

수술 전 골절편의 신경관 침범 정도에 따른 척추체성형술의 방사선학적 결과의 차이

서울보훈병원 신경외과

홍상문 · 김태완 · 박관호 · 지문표 · 김재오

The Differences of Radiological Results after Percutaneous Vertebroplasty according to the Degree of Preoperative Canal Encroachment due to Bony Fragments

Sang Moon Hong, MD, Tae Wan Kim, MD, Kwan Ho Park, MD, Moon Pyo Chi, MD and Jae O Kim, MD

Department of Neurosurgery, Seoul Veterans Hospital, Seoul, Korea

Objective: Anterior wedge compression fractures and burst fractures have different clinical features, treatment methods and risks of neurologic deficits. The aim of this study was to evaluate the radiological differences and postoperative risk due to cement leakage after vertebroplasty.

Methods: From January 2007 to December 2008, we retrospectively analyzed the radiological features of 43 patients. We divided the patients into three groups by the degree of the displaced bony fragments into the spinal canal. The change of the compression ratio, the kyphotic angle, the presence of cement leakage and the occurrence of major complications were investigated.

Results: The immediately postoperative improvement of the compression ratio was significantly better in the anterior wedge compression fracture group than that in the burst compression group (p -value: 0.022). Cement leakage was more common in the burst fracture group even though this was not statistically significant (p -value: 0.114), but cement leakage into spinal canal did not occur. There was no major complication, including embolism and additional neurologic deficit, after vertebroplasty in all the patients.

Conclusion: Vertebroplasty was the more effective method for treating an anterior wedge fracture than a burst fracture, and especially for achieving an improved compression ratio. Even though the risk of cement leakage may be higher for a burst fracture, vertebroplasty may be also carefully applied to burst fracture patients with no neurologic deficits at admission.

(Korean J Neurotrauma 2012;8:15-20)

KEY WORDS: Compression fracture · Spinal cord compression · Vertebroplasty · Cement leakage.

서 론

척추체 압박골절의 90% 가까이가 흉요추이행부에서 발생

Received: September 19, 2011 / Revised: November 23, 2011

Accepted: November 23, 2011

Address for correspondence: Tae Wan Kim, MD

Department of Neurosurgery, Seoul Veterans Hospital, 53 Jinhwangdo-ro 61-gil, Gangdong-gu, Seoul 134-791, Korea

Tel: +82-2-2225-1363, Fax: +82-2-2225-4152

E-mail: euro3399@naver.com

하며 그 중 10~20%에서 방출성골절이 발생한다. 수술적치료의 장점은 보존적치료에 비하여 만곡변화를 교정하기 좋으며 안정성을 유지하기 쉽고 신경조작을 직, 간접적으로 감압할 수 있으며 외부고정장치의 사용을 줄일 수 있는 것 등이다. 하지만 신경학적으로 이상이 없고 척추불안정성을 동반하지 않는 경우에는 수술적 치료에 따른 이환율을 막을 수 있는 보존적 치료만으로도 충분하다. 최근에는 척추체 압박골절의 치료로 척추체성형술이 흔히 사용되는 방법이다. 하지만, 방출성골절 (특히 신경학적증상이 동반되지 않

은)의 치료방법에 대하여는 아직까지도 이견이 많은 상황이다. 특히, 척추체성형술을 시행하는 경우 시행도중 골절편이 척추관내로 더욱 전위되어 오히려 신경학적 증상을 유발할 위험성을 안고 있다. 이에 신경학적 결손증상이 없는 척추체 압박골절에서 골절편의 전위정도에 따른 방사선학적변화의 차이를 비교하고 시술에 따른 위험성도 비교하여 보고자 한다.

대상 및 방법

2007년 1월부터 2008년 12월까지 본원에서 척추체성형술을 시행한 환자 중 첫 척추체 압박골절이 하나의 척추체에만 국한되어 발생한 43명을 대상으로 골절편의 신경관내 전위로 인한 협착의 정도를 측정하였다.

골절편의 위치가 주로 척추체의 중간보다 상부에 위치하고 있는 경우 단순 X-선 사진상에서 잘 보이지 않아¹⁴⁾ 골절편의 전위에 따른 협착의 정도를 측정하는 방법으로 X-선 촬영보다는 컴퓨터단층촬영을 좀 더 신뢰할 수 있다.

