 당시 환자의 외상력에 따라 외상의 유무만을 분류하고 외상이 골다공성 척추 압박골절에 미치는 영향을 연구하였으므로 외상의 정도와 골다공성 척추 골절과의 연관성을 규명하는 데는 제한이 있을 것으로 사료된다. 명확한 외상력이 없이 발생한 골다공성 척추 압박골절은 환자가 무시할 정도로 미약한 정도의 외상력이 원인이거나 자연 경과 중에 발생한 골절로 추정할 수 있다. 두 군 모두 T11-L2 부위에서 척추체 골절에 가장 많이 발생하였다. 외상 여부에 상관없이 척추체 골절의 모양은 wedge형이 가장 많고, biconcave형, crush형 순으로 관찰되었으며, 골절의 정도는 경도가 가장 흔히 발생하고 중등도, 중증의 순으로 나타났다. 두 군의 영상학적 소견을 비교할 때 골절의 위치는 두 군 모두 T11-L2 부위에서 가장 많았다. 두 군 모두 wedge형 골절이 가장 많았으나 B군에서는 A군에 비하여 wedge골절의 빈도가 상대적으로 높았다. 두 군 모두 경증 골절이 가장 많았으나 A군에서는 B군에 비하여 중등도, 중증 골절의 빈도가 상대적으로 높았다. 본 연구에 의하면 외상에 의한 골다공성 척추 압박골절은 비외상성 척추 압박골절에 비하여 골절의 정도가 심한 것으로 관찰되었다. 외상 후에 발생한 골다공성 척추 압박골절을 비외상성 골다공성 척추 압박

골절과 비교하면 척추골절의 양상과 결과는 통계학적으로 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다. 척추체내 틈을 Kummell병의 징후로 볼 수 있지만 척추체내 틈은 급성 척추골절 후에도 발생할 수 있다.¹⁵⁾ Lane 등¹⁰⁾은 골다공성 척추 압박골절 후에 척추체내 틈을 흔히 볼 수 있다고 보고하였다. 본 연구에서는 A군에 비하여 B군에서 척추체내 틈의 발생 빈도가 높았으나 두 군에서 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 척추체성형술로 뼈시멘트가 척추체에 주입되면 열 또는 화학적 효과로 통증이 호전된다고 가정되었으나, 생역학적 실험에 의하면 척추체성형술로 척추체가 골절되기 전에 비하여 골절된 척추체의 강도(strength)와 강직(stiffness)을 회복시키고 내부목(internal splint) 역할을 하는 기전도 제시되었다. 뼈시멘트 양은 새로운 척추체골절의 발생이나 결과와 연관이 없다고 보고되었고^{1,7,8)} 저자들의 연구에서도 A군과 B군에 주입한 뼈시멘트 양은 각각 3.0 ± 1.1 cc, 3.3 ± 1.4 cc이었으며 두 군 간의 통계학적 유의한 차이는 없었다.

척추체성형술과 새로운 골절과의 연관성은 명확하지 않으며 척추체성형술 자체가 새로운 골절을 유발한다는 주장과 내재성 질환의 자연 경과로 새로운 골절이 발생한다는 주장이 있다.^{2,12,13)} 가장 중요한 인자는 내재하는 골다공증이라고 알려져 있으며, Wang 등²⁰⁾은 새로운 골절이 발생한 환자의 62.5%는 골밀도 수치가 -2.5 미만이었으며 이러한 환자들은 더욱 집중적인 추적 관찰이 필요하다고 주장하였다. 척추체성형술 후 육체적인 활동의 증가로 새로운 골절이 증가한다는 주장도 있으며^{3,9,11,18,19)} 척추체 움직임이 많으면 척추체골절 부위에 인접하지 않는 척추체에 망치효과를 유발하여 새로운 골절이 발생하게 된다. 척추분절의 운동성 외에 가능한 다른 기하학적 인자는 국소적인 척추후만증이다.¹⁾ 새로운 척추체 골절은 주로 인접 부위에서 더 빨리 발생한다. 이러한 결과는 고령, 낮은 골다공증 수치, 기존의 척추체 골절이 많은 경우가 다발성 척추체 골절이 발생할 수 있는 위험인자임을 제시한다. 본 연구에서 척추체성형술을 시행한 척추체에 새로운 골절이 발생한 경우 골절된 척추체에 주입된 뼈시멘트가 부족한 경우가 관찰되어 척추체성형술 시 골절된 척추체에 충분한 양의 뼈시멘트를 주입할 필요가 있었다.⁴⁾

결론

골다공성 척추 압박골절은 여러가지 원인에 의하여 발생하는데 골다공증과 외상이 척추 압박골절의 주된 원인이다. 외상 후에 골다공성 척추 압박골절이 발생한 경우

와 외상력이 없이 발생한 경우를 영상학적으로 비교하였을 때 골다공성 척추 압박골절의 양상이나 진행 과정에서 유사한 소견을 보였다. 골다공성 척추 압박골절 발생 당시의 외상은 골다공성 척추 압박골절의 상황과 경과를 악화시키는 효과는 미미할 것으로 판단된다.

