

Journal of Korean Society of Spine Surgery



Lower-Pressure Percutaneous Vertebroplasty Using Larger-Diameter Bone-Cement Fillers

Dong Ki Ahn, M.D., Song Lee, M.D., Dae Jung Choi, M.D., Hoon Seok Park, M.D.,
Kwan Soo Kim, M.D., Tae Hwan Chun, M.D.

J Korean Soc Spine Surg 2010 Sep;17(3):127-138.

Originally published online September 30, 2010;

doi: 10.4184/jkss.2010.17.3.127

Korean Society of Spine Surgery

Department of Orthopaedic Surgery, Ewha Womans University College of Medicine

#911-1 Mok-dong, Yangcheon-gu, Seoul, 158-710, Korea Tel: 82-2-2646-6808 Fax: 82-2-2646-6804

©Copyright 2010 Korean Society of Spine Surgery

pISSN 2093-4378 eISSN 2093-4386

The online version of this article, along with updated information and services, is
located on the World Wide Web at:

<http://www.krspine.org/DOIx.php?id=10.4184/jkss.2010.17.3.127>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Lower-Pressure Percutaneous Vertebroplasty Using Larger-Diameter Bone-Cement Fillers

Dong Ki Ahn, M.D., Song Lee, M.D., Dae Jung Choi, M.D., Hoon Seok Park, M.D., Kwan Soo Kim, M.D., Tae Hwan Chun, M.D.
Department of Orthopedic Surgery, Seoul Sacred Heart General Hospital, Seoul, Korea

Study Design: This is a retrospective, case-controlled study

Objective: We wanted to evaluate the efficacy of lower-pressure percutaneous vertebroplasty (LP-PVP) using larger-diameter cement fillers for treating osteoporotic vertebral compression fracture (VCF).

Summary of the Literature Review: Despite the popularity of conventional PVP(C-PVP), critical complications associated with cement leakage have been widely reported due to the inadequate viscosity of flabby cement.

Materials and Methods: With excluding Kummell's disease, 23 VCF's were treated with LP-PVP using 2.8mm-diameter cement fillers, 51 VCF's were treated with kyphoplasty(KP) using the same size of cement fillers and 19 VCF's were treated with C-PVP using 1.4mm-diameter biopsy needles. The clinical and radiographic results along with the complications were investigated for more than one year.

Results: The visual analogue scale (VAS) was improved in all the groups. The infused cement volume was 5.9±1.6ml for the LP-PVP, 5.9±1.9ml for the KP and 3.5±1.0ml for the C-PVP (p=0.000). The collapsed vertebral height was restored by 10.8±10.3%, 13.0±12.7% and 4.7±7.6%, respectively, in each group (p=0.000) with a reduction loss of 2.1±1.8%, 1.1±1.4% and 5.9±4.2%, respectively, in each group (p=0.000) at follow-up. There was a reduction of the vertebral kyphotic angle by 3.0±4.0°, 3.7±4.4° and 4.2±4.4°, respectively, in each group (p=0.528) with reduction loss of 1.0±0.9°, 0.1±1.7° and 3.5±2.8°, respectively, in each group (p=0.000). There was a reduction of the regional Cobb's angle by 4.3±2.6°, 3.1±4.7° and 2.9±3.8°, respectively, in each group (p=0.184) with a reduction loss of 3.6±4.5°, 0.1±1.5° and 1.0±4.1°, respectively, in each group (p=0.000). Extravasation of cement was noticed in 6 cases (26.1%) of LP-PVP, in 14 cases (27.5%) of KP and 4 cases (26.1%) of C-PVP (p=0.689). No cases of additional VCF happened for the LP-PVP, eight cases of additional VCF happened (15.7%) for the KP and one case of additional VCF happened (5.3%) for the C-PVP (p=0.030).

Conclusion: The LP-PVP showed clinically and radiologically results that were similar to those of KP with a higher amount of infused cement volume compared to that of C-PVP. LP-PVP is thought to be effective for the clinical and radiographic aspects and to have fewer complications for the treatment of osteoporotic VCF.

Key words: Osteoporotic vertebral compression fracture, Lower-pressure percutaneous vertebroplasty

서론

경피적 척추 성형술은 골다공증성 척추 압박골절의 치료로서 통증의 즉각적인 소실과 조기 보행을 가능하게 하여 고령의 환자에서 장기간 침상안정으로 인한 합병증을 예방할 수 있는 획기적인 치료 방법임에 의심할 여지가 없다.¹⁻³⁾ 그러나 골시멘트 누출과 관련하여 드물지만 심각한 합병증이 보고되고 있다. 골시멘트는 중합반응이 진행하면서 비교적 짧은 시간 내에 일정한 점도 이상으로 경화되므로 고식적인 경피적 척추 성형술시 사용되는 출구 내경 1.4mm 생검침을 통하여 골시멘트를 주입하려면 점도가 상당히 낮은 상태에서 주입을 하여야 하며 투입 가능한 시간 또한 상당히 제한되어 있다. 점도가 조금만 증가하여도 주입시에 과도한 압력을 주어야 하며 때로는 충분한 량의 골시멘트가 주입되기 전에 주입이 중단되기도 한다. 또한 고식적

Received: February 12, 2009

Revised: July 8, 2010

Accepted: August 24, 2010

Published Online: September 30, 2010

Corresponding author: Dae Jung Choi, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Seoul Sacred Heart General Hospital
40-12 Chungryangri-dong, Dongdaemoon-gu, Seoul, Korea

TEL: 82-2-966-1616, **FAX:** 82-2-968-2394

E-mail: niceosu@freechal.com

"This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited."

인 경피적 척추 성형술시 주입 가능한 골시멘트의 점도는 추체내 환경을 고려하면 상대적으로 적절하지 못한 정도의 무른 점도 수준으로 주입 후 척추관내, 신경공내 누출 또는 심혈관계로 색전이 발생하여 환자에게 치명적인 결과를 초래할 수 있다.^{4,5)}

이러한 위험성을 극복하고 붕괴 척추의 변형 회복 정도를 개선하기 위하여 풍선 척추 성형술이 개발되었으나 붕괴 추체의 변형 회복 정도는 제한적인 것으로 보고되었다.^{6,7)} 결국 풍선 척추 성형술의 가장 중요한 장점은 비교적 적절한 점도 상태의 골시멘트를 낮은 압력으로 주입할 수 있어 골절부를 통한 골시멘트 누출과 심혈관계로의 색전 발생 등의 심각한 합병증의 발생을 낮출 수 있는 것으로 요약될 수 있을 것이다.^{8,9)} 그런데 최근 풍선 척추 성형술의 경우는 경피적 척추 성형술보다 높은 의료비로 인하여 결국 의료 보험의 보장 부분에서 많은 적응증이 제외될 수밖에 없는 시점에 도달하였다.

고식적인 경피적 척추 성형술과 저압력 경피적 척추 성형술은 풍선 확장을 통한 골절 추체의 변형 정복 과정이 없다. 풍선 확장이 변형 정복에 유효한 과정이라면 두 군의 술후 방사선적 정복의 결과는 풍선 척추 성형술과 유의한 차이를 보일 것으로 생각된다. 고식적인 경피적 척추 성형술은 내경 1.4mm의 생검침을 통하여 골시멘트가 주입되며, 저압력 경피적 척추 성형술과 풍선 척추 성형술은 내경 2.8mm의 골시멘트 충전관을 사용하여 주입된다. 골시멘트가 통과해야 하는 관의 직경이 증가함으로써 점도가 높은 골시멘트를 주입할 수 있다는 것이 임상적으로도 유효하다면 저압력 경피적 척추 성형술과 풍선 척추 성형술의 경우에는 고식적인 경피적 척추 성형술에서보다 골시멘트 누출의 빈도가 유의하게 적을 것으로 생각된다.

저자들은 풍선을 사용하여 추체를 정복하지 않고서도 풍선 척추 성형술시 사용되는 내경 2.8mm 골시멘트 충전관을 이용하여 적절한 점도에 도달한 골시멘트를 추체에 주입하는 저압력 경피적 척추 성형술을 시행하였으며, 이 술식의 임상적, 방사선학적 결과를 고식적인 경피적 척추 성형술 및 풍선 척추 성형술의 결과와 비교하여 시술의 유효성을 알아보려고 하였다.

연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

2005년 9월부터 2008년 10월까지 골다공증성 척추 압박골절로 단일 분절에 척추 성형술을 시행 받고 1년 이상 추시가 가능했던 환자를 대상으로 하였다. 모든 환자에서 자기공명영상 검사를 시행하였으며 이 중 병적 골절 환자는 연구 대상에서 제외하였다. 골다공증성 척추 압박골절 후 불유합 소견을 보이는 Kummell씨 병의 경우는 전신 마취 하에 풍선 척추 성형술만을

주로 시행하였고 고식적 또는 저압력 경피적 척추 성형술을 시행한 예가 드물었고, 해당 추체의 골절 양상이 시술에 의한 변형 회복의 정도의 효과를 판단하는데 편의 오류(bias error)로 작용할 것으로 판단하여 연구 대상에서 제외하였다.

