

골다공증성 척추체압박골절에서 경피적 풍선 척추후만성형술의 치료결과

계명대학교 의과대학 신경외과학교실

김인수

The Result of Percutaneous Balloon Kyphoplasty for Osteoporotic Vertebral Compression Fractures

In Soo Kim, M.D.

*Department of Neurosurgery,
Keimyung University School of Medicine, Daegu, Korea*

Abstract : Percutaneous balloon kyphoplasty (PBK) is a more recent technique which applies the principles of balloon angioplasty to vertebroplasty. It is a widely accepted method which achieves the restoration of vertebral height and the correction of kyphotic deformity with little complication in osteoporotic vertebral compression fractures (OVCF). This study was performed to analyze pain relief, deformity correction and complication rate after PBK for OVCF. The clinical and radiologic data of 52 vertebrae in 38 OVCF patients who underwent PBK between August 2004 and October 2005 were retrospectively reviewed. The patients had significant improvement of pain after the procedure. The visual analogue scale score improved significantly after the procedure. The midline height of vertebral body significantly increased postoperatively, and mean kyphotic angle show significant correction. During follow-up, one fracture adjacent to a treated level was observed. There was no serious complication except two case of epidural cement leakage without neurological impairment and 89.5% of the patients gained excellent or good results. PBK is an effective and safety method in the management of OVCF. It seems that PBK safely can reduce severe back pain, and the reduction of pain directly contributes to early improvements in quality of life and the ability to move independently. The midline vertebral height and kyphotic deformity can be restored significantly.

Key Words : Compression fracture, Osteoporosis, Percutaneous Balloon Kyphoplasty

서 론

최근 노령인구가 증가함에 따라 노인 질환이 증가하고 있다. 특히 골다공증의 발생은 급증하는 추세를 보이고 있으며, 이로 인한 척추압박골절이 증가되고 있다[1].

골다공증은 체내 여러 곳에서 골절을 유발시키는데 이들 중 척추골절의 발생빈도가 가장 높으며, 특히 노인 환자에서 연령에 따른 골밀도의 감소는 골다공증성 척추골절의 위험을 더욱 크게 한다.

이에 따른 치료로 과거에는 진통제 투여, 보조기 착용, 물리치료 등이 행해졌으나[1], 최근에는 노인 환자들의 골다공증성 척추골절에 대한 치료로서 경피적 척추체성형술로 척추압박골절 환자의 통증 경감에 좋은 결과를 보여 왔다[2,3]. 그러나 경피적 척추체성형술은 주입된 골시멘트의 척추체외 유출로 인하여 척추강내 유입 및 척추압박에 의한 신경증상의 발생과 내과적 문제 등의 합병증이 문제였다[4,5].

풍선 척추후만성형술(balloon kyphoplasty)은 골 시멘트의 척추체외 유출과 같은 심각한 합병증의 발생 위험성을 감소시키고 척추압박골절에 의한 통증의 완화뿐 아니라 경피적 척추체성형술에서는 기대할 수 없었던 척추체 압박의 복원 및 척추 후굴 변형 등도 함께 개선할 수 있는 새로운 치료법이다[6-8].

이 연구는 2004년 8월부터 2005년 10월까지 38명의 골다공증성 척추체압박골절 환자에서 52례의 풍선 척추후만 성형술을 시행하고 추적 관찰하여 그 임상효과와 예후에 영향을 미칠 수 있는 인자 등을 후향적으로 분석하여 그 결과를 보고하고자 하였다.

대상 및 방법

2004년 8월부터 2005년 10월까지 배요부 통증을 주소로 입원하여 단순방사선촬영, CT 및 MRI 촬영, 그리고 골밀도검사를 시행하여 골다공증성

압박골절로 진단 받은 환자 중 20% 이상의 척추체 압박골절에서 풍선 척추후만성형술을 시행하였던 38명의 환자들을 연구대상으로 하였다.

모든 환자들이 극심한 통증의 임상증상을 호소하였으며 단순 방사선검사 상 통증 호소와 일치하는 부위의 척추체에 압박소견이 관찰되었다. 골밀도검사서 요추부 평균 T-score에서 -2.5 이하의 골다공증이 관찰되는 환자들 중 척추 MRI 상 T1강조영상에서 저신호강도 소견 혹은 골동위원소 검사상 증가된 동위원소 음영이 관찰되는 환자들에서 풍선 척추후만 성형술을 시행하였다. 그리고 CT 혹은 MRI 상 골절된 척추체 후방 골피질의 결손 및 후방전위에 의한 척추강협착이 심한 경우와 척수병증을 동반한 방출성척추골절 환자들은 제외하는 것을 원칙으로 하였다.

