



급성 골다공증성 척추 압박 골절이 있는 환자에서 테리파라타이드와 경피적 척추 성형술의 단기 치료 결과 비교

서준오 · 권기연[✉] · 이범석 · 손훈상

원주세브란스기독병원 정형외과

Short-term Treatment Comparison of Teriparatide and Percutaneous Vertebroplasty in Patients with Acute Osteoporotic Vertebral Compression Fractures

Joonoh Seo, M.D., Ki Youn Kwon, M.D.[✉], Bumseok Lee, M.D., Hoon-Sang Sohn, M.D., Ph.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Wonju Severance Christian Hospital, Wonju, Korea

Received November 30, 2023

Revised December 13, 2023

Accepted December 13, 2023

✉Correspondence to:

Ki Youn Kwon, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery,
Wonju Severance Christian Hospital,
20 Ilsan-ro, Wonju 26426, Korea

Tel: +82-33-741-1343

Fax: +82-33-741-1365

E-mail: 1stspineky@yonsei.ac.kr

Financial support: None.

Conflict of interests: None.

Purpose: This study compared the 3-month treatment effects of teriparatide and percutaneous vertebroplasty for acute osteoporotic vertebral compression fractures.

Materials and Methods: A retrospective study was conducted on 76 patients diagnosed with acute osteoporotic vertebral compression fractures from January 1, 2020 to December 31, 2022. The patients were divided into the teriparatide group and the percutaneous vertebroplasty+alendronate group. The visual analog scale (VAS), Oswestry disability index (ODI), and height of the vertebrae anterior wall were measured before treatment and at 1 and 3 months after treatment.

Results: Of the 76 patients, 42 were treated with teriparatide, and 34 were treated with percutaneous vertebroplasty. The symptoms improved in both groups, with a decrease in the VAS and ODI scores at 1 and 3 months after treatment, respectively. On the other hand, there was no significant difference in the VAS, ODI score, and anterior vertebral body height between the two groups before treatment and at 1 and 3 months after treatment.

Conclusion: In the treatment of acute osteoporotic vertebral compression fractures, conservative treatment using teriparatide showed similar short-term (3 months) treatment results to percutaneous vertebroplasty in terms of improvement in back pain and function and degree of reduction in anterior vertebral body height.

Key Words: Compression fracture, Osteoporosis, Teriparatide, Vertebroplasty

서론

골다공증은 노인 인구에서 흔한 질병이다. 뼈의 질과 강도가 저하됨에 따라 노인 환자는 낮은 강도의 외상에 취약하다. 골다공증성 척추 압박 골절(osteoporotic vertebral compression fracture)은 노인 인구의 주요 공중보건 문제이다.^{1,2)} 골다공증성 척추 압박 골절 환자의 상당수가 진통제, 단기간 침상 안정, 척추 보조기 등의 보존적 치료를 받고 있다.³⁻⁵⁾ 그러나 적극적인 통증관리에도 통증이 호전되지 않고, 척추체 붕괴가 진행되는 것은 보존적 치료에 있어 문제가 되고 있다.⁶⁻⁸⁾

골다공증성 척추 압박 골절 환자의 상당수가 진통제, 단기간 침상 안정, 척추 보조기 등의 보존적 치료를 받고 있다.³⁻⁵⁾ 그러나 적극적인 통증관리에도 통증이 호전되지 않고, 척추체 붕괴가 진행되는 것은 보존적 치료에 있어 문제가 되고 있다.⁶⁻⁸⁾

이러한 보존적 치료는 높은 질병률, 사망률과 관련이 있으며, 골다공증성 척추 압박 골절 후 불유합 또한 적지 않게 발생한다.^{9,10)} 또한, 광범위한 개복 수술이 필요한 경우도 있다.¹¹⁾

