

경추간판 탈출증 환자에서 Bryan 인공디스크 치환술의 경험

아주대학교 의과대학 신경외과학교실

한송엽 · 조기흥 · 원근수 · 김세혁 · 신용삼 · 안영환 · 윤수한 · 조경기

Experience of the Bryan Artificial Disc Replacement for Cervical Disc Disease

Song Yup Han, M.D., Ki Hong Cho, M.D., Keun Soo Won, M.D., Yong Sam Shin, M.D.,
Se Hyuk Kim, M.D., Young Hwan Ahn, M.D., Soo Han Yoon, M.D., and Kyung Gi Cho, M.D.

Department of Neurosurgery, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea

Objective: The anterior cervical interbody fusion (ACIF) with autologous bone block or interbody cages with bone graft is one of the most popular treatments for cervical disc disease. However, it was reported that ACIF could cause the symptomatic adjacent segment degeneration, which required the surgical treatment up to 2.5~3% a year. The cervical artificial disc was introduced to overcome this drawback of ACIF, and this study is to design to share the early experiences with Bryan, as well as its problems based on the clinical outcomes.

Methods: We conducted the Bryan cervical artificial disc replacement for the treatment of 10 patients for 11 months, from June, 2004 to May, 2005. The mean age was 42.1 years old. Main symptoms were 6 cases of radiculopathy, 3 cases of myelopathy and 1 case of radiculomyelopathy. The lesions included 5 cases of 1 level treated with Bryan cervical artificial disc alone, 5 cases of 2 levels treated by the mixture of the Solis interbody cage and Bryan. The follow-up period varied from 4 months to 11 months.

We examined symptomatic change using visual analogue scale, change of sagittal curvature, preservation of ROM at treated segment by Bryan artificial disc, change of overall curvature at C2-7 in preoperative and immediate (1~7 days), early (1~3 months), late(5~11 months) postoperative periods and measured axis deviation of at arthroplasty level in immediate postoperation.

Results: At discharge, the symptoms were improved in all 10 cases.

Motion was preserved in the treated arthroplasty segment (mean range of motion 8.84 and 7.18 in early and late postoperative periods) for up to 11 months of postoperation. In sagittal curvature at arthroplastic segment, kyphotic angle significantly increased 4.67 degree in immediate postoperation and more increased for follow up periods (11 months) but statistically was not significant. Overall curvature (C2-7) was significantly not changed for 11 months postoperation. By comparing preoperative and postoperative flexion and extension on lateral X-ray view, the arrangement of Bryan disc was not related to the changes of movement. Postoperative radiographic evaluations showed that the disc prosthesis were tilted to the right in A-P view in the first 2 cases, and that the shell flanges of the disc were slightly above the anterior surface of the vertebral body in 1 case. During the follow up period, neither dislocation nor subsidence into the vertebral body of Bryan artificial disc was observed.

Conclusion: Although it is not yet known whether the alignment of the artificial disc can limit the ROM of the cervical spine after surgery, it can be somewhat overcome by modifying the surgical procedures and the instruments. Further studies may deal with the relationship between the alignment of artificial disc and the ROM of the involved and adjacent level, as well as the safety and efficacy of the long-term changes.

Key Words: Bryan Artificial disc replacement · Cervical disc disease · Sagittal curvature

Corresponding Author: **Ki Hong Cho, M.D.**

Department of Neurosurgery, Ajou University School of Medicine, San 5, Wonchon-dong, Youngtong-gu, Suwon, Korea
Tel: 82-31-219-5230, Fax: 82-31-219-5238, E-mail: khcho54@ajou.ac.kr

서론

신경근병증 및 척수병증 환자에서 전방 경추간판 제거술 및 유합술은 90~95% 정도의 만족할 만한 결과를 보였으며, 현재에도 널리 사용하는 수술법 중의 하나이다^{1,2)}. 하지만 임상적으로 좋은 결과에도 불구하고, 인접 경추분절 질환의 이환, 골이식 부위의 이환, 동종골 이식의 위험성, 가관절 형성 등의 제한점을 보였다^{5,11)}.

