

골다공증성 추체 골절에서 Calcium Phosphate Cement (Calcibon®)를 이용한 경피적 풍선 후만 성형술

김응하 · 신동훈 · 노재휘 · 류기훈

순천향대학교 부천병원 정형외과

Kyphoplasty with Calcium Phosphate Cement (Calcibon®) in Osteoporotic Vertebral Fracture

Eung Ha Kim, M.D., Dong Hoon Shin, M.D., Jae Whee Nho, M.D., Ki Hoon Ryu, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Soonchunhyang University, College of Medicine, Bucheon, Korea

– Abstract –

Study Design: A retrospective study

Objectives: We analyzed clinical and radiological results to verify the efficacy of calcium phosphate cement in kyphoplasty for treatment of osteoporotic vertebral fracture.

Summary and Literature Review: Calcium phosphate is a biocompatible alternative to PMMA for vertebral augmentation in painful osteoporotic vertebral fracture as it is osteoconductive, non-exothermic, and injectable.

Materials and Methods: We analyzed 45 cases treated from April 2005 to August 2006 with a minimum of 1 year follow-up. Preoperative and post operative pain scores (visual analogue scale), ambulatory status, and patient satisfaction were measured. Anterior vertebral height, as well as the status and size of cement were assessed radiologically preoperatively, postoperatively, and at 3 months and 1 year.

Results: Pain scores (visual analogue scale) and ambulatory status improved significantly after kyphoplasty and remained unchanged during follow-up. Overall patient satisfaction was 93%. Radiological findings showed that mean vertebral height was significantly higher than preoperative ($p < 0.05$). According to follow-up radiological finding, we divided cases into 4 groups: Group 1, 2; maintained vertebral height with minimal or some cement resorption; Group 3, 4; cement crack resorption and vertebral collapse. Group 1, 2 and Group 3, 4 had 38 patients (84%) and 7 patients (16%) respectively. Revision surgery was needed in 3 cases (antero-posterior surgery in 2 cases of group 4, and decompression in 1 case of extravasation into the neural canal).

Conclusions: Kyphoplasty with calcium phosphate may be a good alternative for treatment of osteoporotic vertebral fracture, but non-union of the vertebral body with a large cleft showed a high risk of premature resorption and collapse of the vertebral body. The presumed advantage over PMMA needs longer follow-up.

Key Words: Osteoporotic vertebral fracture, Calcium-Phosphate cement, Kyphoplasty

Address reprint requests to

Eung-Ha Kim, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Soonchunhyang University, College of Medicine, Bucheon, Korea
1174 Jung-Dong, Wonmi-Gu, Bucheon-Si, Gyeonggi-Do, 420-767, Korea
Tel: 82-32-621-5259, Fax: 82-32-324-9577, E-mail: eungha@unitel.co.kr

서 론

골다공증성 척추 골절의 치료로 PMMA를 이용한 경피적 풍선 후만 성형술이 보편적으로 시행되고 있다. 풍선 후만 성형술은 골다공증이나 중양의 전이로 인한 병적 척추 골절의 치료로서 최소 침습적 이면서 낮아진 추체의 높이의 회복과 함께 후만을 복원하고 임상 증상을 호전 시키는데 있어서 효과적이다^{1,2,3}. 이 시술은 풍선을 이용하여 척추체의 높이를 회복 시킨 후 공간을 확보하고 거기에 골시멘트를 주입하는데 현재까지 추체 내부에 충전하는 물질은 PMMA (polymethylmethacrylate) 시멘트로 오랜 기간 인공 관절 치환술에 사용 되면서 그 효과가 입증된 물질이다. PMMA 시멘트는 가격이 싸고 사용하기에 편리하며 추체내로 주입 후 즉각적인 강도와 안정성을 획득할 수 있다. 하지만 굳는 과정에서 상당한 열이 발생하며 방출된 monomer가 세포 독성을 갖고 있고, 주의의 뼈와 골유합이 되지 않기 때문에 거의 항상 뼈와 시멘트 사이에 섬유층이 형성되며 강도가 일반 뼈보다 강해 인접한 추체의 골절을 유발할 수 있다. 이상적 PMMA 시멘트 대체물질로는 생체에 적합하고 (biocompatible) 골전도성이 있으며 시간이 지나면서 점진적으로 뼈로 대체되는 성질을 갖는 물질이어야 하며 PMMA 시멘트를 대체하는 생물학적 물질로 Calcium-Phosphate 시멘트가 풍선 성형술의 충전제로 장점이 있을 것으로 생각된다. Calcium-Phosphate 시멘트는 외상 분야에서 많이 사용되어 왔으나 척추에 시술할 시 문제는 즉각적 체중 지탱을 위한 최초의 강도가 약하고 뼈로의 대체가 매우 느리다는 점이나 여러 연구에서 Calcium-Phosphate 시멘트의 생화학적 강도나 임상적 효용성에 대해 긍정적 보고가 되고 있다^{4,5,6}. 이에 저자들은 골다공증성 척추 골절에서 Calcium-Phosphate 시멘트를 이용하여 풍선 후만 성형술을 시행 후 그 결과를 분석하였다.