경피적 척추 성형술(percutaneous vertebroplasty)이나 경피적 후만성형술(percutaneous kyphoplasty)과 같은 척추체 시멘트 보강술은 빠른 통증 완화로 이어질 수 있고, 조기 보행이 가능하며, 대부분 환자에 있어서 삶의 질을 향상시킬 수 있다.^{4,12-14)} 그러나 최근의 여러 연구에서는 척추체 시멘트 보강술이 위약 효과에 비해 유의한 임상적 이점이 없는 것으로 나타났다.¹⁵⁻¹⁷⁾ 또한 척추체 시멘트 보강술은 시멘트 누출, 폐색전증, 결막하 혈종, 감염, 그리고 인접 척추체의 새로운 골절 등과 같은 합병증의 위험이 있다.¹⁸⁾ 따라서 골다공증성 척추 압박 골절의 치료는 여전히 논란의 여지가 있다.⁶⁾

재조합 인간 부갑상선 호르몬(recombinant human parathyroid hormone)인 테리파라타이드(teriparatide)는 골다공증의 최초 동화작용제이다.⁶⁾ 새로운 뼈를 생성하고 뼈 질량을 증가시키며 뼈 강도를 향상시키는 뼈 형성 약물이다.¹⁹⁾ 테리파라타이드는 폐경 후 골다공증 여성에서 척추 및 비척추 골절을 감소시켰으며 골절 위험이 높은 중증 골다공증 치료에 권장되고, 동물 모델에서는 뼈 치유를 가속화하였다.^{11,20,21)} 실제로 테리파라타이드는 비정형 대퇴골 골절 및 전자간 골절의 치료, 천골 부전 골절의 유합 및 통증 완화를 위해 사용되었다.²²⁻²⁴⁾ 최근 급성 골다공증성 척추 압박 골절의 보존적 치료에서 테리파라타이드의 임상적 효능에 대한 연구들이 제시되고 있다. 여러 연구에서 테리파라타이드가 요추 골밀도(bone mineral density)를 유의하게 증가시킨다고 알려져 있다.^{25,26)} 따라서, 본 연구에서는 급성 골다공증성 척추 압박 골절에 대한 테리파라타이드와 경피적 척추 성형술의 3개월 치료 효과를 비교하고자 한다.

대상 및 방법

1. 연구 설계 및 대상

본 연구는 2020년 1월 1일부터 2022년 12월 31일까지 본원에서 급성 골다공증성 척추 압박 골절을 진단받은 환자를 대상으로 진행되었다. 급성 압박 골절은 자기공명영상을 이용하여 진단하였으며, T1 강조 영상에서는 신호 세기가 낮고, 지방 억제 T2 강조 영상에서는 신호 세기가 높은 것으로 확인하였다(Fig. 1). 요추 및 대퇴골 경부의 골밀도는 이중 에너지 방사선 흡수계측법으로 측정되었으며, -2.5 미만의 T 점수는 골다공증 진단 기준이 되었다. 척추체의 급성 골다공증성 압박 골절 이외에 무혈성 괴사(Kummel's disease), 신경학적 증상(neurological deficits)이 있는 경우, 중추(middle column)나 후주(posterior column)를 포함한 방출성 골절, 이전에 척추 수술 또는 경피적 척추 성형술과 같은 시술을 받은 경우, 종양 및 감염의 경우는 제외되었다. 이에 총 124명의 환자에 대해 의무기록을 기반으로 하여 후향적 분석을 시행하였다. 124명의 환자 중 36명의 환자는 외래 추시 실패로 제외되었다. 12명의 환자는 테리파라타이드 순응도 실패로 제외되었다. 치료 시작 후 단기간 추시 관찰 연구여서 경피적 척추 성형술을 시행 받은 환자에서 경구용 알렌드로네이트를 중단한 환자는 중퇴자로 간주되지 않았다. 따라서 총 76명의 환자를 대상으로 이에 대해 후향적 분석을 시행하였다. 급성 골다공증성 척추 압박 골절을 진단받은 환자는 테리파라타이드군(Fig. 2) 및 경피적 척추 성형술+알렌드로네이트군(Fig. 3)으로 나뉘었다. 모든 환자는 Dicamax 1000® (칼슘 500 mg+비타민 D3 1,000 IU; Dalim Biotech)을 1일 1회 복용