특히 유합술 후 인접 분절의 운동량이 증가함으로 퇴행성 변화가 가속화되는 위험성을 줄이기 위해, 경추 분절의 운동성 보존을 위한 인공관절 대체술이 시도되고 있으나, 결과 분석에 관한 보고는 최근까지도 미흡하다. 또한 요추와 달리 경추는 운동 기능이 중요시 되는 만큼 수술분절의 운동성 유지가 필요하다.

이에 저자들은 경추간판 탈출증 환자를 대상으로 인공 디스크 대체술 시행한 후 환자의 증상의 호전과 경추 분절의 운동성 보존의 정도와 수술 뒤 경추체 배열의 변화를 관찰하였다.

대상 및 방법

이 연구는 의무기록 재검토 및 방사선 검사를 통한 후향적인 방법을 통하여 이루어 졌다.

2004년 6월부터 2005년 5월까지 11개월 동안 10명의 환자에서 Bryan(브라이언) 인공 경추 디스크 치환술을 시행하였으며, 평균 나이는 42.1세였고, 남여비는 7:3이었다. 주 증상은 신경근병증 6례, 척수병증 3례, 신경근척수병증 1례였다.

한 분절을 Bryan 인공디스크 치환한 5례 외에 두 분절 병소를 가진 5례는 한 분절은 Bryan 디스크 치환술, 한 분절은 케이지를 이용한 추체 유합술을 병용 시행하였다. 추적관찰 기간은 4개월에서 11개월(평균 7.6개월)이었고, 수술 전과 수술 후 증상 변화는 VAS(visual analogue scale)로 비교하였다.

수술 전과 수술 후 추적관찰 기간동안(수술 직후, 수술 초기, 수술 후기)에 경추 전면, 측면, 굴곡 및 신전 단순촬영을 시행하여 전반적인 경추각 및 병소부위의 굴곡, 신전촬영에서 운동범위 및 인공 디스크의 축 편향을 비교하였다.

경추의 전반적인 굴곡은 제2번 경추체와 제7번 경추체간의 Cobb's 각으로(Fig. 1-A), 병소부위의 작은 병소 위쪽 척추체 상연과 병소 아래쪽 척추체 하연의 연장선이 이루는 Cobb's 각으로 하였다(Fig. 1-B). 인공디스크의 축편향은 인공디스크

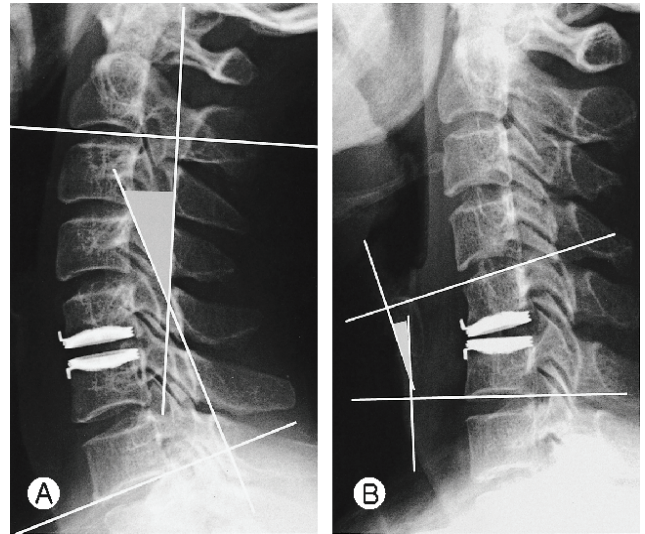


Fig. 1. Postoperative lateral cervical radiograph of a C5-6 Bryan disc arthroplasty showing the method used to determine the overall curvature between C2-C7(A) and sagittal curvature in arthroplastic segment by Cobb's angle(B).

의 위, 아래 판의 중심을 잇는 선과 수술부위 경추경의 중심에 수직인 선이 이루는 각으로 측정하였다. 각은 두 번씩 측정된 값의 평균으로 하여 측정시 생길 수 있는 오차를 줄이기 위해 노력하였다.

