

전방 경추 유합술 후 Polyetheretherketone (PEEK) 케이지의 침강

김용민[✉] • 오규원 • 김동수 • 최의성 • 손현철 • 박경진 • 조병기 • 박지강 • 정호승 • 오정욱

충북대학교 의과대학 정형외과학교실

Subsidence of Polyetheretherketone Cage after Anterior Cervical Fusion

Yong Min Kim, M.D.[✉], Kyu Won Oh, M.D., Dong Soo Kim, M.D., Eui Sung Choi, M.D., Hyun Chul Shon, M.D., Kyung Jin Park, M.D., Byung Ki Cho, M.D., Ji Kang Park, M.D., Ho Seung Jeong, M.D., and Jung Wook Oh, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Chungbuk National University School of Medicine, Cheongju, Korea

Purpose: The purpose of this study is to evaluate the rate and direction of subsidence that occurred after anterior cervical discectomy and fusion using the polyetheretherketone (PEEK) cage and to analyze the risk factors of subsidence.

Materials and Methods: Thirty two patients (36 segments) who underwent anterior cervical discectomy and fusion using the PEEK cage and autologous cancellous iliac bone graft from July 2003 to November 2011 were enrolled in this study. anterior segmental height (ASH), posterior segmental height (PSH) and cage corner distance (CCD) were measured on plain radiographs. Subsidence was defined as ≥ 2 mm decrease in the average of ASH and PSH at the final follow up compared to that measured in the immediate postoperative period. A decrease of more than 3 mm was defined as severe subsidence for further statistical analysis.

Results: Subsidence of more than 2 mm was observed in 14 segments (38.9%) and severe subsidence (≥ 3 mm) was observed in seven segments (19.4%). The direction of subsidence was examined by comparison of means of decreased ASH and PSH and anterior subsidence outweighed posterior subsidence ($p < 0.001$). Examination of CCD showed that inferior subsidence was more frequent than superior subsidence ($p < 0.001$, $p = 0.047$). Among the suspicious risk factors for subsidence, intraoperative disc space distraction (anterior distraction: $p = 0.031$, posterior distraction: $p = 0.007$) and height of inserted cage ($p = 0.032$) showed statistical significance.

Conclusion: Considerable incidence of subsidence was observed after use of the cage. Using a cage of appropriate height and prevention of intraoperative over-distraction of disc space will be helpful to prevention of subsidence of the cage after anterior cervical discectomy and fusion using the PEEK cage.

Key words: anterior cervical fusion, subsidence, PEEK cage, segmental height

서론

전방 경추 추간판 제거술 및 경추 유합술(anterior cervical discectomy and fusion, ACDF)은 경추 추간판 퇴행성 질환에서 수술적 치료의 표준(gold standard)이 되었다. 하지만 Cloward,¹⁾ Smith와 Robinson²⁾에 의해 기술된 삼면 자가장골(autologous tricortical iliac bone) 이식을 이용한 방법은 공여부의 이환(morbidity)³⁾과 이식부 침강 등의 문제점이 보고되어 왔다. 이런 문제점을 극복하기 위

Received October 13, 2013 Revised December 3, 2013

Accepted January 22, 2014

[✉]Correspondence to: Yong Min Kim, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Chungbuk National University School of Medicine, 52 Naesudong-ro, Heungdeok-gu, Cheongju 361-763, Korea

TEL: +82-43-269-6077 FAX: +82-43-274-8719 E-mail: ymkim@chungbuk.ac.kr

*This work was supported by research grant of Chungbuk National University in 2013.

하여, ACDF 시 추체간 케이지를 이용하는 방법이 최근 사용되고 있으며, 양호한 결과를 보이고 있다. 케이지는 스테인리스 스틸, 티타늄, 탄소섬유, 폴리에테르에테르케톤(polyetheretherketone, PEEK) 등의 다양한 재료로 만들어지고 있으며, 추간판 높이와 척추 전만을 회복시키는 데 효과적이고, 전방주의 부하를 지지하는 역할 및 이식골의 붕괴를 예방하는 역할을 수행한다. 하지만 불유합(nonunion) 및 중판 내 침강(subsidence)이 발생할 수 있으며, 이로 인해 신경공의 협착, 신경근 압박, 경추부 불안정증, 인접관절 퇴행성 변화, 경추 전만의 상실 등이 유발될 수 있다는 것이 ACDF의 합병증으로 보고되어 왔다.

이번 연구는 케이지를 이용한 ACDF 후 발생하는 중판 내 침강의 발생률(incidence)과 위험인자들을 방사선학적 분석을 통하여 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

2003년 7월부터 2011년 11월까지 단독 PEEK 케이지(Solis; Stryker Spine, South Allendale, NJ, USA)와 자가골 이식을 이용한 단분절(single level) 혹은 두분절(two level) 전방 경추 추간판 제거술 및 ACDF를 시행받은 58분절(53명의 환자) 중 1년 이상 추시가 되지 않는 경우를 제외하고, 36분절(32명)을 대상으로 하였다.

남녀 비는 25:11이었으며, 평균 연령은 52세(32-73세)였고, 평균 추시기간은 24.2개월(12-89개월)이었다. 수술 전 진단은 추간판 탈출증 23예, 경추척수증 13예였다.

2. 연구 방법

1) 수술적 방법

수술은 Smith와 Robinson 접근법²⁾으로 전방 경추 추간판에 도달한 후 전방 추간판 절제술을 시행하였고 척추 종판(end plate)에

손상을 주지 않도록 주의하며 연골을 제거하였다. 적절한 케이지 높이는 수술 중 C-arm 및 trial을 이용하여 선택하였다. 모든 환자에서 장골 자가골 이식술을 시행하였으며 전방 장골능에서 약 1 cm의 피부 절개 후 지름 7 mm의 구멍을 피질골에 만들어 이 구멍을 통하여 curette를 사용, 해면골만을 채취하였다. 채취한 해면골은 PEEK 케이지에 감입한 후 전방 유합술을 시행하였다. 케이지 높이는 5, 6, 7 mm를 사용하였고, 전후방 사이즈는 12, 14 mm를 사용하였다. 금속판(plate)은 사용하지 않았다. 술 후 필라델피아 경추 보조기를 8주간 착용하였으며 그 이후 일상적인 경추 운동을 허용하였다.

