



통증을 유발하는 골다공증성 척추골절의 최소 침습적 치료

Minimally Invasive Treatment of Painful Osteoporotic Vertebral Fractures

이 재 협 · 이 지 호 | 서울의대 정형외과 | Jae Hyup Lee, MD · Ji-Ho Lee, MD

Department of Orthopaedic Surgery, Seoul National University College of Medicine

E-mail : spinelee@snu.ac.kr · jiholee@brm.co.kr

J Korean Med Assoc 2009; 52(4): 382 - 392

Abstract

The consequences of osteoporotic vertebral compression fractures are pain, progressive vertebral collapse with resultant kyphosis, and systemic manifestations. Minimally invasive stabilization procedures such as vertebroplasty and balloon kyphoplasty have been introduced to treat for refractory pain due to these fractures. Vertebroplasty and kyphoplasty are new alternatives for the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures. Both methods stabilize the fractured vertebra with polymethylmethacrylate cement to relieve pain and allow immediate mobilization. Kyphoplasty is an extension of vertebroplasty that uses an inflatable bone tamp to restore the vertebral body height while creating a cavity to be filled with bone cement. A large proportion of subjects had some pain relief both in vertebroplasty and kyphoplasty. Vertebral height restoration was possible using kyphoplasty and for a subset of patients using vertebroplasty. Cement leaks occurred in both groups but, the incidence of cement leakage in kyphoplasty is lower than that of the vertebroplasty. Vertebroplasty and kyphoplasty are safe and effective procedures. Good short-term results have been reported following both vertebroplasty and kyphoplasty for the painful osteoporotic vertebral fractures. Severe complications result from bone cement leakage into the spinal canal or the vascular system have been reported but the incidence was very rare. Both vertebroplasty and kyphoplasty offer therapeutic benefit significantly reducing pain and improving mobility in patients with vertebral fracture without significant differences between groups in term of quality. While early results are promising, more research is needed to better understand the long-term effects of both procedures on the human spine.

Keywords: Osteoporotic vertebral fracture; Minimal invasive treatment; Vertebroplasty; Kyphoplasty

핵심용어: 골다공증성 척추골절; 최소침습적 치료; 척추 성형술; 척추 후굴 풍선 성형술

골다공증성 척추 골절은 임상에서 흔히 접하는 질환으로 고령화 사회로 진입하면서 그 중요성은 더욱 증가하고 있다. 많은 경우 초기에 증상이 없고 신장 감소와 허리가 굽는 등의 변화를 보이며 통증 등의 증상이 유발되더라

도 투약과 활동 제한, 보조기 착용 등으로 치료되는 경우가 많다. 그러나 증상을 심하게 유발하는 골다공증성 척추 골절은 노령층의 활동장애 및 사망률의 주요한 원인으로서(1, 2), 결과적으로 통증과 함께 추체 함몰이 진행하면서 척추 후만

변형 및 전신 증상이 발생하고 삶의 질이 떨어지며 우울증도 발생한다고 알려져 있다(3).

중요성

이러한 골다공증성 척추 골절은 특히 척추 후만을 일으키면서 동반되는 다른 문제를 유발하는데, 생역학적으로 환자의 무게 중심이 앞으로 쏠리면서 등이 더 굽어지는 방향으로 힘이 작용하게 되어 추가적인 골절의 위험이 증가하고 척추주변 근육이 긴장하면서 통증을 유발하게 된다(4). 또한, 호흡기능이 저하되며 복강이 눌려 소화기능도 저하되어 식욕 감소 및 영양 결핍이 발생하고(5), 균형감이 떨어지면서 쉽게 넘어지게 된다(6). 이러한 이유로 동일 연령에 비해 호흡기관의 문제 등으로 사망률이 증가한다고 알려져 있으며 골절된 추체 수가 증가할수록 사망률도 비례하여 증가한다고 알려져 있다(7).

진단

증상을 유발하는 골절의 경우 가벼운 외상 후의 심한 척추 통증을 호소하는 것이 전형적이며 직접시 증상이 악화되고 때때로 반듯하게 누운 자세에서도 통증을 호소하는 경우가 있다. 이환된 척추의 극상돌기를 누르면 통증이 발현되는 것이 일반적이다(4).

단순 방사선 사진 상 추체 높이의 감소 및 췌기화 소견이 관찰되며 때때로 골편이 척추관으로 후방 침범하는 경우도 관찰된다. 골편과 피질골 경계부위의 경화 소견은 만성 골절을 시사하며 이전 단순 방사선 사진과 비교해서 신성 골절 유무를 판별할 수도 있다. 가끔, 초기 방사선 사진에는 나타나지 않으나 2~3주 후 골절이 명확하게 보이는 경우도 있어 주의를 요한다.

자기공명 영상검사가 골절의 시기, 악성 종양과의 감별, 적절한 치료의 선택에 있어서 가장 유용한 검사 방법이다. 골절의 급성기에는 T1 강조 영상에서 저신호 강도를 보이고 T2 강조영상에서 고신호 강도를 보이며(8), 점점 골절이 만성화 될수록 T1 강조 영상에서 선모양의 저신호 음영 변화가 지도 모양의 음영을 대체하게 된다. 시상면에서의

STIR (short tau inversion recovery) sequence가 골 부종 부위에서 고신호 강도로 나타나 급성 골절과 치유된 골절을 감별하는데 도움이 된다.

골주사 검사도 치유과정에 있는 골절을 확인하는데 도움이 된다. 골주사 검사는 골절을 발견하는 데는 민감도(sensitivity)는 높지만, 기저 질환을 진단하는 데 대한 특이도(specificity)는 낮다. 골주사 검사의 또 다른 제한점은 골절 이후 증가된 골대사가 2년간이나 감지된다는 점이다(9). 따라서 골주사 검사는 급성 골절 여부를 감별할 수 없기 때문에 통증의 원인이나 치료의 결과를 예측하는데 크게 도움이 되지 않는다. 골주사 검사의 유용성은 단지 단순 방사선 사진에서 보이지 않는 골다공증성 압박골절을 찾아내거나 다른 부위의 추가적인 골절을 찾아내는 데 있다(10).