결과

수술 전후에 측정된 VAS 통증수치는 평균 7.0→2.4점으로 감소하였고, 8명에서 현저한 증상의 호전을 보였고, 두 명의 환자에서 일시적인 수술 직후 상지의 통증 및 근력약화가 있었지만, 추적 관찰한 기간동안 증상의 호전을 보였다(Fig. 2).

수술 전후 시행한 경추 굴곡-신전 단순촬영에서 Cobb's 각을 이용하여 굴곡각과 신전각의 차이를 이용해서 운동범위를 측정하였다.

수술 전 평균 운동범위는 10.6도이였으며, 수술 후 초기 추적 관찰(1~3개월)에서 평균운동 범위는 8.84도로, 수술 전에 비해 수술 후에 83.4% 정도의 운동범위가 보존되었으며, 운동범위의 차이는 통계학적으로 유의하지 않았으며(p>0.05, 0.199), 후기 추적관찰 기간(5~11개월) 동안 운동범위는 평균 7.18로 유의한 차이 없이 보존되었다(p>0.05, 1.94, Table 1, Fig. 3).

경추 측면 단순촬영에서 수술부위와 전반적인 경추 각을

Table 1. represent distribution of Bryan arthroplasty and ACIF, sagittal curvature (in neutral, flexion, extension view), ROM at Bryan arthroplasty level in preoperative, early and late postoperative periods. (kyphotic curvature is indicated by a positive value or by lordotic curvature and a negative value)

Treated level	combined fusion	preop				early(1mon-3mon)				late(5mon-11mon)			
		Flex	Neu	Ext	ROM	Flex	Neu	Ext	ROM	Flex	Neu	Ext	ROM
C5-6	C4-5	-6.66	0	7.55	14.2	-2.1	2.64	2.86	4.96	-10.33	-4.2	-3.55	6.78
C5-6	C6-7	0.04	-5.83	8.97	9.81	-5.21	-0.69	0.84	6.05	-5.21	-1.56	0.84	6.05
C5-6		-11.01	1.05	-3.97	7.04	-10.5	-1.45	-4	6.5				
C5-6	C6-7	-9.73	-6.26	-0.43	9.3	-17.4	-13.4	-11.4	6	-15.18	-16.14	-11.8	3.38
C5-6		-2.71	-1.86	9.41	12.1	-11.03	-6.92	2.47	13.5	-13.11	-3.98	2.49	15.6
C4-5	C5-6	-2.98	5.05	4.22	7.2	-9.62	-6.24	2.76	12.38		-8.99	2.49	
C5-6	C6-7	-2.44	8.62	8.73	11.2	-5.78	3.39	6.31	12.09	-9.97	2.86	5.92	15.89
C5-6		-5.65	0.92	2.33	7.98	-10.49	-3.71	-1.77	8.29	-4.62	-0.64	2.53	7.15
C5-6		0.82	13.42	12.5	11.7	-10.06	10.91	-3.37	6.67				
C5-6		-10.84	4.31	4.88	15.7	-19.24	-14.79	-7.2	12.04				
mean		-5.11	1.94	3.62	10.62	-10.14	-3.02	-1.25	8.84	-6.85	-4.67	-0.1	7.18

ACIF: anterior cervical interbody fusion, ROM: range of motion, Flex: flexion, Ext: extension.