모든 예에서 수술실에서 환자를 수술대 위에 복외위 자세로 고정한 후 국소마취 하에 시행하였다. 심전도와 혈압 및 동맥혈 산소분압을 지속적으로 감시 관찰하였다. C-arm 투시기 하에 골절된 척추체와 척추경의 위치를 확인하고 수술기기가 삽입될 피부면과 척추체 골피질부를 2% lidocaine으로 국소마취를 시행하였다. C-arm 투시기로 확인하며 척추경을 통하여 추체부 양측에 먼저 11G 골수생검바늘(Jamshidi type bone marrow needle, Manan Medical Products, Wheeling, USA)을 삽입하였다.

바늘이 척추경을 통과하는 동안 바늘끝이 골절된 척추체 전하방의 중앙을 겨냥케 함으로써 풍선 팽창 시 풍선이 최대한으로 확장될 수 있도록 하였다. 삽입하였던 바늘이 척추경을 지나 추체 후방을 통과하였음을 C-arm 측면상에서 확인하고 골수생검바늘의 소식자를 제거한 후 바늘을 통하여 K-wire를 삽입하여 추체에 고정시켰다. 이어서 working cannula를 K-wire를 통하여 삽입하여 추체 후방 골피질을 통과하였음을 확인하고 K-wire를 제거하였다. 그리고 working cannula를 통하여 수동 천공기를 삽입하여 풍선도관이 위치할 곳을 확보한 후 삽입하였던 천공기를 제거 하였다. 이 후 끝에 풍선이 달린 특수도관(KyphX inflatable bone tamp, Kyphon Inc., USA) 내에

소량의 조영제를 주입하고 확보된 추체 내 공간에 삽입하여 풍선도관의 압력을 약 20 psi로 팽창시켜 추체 내에 우선 고정시킨 후 반대측 시술을 동일하게 시행하였다. 풍선도관의 양측 추체 내 삽입이 완료된 후 조수와 함께 동시에 양측 풍선의 팽창을 시행하였다. 풍선팽창은 풍선내압을 서서히 증가시키며 시행되었는데 C-arm 투시기 상에서 풍선의 팽창에 의하여 압박골절된 추체의 높이와 척추후만변형이 복원되는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 1).

풍선내압을 통상 100에서 300 psi로 증가시켜 공동이 형성되게 하였다. 추체 내 풍선을 팽창시킨 상태로 유지하며 주입할 골시멘트를 제조하였는데, 제조된 골시멘트(Vertebroplastic Radiopaque Resinous Material, DePuy AcroMed, Inc. USA)를 bone void filler라는 특수 바늘내에 채워 넣은 후 골시멘트의 점성도가 치약 이상의 점도를 보일 정도로 높아지기를 기다렸다. 팽창되었던 풍선에서 조영제를 빼내어 수축시킨 후 풍선도관을 추체에서 제거하였으며, C-arm 투시기로 골시멘트의 유출 여부를 지속적으로 감시하며 형성된 공

동 내에 working cannula를 통하여 bone void filler를 삽입하여 골시멘트를 추체 공동 내에 주입하였다. 추체에 채워진 골시멘트가 돌처럼 경화되기를 기다린 후 working cannula와 함께 bone void filler를 제거함으로써 시술을 종료하였다.

풍선 척추후만성형술 시행 후 임상결과 분석은 visual analogue scale(VAS)를 사용하여 수술 전후의 통증 완화 정도를 평가하였다. 그리고 환자의 기능성에 관한 평가는 환자의 동통감소, 수술 후 진통제 의존도 및 일상적인 활동능력을 평가하기에 적절한 White 등[9]의 방법으로 구분하였는데, 90% 이상의 동통감소를 보이며 약물에 의존하지 않고 일상생활에 복귀한 경우를 'excellent', 70~90%의 동통감소를 보이며 간헐적인 약제복용과 약간의 활동제한을 보이는 경우를 'good', 70% 이하의 동통감소를 보이며 장기적인 약물복용과 활동에도 제한이 있는 경우를 'fair', 그리고 수술 후 동통의 호전이 없고 활동의 제한과 약물의존도가 높은 경우를 'poor'로 각 군으로 분류하였다.