비수술적 치료

골다공증 환자에 대한 관혈적 수술은 고령, 동반되는 합병증 및 골다공증으로 인한 견고한 기기 고정의 어려움 등으로 인해 잘 시행되지 않고 있으며, 따라서 과거에는 대부분의 통증을 유발하는 골다공증성 골절에 대해 침상 안정, 진통제 투여, 보조기 착용, 골다공증 약제 복용 등을 통해 치료해 왔다(11). 이런 치료법이 효과적일 수는 있으나 소염제와 진통제의 장기복용으로 인한 위장관계의 합병증과 침상 안정으로 인한 전신 기능 감소 및 골다공증 악화, 보조기 착용으로 인한 흉곽 운동제한 등으로 새로운 문제가 발생하게 되며 특히 골절을 예방하거나 척추 변형을 교정할 수 없는 단점이 있다(7).

최소 침습적 수술

골다공증성 척추 골절의 치료는 골절관련 통증을 완화하고 후만 변형을 교정할 수 있어야 하는데, 국소 마취 하에 경피적으로 골절 추체에 골시멘트를 주입하는 척추 성형술(vertebroplasty)과 척추 후굴 풍선 성형술(kyphoplasty)이 최소 침습적 수술법으로서 이런 환자들에게 양호한 결과를 보여주고 있다.

정의: 척추 성형술, 척추 후굴 풍선 성형술

1. 척추 성형술 (Vertebroplasty)

척추 성형술은 1987년 Galibert 등이 척추에 발생한 혈관종의 치료로(12) 소개한 이후 주로 골다공증성 척추 골절에 사용되고 있다. 형광 투시 방사선 촬영을 하면서 골절 추체에 polymethylmethacrylate (PMMA) 골시멘트를 직접 충전하는 수술로 그 목적은 통증 경감과 함께 골절 추체의 추가적인 함몰을 예방하는 것이다. 자세에 따른 골절의 정복도 일부 경우에서 가능하다(7).

2. 척추 후굴 풍선 성형술 (Kyphoplasty)

척추 후굴 풍선 성형술은 1998년 Reileyin에 의해 개발되어(13) 골시멘트 충전 전에 추체에 풍선을 먼저 삽입해서 후굴을 복원하는 수술이다. 골절 추체에 삽입된 풍선이 팽창하면서 추체의 높이를 높여주고 후굴 변형을 교정해 주며 풍선을 제거하면서 남겨진 빈 공간으로 골시멘트를 충전하게 된다. 일반적으로, 척추 성형술에서는 골 생검용 투관침을 삽입하고 주사기(syringe)에 PMMA를 넣은 후 골절 추체에 충전하는데 비해 척추 후굴 풍선 성형술에서는 더 큰 내경의 캐눌러(cannula)에 PMMA를 넣은 후 골절 추체에 충전하게 된다.

적응증

위 두 수술의 적응증은 통증을 동반한 골다공증성 척추 골절, 통증성 척추 전이, 다발성 골수종, Kümmell씨 병, 그리고 통증을 유발하는 척추 혈관종 등이다(14, 15). 또, 척추 후굴 풍선 성형술은 척추 골절로 발생하는 중증도의 후굴 변형 혹은 진행하는 후굴 변형을 적응증으로 할 수 있다(14~16). 수술의 시기에 관해서는 확립되지 않았지만, 골절 이후 되도록 빠른 시간 안에 척추 후굴 풍선 성형술을 시술하는 것이 골절 정복을 더욱 확실하게 정복할 수 있다고 알려져 있으며(17), 따라서 골다공증성 척추 골절 후 후만의 정도가 심하거나 흉요추 경계부의 골절로 후만이 증가하는 경우는 되도록 조기에 수술하는 것이 시상면에서의 척추

정렬을 호전시킬 수 있다(17).

두 수술의 금기증은 패혈증, 출혈 성향 혹은 수술을 하는데 위험한 정도의 심혈관계 질환 등이다. 상대적인 금기증은 추체 후벽 피질골의 결손이 있으면서 신경학적 이상이 동반된 경우이다(7). 방출성 골절이나 추체 압박이 심한 경우 기술적으로 쉽지 않기 때문에 추체 성형술과 추체 후굴 풍선 복원술 중 보다 용이한 방법을 선택해야 한다. 또, 삼분절 이상의 추체에 대해 한 번의 수술로 골시멘트를 주입하면 PMMA 단량체(monomer)와 연관된 심혈관계 유해성과 지방이나 PMMA 색전의 위험성 때문에 추천되지 않는다(7). 그리고, 골절 위험이 있는 추체에 대해 예방적으로 골시멘트 충진을 하는 것의 유용성에 대해서는 아직 증명되지 않았다.

결과 및 합병증

1. 척추 성형술

대부분의 환자는 수술 후 72시간 이내에 부분적 혹은 완전한 통증 완화를 경험하며, 문헌에 따르면 60%에서 100%의 환자들이 척추 성형술 후 통증완화와 함께 기능 향상과 진통제를 덜 복용한다고 알려져 있다(18, 19). 자세에 의해 골절된 추체를 정복하여 골 시멘트를 충전하면서 추체 높이의 증가 및 일부의 후만 교정을 얻을 수 있다고 알려져 있으며(20) 일부 술자들은 수술 전에 골절 추체 주변을 신전한 자세로 침상안정을 취한 후 골절 정복을 하고 수술시 골절 추체를 신전한 자세로 유지하면서 PMMA를 충전하면 좋은 결과를 얻을 수 있다고 추천하기도 한다.

합병증의 발생은 낮은 것으로 알려져 있으며, 대부분의 합병증은 PMMA가 추체 밖으로 누출되면서 발생하며 신경 조직을 압박하거나 폐색전이 발생할 수 있다. 척추 성형술 술식의 한계는 척추 변형을 교정하기 어렵다는 것과 PMMA의 누출이다. 시술하는 동안에 낮은 점도의 PMMA가 높은 압력으로 해면골로 주입되는데 추체 밖으로 누출될 위험이 있으며 심한 경우 65%까지 보고되고 있다(21). 그러나 임상적인 문제를 야기하는 경우는 드문 것으로 보고되고 있다. 이러한 PMMA의 누출을 줄이기 위해 PMMA 충전 전에 추체 내로 조영제를 주입해서 PMMA의 누출 가능성을 시험

해 보는 방법이 권고되고 있다(7). 이론적으로 조영제의 누출은 PMMA 누출 가능성을 시사하기 때문에 삽입된 기구의 방향이나 위치를 바꾸어서 조영제를 다시 주입한 후 누출이 생기지 않는 것을 확인하고 PMMA를 충전 하는 것이 안전하다. 이런 조영제 주입법에 대해서 몇몇 저자들은 긍정적으로 보고하고 있으나(22, 23), 일부 저자들은 조영제 주입법이 유용하지 않고 PMMA 누출이 확인되자마자 PMMA 충진을 중단하는 것이 합병증을 줄일 수 있는 가장 효과적인 방법이라고 주장하고 있다(24). 또, 높은 점도의 PMMA를 소량 충전하는 것도 누출을 피할 수 있는 방법이다. 그 외에도, 수술 중 양방향 영상 증폭기나 컴퓨터 단층촬영을 이용해 초기에 누출을 발견하는 방법(25), PMMA에 조영제(barium)의 양을 증가시키는 방법(26), 내경이 굵은 케블러를 삽입하는 방법(27) 등이 PMMA 누출을 줄이는 방법으로 제시되고 있다.