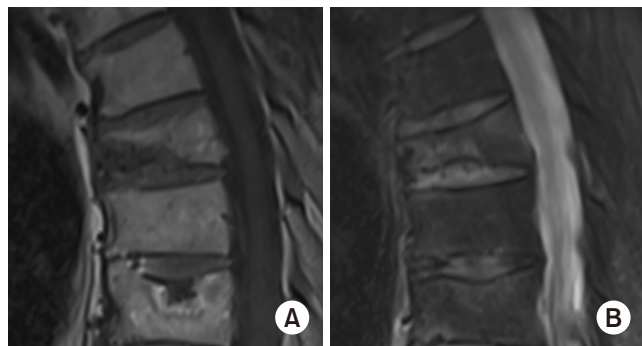


Fig. 1. Magnetic resonance imaging. (A) T1-weighted image. (B) Fat suppressed T2-weighted image.



Fig. 2. Teriparatide group case X-ray. Arrow indicates compression fracture at L4 vertebrae body. (A) Before treatment. (B) Three months after treatment.



Fig. 3. Vertebroplasty group case X-ray. Arrow indicates compression fracture at L4 vertebrae body. (A) Before treatment. (B) Three months after treatment.

용하였다. 테리파라타이드군에는 1일 1회 Forsteo® (teriparatide 0.6 mg, 20 µg; Eli Lilly)를 피하주사 하였다. 경피적 척추 성형술+알렌드로네이트군에서는 리도카인 국소 마취 하에 척추 내 골시멘트를 이용한 척추체 시멘트 보강술 시술을 받았다. 그 후에는 Fosamax® (alendronate 70 mg; Organon Korea)를 주 1회 복용했다. 통증 조절을 위해 진통제 (acetaminophen 0.325 g+tramadol hydrochloride 37.5 mg)를 하루 2회 처방하였다. 환자 스스로 진통제 복용 여부와 통증에 대한 인식을 바탕으로 활동 제한 여부를 결정했다.

2. 측정 방법

치료 전, 치료 후 1개월, 3개월에 진행하였다. Visual analog scale (VAS), Oswestry disability index (ODI) 설문지를 이용하여 각 환자의 증상, 신체적 능력을 평가하였다.²⁷⁾ 또한, 치료 전, 치료 후 1개월, 3개월에 두 군의 척추 전후방, 측면 사진을 촬영하였으며, 척추 측면 사진을 이용하여 척추체의 전벽의 높이를 측정하였다(Fig. 4).

3. 통계 분석

IBM SPSS 프로그램(ver. 23; IBM Corp.)을 사용하여 분석을 수행하였으며, 데이터는 평균±표준편차 또는 백분율로 표시하였다. Student's *t*-test, paired *t*-test 및 chi-square test를 사용하여 군 간 연속 및 비연속 변수의 차이를 분석했다. $p < 0.05$ 일 경우 통계적으로 유의한 것으로 간주하였다.

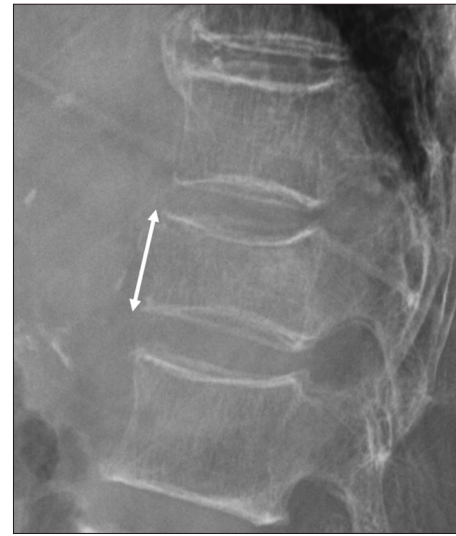


Fig. 4. Measurement of fractured anterior vertebral body height.

결 과

전체 환자 76명 중 테리파라타이드로 치료한 군이 42명, 경피적 척추 성형술로 치료한 군이 34명이었다. 경피적 척추 성형술군에서는 2명의 환자가 1개월 후부터 알렌드로네이트를 중단했다. 두 치료 모두에서 심각한 합병증은 관찰되지 않았다.