저압력 경피적 척추 성형술(lower-pressure percutaneous vertebroplasty; LP-PVP군)은 25명 중 23명, 풍선 척추 성형술(balloon kyphoplasty; KP군)은 92명 중 51명, 그리고 고식적인 경피적 척추 성형술(conventional percutaneous vertebroplasty; C-PVP군)은 27명 중 19명이 연구 대상에 포함되었다.

2. 수술 방법

저압력 경피적 척추 성형술은 환자가 복와위 자세를 취함으로 골절 추체의 부분 정복을 피하였다. C-형 방사선 투시기를 사용하여 전후 및 측면에서 수술 부위를 확인하면서 피부와 척추 후방 관절 주위에 국소 마취를 한 후 후관침을 척추경을 통하여 삽입 후 유도관으로 교체하였다.

골시멘트는 Exolent Spine(Elmdown LTD, London, England)을 사용하였다. 골시멘트 단위체(monomer)와 중합체(polymer)를 초당 2회 정도의 속도로 설압자를 회전시켜 약 2분 정도 혼합한 후 12ml 누출 방지용 주사기(Luer-lock syringe)에 옮겨 담은 뒤 풍선 척추 성형술시 사용되는 것과 동일한 내경 2.8mm, 길이 215mm, 가용 용적 2ml의 골시멘트 충전관 6개를 충전하였다.

골시멘트가 주입에 적절한 점도까지 도달하였는지 여부는 두 가지 방법으로 판단하였다. 골시멘트가 남아있는 주사기를 술자가 악력(hand-pressure)으로 눌러서 골시멘트를 중력방향으로 떨어뜨려 보았을 때, 끊어지거나 중간부위가 가늘어져 잘록해지지(short-snapping) 않고서 20~30cm 정도 길이까지 유지할 수 있는 점도가 되면 주입을 시작하였다. 또한 C-형 방사선 투시기 상 골시멘트가 주입 즉시 분산되지 않고 약 1cm 정도 충전관 내부의 원기둥 모양을 유지하며 배출되다가 타원형의 괴를 형성하는 양상을 관찰할 수 있으면 적절한 점도로 판단하였다. 주입 개시 시 주입 속도 보다 더 빠르게 골시멘트가 추체내 정맥동을 따라 주행(running)하는 양상으로 전후방 또는 상하방으로 분산되거나, 타원형의 괴(mass)를 형성하지 않고 전방 피질 골절부 또는 종판 골절부로 주행하는 양상을 보이면 충전관 내부의 골시멘트 점도가 추체내 환경에 비하여 괴를 형성하기 보다는 주행 경향이 더 많은 것으로, 주입에 적절한 점도에 이르지 못한 것으로 판단하였다. 이 때는 골시멘트 누출의 위험성이 높을 것으로 판단하여 주입을 지체한 후 C-형 방사선 투시기로 관찰하면서 골시멘트 주입 시기를 재결정하였다.

골시멘트 주입량은 해당 추체당 대체로 6~10ml 주입이 이루어 지는데 C-형 방사선 투시기 상 점도를 면밀히 관찰하면서 양측 척추경을 통하여 각각 2~3개의 충전관의 골시멘트를 주입을

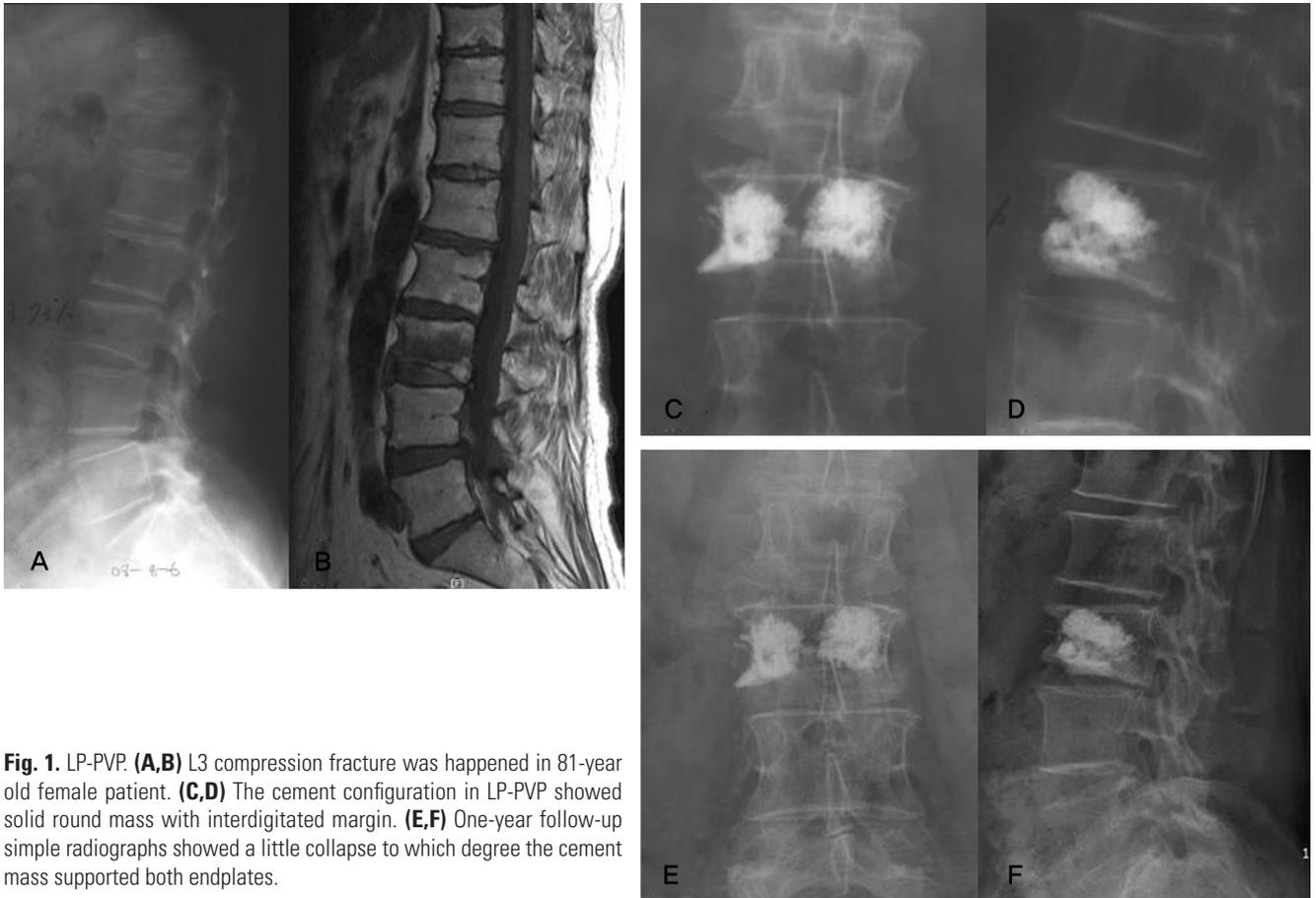


Fig. 1. LP-PVP. (A,B) L3 compression fracture was happened in 81-year old female patient. (C,D) The cement configuration in LP-PVP showed solid round mass with interdigitated margin. (E,F) One-year follow-up simple radiographs showed a little collapse to which degree the cement mass supported both endplates.

하려면 약 2~3분 이상의 시간이 소요된다. 양측 척추경의 각 3번째 충전관을 사용시에는 번번히 점도가 너무 증가하여 주입봉에 과도한 압력을 가하게 되거나, 이를 염두하여 서둘러 골시멘트 주입 개시를 하게되면 첫 개시 충전관의 골시멘트 점도가 적절하지 못하여 적은 용량이 주입된 상태에서도 골시멘트는 추체의 누출이 발생하게 된다. 따라서 저자들은 양쪽의 첫 충전관 골시멘트를 주입 시 나머지 4개의 골시멘트 충전관을 차가운 생리 식염수에 담가놓고 사용하는 방법으로 충전관의 골시멘트의 점도 상승을 늦추어 최대한 작업시간을 확보하였다. 차가운 생리 식염수는 수술실 냉장고에서 6시간 이상 보관된 것으로 사용시 약 15°C 정도의 온도가 측정되었다.

