

골다공증성 척추압박골절에 대한 경피적 척추 보강술 (Percutaneous Vertebral Augmentation for Osteoporotic Vertebral Compression Fractures)

김 영 우

한림대학교 의과대학 한강성심병원 정형외과학교실

서 론

최근 노인 인구가 증가함에 따라 골다공증이 의료계의 큰 현안으로 떠오르고 있으나, 종종 이를 중요하지 않은 의료 문제로 간과하는 경향이 있다. 미국의 국립 골다공증 재단 (National Osteoporosis Foundation)은 50세 이상의 미국 국민 중 55% 이상이 골감소증이나 골다공증에 시달리고 있으며, 이중 여성이 약 80%를 차지하고 있을 것으로 추산하고 있다^{34,41)}.

골다공증에 의한 골절의 특징은 적은 외력에 의하여 골절되는 것인데 길을 걸다가 넘어지는 손상에 의하여 잘 발생하며, 호발 부위는 척추, 고관절, 손목 등이다. 척추 골절의 경우 미국에서 연간 70만 건 이상이 발생하는데, 골다공증이 심할 경우에는 허리를 숙이거나 기침을 하는 것만으로도 골절이 발생될 수 있다³¹⁾. 현대 사회에 있어서 골다공증에 의한 척추골절은 노인들에게 있어서 장애와 각종 합병증을 유발하는 주원인으로 대두되고 있다. 이러한 골절의 결과로 심한 통증, 진행되는 척추의 압박과 그로 인한 척추의 후만 변형 및 신경학적 결손 등이 나타나며, 그와 동반하여 여러 가지 다양한 전신적 신체 반응이 나타나게 된다.

골다공증성 척추 압박 골절은 흔히 급성 및 만성 통증을 동반하고, 진행되는 척추체의 압박 소견을 동반하며^{47,50)}, 또한 식사 중 조기 포만감에 의한 체중 감소와 정신적 자존감 및 만족도 등이 떨어지게 된다^{26,27,32,45)}. 비록 이러한 척추 압박 골절이 환자의 직접적인 사인이 되지는 않지만 여러 가지 심각한 동반 질병을 야기하여 중국에는 환자의 사망률에 영향을 미치게 된다^{7,9,16,20,25~27,33,45)}. 따라서 골다

공증에 의한 추체 압박 골절 환자의 5년 생존율은 고관절 골절 환자의 5년 생존율보다 낮은 것으로 보고되고 있다²⁷⁾.

과거에 골다공증성 척추 압박 골절에 대한 관혈적 수술 치료를 시행한 결과, 약한 골절 및 골강도로 인한 고정 실패와 고령인 환자의 연령과 동반 질환 등으로 인하여 수술 후 내과적 합병증을 야기하는 등의 많은 문제점을 도출하였다. 이러한 문제를 피하기 위하여 진통제와 보조기 등을 이용한 보존적 치료를 시행하였으나, 심하게 쇠약해진 환자에게는 별 도움을 주지 못하였기 때문에, 의사들은 통증을 경감시키고 일상생활 능력을 다치기 전 수준까지 회복시킬 수 있는 새로운 치료 방법에 관심을 갖게 되었다. 골다공증이 심한 노인 연령층의 척추골절에 대한 비 수술적인 치료 방법은 성공적이지 않은 것으로 나타났으며, 최소 침습적 수술 방법인 경피적 척추 보강술 (Percutaneous Vertebral Augmentation; Vertebroplasty & Kyphoplasty)이 이러한 특수 계층 환자의 척추 골절 치료에 많은 도움을 주고 있다.

정형외과 영역에서 골 시멘트의 사용

20세기 초반에 화학자인 Otto Röhm이 훌륭한 생체 적합성과 구조적 성질을 가지고 있는 골 시멘트의 원료가 되는 새로운 물질을 개발하였고, 1960년대에 John Charnley 경이, 그 당시의 치과 의사들이 금속 보철물과 뼈 사이의 접착제 및 충전물로서 골 시멘트를 사용하는 것에 착안하여, 인공 고관절 전치환술에서 대퇴 및 비구삽입물의 고정을 위하여 접착제로서 골 시멘트인 Polymethyl methacrylate (PMMA)를 정형외과 영역에서 최초로 사용하였다^{15,39)}.