이 두 군의 demographic 자료 분석에서 나이, 성별, 체질량지수, 골밀도 T-score, 기존에 골다공증 약물 복용력, 그리고 골다공증성 척추 압박 골절 과거력을 포함하여 두 군 간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 또한 두 군 간 VAS, ODI 점수 및 척추체 전벽의 높이에서 치료 전에 유의한 차이는 없었다(Table 1).

테리파라타이드군과 경피적 척추 성형술군(알렌드로네이트 포함), 두 군 모두에서 치료 후 1개월, 3개월에서 VAS와 ODI 점수가 통계적으로 유의하게 감소했으며($p < 0.05$), 두 군 간 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 2).

테리파라타이드군과 경피적 척추 성형술군, 각각의 군에서 골절된 척추체 전벽의 높이 변화는 치료 전과 치료 후 1개월째, 3개월째를 비교했을 때 통계적으로 유의한 차이는 없었으며($p > 0.05$, Table 3), 두 군을 서로 비교했을 때 또한 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$, Table 4).

Table 1. Demographic, Clinical and Radiographic Data of the Patients

	Teriparatide (n=42)	Vertebroplasty (n=34)	p-value
Age (yr)	67.38±8.46	65.82±7.76	0.410
Sex			0.785
Female	26 (61.9)	20 (58.8)	
Male	16 (38.1)	14 (41.2)	
BMI (kg/m ²)	26.88±2.99	25.88±2.23	0.109
BMD	-2.98±0.38	-3.02±0.41	0.664
Osteoporosis medication	23 (54.8)	21 (61.8)	0.539
OVCF history	20 (47.6)	19 (55.9)	0.474
Level of vertebral fracture			0.481
TL	28 (66.7)	20 (58.8)	
Non-TL	14 (33.3)	14 (41.2)	
Back pain VAS	7.74±0.99	7.68±1.04	0.792
ODI	69.81±8.57	69.82±9.49	0.995
Height of anterior vertebral body (mm)	15.76±3.47	15.85±5.59	0.911

Values are presented as mean±standard deviation or number (%). BMI: body mass index, BMD: bone mineral density, OVCF: osteoporotic vertebral compression fracture, TL: thoracolumbar spine (T11-L2), Non-TL: non-thoracolumbar spine (T5-T10 or L3-L5), VAS: visual analog scale, ODI: Oswestry disability index.

Table 2. Comparisons of the Clinical Data

	Teriparatide (n=42)	Vertebroplasty (n=34)	p-value
Back pain VAS			
Before treatment	7.74±0.99	7.68±1.04	0.792
1-month after treatment	4.67±4.78	3.79±1.32	0.305
3-month after treatment	1.86±1.09	1.91±1.03	0.825
ODI			
Before treatment	69.81±8.57	69.82±9.49	0.995
1-month after treatment	28.43±8.01	26.82±8.59	0.403
3-month after treatment	16.52±7.25	15.77±6.16	0.629

Values are presented as mean±standard deviation. VAS: visual analog scale, ODI: Oswestry disability index.

Table 3. Comparisons of the Anterior Vertebral Body Height according to the Treatment Time Point

	Height of anterior vertebral body (mm)			p-value
	Before treatment	1-month after treatment	3-month after treatment	
Teriparatide	15.76±3.47	14.86±4.05	-	0.202
	15.76±3.47	-	14.48±3.58	0.077
Vertebroplasty	15.85±5.59	15.88±3.30	-	0.973
	15.85±5.59	-	15.74±4.55	0.907

Values are presented as mean±standard deviation.

Table 4. Comparisons of the Anterior Vertebral Body Height

	Teriparatide (n=42)	Vertebroplasty (n=34)	p-value
Height of anterior vertebral body (mm)			
Before treatment	15.76±3.47	15.85±5.59	0.911
1-month after treatment	14.86±4.05	15.88±3.30	0.238
3-month after treatment	14.48±3.58	15.74±4.55	0.181

Values are presented as mean±standard deviation.

