

## 척추압박골절에서 경피적 척추후만 복원술의 임상적 결과

인천기독병원 신경외과

고종하 · 박종근 · 유수일 · 이용성

## Clinical Results of Percutaneous Kyphoplasty on Vertebral Compression Fractures

Jong Ha Koh, M.D., Jong Keun Park, M.D., Soo Il Yoo, M.D., and Yong Sung Lee, M.D.

Department of Neurosurgery, Incheon Christian Hospital, Incheon, Korea

**Objective:** The purpose of this study is to analyze the clinical effectiveness of percutaneous kyphoplasty on vertebral compression fractures. We assessed clinical outcomes (pain relief) and radiological outcomes (deformity correction).

**Methods:** Thirty-five patients underwent percutaneous kyphoplasty from January 2002 to December 2003. Among them, 25 patients were women and 10 patients were men, with mean age of 65.2 years.

**Results:** The clinical results after the procedure were improved. The visual analogue scale score reduced from 8.27 to 2.95 and the midline vertebral body height was increased. The clinically significant complication was not developed.

**Conclusion:** Percutaneous kyphoplasty is a safe and easy technique for the treatment of vertebral compression fractures. It can reduce pain and restore the midline vertebral body height statistically. However long-term follow-up study is necessary.

**Key Words:** Kyphoplasty · Compression fractures · VAS score · Midline vertebral body height

## 서론

골다공증은 주로 노년층에 영향을 미치는 전신질환으로서 최근 의료기구의 발달과 사회 문화의 발전으로 인해 인구의 고령화가 증가하고 있는 추세이다. 골다공증은 점진적으로 골 물질의 소실을 유발하여 경미한 외상으로도 체내 여러 곳에서 골절을 유발시키는데, 이들 중 척추골절의 발생 빈도가 가장 높다<sup>23)</sup>. 이러한 척추골절은 장기간의 침상 고정 상태와 만성 통증으로 삶의 질을 크게 떨어뜨리고, 이로 인해 사회 경제적으로 큰 문제를 초래하게 된다. 최근 비침습적 방법으로 골시멘트를 사용한 경피적 척추성형술(vertebroplasty)이 노인 환자들의 골다공증성 척추골절에 대한 치료로 많이 시술되고 있는데<sup>1,11,13,20)</sup>, 시술 후 신속한 통증 완화와 조기 보

행의 결과를 가져올 수 있다<sup>19,27)</sup>. 그러나 이와 같은 경피적 척추성형술은 압박된 척추체의 복원 정도가 미미하고, 주입된 골시멘트의 척추체외 유출과 관련된 합병증, 특히 골시멘트의 척추강내 유입과 척수 압박에 의한 신경 증상과 드물지만 폐색전증 등의 발생 가능성은 큰 문제점이다<sup>15,22,32,33)</sup>. 이에 비해 척추 후만변형 복원술(kyphoplasty)은 이러한 단점을 크게 개선하여 통증 완화, 조기 보행 뿐만 아니라, 골시멘트의 척추체외 유출과 같은 심각한 합병증의 발생 위험성을 감소시키고 압박된 척추체의 복원 등도 기대할 수 있는 새로운 방법이다<sup>14,18,21,30)</sup>(Fig. 1). 본 교실에서는 2002년 1월부터 2003년 12월까지 35명의 골다공증성 척추골절 환자에서 척추 후만변형 복원술을 시행하고 추적 관찰하여 그 임상 효과와 방사선학적 변화를 분석하여 치료 효과를 보고하는 바이다.