연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

2005년 4월부터 2006년 8월까지 본원에서 동통성 골다공증성 추체 압박 골절로 풍선 성형술을 시행한 환자들을 대상으로 하였다. 수술은 모두 제1 저자에 의해 시행 되었으며 총 45명의 환자에서 51개의 추체를 대상으로 전례 국소 마취 하에서 시행되었다. 환자들의 평균 연령은 69.1(54~83)세 였으며 성별은 남자 8명, 여자 37명 이었다. 모든 환자들은 이중 에너지 방사선 골 밀도

측정상 T-score가 -3.0 이하로 골다공증 진단을 받은 상태였으며 2주 이상의 보존적 치료에도 반응하지 않는 골다공증성 추체 압박 골절을 가진 환자였다. 전신 동위원소 검사(whole body bone scan)가 술 전 시행 되어 현재 통증이 있는 골절 부위를 확인하는데 사용 되었으며 단순 방사선 사진상 다발성 추체 골절이 있는 환자에서는 동위원소 검사 상 음영 증가를 보이는 추체를 수술하였다. 수술 받은 추체는 부위 별로 흉추부가 3례, 요추부가 13례, 흉요추 이행부(흉추10번-요추2번)가 35례였다

2. 수술 재료 및 방법

Calcium-Phosphate 시멘트: Calcibon®은 가루와 액체의 두가지 물질로 구성되어 있으며 가루는 α -TCP (α -tri-calcium-phosphate) 61%, CaHPO_4 (calcium-hydrogen-phosphate) 26%, CaCO_3 (calcium-carbonate) 10%, pHA (precipitated hydroxyapatite) 3%,의 4가지 물질로 구성되어 있고, 액체는 aqueous Na_2HPO_4 (di-sodium-hydrogen-phosphate)로 구성되어 있다. 가루와 액체를 혼합하면 사용하기에 적합하게 죽 모양의 형태로 변화하게 되며 공기 중의 이산화탄소와 반응하여 결정화 하게 된다. 결정화 과정은 체온과 비슷한 온도에서 가장 빠르게 진행되며 1분간 혼합 하여 혼합이 끝나는 시점부터 4분 내에 주입하게 되며 주입이 끝난 시간부터 5분간 경화되어 혼합 시작부터 굳는데 까지 총 10분이 걸리며 발열 반응은 없다. Calcibon®의 압박 강도는 시험관에서의 실험상 혼합 후 6시간째에 25 MPa에 도달하여 해면골의 강도(10~30 MPa) 정도를 가지며 3일이 지나면 60 MPa에 도달하여 피질골의 강도(25~100 MPa)에 근접하게 된다

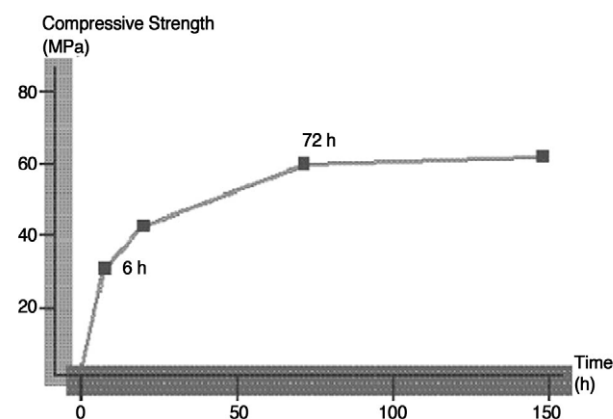


Fig. 1. Final compressive strength determined in vitro after setting, is 60 Mpa and its compressive strength 6 hours after application is 25 Mpa which is equivalent that of healthy spongy bone. Setting reaction to final strength takes 72 hours.

(Fig. 1).

수술방법: 복와위에서 국소마취 하에 영상 증폭 장치를 사용하여 골절된 추체의 양측 척추경을 통해 확장 가능한 풍선(KyphX®, Kyphon Inc.)을 삽입하고 조영제를 풍선 내부로 주입하여 풍선을 확장시켜 골절된 추체의 상부 중판을 들어 올려 골절을 정복 한 후 공간을 만들었다. 정복은 추체의 경계밖으로 나가지 않게 주의 하였고 환자의 통증이 심할 경우 더 이상 팽창시키지 않았다. 이후 풍선을 제거한 후 추체 내부의 공간에 Calcium-Phosphate 시멘트(Calcibon®)를 주입 하였다. 반죽 후 PMMA 시멘트와 달리 빨리 굳고 점성이 높아 실제 주입 실린더에 담은 후 주입 가능 시간이 아주 짧아 2~3분 이내이다. 따라서 양측 척추경을 통한 풍선 팽창 후에 냉각고 보관된 재료와 용기를 꺼내와 반죽을 시행하고 팽창된 풍선의 체적 보다 약간 많이 들어가게 양측 척추경을 통해 시멘트를 동시에 주입하는 것이 좋다. 주입 후 시멘트가 흘러나오지 않게 입구를 막고 1~2분 기다리며 PMMA와 달리 점도가 높고 빨리 굳어 압력을 가해 주입 하더라도 추체 바깥이나 척추강 내로의 누출은 별로 일어나지 않는다. 술 후 12 시간 경과 후 보행하고 퇴원하였으며 모든 환자에서 술후 추시 기간 동안 골다공증에 대한 내복약을 투여 하였다.