또한, 시상면의 직경을 이용한 방법이 척추협착의 정도를 과대평가한다는 주장도 있기는 하나⁸⁾ 단면적을 측정하는 것보다 시상면의 직경을 이용하는 것이 좀 더 간단하고 신뢰할 수 있어⁵⁾ 본 연구에서도 컴퓨터 단층촬영상 골절부위의 척추관의 직경과 인접한 두 부위의 척추관 직경의 평균값을 가지고 협착의 정도를 측정하였다. 이에 따라 1) 협착이 없는 환자를 A군 (Figure 1A), 2) 협착이 20% 이하인 환자를 B군 (Figure 1B), 3) 협착이 20% 이상인 환자를 C군 (Figure 1C)으로 분류하였다.

이 환자들을 대상으로 시술 후 척추체 압박률의 변화, 척추 후만각의 변화, 시멘트의 누출여부, 시술 후 주요 합병증의 발생유무 등을 비교하여 보았다. 척추체 압박률의 변화, 후만각의 변화, 시멘트의 누출여부 등은 시술 전후의 X-선 사진을 이용해 조사하였다 (Table 1).

모든 환자는 통증이외에 신경학적 결손은 보이지 않았으며 신경학적 결손이 있는 경우는 수술적인 치료방법을 선택하였다.

통계적 처리는 Fisher's exact test를 이용하였고, p -value가 0.05 미만인 경우 통계적으로 유의하다고 하였다.

결 과

내원당시의 골밀도소견과 후만각의 변화는 세 그룹 간에 p -value는 0.967과 0.576으로 유의한 차이를 보이지 않았으나 초기 압박률은 세 그룹 간에 p -value 0.022로 척추관내로의 골절편의 전위로 인한 협착이 있는 군에서 압박률도 커지는 소견을 보였다. 세 그룹 간의 비교에서도 A군과 B군의 비교에서는 p -value 0.062, A군과 C군의 비교에서는 p -value 0.016으로 협착이 심할수록 압박률도 통계적으로 의미 있게 증가하는 소견을 보였다. 모든 환자에서 정도의 차이는 있었지만 시술 후 통증의 완화소견을 보였다. 압박률이 크고 골절편의 척추관내로의 침범정도가 심한 환자에서도 통증의 감소결과는 얻을 수 있었다 (Figure 2).

척추체 압박률의 변화

시술 직후 시술 전에 비하여 척추체의 압박정도의 감소를 보인 경우는 A군에서 25명 중 21명 (84%), B군에서 14명 중 7명 (50%), C군에서 4명 중 2명 (50%)이었고 A군과 B군의 비교에서 p -value 0.033으로 통계적으로 유의한 차이를 보여주었다. 나머지 군들 간에서는 통계적으로 유의하지는 않았다. 또한 골절편의 전위 유무에 따라 A군과 B, C군을 합한 비교에서도 p -value 0.022로 유의한 차이를 보여주어 (Table 2) 척추체성형술에 의한 초기 압박률의 감소는 골절편의 전위에 의한 협착이 없는 환자에서 훨씬 더 효과적임을 알 수 있다.

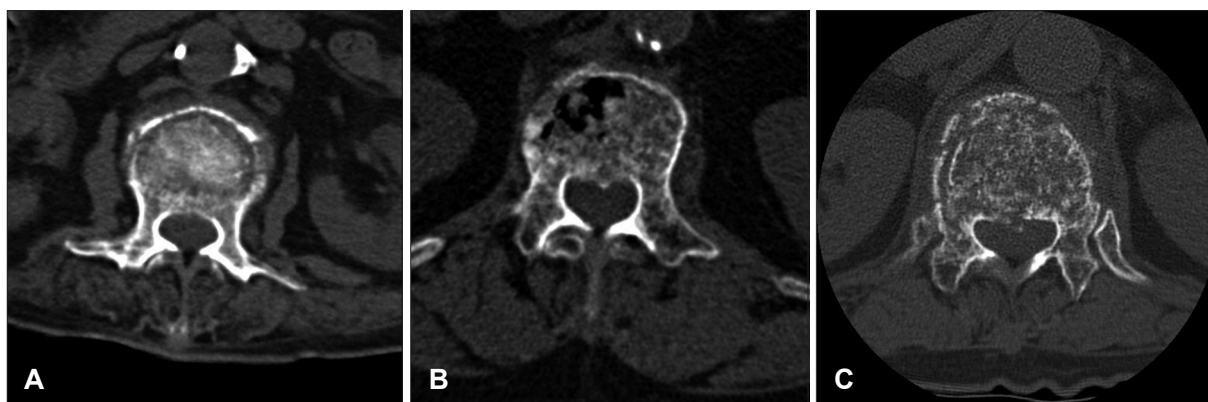


FIGURE 1. Preoperative lumbar CT shows the degree of canal encroachment due to bony fragment. None (A), less than 20% (B), more than 20% (C).