수술 전과 후의 측면 척추사진을 통해 척추체

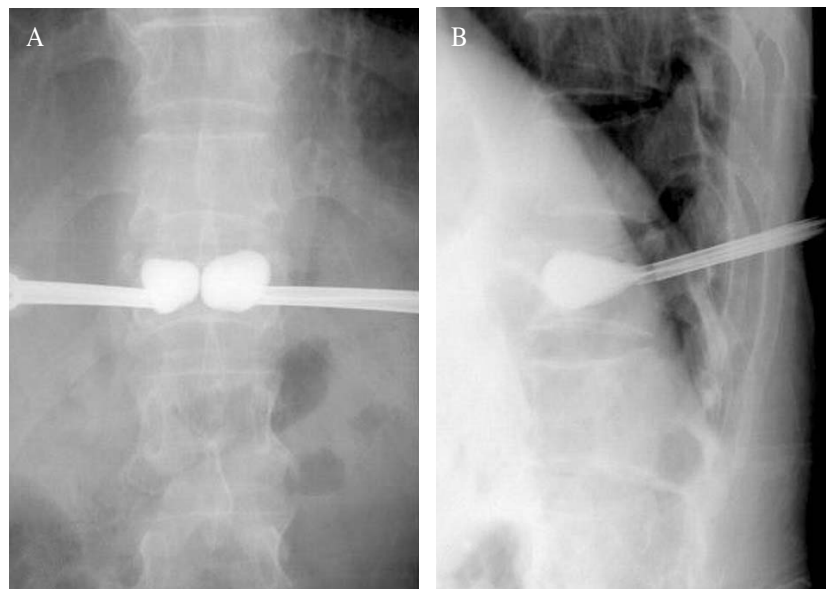


Fig. 1. Anteroposterior (A) and lateral (B) fluoroscopic images obtained during kyphoplasty, demonstrate a needle trajectory. The Bone Tamps are inserted into the fractured vertebral body through working cannula via bilateral transpedicular approach. The Bone Tamps are inflated, restore vertebral height, then deflated and withdrawn, leaving a cavity within the vertebral body, in which polymethylmethacrylate cement is filled.

높이와 척추후만변형의 복원정도를 비교하였다. 척추 후만변형은 Cobb의 방법을 사용하여 압박된 추체의 바로 위 추체의 상부중판과 바로 아래 추체의 하부중판으로부터 이은 선을 이용하여 후만 정도를 측정하였다(Fig. 2) [10-12].

추체높이의 복원 정도는 측면 척추사진을 통해 압박된 추체와 바로 위아래의 두 정상추체의 전방 및 중간부위의 추체높이를 측정하여, 정상인 두 추체높이의 평균값에 기준을 두고 압박된 추체의 전방 및 중간부위 각각의 높이를 백분율로 기록하였다[7,13].

수술 후 단순방사선사진촬영과 전산화단층촬영을 시행하여 골시멘트의 추체외 유출 유무를 확인하였으며, 환자의 추적관찰기간은 3개월부터 15개월로 평균 8.6개월이었다.

통계분석은 Wilcoxon signed-rank test를 사용하여 수술 전후의 통증정도를 비교분석하였으며, paired-sample t-test를 이용하여 수술 전후의 추체높이와 후만곡을 비교분석하였다.

성 적

38명의 환자에서 52례의 풍선 척추후만성형술을 시행하였으며, 환자들의 나이 분포는 53세부터 82세까지였고 평균나이는 69.2세였다. 성별 분포는 여자가 31명(82%), 남자가 7명(18%)이었다. 38명의 환자 중 27명은 한 척추체만 압박골절이 있었으며, 11명의 환자에서 다발성 압박골절을 보였다. 골절부위의 분포를 보면 제6흉추에서 제5요추에 이르기까지 다양하였으며, 이 중 흉요추부 이행 부위와 상부 요추부위가 대부분을 차지하였다(Fig. 3).

골절의 발생으로부터 시술까지의 시간 간격은 대부분 4주 이내(15일~4개월)에 시행하였으나 1례에서는 4개월에 시행되었다. 손상의 원인으로 넘어짐이 17명(44.7%)으로 가장 많았으며, 특별한 원인 없이 발생한 자발적 골절이 33%였고 나머지는 무거운 물건을 든 후 또는 가벼운 외상에 의한 골절이었다. 수술 전 환자의 VAS 점수는 평균 8.2였으나 수술 후 약 2주에는 평균 2.8로 VAS 점수