3. 연구 방법

모든 환자들은 술전 전-후면 및 측면 방사선 사진을 촬영 하였고 이중 에너지 방사선 골 밀도 측정과 전신 동위원소 검사를 시행하였으며 술 후 24시간에 단순 방사선 사진 및 CT 촬영을 하여 Calcibon®이 추체 내에 적절히 위치하였나를 확인하였다. 술 후 1개월에 외래에서 추시 관찰 및 단순 방사선 촬영을 하였으며 이후 3개월 마다 외래 추시 관찰 하였다. 임상 결과는 최종 추시상 시술받은 골절부위에 대하여 환자의 만족도와 함께 시상 통증 척도(visual analogue scale, VAS)를 술 전, 술 후 및 최종 추시상 측정하였는데 환자가 통증이 전혀 없을 시를 0, 심한 통증이 있을 시를 10으로 측정 하였다. 보행 가능 정도는 환자가 도움 없이 혼자 걸을 수 있는 경우, 보조기나 목발 등이 필요한 경우, 휠체어를 타고 있는 경우, 침상에 누워 있는 경우 총 4단계로 분류 하여 시술전후의 환자의 보행 상태 비교 분석하였다. 방사선 결과의 측정은 술 전, 수술 직후, 술 후 3개월 및 최종 추시상의 추체의 전후 높이를 측정 하였는데 골절된 추체와 인접 상-하 추체의 전후높이를 측정하여 인접 상-하 추체 높이의 평균에 대한 골절된 추체 높이의 비율을 측정하여 압박율(골절된 추체의 전후높이 / 인접 추체 전후높이의 평균 $\times 100$)을 술 전, 술 후 및 추시 기간에 측

정하였다. 추시 방사선 사진 상 척추체의 높이의 변화와 시멘트의 균열, 파쇄, 흡수, 이동 여부 등을 분석하였다.

결 과

1. 임상적 결과

술 전 평균 통증 치수는 8.9 였으며 수술 1개월 제 외래 추시 상 평균 통증 치수는 3.9로 호전 되었으며 술 후 3개월째 평균 3.2 술 후 6개월째 평균 2.9 최종 외래 추시 상 평균 통증 치수는 2.9를 보여 통계학적으로 유의($P<0.05$)하게 통증 정도가 감소하였으며 그 중에서도 수술 1 개월 제 통증 치수가 크게 감소함을 보였다(Fig. 2). 보행상태는 수술 전 환자가 도움 없이 혼자 걸을 수 있는 경우가 29례(69%) 보조기나 목발 등이 필요한 경우가 6례(12%) 휠체어를 타고 있는 경우가 7례(12%) 침상에 누워 있는 경우가 3례(7%)에서 최종 외래 추시 상 환자가 도움 없이 혼자 걸을 수 있는 경우가 36례(83%) 보조기나 목발 등이 필요한 경우가 7례(12%) 휠체어를 타고 있는 경우가 1례(2%) 침상에 누워 있는 경우가 1례(2%)로 통계학적으로 유의($P<0.05$)하게 보행상태가 호전되었음을 알 수 있었으며(Fig. 3) 최종 추시 상 조사된 환자 평균 만족도는 93%였다.

2. 방사선학적 결과

인접 상-하 추체 높이의 평균에 대한 골절된 추체 전방 높이의 평균은 술 전 66.8%, 풍선 후만 성형술 시술 1일 후 측정된 추체 전방 높이는 평균 82.2%, 술 후 3개월째 높이는 평균 74.5%, 최종 추시상의 전방 추체 높이는 평균 73.7%였다. 술 전과 술 후 추체 높이의 차이는 통계

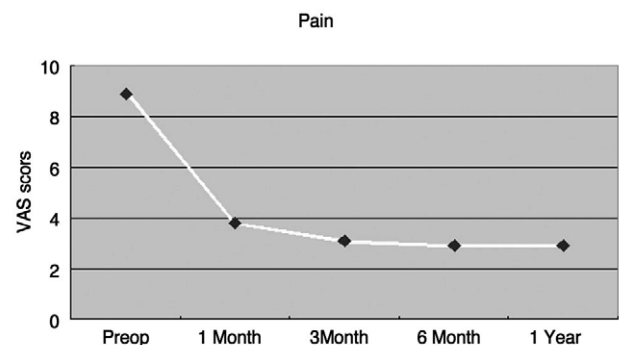


Fig. 2. Mean VAS pain scores in which 0 indicate no pain, and 10 indicates severe pain. Compared with preoperative scores, there was significant pain relief ($P<0.05$) at post-operative points.

학적으로 의미 있게($P<0.05$) 증가 하였으며 술 후와 최종 추시 사이의 추체 높이의 변화는 통계학적으로 의미 있는 결과를 보이지 않았다($P>0.05$)(Fig. 4).