척추후만각의 변화

시술 직후 후만각의 호전을 보인 경우는 A군에서 25명 중 11명 (44%), B군에서 14명 중 5명 (35.7%), C군에서 4명 중

2명 (50%)이었으나 각 군과의 비교에서 통계적으로 유의하지는 않았다 (p -value: 0.739, 1.0, 1.0). A군과 B, C군을 합한 비교에서도 p -value 0.764로 유의한 차이를 보여주지는

TABLE 1. Radiological analysis of the patients

No.	Age/ Sex	BMD	Initial comp. ratio (%)	Postop. comp. ratio (%)	Initial kyphotic angle	Postop. kyphotic angle	Cement leakage	Canal compromise (%)
1	78/M	-2.8	45.30	33.20	11.35	5.48	S	23.60
2	77/M	-2.9	13.10	5.42	5.22	12.2	(-)	(-)
3	72/M	-2.2	22.90	34.40	5.07	6.32	S	9.56
4	72/M	-4	20.90	13.50	7.51	3.75	(-)	(-)
5	74/M	-4	4.10	5.32	15.21	17.16	(-)	(-)
6	81/M	-3.1	19.56	14.79	8.83	5.95	S	2.13
7	78/M	-4	19.97	17.85	4.12	11.2	(-)	(-)
8	79/M	-3.2	8.50	18.93	7.69	10.66	A	13.03
9	75/M	-1.8	17.75	8.28	4.51	6.25	(-)	(-)
10	81/M	-3	19.53	21.47	3.28	4.13	(-)	23.86
11	79/M	-2.8	7.55	5.16	9.03	9.83	(-)	(-)
12	79/M	-2.5	3.95	5.14	4.57	6.03	(-)	(-)
13	78/M	-2.1	38.89	41.60	10.37	5.21	(-)	16.21
14	82/M	-2.5	17.72	26.91	5.84	3.03	S	(-)
15	75/M	-2.5	9.57	7.05	3.83	7.15	(-)	(-)
16	73/M	-3.8	36.53	36.32	6.28	1.14	I	(-)
17	78/M	-4	14.90	14.80	4.76	3.45	(-)	(-)
18	79/M	-3.9	12.49	5.09	8.42	6.67	A	(-)
19	75/F	-4	13.60	20.43	4.08	1.91	(-)	7.40
20	72/F	-3.8	54.70	59.18	14.81	15.21	(-)	16.41
21	73/F	-4.6	30.60	32.83	8.36	6.47	S	28.23
22	82/F	-4.4	19.90	17.19	6.94	10.43	(-)	17.38
23	70/F	-3.5	29.55	9.77	11.17	12.4	(-)	(-)
24	70/F	-4.4	8.60	4.60	8.36	14.36	(-)	(-)
25	73/F	-2.7	17.77	20.21	10.07	9.28	(-)	18.74
26	74/F	-3.5	19.78	14.55	4.19	4.58	S	15.70
27	75/F	-4.5	10.32	7.92	3.69	5.43	(-)	(-)
28	76/F	-3.8	6.61	4.23	9.76	4.57	(-)	(-)
29	70/F	-4.3	18.95	6.28	7.78	14.87	(-)	16.79
30	75/F	-5.1	29.51	5.99	3.03	4.21	(-)	(-)
31	75/F	-4.7	20.60	22.16	13.45	9.69	S	(-)
32	62/M	-2.7	29.20	11.40	3.89	6.48	A	(-)
33	68/M	-3.3	13.00	29.39	8.61	2.6	A	(-)
34	68/M	-3.3	18.80	15.76	7.45	3.76	(-)	(-)
35	61/M	-2.3	18.60	18.39	6.97	2.67	S	(-)
36	62/M	-3.8	18.33	16.07	3.32	4.11	(-)	(-)
37	68/M	-2.5	12.88	16.52	10.09	2.81	(-)	(-)
38	64/M	-0.3	21.65	13.52	7.75	2.05	A	11.84
39	68/F	-4.1	23.50	20.58	7.09	5.68	(-)	(-)
40	63/F	-3.9	11.50	19.74	9.11	5.04	I	15.16
41	67/F	-4.9	21.50	19.22	3.34	7.32	(-)	12.56
42	66/F	-3.8	41.50	28.19	5.22	7.74	S	13.00
43	62/F	-3.6	25.95	16.44	12.45	15.41	A	21.46