2) 방사선학적 평가

수술 전 경추 단순 방사선사진(전후방 및 측면)과 경추부 자기공명영상검사(magnetic resonance imaging, MRI)를 실시하였으며, 수술 후 및 최종 추시 시, 단순 방사선 촬영을 시행하였다. 전방 분절높이(anterior segmental height, ASH), 후방분절높이(posterior segmental height, PSH), 케이지 삽입 깊이(하부척추체의 전방에서부터 케이지 전방까지의 거리, cage depth, CD) 및 유합분절 상하 척추체의 분절전만각(segmental lordosis)을 측정하였다(Fig. 1).

ASH와 PSH의 수술 전, 후 차이를 측정하여 전방 및 후방 추간판 간격이 얼마나 신연(distraction)되었는가를 측정하였고, 수술 후와 마지막 추시의 차이를 통하여 케이지의 전방 및 후방 침강 정도를 평가하였다. ASH와 PSH의 평균이 수술 직후에 비하여 마지막 추시에서 2 mm 이상 감소한 경우를 침강으로 분류하였고, 3 mm 이상인 경우는 중등도의 침강으로 분류하였다. 분절전만각은 콤팩스 방법을 이용하여 측면 사진에서 측정하였고, 수술 전과 수술 직후를 비교하여 전만각의 변화 정도를 케이지 침강의 위험인자 중 하나로 분석하였다.

케이지 침강의 상, 하방 및 전, 후방 정도를 비교하기 위하여 케이지 중앙에서부터 상부척추체 상부종판의 앞쪽(distance between

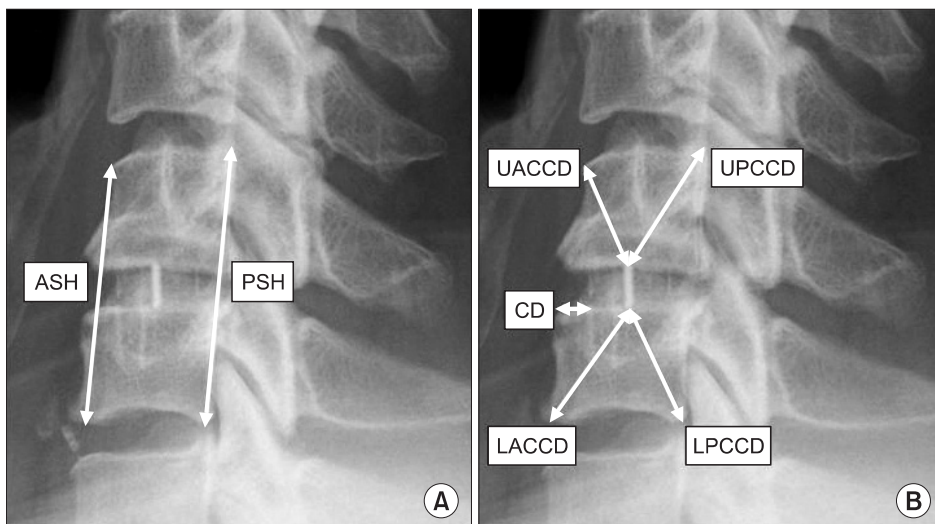


Figure 1. (A) Anterior segmental height (ASH) and posterior segmental height (PSH); (B) cage depth (CD, cage distance) and upper anterior cage corner distance (UACCD), upper posterior CCD (UPCCD), lower anterior CCD (LACCD), lower posterior CCD (LPCCD).

cage center and upper anterior endplate)과 뒤쪽(distance between cage center and upper posterior endplate), 하부척추체 하부중판의 앞쪽(distance between cage center and lower anterior endplate)과 뒤쪽(distance between cage center and lower posterior endplate) 사이의 거리에 대하여 측정하였고 이를 케이지-모서리 거리(cage-corner distance, CCD)로 명명하였다(Fig. 1).

각각의 단순방사선 측면 사진에서 척추체의 전후방 길이와 MRI 시상면 사진에서 측정한 척추체 전후방 길이의 비율을 통하여, 단순방사선 사진의 측정오차를 보정하였다.

방사선학적인 평가는 2명의 정형외과 전문의에 의해 디지털 영상의료전달시스템(Marosis 5.0 PACS viewer; Marotech, Seoul, Korea)을 통하여 각각 수행되었다.

3) 통계 분석

ASH와 PSH의 차이를 대응표본검정을 통해 분석하여, 케이지의 전, 후방 침강의 차이가 있는지 분석하였고, 케이지 침강의 위험인자를 분석하기 위하여 로지스틱 회귀분석 방정식을 이용하였다. 정도와 중등도의 침강에 따라 어떠한 인자가 영향을 미치는지 분석하기 위하여 연속변수에 대하여 Mann-Whitney U test, 명목변수에 대하여 카이제곱 검정을 시행하였다. 또한 수술 level에 따른 침강 유무의 차이를 보기 위하여 ANOVA를 시행하였다. 또한 각각의 케이지-모서리 거리(upper anterior CCD, upper posterior CCD, lower anterior CCD, lower posterior CCD)를 대응표본검정을 이용하여 분석하여 케이지의 전, 후방 및 상, 하방 침강의 차이가 있는지 분석하였다.

모든 통계분석은 PASW Statistics ver. 18.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 이용하여 시행하였고, 통계적인 유의성 여부는 p -value가 0.05 미만인 경우로 한정하였다.