풍선 척추 성형술시는 풍선 확장 과정을 통하여 골절 추체의 변형 교정을 시도한 후, 풍선을 제거한 뒤 동일한 골시멘트 충전기를 사용하여 골시멘트를 주입하였다. 그러나 차가운 생리 식염수에 골시멘트 충전관을 담가 놓고 사용하는 방법은 저압력 경피적 척추 성형술 시에서만 사용이 되었다.

고식적인 경피적 척추 성형술시는 골시멘트를 누출 방지용 주사기에 담은 뒤 내경 1.4mm의 생검침에 직접 연결하여 주입하였다. 주사기와 생검침을 사용할 경우는 주입 가능한 시간 간격이 비교적 짧아서 비교적 골시멘트의 점도가 낮은 상태에서 주

입이 개시되었다. 주입시 피질골 골절부를 통한 추체외나 추간판내 누출 또는 혈관내 누출의 소견이 관찰되면 즉시 주입을 멈추었다.

수술 직후 3시간이 지나서 보행을 시작하였으며, 술후 약 3개월까지 고위 흉요추추 보조기를 착용하고 바닥에 책상다리로 앉는 좌식 생활 습관을 금하고 의자 및 침상을 사용하는 것을 교육하였으며 골다공증 경구 치료제를 처방하였다.

수술 술기의 선택은 임상적, 방사선적 기준에 의하지 않고 술기가 도입되어 시행된 시점에 따라 결정되었다. 수술을 시행한 시기는 2005년 9월부터 2007년 8월까지의 주로 고식적인 경피적 척추 성형술이 시행되었다. 고식적인 경피적 척추 성형술의 경우 골시멘트의 주입량이 기대에 미치지 못하고 누출의 빈도가 많다고 판단하여, 이후 2008년 6월까지의 주로 풍선 척추 성형술이 시행되었다. 그러나 풍선 척추 성형술의 척추 후만 추체 변형의 회복 능력이 만족할 만하지 않다는 보고가 점차 많아진 것을 고려하고 의료비가 상승하는 점을 고려하여, 이후로는 주로 저압력 경피적 척추 성형술을 시행하였다. 서로 다른 두 술식이 동시에 진행되던 시기에 술식의 선택은 무작위로 결정되어 시행되었다.



Fig. 2. KP. (A,B) L1 compression fracture was happened in 81-year old female patient. (C,D) The cement configuration in KP showed solid bead-like mass without interdigitation. Inadequately lower-viscous cement injection caused extravasation despite of vacant space made by ballooning. (E,F) Even though collapse of the augmented vertebra, sufficient amount of cement could support both endplates.

3. 연구 방법

임상적 만족도는 골절 부위 병변과 관련한 요통에 대하여 Visual Analogue Scale(VAS) 점수로 확인하였다. 시술 전 모든 환자에서 자기공명영상 검사를 시행하여 병적 골절 유무를 확인하였으며, 술전, 술후, 술후 1개월, 3개월, 6개월, 12개월 시점에서 단순 방사선 검사를 시행하였다. VAS 점수와 방사선적 결과는 술전, 술후 및 시술 후 비교적 동일한 시점의 결과를 비교하기 위하여 술후 약 1년 시점에서의 결과를 비교하였다.

해당 추체의 변형 및 정복에 대한 평가는 수술 전, 후의 측면 단순 방사선 사진에서 붕괴 추체 높이 비율, 추체 후만각, 국소 분절 시상 후만각 회복 정도를 측정하였다. 붕괴 추체 높이 비율은 해당 추체 전연 높이를 해당 추체 상하의 정상 추체 전연의 평균값으로 나누어 측정하였다. 인접 분절이 이미 골다공증성 추체 압박 골절로 인하여 인접 추체의 전연 높이가 변경된 경우에는 해당 추체의 후연 높이로 전연의 높이를 나누어 측정하였다(전체 연구대상 93예 중 5예). 추체 중심 부위가 추체 전연보다 높이가 낮은 경우에도 추체 전연 높이를 기준으로 하여 붕괴 추체 높이 비율을 측정하였다. 추체 후만각은 해당 추체의 상하 연이 이루는 예각을 측정하였다. 국소분절 시상 후만각은 해당

추체의 상위 추체 상연과 하위 추체 하연이 이루는 예각을 측정 하였으나 동일한 붕괴 추체 높이 비율에서도 흉추부 후만각과 요추부 전만 등 골절부의 위치에 따라 국소분절 시상 후만각은 각도가 달라지므로 시술 전과 후 각각의 상태를 평가하지 않고 술 전, 술후의 차이값으로 국소분절 시상 후만각 회복 정도를 백분율로 측정하여 분석하였다. 추체 골절의 유합과정 중 해당 추체의 추가적인 함몰이 조금씩 진행 할 수 있으므로 고려하여 골절 유합 및 재형성이 충분히 이루어졌다고 판단되는 술후 약 1년 시점에서의 결과를 추시 상 결과에 포함하고, 시술 직후 결과와 비교하여 해당 추체의 정복 소실 정도를 측정하였다. LP-PVP군과 KP군의 경우는 보존적 치료 기간을 최소한 2~3주 이상 시행 하였으므로 통증이 초기 수상시 보다 비교적 경감한 상태에서 시술 전 선 자세에서의 측면 단순 방사선 검사가 용이하였으나, C-PVP군은 수상 직후 수일 이내 시술이 시행되어 술전 전 자세에서의 측면 단순 방사선 검사를 시행하지 않은 경우가 많았다. 따라서 해당 추체의 변형 및 술후 정복, 추시시 정복 소실에 대한 평가는 세 군 모두 누워있는 자세에서 검사된 측면 단순 방사선 검사 결과를 비교하였다.

골시멘트 누출은 단순 방사선 전후 및 측면 영상에서 피질골

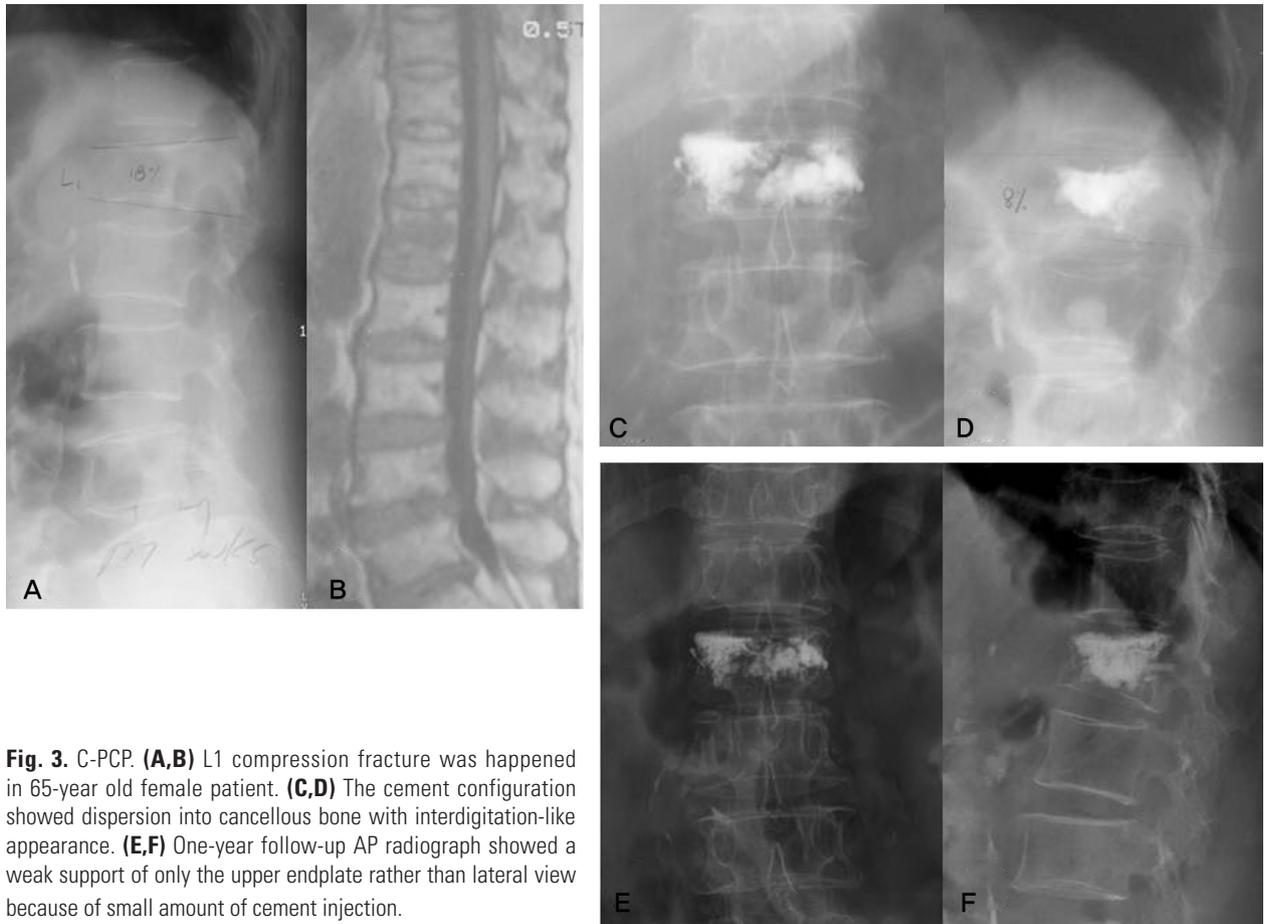


Fig. 3. C-PCP. (A,B) L1 compression fracture was happened in 65-year old female patient. (C,D) The cement configuration showed dispersion into cancellous bone with interdigitation-like appearance. (E,F) One-year follow-up AP radiograph showed a weak support of only the upper endplate rather than lateral view because of small amount of cement injection.