척추에서는 통증이 심한 추체의 혈관종을 치료하기 위하

통신저자 : 김 영 우

서울시 영등포구 영등포동 7가 94-200
한림대학교 의과대학 한강성심병원 척추센터
Tel : 02-2639-5650 • Fax : 02-2639-5654
E-mail : ywkimmd@yahoo.com

Address reprint requests to : Young-Woo Kim, M.D., Ph.D.
Spine Center, Department of Orthopaedic Surgery, Hangang Sacred Heart Hospital, Hallym University College of Medicine, 94-200, Yeongdeungpo-dong, Yeongdeungpo-gu, Seoul 150-719, Korea
Tel : 82-2-2639-5650 • Fax : 82-2-2639-5654
E-mail : ywkimmd@yahoo.com

여 PMMA가 처음 사용되었고^{10,17,23,24)}, 척추체로 전이된 종양을 치료하기 위하여 사용되기도 하였다^{12,40,52)}. 척추체의 골다공증성 압박골절에 골 시멘트를 주입한 후 통증이 소실되는 기전에는 여러 가지 설명이 제시되었는데, 척추골 내 통증 수용체의 열에 의한 괴사와 화학 독성 이외에도 골시멘트에 의해 제공된 역학적 안정성이 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다⁵⁾. 작용기전이 어떠하든지 골다공증에 의한 척추체의 통증성 압박골절에 골 시멘트를 주입하는 것은 임상적 효용성이 보고된 유용하고 성공적인 치료 방법으로 알려져 있다.

경피적 척추 보강술 (Percutaneous Vertebral Augmentation, PVA)의 적응증

진통제와 보조기를 이용한 수주간의 보존적 치료에 실패한 환자가 경피적 척추 보강술의 대상이 될 수 있는데, 보존적 치료의 실패 여부를 판단하는 중요한 기준은 기동성(mobility)이다. 골다공증 환자는 움직이지 못하는 기간이 늘어날수록 더 많은 합병증을 동반하게 되나, 경피적 척추 보강술 시행 전 몇 주간의 보존적 치료가 적당한 기간인지에 대하여는 명확한 기준이 없다. 일부 학자들은 수상 후 움직이지 못하는 것이 확실할 경우 초기에 경피적 척추 보강술을 시행할 것을 권유하고 있으나, 환자가 통증은 호소하나 움직일 수 있는 경우는 4~6주간의 회복기간을 주는 것이 일반적이다⁴⁷⁾.

골다공증성 척추 압박 골절에서 보존적 치료로 잘 회복되지 않는 경우는, 흉 요추 이행부 (T11-L2)의 골절, 골다공증성 방출성 골절, 시상면상의 후만각이 30도를 넘는 설상형 압박골절, 규칙적인 추시 사진상 계속적인 압박의 진행 소견을 보이는 골절 등이 그것이다⁴⁷⁾.

경피적 척추 보강술이 효과적인 치료방법이기는 하나 기술상의 한계와 금기증이 있는데, 피질골의 파괴가 있어 척추관 내로 시멘트의 누출이 예상될 경우 시행되어서는 안되며, 수술 전 신경근의 압박 증상이 있는 환자에서도 좋은 결과를 기대하기 힘들다⁴⁷⁾. 척추체의 압박이 심하여 편평 추체 (vertebra plana)를 보이는 경우 기술적으로 힘들며, 이 경우 수술 전 재구성한 sagittal CT나 MRI 소견이 피질골의 결손 유무를 확인하고 삽입 경로를 계획하는데 도움이 된다^{2,11,52)}.