4) 침강의 위험인자 분석

침강의 위험인자로써 성별, 나이, 술 전과 술 후 전만각의 변화 정도, 수술중 발생한 전방 및 후방신연, 케이지의 전후방 직경과 높이를 가정하였고, 이를 2 mm 이상의 침강을 보이는 군과 2 mm 미만인 군으로 나누어 로지스틱 회귀분석 방정식으로 분석하였으며, 2 mm 이상 침강이 발생한 환자군과 그렇지 않은 군에 대하여 이변량 분석을 시행하였다. 수술로 발생한 전만각의 변화 및 전방신연과 후방신연, 케이지 전후방 직경 및 케이지 높이, 케이지 삽입 깊이에 대하여 Mann-Whitney U test를 시행하였다. 수술 레벨에 따른 침강의 차이를 ANOVA로, 성별에 따른 침강의 차이를 카이제곱 검정으로 분석하였다.

3 mm 이상 중등도의 침강이 발생한 환자군과 그렇지 않은 군으로 나누어 로지스틱 회귀분석을 시행하였으며 같은 방식으로 이변량 분석을 시행하였다.

대상 환자군이 골다공증 위험 집단이 아니었기 때문에 골다공

증에 대한 분석은 시행하지 않았다.

결 과

침강은 수술 직후와 최종 추시에 ASH와 PSH 평균의 차이로 판단하였는데, 2 mm 미만의 분절높이 감소는 정상적인 골유합 과정에서 골 재형성으로 발생할 수 있으므로⁴⁾ 침강에서 제외하였고, 분절높이 감소가 2 mm 이상인 경우는 총 36분절 중 14분절(38.9%)에서 나타났으며, 침강분절 중에서 중등도 침강(≥ 3 mm)은 7분절(19.4%)에서 발생하였다. 침강이 발생한 군(14분절)과 그렇지 않은 군(22분절) 사이에 ASH와 PSH의 평균이 수술 전, 후 최종 추시 시 어떠한 양상으로 변화하는지를 분석하였다. 침강이 없는 군(Table 1)에서는 수술 전 분절높이의 평균이 32.53 mm, 수술 직후 34.41 mm, 최종 추시 시 33.21 mm로 나타났다. 최종 추시 시 분절높이는 수술 전에 비해 평균 0.69 mm 증가하였고, 이는 통계적으로 유의하였다($p=0.03$; Fig. 2). 침강이 발생한 군(Table 2)에서는 수술 전 분절높이의 평균이 31.98 mm, 수술 직후 34.87 mm, 최종 추시 시 31.53 mm로 나타났으며, 최종 추시 시 분절높이는 수술 전에 비해 평균 0.45 mm 감소하였으나, 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다($p=0.32$; Fig. 3). 침강이 없는 군에서는 분절높이가 수술 전에 비해 증가된 상태로 최종 추시까지 유지되는 양상을 보이거나 침강이 발생한 군에서는 케이지를 통한 분절높이 증가 효과가 침강으로 인해 상쇄된 것을 알 수 있다.

ASH의 감소가 PSH의 감소보다 유의하게 많은 정도로 발생하였다($p<0.001$). 각각의 CCD를 이용하여, 전상방과 전하방을 비교했을 때는 전하방(하부 경추 상중판의 전방)으로의 침강이 많았으며($p<0.001$), 후상방과 후하방을 비교하였을 때는 후하방으로의 침강이 유의하게 많았다($p=0.047$).

2 mm 이상 침강이 발생한 경우에는 추간판 간격의 전방 또는 후방 신연이 위험인자로 분석되었다. 수술 분절의 높이, 케이지 직경, 케이지 삽입 깊이, 술 후 전만각의 변화 정도, 성별, 나이 등은 유의한 위험인자로 분석되지 않았다(Table 3, 4). 3 mm 이상 중등도 침강이 발생한 경우에는 케이지 높이가 유의한 위험인자로 분석되었다(Table 5, 6).

불유합은 Cannada 등⁵⁾의 방법에 의하여 단순 방사선 측면 굴곡-신연 사진에서 극간 거리(interspinous distance)의 차이가 2 mm 이상일 때로 정의하였으며, 불유합은 발생하지 않았다.

고 찰

여러 저자들이 다양한 고정방법과 추체간 삽입물을 이용한 술식을 시도하고 있지만, 이 모든 술식들의 일차적인 목표는 이환된 신경근의 감압과 정상적인 경추 전만의 복원이다. 경추 전방 유합술(ACDF)은 추간판 간격의 복원을 통해 정상적인 추간공의 높

Table 1. Data Profiles of the Non-Subsidence Group

Patient No.	Lv*	Segmental height (mm)			Δ SA [†] (°)	Δ HA [‡] (mm)	Δ HP [§] (mm)	Cage diameter (mm)	Cage height (mm)
		Preoperative	Postoperative	Final follow up					
1	4	33.32	35.29	33.89	3.2	2.54	1.42	14	6
2	5	33.89	34.42	32.56	12.6	1.00	0.06	12	6
3	3	33.94	35.11	33.47	7.7	2.10	0.26	12	5
4	6	30.40	30.71	29.28	-4.3	-0.27	0.87	12	5
5	5	27.63	31.12	29.44	3.9	4.08	2.89	14	7
6	6	30.37	33.51	31.70	18.0	5.22	1.06	14	6
7	6	32.94	33.65	32.79	5.7	1.00	0.41	14	7
8	4	32.32	36.61	34.98	0.9	4.28	4.30	14	6
9	5	29.66	35.58	35.05	6.7	6.83	5.01	12	7
10	5	32.15	33.95	32.34	5.4	2.71	0.91	12	6
11	6	31.71	33.55	32.47	8.7	3.14	0.55	12	7
12	4	37.15	39.26	37.81	0.2	2.01	2.22	14	7
13	4	32.98	34.89	33.91	4.2	2.62	1.20	14	6
14	5	31.21	32.97	31.79	11.1	2.37	1.14	12	6
15	4	28.86	30.88	30.18	5.7	2.79	1.25	12	6
16	3	33.83	35.56	34.43	1.1	1.90	1.56	12	6
17	5	38.96	39.74	38.25	-7.1	0.34	1.23	14	7
18	5	29.28	30.13	29.46	8.0	1.51	0.19	14	6
19	3	33.42	34.63	33.90	1.5	1.15	1.27	12	6
20	4	32.90	33.68	32.22	0.4	0.61	0.95	12	6
21	5	34.41	36.95	36.52	6.8	3.23	1.85	14	7
22	5	34.26	35.76	34.56	3.0	1.93	1.06	14	7
Average		32.53	34.41	33.21	4.6	2.35	1.43	12 mm: 11 14 mm: 11	5 mm: 2 6 mm: 12 7 mm: 8

*Level of segmental fusion. [†]Difference between preoperative and postoperative sagittal angle. [‡]Anterior distraction of disc space. [§]Posterior distraction of disc space.