추시 방사선 사진 상 척추체의 붕괴와 시멘트 균열, 파쇄, 흡수는 서로 연관되어 나타나 다음의 4가지 형태로 분류되었다(Fig. 5). 그룹1은 시멘트의 흡수 없이 척추체의 높이가 유지된 경우, 그룹2는 경도의 시멘트 균열 흡수가 있으나 척추체의 높이가 유지된 경우, 그룹3은 시멘트 균열이 뚜렷하고 중등도의 시멘트 흡수와 함께 중등도의 척추체 높이의 붕괴를 보인 경우, 그룹4는 시멘트 흡수 파쇄와 추체의 또는 척수관내로 이동과 함께 중등도 이상 척추체 높이의 붕괴를 보인 경우였으며 그룹

1이 24명(53%), 그룹2가 14명(31%), 그룹3이 3명(7%), 그룹4가 4명(9%)이었다(Fig. 6). 이차적 추체의 붕괴를 보인 전례에서 시멘트괴의 균열과 흡수를 보였으며 균열이 없는 경우나 경미한 경우 추체의 높이가 잘 유지되어 있어 시멘트괴의 균열과 시멘트의 흡수 정도와 이차적 추체 붕괴가 연관성을 감지할 수 있었다. 시멘트의 균열, 파쇄와 척추체의 붕괴를 보인 그룹 3, 4가 16%를 차지하며 이 7례의 원인을 분석해보니 풍선 후만 성형술 시행 후 외상이 1례, 술 전 불유합이 5례, 술 전 방출

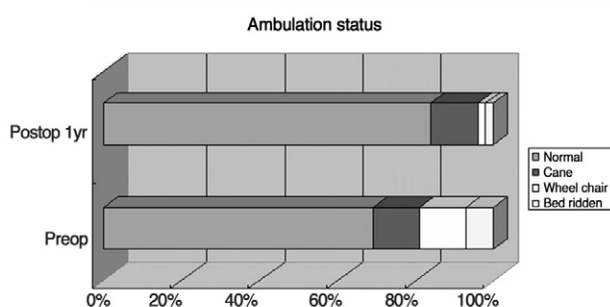


Fig. 3. Compared with preoperative result, the ability to move independently and ease of ambulation significantly improved($P<0.05$) at postoperative point.

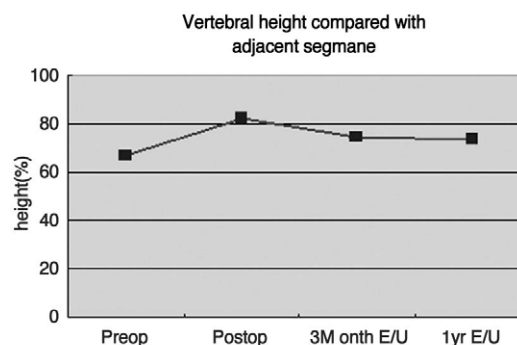


Fig. 4. Anterior vertebral body height measurement was obtained from lateral radiographs for fractured and adjacent unfractured control vertebrae. Mean vertebral height was significantly higher than preoperative ($P<0.05$) but regained height was insignificantly lost ($P>0.05$) at postoperative interval.

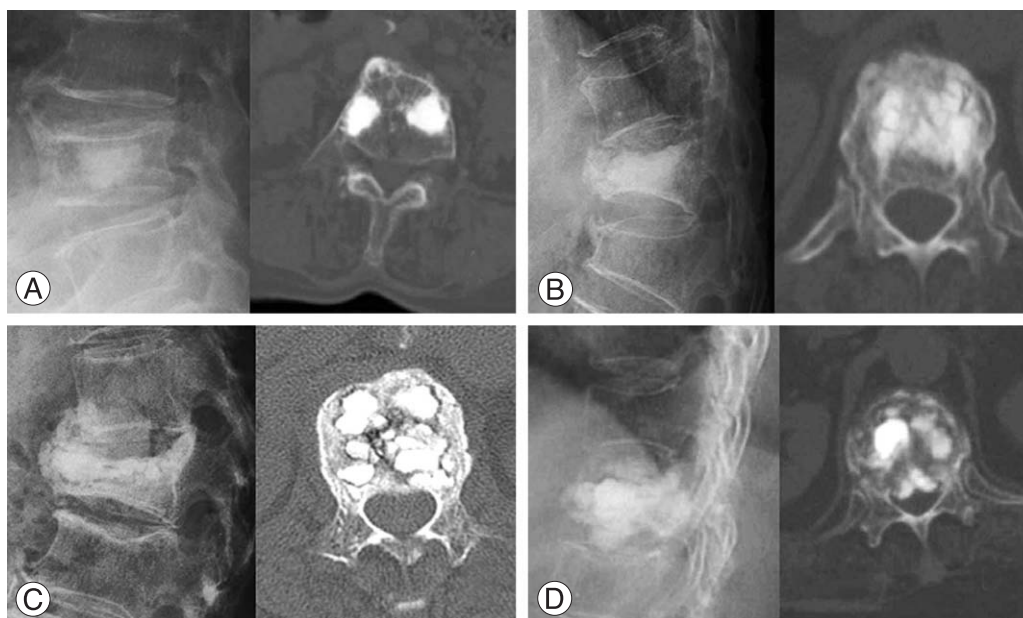


Fig. 5. According to follow-up X-ray and CT scan, the case was divided into 4 group (A) Group 1 shows maintained vertebral height with minimal resorption of cement. (B) Group 2 shows maintained vertebral height with some resorption of cement. (C) Group 3 shows cement crack resorption and moderated vertebral collapse. (D) Group 4 shows cement crack resorption, cement migration and marked collapse.