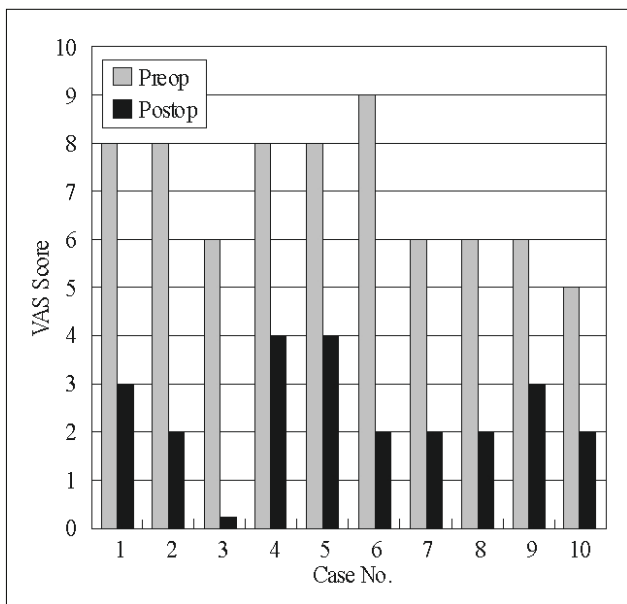


Fig. 2. Preoperative and postoperative the visual analogue scale in 10 cases.

수술 전 비교하였는데, 수술부위의 경추 각은 수술 전 평균 1.94도, 수술 후 초기에(1~3개월) 평균 -3.02도였으며, 수술 후 후기(5~11개월)에서 평균 -4.67도였다. 수술 직후 각의 평균변화는 약 -4.74도 정도로 전반적인 척추후만각의 증가

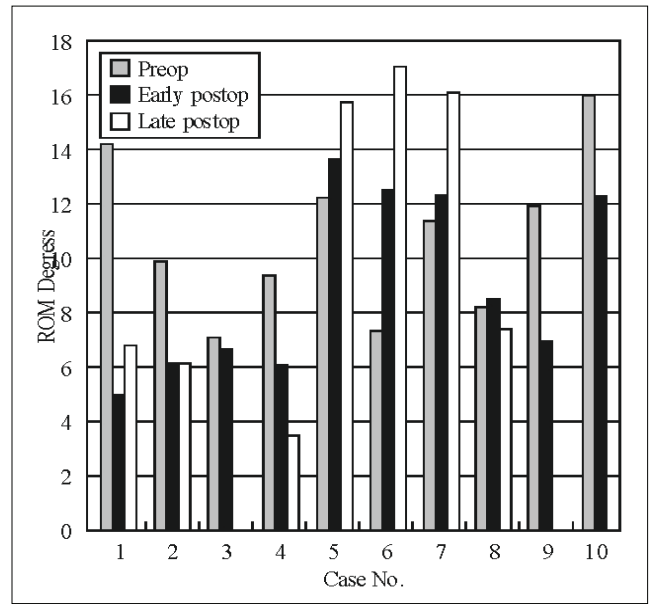


Fig. 3. Bar graph showing the preoperative, early and late postoperative ROM in 10 cases.

소견을 보였고($p < 0.05, 0.046$), 수술 후 추적관찰 기간동안 경추 후만 각의 증가를 보였으나, 유의하지 않았다(수술 직후 초기간 경추각 변화: $p > 0.05, 0.911$, 수술 초-후기간 경추각 변화: $p > 0.05, 0.433$, Table 2, Fig. 4).

Table 2. represent cervical curvature at Bryan arthroplasty segment and overall curvature (C2-C7) at preoperative and postoperative period (immediate, early, late)

case no.	Sagittal curvature at arthroplasty segment				Overall cervical curvature			
	preop	immed. postop	early	late	preop	immed. postop	early	late
1	0	-2.67	2.64	-4.2	32.63	13.86	14.83	16.2
2	-5.83	-5.76	-0.69	-1.56	9.09	4.16	4.76	7.96
3	1.05	-1.29	-1.45		18.4	3.34		
4	-6.26	-9.66	-13.4	-16.1	-5.53	-0.63	-8.85	1.63
5	-1.86	-0.1	-6.92	-3.98	18.76	18.18	13.42	16.62
6	5.05	3.95	-6.24	-8.99	-4.41	5.08	9.22	8.39
7	8.62	6.37	3.39	2.86	17.6	13.7	10.12	7.89
8	0.92	-3.66	-3.71	-0.64	8.01	0.1	-2.62	1.9
9	13.42	0.24	10.91		21.2	23.75	21.7	
10	4.31	-15.43	-14.79		5.01	2.6	2.16	
mean	1.94	-2.8*	-3.02	-4.67	12.76	8.41	7.2	8.7