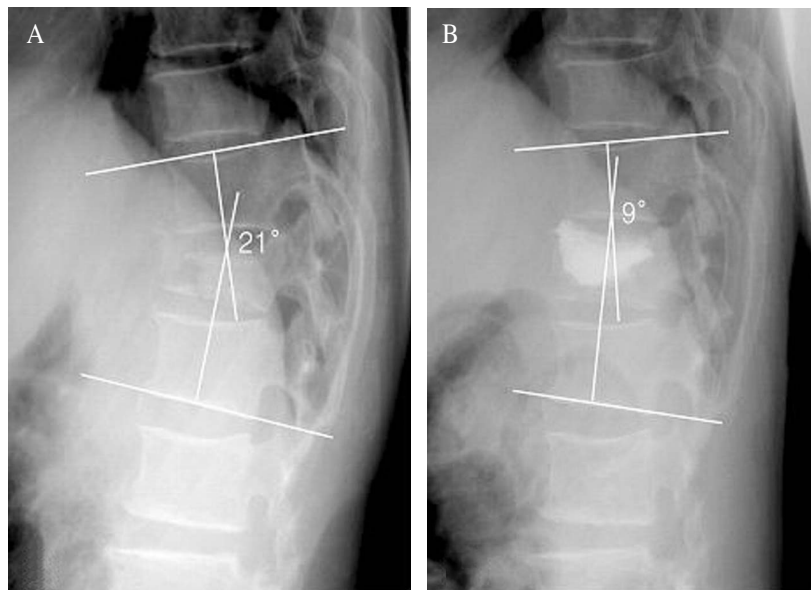


Fig. 2. A 59-year-old woman with T12 vertebral compression fracture was treated with kyphoplasty two weeks after fracture. Preoperative (A) and postoperative (B) lateral views show the kyphotic angulation of T12 vertebra was corrected from 21° to 9°.

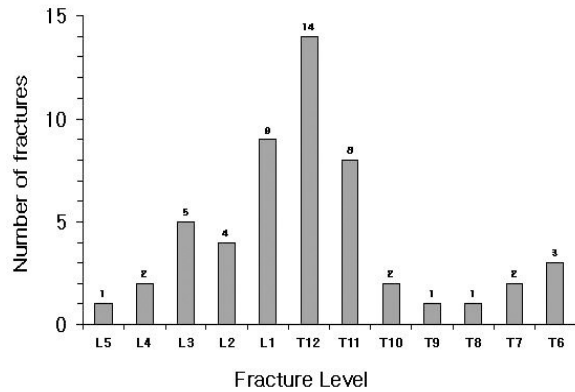


Fig. 3. Vertebral bodies distribution treated by ballon kyphoplasty.

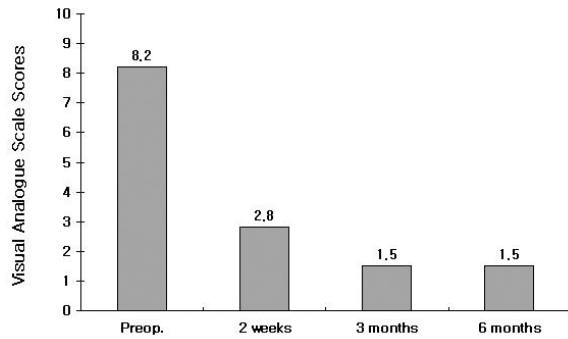


Fig. 4. Visual analogue scale scores obtained during follow-up period. Score 0 represents no pain and score 10 the worst imaginable pain. Preop : preoperation.

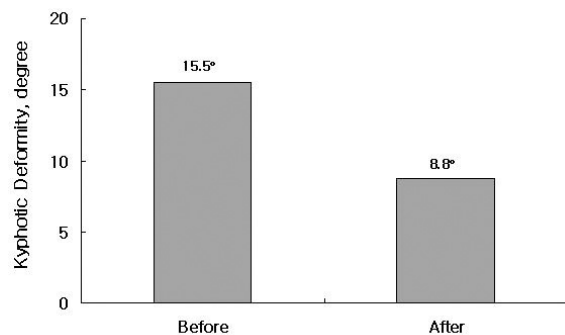


Fig. 5. Kyphosis correction after ballon kyphoplasty by a mean of 6.7°. The significance between before and after balloon kyphoplasty : p < 0.001.