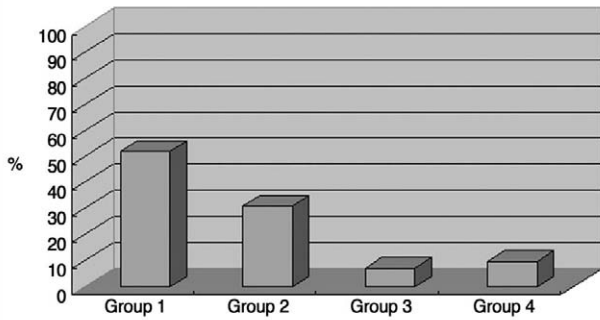


Fig. 6. (Group 1+Group 2) 38 patient(84%) showed good maintenance of vertebral height with minimal resorption of CalciBone cement

성 골절이 1례였다. 풍선 성형술 후 추시 기간 동안 인접 분절의 이차적 골절을 보인 경우는 2례로서 이중 1례는 타 병원에서 추체 성형술을 시행하였고 나머지 1례는 보존적 치료를 시행하였다. 방사선학적 결과와 임상결과와의 연관성을 살펴보면 조기 붕괴로 재수술이 필요했던 경우는 2례였으며 나머지 5례의 조기 붕괴의 경우는 시술 후 초기의 통증완화 효과는 만족스러웠고 붕괴가 일어난 추시기간 중 급성의 통증 악화는 보이지 않았다.

3. 합병증

경과 관찰 중 재수술이 필요한 경우가 3례가 있었는데 1례는 풍선 후만 성형술 시행 후 별다른 이상 없이 지내 시다가 술 후 1개월 쯤 넘어지면서 방출성 골절과 함께 시멘트의 신경관으로 유출로 인해 신경증상이 발생한 경우였고 다른 1례는 술 후 시멘트의 흡수와 점진적인 후만 변형이 진행된 례였다. 이 두 례에서 전방 감압술 및 전 후방 유합술을 시행하였고 또 다른 1례는 신경관 내측 벽의 붕괴로 인한 시멘트의 누출로 신경근 손상이 발생하여 감압술을 시행하였다. 주입 과정에서 CalciBone이 추체 전외측으로의 누출이 2례, 상방 디스크으로의 누출이 2례로 총 4례 모두 술전 추체 불유합을 보였던 환자였으며 별다른 증상을 호소하지 않아 경과 관찰 중 이다.

고 찰

풍선 성형술에 사용하는 충전제로 PMMA는 현재 표준적 치료로 사용되고 있는데 값싸고 사용하기 쉬우며 즉각적인 안정성을 제공하며 유해성에 관해 인체에 사용도 검증된 상태이다. 그러나 추체의 충전제로서의 PMMA의 가장 큰 단점은 골전도가 되지 않고 추체 내에

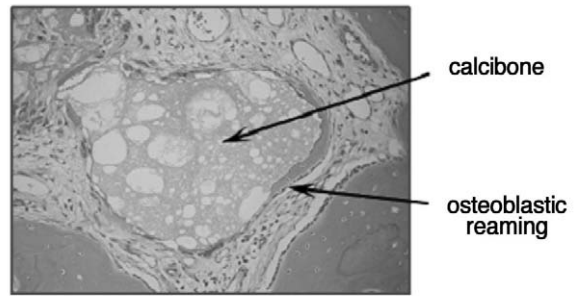


Fig. 7. Histologic finding of retrieved cement showed CalciBone particles mixed with fibrous tissue. Some osteoblastic reaming was noted suggesting osteointegration process.

이물질로 계속 남는다는 점이다. 따라서 골전도가 되면서 생물학적으로 인체내에서 분해되고 동시에 뼈로 대체되는 물질을 사용하는 것이 가장 이상적일 것이라고 생각되며 또한 이러한 물질은 주입 후 즉시 충분한 강도를 획득하여 술 후 환자를 즉시 보행 시켜도 문제가 없을 정도로 강해야만 한다. PMMA는 시험관 내 실험 상 약 50~90MPa 정도의 압박 강도를 보이며 이는 시멘트 혼합시의 점도나 방사선 대조 물질의 첨가 정도에 따라 약간씩 차이가 있을 수 있다. 사람의 건강한 해면골의 압박 강도는 30MPa이고 CalciBone®의 압박 강도는 20~60 MPa 정도 이므로⁹⁾, 30 MPa 이상의 압박 강도를 가진 Calcium-Phosphate 시멘트는 이론적으로는 골전된 추체 내에 충전제로 사용하기에 적합할 것으로 생각 된다. 만약 추체 내에 삽입되는 충전제의 압박 강도와 경도가 너무 강할 시는 인접 추체에 부하가 가중되어 인접 추체의 골절을 유발할 수 있는데^{7,8,9)}, 이것이 PMMA 시멘트를 사용할 시 대두될 수 있는 문제점이며 PMMA 보다는 약하지만 일반적인 해면골 보다는 강한 CalciBone®을 사용 시 이러한 문제점을 줄일 수 있을 것으로 예상된다. Calcium phosphate cement가 추체 내에서 충분한 강도를 유지하는가에 대한 생역학적 실험과 이후 몇 개의 임상적 보고가 있다. Bai 등⁴⁾은 생역학적 실험상 골절이 없는 골다공증성 척추체의 압박강도가 평균 527 N인데 반해 Calcium phosphate로 보강한 척추체와 PMMA로 보강한 척추체의 압박 강도의 평균이 각각 1063 N과 1036 N으로 증가하였다고 보고하였고 Tomita 등¹⁰⁾도 Calcium phosphate와 PMMA를 사용한 그룹 모두 척추체의 압박 강도를 증가시키며 이 두 그룹간 압박강도는 의미있게 차이가 나지 않는다고 하였다. 실험실에서 정상적 추체에서의 작용은 만족스럽다고 보고하고 있으나 실제 골절 상황에서의 결과는 차이가 있을 수 있다. 특히 두가지 면에서 차이를 지적할 수 있는데 첫째 실험실에서의 인위적 골절 상황과 실제 임상에서의 다양한 환경에는