높은 압력으로 PMMA를 충전 하면 PMMA나 PMMA 단량체(monomer), 지방 또는 골수가 정맥계를 통해 폐색전을 유발할 수 있어 주의를 요한다. 증상을 유발하는 폐색전은 지방 색전이 더 흔하며 PMMA 색전은 드물다고 알려져 있고(28) 폐 혈관에서 방사선허학적으로 PMMA가 확인되더라도 대부분 증상을 유발하지 않지만(25), 임상적으로 폐색전이 발생하면서 PMMA가 폐혈관에서 발견되더라도 지방 색전이 동시에 임상증상을 유발할 수 있다(25). 또, 심혈관계 합병증은 수술 한 추체의 수 및 한 번 수술에 충전한 PMMA 양과 상관관계가 있다는 보고가 있기 때문에(29) 한 번에 다분절을 수술하는 것에 주의를 요하며 PMMA를 25 ml 이상 충전하여서는 안 된다고 보고되고 있다(30).

그 이외의 합병증으로는, 감염, 횡돌기나 척추경 골절과 함께 늑골이나 흉골 골절 등도 보고되고 있다(31).

2. 척추 후궁 풍선 성형술(Kyphoplasty)

척추 후궁 풍선 성형술의 단기 결과는 통증 경감의 효과가 크고 추체 높이를 복원시켜 주며 척추 후궁을 감소시킨다고 알려져 있다. 이렇게 후궁 변형을 감소시키면 이론적으로 외견을 좋게 만들 수 있고 폐기능과 위장관 기능을 호전시킬 수 있으며 후궁 변형이 진행되면서 발생할 수 있는

신경학적 결손의 위험을 낮출 수 있다는 장점이 있다(4). 이 술식을 골절 발생 3개월 이내에 시행할 경우 추체 높이 복원 및 후궁 변형을 감소시킬 수 있다고 알려져 있으며(32, 33), 이런 추체 높이 복원이 척추 성형술 보다 좋은 결과를 보인다는 보고가 있는(33) 반면 큰 차이가 없다는 보고도 있다(31). 또, 사체 실험에서 척추 후궁 풍선 성형술로 척추 성형술군 보다 전방 추체 높이가 더 복원되었으나 10만 번의 하중 부하를 한 후에는 오히려 척추 성형술군 보다 전방 추체 높이가 낮았다는 보고가 있다(34).

시술과 관련된 합병증은 척추 성형술과 유사하다. 특히 풍선에 압력을 가하면서 색전이 발생할 가능성이 있어 주의를 요한다. PMMA의 누출은 척추 성형술보다 그 빈도가 낮다고 알려져 있으며 특히 경막외(epidural) 누출이 척추 성형술군은 32%인데 비해 척추 후궁 풍선 성형술군은 11%로 낮아 신경학적 결손이 발생할 가능성이 있는 경우에서도 척추 후궁 풍선 성형술이 척추 성형술보다 낫다고 보고되고 있다(31, 32). 그 이유로는 풍선에 의한 추체 내의 공간이 골 시멘트 충전시의 압력을 줄여주며 빈 공간을 다 채운 후 충전되는 골 시멘트는 추체 내의 압력을 급격히 증가시키게 되며, 골 시멘트 누출은 압력이 급격히 높아지면서 증가한다고 알려져 있다. 또 다른 이유로는 척추 성형술시에 비해 골 시멘트의 점도가 좀 더 높아진 후에 주입할 수 있다는 점도 골 시멘트 누출이 상대적으로 적은 원인으로 작용할 수 있다.

수술 기법

두 수술 모두 환자를 수술 테이블에 엎드리게 하고 쿠션이 있는 받침대를 이용해 자세에 의한 골절 정복을 유지하면서 후만 변형을 교정하는데 도움이 되게 한다. 1% 리도카인 등의 국소 마취제와 정맥 진정제를 이용하는 경우가 많으며 척추 후궁 풍선 성형술의 경우 전신 마취를 통해 시술하는 경우도 있다고 알려져 있다. 그러나 필자들은 2004년 1월부터 2009년 1월까지 두 수술을 총 522예 시행하였으며 모두 국소 마취만을 이용해 성공적으로 시행할 수 있었고 특별한 합병증을 경험하지는 못하였다. C-형 영상 증폭장치 등을 이용해 정확한 위치를 확인한 후 시술하고자 하는



Figure 1. Anteroposterior view of the C-arm during the vertebroplasty. The tips of the J-type biopsy needles are located on the lateral aspect of pedicles.

양측 척추경 주위와 피부에 국소마취제를 주입한다.

일반적으로 척추경을 통한 접근법이 많이 사용되는데, 골 생검용 투관침을 척추경의 외측면에 거치 시키고(Figure 1) 측면 사진을 확인하면서 척추경을 통과시키면서 투관침의 끝이 척추체의 전면 가까이 도달할 때 중앙부위를 향하게 밀어 넣는다. 척추 성형술의 경우 투관침을 되도록 추체의 전면 부근까지 삽입한 후(Figure 2) 주사기를 이용해 PMMA를 충전한다. PMMA를 충전하기 전에 투관침이 추체내에 제대로 위치하였는지 확인하는 방법으로 생리식염수를 한쪽 투관침을 통해 주입하여 보면 반대편으로 척추체를 통해 나오는 것을 관찰할 수 있는데 이럴 경우 추체 내에 제대로 위치하였다고 판단할 수 있다. 또, PMMA가 누출될 위험성이 있는지 확인하기 위해 투관침을 통해 조영제를 주입하여 볼 수 있는데, 혈관으로 빠져 나갈 경우 정맥계를 통한 누출의 위험성이 있어 투관침의 위치조정이 필요하며 낮은 점도에서 PMMA를 충전하지 않도록 주의를 요한다. 또, 척추관내로 조영제가 보일 경우에도 척추관내 누출의 위험성을 시사하므로 주의를 요한다. PMMA 충전시 C-형 영상증폭기를 이용해 PMMA의 분포를 확인하여야 하며 소량씩 충전하면서 추체 외로의 누출이 발생하는지 유의하면서 충전 하여야 한다.