*p<0.05 sagittal curvature was significantly kyphotic change between preoperative and immediate postoperative cervical curvature

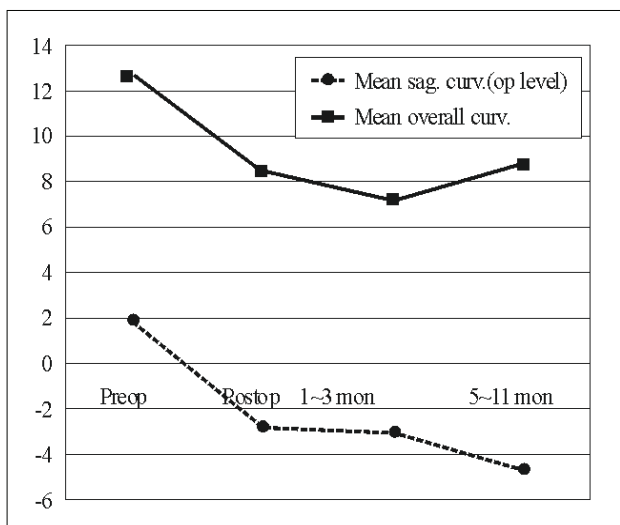


Fig. 4. Graph showing the mean preoperative, early and late postoperative sagittal curvature at arthroplastic segment and overall curvature at C2-C7.

수술 직후 10도 이상의 급격한 경추 후만 각의 증가를 보인 2례(증례 9,10)의 경우에도 운동범위(증례 9: 6.67도, 증례 10: 12.04도)는 보존되었으며(Fig. 5), 그중 1례는 수술 초기 간에 경추 후만 각의 감소를 관찰할 수 있었다.

Table 3. represent axis deviation between cervical axis at arthroplasty segment and axis of Bryan disc. (Right deviation is indicated by a positive value or by Left deviation and a negative value)

Case no.	Axis dev.
1	11.66
2	8.83
3	1.74
4	3.36
5	-0.62
6	-3.03
7	2.95
8	3
9	1.91
10	2.74
mean	3.25

전반적인 경추각의 수술 이후 평균변화에서 -4.35도의 척추후만각의 변화를 보였지만 유의하지 않았으며(p>0.05, 0.214), 추적관찰 기간동안 변화는 관찰되지 않았다(Table 2, Fig. 4).

수술부위의 관찰면에서 인공디스크 축의 편향은 인공디스크의 위, 아래 판의 중심을 잇는 선과 수술부위 경추경의 중심에 수직인 선이 이루는 각으로 측정하여 수술 이후 경추축의 변화를 관찰하였다(Fig. 6). 수술 후 인공디스크 축의 편향