차이가 있으며 두 번째로는 임상에서 실제 시멘트 주입이 기술적으로 완벽하지 않을 수도 있기 때문이다. 즉 불유합이나 방출성 골절 같이 압력하에서 주입이 어려운 경우 시멘트 강도의 차이가 있을 수 있으며 골절 부위의 움직임이 심한 경우 시멘트에 가해지는 전단력으로 인해 시멘트에 균열이 발생할 수 있다. 실제 증례에서도 불유합등 움직임이 많고 추체내 공간이 폐쇄되어 있지 않은 경우 아무래도 시멘트피의 견고성에 문제가 생길 가능성이 높아 균열과 흡수로 이어지는 결과로 나타난 것으로 생각된다. PMMA 대용으로 사용할 물질에 있어서 필요 충분 조건은 강도 뿐만이 아니며 PMMA 시멘트 처럼 다루기가 쉽고 초기 혼합 직후 액체와 비슷한 상태를 유지 할 수 있어야만 관을 통하여 추체 내로 주입 할 수 있다. 임상적으로 추체내로 주입하기 위해서는 초기 혼합 후 주입하기 전까지 다루는 과정에서는 어느 정도 충분한 시간동안 액상을 유지하고 주입 중에는 최대한 응집력을 가져야 하며 인체 내로 주입 후에는 최대한 빨리 굳어서 단단해져 안정성을 바로 확보할 수 있는 것이 중요하다. 또한 PMMA 와는 달리 Calcium-phosphate cement는 중합반응(polymerization)이 아니라 결정반응(crystallization)을 거치게 되는데¹⁰⁾, 이 결정화 반응은 사람 체온에서 상당히 빨리 일어나기 때문에 주입 시에 충분히 주입하기도 전에 굳어버려 더 이상 주입이 불가능하게 되는 경우도 있다. 따라서 Calcium-phosphate cement는 PMMA와는 시술법이 다른 면이 있다. 보통 PMMA는 혼합 후 액상 상태를 상당히 오래 유지하기 때문에 추체내로 주입 시 천천히 주입하게 되지만 Calcium-phosphate cement는 혼합이 끝난 후 주입까지 최대 3~4분의 시간밖에 없고 인체 내부에서 빨리 굳어버리므로 풍선 추체 성형술 시에는 양쪽 척추경을 통해 동시에 최대한 빨리 주입하여야만 한다. 이러한 방법을 사용할 시는 추체 외부로 cement가 새 가능성과 정맥으로의 누출로 인한 색전증의 가능성이 더 높아지므로¹²⁾, 주입 시 최초 추체 내부에서 부풀렸던 풍선의 부피보다 비슷하게나 약간 많은 정도의 양만큼 cement를 주입하는 것이 좋다. Calcibon[®]을 사용 시 저자들은 최초 혼합 후 주입 과정에서 조금이라도 더 많은 시간을 확보하기 위하여 혼합 직전까지 Calcibon[®]은 냉장 보관 하였으며 주입 관 등의 기구들도 냉장고에 같이 보관하였다. 주입 후 굳은 후 완전한 경도를 확보하는데 있어서는 Calcium-phosphate cement가 PMMA 보다 더 장시간을 요하게 되는데 주입 후 6시간이 경과 하여야만 해면골 정도의 강도인 25 MPa를 확보할 수 있기 때문에 시술 후 최소 12~24시간 동안 환자를 침상 안정 시킨 후 거동시키도록 하여야 한다. PMMA 시멘트의 또 다른 단점으로 인체 내에서 굳는 과정에서 세포독성이 있는 monomer를