Figure 2. Lateral view of the C-arm during the vertebroplasty. The tips of the J-type biopsy needles are located on the anterior aspect of the vertebral body.

척추 후궁 풍선 성형술의 경우 철사(guidewire)를 삽입하고 더 큰 내경의 케눌러(cannula)로 교체한다. 이때 케눌러의 위치는 척추체 후면 가까이 위치시켜 풍선이 들어갈 공간을 확보한다. 이후 절삭기(burr)나 확공기(reamer)를 이용해 확공은 한 후(Figure 3) 풍선을 삽입하고(Figure 4) 투시 방사선을 보면서 풍선을 부풀리는데(Figure 5) 압력과 풍선의 부피를 확인하면서(일반적으로 150psi이하)(35) 골절 정복의 정도를 보고 풍선의 조영제를 제거한 후 풍선을 제거한다. 풍선을 제거하고 남아 있는 빈 공간으로 PMMA를 충전한다(Figure 6).

흉추의 경우 척추경을 통하지 않고 척추경 외측으로 접근하여 시술하는 경우도 있으며(Figure 7, 8), 편측 도달법으로도 좋은 결과가 보고되고 있다. 편측으로만 접근할 경우 되도록 추체의 중앙부에 투관침이 위치할 수 있게 피부 절개를 척추경을 통한 경우보다 외측에서 하는 것이 추천된다.

두 수술 기법에 대한 결과 비교

두 수술에 대해서는 많은 비교 논문이 있지만 2006년 Hulme 등이 69개의 연구를 체계적으로 분석하여 보고한



Figure 3. After placing the cannula over the blunt dissector and advance it just beyond the pedicle, place a drill bit down the cannula using manual control, twist the drill bit to enter the vertebral body. The final position is just posterior to the anterior cortex.

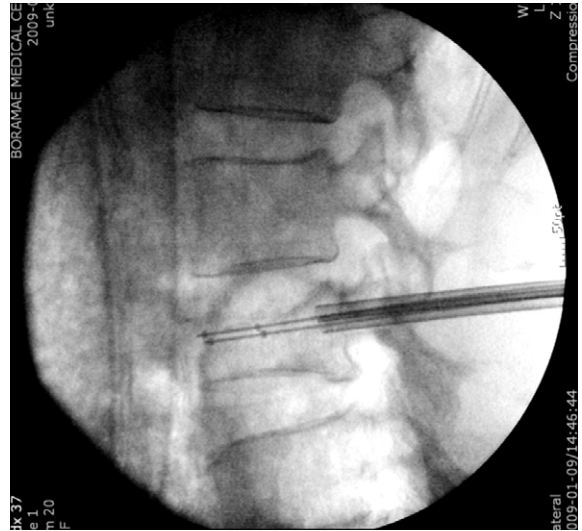


Figure 4. Insert the inflatable bone tamps through the same cannula.

논문이 있어 이를 중심으로 정리하면 아래와 같다(31).

1. 통증

Hulme 등의 분석에서(31), 대부분의 환자는 어느 정도의 통증 경감이 있었으며, 척추 성형술군은 87% (n=1552, 32개 연구, 95% CI 78%~95%)이고 척추 후굴 풍선 성형술군은 92% (n=447, 7개 연구, 95% CI 86%~98%)로 보고하고 있다. Visual analogue pain scores (VAS)는 척추 성형술군은 8.2 (n=666, 12개 연구, 95% CI 7.8~8.6)에서 3.0 (95% CI 2.4~3.6)으로 감소하였고 척추 후굴 풍선 성형술군은 7.15 (n=183, 4개 연구, 95% CI 6.6~7.7)에서 3.4 (95% CI 2.7~4.1)로 감소하였다고 보고하고 있다.

2. 신체 기능

척추 성형술 후에 16%에서 47%의 신체 기능 향상이 있었다고 7개의 연구에서 다른 종류의 5점 단위 평가방법 등의 분석을 통해 보고하고 있다. 척추 후굴 풍선 성형술에 대해서도 평균 ODI (Oswestry Disability Index)가 수술 전 60%에서 수술 후 32% (n=77)로 호전되었다는 보고가 있다(15, 33).

3. 변형 교정

척추 성형술은 자세에 의해 골절된 추체를 정복하여 골시멘트를 충전하면서 추체 높이를 증가시키고 일부의 후만 교정을 얻을 수 있다(20). 척추 후굴 풍선 성형술은 풍선을 통해 연골 종판을 들어 올림으로써 추체 높이를 증가시키고 후만 교정을 얻을 수 있으며 이론적으로 변형 교정에 대해서 척추 성형술 보다는 좋은 결과를 기대할 수 있으나 두 술식에 대해 시험군과 대조군의 무작위 배정 연구 (randomized controlled study)가 없기 때문에 변형 교정에 대해 정확한 비교를 할 수 없으며 일부 연구에서는 두 술식 간에 후만 교정에 차이가 없다는 보고도 있다(31).