이나 종판을 넘어서 추체외에서 골시멘트가 관찰되면 누출로 판단하였다. 술후 환자가 극심한 동통이나 신경학적 증상을 보이고 단순 방사선 검사 측면상에서 추체내 골시멘트가 추체 후방 4분의 1 위치나 척추경 위치에 골시멘트가 관찰되는 경우는 척추관내 골시멘트 누출을 확인하기 위하여 컴퓨터 단층 촬영 검사를 시행하였다.

추가적인 인접 척추체 압박골절이 발생하였을 경우 수술 부위와의 근위, 원위 인접 여부에 상관없이 모두 인접 척추체 압박골절로 판단하였다. 인접 척추체의 압박골절은 최종 추시 시까지 발생한 것을 모두 포함하였다. 인접 척추체 압박골절이 술후 1년 이내 해당 척추체 상하 근위에 발생한 경우(3예)에는 국소분절 시상 후만각 회복 정도에 영향을 주므로 추가적인 골절이 발생하기 직전의 결과를 최종 추시 시 결과로 하였으며 상하 척추체보다 원위에서 발생한 경우(3예)는 다른 예들과 동일한 방법으로 조사하였다.

골다공증 정도는 전신 DXA(Dual X-ray absorptionmetry)로 측정하여 골절 추체를 제외한 척추 골밀도 평균 수치를 사용하였다. 환자의 골밀도에 영향을 줄 수 있다고 판단되는 성별, 흡연, 당뇨, 갑상선 질환의 기왕력에 대한 조사는 의무 기록지를

참조하여 조사하였다.

4. 통계적 분석

spss v13.0 프로그램을 이용하여 분석을 하였다. LP-PVP군과 C-PVP군의 표본수가 비교적 적고 정규분포를 가정할 수 없어서 비모수 검정을 시행하였다. 각 군간 나이와 골밀도, VAS 점수와 방사선학적 결과의 비교는 Kruskal Wallis test로 하였다. 각 군에서 추가적인 인접 척추체 압박골절의 발생 및 추체외, 추간판내 또는 혈관내 골시멘트 누출 발생의 빈도 비교는 교차 분석하여 우도비(likelihood ratio)로 평가하였다. 주입된 골시멘트량을 6ml이하와 초과로 층화 표집하여 골시멘트 주입량과 골시멘트 누출의 빈도 및 인접 척추체 압박골절의 호발 여부를 교차 분석을 시행하여 알아 보았다.

결과

전체 연구 대상의 압박 골절 부위는 제 1요추 36예(38.7%), 제 12흉추 20예(21.5%), 제 2요추 11예(11.8%), 제 3요추 9예(9.7%), 제 11흉추 6예(6.5%) 등 순으로 흉요추 만곡 이행 부위

에서 호발하였다. 연구 대상 환자는 총 93명(남자 9명, 여자 84명)으로 평균 나이는 70.5세(51세~88세)였다. 골밀도는 T-점수로 평균 -3.27 ± 1.13 이었으며 대상 환자의 73.1%에서 T-점수 -2.50 이하의 골밀도를 나타내었다. 각군의 골밀도는 LP-PVP군은 -3.04 ± 1.14 , KP군은 -3.14 ± 1.09 , C-PVP군은 -3.27 ± 1.12 로 C-PVP군에 유의하게 낮았다($p=0.018$). 당뇨의 기왕력이 있는 환자는 LP-PVP군은 4명, KP군은 9명, C-PVP군은 1명 이었다($p=0.337$). 갑상선 질환 병력을 가진 환자는 없었으며 흡연을 KP군에서만 1명 있었다. 수상 당시 스테로이드 약제를 복용 중이던 환자는 각 군당 1명씩 있었다($p=0.741$).

LP-PVP군 23명(여자 23명)의 평균 나이는 68.5 ± 5.9 세로 수술 후 추시 기간은 19.0 ± 1.0 개월이었으며, KP군 51명(남자 9명, 여자 42명)은 70.2 ± 7.2 세, 14.9 ± 1.9 개월이었고 C-PVP군 19명(여자 19명)은 73.6 ± 7.3 세, 16.9 ± 5.6 개월이었다. 임상적 결과는 VAS 점수로 LP-PVP군은 술전 7.4 ± 0.9 점에서 술후 2.8 ± 0.9 점으로 호전되었고($p=0.000$), 추시 시 2.3 ± 0.8 점 이었다. KP군은 술전 6.9 ± 1.3 점에서 술후 2.3 ± 0.9 점으로 호전되었고($p=0.000$), 추시 시 2.0 ± 0.8 점이었다. C-PVP군은 술전 7.0 ± 1.1 점에서 술후 2.3 ± 1.0 점으로 호전되었으며($p=0.000$), 추시 시 2.4 ± 0.8 점이었다. 각 군간 시술 전후의 임상적 개선 정도($p=0.993$) 및 추시 시 임상적 결과($p=0.081$)는 세 군간 유사하였다.

양측 척추경을 통하여 주입된 골시멘트 량은 LP-PVP군은 5.9 ± 1.6 ml($3.2 \sim 8.6$ ml), KP군은 5.9 ± 1.9 ml($4.0 \sim 12$ ml), C-PVP군은 3.5 ± 1.0 ml($1.8 \sim 6.0$ ml)였다($p=0.000$). LP-PVP군과 KP군에서 주입된 골시멘트 량은 모든 예에서 최소 3.2 ml 이상 주입되었으며 양측 척추경을 통하여 좌우 각각 비슷한 정도로 주입

이 되었다. 두 군간 주입된 골시멘트 량에는 유의한 차이가 없었다($p=0.759$). 일측 척추경을 통하여 2 ml 미만으로 주입되었던 경우를 각군에서 살펴보면 LP-PVP군은 46개 척추경 중 10개(21.7%), KP군은 102개 척추경 중 4개(3.9%), C-PVP군은 38개 척추경 중 17개(44.7%)였다($p=0.000$). 일측 척추경을 통하여 3 ml 이상 주입된 경우는 LP-PVP군은 32개(69.6%), KP군은 60개(58.5%), CPCP군은 3개(7.9%)였다($p=0.000$).

방사선학적 결과로서 붕괴 추체 높이는 LP-PVP군, KP군 그리고 C-PVP군에서 각각 술전, $69.5 \pm 15.4\%$, $71.1 \pm 13.2\%$, $79.5 \pm 17.8\%$ 에서 술후, $80.3 \pm 11.8\%$, $84.1 \pm 9.2\%$, $84.2 \pm 14.4\%$ 로 회복되었다가, 추시 시 $78.2 \pm 10.8\%$, $83.7 \pm 9.0\%$, $78.3 \pm 13.9\%$ 로 정복 소실을 보였다. 추체 후만각은 각 군에서 술전, $12.0 \pm 6.2^\circ$, $11.1 \pm 6.6^\circ$, $12.0 \pm 6.9^\circ$ 에서 술후, $9.1 \pm 5.2^\circ$, $7.4 \pm 5.1^\circ$, $7.8 \pm 6.6^\circ$ 로 회복되었다가, 추시 시 $10.1 \pm 4.9^\circ$, $7.3 \pm 4.4^\circ$, $11.3 \pm 6.1^\circ$ 로 정복 소실을 보였다. 국소분절 시상 후만각의 정복 정도는 각 군에서 수술직후, $4.3 \pm 2.6^\circ$, $3.1 \pm 4.7^\circ$, $2.9 \pm 3.8^\circ$ 로 회복되었으나 술후 추시 시, $3.6 \pm 4.4^\circ$, $0.1 \pm 1.5^\circ$, $1.0 \pm 4.1^\circ$ 의 정복 소실이 발생하였다(Table 1).