방출하고 상당한 열을 방출하지만¹³⁾, Calcium-phosphate는 굳는 과정에서 열발산이 없고 독성 물질의 방출이 없다는 장점이 있다. 일부에서는 PMMA가 방출하는 열과 monomer가 골조직 내의 통증 신경을 제거하여 통증을 줄인다는 가정을 보고하였으나 현재 Calcibon[®]을 사용한 임상 결과가 이전 발표된 PMMA를 사용한 임상 결과와 거의 동일한 점으로 미루어 보아 이러한 가정에 대한 의문이 발생하며 수술 후 통증이 사라지는 것은 통증 신경에 대한 독성 효과 보다는 즉각적인 추체의 안정성 확보에 의한 것으로 보인다. Calcium-phosphate가 골로 대체되는 과정은 파골세포에 의해 흡수되면서 조골세포에 의한 신생골 형성을 유도하는 것으로 보고되었으며^{4,14,15,16,17)}, 동물 실험 결과에서 Calcium-phosphate와 골의 경계면에서 신생골이 형성되고 또한 Calcium-phosphate 내부에서도 새로이 생성된 골조직이 관찰되는 것으로 나타났다. Libichter 등⁶⁾은 개의 histomorphometry 연구에서 Calcium-phosphate cement의 거의 전 표면에서 뼈로 덮히지며 PMMA는 약 30%만 뼈로 덮힌다고 하였다. Calcibon[®]의 장점인 골전도와 골로 대체되는지의 여부에 대해서도 경계면의 CT 검사상 PMMA와 비교하여 점진적 골흡수 소견을 보이고 경계면의 Calcium-phosphate cement내에서 골세포의 점진적 증가를 보인다고 하였다. Shibata 등¹⁸⁾은 동물 실험 결과에서 Calcium-phosphate와 골의 경계면에서 신생골이 형성되고 또한 Calcium-phosphate 내부에서도 골조직이 새로이 생성되어 해면골의 강도를 증가시킨다고 보고하였다. Ikenagna 등¹⁹⁾은 토끼 대퇴골 원위부 골단판에 생긴 공동에 Calcium-phosphate cement 주입 후 16주 내에 Calcium-Phosphate 시멘트가 원래의 골과 유사한 강도의 신생골로 대체된다고 보고하였고 Knaack 등^{11,15)}은 쥐 대퇴골 골결손 부위에 Calcium-Phosphate 시멘트를 주입 후 4주째 결손부위가 해면골로 대체되는 것을 확인하였다. Calcibon[®]의 봉괴로 재수술을 요했던 환자 2명에서 제거한 추체의 조직학적 소견으로는 골조직과 Calcium-phosphate 사이에 섬유 조직의 형성과 함께 일부 Calcibon[®] 주변에 조골세포가 붙어 신생골을 형성 하고 있었다(Fig. 7). Calcibon[®] 주입 후 조직학적 표본을 얻기 까지가 상당히 단기간(2개월 및 4개월)이었기 때문에 단정짓기는 힘들지만 Calcium-phosphate cement 주위로 골형성이 일어남을 알 수 있었으며 시멘트피의 안전성이 장기간 유지된다면 Calcium-phosphate cement의 골전도와 신생골 형성이 더 이루어 질 것으로 예상된다. 현재 저자들이 외래에서 추시 관찰 한 바로는 시술 후 3개월째까지는 단순 방사선 검사상 주입된 Calcibon[®]의 주변부에 음영에 변화가 없었지만 6개월째의 단순 방사선 사진에서는 일부 환자에서 Calcibon[®]의 음영이 조금씩 열리는 것을 확인할 수 있

었다. Calcium phosphate cement주입 후 인접 추체 붕괴에 대해서는 Pflugmacher 등²⁰⁾은 2년추시상 67개의 추체에서 11개(18.3%)의 인접추체의 붕괴를 보고하였으며 그중 8개의 추체에서 풍선 추체성형술을 시행하였고 우리의 경우 1년 추시상 51개의 추체에서 2개(3.9%)에서 인접추체의 붕괴를 보여 Calcium-Phosphate cement의 장점인 적은 인접추체 붕괴율은 장기적인 추시가 필요할 것으로 사료된다.

결 론

골다공증성 추체골절 환자의 치료에서 경피적 풍선 후만 성형술을 시행함에 있어서 Calcium-Phosphate cement는 임상 양상의 호전 정도나 단순 방사선 사진 상 좋은 결과를 보여 술 후 안전하고 만족스러운 임상 결과를 기대할 수 있는 치료법으로 사료된다. 척추체 불유합으로 시행한 경우에 시멘트의 조기 흡수 및 추체의 붕괴의 빈도가 높아 사용에 주의가 필요하며 Calcium-Phosphate cement만의 장점인 빠로 대치되는가에 관하여서는 좀 더 장기간의 추시가 필요한 것으로 사료된다.