술 후 약 3개월 뒤에도 평균 1.5로 지속적인 VAS 점수의 감소 소견이 관찰되어 시술 후 시간이 경과 하면서 통증이 더욱 완화됨을 보여주었다(Fig. 4). 환자의 임상결과를 보면 'excellent'군이 20명, 'good'군이 14명으로 34명(89.5%)의 환자가 시술 결과에 만족과 일상생활의 복귀를 보였으며, 나머지 4명 중 3명(7.9%)의 환자들은 'fair'군으로 치료결과에는 다소 만족하였으나 동통감소의 정도가 약하여 약물복용이 지속적으로 요구되었고, 1명(2.6%)의 환자는 'poor'군이었다. 그러나 골절과 수술 사이의 시간간격 차이는 예후에 영향을 주는 것으로 관찰되지 않았다(Table 1).

골밀도 수치는 -2.1에서 -5.3까지이며 평균값은 -3.5로 비교적 심한 골다공증 소견을 보였다.

척추체 전방부위의 평균 높이의 변화는 수술 전의 73.4%(19.4 mm)에서 수술 후 마지막 추적관찰 시에는 81.2%(21.5 mm)였으며, 중간부위의 평균 높이의 변화는 수술 전의 57.8%(13.5 mm)에서 수술 후 79.2%(18.5 mm)로 증가하였다. 척추체 전방부위의 평균 높이의 변화는 유의성이 없었으나, 중간부위의 평균 높이의 증가는 통계적으로 유의성(p<0.001)을 보였다(Table 2).

38명의 환자에서 수술 전과 후의 후만변형의 변화를 분석하였는데 15.5°에서 8.8°로 평균 약 6.7° 정도의 복원이 되어 의미있는 후만변형의 복원을 보여주었다(p<0.001) (Fig. 5).

52례의 풍선 척추후만성형술을 시행하는 가운데 골시멘트의 유출은 2례(3.8%)에서 발생하였으나 별다른 증상을 유발하지 않았으며, 그 외의 골시멘트의 누출로 인한 폐전색증이나 수술 후 창상감염 등의 심각한 합병증이나 부작용은 발견되지 않았다.

추적 관찰 중 한 명의 환자에서 풍선 척추후만성형술을 시행한 후 6개월이 지난 후 갑자기 새로 통증이 심해지는 경우가 있어 단순방사선 검사를 시행한 결과 시술을 시행한 인접부의 척추체에서 압박골절이 동반되어 재입원하여 압박골절부위를 새로이 시술하였다.

의 의미 있는 감소(p<0.001)가 관찰되었으며, 수

Table 1. Outcome related to the interval between trauma and balloon kyphoplasty

Interval (month)	Outcome				Total
	Excellent	Good	Fair	Poor	
< 1	18	12	3	1	34
< 2	2	1	0	0	3
< 4	0	1	0	0	1
Total	20 (52.6%)	14 (36.8%)	3 (7.9%)	1 (2.6%)	38

Table 2. Changes of mean predicted vertebral body heights*

	Preoperative	Postoperative	Change	P value
Anterior body height	73.4% (19.4 mm)	81.2% (21.5 mm)	7.8% (2.1 mm)	>0.05
Midline body height	57.8% (13.5 mm)	79.2% (18.5 mm)	21.4% (5.0 mm)	<0.001

* 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.

고 찰

골다공증성 척추체압박골절은 노인 환자들에서 등배부 통증의 중요한 원인 중 하나이다. 골다공증성 척추체압박골절 환자들은 심한 통증으로 인하여 거동이 제한되고, 신경계의 이상이나 척추체의 약화로 인하여 발생할 수 있는 이차적인 변형 등을 예방하기 위하여 장기간 침상안정과 경과관찰이 필요하기 때문에 이로 인한 합병증 및 후유증의 발생 가능성이 높을 뿐만 아니라 결국 사회적, 경제적인 문제가 심각해질 수 있다[14].

골다공증에 의한 척추체압박골절의 수술적 치료는 최근까지 골시멘트를 이용한 경피적 척추체성형술을 시행하여 탁월한 효과를 볼 수 있었다. 경피적 척추체성형술은 전이성 척추종양에 의한 통증의 치료 등에도 사용되어 왔으며[15,16], 골시멘트를 경피적으로 병적 골절부위에 주입함으로써 골절부를 안정시키고, 골절에 의한 통증을 감소시킬 뿐만 아니라 기능적 향상을 조기에 얻을 수 있었다. 그리고 짧은 시술시간과 입원기간, 저렴한 비용으로 안

전하고 빠르게 증상이 호전되는 장점이 있어 특히 고령의 환자들에서 골다공증으로 인한 척추체압박골절의 치료에 좋은 결과를 얻을 수 있었다 [4,17,18].