이를 확보하여 신경근을 감압할 수 있고 정상적인 경추 전만을 회복할 수 있는 방법이라는 점에서 널리 사용되고 있다.⁶⁾

케이지를 이용한 ACDF는 고전적인 삼면자가장골이식에 비하여 골이식 공여부의 이환을 줄인다는 데에 그 장점이 있다. 삼면자가장골이식을 사용하는 경우에 발생하는 골이식 공여부의 통증은 술 후 1년에 36%의 환자에서 호소한다고 보고되는 주요한 합병증이다.³⁾ 통증 외에도 공여부의 감염 및 출혈, 수술시간 및 피부 반흔을 줄일 수 있다는 것 또한 케이지를 이용한 ACDF의 장점이라 할 수 있겠다.^{7,8)} 또한 금속판을 이용한 고정술에서 발생할 수 있는 나사못의 이완 및 파손, 금속판의 파손, 척추동맥 및 신경근의 손상을 줄일 수 있다는 장점도 있다.⁹⁻¹¹⁾

현재 다양한 재료로 만들어진 케이지가 사용되고 있지만 최근에는 PEEK 케이지가 가장 흔하게 사용되는데, 이는 티타늄 케이

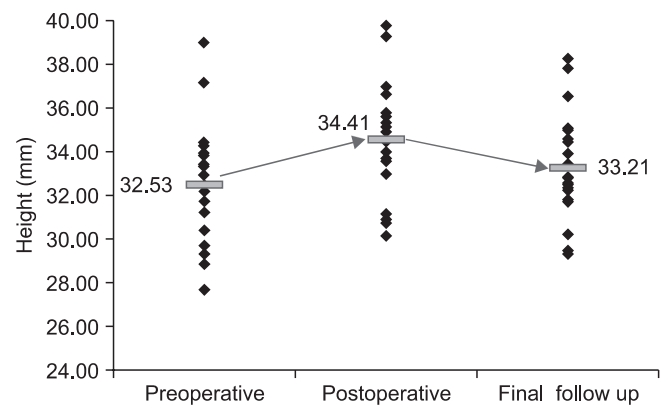


Figure 2. Segmental height variation in the non-subsidence group.

Table 2. Data Profiles of the Subsidence Group

Patient No.	Lv*	Segmental height (mm)			Δ SA [†] (°)	Δ HA [‡] (mm)	Δ HP [§] (mm)	Cage diameter (mm)	Cage height (mm)
		Preoperative	Postoperative	Final follow up					
1	6	31.61	34.72	30.82	10.7	3.70	2.52	14	7
2	5	31.66	34.65	28.14	3.8	3.68	2.30	14	7
3	3	37.15	37.88	33.90	5.4	1.44	0.00	14	6
4	4	33.81	37.28	33.32	5.8	4.39	2.54	14	7
5	5	28.38	30.70	28.32	4.1	2.75	1.88	14	5
6	5	32.84	37.77	34.90	1.1	4.65	5.20	12	6
7	5	30.76	33.36	30.02	4.8	3.14	2.04	12	7
8	6	34.82	37.58	35.32	6.7	4.15	1.38	14	7
9	4	32.39	35.97	33.11	1.8	4.79	2.39	12	7
10	6	34.22	36.95	32.66	10.7	4.36	1.11	14	7
11	3	29.04	31.31	28.69	-1.8	2.53	2.00	12	7
12	5	30.08	35.13	32.14	3.9	6.08	4.03	12	6
13	6	31.17	32.89	30.59	-3.1	0.82	2.62	14	6
14	5	29.78	31.99	29.53	0.3	1.89	2.52	12	7
Average		31.98	34.87	31.53	3.9	3.46	2.32	12 mm: 6 14 mm: 8	5 mm: 1 6 mm: 4 7 mm: 9

*Level of segmental fusion. [†]Difference between preoperative and postoperative sagittal angle. [‡]Anterior distraction of disc space. [§]Posterior distraction of disc space.

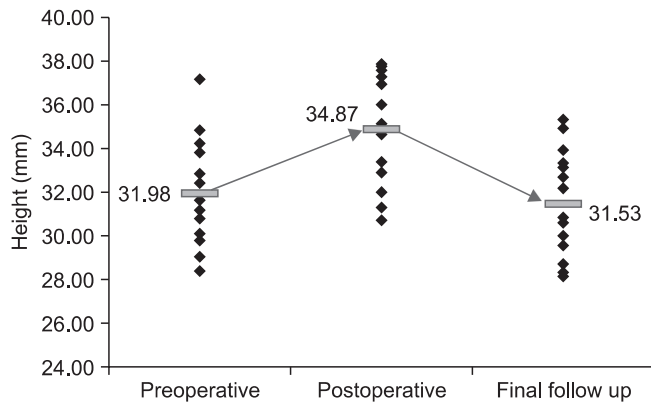


Figure 3. Segmental height variation in the subsidence group.