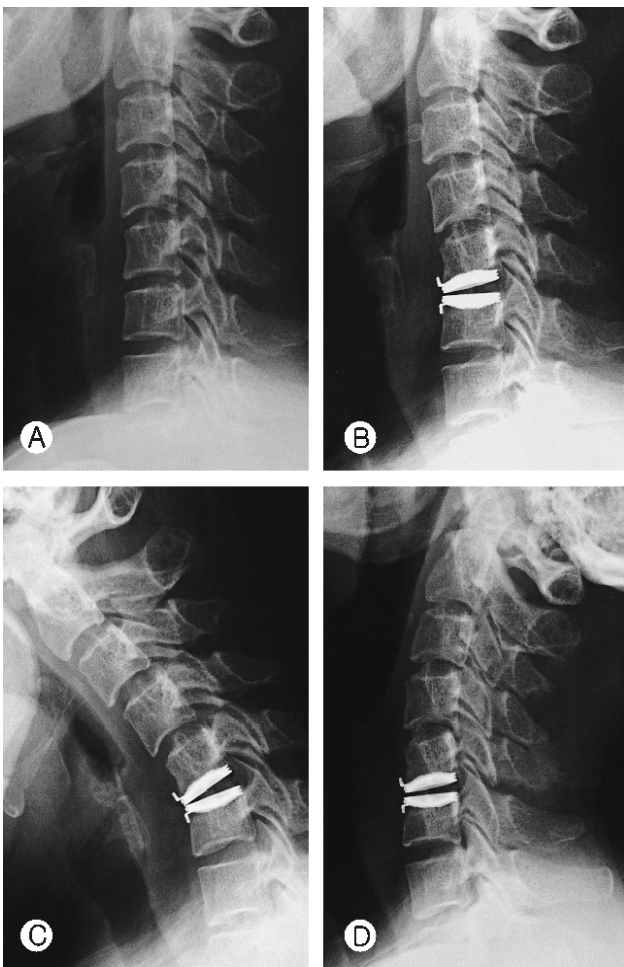


Fig. 5. In preoperative(A) and postoperative(B) lateral cervical radiographs, sagittal curvature at arthroplastic segment, showing 4.31° and -14.79° by Cobb's angle. Kyphotic curvature increased 19.1 degrees. At 3 months postoperation, dynamic views demonstrating preserved motion(12°) at C5-6 prosthesis in flexion(C) and extension(D), despite kyphotic changes in arthroplastic segment.

이 평균 우측편향으로 3.25° 발생하였다. 수술 초기(증례 1, 2)에서 11.6° , 8.8° 정도의 측편향이 크게 발생하였으나, 이후 증례에서는 큰 변화는 보이지 않았다(Table 3). 측의 편향이 발생한 증례에서 수술 후 초기에 4.96° , 6.05° (증례 1, 2)의 운동범위의 감소를 보였다.

고 찰

전방 경추체 유합술 후 인접 경추분절에 발생하는 경추 척수증(cervical spondylosis)에 관해 많은 연구와 문헌들이 보

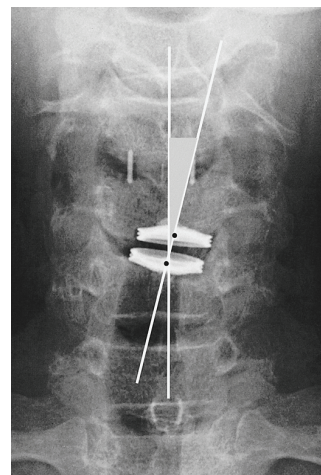


Fig. 6. Postoperatively cervical anteroposterior radiograph showing axis deviation(11.6°) measured degrees of angle between cervical axis of treated level and axis of Bryan artificial disc.

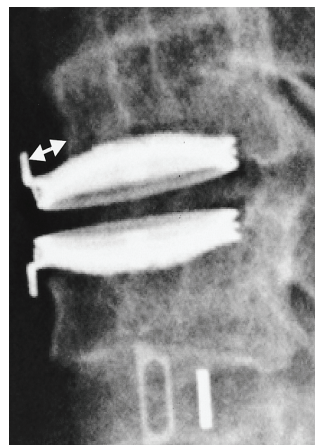


Fig. 7. Postoperative cervical lateral radiograph of showing shell flanges of the disc were slightly above(2.9 mm) the anterior surface of the vertebral body.

고되었다.

그중 방사선학적 소견으로는 인접 경추분절의 경추간판 간격의 협소화, 추체 말단 판의 경화증, 골화증의 진행이 관찰되었고, 임상적인 증상을 유발되지는 않지만, 방사선학적으로 퇴행성 변화를 나타내는 경우에 대해 0~81%까지 다양하게 보고되고 있다^{3,7,9}.

Hilibrand 등은 전방경추체 유합술을 시행한 374명의 환자 중 매년 2.9%에서 인접 척추체 분절의 퇴행성 변화가 동반된 신경근증 증상이 발생하였고, 10년간 25%에서 발생하였으며, 이들 중 2/3가 수술적인 치료를 필요로 하였다고 보고하였다¹⁰.