골시멘트 누출은 LP-PVP군 6예(26.1%, 추체의 4예, 추간판내 2예), KP군 14예(27.5%, 추체의 5예, 추간판내 8예, 추체주위 혈관내 1예), C-PVP군 4예(26.1%, 추체의 1예, 추간판내 2예, 추체주위 혈관내 1예)로 골시멘트 누출의 빈도는 각 군간 유의한 차이가 없었다($p=0.689$). 그러나 추간판내 누출의 빈도는 KP군에서 유의하게 높았다($p=0.036$). 각 군 모두 C-형 투시기를 관찰하면서 누출 즉시 주입이 중단되므로, 추체 전방과 종판 골절부 피질골에 접하여 극히 소량이 유출되었을 뿐 누출된 골시멘트가 독립된 커다란 종괴를 형성할 정도로 누출된 예는 없었

Table 1. Radiographic results among groups

	LP-PVP	KP	CPVP	P value
Collapsed vertebral height (%)				
Preoperative	69.5±15.4	71.1±13.2	79.5±17.8	0.024
Restoration degree	10.8±10.3	13.0±12.7	4.7±7.6	0.000
Postoperative	80.3±11.8	84.1±9.2	84.2±14.4	0.300
Reduction loss	2.1±1.8	1.1±1.4	5.9±4.2	0.000
Vertebral kyphotic angle (°)				
Preoperative	12.0±6.2	11.1±6.6	12.0±6.9	0.544
Restoration degree	3.0±4.0	3.7±4.4	4.2±4.4	0.528
Postoperative	9.1±5.2	7.4±5.1	7.8±6.6	0.229
Reduction loss	1.0±0.9	0.1±1.7	3.5±2.8	0.000
Regional Cobb's angle (°)				
Restoration degree	4.3±2.6	3.1±4.7	2.9±3.8	0.099
Reduction loss	3.6±4.5	0.1±1.5	1.0±4.1	0.000

다. 술후 수술주위 요배부에 극심한 동통이나 신경학적 증상을 호소하면서 추체 후방 4분의 1과 척추경 부위 골시멘트의 분포하여 척추관내 골시멘트 누출이 의심되는 경우는 없었다. 심혈관계로의 색전도 발생하지 않았다.

연구대상 전체에서 주입된 골시멘트량을 6ml이하 주입군(68예 중 14예 누출, 20.6%)과 6ml초과 주입군(25예 중 3예, 12.0%)으로 층화표집하여 골시멘트 주입량과 골시멘트 누출의 빈도가 관련성이 있는지를 교차분석하였으나 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.325$). 6ml이하로 주입된 68예 중(LP-PVP 17예, KP 32예, C-PVP 19예)에서 각 구간 골시멘트 누출의 빈도(LP-PVP 6예, 35.3%; KP 11예, 34.4%; C-PVP 4예, 21.1%)는 유사한 발생율을 보였으며($p=0.646$), 6ml초과 주입한 25예 중(LP-PVP 6예, KP 19예, C-PVP 0예)에서 각 구간 누출 빈도(LP-PVP 0예; KP 3예, 15.8%) 또한 유의한 차이는 없었다($p=0.183$)(Table 2).

추가적인 인접 척추체 압박골절은 LP-PVP군에서 0예, KP군에서 8예(15.7%), C-PVP군에서 1예(5.3%)가 발생하였다($p=0.030$). 해당 추체 근위 인접 척추체에서 5예, 원위 인접 척추체에서 4예 발생하였으며, 시술 후 6개월 이내 1예, 6~12개월 이내 5예, 12개월 이후 3예가 발생하였다.

고찰

척추 성형술 후 골절부위를 통한 골시멘트 누출은 11.3~65.3% 발생하며 경피적 척추 성형술시는 풍선 척추 성형술시 보다 더 호발하는 것으로 보고된다.¹⁰⁻¹³ 추간판내 누출은 25.6~40.9%로 보고되고 있으며 골시멘트에 의해 강화된 추체에서 발생하는 응력이 추간판에 의해 완충되지 못하고 인접 분절 추체 종판으로 직접 전달되면 추가적인 인접 척추체 압박 골절 발생할 수 있는 가능성 또한 제기되고 있다.^{11,14,15} 추체 전방 또는 외측으로 누출이 발생할 경우 대부분 신경학적 증상을 일으키지 않는다고 보고되지만, 척추관내 또는 신경공내 누출은 37.5%까지 보고되며 신경학적 증상을 발생시킬 수 있으며 골시멘트 제거술이 시행되기도 한다.^{4,15} 골시멘트 심폐 색전은 치명적 합병증으로 아주 드물게 보고되나 무중상 폐 색전은 4.6~6.8%로 비교적 빈번히 발생하는 것으로 보고되고 있다.^{5,16}

골시멘트 누출에 영향을 줄 수 있는 인자는 주입 시 골시멘트 점도와 추체 해면골의 다공성, 밀도 및 투과성 그리고 주입 방법 등이 있으며 이 중 주입 시 골시멘트 점도는 가장 중요한 인자이며 조절 가능한 인자로서, 골시멘트 누출을 막기 위해서는 골시멘트가 적당히 굳어진 상태에서 주입을 하도록 많은 저자들이

Table 2. Various results associated with infused cement volume

	LP-PVP	KP	CPVP	P value
Total cases / Total pedicles	23 / 46	51 / 102	19 / 38	
Average cement volume (ml)	5.9±1.6	5.9±1.9	3.5±1.0	0.000*
No. of pedicles depending on cement volume				
< 2ml	10 (21.7%)	4 (3.9%)	17 (44.7%)	0.000
≥ 3ml	32 (69.6%)	60 (58.5%)	3 (7.9%)	0.000
No. of cases depending on cement volume				0.001
≤ 6ml	17	32	19	
> 6ml	6 (26.1%)	19 (37.3%)	0 (0%)	
Total cement leakage	6 (26.1%)	14 (27.5%)	4 (26.1%)	0.689
depending on leakage type				
Extrasosseous	4	5	1	
Intradiscal	2	8	2	
Sinovertebral vessel	0	1	1	
depending on cement volume				
≤ 6ml	6	11	4	0.646
> 6ml	0	3	0	0.183
Subsequent VCFs	0 (0%)	8 (15.7%)	1 (5.3%)	0.030
≤ 6ml	0	5	1	0.081
> 6ml	0	3	0	0.183

VCF = Vertebral compression fracture

* ; Kruskal-Wallis test, others by likelihood ratio

권고하고 있다.^{17,18)} 일정 점도의 유체가 관을 통과할 때 발생하는 압력(P)은 Hagen-Poiseuille의 법칙을 따른다.¹⁷⁾ 관을 통하여 골시멘트를 주입시 필요한 압력은 골시멘트 점도가 증가할수록 커지며, 관의 반지름이 커질수록 반지름의 4제곱에 반비례하여 작아진다. 이는 골시멘트가 통과해야 하는 충전관의 반지름이 2배 증가하면 그 점도가 16배 증가하여도 동일한 압력으로 주입이 가능하다는 것을 의미한다.

Hagen-Poiseuille 법칙 :

$$\Delta P = \frac{8\mu L Q}{\pi \gamma^4}$$

ΔP : 압력변화, μ : 유체 점도, L: 관 길이,

Q: 용적 유체 통과 속도, π : 원주율, γ : 관 반지름

Leoffel 등¹⁷⁾은 사체실험을 통하여 점도가 높을수록 골시멘트는 더 넓게 퍼지지 않으면서 타원형 괴를 형성하게 되며 특히 점도가 높은 골시멘트는 주행의 정도를 예측할 수 있다고 보고 하면서 골시멘트 누출을 막기 위해서는 골시멘트의 점도가 가능한 높은 상태에서 주입을 해야 함을 강력히 주장하고 있다. Baroud 등¹⁹⁾도 골시멘트 혼합 후 주입개시 시각에 따른 골시멘트 누출의 빈도에 대한 연구에서 혼합 후 7~10분 이내의 점도에서 주입한 군은 상당수에서 골시멘트 누출이 관찰되며 10분 이상 경과된 점도의 골시멘트 주입 시에는 골시멘트 누출이 관찰되지 않았다고 보고하였다. 그러나 혼합 후 10분이 경과한 이후 골시멘트의 점도는 일반 주사기를 사용하였을 때 술자의 악력으로 주입할 수 없는 점도라고 하여 고식적인 경피적 척추 성형술 시 누출없이 골시멘트를 주입하는 것은 불가능하다고 보고하였다. 그러나 저자들의 생각으로는 골시멘트 주입시 발생하는 저항의 대부분은 골시멘트가 통과해야 하는 관의 가장 좁은 부위에서 발생할 것인데 두 연구 모두 출구 내경 1.4mm 이내의 10ml 또는 20ml 일반 주사기에 골시멘트를 충전한 뒤 내경 3~4mm 생검침을 결합한 실험모델로 생검침의 내경에만 중점을 두었을 뿐 실제 최대 저항이 발생하는 주사기의 좁은 출구 내경에 대하여는 간과한 부분이 있었다. 따라서 내경 3~4mm 광직경 생검침의 장점을 살리기 위해서는 출구가 넓은 주사기를 숫나사 없이 암나사 형태의 연결 방식을 바꾸어 생검침의 내경을 모두 활용하거나 주사기의 연결없이 광직경의 충전관 및 주입봉을 이용하는 주입방식을 취하는 것이 유용할 것으로 생각된다.