지나 탄소섬유 케이지와 비교했을 때 방사선 투과성이 좋아서 단순방사선 검사를 이용하여 골유합의 판정을 하기에 더 적합하고, MRI에 영향을 미치지 않아서 경추부의 종양 등 추시 기간에 MRI 촬영이 필요한 경우에도 유리하기 때문이다.^{12,13)} 또한 PEEK 케이지의 탄성계수가 금속 케이지에 비하여 피질골의 탄성계수와 비슷하기 때문에 케이지의 침강이 적을 것으로 생각되어 많이 사용된다.¹⁴⁾

하지만 PEEK 케이지를 이용한 ACDF에도 8%~56%의 다양한 정도의 침강이 보고되고 있다.^{4,15-20)} 이렇게 연구마다 침강의 정도

가 다양한 이유로는 침강을 재는 방법의 차이 때문으로 생각된다. 몇몇 저자들은 침강의 정도를 추간판 간격의 변화를 직접 재는 방법으로 측정하였으나,^{15,17,18,21)} 추간판 간격은 침강에 의해서 뿐만 아니라 상부 및 하부 종판의 골조직 형성으로 인해서도 좁아질 수 있기 때문에 추간판 간격의 변화를 직접 재는 방법은 수술 후의 침강 정도를 과도하게 많다고 측정할 가능성이 있다.⁴⁾ 또한 티타늄 케이지 등의 방사선 비투과성 케이지는 추간판 간격을 정확하게 재기 어려운 경우가 많다.¹³⁾ 따라서 본 연구에서는 유합 분절 전체의 전방부 길이와 후방부 길이를 측정하여 이의 평균으로 종판 내 침강을 추정하였다. 또 단순방사선검사에서 발생할 수 있는 확대의 오차를 줄이기 위해서는, 분절높이와 추체 전후방 직경의 비율을 사용하거나,¹⁸⁾ 단순방사선 검사에서 추체 전후방 직경을 MRI에서 촬영한 추체 전후방 직경으로 보정하는 방법을 사용할 수 있는데,¹⁷⁾ 후자를 적용하였다. 본 연구에서는 38.9%의 분절에서 침강이 발생하였고, 이는 다른 PEEK 케이지를 이용한 ACDF의 침강에 대한 연구와 비슷한 수준이다.

케이지 침강의 위험인자에 대한 연구는 여러 저자들에 의하여 시행되었으나 일관된 결과를 얻지는 못하고 있다. Bartels 등⁴⁾은 로지스틱 회귀분석 상 제6, 7 경추분절의 ACDF 시행 시 침강이 유의하게 많은 것으로 보고하였고, Barsa와 Suchomel¹⁵⁾은 케이지가 깊이 삽입될수록 경추 전만의 회복이 줄어들고 경추 유합분절 전방부의 골성 지지가 줄어들어 침강이 많이 발생한다고 하였다.

Table 3. Variables Contained in Logistic Regression Equation of Subsidence over 2 mm

	B	Standard error	Wals	Degree of freedom	p-value	Exp (B)
ΔSA^*	-0.143	0.150	0.912	1	0.340	0.867
$\Delta HA^†$	0.724	0.563	1.652	1	0.199	2.062
$\Delta HP^‡$	-0.040	0.625	0.004	1	0.949	0.961
CageD [§]	0.115	0.418	0.076	1	0.783	1.122
CageH	0.279	0.663	0.178	1	0.674	1.322
Sex	-0.438	1.158	0.143	1	0.705	0.645
Age	-0.003	0.034	0.009	1	0.923	0.997
Constant term	-4.925	6.917	0.507	1	0.476	0.007

*Changes of sagittal angle after operation. †Changes of anterior segmental height after operation. ‡Changes of posterior segmental height after operation. §Diameter of the cage. ||Height of the cage.

Table 4. Bivariate Analysis of the Risk Factors of Subsidence over 2 mm

	Mann-Whitney U	Wilcoxon W	Z	p-value
Cage depth	127.500	403.500	-1.049	0.294
ΔSA^*	147.000	252.000	-0.439	0.661
$\Delta HA^†$	92.000	368.000	-2.162	0.031
$\Delta HP^‡$	75.000	351.000	-2.697	0.007
CageD [§]	153.000	429.000	-0.290	0.772
CageH	122.500	398.500	-1.345	0.179

*Changes of sagittal angle after operation. †Changes of anterior segmental height after operation. ‡Changes of posterior segmental height after operation. §Diameter of the cage. ||Height of the cage.

또한 종판과 케이지의 접촉 면적이 작을수록 단위면적당 부하되는 압박력이 증가하여 침강이 많이 발생한다고 주장하였다. Yang 등¹⁴⁾은 케이지의 직경이 클수록, 즉 종판과 케이지의 접촉 면적이 클수록 침강의 위험성이 유의하게 감소하였으며 전방 신연이 적었을 때 종판면에 가해지는 압박력이 감소하므로 침강의 위험성이 감소하는 것으로 보고하였다. 또한 몇몇 연구에서는 종판의 연골하골 파괴가 심각한 종판 골 강도의 저하를 야기하므로 골종판의 강도와 수술 시 소파 정도가 침강의 정도를 결정하는 중요한 요인이라고 주장하였다.²²⁾ Mohammad-Shahi 등²³⁾은 케이지가 종판면에 대하여 기울어져 삽입될 수록 침강이 증가한다고 하였고, Lemcke 등²⁴⁾은 삽입된 케이지가 두꺼울수록 종판면에 가하는 압박력이 늘어나 침강의 빈도가 증가한다고 보고하였다. 또한 케이지의 디자인이 원통형인 경우에는 유합을 촉진하기 위한 골이식물의 삽입 면적이 커지면 커질수록 케이지가 종판과 접촉할 수 있는 면적이 감소되어 케이지의 침강을 야기할 수 있기 때문에 케이지를 원통형보다는 말발굽 모양으로 디자인하여 골이식물 삽입 면적과 케이지-종판 접촉 면적을 동시에 확보하는 것이 중요하다는 주장도 있다.²⁵⁾

이렇게 여러 연구들에서 다양한 침강의 위험인자가 제시되었지만 일관된 결과가 나오지 않아 향후 지속적인 연구로 침강의 위

험인자에 대한 술자들의 합의가 도출되어야 할 것이다. 본 연구에서는 케이지 침강의 위험인자로 생각되는 여러 요소들에 대하여 통계적인 검증을 시행하였고, 그 결과 수술 중 전방신연 및 후방신연이 많을수록 침강(>2 mm)이 많았으며, 이는 Yang 등¹⁴⁾의 연구와 부분적으로 일치하는 결과이다. 또한 3 mm 이상의 중등도 침강은 케이지의 높이가 높을수록 더 많이 발생하였는데, 7 mm 케이지를 삽입한 17분절 중 6분절(35.3%)에서 중등도 침강이 발생하였으나 6 mm 이하 케이지를 삽입한 19분절 중 1분절(5.3%)에서만 중등도 침강이 발생하였다. 이는 앞서 언급한 Lemcke 등¹⁹⁾의 연구 결과와 부합한다. 이와 같은 결과를 생각해볼 때 추간판 간격 신연 및 두꺼운 케이지를 통한 추간공 높이의 복원은 침강의 위험성과 서로 이율배반적인 관계임을 인지하고, 만족스러운 추간공 높이의 복원을 위해 과도하게 추간판을 신연하거나 두꺼운 케이지를 삽입하는 것이 케이지와 추체에 부하되는 압박력을 증가시켜 침강의 위험성을 높일 수 있음을 주의해야 한다.