또한 Katsuura 등은 전방경추체 유합술을 시행 후 방사선학적 검사에서 수술이 필요한 19%의 환자를 포함해서 50% 환자에서 인접 경추간판의 퇴행성 변화가 있는 것으로 보고하였으며, 그중 38%에선 수술적 치료를 필요로 하였다고 보고하였다⁵.

이러한 현상에 대해 Jacob 등은 생물리화학적 방법을 통해 경추체 유합 후 인접 경추간판의 압력이 증가되었다고 보고하여 인접 경추간판에 증가된 운동하중이 경추분절의 퇴행성 변화를 유발한다고 설명하였다¹³⁾. 따라서 인접 경추분절의 운동하중을 줄여 주기 위해서는 경추간판 수술시 운동성을 보존해야 할 필요성이 대두되었다.

Neil Duggal 등은 경추 퇴행성질환 환자 26명을 대상으로 Bryan 인공디스크 치환술을 시행한 후 평균 12.3개월을 추적 관찰하여, 수술부위 경추분절을 포함한 전반적인 경추분절의 운동범위는 수술 전후 차이가 없었고, 수술 부위 경추분절 운동범위는 평균 7.8도 정도이었으며, 추적관찰 기간동안 평균 10.5도 정도의 운동범위가 가능하였다고 보고하고 있다⁴⁾.

J. Patrick 등은 경추 퇴행성 환자 13명을 대상으로 16례의 인공디스크 치환술을 시행하였고, 수술부위 경추분절의 척추전굴각이 4.7도 정도 감소하는 소견을 보였고, 척추전굴각이 감소한 경우에도 전반적인 경추각의 현저한 변화는 보이지 않았으며, 3례에서 두개의 경추분절을 시행한 경우 경추분절각의 변화는 관찰되지 않았다고 보고하였다¹²⁾.

본 저자들은 10명의 경추신경근병증 및 척수병증 경추 추간판 퇴행성질환 환자를 대상으로 경추추간판 제거술 및 인공디스크 치환술을 시행하였다. 대부분의 환자에서 수술부위 경추분절의 각이 수술 후 4~5도 정도의 척추전굴각의 감소를 보였으나, 운동범위와의 상관관계는 보이지 않았고, 전반적인 경추각의 변화도 보이지 않았다. 따라서 수술 전에 정상 경추 전만각이 소실되어 있거나, 후만 변형된 환자는 Bryan 인공디스크 치환술의 대상에서 제외시키는 것이 좋을 것이라고 판단된다. 수술 초기 2례에서 보인 인공 디스크의 축 편향은 대부분 우측 편향이 보였으나, 수술 경추분절의 경추각 및 운동범위와의 상관관계는 없었고, 이는 수술중 견인기구 설치 과정에서 환자의 경추체의 위치변화, 수술 중 환자의 움직임의 변화, 척추체 깎기(milling) 과정에서 불균형적인 척추체 깎임에 의한 문제점, 수술 중 불균등한 힘의 분배등의 원인으로 추정되어 수술 중 축편향에 대해 항상 염두에 두어 교정할 수 있었다.

두 구간의 병소를 가진 5례에서 Bryan 인공디스크 치환을 하는 부위 결정을 인접부위 퇴행성 발생 우려가 큰 부위와 운동성 유지의 중요도를 고려하였고, 대개의 경우 윗구간은 Bryan 인공디스크 치환술을 아랫 구간은 전방 경추체 고정술을 시행하였다.

인공디스크 치환술의 합병증에 관한 보고로 Goffin and colleagues 등은 97명의 한 군데의 경추간판 탈출증 환자들을

대상으로 브라이언 디스크 치환술을 시행 후 12개월간 추적 관찰한 결과 인공디스크의 함몰은 보이지 않았으나, 2례에서 인공디스크 이동의 가능성이 있다고 보고하였고¹⁷⁾, Jonathon F 등은 제 5-6번 경추간판 탈출증 및 골돌기체로 인공디스크 치환술을 시행한 환자에서 수술 후 제 5-6번간 경추분절의 운동성이 없어졌으며, 이후 17개월 뒤 방사선학 검사에서 인공디스크 후면의 골형성을 보고하였는데, 이는 경추분절의 운동성 상실에 의한 것으로 분석하였다¹⁵⁾.