척추성형술 (Vertebroplasty)

1. 척추성형술의 역사

Galibert 등¹⁹⁾이 최초로 경피적 척추성형술을 보고하였는

데, 이 기념비적 시술은 프랑스의 Amiens 지방에서 1984년에 시행되었다. 이들은 혈관중에 의해 파괴된 제2 경추체에 PMMA를 주입하였고, 오랜 시간 동안 지속되던 환자의 통증이 완화되었다고 보고하였다. 그 이후 골다공증에 의한 척추 골절에도 경피적 방법으로 추체에 골시멘트를 주입하기 시작하였고²⁸⁾, 경피적 척추성형술이 즉각적인 통증 완화를 나타낸다는 보고와 함께 널리 유행하게 되었다³⁹⁾. 시간이 지남에 따라 경피적 척추성형술은 내경이 큰 바늘을 사용하고, 시멘트에 barium을 추가하는 등 시멘트 누출의 위험성을 감소시키기 위하여 기술적으로 개선되었다.

2. 척추성형술의 술기

시술을 시행하기 전에 선명한 방사선 투시영상 (fluoroscopic image)을 얻는 것이 필수적이다. 시술하고자 하는 부위를 수술 전 방사선 사진 및 MRI 소견 등과 일치시킨 후 골생검침을 추체의 전방 1/3 지점까지 삽입한다. 방사선 투시영상은 시멘트가 주입되는 상황을 실시간으로 보여 주어 시멘트가 주위 조직으로 누출되는 합병증을 예방하는데 많은 도움을 준다^{12,14,23,38,42)}. 다른 수술과 마찬가지로 시작하기 30분 전에 예방적 항생제를 투여한다. 일부 술자들은 시멘트 안에 tobramycin 같은 항생제를 섞어 사용하기도 하나 이 방법은 주로 면역 기능이 저하된 환자에게만 사용한다.

경피적 척추성형술의 마취 방법에는 몇 가지가 있는데, 주로 국소 마취가 사용되며 마취제를 피부, 피하조직, 척추 골막 등에 주입하며 안정제를 보조적으로 투여하기도 한다. 간혹 시술 부위가 많은 경우에는 전신 마취를 이용하기도 한다.

삽입 부위를 결정한 뒤 3~4 mm 정도로 피부를 절개한 뒤 11-gauge 골 생검침을 삽입한다. 대개의 경우는 전후방 및 측방 투시영상을 보면서 척추경을 통하여 삽입하나, 흉추의 경우에는 척추경의 외측연과 늑골두의 사이로 삽입하는 척추경외 접근법 (extrapedicular approach)을 사용하기도 한다²³⁾. 경추에서는 전외측 삽입법을 사용하는데 이때에는 경동맥 등의 신경 혈관 조직과 식도 등의 주위 구조물에 손상을 주지 않도록 주의하여야 한다.

보편적인 방법은 양측 척추경을 통하여 시멘트를 주입하는 것이나, 한쪽 척추경만을 이용하여 주입할 수도 있다. 이 방법을 사용할 경우 시멘트를 추체의 중앙 및 전방 1/3 부위에 위치시키기 위하여 조금 더 경사진 각도로 생검침을 삽입하여야 한다²³⁾. 시멘트를 삽입하기 전에 시멘트가 누출될 수 있는 추체 기저정맥총 (basivertebral venous plexus)과 다른 큰 혈관의 위치를 확인하기 위하여 추체조영술 (vertebrogram)을 시행할 수도 있으나, 추체조영술은

대개의 경우 필요하지 않으며 추체의 종판이나 피질골에 골절이 있어 조영제가 추간관 안이나 척추체 주위 조직으로 퍼질 경우 시술 중에 없어지지 않아 시멘트의 누출을 감지하는데 방해가 되기도 한다^{4,8,36)}.