고식적인 경피적 척추 성형술시는 골시멘트가 담겨져 있는 12ml 누출 방지용 주사기를 내경 1.4mm의 생검침에 결합한 상태에서 주입하게 된다. 따라서 상당히 낮은 점도의 골시멘트만

이 주사기와 생검침의 출구를 통과할 수 있으며 이를 조작할 수 있는 시간 또한 비교적 짧다. 이러한 좁은 내경의 출구를 비교적 힘들게 통과하는 점도라도 추체내 주입 즉시 추체내 정맥압에 의해 분산되는 양상이나 상대적으로 압력이 낮은 골절부위로 주입속도 보다 이동이 갑자기 빨라지면서 분산되거나 때로는 주입 방향과 반대 방향으로 골시멘트가 분산되는 양상, 골시멘트가 추체 골절부에 접할 때 즉시 주입을 멈추어도 주행이 지속되면서 골절부를 지나 추체외로 누출하는 것 빈번히 관찰되므로 누출 위험성이 높은 상태의 점도로 판단된다. 만약 혼합 직후 점도가 극히 낮을 때 주입이 된다면 골절부를 통하지 않더라도 추체내 정맥경로를 통하여 심폐기관으로 색전이 발생할 수도 있을 것이다.⁵⁾ 이러한 합병증을 막기 위하여 골시멘트의 주입 개시 속도를 늦추면 골시멘트는 좁은 주사기 출구와 생검침 안에서 출구를 통과할 수 없는 상대적으로 높은 마찰력이 발생하여 극히 소량의 골시멘트만 주입하게 되는 술기상의 오류를 범하게 된다. 술자가 이를 인지하고 있다고 하여도 골시멘트 경화 속도는 주위 온도에 민감하게 반응하여 동절기와 하절기에 수술실내 온도 및 골시멘트의 보관 온도 등에 경화 속도가 달라진다. 고식적인 경피적 척추 성형술시는 비교적 짧은 조작시간 안에 이러한 것을 모두 판단하여야 하므로, 적절한 골시멘트 점도를 정확히 판단하여 충분한 량의 골시멘트를 일정하게 주입하는데 어려움이 있으며 상당히 많은 누출의 위험성을 내재하고 있는 술식으로 생각된다.

풍선 척추 성형술시나 저압력 경피적 척추 성형술시는 내경 2.8mm 골시멘트 충전관에 주입봉을 눌러서 골시멘트를 주입한다. 풍선 척추 성형술시는 풍선 확장을 통하여 추체내 빈 공간을 만들었기 때문에 주입시 저압력으로 골시멘트 주입이 가능하다고 알려져 있으나 실제로는 고식적인 경피적 척추 성형술 시보다 넓은 내경의 골시멘트 충전관을 사용하여 동일한 점도의 골시멘트가 충전관을 통과할 때 발생하는 마찰력이 16배 감소된 상태이기 때문에 저압력으로 골시멘트 주입이 가능한 것으로 해석하는 것이 타당하다. 골시멘트 충전관을 사용하면 주행의 경향이 적어져 충전관 출구 주위에서 타원형의 괴를 형성하는 양상을 보이는 점도의 골시멘트 주입이 가능하여, 누출의 위험성을 최대한 줄이면서 누출 직전까지 더 많은 량의 골시멘트를 주입할 수 있다.

골시멘트의 중합반응은 발열반응으로 차가운 생리 식염수에 골시멘트 충전관을 담가 놓으면 반응의 속도를 늦추어 점도 상승을 지연시킬 수 있다. 점도가 어느 정도 상승된 상태에서 차가운 생리 식염수에 담가지면 상당시간 담가질 때의 점도를 그대로 유지하고 있어서 조작을 서두르지 않아도 되므로 주입되는 골시멘트의 분포 양상과 누출 여부 등을 면밀히 관찰하면서 주

입과 멈춤을 반복할 수 있는 충분한 조작 시간을 확보할 수 있는 장점이 있다. 골시멘트의 보관 온도와 혼합시 주위 온도 및 습도 등에 의해 중합반응 속도에 차이가 있어서 일정한 결과를 제시할 수는 없으나 저자들이 동절기에 시술한 경우는, 차가운 생리 식염수에 담겨진 충전관내 골시멘트는 실온에 방치한 충전관내 골시멘트의 주입이 불가능한 상태에 이른 후 약 6분 뒤까지도 주입이 가능한 점도를 유지하고 있었다.

주입된 골시멘트 량이 LP-PVP군과 KP군에서 모두 C-PVP군보다 유의하게 많았던 이유는 광직경 골시멘트 충전관을 사용하여 주행의 경향이 적고 원형의 괴를 형성하는 경향이 높은 상승된 점도 상태의 골시멘트 주입이 가능하였기 때문에, 누출 직전 주입이 멈출 때까지 더 많은 량의 골시멘트를 주입할 수 있었던 것으로 생각된다. 본 연구에서 C-PVP군에서 한 쪽 척추경을 통하여 주입된 골시멘트 량이 2ml미만이 경우가 44.7%가 있었으며, 3ml이상 주입이 이루어진 경우는 불과 7.9%에 불과하였던 결과는 고식적인 경피적 척추 성형술시 사용되는 좁은 내경의 생검침과 주사기 연결 방식의 주입 방식으로는 주행의 경향이 높은 낮은 점도 상태의 골시멘트 만이 주입 가능했기 때문으로 적은 량의 주입에도 누출이 발생하여 주입을 중단하였기 때문일 것이다. 골시멘트 주입은 누출직전까지 주입하는 것으로 결정되는 것이지 주입량을 먼저 계획하고 그 주입량이 다 들어간 후 누출의 발생 여부를 판단하지는 않는다. 따라서 C-PVP군에서 26.1%의 누출율의 결과를 단순히 다른 두 술식과 동일한 골시멘트 누출율을 보인다고 해석하는 것은 옳지 않다. 평균 3.5ml의 골시멘트 주입량에도 불구하고 다른 군과 유사한 골시멘트 누출율을 보여주므로, 다른 군과 비슷하게 평균 5.9ml를 주입한다면 월등히 높은 골시멘트 누출이 발생할 것이라고 해석해야 옳을 것이다.

풍선 척추 성형술시 사용되는 풍선의 추체 정복 외에 또 다른 목적은 추체내 빈 공간을 확보하여 골시멘트가 누출없이 용이하게 주입되도록 하는데 있다. 그러나 LP-PVP군과 KP군 두 군간에서는 골시멘트 주입량에서 유의한 차이가 없었으며 골시멘트 누출의 빈도에서도 차이가 없었다. 따라서 풍선 확장과정에서 발생한 추체내 빈 공간이 추체내 압력을 낮추어 골시멘트 주입이 용이하여 누출의 빈도가 낮고 안전하게 주입된다고 볼 수는 없었다. 또는 풍선 확장으로 인한 빈 공간의 유효성이 입증되려면 같은 빈도의 골시멘트 누출 상태에서도 월등히 많은 량의 골시멘트가 주입되었어야 할 것이나 이러한 결과 또한 나타나지 않았다. 통계적 유의성을 밝히지는 못하였지만 KP군에서 6ml 초과 주입한 19예 중 3예에서 누출이 관찰된 반면 LP-PVP군에서 6ml 초과 주입한 5예 중 골시멘트를 누출의 증례가 없었던 것과 KP군의 추간관내 골시멘트 누출의 빈도가 유의하게 높았

던 것에 의미를 둔다면, 수상 후 2-3주간 침상 안정기간 동안 형성된 골절부 주위의 혈종 등으로 추체내와 종판 골절부 사이 임시 폐쇄된 골절부위가, KP군에서는 풍선 확장을 통한 추체 정복시 종판 골절편의 전위를 발생시켜 누출이 용이한 상태가 조장되었을 수도 있다. 따라서 풍선 확장을 통한 완벽한 추체 회복의 시도가 골시멘트 누출과 관련한 합병증 발생을 예방하려는 면에서는 반드시 유리한 과정으로 생각되지는 않는다.