No.: number, M: male, F: female, Comp.: compression, Postop.: postoperative, S: superior disc, I: inferior disc, A: anterior to vertebrae

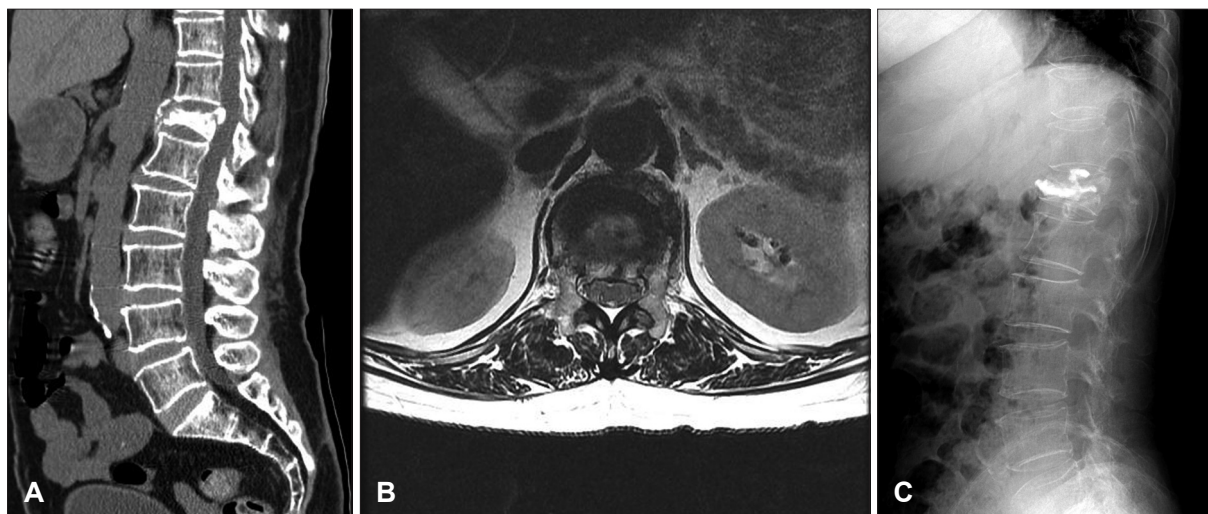


FIGURE 2. Preoperative lumbar CT and axial MRI image shows canal encroachment more than 20% (A, B). Simple X-ray lateral view after vertebroplasty (C).

TABLE 2. Comparison of vertebral body compression ratio improvement

Group	p value (Fisher's exact test)
A and B	0.033 (21/25, 7/14)
A and C	0.179 (21/25, 2/4)
B and C	0.712 (7/14, 2/4)
A and B+C	0.022 (21/25, 9/18)

TABLE 3. Comparison of kyphotic angle improvement

Group	p value (Fisher's exact test)
A and B	0.739 (11/25, 5/14)
A and C	1.0 (11/25, 2/4)
B and C	1.0 (5/14, 2/4)
A and B+C	0.764 (11/25, 7/18)

TABLE 4. Comparison of cement leakage

Group	p value (Fisher's exact test)
A and B	0.296 (7/25, 7/14)
A and C	0.105 (7/25, 3/4)
B and C	0.588 (7/14, 3/4)
A and B+C	0.114 (7/25, 10/18)

않아 후만각의 호전은 골절편의 척추관내의 침범으로 인한 척추관협착 정도와 통계적으로 의미가 없었다 (Table 3).

시멘트의 누출여부

시술도중 시멘트의 척추체외로의 누출은 A군에서 25명 중 7명(28%), B군에서 14명 중 7명(50%), C군에서 4명 중 3명(75%)으로 척추관협착이 심할수록 시멘트의 누출이 많은 것을 알 수 있으나 통계적으로 유의하지는 않았다 (p -value: 0.296, 0.105, 0.588). A군과 B, C군을 합한 비교에서도 p -value 0.114로 유의하지는 않았다 (Table 4). 시멘트의 누출은 A군에서 상부추간판내로의 누출이 3명, 하부추간판내

로의 누출이 1명, 척추체 앞쪽으로의 누출이 3명이었고 B군에서는 상부추간판내가 4명, 하부추간판내가 1명, 척추체 앞쪽이 2명이었다. 또한 C군에서는 상부추간판내로의 누출이 2명, 척추체 앞쪽으로의 누출이 1명이었으나 전 환자에서 척추관내로의 누출은 없었다.