고 찰

골다공증성 척추 압박 골절은 골다공증과 관련된 가장 흔한 골절 질환 중 하나로, 장기간 통증이 지속되고 삶의 질이 저하된다.^{4,28)} 급성 골다공증성 척추 압박 골절이 생긴 환자에 있어서 단기 목표는 통증 완화와 삶의 질 회복이었고, 장기 목표는 새로운 골절 예방이었다. 하지만 전통적인 보존적 치료를 받은 골다공증성 척추 압박 골절 환자의 대다수는 장기간 지속되는 통증과 삶의 질 저하를 보였다.²⁸⁻³⁰⁾ 지금까지 수십 년간 경피적 척추 성형술 및 경피적 후궁성형술과 같은 척추체 시멘트 보강 기술로 골다공증성 척추 압박 골절을 치료해오고 있다. 여러 문헌에서는 경피적 척추 성형술 및 경피적 후궁성형술이 일반 보존적 치료와 비교하여 급성 통증을 빠르게 감소시키고, 시술 직후 환자의 보행 능력을 회복시키는 것으로 보고되고 있다.^{16,31)} 그러나 엄격하게 설계된 위약 효과를 이용한 연구에서 경피적 척추 성형술은 이점이 없거나 약간의 이점만 있다고 보고된 연구도 있다.¹⁵⁻¹⁷⁾ 또한, 이러한 척추체 시멘트 보강술 후에 뼈 치유 문제를 논의한 연구가 거의 없다는 것이다. 폴리메틸메타크릴레이트(polymethyl methacrylate, PMMA) 기반 골시멘트는 분해되지 않으며 생물학적으로 불활성인 특성으로 인해 골 성장에 적합하지 않다.^{32,33)} 시멘트 주위 후광(halo)은 척추체 시멘트 보강술 후 10% 이상에서 나타났으며, 인접 부위 척추뼈의 재골절은 평균 27개월 추적 관찰 시 60%까지 관찰되었다.^{34,35)} 이는 뼈 재생을 위한 공간이 시멘트에 의해 점유되었으며, 실제 뼈 치유가 발생하지 않았음을 의미한다. 하지만 이러한 현상이 새로운 골절 발생과 척추 안정성에 미치는 영향은 불분명하다.

본 연구의 결과에 따르면 테리파라타이드를 이용한 보존적 치료는 3개월 치료 시 경피적 척추 성형술과 유의한 차이 없이 비슷한 통증 완화를 가져왔다. 또한 골절된 척추체의 전벽을 측정한 결과, 테리파라타이드군에서는 약 1 mm가량 감소하였고, 경피적 척추 성형술군에서는 거의 보존되었으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 테리파라타이드를 사용하였을 때 척추체 전벽의 높이가 3개월간 추시한 결과 1.3 mm 감소한 연구³⁶⁾ 및 9.6% 감소한 연구⁶⁾가 있었으며, 평균 27개월간 추시한 결과 4.4 mm 감소한 연구³⁷⁾도 있었다.

테리파라타이드는 여러 연구에서 급성 골다공증성 압박 골절의 치료에 있어서 척추 골밀도를 증가시켜 골절 치유 및 유합률을 향상시키고, 추가적인 골다공증성 압박 골절 발생률을 감소시키며, 허리통증, 신체 능력 및 건강 관련 삶의 질을 향상시킨다고 알려져 있다.³⁶⁻⁴⁰⁾ 통증 조절 및 척추체 형태

보존 측면에서 테리파라타이드의 효과는 명확하지 않다. 뼈 형성과 뼈 치유를 강화하는 것 외에도 뼈 흡수 증가는 염증 반응을 유발하는 손상된 뼈 조직을 제거하는 데 도움이 될 수 있다. 따라서 뼈의 치유가 충분히 빠르면 심각한 변형이 나타날 가능성이 적어질 것이라고 생각된다.

이 연구에는 몇 가지 한계가 있다. 가장 큰 한계점은 단기(3개월)의 짧은 추적관찰이다. 그리고 후향적 분석 연구에 충분한 환자 수가 모집되지 않았다. 이에 좀 더 많은 환자 수의 무작위 대조 연구를 전향적으로 장기간(6개월 이상) 추적 관찰하는 연구가 필요할 것이다. 이는 골다공증성 척추 압박 골절 치료에 있어서 최적의 치료 기간을 결정하기 위해 더 오랜 기간의 테리파라타이드 사용 기간도 필요할 것으로 생각된다. 또한 본 연구에서는 허리 통증과 기능 호전 여부 외에 방사선학적 요인에서 후만각이나 척추체 전벽, 중벽, 후벽이 아닌 오직 척추체 전벽 높이만을 고려하였다는 점이 한계점이며, 척추체 전벽 높이를 측정함에 있어 한 명의 연구자가 측정하였다는 점에서 편파성이 생길 수 있었다.