LP-PVP군과 KP군에서는 2-3주간의 안정기간 동안 흉요추 추 보조기를 착용한 상태에서 최소한의 보행은 허용하므로 이 기간동안 어느 정도의 척추 높이의 붕괴가 진행하게 되므로, 수상 직후 시술을 시행한 C-PVP군보다 술전 붕괴 척추 높이는 유의하게 더 낮았다고 생각된다. 추체의 정복 정도는 시술시 복와위 상태에서 정복되는 정도가 의미있는 것으로 생각된다. 추체 변형에 대한 완벽한 정복을 위하여 충분한 정도의 풍선 확장을 피하면 국소 마취하의 환자가 통증을 견디지 못하여 중지하는 것이 대부분으로 이론적인 풍선 확장을 통한 완전한 정복의 시도 가능성과 실제적 가능한 정복 정도에 차이가 있을 것으로 생각된다. 추체 높이의 정복된 정도만을 평가하면 C-PVP군에서 보이는 복와위 자세를 통한 기대 정복율 4.7%보다 풍선을 사용한 KP군에서 8.3% 유의하게 많은 정복율이 관찰되었으나, KP군과 LP-PVP군 사이에는 유의한 차이가 없어서($p=0.475$) 정복의 유의한 발생은 풍선의 효과보다는 광직경 충전관을 통하여 더 많은 골시멘트가 높은 점도에서 주입된 이유일 것으로 생각된다. 국소분절 시상 후만각의 정복 소실에서는 각 군간 비교에서 이러한 유의성이 발견되지 않았지만, 이는 해당 추체 상하의 추간관 상태가 포함되고 동통 소실시 상체의 기립능력이 보상되면서 국소분절 시상각과 추체 후만각의 연관성이 소실된 이유로 생각된다.

골시멘트 누출과 변형 추체의 정복의 관점에서 풍선 확장을 통한 유효성이 뚜렷한 결과는 본 연구에서 관찰되지 않았다. 따라서 풍선 사용으로 인한 의료비 상승을 고려한다면 풍선 사용이 반드시 필요한 척추체 압박 골절의 형태를 제시하는 연구가 이루어 지지 않는다면 일반적인 사용에 대한 풍선의 필요성은 신중히 재고되어야 할 것으로 생각된다.

시술 후 및 추시 시 임상적 결과는 주입된 골시멘트 량과 상관없이 통증의 즉각적 완화 면에서 모든 군에서 만족할 만한 결과를 보였다. 하지만 붕괴 추체 높이 비율의 정복 정도가 LP-PVP군과 KP군에서 C-PVP군보다 유의하게 높았으며, 풍선으로 과도하게 정복된 부분은 결국 압박될 것이라는 예상과는 달리 오히려 C-PVP군에서 정복 소실이 많이 발생하였다. 이것은 각 군에서 주입된 골시멘트 용량의 차이 때문으로 생각된다. 같은 량의 골시멘트를 주입하고 반복적인 응력을 추체에 가했을 때 풍

선 척추 성형술을 시행한 경우가 고식적 경피적 척추 성형술시 보다 추가적인 해면골 붕괴로 인한 해당 추체의 함몰이 많이 발생되었다는 보고도 있다.²⁰⁾ 그러나 이 결과는 두 군에서 동일한 량의 골시멘트를 추체에 주입하고 시행한 실험에서 얻어진 것이다. 즉 풍선의 정복 효과는 일시적이며, 장기간 추시 시에는 골시멘트가 상하 종관과 접하는 정도까지 지속적인 해면골 붕괴 (creeping subsidence)가 발생할 수 있다는 것이다. 임상적 만족도와 상관없다 하여도 이러한 해당 추체 함몰을 최소화 하려면 최대한 골시멘트를 많이 주입해야 할 것이다.²¹⁾

추가적인 인접 척추체 압박골절 발생은 KP군에서 유의하게 많이 발생하였다. 그러나 다른 군의 발생 빈도가 낮아서 이 부분의 통계적 유의성은 좀 더 많은 대상에 대한 연구가 필요할 것으로 생각되는 부분이다. 주입된 골시멘트 용량과 인접 척추체 압박골절의 발생과의 관계는 6ml이하 표집 군에서는 각 구간 차이를 보이지 않았으며 6ml초과 표집 군에서는 LP-PVP군과 C-PVP군에서 발생 건수가 없어 유의성을 받아들이기는 힘들다. 그러나 층화 표집하지 않고 각 구간 전체 발생 예를 비교하면 KP군에서 유의하게 인접 척추체 압박골절이 발생하였다. 이 결과만으로 과연 풍선을 사용하지 않았던 LP-PVP군에서 골시멘트가 해면골과의 지상교합(interdigitation)을 이루고 풍선 성형술시 골시멘트의 견고한 괴(solid mass) 양상보다 인접 분절로의 응력 전달을 유의하게 감소시켰는지는 알 수 없다. 주입되는 골시멘트 양상을 살펴보면 저압력 경피적 척추 성형술에 의해 주입된 골시멘트 양상은 고식적인 경피적 척추 성형술시 보다는 풍선 척추 성형술시 주입된 골시멘트 양상과 유사하게 견고한 타원형 괴를 형성하면서 해면골과 맞닿는 부분에서는 지상교합을 하고 있는 것처럼 관찰된다. 하지만 골시멘트는 일정한 점도 이상 상승된 상태에서 주입을 하게 되므로 해면골 사이에 스며들기 보다는 취약한 해면골을 파손하여 주위로 밀면서 주입될 가능성도 있다. 그러나 풍선을 사용하지 않은 상태의 다져지지 않은 해면골은 주입되는 골시멘트에 저항하면서 지상교합을 발생시킬 수 있는 가능성을 기대하여 볼 수 있으나, 풍선확장으로 단단히 다져진 뒤라면 이러한 효과를 거의 기대할 수 없을 것으로 생각된다. 인접 척추체 압박골절의 발생 원인에 대하여서도 강화된 추체에서 발생한 응력 증가외에도 추체 골밀도, 시상각 및 체질량지수(body mass index) 등의 여러 위험 인자들이 관여한다고 보고되고 있고,^{22,23)} 본 연구에서는 다른 변수들과의 교란 효과를 보정하지 못했으며 해당 추체에 대한 컴퓨터 단층촬영 검사로 지상교합의 정도 여부를 밝히지는 못하였고 증례 수가 적었던 관계로 골시멘트 주입 양상과 인접 척추체 압박골절의 발생 관계에 대하여서는 직접적 연관성을 밝히기에는 한계가 있다고 생각된다.

본 연구의 제한점으로 생각되는 점은 각 시술이 동일한 시점에서 이루어진 것이 아니고 고식적인 경피적 성형술은 골시멘트의 점도와 장비 및 골절 양상에 대한 이해의 과정이 필요한 비교적 초기에 집중되었으며, 풍선 척추 성형술을 시행하면서 충전관과 주입봉 방식의 골시멘트 주입 장비와 골시멘트의 점도에 충분히 익숙해 진 후, 저압력 경피적 척추 성형술이 시행되었으므로 골시멘트 주입 용량과 누출의 발생 여부에 어느 영향을 주었을 것으로 생각된다. 또한 이번 연구에서는 자기공명영상 검사를 통한 골절양상과 골시멘트 누출의 관계는 분석대상이 되지 않았으며 환자가 가지고 있는 골밀도, 시상각, 체질량지수 등을 인접분절 척추체 압박골절의 발생과 관련하여 분석하기에도 연구대상의 수가 적어 시행되지 않았다. 따라서 연구의 결과가 모두 술기상의 차이로만 해석될 수 있는 점이 아니라는 것을 감안해야 할 것이다. 다만 풍선을 사용하지 않았던 저압력 경피적 척추 성형술의 경우에, 골시멘트 누출의 빈도나 붕괴 추체의 정복 및 유지의 정도 면에서, 풍선을 사용하였던 척추 성형술과 유사한 임상적, 방사선적 결과를 얻었으며 이러한 결과는 고식적인 경피적 척추 성형술의 술기와 비교할 때 적절한 점도의 골시멘트를 주입할 수 있는 광직경의 골시멘트 충전관의 사용에서 얻어진 것으로 판단하는데 의의가 있을 것으로 생각된다.

결론

골다공증성 척추체 압박골절 치료시 풍선의 사용 없이도 광직경 골시멘트 충전관을 사용하여 풍선 척추 성형술시와 동일하게 주행의 경향이 적고 원형의 괴를 형성하려는 성향이 많은 높은 점도의 골시멘트를 저압력으로 용이하게 주입할 수 있었다. 저압력 경피적 척추 성형술은 골시멘트 주입량과 누출의 빈도, 추체의 정복 정도 및 임상적 만족도 등에서도 풍선 척추 성형술과 유사한 결과를 보였다. 고식적인 경피적 척추 성형술에서는 유의하게 적은 량의 골시멘트가 주입 되었고 추시 시 다른 군보다 유의한 정도의 해당 추체 높이의 정복 소실이 관찰되었다. 내경 2.8mm 광직경 충전관을 사용하는 저압력 경피적 척추 성형술은 골다공증성 척추 압박골절 치료에 유용하고 안전한 방법으로 생각된다.