그러나 이와 같은 경피적 척추체성형술의 통증 완화 효과에도 불구하고 많은 위험성과 합병증들이 보고되고 있는데, 그 중 가장 많은 합병증으로 골시멘트의 척추관 내 유출과 정맥계로의 유입이다 [4,17,19,20]. 특히 골시멘트의 척추관 내 유출은 신경압박을 일으켜 심각한 신경손상을 일으킬 수도 있다[21].

척추체에 골시멘트를 주입 시 골시멘트가 척추체 주변의 정맥계로 유입되어 발생하는 합병증에는 폐색전증 [22]과 개방성 난원공(patent foramen ovale)을 가진 환자에서의 역설적 뇌동맥색전증(paradoxical cerebral artery embolization) [23] 등이 보고된 바 있다. 이와 같은 경피적 척추체성형술 중 합병증의 발생 가능성이 높은 것은 시술기법상 골시멘트를 척추체 육주내에 주입하기 위해 점성도가 낮은 골시멘트의 사용과 고도의 주입압력이

요구되는 반면, 정맥동의 역할을 하는 추체내 육주들이 추체 주변의 정맥동과 대정맥에 연결되어 있어 고도의 압력으로 골시멘트가 주입될 때 추체 외 정맥동을 거쳐 대정맥과 폐정맥으로 골시멘트가 유입될 수 있기 때문이며, 일부는 고도의 골시멘트 주입 압력에 의하여 추체 후방의 척추관내 경막외 정맥으로 유입되어 골시멘트의 경막외 유출 합병증을 유발하기 때문이다[20,22].

노인들에서 골다공증성 척추골절이 발생하였을 경우 나타날 수 있는 결과에서 가장 중요한 것들로 통증뿐만 아니라 척추 압박과 후만변형의 진행이 있다[24,25]. 척추 후만 변형의 악화는 폐기능을 저하시키기도 하는데 폐기능의 저하는 척추후만 변형의 중증 정도와 상호관계를 갖는다는 보고[26]가 있으며, 이러한 유병률의 증가와 더불어 사망률의 증가를 초래하게 된다[27]. 골다공증성 척추체 압박골절의 이상적인 치료는 통증의 치료뿐 아니라, 척추체 압박 및 후만변형의 복원이다.

풍선 척추후만성형술은 새로운 골다공증성 척추골절의 미세침습 수술적 치료방법으로 저자의 연구결과에서 관찰된 바와 같이 시술 전 VAS점수는 평균 8.2였으나 시술 후 약 2주에는 평균 2.8로 의미있는 VAS점수 감소가 관찰되어 통증의 완화효과에 만족할 만한 결과를 보였으며, 이미 사용되어 지던 경피적 척추체성형술의 통증완화 효과에 필적되는 결과를 보이고 있다[28].

그리고 풍선 척추후만성형술은 풍선을 압박된 추체 내에서 팽창시켜 미리 공동을 만들기 때문에 경피적 척추체성형술에 비해 높은 점성도의 골시멘트를 낮은 압력으로 천천히 주입할 수 있다. 그러므로 골시멘트를 고도의 압력으로 주입하는 경피적 척추체성형술에서와 달리 골시멘트가 우발적으로 정맥 내로 유입되거나 결손된 골피질을 통하여 척추관 내로 유출되어 신경학적 문제를 야기할 가능성이 매우 낮다. 이 연구의 경우 52례의 시술 중 2례(3.8%)에서 임상증상을 동반하지 않는 미량의 골시멘트 척추관 내 유출이 관찰되었으며, 추체 주변 정맥동 내로의 골시멘트 유입이나 폐색전증 등의 전신적 합병증은 한 예도 관찰되지 않았다. 이 연구에서 경험한 추체외 유출의 경우들은 풍선의

팽창으로 압박된 골절부가 복원되는 과정에서 분쇄된 골편이 분리됨으로써 골편 사이의 결손부가 확대되어 골시멘트의 충전 중 미량의 골시멘트가 확대된 결손부를 통하여 인접 디스크나 추체 외 공간으로 유출되었기 때문이었던 것으로 생각되어진다.