결 론

급성 골다공증성 척추 압박 골절의 치료에서 테리파라타이드를 이용한 보존적 치료는 단기(3개월) 치료 결과에 있어서 경피적 척추 성형술과 비교하여 허리 통증 및 기능 호전 여부, 척추체 전벽 높이 감소 정도에 있어서 차이가 없었다. 이에 급성 골다공증성 척추 압박 골절의 치료에서 테리파라타이드를 이용한 보존적 치료는 도움이 될 수 있다.

요 약

목적: 본 연구에서는 급성 골다공증성 척추 압박 골절에 대한 테리파라타이드와 경피적 척추 성형술의 3개월 치료 효과를 비교하고자 한다.

대상 및 방법: 2020년 1월 1일부터 2022년 12월 31일까지 급성 골다공증성 압박 골절을 진단받은 환자들을 대상으로 진행되었다. 총 76명의 환자를 대상으로 이에 대해 후향적 분석을 시행하였으며, 환자군은 테리파라타이드군 및 경피적 척추 성형술군으로 나뉘었다. 치료 전, 치료 후 1개월, 3개월에 VAS, ODI 및 척추체 전벽 높이를 측정하였다.

결과: 전체 환자 76명 중 테리파라타이드군이 42명, 경피적 척추 성형술군이 34명이었다. 테리파라타이드군과 경피적 척추 성형술군, 두 군 모두에서 치료 후 1개월, 3개월에서 VAS

와 ODI 점수가 감소되면서 증상 호전이 있었다. 하지만 두 군 간에 치료 전, 치료 후 1개월, 3개월에 VAS, ODI 점수 및 척추체 전벽 높이에서 유의한 차이는 없었다.

결론: 급성 골다공증성 척추 압박 골절의 치료에서 테리파라타이드를 이용한 보존적 치료는 단기(3개월) 치료 결과에 있어 경피적 척추 성형술과 비교하여 허리 통증, 기능 및 척추체 전벽 높이에 있어 차이가 없었다.