중심 단어: 골다공성 척추 압박골절·외상·경피적 척추체성형술·새로운 압박골절.

■ The authors have no financial conflicts of interest.

REFERENCES

- 1) Ahn Y, Lee JH, Lee HY, Lee SH, Keem SH. Predictive factors for subsequent vertebral fracture after percutaneous vertebroplasty. *J Neurosurg Spine* 9:129-136, 2008
- 2) Ananthakrishnan D, Berven S, Deviren V, Cheng K, Lotz JC, Xu Z, et al. The effect on anterior column loading due to different vertebral augmentation techniques. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 20:25-31, 2005
- 3) Barr JD, Barr MS, Lemley TJ, McCann RM. Percutaneous vertebroplasty for pain relief and spinal stabilization. *Spine (Phila Pa 1976)* 25:923-928, 2000
- 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) Briggs AM, Greig AM, Wark JD. The vertebral fracture cascade in osteoporosis: a review of aetiopathogenesis. *Osteoporos Int* 18:575-584, 2007
- 6) Genant HK, Wu CY, van Kuijk C, Nevitt MC. Vertebral fracture assessment using a semiquantitative technique. *J Bone Miner Res* 8:1137-1148, 1993
- 7) Hodler J, Peck D, Gilula LA. Midterm outcome after vertebroplasty: predictive value of technical and patient-related factors. *Radiology* 227:662-668, 2003
- 8) Kaufmann TJ, Trout AT, Kallmes DF. The effects of cement volume on clinical outcomes of percutaneous vertebroplasty. *AJNR Am J Neuroradiol* 27:1933-1937, 2006
- 9) 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
- 10) Lane JJ, Maus TP, Wald JT, Thielen KR, Bobra S, Luetmer PH. Intravertebral clefts opacified during vertebroplasty: pathogenesis, technical implications, and prognostic significance. *AJNR Am J Neuroradiol* 23:1642-1646, 2002
- 11) 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
- 12) Lindsay R, Burge RT, Strauss DM. One year outcomes and costs following a vertebral fracture. *Osteoporos Int* 16:78-85, 2005
- 13) Lindsay R, Silverman SL, Cooper C, Hanley DA, Barton I, Broy SB, et al. Risk of new vertebral fracture in the year following a fracture. *JAMA* 285:320-323, 2001
- 14) Lunt M, O'Neill TW, Felsenberg D, Reeve J, Kanis JA, Cooper C, et al. Characteristics of a prevalent vertebral deformity predict subsequent vertebral fracture: results from the European Prospective Osteoporosis Study (EPOS). *Bone* 33:505-513, 2003
- 15) Maldague BE, Noel HM, Malghem JJ. The intravertebral vacuum cleft: a sign of ischemic vertebral collapse. *Radiology* 129:23-29, 1978
- 16) Ross PD, Davis JW, Epstein RS, Wasnich RD. Pre-existing frac-

- tures and bone mass predict vertebral fracture incidence in women. **Ann Intern Med** 114:919-923, 1991
- 17) Ross PD, Genant HK, Davis JW, Miller PD, Wasnich RD. Predicting vertebral fracture incidence from prevalent fractures and bone density among non-black, osteoporotic women. **Osteoporos Int** 3:120-126, 1993
 - 18) Shiraki M, Ito H, Fujimaki H, Higuchi T. Relation between body size and bone mineral density with special reference to sex hormones and calcium regulating hormones in elderly females. **Endocrinol Jpn** 38:343-349, 1991
 - 19) Trout AT, Kallmes DF, Kaufmann TJ. New fractures after vertebroplasty: adjacent fractures occur significantly sooner. **AJNR Am J Neuroradiol** 27:217-223, 2006
 - 20) Wang HK, Lu K, Liang CL, Weng HC, Wang KW, Tsai YD, et al. Comparing clinical outcomes following percutaneous vertebroplasty with conservative therapy for acute osteoporotic vertebral compression fractures. **Pain Med** 11:1659-1665, 2010