## 대상 및 방법

## 1. 대 상

35명의 환자에서 총 49 부위의 척추압박골절에 대해 경피

Corresponding Author: Jong Ha Koh, M.D.  
Department of Neurosurgery, Incheon Christian Hospital, 237,  
Yulmok-dong, Jung-gu, Incheon, 400-174, Korea  
Tel: 82-32-773-4877, Fax: 82-32-773-4877  
E-mail: nujoha@naver.com



적 척추후만 복원술이 시행되었다. 환자의 평균연령은 65.2 (51 ~79)세였으며, 25명은 여성, 10명은 남성이었다. 35명 중 26명은 단일병변이었고, 9명은 두 군데 이상 병변이 있었다. 압박골절은 T10부터 L4까지 있었고, 흉요추 이행부와 상위 요추부에 많았다(Table 1). 수술 전 평균 3개월간 대증치료를 시행 받았으나, 지속적인 통증을 호소하는 환자를 대상으로 하였고, 시술할 척추체의 결정은 통증을 호소하는 부위에 X-선 검사상 척추체에 압박소견이 관찰되고, 척추 MRI 혹은 CT와 동위원소 검사에서 병변이 있는 환자들로 결정하였고, 방출성 골절 환자들은 제외하였다. 전례에서 수술 후 최소 6개월 이상 추적 관찰이 가능했던 예이다.

## 2. 수술 방법

전례를 수술실에서 국소마취 하에 시행하였으며, 환자를 복와위 자세로 한 후 심전도와 혈압 및 혈중 산소분압을 지속적으로 감시 관찰하였고, 수술기기가 삽입될 피부면과 척추체 골피질부를 2% Lidocaine으로 국소 마취한 후 먼저 추체 좌측의 피부를 약 0.5~1 cm 절개하였다. 이후 척추경을 통하여 추체부 양측에 Jamshidi needle을 삽입하였고, 바늘이 척추경을 통과하는 동안 바늘 끝이 골절된 척추체 전하방의 중앙을 향하게 함으로써 풍선 팽창 시 풍선이 최대한으로 확

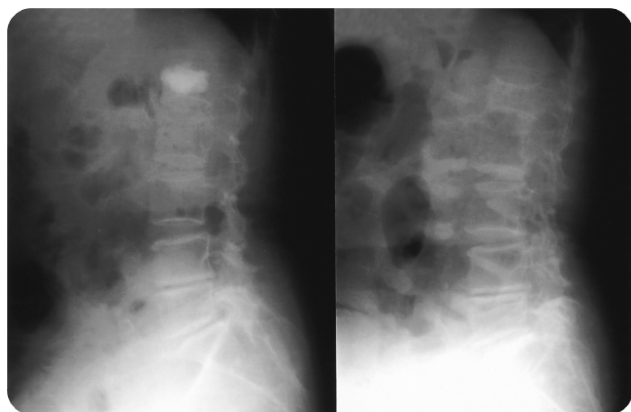


Fig. 1. Preoperative and postoperative X-rays in L1 compression fracture.

Table 1. Distribution of fractured vertebrae

	Level of vertebrae						
	T10	T11	T12	L1	L2	L3	L4
Number of fractured vertebrae	1	2	11	16	10	4	1

장될 수 있도록 하였다. 삽입하였던 바늘이 척추경을 지나 추체 후방을 통과하였음을 C-arm 측면상에서 확인하고, Jamshidi needle의 소식자(stylet)를 제거한 후 바늘을 통하여 K-wire를 삽입하여 추체에 고정시켰다. 이어서 working channel을 K-wire를 통하여 삽입하여 추체 후방 골피질을 통과하였음을 확인하고, working channel의 끝을 추체 후방에 고정시킨 후 K-wire를 제거하였다. 다음 단계로써 working channel을 통하여 수동 전기 천공기(drill)를 삽입하여 풍선도관(ballon catheter)이 위치할 곳을 확보하였고, 삽입하였던 천공기를 제거하였다. 다음 단계로 바늘 끝이 평평하고 무딘 bone void filler를 삽입하고 반복적으로 움직임으로써 천공기에 의한 골조각을 분쇄 제거하여 풍선도관이 삽입될 수 있는 공간이 확보되도록 하였다. 이후 풍선이 끝에 달린 특수 도관(KyphX inflatable bone tamp, Kyphon Inc. USA)을 확보된 추체 내 공간에 삽입하여 추체 내에서 우선 고정시킨 후, 반대측인 우측 척추체에 풍선을 삽입하기 위한 시술을 좌측과 동일하게 시행하였다. 풍선팽창은 조영제를 천천히 주입함으로써 풍선 내 압력을 서서히 증가시키며 시행되었는데, 풍선 내 압력을 통상 100에서 250 psi로 증가시켰으며, 편측에 각각 3내지 3.5 cc의 공동이 형성되게 하였다. 추체내 풍선을 팽창시킨 상태로 유지하며, 주입할 골시멘트를 제조하였는데, 제조된 골시멘트 (Vertebroplastic Radiopaque Resinous Material, DePuyAcroMed, Inc. USA)를 bone void filler라는 특수 바늘 내에 채워 넣은 후 골시멘트의 점성도가 높아 지기를 기다렸다. 원하는 골시멘트의 점성도가 확인된 후 팽창되었던 풍선에서 조영제를 빼내어 수축시킨 후 풍선도관을 제거하였다. 풍선팽창을 위하여 소요되었던 조영제의 양을 기준하여 bone void filler 내에 골시멘트를 1.5 cc 채웠는데, 편측 3 내지 3.5 cc, 양측 합하여 6 내지 7 cc 정도의 골시멘트를 추체 공동 내에 주입하였다. 공동에 채워진 골시멘트가 경화되기를 기다린 후 working channel과 함께 bone void filler를 제거함으로써 시술을 종료하였다.