색인 단어: 압박골절, 골다공증, 테리파라타이드, 척추성형술

ORCID

서준오, <https://orcid.org/0000-0001-7969-7792>

권기연, <https://orcid.org/0000-0002-3678-1262>

이범석, <https://orcid.org/0000-0002-2377-8160>

손훈상, <https://orcid.org/0000-0003-2661-0088>

References

- Hasseri R, Karlsson MK, Nilsson BE, Redlund-Johnell I, Johnell O: Prevalent vertebral deformities predict increased mortality and increased fracture rate in both men and women: a 10-year population-based study of 598 individuals from the Swedish cohort in the European Vertebral Osteoporosis Study. *Osteoporos Int*, 14: 61–68, 2003.
- Hasseri R, Karlsson MK, Jönsson B, Redlund-Johnell I, Johnell O: Long-term morbidity and mortality after a clinically diagnosed vertebral fracture in the elderly—a 12- and 22-year follow-up of 257 patients. *Calcif Tissue Int*, 76: 235–242, 2005.
- Black DM, Cummings SR, Karpf DB, et al: Randomised trial of effect of alendronate on risk of fracture in women with existing vertebral fractures. Fracture Intervention Trial Research Group. *Lancet*, 348: 1535–1541, 1996.
- Lee HM, Park SY, Lee SH, Suh SW, Hong JY: Comparative analysis of clinical outcomes in patients with osteoporotic vertebral compression fractures (OVCFs): conservative treatment versus balloon kyphoplasty. *Spine J*, 12: 998–1005, 2012.
- Papaioannou A, Watts NB, Kendler DL, Yuen CK, Adachi JD, Ferko N: Diagnosis and management of vertebral fractures in elderly adults. *Am J Med*, 113: 220–228, 2002.
- Park JH, Kang KC, Shin DE, Koh YG, Son JS, Kim BH: Preventive effects of conservative treatment with short-term teriparatide on the progression of vertebral body collapse after osteoporotic vertebral compression fracture. *Osteoporos Int*, 25: 613–618, 2014.
- Klazen CA, Verhaar HJ, Lohle PN, et al: Clinical course of pain in acute osteoporotic vertebral compression fractures. *J Vasc Interv Radiol*, 21: 1405–1409, 2010.
- Venmans A, Klazen CA, Lohle PN, Mali WP, van Rooij WJ: Natural history of pain in patients with conservatively treated osteoporotic vertebral compression fractures: results from VER-TOS II. *AJNR Am J Neuroradiol*, 33: 519–521, 2012.
- Edidin AA, Ong KL, Lau E, Kurtz SM: Morbidity and mortality after vertebral fractures: comparison of vertebral augmentation and nonoperative management in the Medicare population. *Spine (Phila Pa 1976)*, 40: 1228–1241, 2015.
- Lim J, Choi SW, Youm JY, Kwon HJ, Kim SH, Koh HS: Post-traumatic delayed vertebral collapse: Kummell's disease. *J Korean Neurosurg Soc*, 61: 1–9, 2018.
- Zhang L, Wang T, Chang M, et al: Teriparatide treatment improves bone defect healing via anabolic effects on new bone formation and non-anabolic effects on inhibition of mast cells in a murine cranial window model. *J Bone Miner Res*, 32: 1870–1883, 2017.
- Alvarez L, Alcaraz M, Pérez-Higueras A, et al: Percutaneous vertebroplasty: functional improvement in patients with osteoporotic compression fractures. *Spine (Phila Pa 1976)*, 31: 1113–1118, 2006.
- Anderson PA, Froysheter AB, Tontz WL Jr: Meta-analysis of vertebral augmentation compared with conservative treatment for osteoporotic spinal fractures. *J Bone Miner Res*, 28: 372–382, 2013.
- Ploeg WT, Veldhuizen AG, The B, Sietsma MS: Percutaneous vertebroplasty as a treatment for osteoporotic vertebral compression fractures: a systematic review. *Eur Spine J*, 15: 1749–1758, 2006.
- Buchbinder R, Busija L: Why we should stop performing vertebral augmentations for osteoporotic spinal fractures. *Intern Med J*, 49: 1367–1371, 2019.
- Buchbinder R, Johnston RV, Rischin KJ, et al: Percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fracture. *Cochrane Database Syst Rev*, 4: CD006349, 2018.
- Buchbinder R, Osborne RH, Ebeling PR, et al: A randomized trial of vertebroplasty for painful osteoporotic vertebral fractures. *N Engl J Med*, 361: 557–568, 2009.
- Tsuchie H, Miyakoshi N, Kasukawa Y, et al: The effect of teriparatide to alleviate pain and to prevent vertebral collapse after fresh osteoporotic vertebral fracture. *J Bone Miner Metab*, 34: 86–91, 2016.
- Canalis E, Giustina A, Bilezikian JP: Mechanisms of anabolic therapies for osteoporosis. *N Engl J Med*, 357: 905–916, 2007.
- Neer RM, Arnaud CD, Zanchetta JR, et al: Effect of parathyroid hormone (1–34) on fractures and bone mineral density in postmenopausal women with osteoporosis. *N Engl J Med*, 344: 1434–1441, 2001.
- Li W, Yuan L, Tong G, et al: Phospholipase C signaling activated by parathyroid hormone mediates the rapid osteoclastogenesis in