본 연구에서는 연령과 성별 역시 침강 여부에 영향을 미칠 것으로 생각되어 분석해보았다. 특히 나이 많은 여성은 골다공증으로 인한 골밀도의 감소로 인해 침강이 많이 발생할 것으로 생각되었지만, 본 연구에 포함된 여성이 임상적으로 유의미한 골다공증이 발생할 나이에 도달하지 않았기 때문에 분석하지 않았다(여

Table 5. Variables Contained in Logistic Regression Equation of Subsidence over 3 mm

	B	Standard error	Wals	Degree of freedom	p-value	Exp (B)
Δ SA*	0.164	0.169	0.948	1	0.330	1.179
Δ HA [†]	-0.263	0.632	0.173	1	0.678	0.769
Δ HP [‡]	0.221	0.793	0.077	1	0.781	1.247
CageD [§]	0.287	0.588	0.239	1	0.625	1.333
CageH	2.532	1.481	2.921	1	0.087	12.577
Sex	0.542	1.515	0.128	1	0.720	1.720
Age	-0.004	0.045	0.008	1	0.931	0.996
Constant term	-22.494	12.479	3.249	1	0.071	0.000

*Changes of sagittal angle after operation. [†]Changes of anterior segmental height after operation. [‡]Changes of posterior segmental height after operation. [§]Diameter of the cage. ^{||}Height of the cage.

Table 6. Bivariate Analysis of the Risk Factors of Subsidence over 3 mm

	Mann-Whitney U	Wilcoxon W	Z	p-value
Cage depth	98.500	126.500	-0.252	0.801
Δ SA*	79.500	544.500	-0.989	0.323
Δ HA [†]	77.500	542.500	-1.067	0.286
Δ HP [‡]	84.000	549.000	-0.815	0.415
CageD [§]	82.500	547.500	-1.010	0.312
CageH	55.500	520.500	-2.141	0.032

*Changes of sagittal angle after operation. [†]Changes of anterior segmental height after operation. [‡]Changes of posterior segmental height after operation. [§]Diameter of the cage. ^{||}Height of the cage.

성평균 나이=51세).

일부의 저자들은 침강이 발생하는 것은 사실이나, 침강이 발생 하더라도 술 전과 비교해 의미 있는 추간판 간격의 증가를 유지 하며 경추의 후만을 호전시킬 수 있고 그 정도나 빈도가 임상적 인 결과에 영향을 미치지 않는다는 사실로, 침강이 중요한 임상 적인 의미를 갖지 않는다고 주장한 바 있다.^{4,19,21)} 하지만 다른 저 자들은 케이지의 침강이 추간공의 협소화와 경추의 불안정성, 분 절전만의 감소로 인한 인접분절의 퇴행성 변화를 일으킬 수 있으 므로 문제가 된다고 주장하였고,²⁶⁻³⁰⁾ Yang 등¹⁴⁾은 침강이 발생한 환자군에서 경추의 후만 변형이 67% 발생한다고 보고하였으며, 침강으로 인한 후만변형이 인접분절의 퇴행성 변화로 이어질 가 능성에 대하여 경고하였다. 본 연구에서도 침강이 없는 군은 술 전에 비해 최종 추시 시 분절높이가 증가된 상태로 유지되나 침 강이 발생한 군은 최종 추시 분절높이가 술 전과 비교하여 유의 한 차이가 없다는 결과가 도출되었다. 즉 침강이 발생하면 케이지를 이용한 간접감압 효과(추간공 높이 증가)가 상쇄되어 추간 공의 재협착이 발생할 수 있음을 유추할 수 있다. 앞으로의 연구 에서는 이러한 방사선학적인 결과와 임상적인 결과 사이의 상관 관계를 장기 추시를 통하여 파악하여 침강의 임상적인 중요성을 파악해야 할 것으로 생각된다.

ACDF에서 케이지 침강의 방향에 대한 고찰을 시행한 논문들 을 살펴보면, Kast 등¹⁸⁾은 전하방으로의 침강이 가장 빈번하다고 보고하였고, Moreland 등³¹⁾도 2 mm 이상의 침강이 약 22%의 환 자에서 케이지의 전하방에 발생하였다고 보고하였다. 본 연구에 서는 수술 직후와 마지막 추시에서의 ASH와 PSH의 변화를 통 해 전방 침강과 후방 침강의 빈도에 차이가 있는지를 분석하였는 데, 전방침강이 후방침강보다 빈번하다는 결과가 도출되었다($p < 0.001$). 그러나 유합분절의 높이를 측정하여 침강의 방향을 분 석하는 것은 전방침강과 후방침강을 비교할 수는 있지만 상방 침강 및 하방침강을 비교할 수는 없다는 제한점이 있으며, 추간 판 간격을 직접 재어 상방침강과 하방침강을 비교하는 방법은 앞 에서도 설명했듯이 정상적인 골유합 과정에서 발생하는 골재형 성으로 인한 부정확한 측정,⁴⁾ 방사선 비투과성 케이지를 사용하 였을 때 침강 정도 측정의 어려움¹³⁾으로 인하여 그 한계가 있다 고 하겠다. 따라서 본 연구에서는 케이지-모서리 거리라는 새로 운 측정법을 도입하여, 전방 및 후방침강과 상, 하방 침강을 모두 정량적으로 비교할 수 있도록 시도하였다. 케이지 모서리 거리를 측정하여 비교하였을 때는 케이지의 전방 및 후방에서 모두 상방 보다는 하방으로의 침강이 유의하게 많이 발생하였다. 이렇게 전 하방 침강이 많이 발생하는 원인으로는 경추 전만의 과도한 복원