한 개의 투시영상 장치를 사용할 경우 시멘트를 주입할 때에는 측면상을 보며 시행하고, 외측으로의 누출을 확인하기 위하여 시술 도중에 전후방 영상을 확인하여야 하지만²³⁾, 두 개의 투시영상 장치를 사용하거나 두 방향을 동시에 관찰할 수 있는 투시영상 장치를 사용할 경우 시술을 더욱 빠른 시간 내에 마칠 수 있다³¹⁾. 인공관절 치환술용으로 상품화된 시멘트는 투시영상 기기에 잘 보일 만큼 충분한 양의 barium sulfate를 포함하고 있지 않기 때문에 30% wt/vol의 순수한 barium sulfate를 시멘트 분말에 추가하여야 한다³⁸⁾. 시멘트는 20분 안에 응고되며, 한 시간 내에 고유강도의 90%를 회복하게 된다^{23,38)}. 시술 후 4~24 시간 이내에 통증의 회복을 얻을 수 있으며, 시술 후 통증의 회복이 없을 경우 잘못된 부위를 시술하였거나 새로운 골절이 생긴 것이므로 추가적인 방사선 검사를 시행하여야 한다³¹⁾.

3. 척추성형술의 결과

전반적으로 척추성형술은 척추 압박골절로 인한 통증을 경감시키는데 효과적이다. Grados 등²¹⁾은 척추성형술 후 1개월에 시행한 시각 통증 검사 (Visual Analog Scale; VAS) 수치가 술전 80 mm에서 37 mm로 감소되었고, 2년 추시에서도 34 mm로 유지됨을 보고하였다. Kaufmann 등³⁰⁾은 75명의 환자를 분석한 결과 통증, 기동성, 진통제의 사용면에서 긍정적인 효과를 가져왔으나, 수술 전 통증 조절을 위해 마약성 진통제를 사용하던 사람이나 골절이 오랜 시간 경과된 환자에서는 효과가 떨어진다고 보고하였다.

일부의 보고에서는 실패율이 10%에 달한다고 하기도 하고, Deramond 등¹³⁾은 실패율이 이보다 높은 것은 환자의 선택에 문제가 있기 때문이라고 하였으며 이를 극복하기 위하여 방사선과 전문의와 임상과의 협조하여 시술할 환자를 선택하여야 한다고 하였다.

척추성형술의 합병증으로는 내과적인 것, 마취와 관계된 것, 기구를 잘못 삽입하는 등의 기술적인 것 등이 있다. 대표적인 합병증으로는 시멘트의 누출과 시술한 척추체의 인접 추체가 골절되는 것이다. Grados 등²¹⁾은 척추성형술 후 시멘트 누출의 가능성은 시술 받은 추체당 6%라고 하였고, 이로 인하여 신경 조직이 눌릴 가능성은 0~4%라고 하였다. 그러나 혈관종이나 전이된 종양을 치료하기 위하여 시술할 경우 시멘트 누출의 발생률이 보고에 따라 10%까지 올라간다¹³⁾.

척추후굴복원술 (Kyphoplasty)

1. 척추후굴복원술의 역사

시멘트의 누출이 심각한 신경학적 결손을 야기할 수 있기 때문에 점성이 높은 시멘트를 골절된 추체에 주입하는 것은 술자에게 늘 걱정되는 일이며, 높은 압력으로 시멘트를 주입할 경우 추체 내에 있는 정맥계통을 따라 시멘트 덩어리가 폐로 올라가 색전증을 일으킬 수도 있다. 또한 시술 당시 척추를 전만 상태로 유지하여 환자의 자세에 의한 골절의 정복을 시도하지만, 척추 성형술만으로는 압박된 추체를 정복하기에는 부적절하다.

이러한 척추성형술과 관련된 문제들을 해결하기 위하여 척추후굴복원술이 고안되었고 1998년에 처음 시행되었다^{1,20)}. 이 시술의 결과는 척추성형술과 같은 양상의 통증 완화를 나타내었다.