합병증의 발생유무

시멘트 누출로 인한 색전증의 발생이나 골절편의 전위악화로 인한 신경학적 손상 등의 주요 합병증은 전 환자에서 발생하지 않았다.

고 찰

척추체 압박골절의 치료로 보존적 치료와 수술적 치료를 고려할 수 있으며 신경학적 증상이 없으며 전척추의 압박이 20% 이하, 후만각이 20도 이하, 척추협착의 정도가 20% 이하인 경우 보존적 치료가 권유되며 이 경우에는 수술적 치료와 비교하여 예후에 큰 차이를 보이지 않았다.¹¹⁾ 척추체 압박골절의 보존적 치료로는 과신전 상태에서의 보조기착용을 시행하였고 후척추의 인대손상이 있어도 치료의 금기사항은 아니었으며 극돌기 간 거리의 확장이 예후에 영향을 미치지 않는다고 하였다.³⁾

보존적 치료시 후에 신경학적증상의 악화를 가져오는 경우는 드물며 후척추의 손상이 없는 경우는 상대적으로 안정골절이므로 더더욱 보존적 치료로 충분하다고 하였다. 보존적 치료시 척추 후만이나 척추체의 허탈 등의 변형이 조금 나타나기는 하나 큰 문제는 나타나지 않았고 수상 당시의 방사선학적 변화의 정도와 잔존변형과는 무관하였

다.¹⁵⁾ 보존적 치료시 활동을 제한하고 보조기를 착용하는 것이 초기 통증완화에는 도움이 되나 장기예후에는 그렇지 않은 경우와 차이를 보이지 않았으나¹⁹⁾ Tropiano 등²¹⁾은 비관혈적 정복 후 보조기착용이 기능적으로나 방사선학적으로나 좋은 결과를 가져온다 하였고 특히 흉요추부골절에 효과적이라고 하였다.

보존적 치료에도 지속적인 통증을 호소하는 경우 척추체성형술을 고려할 수 있으며 척추체성형술을 시행한 경우에는 시술 직후뿐만 아니라 3개월 추적관찰에서 모두 통증완화의 지속을 보여주었다고 한다.⁶⁾ 척추체성형술 후 통증완화뿐 아니라 척추체 높이의 증가, 뼈기각의 증가를 가져올 수 있으며 골절편의 후방돌출의 정도를 증가시키지도 않는다.¹⁰⁾ 방출성 골절에서 척추체성형술 시행시 후만각의 교정보다 뼈기각의 교정이 더 잘 되는 경향을 보인다.²⁰⁾

척추체성형술을 시행한 방출성 골절과 일반 압박골절 환자를 비교한 결과 시멘트의 누출이나 인접척추체골절발생률에 차이는 통계학적으로 의의가 없었고¹³⁾ 시멘트누출이 방출성 골절에서 더 많이 발생하여도 추가적인 신경압박증상의 발생은 없었다.¹⁶⁾ 본 연구에서도 시멘트의 누출이 방출성 골절에서 많았으나 통계학적으로 유의하지는 않았고 추가적인 신경압박소견도 보이지 않았다. 하지만 Patel 등¹⁷⁾은 흔하지는 않지만 척추체성형술이나 kyphoplasty 후에 골절편의 후방돌출로 인한 신경학적증상발현의 위험성에 대하여 경고하고 있으며 이 같은 상황은 방출성 골절뿐 아니라 단순압박골절의 경우에도 나타난다고 하였다. 방출성 골절의 골절편전위로 인한 척추관의 협착이 있어도 척추체성형술은 안전하게 사용할 수 있는 치료방법이 될 수 있으며,^{1,2,10)} 본 연구에서도 방출성 골절 환자에서 척추체성형술 후 주요한 합병증이 나타난 경우는 없었다.