으로 인한 전방부의 압박력의 증가를 생각해볼 수 있으나, 본 연구에서는 통계적으로 유의하지 않았다($p=0.661$). Kast 등¹⁸⁾은 Solis 케이지를 사용한 환자군과 Shell 케이지를 사용한 환자군 사이에서 침강의 정도를 비교하여 Solis 케이지 그룹이 Shell 케이지 그룹보다 전하방으로의 침강이 많이 발생하였다고 보고하였는데, 이는 Shell 케이지의 전하방의 접촉면적이 Solis 케이지보다 넓기 때문이라고 설명하였다. 또 다른 이유로는 추체의 상부 종판이 하부 종판보다 역학적 강도가 떨어지기 때문에 하방 침강이 많이 발생할 수 있을 것이라 추측해볼 수 있는데, Link 등³²⁾은 추체의 상부종판 전방부가 하부종판보다 골경화가 덜 되어 있다고 보고하였다. 따라서 향후 케이지 디자인은, 상대적으로 약한 상부종판 전방부로의 침강을 막기 위하여 상부종판과 케이지 전하방 사이의 접촉 면적을 늘려 부하를 분산시켜줄 수 있는 방향으로 발전해야 할 것이다.

본 연구의 한계점으로는, 후향적 연구 모델로서 비교적 적은 수의 연구 대상으로 시행한 연구라는 점이다. 또한 대부분의 증례가 제5-6, 6-7 경추의 추간판이었고, 다른 부위의 증례 수가 적어 유합부위에 대한 평가를 하지 못한 점, 추시기간에 따른 분석을 하지 못한 점, 임상적인 결과를 데이터화할 수 없어 침강이 임상적인 결과에 미치는 영향을 분석하지 못한 점을 들 수 있겠다. 이러한 점은 차후 연구에서 보완되어야 할 사항이다.

결론

PEEK 케이지를 이용한 경추 전방유합술의 추시 결과 2 mm 이상의 침강은 전체의 약 39%의 높은 비율로 관찰되었다. 관련 요소 중에서는 추간판 간격의 과도한 신연 및 높은 케이지의 삽입이 침강을 증가시키므로, 수술 중 추간판 간격을 지나치게 신연하거나 두꺼운 케이지를 삽입하는 것은 주의를 요할 것으로 생각된다.

REFERENCES

1. Cloward RB. The anterior approach for removal of ruptured cervical disks. *J Neurosurg.* 1958;15:602-17.
2. Smith GW, Robinson RA. The treatment of certain cervical-spine disorders by anterior removal of the intervertebral disc and interbody fusion. *J Bone Joint Surg Am.* 1958;40:607-24.
3. Sawin PD, Traynelis VC, Menezes AH. A comparative analysis of fusion rates and donor-site morbidity for autogeneic rib and iliac crest bone grafts in posterior cervical fusions. *J Neurosurg.* 1998;88:255-65.
4. Bartels RH, Donk RD, Feuth T. Subsidence of stand-alone cervical carbon fiber cages. *Neurosurgery.* 2006;58:502-8; discussion 502-8.
5. Cannada LK, Scherping SC, Yoo JU, Jones PK, Emery SE. Pseudoarthrosis of the cervical spine: a comparison of radiographic diagnostic measures. *Spine (Phila Pa 1976).* 2003;28:46-51.
6. Bartels RH, Donk R, van Azn RD. Height of cervical foramina after anterior discectomy and implantation of a carbon fiber cage. *J Neurosurg.* 2001;95:40-2.
7. Cauthen JC, Kinard RE, Vogler JB, et al. Outcome analysis of noninstrumented anterior cervical discectomy and interbody fusion in 348 patients. *Spine (Phila Pa 1976).* 1998;23:188-92.
8. Tribus CB, Corteen DP, Zdeblick TA. The efficacy of anterior cervical plating in the management of symptomatic pseudoarthrosis of the cervical spine. *Spine (Phila Pa 1976).* 1999;24:860-4.
9. Geisler FH, Caspar W, Pitzen T, Johnson TA. Reoperation in patients after anterior cervical plate stabilization in degenerative disease. *Spine (Phila Pa 1976).* 1998;23:911-20.
10. Lowery GL, McDonough RF. The significance of hardware failure in anterior cervical plate fixation. Patients with 2- to 7-year follow-up. *Spine (Phila Pa 1976).* 1998;23:181-6; discussion 186-7.
11. Shapiro S. Banked fibula and the locking anterior cervical plate in anterior cervical fusions following cervical discectomy. *J Neurosurg.* 1996;84:161-5.
12. Disch AC, Schaser KD, Melcher I, et al. Oncosurgical results of multilevel thoracolumbar en-bloc spondylectomy and reconstruction with a carbon composite vertebral body replacement system. *Spine (Phila Pa 1976).* 2011;36:E647-55.
13. Diedrich O, Perlick L, Schmitt O, Kraft CN. Radiographic characteristics on conventional radiographs after posterior lumbar interbody fusion: comparative study between radiolucent and radiopaque cages. *J Spinal Disord.* 2001;14:522-32.
14. Yang JJ, Yu CH, Chang BS, Yeom JS, Lee JH, Lee CK. Subsidence and nonunion after anterior cervical interbody fusion using a stand-alone polyetheretherketone (PEEK) cage. *Clin Orthop Surg.* 2011;3:16-23.
15. Barsa P, Suchomel P. Factors affecting sagittal malalignment due to cage subsidence in standalone cage assisted anterior cervical fusion. *Eur Spine J.* 2007;16:1395-400.
16. Gercek E, Arlet V, Delisle J, Marchesi D. Subsidence of stand-alone cervical cages in anterior interbody fusion: warning. *Eur Spine J.* 2003;12:513-6.