- the fracture healing of orchietomized mice. *BMC Musculoskelet Disord*, 19: 311, 2018.
22. Tsuchie H, Miyakoshi N, Iba K, et al: The effects of teriparatide on acceleration of bone healing following atypical femoral fracture: comparison between daily and weekly administration. *Osteoporos Int*, 29: 2659–2665, 2018.
23. Kasukawa Y, Miyakoshi N, Ebina T, et al: Enhanced bone healing and decreased pain in sacral insufficiency fractures after teriparatide treatment: retrospective clinical-based observational study. *Clin Cases Miner Bone Metab*, 14: 140–145, 2017.
24. Huang TW, Chuang PY, Lin SJ, et al: Teriparatide improves fracture healing and early functional recovery in treatment of osteoporotic intertrochanteric fractures. *Medicine (Baltimore)*, 95: e3626, 2016.
25. Takada J, Yoshimura T, Uzawa T: Twice-weekly teriparatide improves lumbar spine BMD independent of pre-treatment BMD and bone turnover marker levels. *J Bone Miner Metab*, 39: 484–493, 2021.
26. Tsai JN, Uihlein AV, Lee H, et al: Teriparatide and denosumab, alone or combined, in women with postmenopausal osteoporosis: the DATA study randomised trial. *Lancet*, 382: 50–56, 2013.
27. Collins SL, Moore RA, McQuay HJ: The visual analogue pain intensity scale: what is moderate pain in millimetres? *Pain*, 72: 95–97, 1997.
28. Suzuki N, Ogikubo O, Hansson T: The course of the acute vertebral body fragility fracture: its effect on pain, disability and quality of life during 12 months. *Eur Spine J*, 17: 1380–1390, 2008.
29. Jung HJ, Park YS, Seo HY, et al: Osteoporotic vertebral compression fractures. *J Bone Metab*, 24: 187–196, 2017.
30. Hansson TH, Hansson EK: The effects of common medical interventions on pain, back function, and work resumption in patients with chronic low back pain: a prospective 2-year cohort study in six countries. *Spine (Phila Pa 1976)*, 25: 3055–3064, 2000.
31. Klazen CA, Lohle PN, de Vries J, et al: Vertebroplasty versus conservative treatment in acute osteoporotic vertebral compression fractures (Vertos II): an open-label randomised trial. *Lancet*, 376: 1085–1092, 2010.
32. Ku KL, Wu YS, Wang CY, et al: Incorporation of surface-modified hydroxyapatite into poly(methyl methacrylate) to improve biological activity and bone ingrowth. *R Soc Open Sci*, 6: 182060, 2019.
33. Vaishya R, Chauhan M, Vaish A: Bone cement. *J Clin Orthop Trauma*, 4: 157–163, 2013.
34. Kim KH, Kuh SU, Park JY, Kim KS, Chin DK, Cho YE: What is the importance of “halo” phenomenon around bone cement following vertebral augmentation for osteoporotic compression fracture? *Osteoporos Int*, 23: 2559–2565, 2012.
35. Lin WC, Lee YC, Lee CH, et al: Refractures in cemented vertebrae after percutaneous vertebroplasty: a retrospective analysis. *Eur Spine J*, 17: 592–599, 2008.
36. Ma Y, Wu X, Xiao X, et al: Effects of teriparatide versus percutaneous vertebroplasty on pain relief, quality of life and cost-effectiveness in postmenopausal females with acute osteoporotic vertebral compression fracture: a prospective cohort study. *Bone*, 131: 115154, 2020.
37. Iwata A, Kanayama M, Oha F, Hashimoto T, Iwasaki N: Effect of teriparatide (rh-PTH 1–34) versus bisphosphonate on the healing of osteoporotic vertebral compression fracture: a retrospective comparative study. *BMC Musculoskelet Disord*, 18: 148, 2017.
38. Yu D, Kim S, Jeon I: Therapeutic effect of teriparatide for osteoporotic thoracolumbar burst fracture in elderly female patients. *J Korean Neurosurg Soc*, 63: 794–805, 2020.
39. Chen Z, Lin W, Zhao S, et al: Effect of Teriparatide on pain relief, and quality of life in postmenopausal females with osteoporotic vertebral compression fractures, a retrospective cohort study. *Ann Palliat Med*, 10: 4000–4007, 2021.
40. Gou P, Zhao Z, Yu C, et al: Efficacy of recombinant human parathyroid hormone versus vertebral augmentation procedure on patients with acute osteoporotic vertebral compression fracture. *Orthop Surg*, 14: 2510–2518, 2022.