풍선 척추후만성형술은 압박된 척추체의 높이 복원과 후굴변형 교정이 가능하다[7,29]. 기존의 경피적 척추체성형술은 시상적 균형(sagittal balance)이나 골절에 의하여 발생한 척추 후만변형을 개선시킬 수 없으며, 이러한 척추후만변형은 폐기능 저하를 초래할 수 있는 단점이 있는 반면, 풍선 척추후만성형술은 후만변형을 적절히 복원시킴으로 폐기능의 개선이 가능하고 이와 관련된 임상증상의 악화를 피할 수 있는 장점이 있다[7,24,30,31]. 이 연구에서도 풍선 척추후만성형술에 의한 추체 높이의 회복 정도는 척추체 중간부위에서 21.4%로 의미있는 복원결과를 보였으며, 척추후만변형의 교정 정도는 평균 6.7°로 다른 보고들[7,31]과 비교할 때 만족할만한 결과로 생각되었다.

이 연구의 경과관찰시기 중 시술 후 한 명의 환자에서 새로운 골절이 발생하여 경피적 척추체성형술의 시술 후 발생한 새로운 골절에 대한 다른 보고자들[32-34]에 비해 적은 발생률을 보였다. 이는 경피적 척추체성형술이 척추체압박과 척추후만변형의 상태를 고착화한 상태인 반면, 풍선 척추후만성형술은 추체압박과 척추변형을 복원시켜 주변 척추체의 생체역학적 변화를 초래하여 새로운 골절의 발생가능성을 줄이는 것으로 추정되어진다.

이러한 풍선 척추후만성형술의 장점에도 불구하고, 풍선을 척추체내에서 사용하기 위해 구경이 큰 바늘과 working cannula가 필요하다. 이 때문에 요추부나 하부 흉추부에 비해 상대적으로 척추경의 구경이 작은 중상부 흉추체골절의 시술 시 이 연구에서 사용하였던 척추경 경유 시술법을 적용하기 어려운 경우가 있어 외척추경 경유 접근법을 사용하여야 하는 등 시술법의 난이성이 있다. 이외에도 풍선도관과 특수 주사기 등 시술기기의 가격이 경피적 척추체성형술용 Jamshidi needle과 비교하여 고가라는 단점이 있다. 하지만 비교적 짧은 기간

에 연수교육을 통해 술기의 습득이 가능하며, 최근 의료보험적용이 되어 골다공증성 척추체압박골절 환자들에게 적절한 치료가 될 것으로 기대되어 진다.

요 약

최근 경피적풍선 척추후만성형술은 안전하고 효과적인 통증 감소와 빠른 일상생활로의 복귀 등의 장점이 있다. 또한 압박된 척추체와 척추후만변형의 복원효과도 뚜렷하였고 합병증의 병발 가능성도 적은 것으로 관찰되었다. 그러나 경피적풍선 척추후만성형술의 가장 큰 장점인 척추 복원효과의 예후에 대한 영향 여부를 확인하기 위해 보다 많은 시술과 함께 장기적 추적관찰 및 분석이 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- Rapado A. General management of vertebral fractures. *Bone* 1996;**18**(suppl):191-6.
- Cortet B, Cotten A, Boutry N, Flipo RM, Duquesnoy B, Chastanet P, et al. Percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures: an open prospective study. *J Rheumatol* 1999;**26**:2222-8.
- Cotten A, Duquesnoy B. Vertebroplasty: current data and future potential. *Rev Rhum Engl Ed* 1997;**64**:645-9.
- Barr JD, Barr MS, Lemley TJ, McCann RM. Percutaneous vertebroplasty for pain relief and spinal stabilization. *Spine* 2000;**25**:923-8.
- Deramond H, Depriester C, Galibert P, Le Gars D. Percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate. Technique, indications, and results. *Radiol Clin North Am* 1998;**36**:533-46.
- Coumans JV, Reinhardt MK, Lieberman IH. Kyphoplasty for vertebral compression fractures: 1-year clinical outcomes from a prospective study. *J Neurosurg* 2003;**99**:44-50.
- Lieberman IH, Dudeney S, Reinhardt MK, Bell G. Initial outcome and efficacy of "kyphoplasty" in the treatment painful osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine* 2001;**26**:1631-8.
- Phillips FM, Ho E, Campbell-Hupp M, McNally T, Wetzel FT, Gupta P. Early radiographic and clinical results of balloon kyphoplasty for treatment of osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine* 2003;**28**:2260-5.
- White AH, von Rogov P, Zucherman J, Heiden D. Lumbar laminectomy for herniated disc: comparative controlled comparison with internal fixation system. *Spine* 1987;**12**:305-307.
- Carman DL, Browne RH, Birch JG. Measurement of scoliosis and kyphosis radiographs: intraobserver and interobserver variation. *J Bone Joint Surg* 1990;**72A**:328-33.
- Kuklo TR, Polly DWJ, Owens BD, Zeidmann SM, Chang AS, Klemme WR. Measurement of thoracic and lumbar fracture kyphosis: evaluation of intraobserver, interobserver, and technique variability. *Spine* 2001;**26**:61-6.
- Skott AK, Smith JT, Santora SD, Roach JW, D'Astous JL. Measurement of spinal kyphosis: Implications for management of Scheuermann's kyphosis. *Spine* 2002;**27**:2143-6.
- Ledlie JT, Renfro M. Balloon kyphoplasty: one-year outcomes in vertebral body height restoration, chronic pain, and activity levels. *J Neurosurg* 2003;**98**:36-42.
- Tamayo-Orozco J, Arzac-Palumbo P, Peon-Vidales H, Mota-Bolfeta R, Fuentes F. Vertebral fractures associated with osteoporosis: patient management. *Am J Med* 1997;**103**(Suppl)2:44-8.
- Ide C, Gangi A, Rimmel A, Beaujeux R, Maitrot D, Buchheit F, et al. Vertebral with spinal cord compression: the place of preoperative percutaneous vertebroplasty with methyl methacrylate.