## 3. 임상 분석

임상 분석은 임상적 결과와 방사선학적 결과를 기초로하여 후향적으로 분석하였다. Visual analogue scale (VAS)를 이용한 통증 완화 정도와 보행능력 변화를 임상적으로 평가하였으며, 수술 전·후 측면 척추사진을 통해 척추체의 높이와 척추 후만곡 변형의 정도를 비교하였다. 척추체 높이는 골절 척추체 높이와 인접한 정상 척추체의 평균 척추체 높이를 비교 분석하였으며, 후만곡 변형의 정도는 Cobb's 방법을 사용



하여 골절 척추체와 인접한 상위 척추체의 상단면과 하위 척추체의 하단면의 각각의 수평선에 수직으로 직선을 그어서 교차 부위의 각을 측정하여 비교 분석하였다. 모든 환자에서 전산화단층촬영을 하여 추체의 유출 여부를 확인하였다. 수술 전·후 통증, 척추체 높이와 척추 후만곡 변형의 변화는 paired T-test와 Wilcoxon signed-rank test로 분석하였다.

## 결 과

35명의 환자를 외래에서 지속적으로 6개월 이상 추적 관찰하였고, 이중 25명(71%)이 여자였다. 연령은 55세에서 81세로 분포를 보였고 평균 연령은 64.2세였다. 골절에서 수술까지의 시간 간격은 평균 3개월이었으나, 1예에서는 10개월에 시행되었다. 대부분 타 병원이나 집 등에서 대증적 치료 후에 온 환자들로 입원 후 추가적인 대증적 치료는 하지않았다. 외상에 의한 골절인 경우가 61% 였으며, 나머지는 원인을 알 수 없는 골절이었다. 골절부위의 분포를 보면 제 10 흉추에서 제 4 요추에 이르기까지 다양하였으며, 이중 흉추부 이행 부위와 상부 요추부위가 82%로 대부분을 차지하였다(Table 1). 수술 전 환자의 VAS 점수는평균 8.27이었으나, 수술 6개월 후 평균 2.95로 5.32의 의미있는 VAS 점수 감소가 관찰되었다(Table 2). 32명(91%)이 통증호전을 보였으며, 3명(9%)은 통증의 변화가 없었고 악화된 경우는 없었다.