참고문헌

- 1) Fourney DR, Schomer DF, Nader R, et al: Percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty for painful vertebral body fractures in cancer patients. *J Neurosurg.* 2003; 98: 21-30.
- 2) Garfin SR, Yuan HA, Reiley MA: New technologies in spine: Kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures. *Spine* 2001; 1511-1515.
- 3) 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.
- 4) Bai B, Jazrawi LM, Kummer FJ, Spivak JM: The use of an injectable, biodegradable calcium phosphate bone substitute for the prophylactic augmentation of osteoporotic vertebrae and the management of vertebral compression fractures. *Spine* 1999; 24: 1521-1526.
- 5) Ikeuchi M, Yamamoto H, Shibata, T, Otani M: Mechanical augmentation of the vertebral body by calcium phosphate cement injection. *J Orthop Sci* 2001; 6: 39-45.
- 6) Libicher M, Hillmeier J, Liegibel U, et al: Osseous integration of calcium phosphate in osteoporotic vertebral fractures after kyphoplasty: initial results from a clinical and experimental pilot study. *Osteoporos Int* 2006; 17(8): 1208-1215.
- 7) 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: 1410-1414.
- 8) Heini PF, Berlemann U: Bone substitutes in vertebroplasty. *Eur Spine J* 2001; 10 (Suppl 2): S205-S213.
- 9) Mathis JM, Barr JD, Belkoff SM, Barr MS, Jensen ME, Deramond H: Percutaneous vertebroplasty: A developing standard of care for vertebral compression fractures. *AJNR Am J Neuroradiol* 2001; 22: 373-381.
- 10) Tomita S, Kin A, Yazu M, Abe M: Biomechanical evaluation of kyphoplasty and vertebroplasty with calcium phosphate cement in a simulated osteoporotic compression fracture. *J Orthop Sci* 2003; 8(2): 192-197.
- 11) Knaack D, Goad EB, Aioloa M, et al: Novel fully resorbable calcium phosphate bone substitute. *J Bone Miner Res* 1997; 12: S202.
- 12) 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: 241-247.
- 13) Deramond H, Wright NT, Belkoff SM: Temperature elevation caused by bone cement polymerization during vertebroplasty. *Bone* 1999; 25: 17S-21S.
- 14) Dujovny M, Aviles A, Agner C: An innovative approach for cranioplasty using hydroxyapatite cement. *Surg Neurol* 1997; 48: 294-297.
- 15) Knaack D, Goad EB, Aioloa M, et al: Resorbable calcium phosphate bone substitute. *J Biomed Mater Res* 1998; 43: 399-409.
- 16) Kurashina K, Kurita H, Hirano M, de Blicck J, Klein C, de Groot K: Calcium phosphate cement: in vitro and in vivo studies of the α -tricalcium phosphate-dicalcium phosphate dibasic tetracalcium phosphate monoxide system. *J Mater Sci Mater Med* 1995; 6: 340-347.
- 17) Ooms EM, Wolke JG, van der Waerden JP, Jansen JA: Trabecular bone response to injectable calcium phosphate I(Ca-P) cement. *J Biomed Mater Res* 2002; 61(1): 9-18.
- 18) Shibata T, Yamamoto H, Iai H, et al: A biomechanical strengthening of the vertebra with osteoporosis using

- hydroxyapatite cement injection. *J Jpn Spine Res Soc* 1995; 6: 61-69.
- 19) **Ikenaga M, Hardouin P, Lemaitre J, Andrianjatovo H, Flautre B:** Biomechanical characterization of a biodegradable calcium phosphate hydraulic cement: A comparison with porous biphasic calcium phosphate ceramics. *J Biomed Mater Res* 1998; 40: 139-144.
- 20) **Pflugmacher R, Schroeder RJ, Klostermann CK:** Incidence of adjacent vertebral fractures in patients treated with balloon kyphoplasty: two years' prospective follow-up. *Acta Radiol.* 2006; 47(8): 830-840.

국문초록

연구계획: 후향적 연구

연구목적: Calcium-Phosphate cement를 사용한 경피적 풍선 후만 성형술을 시행 후 방사선학적 분석 및 임상적 결과를 통해서 Calcium-Phosphate cement의 효용성에 대해 알아 보고자 하였다.

대상 및 방법: 2005년 4월부터 2006년 8월까지 본원에서 골다공증성 동통성 추체 골절로 진단받고 경피적 풍선 성형술을 시행한 후 1년 이상 추시가 가능하였던 45명의 환자들을 대상으로 하였다. 임상적 평가는 환자의 만족도와 함께 시술 전후의 시상 통증 척도(visual analogue scale, VAS)의 변화, 시술전후의 환자의 보행 상태 비교 분석하였다. 방사선학적 평가는 술 전, 수술 직후, 술 후 3개월 및 최종 추시상의 추체의 전후 높이를 측정 하였고 또한 추시 1년째 방사선 사진상 흡수 된 시멘트의 양, 시멘트 누출여부등을 분석하였다.

결과: 풍선 성형술을 시행한 환자에서의 VAS score를 이용하여 비교한 통증 수치는 시술 전 8.9점에서 시술 후 2.9점으로 향상을 보였고 보행 상태의 호전과 함께 환자의 만족도는 93%였다. 추체 전방 높이의 평균은 술전 66.8%, 술 후 1일 평균 82.2%,으로 술 전과 술 후 추체 높이의 차이는 통계학적으로 의미 있게($P<0.05$) 증가 하였다. 또한 추시 1년째 방사선 사진 상 시멘트의 상태와 추체 붕괴여부에 따라 4개의 그룹으로 나눌 수 있었는데 결과를 비교 분석 시 그룹3(7%)과 그룹4(9%)의 7명의 환자(16%)에서 시멘트의 뚜렷한 흡수와 척추체의 붕괴를 보였고 그중에서 그룹4 중 2례와 trocar삽입경로를 통한 시멘트 누출로 인한 신경근 손상 1례에서 관혈적 수술이 필요하였다.

결론: 골다공증성 추체 골절 환자의 치료에서 Calcium-Phosphate cement는 술 후 안전하고 만족스러운 임상 결과를 기대할 수 있는 치료법으로 사료된다. 시술상 PMMA보다 빨리 굳으므로 술기의 숙지가 필요하고 문제점으로는 척추체 불유합이 있었던 예에서 시멘트및 척추체의 조기붕괴의 빈도가 높으므로 Calcium-Phosphate cement의 사용에 있어서 신중하여야 한다.

색인단어: 골다공증성 추체 골절, Calcium-Phosphate cement, 경피적 풍선 후만 성형술.

※ 통신저자 : 김 응 하

경기도 부천시 원미구 중동 1174

순천향대학교 부천병원 정형외과

Tel: 82-32-621-5259 Fax: 832-324-9577 E-mail: eungha@unitel.co.kr