4. 재골절

두 술식과 연관된 재골절률은 2.4%에서 23%까지 다양하게 보고되고 있으며(36~39), 어느 분절에서나 발생할 수 있지만 2/3의 재골절은 수술 후 6개월 이내에 인접 분절에서 발생하는 것으로 알려져 있다(40~42). 이 비율은 비수술적 방법으로 치료한 골다공증성 척추 골절 환자에서 골절이 재발할 확률이 25~68%라는 보고에 비하면 낮은 비율이

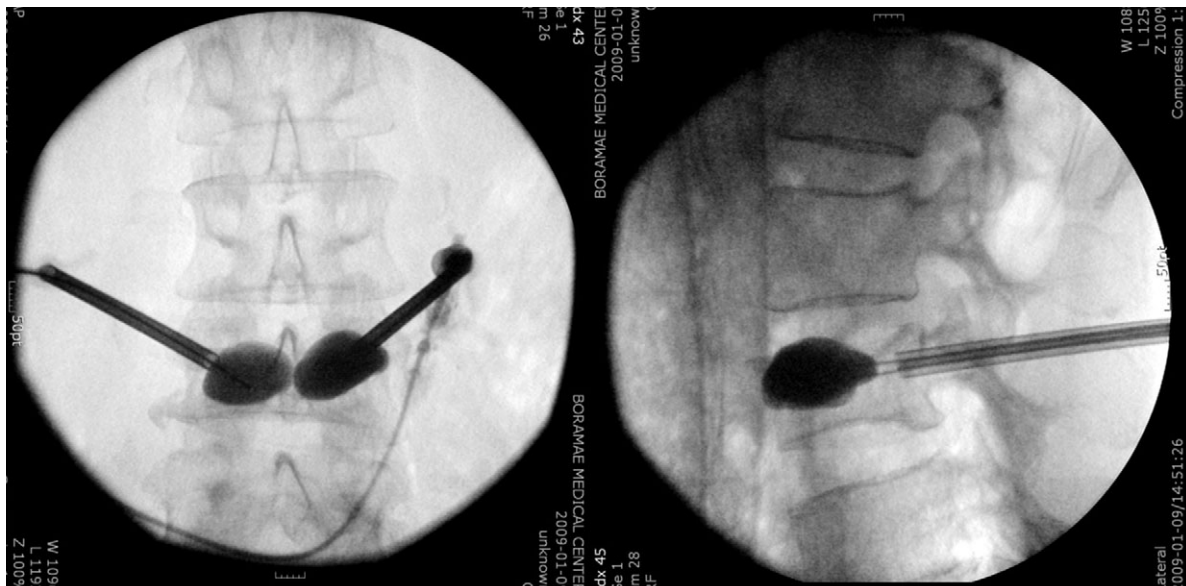


Figure 5. The inflatable bone tamps are prepared with contrast medium to facilitate imaging during inflation. The balloons are inflated using a manometer with digital pressure gauges. Alternative slow filling of the balloons by raising the pressure to 150 psi.

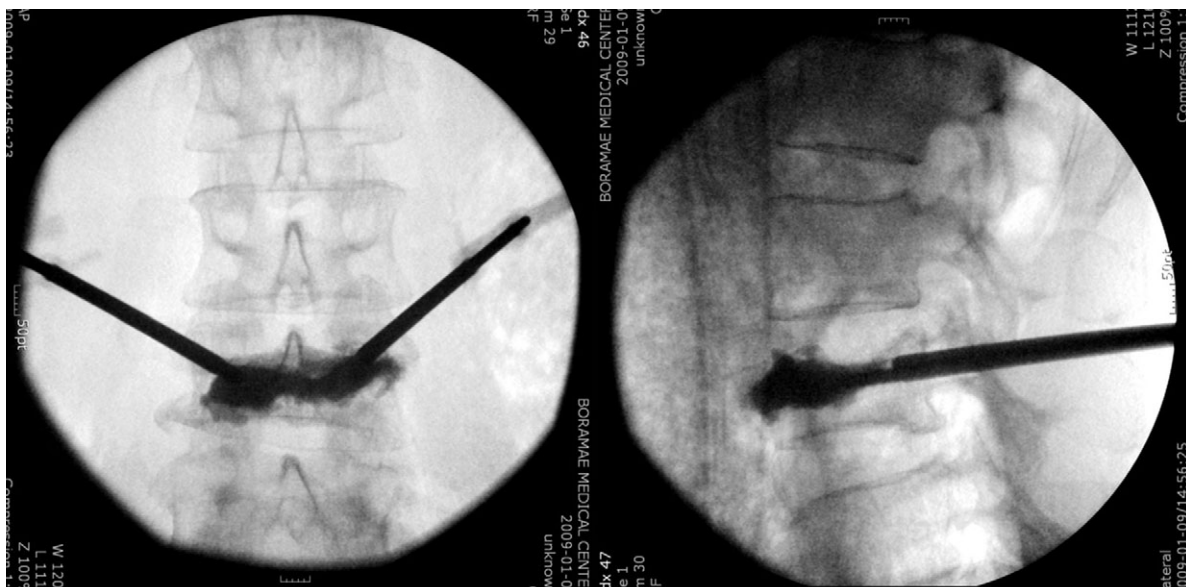


Figure 6. When ready to fill the PMMA, one or both inflatable bone tamps are deflated, and using lateral C-arm guidance, cement cannulas are inserted through the working cannulas to the anterior wall of the vertebral body. Confirm placement on anteroposterior and lateral images. The cement cannula sytlets are used to gently push the selected viscous bone filler from the cement cannula while the cement cannulas are withdrawn to the level of the middle of the cavity.

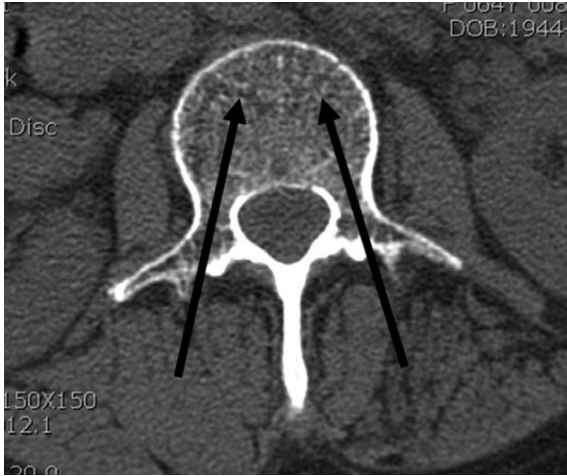


Figure 7. Transpedicular approach. The entry point is the bone at the junction of the pedicle and posterior vertebral body on the lateral X-ray film.