2. 척추후굴복원술의 술기

척추후굴복원술은 대개 전신 마취나 정맥 마취하에서 시행된다. 방사선 투시영상 장치로 시술 부위를 결정한 뒤 양쪽 척추경의 외측에 6~7 mm의 절개창을 내고 골생검침을 척추경의 상외측연에 위치시킨다. 약간의 망치질이나 손의 압력으로 골생검침을 척추경을 통하여 추체 후방에 삽입하는데, 이때 척추경의 내벽을 손상하지 않도록 전후방 및 측방 투시영상을 이용하여 세심한 주의를 기울여야 한다. 골생검침 내로 guide pin을 삽입한 뒤 골생검침을 제거하고, guide pin을 따라 working cannula를 삽입한 뒤 guide pin을 제거하고 drill을 이용하여 풍선의 삽입 통로를 만든다. 풍선을 삽입한 뒤 골절이 정복될 때까지 팽창시키는데, 풍선의 크기에 따라 4 cc 혹은 6 cc까지 조영제를 주입할 수 있다. 주입할 때 풍선이 추체의 종판에 닿거나, 풍선 내의 압력이 300 psi가 넘어설 경우 주입을 중지해야 한다. 풍선을 제거한 뒤 만들어진 빈 공간에 방사선 투시영상 기기로 확인해 가며 시멘트 주입 기구를 이용하여 시멘트를 주입한다.

3. 척추후굴복원술의 결과

1) 골절의 정복과 추체 높이의 회복

Majd 등³⁷⁾은 222명의 환자에 시행한 360예의 척추후굴복원술을 분석한 결과 전방 추체의 높이가 30% 회복되었고 중간 추체 높이는 50% 회복되었으며, 후만각의 교정 각도는 7도라고 하였다. Boszczyk 등⁹⁾은 척추성형술과 척추후굴복원술을 비교한 논문에서 척추후굴복원술 후 5도의

후만 교정 각도를 얻었고, 풍선의 사용 없이 시멘트의 주입만 가지고는 후만각을 교정할 수 없었다고 보고하였다. Lieberman 등³⁵⁾은 30명의 환자에 대하여 70예의 척추후굴복원술을 시행하였는데, 35%의 추체 높이의 회복과 6도의 후만 각 교정을 얻을 수 있었다고 보고하였다.

그러나, Pradhan 등⁴⁴⁾은 1개 내지 3개의 척추체에 척추후굴복원술을 시행받은 65명의 환자를 후향적으로 분석한 결과 척추후굴복원술은 1부위 시행 시 골절된 척추체의 국소 후만각을 평균 7.3도, 2부위 시행 시 7.8도, 3부위 시행 시 7.7도를 교정한 것으로 보고하였다. 이렇듯 척추후굴복원술이 추체 높이의 회복과 후만각 교정에 미치는 영향이 미미하기 때문에 척추의 전반적인 시상면상의 배열에 큰 영향을 미치지 않는다고 보고하였다.

2) 통증의 완화

Garfin 등²⁰⁾이 2001년도에 첫번째로 척추후굴복원술에 대한 보고를 하였는데, 척추후굴복원술과 척추성형술을 시행받은 환자의 95%에서 현저한 통증의 회복을 얻을 수 있었다. 2003년에 Ledlie와 Renfro³²⁾는 척추후굴복원술을 시행받은 133명의 환자들을 1년간 추시하였는데, 시각통증검사 수치 (Visual Analog Pain Score, VAS)가 술 전 8.6점 (10점 만점)에서 술 후 1년 추시상 1.6점으로 감소하였고, 수술 후 환자의 90%가 독립적인 보행이 가능하였다고 보고하였다. 다른 다 기관 연구에서도 척추후굴복원술을 시행받은 환자의 90%가 수술 전 활동상태로 회복되었으며, 또한 90%에서 진통제의 복용을 줄일 수 있을 정도로 통증이 회복되었다고 보고하였다²⁰⁾.

경피적 척추 보강술 후 후속 골절 (subsequent fracture)의 위험성

인접 부위의 재발성 척추골절에 대하여 많은 관심이 모아지고 있는데^{3,4,8,18,31,43,46,48,49)}, 한 부위의 골다공증성 골절을 경험한 환자들은 다른 부위에 골절을 입게 될 가능성이 많다^{29,36)}. 척추후굴복원술 후 다른 부위의 골절 발생률에 대한 문헌상의 보고가 몇 가지 있는데^{8,18,22,29,37)}, Fribourg 등¹⁸⁾은 47부위의 척추후굴복원술 후 17부위의 추가 골절이 일어났다고 보고하였다. Majd 등³⁷⁾은 전체적인 골절의 재발률은 10% (36/360)라고 하였고, Lavelle과 Cheney³¹⁾는 전체적으로는 15% (16/109)의 재발률을 보이고 10%는 수술 후 90일 내에 발생한다고 보고하였다.