방출성 골절은 심한 통증을 유발함과 동시에 환자의 이동성이나 삶의 질에도 많은 영향을 미친다. 방출성 골절의 경우 수술과 보존적 치료 중 어느 것이 더 낫다고 하기 어려우나 신경학적 증상이 있는 경우에는 수술적인 치료가 권유된다.⁴⁾ 완전한 신경학적 손상이 있거나 불완전손상이지만 진행하는 경우, 제12흉추, 제1요추부위에서는 척추관의 협착정도가 50% 이상인 경우는 수술적 치료가 필요하다고 한다.⁸⁾ 컴퓨터단층촬영을 이용한 척추협착정도 측정결과 제11, 12흉추에서는 35% 이상, 제1요추에서는 45% 이상, 제2요추 이하 부위에서는 55% 이상의 협착이 있는 경우 신경학적 손상과 관련이 있다하나⁹⁾ 척추체의 협착정도가 불완전신경손상과는 비례관계에 있으나 완전신경손상과는 비례하지 않는다는 보고도 있으며¹⁴⁾ 협착의 정도가 수술적 치료의 절대적인 지침이 될 수는 없다는 주장도 있다.⁸⁾

수술적 치료 중에서도 척추관의 감압이나 척추 후만의 교정에는 후방접근법을 이용한 수술이 좋고 심한 신경학적 증상이 있거나 수상 후 7일 이상 경과된 경우에는 전방접근법을 이용한 수술이 낫다고 하기도 하며⁷⁾ Schnee 등¹⁸⁾은 압박률이나 척추관협착이 40% 이상이거나 만곡변화가 15도 이상이면 전방접근법을 하는 것을 권하는 등 적절한 수술법의 선택에도 이견이 많고 어떤 수술법이 더 낫다고 판단하기는 어렵다. 수술적 치료를 한 경우 척추관의 평균직경이 수상당시보다 증가하여 마지막 추적관찰시기까지 유지되며 후분절의 높이는 결국 감소하나 큰 문제는 되지 않았다고 한다.¹²⁾

척추체성형술은 국소적인 심한 통증이 있는 경우에 시행할 수 있으며 지속되는 신경근증상이 있는 경우나 후척주를 포함하고 있는 불안정골절인 경우에는 금기시되고 있다. 척수압박소견이 있다 하더라도 신경근증상이 없는 경우에는 척추체성형술을 안전하게 시행할 수 있으며,^{2,10)} 심한 척추관내로의 골절편전위나 신경압박이 있는 경우에도 척추체성형술의 사용을 배제하여서는 안 된다.²⁾ 척추체성형술은 보존적 치료로 통증의 완화에 실패한 방출성 골절 환자에서도 통증의 완화를 가져왔으며 추적 관찰한 컴퓨터 단층촬영에서는 골절된 척추체에 만족할 만한 경화(consolidation) 소견을 보였다는 보고가 있다.¹⁾ 본 연구에서는 방출성 골절 환자에서 압박률의 경우 방출성 골절이 없는 환자에 비하여는 확률적으로는 적으나 절반정도의 환자에서 압박률의 호전이 있었으며 후만각도 절반정도의 환자에서 호전된 것을 볼 수 있었다.

향후 장기적으로 교정된 압박률이나 후만각이 계속 유지되는지에 관한 연구가 필요할 것으로 보이며 방출성 골절에 의한 척추관내의 침범이 심한 경우 척추체성형술을 사용할 수 있는 적응증에 대한 추가적인 연구도 필요할 것으로 판단된다.

결 론

척추압박골절 환자에서 척추체성형술을 시행하는 경우 골절편의 척추관내로의 전위로 인한 협착이 없는 경우 초기 압박률의 호전에 더 효과적인 것으로 판단되며 비록 통계적 의의까지 갖지는 못하였으나 시멘트 누출의 위험성도 더 적은 것으로 판단된다. 또한, 방출성 골절 환자의 경우에도 골절편의 전위로 인한 척추관의 협착이 있으나 신경학적 결손이 없는 경우에는 시멘트의 척추관내로의 누출여부를 확인하면서 척추체성형술을 시행하면 주요 합병증없이 통증의 호전을 기대할 수는 있을 것으로 보인다.

■ The authors have no financial conflicts of interest.