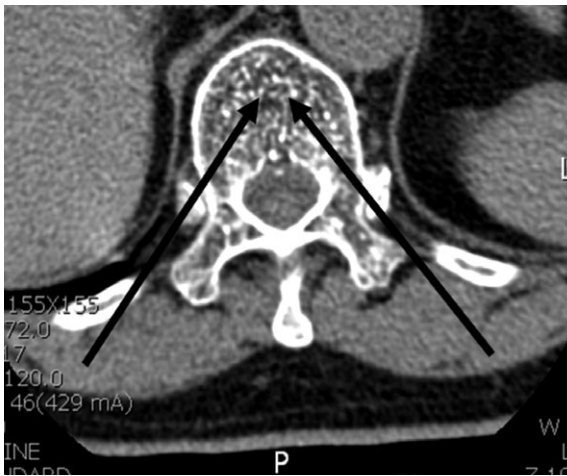


Figure 8. Extrapedicular approach. In thoracic vertebral bodies with small pedicles or in midthoracic vertebral bodies a transpedicular approach will result in lateral balloon placement. The entry point is immediately superior and slightly lateral to the pedicle, just medial to the rib head. This may involve actually cannulating the rib head and entering the vertebral body through the rib facet on the posterolateral corner of the vertebral body.

며(43), 특히 첫 번째 골절이 발생한 이후 수술을 하지 않은 환자 군에서 골절이 발생하지 않은 군에 비해 6.1배나 골절 발생률이 높다는 점을 고려하면(44) 두 술식 이후 발생하는 골절의 비율은 상대적으로 낮다고 볼 수 있다. 척추 성형술에서는 골 시멘트 누출이 인접 분절 골절의 중요한 원인

으로 알려져 있으며(45), 일부 저자들은 골절부위의 인접분절에 예방적으로 척추 성형술을 권유하기도 한다(45~47).

생체 재료

최근까지도 PMMA가 척추 성형술이나 척추 후굴 풍선 성형술에 사용되어 좋은 결과를 얻었다. PMMA의 장점은 쉽게 다룰 수 있고, 방사선 비투과성 물질을 첨가할 수 있으며 높은 강도(strength)와 경도(stiffness)로 골절 추체를 안정화시킬 수 있으며 가격이 저렴하다는 점이다(4). 단점으로는 PMMA에는 골전도성(osteoconductivity)이나 골유도성(osteoinductivity)이 없고 고열로 인해 주위 조직의 손상이 발생할 수 있으며, 반응하지 않은 단량체(monomer)가 심폐기능에 부작용을 초래할 수 있고 강도가 너무 높아 인접 추체의 골절을 유도할 수 있으며 골과 반응하지 않아 재형성이 되지 않는다는 점이다(4). 일부 저자들은 PMMA에 의한 고열로 조직 괴사(thermal necrosis)가 발생할 수 있다고 주장하지만 Verlaan 등은 동물 실험에서 국소적인 온도 상승이 조직 괴사를 유발할 정도는 아니라고 보고하였으며(48), 골과 PMMA 접촉면의 온도는 44.6℃ 이고 경막외 공간의 온도는 37℃로 알려져 있다. 따라서 PMMA에 의한 신경손상의 가능성은 거의 없다고 볼 수 있다. 그러나 척추 관내로 다량의 PMMA가 누출될 경우에는 고열에 의한 손상 가능성도 배제할 수 없다.

척추 성형술에 사용되는 PMMA에는 황산 바륨(barium sulfate)을 첨가하여 수술 중 PMMA의 누출 여부를 관찰하는데, 유럽에서는 텅스텐과 탄탈(tantalum) 분말, 지르코늄(zirconium dioxide) 등 다른 방사선 비투과성 물질을 첨가하여 사용해 왔으나 텅스텐과 탄탈 분말은 미국 FDA에서 PMMA의 방사선 비투과 물질로 승인받지는 못했다.

그 외에도 PMMA에 항생제를 첨가하여 사용하는 경우도 있는데, PMMA의 기계적 강도에 영향을 미칠 수 있어 주의가 필요하다.

이에 비해, 합성 골대체재로서 재형성이 가능하고 주변 뼈와 결합이 가능한 재료에 대해 지속적인 연구가 진행되어 왔다. 인산칼슘계 골시멘트는 시간이 경과하면서 흡수가 될

수 있고 신생골로 대체되며 PMMA의 단점인 발열효과를 줄이면서 척추체를 재건할 수 있는 방법으로 개발되어 일부에서 좋은 결과를 보고하고 있으며(49), 골유도 단백질의 전달체(carrier)로서도 사용될 수 있다고 알려져 있다(50). 일반적으로, 인산칼슘계 골시멘트는 혈관침투에 의해 파쇄되면서 골시멘트로 골 내성장(bone ingrowth)이 관찰되는 등 재흡수(resorption)와 재형성과정을 겪는다고 알려져 있다(51, 52). 또한, 골시멘트에 대한 파골성 흡수(osteoclastic resorption)의 증거와 함께 직접적인 골접촉으로 마치 정상 골에서의 재형성과 유사한 과정을 보인다고 알려져 있다. 이 외에도 석고 봉대로 잘 알려져 있는 황산칼슘(calcium sulfate)도 오랜 기간에 걸쳐 사용되어 왔고 역시 골시멘트로도 연구되고 있으나 너무 빨리 흡수되어서 골의 재형성이 되는 동안에 척추 정렬을 유지하지 못할 수 있어 척추 골절에 대한 생체활성 골시멘트로는 적당하지 않다고 알려져 있다(51). 그 외에 인산 칼슘계나 황산칼슘계 시멘트는 점도가 너무 낮고 추체로 잘 퍼지지 않으며, PMMA에 비해 다루기가 불편하고 고가라는 단점이 있어(4) 아직 임상적으로 널리 사용되지는 못하고 있다.

결 론

골다공증성 척추 골절은 고령 인구가 증가하면서 발생 빈도도 증가하며 그 중요성이 더욱 커지고 있다. 심한 통증을 유발하는 골다공증성 척추 골절에 대해 척추 성형술이나 척추 후술 풍선 성형술은 PMMA를 이용하여 골절된 척추체 내부에 부목을 대는 효과로 통증을 경감시키고 후술 변형의 진행을 막아주는 효과가 있다. 두 술식 모두 임상적으로 좋은 결과가 보고되고 있으며 각각의 장점을 가지고 있다. 그러나 골시멘트 누출 및 색전증 등의 합병증이 발생할 수 있어 주의를 요하나 수술 중 영상 증폭장치를 이용해 조심스럽게 시술하면 그 빈도를 최소화시킬 수 있으며 심각한 합병증을 예방할 수 있다.