**Table 2.** Change of pain scores after operation

	Preoperation	Postop* 6months
Total No. of response	35	35
Mean pain**	8.27	2.95(p<0.05***)

\*Postop: Postoperatively

\*\*Visual analogue scale ranging from 0 to 10 (0 = no pain, 10 = most severe pain)

\*\*\*Paired +test compared with preoperative pain score

수술 전 심한 배부통증에 의한 보행 불능 12명, 불완전 보행 9명, 완전 보행 14명에서 수술 6개월 후 불완전 보행 2명, 완전 보행 33명이었다(Table 3). 수술 전 평균척추체 높이는 척추체 앞쪽인 경우 평균의 73%에서 수술 6개월 후 81.2%로 통계적으로 의미있는 증가를 보이지 않았으나, 척추체 중간인 경우 49.3%에서 82.5%로 의미있는 증가를 보였다(Table 4). 척추 후만변형은 흉추부인 경우 16.5°에서 15.3°로 1.2°의 회복을 보였고 요추부인 경우 -14.7°에서 -17.0°로 2.3°의 회복을 보였으나, 통계학적으로 의미있는 차이는 없었다(Table 5). 시멘트의 추체내 유출은 1예에서 관찰되었으나, 관련 임상 증상을 동반하지 않았으며, 그 외 골시멘트 폐전색증이나 수술 후 창상감염 등 다른 수술적 합병증은 발생하지 않았다.

## 고 찰

골다공증성 척추골절은 일반적으로 심한 통증과 더불어 운동의 장애를 초래하게 되고, 장기간 지속시 후굴변형이 진

**Table 3.** Comparison of preoperative and postoperative ambulatory status

	*Not Ambulatory** (%)	*Assisted Ambulation** (%)	Fully Ambulatory** (%)
Preoperation (n=35)	12(34%)	9(26%)	14(40%)
Postoperation (n=35)	0	2(6%)	33(94%)
P value***	<0.05	<0.05	<0.05

\*the cause of inability to ambulate independently was the back pain, not neurologic deficits

\*\*Not Ambulatory: bed ridden or wheelchair ambulation, Assisted Ambulation: requiring walking aid (cane or walker), Fully Ambulatory: walking unassisted

\*\*\*Paired + test and Wilcoxon signed - rank test compared with preoperation data

**Table 4.** Changes of mean measured vertebral body heights\*

	preoperative height (mm)	postoperative height (mm)	change in height (mm)	P value
anterior body height	73%(18.9 mm)	81.2%(21.06 mm)	8.2%(2.1 mm)	>0.05
midline body height	49.3%(11.58 mm)	82.5%(19.34 mm)	33.2%(7.76 mm)	<0.05

\*The estimated height (100%) for each level treated is based on the mean height measurement of the closest, unfractured vertebrae above and below the treated level



**Table 5.** Changes in Cobb's angle after operations

	n(Fracture/ Patients)	Mean Preoperative Cobb angle	Mean Postoperative Cobb angle	Mean Change in Cobb angle	P value*
Thoracic	15/15	16.5°	14.8°	1.7°	>0.05
Lumbar	30/20	-14.7°	-17°	2.3°	>0.05