17. Ha SK, Park JY, Kim SH, Lim DJ, Kim SD, Lee SK. Radiologic assessment of subsidence in stand-alone cervical polyetheretherketone (PEEK) cage. *J Korean Neurosurg Soc.* 2008; 44:370-4.
18. Kast E, Derakhshani S, Bothmann M, Oberle J. Subsidence after anterior cervical inter-body fusion. A randomized prospective clinical trial. *Neurosurg Rev.* 2009;32:207-14; discussion 214.
19. Schmieder K, Wolzik-Grossmann M, Pechlivanis I, Engelhardt M, Scholz M, Harders A. Subsidence of the wing titanium cage after anterior cervical interbody fusion: 2-year follow-up study. *J Neurosurg Spine.* 2006;4:447-53.
20. van Jonbergen HP, Spruit M, Anderson PG, Pavlov PW. Anterior cervical interbody fusion with a titanium box cage: early radiological assessment of fusion and subsidence. *Spine J.* 2005;5:645-9; discussion 649.
21. Shad A, Leach JC, Teddy PJ, Cadoux-Hudson TA. Use of the Solis cage and local autologous bone graft for anterior cervical discectomy and fusion: early technical experience. *J Neurosurg Spine.* 2005;2:116-22.
22. Cheng CC, Ordway NR, Zhang X, Lu YM, Fang H, Fayyazi AH. Loss of cervical endplate integrity following minimal surface preparation. *Spine (Phila Pa 1976).* 2007;32:1852-5.
23. Mohammad-Shahi MH, Nikolaou VS, Giannitsios D, Ouellet J, Jarzem PF. The effect of angular mismatch between vertebral endplate and vertebral body replacement endplate on implant subsidence. *J Spinal Disord Tech.* 2013;26:268-73.
24. Lemcke J, Al-Zain F, Meier U, Suess O. Polyetheretherketone (PEEK) spacers for anterior cervical fusion: a retrospective comparative effectiveness clinical trial. *Open Orthop J.* 2011;5:348-53.
25. Steffen T, Tsantrizos A, Fruth I, Aebi M. Cages: designs and concepts. *Eur Spine J.* 2000;9 Suppl 1:S89-94.
26. Kulkarni AG, Hee HT, Wong HK. Solis cage (PEEK) for anterior cervical fusion: preliminary radiological results with emphasis on fusion and subsidence. *Spine J.* 2007;7:205-9.
27. Cabraja M, Oezdemir S, Koeppen D, Kroppenstedt S. Anterior cervical discectomy and fusion: comparison of titanium and polyetheretherketone cages. *BMC Musculoskelet Disord.* 2012;13:172.
28. Katsuura A, Hukuda S, Saruhashi Y, Mori K. Kyphotic malalignment after anterior cervical fusion is one of the factors promoting the degenerative process in adjacent intervertebral levels. *Eur Spine J.* 2001;10:320-4.
29. Meier U, Kemmesies D. Experiences with six different intervertebral disc spacers for spondylodesis of the cervical spine. *Orthopade.* 2004;33:1290-9.
30. Pechlivanis I, Thuring T, Brenke C, et al. Non-fusion rates in anterior cervical discectomy and implantation of empty polyetheretherketone cages. *Spine (Phila Pa 1976).* 2011;36:15-20.
31. Moreland DB, Asch HL, Clabeaux DE, et al. Anterior cervical discectomy and fusion with implantable titanium cage: initial impressions, patient outcomes and comparison to fusion with allograft. *Spine J.* 2004;4:184-91.
32. Link HD, McAfee PC, Pimenta L. Choosing a cervical disc replacement. *Spine J.* 2004;4:294S-302S.

전방 경추 유합술 후 Polyetheretherketone (PEEK) 케이지의 침강

김용민[✉] · 오규원 · 김동수 · 최의성 · 손현철 · 박경진 · 조병기 · 박지강 · 정호승 · 오정욱

충북대학교 의과대학 정형외과학교실

목적: 전방 감압술 및 polyetheretherketone (PEEK) 케이지를 이용한 유합술 시행 후 침강의 발생률 및 방향을 평가하고, 침강의 유발 요인을 분석하고자 하였다.

대상 및 방법: 2003년 7월부터 2011년 11월까지 전방 감압술 및 PEEK 케이지를 이용한 전방 유합술을 시행받은 32명(36분절)을 대상으로 하였다. 전방분절높이, 후방분절높이와 케이지 모서리 거리를 단순 방사선 사진에서 측정하였다. 2 mm 이상 감소를 침강으로 정의하였으며 3 mm 이상을 중등도 침강으로 구분하여 통계적 분석을 시행하였다.

결과: 14개의 분절(38.9%)에서 침강이 발생하였으며 중등도 침강은 7개 분절(19.4%)에서 발생하였다. 전, 후방분절높이를 이용하여 전방과 후방의 침강을 비교하였으며 전방에서의 침강이 후방에서보다 많이 발생하였다($p < 0.001$). 전, 후방에서 모두 하방으로 침강이 많이 발생하였다($p < 0.001$, $p = 0.047$). 침강의 위험 요소로는 추간판 간격의 신연 및 삽입된 케이지의 높이가 통계적으로 유의하였다($p < 0.05$).

결론: 케이지 사용 후 침강이 높은 비율로 발생하였으며, 수술 중 추간판 간격의 과도한 신연을 방지하고 적절한 높이의 케이지를 사용하는 것이 침강 예방에 도움이 될 것으로 생각된다.

색인단어: 경추전방유합술, 침강, PEEK 케이지, 분절 높이

접수일 2013년 10월 13일 수정일 2013년 12월 3일 게재확정일 2014년 1월 22일

[✉]책임저자 김용민

청주시 흥덕구 내수동로 52, 충북대학교 의과대학 정형외과학교실

TEL 043-269-6077, FAX 043-274-8719, E-mail ymkim@chungbuk.ac.kr

*이 논문은 2013학년도 충북대학교 학술연구지원사업에 의하여 연구되었음.