- Neuroradiology* 1996;**38**:585-9.
16. Weill A, Chiras J, Simon JM, Rose M, Sola-Martinez T, Enkaoua E. Spinal metastases. indications for and results of percutaneous injection of acrylic surgical cement. *Radiology* 1996;**199**:241-7.
 17. Evans AJ, Jensen ME, Kip KE, DeNardo AJ, Lawler GJ, Negin GA, *et al.* Vertebral compression fractures: pain reduction and improvement in functional mobility after percutaneous polymethylmethacrylate vertebroplasty: retrospective report of 245 cases. *Radiology* 2003;**226**:366-72.
 18. Peh WC, Gilula LA, Peck DD. Percutaneous vertebroplasty for severe osteoporotic vertebral body compression fractures. *Radiology* 2002;**223**:121-6.
 19. 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* 2002;**97**:287-93.
 20. 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* 2002;**96**:56-61.
 21. Lee BJ, Lee SR, Yoo TY. Paraplegia as a complication of percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate. *Spine* 2002;**27**:419-22.
 22. Jang JS, Lee SH, Jung SK. Pulmonary embolism of polymethylmethacrylate after percutaneous vertebroplasty: a report of three cases. *Spine* 2002;**27**:416-8.
 23. Scroop R, Eskridge J, Britz GW. Paradoxical cerebral arterial embolization of cement during intraoperative vertebroplasty: case report. *AJNR* 2002;**23**:868-70.
 24. 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* 2002;**69**:201-8.
 25. Keller TS, Harrison DE, Colloca CJ, Harrison DD, Janik TJ. Prediction of osteoporotic spinal deformity. *Spine* 2003;**28**:455-62.
 26. Schlaich C, Minne HW, Bruckner T, Wagner G, Gebest HJ, Grunze M, *et al.* Reduced pulmonary function in patients with spinal osteoporotic fractures. *Osteoporos Int* 1998;**8**:261-7.
 27. Cooper C, Atkinson EJ, Jacobsen SJ, O'Fallon WM, Melton LJ III. Population based study of survival after osteoporotic fractures. *Am J Epidemiol* 1993;**137**:1001-5.
 28. Einhorn TA. Vertebroplasty. an opportunity to do something really good for patients. *Spine* 2000;**25**:1051-2.
 29. Garfin SR, Yuan HA, Reiley MA. Kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures. *Spine* 2001;**26**:1511-5.
 30. 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* 2001;**26**:151-6.
 31. Fournay DR, Schomer DF, Nader R, Chlan-Fourney J, Suki D, Ahrar K, *et al.* Percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty for painful vertebral body fractures in cancer patients. *J Neurosurg* 2003;**98**:21-30.
 32. Berlemann U, Ferguson SJ, Nolte LP, Heini PF. Adjacent vertebral failure following vertebroplasty: a biomechanical investigation. *J Bone Joint Surg Br* 2002;**84**:748-52.
 33. Grados F, Depriester C, Cayrolle G, Hardy N, Deramond H, Fardellone P. Long-term observations of vertebral osteoporotic fractures treated by percutaneous vertebroplasty. *Rheumatology* 2000;**39**:1410-4.
 34. Uppin AA, Hirsch JA, Centenera LV, Pfiefer BA, Pazianos AG, Choi IS. Occurrence of new vertebral

body fractures after percutaneous vertebroplasty in patients with osteoporosis. *Radiology* 2003;**226**:119-24.