\*Wilcoxon signed-rank test

행하게 된다<sup>8,17)</sup>. 최근까지 골다공증성 척추압박골절에 주된 치료는 장기간의 침상안정, 진통제 그리고 보조기 착용 등을 포함한 고식적 치료였다. 그러나 이러한 치료법으로는 척추체의 복원이 이루어질 수 없었고, 가동성의 제한은 골다공증의 악화, 폐질환, 심부정맥 혈전증, 폐색전증 등의 합병증을 초래할 수 있었다<sup>4,15)</sup>. 신경학적 이상을 동반하거나 심한 변형을 보이는 환자들에서는 수술적 치료가 고려될 수 있으나, 고령의 노인 환자들에서의 수술적 치료는 수술 자체의 위험성과 저질의 골조직 그리고 동반된 다른 질환 등으로 인하여 매우 제한되었다<sup>10)</sup>. 경피적 척추성형술은 비침습적 시술법으로서 골시멘트 등 생체적합물질을 경피적으로 병적 골절부위에 주입함으로써 골절부를 안정시키고, 골절에 의한 통증을 감소시킬 뿐만 아니라, 기능적 향상을 골절 후 초기에 얻을 수 있다. 그동안 발표되었던 초기 임상 경험들에 의하면 70 내지 95%의 환자에서 골절에 의한 통증을 완화시킬 수 있는 것으로 보고되고 있다<sup>15,29)</sup>. 그러나 이와 같은 경피적 척추성형술의 통증 완화 및 조기 보행 등의 이점에도 불구하고, 본 시술과 관련된 많은 위험성과 합병증이 보고되고 있다<sup>7,12,13,32)</sup>. 이들 중 가장 무서운 합병증은 골시멘트의 척추관내 유출과 정맥계로의 유입이다. 최근의 보고에 의하면 159명의 골다공증성 척추골절 환자의 347 척추체에서 시행된 경피적 척추성형술 직후의 CT 검사 결과 64명(40.3%)의 환자에서 골시멘트의 척추관내 유출이 관찰되었다고 한다<sup>32)</sup>. 골시멘트가 척추체 주변의 정맥계로 유입되어 발생하는 합병증에는 폐색전증<sup>11,25)</sup> 등이 보고되고 있다. 이와 같은 합병증의 발생 가능성이 높은 것은 경피적 척추성형술의 시술 기법상 골시멘트를 척추체 내에 주입하기 위해서는 낮은 점성도의 골시멘트의 사용과 중등도 내지 고도의 주입 압력이 요구되어 고도의 압력으로 골시멘트가 주입시 추체의 정맥동을 거쳐 대정맥과 폐정맥으로 골시멘트가 유입될 수 있기 때문이며, 일부는 추체 후방의 척추중심저공들을 통하여 척추관내 경막외 정맥으로 유입되어 골시멘트의 경막외 유출 합병증을 유발하기 때문이며<sup>16,33)</sup>, 골절에 의한 추체 전후방의 골피질 결손

부를 통하여도 골시멘트가 유출될 수 있다. 척추 후만변형 복원술은 이러한 척추성형술의 단점을 해결하기 위해 시행되는 또 다른 경피적 시술법으로서 팽창식 풍선으로 미리 추체 내에 공동을 만들어 높은 점성도의 골시멘트를 공동 내에 낮은 압력으로 천천히 밀어 넣는 충전식 주입 방법이기 때문에 척추성형술에서처럼 낮은 점성도와 높은 주입압력으로 인한 골시멘트 유출의 가능성이 낮다. 또한 척추 후만변형 복원술은 척추성형술에 비해 의미있는 추체 높이 복원과 후굴변형 교정이 가능하다. 변형된 척추체의 복원은 호흡기 등 이차적인 합병증의 예방 및 골절 척추체 상하 인접 척추체의 새로운 골절의 발생을 방지 한다는 점에서 중요하다<sup>21,30)</sup>. Belkoff 등<sup>3)</sup>은 척추성형술은 약 30%에서만 미미한 추체회복을 보였지만 척추 후만 복원술의 경우 97%에서 의미있는 추체회복을 보였다고 하였고, Fourney 등<sup>13)</sup>과 Lieberman 등<sup>21)</sup>도 척추 후만변형 복원술 경우 높이회복 정도가 각각 평균 42%와 47%로 나타난 반면 척추성형술은 그 교정 정도가 미미하였다고 하였다. 저자들의 경우 척추 후만변형 복원술에 의한 중간 척추체의 추체 높이 회복 정도는 33%로 의미있는 회복을 보였고, 척추 후굴변형교정 정도는 의미있는 복원을 보이지 않았다. 35명의 환자들에서 시행된 척추 후만변형 복원술 중에서 골시멘트의 유출은 한명이 있었으나, 임상적으로 의미있는 증상을 유발하지는 않았다. 척추 후만변형 복원술의 단점은 척추경의 좁은 중상부 후추체 골절의 치료 시 척추경 경유 시술법을 적용할 수 없다는 점과 시술기기의 가격이 척추성형술용 기기와 비교하여 고가라는 것이다. 그러나 시술상의 어려움은 척추경의 접근법 등의 다른 시술법으로 극복이 가능하며, 고가의 시술기기는 기술상의 발전으로 향후 보다 적은 가격으로 시술할 수 있을 것으로 기대된다.