REFERENCES

- 1) Amoretti N, Hovorka E, Marcy PY, Lamasse C, Brunner P, Roux C, et al. Burst fracture of the spine involving vertebrae presenting no other lesions: the role of vertebroplasty. *Clin Imaging* 29:379-382, 2005
- 2) Appel NB, Gilula LA. Percutaneous vertebroplasty in patients with spinal canal compromise. *AJR Am J Roentgenol* 182:947-951, 2004
- 3) Chow GH, Nelson BJ, Gebhard JS, Brugman JL, Brown CW, Donaldson DH. Functional outcome of thoracolumbar burst fractures managed with hyperextension casting or bracing and early mobilization. *Spine (Phila Pa 1976)* 21:2170-2175, 1996
- 4) Dai LY, Jiang SD, Wang XY, Jiang LS. A review of the management of thoracolumbar burst fractures. *Surg Neurol* 67:221-231; discussion 231, 2007
- 5) Dai LY, Wang XY, Jiang LS. Evaluation of traumatic spinal canal stenosis in thoracolumbar burst fractures. A comparison of three methods for measuring the percent canal occlusion. *Eur J Radiol* 67:526-530, 2008
- 6) Doody O, Czarnecki C, Given MF, Lyon SM. Vertebroplasty in the management of traumatic burst fractures: a case series. *J Med Imaging Radiat Oncol* 53:489-492, 2009
- 7) Esses SI, Botsford DJ, Kostuik JP. Evaluation of surgical treatment for burst fractures. *Spine (Phila Pa 1976)* 15:667-673, 1990
- 8) Frank E, Bonsell S. The accuracy of anterior-posterior measurements in the assessment of spinal canal compromise in burst fractures. *Neurol Res* 16:410-412, 1994
- 9) Hashimoto T, Kaneda K, Abumi K. Relationship between traumatic spinal canal stenosis and neurologic deficits in thoracolumbar burst fractures. *Spine (Phila Pa 1976)* 13:1268-1272, 1988
- 10) Hiwatashi A, Westesson PL. Vertebroplasty for osteoporotic fractures with spinal canal compromise. *AJNR Am J Neuroradiol* 28: 690-692, 2007
- 11) Knight RQ, Stornelli DP, Chan DP, Devanny JR, Jackson KV. Comparison of operative versus nonoperative treatment of lumbar burst fractures. *Clin Orthop Relat Res* 293:112-121, 1993
- 12) Leferink VJ, Nijboer JM, Zimmerman KW, Veldhuis EF, ten Vergert EM, ten Duis HJ. Burst fractures of the thoracolumbar spine: changes of the spinal canal during operative treatment and follow-up. *Eur Spine J* 12:255-260, 2003
- 13) Li CH, Chang MC, Liu CL, Chen TS. Osteoporotic burst fracture with spinal canal compromise treated with percutaneous vertebroplasty. *Clin Neurol Neurosurg* 112:678-681, 2010
- 14) Meves R, Avanzi O. Correlation between neurological deficit and spinal canal compromise in 198 patients with thoracolumbar and lumbar fractures. *Spine (Phila Pa 1976)* 30:787-791, 2005
- 15) Mumford J, Weinstein JN, Spratt KF, Goel VK. Thoracolumbar burst fractures. The clinical efficacy and outcome of nonoperative management. *Spine (Phila Pa 1976)* 18:955-970, 1993
- 16) Noh CH, Yi JS, Lee HJ, Yang JH, Lee IW, Kim MC. Effect of percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate to osteoporotic spinal compression fractures and bursting fractures. *J Korean Neurosurg Soc* 35:365-371, 2004
- 17) Patel AA, Vaccaro AR, Martyak GG, Harrop JS, Albert TJ, Ludwig SC, et al. Neurologic deficit following percutaneous vertebral stabilization. *Spine (Phila Pa 1976)* 32:1728-1734, 2007
- 18) Schnee CL, Ansell LV. Selection criteria and outcome of operative approaches for thoracolumbar burst fractures with and without neurological deficit. *J Neurosurg* 86:48-55, 1997
- 19) Shen WJ, Shen YS. Nonsurgical treatment of three-column thoracolumbar junction burst fractures without neurologic deficit. *Spine (Phila Pa 1976)* 24:412-415, 1999
- 20) Shin JJ, Chin DK, Yoon YS. Percutaneous vertebroplasty for the treatment of osteoporotic burst fractures. *Acta Neurochir (Wien)* 151:141-148, 2009
- 21) Tropiano P, Huang RC, Louis CA, Poitout DG, Louis RP. Functional and radiographic outcome of thoracolumbar and lumbar burst fractures managed by closed orthopaedic reduction and casting. *Spine (Phila Pa 1976)* 28:2459-2465, 2003