REFERENCES

1. Kado DM, Browner WS, Palermo L, Nevitt MC, Genant HK, Cummings SR. Vertebral fractures and mortality in older women: a prospective study. *Arch Intern Med.* 1999;159:1215–20.
2. Cho YS, Cho SD, Kim BS, Park TW, Lew SU, Cho SH. Percutaneous vertebroplasty for osteoporotic compression fractures. *J Korean Orthop Assoc.* 2002;37:13–8.
3. Na HY, Cho HW, Kim SK, Lee SY. Comparison of outcome between percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty for osteoporotic painful vertebral compression fracture – a preliminary report –. *J Korean Soc Spine Surg.* 2003;10:127–36.
4. Chen JK, Lee HM, Shih JT, Hung ST. Combined extraforaminal and intradiscal cement leakage following percutaneous vertebroplasty. *Spine.* 2007;32:358–62.
5. Lim SH, Kim H, Kim HK, Baek MJ. Multiple cardiac perforations and pulmonary embolism caused by cement leakage after percutaneous vertebroplasty. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2008;33: 510–2.
6. Pradhan BB, Bae HW, Kropf MA, Patel VV, Delamarter RB. Kyphoplasty reduction of osteoporotic vertebral compression fractures: correction of local kyphosis versus overall sagittal alignment. *Spine.* 2006;31:435–41.
7. Voggenreiter G. Balloon kyphoplasty is effective in deformity correction of osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine.* 2005;30:2806–12.
8. Taylor RS, Taylor RJ, Fritzell P. Balloon kyphoplasty and vertebroplasty for vertebral compression fractures: a comparative systematic review of efficacy and safety. *Spine.* 2006;31:2747–55.
9. Nussbaum DA, Gaillood P, Murphy K. A review of complications associated with vertebroplasty and kyphoplasty as reported to the Food and Drug Administration medical device related web site. *J Vasc Interv Radiol.* 2004;15:1185–92.
10. Heini PF, Orlor R. Kyphoplasty for treatment of osteoporotic vertebral fractures. *Eur Spine J.* 2004;13:184–92.
11. Jun DS, Shin WJ, Koh YH, Moon SH. MR predictors of bone cement leakage in percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty for painful osteoporotic vertebral compression fracture. *J Korean Soc Spine Surg.* 2006;13:184–90.
12. Ledlie JT, Renfro MB. Kyphoplasty treatment of vertebral fractures: 2-year outcomes show sustained benefits. *Spine.* 2006;31:57–64.
13. Cotten A, Dewatre F, Cortet B et al. 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;200:525–30.
14. Mirovsky Y, Anekstein Y, Shalmon E, Blankstein A, Peer A. Intradiscal cement leak following percutaneous vertebroplasty. *Spine.* 2006;31:1120–4.
15. Lin EP, Ekholm S, Hiwatashi A, Westesson PL. Vertebroplasty: cement leakage into the disc increases the risk of new fracture of adjacent vertebral body. *Am J Neuroradiol.* 2004;25:175–80.
16. Luginbühl M. Percutaneous vertebroplasty, kyphoplasty and lordoplasty: implications for the anesthesiologist. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2008;21:504–13.
17. Loeffel M, Ferguson SJ, Nolte LP, Kowal JH. Vertebroplasty: experimental characterization of polymethylmethacrylate bone cement spreading as a function of viscosity, bone porosity, and flow rate. *Spine* 2008;20:1352–9.
18. Bohner M, Gasser B, Baroud G, Heini P. Theoretical and experimental model to describe the injection of a polymethylmethacrylate cement into a porous structure. *Biomaterials.* 2003;24:2721–30.
19. Baroud G, Crookshank M, Bohner M. High-viscosity cement significantly enhances uniformity of cement filling in vertebroplasty: an experimental model and study on cement leakage. *Spine.* 2006;31:2562–8.
20. Kim MJ, Lindsey DP, Hannibal M, Alamin TF. Vertebroplasty versus kyphoplasty: biomechanical behavior under repetitive loading conditions. *Spine.* 2006;31:2079–84.
21. Shin DA, Kim KN, Shin HC, Kim SH, Yoon DH. Progressive collapse of PMMA-augmented vertebra: a report of three cases. *Zentralbl Neurochir.* 2008;69:43–6.
22. Watanabe K, Lenke LG, Bridwell KH, Kim YJ, Koester L, Hensley M. Proximal junctional vertebral fracture in adults after spinal deformity surgery using pedicle screw constructs: analysis of morphological features. *Spine.* 2010;35:138–45.
23. Ahn DK, Choi DJ, Lee S, Kim KS, Kim TW, Chun TW. The efficacy of kyphoplasty on osteoporotic vertebral compression fracture: a 1-year follow-up study. *J Korean Soc Spine Surg.* 2009;16:79–88.

광직경 골시멘트 충전관을 이용한 저압력 경피적 척추 성형술

안동기 • 이 승 • 최대정 • 박훈석 • 김관수 • 전태환
서울성심병원 정형외과

연구계획: 후향적, 비교 연구

목적: 골다공증성 척추 압박골절에서 광직경 골시멘트 충전관을 사용한 저압력 경피적 척추 성형술의 효용성을 알아보고자 하였다.

선행문헌의 요약: 경피적 척추 성형술은 골다공증성 척추 압박골절에 대한 보편적 치료로 여겨지나, 낮은 점도의 골시멘트를 주입해야 할 때 발생하는 골시멘트 누출은 중요 합병증의 원인이 된다.

대상 및 방법: Kummell씨 병을 제외한 골다공증성 척추 압박골절의 치료로써 내경 2.8mm 골시멘트 충전관을 사용한 저압력 경피적 척추 성형술(LP-PVP군; 23명, 나이 68.5±5.9세)과 동일한 직경의 충전관을 사용한 풍선 척추 성형술(KP군; 51명, 나이 70.2±7.2세), 내경 1.4mm 생검침을 이용한 고식적 경피적 척추 성형술(C-PVP군; 19명, 나이 73.6±7.3세)을 시행하였다. 임상적, 방사선학적 결과 및 합병증 발생 유무를 약 1년 추시 시점에서 비교하였다.

결과: VAS 점수는 세 군에서 모두 개선되었다. 주입된 골시멘트량은 LP-PVP군 5.9±1.6ml, KP군 5.9±1.9ml, C-PVP군 3.5±1.0ml였다($p=0.000$). 붕괴 추체 높이 비율은 술후 LP-PVP군 10.8±10.3%, KP군 13.0±12.7%, C-PVP군 4.7±7.6% 정복이 되었으며($p=0.000$), 추시 시 각군에서 2.1±1.8%, 1.1±1.4%, 5.9±4.2%의 소실을 보였다($p=0.000$). 추체 후만각 정복은 각군에서 술후 3.0±4.0°, 3.7±4.4°, 4.2±4.4° ($p=0.528$)를 보였고 추시 시 1.0±0.9°, 0.1±1.7°, 3.5±2.8° ($p=0.000$)의 소실을 보였다. 국소분절 시상 후만각 회복 정도는 술후 4.3±2.6°, 3.1±4.7°, 2.9±3.8° ($p=0.099$) 회복을 보였고 추시 시 3.6±4.5°, 0.1±1.5°, 1.0±4.1° ($p=0.000$)의 소실을 보였다. 추체외 골시멘트 누출은 LP-PVP군 6예(26.1%), KP군 14예(27.5%), C-PVP군 4예(26.1%) 발생하였다($p=0.689$). 척추관내 누출이나 심혈관계 색전은 발생하지 않았다. 추가적인 인접 척추체 압박골절은 LP-PVP군 0예, KP군 8예(15.7%), CPVP군 1예(5.3%)가 발생하였다($p=0.030$).

결론: 광직경 골시멘트 충전관을 사용한 저압력 경피적 척추 성형술은 골다공증성 척추 압박골절 치료에 풍선 척추 성형술과 임상적, 방사선학적으로 유사한 결과를 보여주었으며, 주입된 골시멘트량은 고식적 경피적 척추 성형술보다 유의하게 많았다. 저압력 경피적 척추 성형술은 골다공증성 척추 압박골절 치료시 합병증의 위험성이 낮고 임상적 및 방사선학적 결과면에서 유용한 방법으로 생각된다.

색인 단어: 골다공증성 척추 압박골절, 저압력 경피적 척추 성형술

약칭 제목: 광직경 저압력 척추 성형술