참고문헌

1. Iqbal MM, Sobhan T. Osteoporosis: a review. Mo Med 2002;

- 99: 19-24.
2. Johnell O. Advances in osteoporosis: better identification of risk factors can reduce morbidity and mortality. J Intern Med 1996; 239: 299-304.
3. Gold DT. The clinical impact of vertebral fractures: quality of life in women with osteoporosis. Bone 1996; 18(3S): 185S-189S.
4. Rao RD, Singrakhia MD. Painful osteoporotic vertebral fracture. Pathogenesis, evaluation, and roles of vertebroplasty and kyphoplasty in its management. J Bone Joint Surg Am 2003; 85-A: 2010-2022.
5. Ross PD, Davis JW, Epstein RS, Wasnich RD. Pain and disability associated with new vertebral fractures and other spinal conditions. J Clin Epidemiol 1994; 47: 231-239.
6. Keller TS, Harrison DE, Colloca CJ, Harrison DD, Janik TJ. Prediction of osteoporotic spinal deformity. Spine 1 2003; 28: 455-462.
7. Manson NA, Phillips FM. Minimally invasive techniques for the treatment of osteoporotic vertebral fractures. J Bone Joint Surg Am 2006; 88: 1862-1872.
8. Yamato M, Nishimura G, Kuramochi E, Saiki N, Fujioka M. MR appearance at different ages of osteoporotic compression fractures of the vertebrae. Radiat Med 1998; 16: 329-334.
9. Maynard AS, Jensen ME, Schweickert PA, Marx WF, Short JG, Kallmes DF. Value of bone scan imaging in predicting pain relief from percutaneous vertebroplasty in osteoporotic vertebral fractures. AJNR Am J Neuroradiol 2000; 21: 1807-1812.
10. Cook GJ, Hannaford E, See M, Clarke SE, Fogelman I. The value of bone scintigraphy in the evaluation of osteoporotic patients with back pain. Scand J Rheumatol 2002; 31: 245-248.
11. Eck JC, Hodges SD, Humphreys SC. Vertebroplasty: a new treatment strategy for osteoporotic compression fractures. Am J Orthop 2002; 31: 123-127; discussion 128.
12. Galibert P, Deramond H, Rosat P, Le Gars D. [Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty]. Neurochirurgie 1987; 33: 166-168.
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 2001; 26: 1631-1638.
14. Spivak JM, Johnson MG. Percutaneous treatment of vertebral body pathology. J Am Acad Orthop Surg 2005; 13: 6-17.
15. Gaitanis IN, Hadjipavlou AG, Katonis PG, Tzermiadianos MN, Pasku DS, Patwardhan AG. Balloon kyphoplasty for the treatment of pathological vertebral compressive fractures. Eur Spine J 2005; 14: 250-260.
16. Phillips FM, Ho E, Campbell-Hupp M, McNally T, Todd Wetzel F, Gupta P. Early radiographic and clinical results of balloon

- kyphoplasty for the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine* 2003; 28: 2260-2265; discussion 2265-2267.
17. Phillips FM. Minimally invasive treatments of osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine* 2003; 28(15S): S45-53.
 18. Gangi A, Kastler BA, Dietemann JL. Percutaneous vertebroplasty guided by a combination of CT and fluoroscopy. *AJNR Am J Neuroradiol* 1994; 15: 83-86.
 19. Mathis JM, Petri M, Naff N. Percutaneous vertebroplasty treatment of steroid-induced osteoporotic compression fractures. *Arthritis Rheum* 1998; 41: 171-175.
 20. Teng MM, Wei CJ, Wei LC, Luo CB, Lirng, JF, Chang FC, Liu CL, Chang CY. Kyphosis correction and height restoration effects of percutaneous vertebroplasty. *AJNR Am J Neuroradiol* 2003; 24: 1893-1900.
 21. Cortet B, Cotten A, Boutry N, Flipo RM, Duquesnoy B, Chastanet P, Delcambre B. Percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures: an open prospective study. *J Rheumatol* 1999; 26: 2222-2228.
 22. Gaughen JR Jr, Jensen ME, Schweickert PA, Kaufmann TJ, Marx WF, Kallmes DF. Relevance of antecedent venography in percutaneous vertebroplasty for the treatment of osteoporotic compression fractures. *AJNR Am J Neuroradiol* 2002; 23: 594-600.
 23. McGraw JK, Heatwole EV, Strnad BT, Silber JS, Patzilk SB, Boorstein JM. Predictive value of intraosseous venography before percutaneous vertebroplasty. *J Vasc Interv Radiol* 2002; 13(2 Pt 1): 149-153.
 24. Phillips FM, Todd Wetzel F, Lieberman I, Campbell-Hupp M. An in vivo comparison of the potential for extravertebral cement leak after vertebroplasty and kyphoplasty. *Spine* 2002; 27: 2173-2178; discussion 2178-2179.
 25. Abdul-Jalil Y, Bartels J, Alberti O, Becker R. Delayed presentation of pulmonary polymethylmethacrylate emboli after percutaneous vertebroplasty. *Spine* 2007; 32: E589-593.
 26. Choe DH, Marom EM, Ahrar K, Truong MT, Madewell JE. Pulmonary embolism of polymethyl methacrylate during percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty. *AJR Am J Roentgenol* 2004; 183: 1097-1102.
 27. Harrington KD. Major neurological complications following percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate : a case report. *J Bone Joint Surg Am* 2001; 83-A: 1070-1073.
 28. Rauschmann MA, von Stechow D, Thomann KD, Scale D. [Complications of vertebroplasty]. *Orthopade* 2004; 33: 40-47.
 29. Cotten A, Dewatre F, Cortet B, Assaker R, Leblond D, Duquesnoy B, Chastanet P, Clarisse J. Percutaneous vertebroplasty for osteolytic metastases and myeloma: effects of the percentage of lesion filling and the leakage of methyl methacrylate at clinical follow-up. *Radiology* 1996; 200: 525-530.
 30. Heini PF, Orlert R. [Vertebroplasty in severe osteoporosis. Technique and experience with multi-segment injection]. *Orthopade* 2004; 33: 22-30.
 31. Hulme PA, Krebs J, Ferguson SJ, Berlemann U. Vertebroplasty and kyphoplasty: a systematic review of 69 clinical studies. *Spine* 2006; 31: 1983-2001.
 32. Garfin SR, Yuan HA, Reiley MA. New technologies in spine: kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures. *Spine* 2001; 26: 1511-1515.
 33. Grohs JG, Matzner M, Trieb K, Krepler P. Minimal invasive stabilization of osteoporotic vertebral fractures: a prospective nonrandomized comparison of vertebroplasty and balloon kyphoplasty. *J Spinal Disord Tech* 2005; 18: 238-242.
 34. Kim MJ, Lindsey DP, Hannibal M, Alamin TF. Vertebroplasty versus kyphoplasty: biomechanical behavior under repetitive loading conditions. *Spine* 2006; 31: 2079-2084.
 35. Luginbuhl M. Percutaneous vertebroplasty, kyphoplasty and lordoplasty: implications for the anesthesiologist. *Curr Opin Anaesthesiol* 2008; 21: 504-513.
 36. Barr JD, Barr MS, Lemley TJ, McCann RM. Percutaneous vertebroplasty for pain relief and spinal stabilization. *Spine* 2000; 25: 923-928.
 37. Berlemann U, Ferguson SJ, Nolte LP, Heini PF. Adjacent vertebral failure after vertebroplasty. A biomechanical investigation. *J Bone Joint Surg Br* 2002; 84: 748-752.
 38. Bouza C, Lopez T, Magro A, Navalpotro L, Amate JM. Efficacy and safety of balloon kyphoplasty in the treatment of vertebral compression fractures: a systematic review. *Eur Spine J* 2006; 15: 1050-1067.
 39. Fournay DR, Schomer DF, Nader R, Chlan-Fournay J, Suki D, Ahrar K, Rhines LD, Gokaslan ZL. Percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty for painful vertebral body fractures in cancer patients. *J Neurosurg* 2003; 98(1S): 21-30.
 40. 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)* 2000; 39: 1410-1414.
 41. Kim SH, Kang HS, Choi JA, Ahn JM. Risk factors of new compression fractures in adjacent vertebrae after percutaneous vertebroplasty. *Acta Radiol* 2004; 45: 440-445.
 42. 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* 2003; 226: 119-124.
 43. Becker S, Garosio M, Meissner J, Tuschel A, Ogon M. Is there an indication for prophylactic balloon kyphoplasty? A pilot study. *Clin Orthop Relat Res* 2007; 458: 83-89.