문헌 고찰에 의하면 경피적 척추 보강술 후 인접 부위의 골절이 발생하는 빈도는 첫번째 골절을 경험한 환자에서 추가적인 골절이 일어나는 빈도의 범위 안에서 발생된다고 하였는데, 첫번째 척추 골절의 발생율은 3.6%이지만, 추가

적인 골절이 1년 내에 발생할 확률은 19.2%이다³⁶⁾.

결론

경피적 척추 보강술 (Percutaneous Vertebral Augmentation, PVA)은 통증이 심한 골다공증성 추체 골절의 치료에 최소 침습적 접근 방법을 제공하여 준다. 척추성형술과 척추후굴복원술 두 가지 방법 모두, 골절된 추체에 시멘트를 주입 후 약 90%의 환자에서 현저한 통증의 감소를 얻을 수 있으며, 척추후굴복원술은 시멘트를 적은 압력으로 주입하는 것이 가능하여 비교적 안전하고, 어느 정도는 골절 후 발생한 척추체의 압박으로 인한 후만 변형의 정복도 가능하다.

참고 문헌

- 1) Armsen N, Boszczyk B: Vertebro-/kyphoplasty history, development, results. *Eur J Trauma*, **5**: 433-441, 2005.
- 2) Barr JD, Barr MS, Lemley TJ, McCann RM: Percutaneous vertebroplasty for pain relief and spinal stabilization. *Spine*, **25**: 923-928, 2000.
- 3) Belkoff SM, Mathis JM, Fenton DC, Scribner RM, Reiley ME, Talmadge K: An ex vivo biomechanical evaluation of an inflatable bone tamp used in the treatment of compression fracture. *Spine*, **26**: 151-156, 2001.
- 4) Berlemann U, Ferguson SJ, Nolte LP, Heini PF: Adjacent vertebral failure after vertebroplasty. A biomechanical investigation. *J Bone Joint Surg Br*, **84**: 748-752, 2002.
- 5) Bostrom MPG, Lane JM: Future directions: augmentation of osteoporotic vertebral bodies. *Spine*, **22**(Suppl 24): S38-42, 1997.
- 6) Boszczyk BM, Bierschneider M, Schmid K, Grillhösl A, Robert B, Jaksche H: Microsurgical interlaminary vertebro- and kyphoplasty for severe osteoporotic fractures. *J Neurosurg*, **100**(Suppl 1): 32-37, 2004.
- 7) Cauley JA, Thompson DE, Ensrud KC, Scott JC, Black D: Risk of mortality following clinical fractures. *Osteoporos Int*, **11**: 556-561, 2000.
- 8) Cohen D, Feinberg P: Secondary osteoporotic compression fractures after kyphoplasty. *Am Acad Orthop Surg. Meeting*; February 5-9, 2003; New Orleans (LA): Poster no. P31.
- 9) Cooper C, Atkinson EJ, Jacobsen SJ, O'Fallon WM, Melton LJ 3rd: Population-based study of survival after