## 결론

골다공증성 척추압박골절 환자에서 척추 후만변형 복원술은 척추성형술에서와 같이 통증 감소와 조기 보행 등 임상



결과를 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 압박된 척추체와 복원 효과도 뚜렷하였고, 추후 골시멘트 유출에 의한 합병증의 발생 가능성도 적은 것으로 관찰되었다. 후굴 변형의 복원 효과는 있었으나 의미있는 효과를 보이지 않았다. 그러나 척추 복원으로 인한 예후에 대한 영향 여부를 확인하기 위해서는 많은 시술 예를 통한 보다 장기적 추적 관찰과 분석이 요구 될 것으로 사료된다.

## REFERENCES

1. Barr JD, Barr MS, Lemley TJ, McCann RM: Percutaneous vertebroplasty for pain relief and spinal stabilization. **Spine** 25:923-928, 2000
2. Basocoulergue Y, Duquesnel J, Leclercq R, Mottotese C, Lapras C: Percutaneous injection of methyl methacrylate in the vertebral body for treatment various disease: Percutaneous vertebroplasty (abstr). **Radiology** 169:372-375, 1988
3. Belkoff SM, Mathis JM, Fenton DC, Scribner RM, Reiley ME, Talmadge K: An ex vivo biomechanical evaluation of an inflatable bone tamp used in the treatment of compression fracture. **Spine** 26:151-156, 2001
4. Convertino V, Bloomfield S, Greenleaf J: An overview of the issues: physiological effects of bed rest and restricted physical activity. **Med Sci Sports Exerc** 29:187-190, 1997
5. Cooper C, Atkinson EJ, Jacobsen SJ, O'Fallon WM, Melton LJ III: Population based study of survival after osteoporotic fractures. **Am J Epidemiol** 137:1001-1005, 1993
6. Cooper C, Atkinson EJ, O'Fallon WM, Melton LJ III: Incidence of clinically diagnosed vertebral fractures: A population-based study in Rochester, Minnesota, 1985-1989. **J Bone Miner Res** 7:221-227, 1992
7. Cortet B, Cotton A, Boutry N, Flipo R, Duquesnoy B, Chastanet P, et al: Percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures: An open prospective study. **J Rheumatol** 26:2222-2228, 1999
8. Cortet B, Roches E, Logier R, Houvenagel E, Gaydier-Souquieres G, Puisieux F, et al: Evaluation of spinal curvatures after a recent osteoporotic vertebral fracture. **Joint Bone Spine** 69:201-208, 2002
9. Coumans JV, Reinhardt MK, Lieberman IH: Kyphoplasty for vertebral compression fractures: 1-year clinical outcomes from a prospective study. **J Neurosurg (Spine1)** 99:44-50, 2003
10. Denis F: The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. **Spine** 8:817-831, 1982
11. Dermond H, Deprester C, Galibert P, Le Gars D: Percutaneous vertebroplasty with polymethyl metacrylate techniques. indication and results. **Radiolclin N Am** 36:533-546, 1998
12. Evans AJ, Jensen ME, Kip KE, DeNardo AJ, Lawler GJ, Neigin GA, et al: Vertebral compression fractures: Pain reduction and improvement in functional mobility after percutaneous polymethylmethacrylate vertebroplasty: retrospective report of 245 cases. **Radiology** 226:366-372, 2003
13. Fournay DR, Schomer DF, Nader R, Chlan-Fournay J, Suki D, Abrar KS, et al: Percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty for painful vertebral body fractures in cancer patients. **J Neurosurg (Spine 1)** 98:21-30, 2003
14. Garfin SR, Yuan HA, Reiley MA: New technologies in spine: Kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of pain ful-osteoporotic compression fracture. **Spine** 26:1511-1515, 2001
15. Grados F, Depriester C, Cayrolle G, Hardy N, Deramond H, Fardellone P: Long-term observations of vertebral osteoporotic fractures treated by percutaneous vertebroplasty. **Rheumatology (Oxford)** 39:1410-1414, 2000
16. Jang JS, Lee SH, Jung SK: Pulmonary embolism of polymethylmethacrylate after percutaneous vertebroplasty: A report of three cases. **Spine** 27:E416-418, 2002
17. Keller TS, Harrison DE, Colloca CJ, Harrison DD, Janik TJ: Prediction of osteoporotic spinal deformity. **Spine** 28:455-462, 2003
18. Ledlie JT, Renfro M: Balloon kyphoplasty: one-year outcomes in vertebral body height restoration, chronic pain, and activity levels. **J Neurosurg (Spine 1)** 98:36-42, 2003
19. Lee JU, Ryu KS, Park CK: Percutaneous polymethylmethacrylate vertebroplasty in thoracic and lumbar vertebral body compression fracture. **J Korean Neurosurg Soc** 30:173-179, 2001
20. Lee SG, Yoo CJ: Percutaneous vertebroplasty in the treatment of vertebral body compression fracture with osteoporosis. **J Korean Neurosurg Soc** 29:615-622, 2000
21. Lieberman IH, Dudeney S, Reinhardt MK, Bell G: Initial outcome and efficacy of "kyphoplasty" in the treatment painful