44. Lunt M, O'Neill TW, Felsenberg D, Reeve J, Kanis JA, Cooper C, Silman AJ. Characteristics of a prevalent vertebral deformity predict subsequent vertebral fracture: results from the European Prospective Osteoporosis Study (EPOS). *Bone* 2003; 33: 505-513.
45. Kaufmann TJ, Jensen ME, Schweickert PA, Marx WF, Kallmes DF. Age of fracture and clinical outcomes of percutaneous vertebroplasty. *AJNR Am J Neuroradiol* 2001; 22: 1860-1863.
46. Lindsay R, Silverman SL, Cooper C, Hanley DA, Barton I, Broy SB, Licata A, Benhamou L, Geusens P, Flowers K, Stracke H, Seeman E. Risk of new vertebral fracture in the year following a fracture. *Jama* 2001; 285: 320-323.
47. Lim TH, Brebach GT, Renner SM, Kim WJ, Kim JG, Lee RE, Andersson GB, An HS. Biomechanical evaluation of an injectable calcium phosphate cement for vertebroplasty. *Spine* 2002; 27: 1297-1302.
48. Verlaan JJ, Oner FC, Verbout AJ, Dhert WJ. Temperature elevation after vertebroplasty with polymethyl-methacrylate in the goat spine. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2003; 67: 581-585.
49. Takemasa R, Yamamoto H. [Calcium phosphate paste injection for the treatment of vertebral fracture due to osteoporosis]. *Clin Calcium* 2001; 11: 1595-1600.
50. Seeherman HJ, Bouxsein M, Kim H, Li R, Li XJ, Aiolo M, Wozney JM. Recombinant human bone morphogenetic protein-2 delivered in an injectable calcium phosphate paste accelerates osteotomy-site healing in a nonhuman primate model. *J Bone Joint Surg Am* 2004; 86-A: 1961-1972.
51. Lieberman IH, Togawa D, Kanyan MM. Vertebroplasty and kyphoplasty: filler materials. *Spine J* 2005; 5(6S): 305S-316S.
52. Verlaan JJ, Oner FC, Sloopweg PJ, Verbout AJ, Dhert WJ. Histologic changes after vertebroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2004; 86-A: 1230-1238.



Peer Reviewers' Commentary

본 논문은 최근 그 중요성이 점점 증가하고 있는 골다공증성 척추골절의 최소 침습적 치료법인 척추 성형술과 척추 후궁 풍선 성형술에 대한 소개와 함께 수술 방법 뿐만 아니라 두 수술법의 결과 및 합병증을 비교하고 사용되는 생체 재료에 대해서도 기술하고 있다. 골다공증성 척추골절 환자는 비단 정형외과 뿐 아니라 신경외과, 마취과, 재활의학과, 방사선과 등에서도 시도되고 있는 바 시술의 정확한 적응증 및 술기를 숙지하고 시술에 임하여야 함은 물론이다. 본 논문은 두 술식에 대해 발표된 여러 논문을 검토하여 기초적인 방법부터 치료 결과까지 간결하게 정리되어 이러한 술기를 시도해 보려는 임상 의에게 큰 도움이 될 수 있는 종설로 판단되며 비교적 객관적으로 두 술식의 장·단점을 기술하고 있다는 장점이 있다. 아무리 좋은 방법도 합병증이 없을 수는 없는 것으로, 척추 성형술과 척추 후궁 풍선 성형술도 몇 가지 합병증을 나타내 임상 의들을 당황시킬 수 있으므로 합병증에 대한 예방책 및 대처 방법이 따로 좀 더 자세히 기술되었으면 더욱 좋은 종설이 될 것으로 보인다. 또한, 현재 가장 널리 사용되고 있는 PMMA 골 시멘트는 뼈와 직접 결합하거나 재형성 되지 않는 물질이므로 골절의 근본적 치료가 될 수 없다는 점에서 두 술식의 적응증은 고령 및 심한 골다공증으로 조기 거동이 필요하면서 정상적인 골절 유합이 어려운 환자로 한정되어야 할 필요가 있음을 고려하여야 하겠다.

[정리: 편집위원회]