- osteoporotic fractures. *Am J Epidemiol*, **137**: 1001-1005, 1993.
- 10) **Cortet B, Cotten A, Deprez X, et al**: Value of vertebroplasty combined with surgical decompression in the treatment of aggressive spinal angioma. Apropos of 3 cases. *Rev Rhum Ed Fr*, **61**: 16-22, 1994.
 - 11) **Cotten A, Boutry N, Cortet B, et al**: Percutaneous vertebroplasty: state of the art. *Radiographics*, **18**: 311-320, 1998.
 - 12) **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*, **200**: 525-530, 1996.
 - 13) **Deramond H, Depriester C, Galibert P, Le Gars D**: Percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate: technique, indications, and results. *Radiol Clin North Am*, **36**: 533-546, 1998.
 - 14) **Deramond H, Depriester C, Toussaint P, Galibert P**: Percutaneous vertebroplasty. *Semin Musculoskelet Radiol*, **1**: 285-296, 1997.
 - 15) **DiMaio FR**: The science of bone cement: a historical review. *Orthopedics*, **25**: 1399-1407, 2002.
 - 16) **Ensrud K, Thompson D, Cauley J, et al**: Prevalent vertebral deformities predict mortality and hospitalization in older women with low bone mass. *J Am Geriatr Soc*, **48**: 241-249, 2000.
 - 17) **Feydy A, Cognard C, Miaux Y, et al**: Acrylic vertebroplasty in symptomatic cervical vertebral haemangiomas: report of 2 cases. *Neuroradiology*, **38**: 389-391, 1996.
 - 18) **Fribourg D, Tang C, Sra P, Delamarter R, Bae H**: Incidence of subsequent vertebral fracture after kyphoplasty. *Spine*, **29**: 2270-2276, 2004.
 - 19) **Galibert P, Deramond H, Rosat P, Le Gars D**: Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty. *Neurochirurgie*, **33**: 166-168, 1987.
 - 20) **Garfin SR, Yuan HA, Reiley MA**: New technologies in spine: kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures. *Spine*, **26**: 1511-1515, 2001.
 - 21) **Grados F, Depriester C, Cayrolle G, Hardy N, Deramond H, Fardellone P**: Long-term observations of vertebral osteoporotic fractures treated by percutaneous vertebroplasty. *Rheumatology (Oxford)*, **39**: 1410-1414, 2000.
 - 22) **Harrop J, Prpa B, Reinhardt MK, Liberman I**: Primary and secondary osteoporosis' incidence of subsequent vertebral compression fractures after kyphoplasty. *Spine*, **29**: 2120-2125, 2004.
 - 23) **Hide IG, Gangi A**: Percutaneous vertebroplasty: history, technique and current perspectives. *Clin Radiol*, **59**: 461-467, 2004.
 - 24) **Ide C, Gangi A, Rimmelin A, et al**: Vertebral haemangiomas with spinal cord compression: the place of pre-operative percutaneous vertebroplasty with methyl methacrylate. *Neuroradiology*, **38**: 585-589, 1996.
 - 25) **Ismail AA, O'Neill TW, Cooper C, et al**: Mortality associated with vertebral deformity in men and women: results from the European Prospective Osteoporosis Study (EPOS). *Osteoporos Int*, **8**: 291-297, 1998.
 - 26) **Jalava T, Sarna S, Pylkkanen L, et al**: Association between vertebral fracture and increased mortality in osteoporotic patients. *J Bone Miner Res*, **18**: 1254-1260, 2003.
 - 27) **Kado DM, Duong T, Stone KL, et al**: Incident vertebral fractures and mortality in older women: a prospective study. *Osteoporos Int*, **14**: 589-594, 2003.
 - 28) **Kaemmerlen P, Thiesse P, Jonas P, Bascoulegue Y, Lapras C, Duquesnel J**: Percutaneous injection of cement into metastatic vertebrae. *Presse Med*, **18**: 983-984, 1989.
 - 29) **Kanis J, Johnell O, Oden A, et al**: The risk and burden of vertebral fractures in Sweden-Osteoporos. *Int*, **15**: 20-26, 2004.
 - 30) **Kaufmann TJ, Jensen ME, Schweickert PA, Marx WF, Kallmes DF**: Age of fracture and clinical outcomes of percutaneous vertebroplasty. *AJNR Am J Neuroradiol*, **22**: 1860-1863, 2001.
 - 31) **Lavelle WF, Cheney R**: Recurrent fracture after vertebral kyphoplasty. *Spine J*, **6**: 488-493, 2006.
 - 32) **Ledlie JT, Renfro M**: Balloon kyphoplasty: one-year outcomes in vertebral body height restoration, chronic pain, and activity levels. *J Neurosurg*, **98(Suppl 1)**: 36-42, 2003.
 - 33) **Leidig-Bruckner G, Minne HW, Schlaich C, et al**: Clinical grading of spinal osteoporosis: quality of life components and spinal deformity in women with chronic low back pain and women with vertebral osteoporosis. *J Bone Miner Res*, **12**: 663-675, 1997.
 - 34) **Lemke DM**: Vertebroplasty and kyphoplasty for treatment of painful osteoporotic compression fractures. *J Am Acad*