- osteoporotic vertebral compression fractures. **Spine** 26:1631-1638, 2001
22. Lyles KW, Gold DT, Shipp KM, Pieper CF, Martinez S: Association of osteoporotic vertebral compression fractures with impaired functional status. **Am J Med** 94:595-601, 1993
  23. Mumfid J, Weinstein JN, Grall VK: Thoracolumbar burst fracture. **Spine** 18:958-970, 1993
  24. Nakano M, Hirano N, Matsuura K, Watanabe H, Kitagawa H, Ishihara H, et al: Percutaneous transpedicular vertebroplasty with calcium phosphate cement in the treatment of osteoporotic vertebral compression and bursting fractures. **J Neurosurg** 97:287-293, 2002
  25. Pandovani B, Kasriel D, Brumber P, Pereti-Viton P: Pulmonary embolism caused by acrylic cement: A rare complication of percutaneous vertebroplasty. **A JNR** 20:375-377, 1999
  26. Park CH, Lee KS, Choi YG, Ryu KS, Park CK: Percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate in the treatment of osteoporotic vertebral body compression fractures: preliminary report. **J Korean Neurosurg Soc** 29:365-371, 2000
  27. Patel U, Skingle S, Campbell G, Crisp A, Boyle I: Clinical profile of acute vertebral compression fractures in osteoporosis. **Br J Rheumatol** 30:418-421, 1991
  28. Peh WC, Gilula LA, Peck DD: Percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral body compression fractures. **Radiology** 223:121-126, 2002
  29. Perez-Higueras A, Alvarez L, Rossi RE, Quinones D, Al-Assir I: Percutaneous vertebroplasty: Long-term clinical and radiological outcome. **Neuroradiology** 44:950-954, 2002
  30. Philips FM, Ho E, Campbell-Hupp M, McNally T, Wetzel FT, Gupta P: Early radiological and clinical results of balloon kyphoplasty for treatment of osteoporotic vertebral compression fractures. **Spine** 28:2260-2265, 2003
  31. Philips FM, Wetzel FT, Lieberman I, Campbell-Hupp M: An In vivo comparison of the potential for extravertebral cement leak after vertebroplasty and kyphoplasty. **Spine** 27: 2173-2179, 2002
  32. Ryu KS, Park CK, Kim MC, Kang JK: Dose-dependent epidural leakage of polymethylmethacrylate after percutaneous vertebroplasty in patients with osteoporotic vertebral compression fractures. **J Neurosurg** 96:56-61, 2002
  33. Schlaich C, Minne HW, Bruckner T, Wagner G, Gebest HJ, Grunze M, et al: Reduced pulmonary function in patients with spinal osteoporotic fractures. **Osteoporosis Int** 8:261-267, 1998
  34. Scroop R, Eskridge J, Britz GW: Paradoxical cerebral arterial embolization of cement during intraoperative vertebroplasty: Case report. **AJNR** 23:868-870, 2002 system. **Spine** 12:305-307, 1987