- Nurse Pract, **17**: 268-276, 2005.
- 35) **Lieberman IH, Dudeney S, Reinhardt MK, Bell G**: Initial outcome and efficacy of “kyphoplasty” in the treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine*, **26**: 1631-1638, 2001.
 - 36) **Lindsay R, Silverman SL, Cooper C, et al**: Risk of new vertebral fracture in the year following a fracture. *JAMA*, **285**: 320-323, 2001.
 - 37) **Majd ME, Farley S, Holt RT**: Preliminary outcomes and efficacy of the first 360 consecutive kyphoplasties for the treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine J*, **5**: 244-255, 2005.
 - 38) **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*, **22**: 373-381, 2001.
 - 39) **Mathis JM, Maroney M, Fenton DC, et al**: Evaluation of bone cements for use in percutaneous vertebroplasty [abstract]. In: Proceedings of the 13th Annual Meeting of the North American Spine Society (San Francisco, CA, October 28-31, 1998). Rosemont (IL): North American Spine Society, 210-1, 1998.
 - 40) **Murphy KJ, Deramond H**: Percutaneous vertebroplasty in benign and malignant disease. *Neuroimaging Clin N Am*, **10**: 535-545, 2000.
 - 41) National Osteoporosis Foundation. 2005 Annual Report. Available at: http://www.nof.org/aboutnof/2005_Annual_Report_FINAL.pdf. Accessed December 20, 2006.
 - 42) **Padovani B, Kasriel O, Brunner P, et al**: Pulmonary embolism caused by acrylic cement: a rare complication of percutaneous vertebroplasty. *AJNR Am J Neuroradiol*, **20**: 375-377, 1999.
 - 43) **Polikeit A, Nolte LP, Ferguson SJ**: The effect of cement augmentation on the load transfer in an osteoporotic functional spinal unit: finite element analysis. *Spine*, **28**: 991-996, 2003.
 - 44) **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*, **31**: 435-441, 2006.
 - 45) **Silverman SL, Delmas PD, Kulkarni PM, Stock JL, Wong M, Plouffe L Jr**: Comparison of fracture, cardiovascular event, and breast cancer rates at 3 years in postmenopausal women with osteoporosis. *J Am Geriatr Soc*, **52**: 1543-1548, 2004.
 - 46) **Spivak J, Johnson M**: Percutaneous treatment of vertebral body pathology. *J Am Acad Orthop Surg*, **13**: 6-17, 2005.
 - 47) **Truumees E, Hilibrand A, Vaccaro AR**: Percutaneous vertebral augmentation. *Spine J*, **4**: 218-229, 2004.
 - 48) **Uppin AA, Hirsch JA, Centenera LV, Pfeifer BA, Pazzanos AG, Choi IS**: Occurrence of new vertebral body fracture after percutaneous vertebroplasty in patients with osteoporosis. *Radiology*, **226**: 119-124, 2003.
 - 49) **Villarraga ML, Bellezza AJ, Harrigan TP, Crompton PA, Kurtz SM, Edidin AA**: The biomechanical effects of kyphoplasty on treated and adjacent nontreated vertebral bodies. *J Spinal Disord Tech*, **18**: 84-91, 2005.
 - 50) **Wasnich U**: Vertebral fracture epidemiology. *Bone*, **18**: 1791-1796, 1996.
 - 51) **Wehrli FW, Ford JC, Haddad JG**: Osteoporosis: clinical assessment with quantitative MR imaging in diagnosis. *Radiology*, **196**: 631-641, 1995.
 - 52) **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*, **199**: 241-247, 1996.