저자들은 수술 중 혹은 수술 후 발생한 혈종, 경막 열상, 식도손상, 인공 디스크의 위치이탈 등의 합병증은 없었으나, 2분절의 추간판 탈출증을 치료한 환자에서 추적 관찰하는 기간 중에 전방척추체 고정기구의 함몰이 발생하였으나, 증상이 없는 상태로 추적관찰 중이다.

그리고 1례에서 인공디스크의 앞쪽 끝이 2mm 이상 tilt up 되는 소견을 보였으나, 추적 기간 중에 신경학적 증상이 발생하거나, 인공디스크의 이탈은 보이지 않았다(Fig 7).

결과적으로 본 연구의 제한점으로 인공디스크 치환술 시행한 환자의 수가 적고, 추적기간이 짧고, 영상에서 경추분절의 각의 측정 시에 실제 값과의 오차 등이 있을 수 있지만, 장기적인 추적 관찰이 필요할 것으로 생각된다.

결 론

저자들은 경추 추간판 탈출증 환자에서 인공 디스크치환술을 시행한 결과 증상의 호전과 경추분절의 운동보존을 확인할 수 있었고, 수술 후 추적 관찰한 경추 단순촬영에서 수술부위 분절의 척추후만각의 증가가 발견된 경우에서도, 경추 분절의 운동범위는 보존되는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 앞으로 인공 디스크치환술 후 경추분절각, 인공디스크 축의 변화, 경추 운동성 보존여부 및 인접 경추분절의 퇴행성 변성의 차이 등을 평가하기 위해서는 시행 예를 더 축적하고, 장기간 추적 관찰하여야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Anderson PA, Sasso RC, Rouleau JP, Carlson CS, Goffin J: The Bryan cervical disc: Wear properties and early clinical results. **The Spine Journal** 4(6 Suppl):303-309, 2004
2. Bohlman HH, Emery SE, Goodfellow DB, Jones PK: Robinson anterior cervical discectomy and arthrodesis for cervical radiculopathy. Long-term follow-up of one hundred and

- twenty-two patients. **J Bone Joint Surg Am** **75**(9):1298-1307, 1993
3. DePalma AF, Rothman RH, Lewinnek GE, Canale ST: Anterior interbody fusion for severe cervical disc degeneration. **Surg Gynecol Obstet** **134**(5):755-758, 1972
 4. Duggal N, Pickett GE, Mitsis DK, Keller JL: Early clinical and biomechanical results following cervical arthroplasty. **Neurosurg Focus** **17**(3):E9:62-68, 2004
 5. Eck JC, Humphreys SC, Lim TH, Jeong ST, Kim JG, Hodges SD, An HS: Biomechanical study on the effect of cervical spine fusion on adjacent-level intradiscal pressure and segmental motion. **Spine** **27**(22):2431-2434, 2002
 6. Goffin J, Casey A, Kehr P, Liebig K, Lind B, Logroscino C, et al: Preliminary clinical experience with the Bryan cervical disc prosthesis. **Neurosurgery** **51**(3):840-847, 2002
 7. Goffin J, van Loon J, Van Calenbergh F, Plets C: Long-term results after anterior cervical fusion and osteosynthetic stabilization for fractures and/or dislocations of the cervical spine. **J Spinal Disord** **8**(6):499-508, 1995
 8. Gore DR, Gardner GM, Sepic SB, Murray MP: Roentgenographic findings following anterior cervical fusion. **Skeletal Radiol** **15**(7): 556-559, 1986
 9. Gore DR, Sepic SB: Anterior cervical fusion for degenerated or protruded discs: A review of one hundred forty-six patients. **Spine** **9**(7):667-671, 1984
 10. Hilibrand AS, Carlson GD, Palumbo MA, Jones PK, Bohlman HH: Radiculopathy and myelopathy at segments adjacent to the site of a previous anterior cervical arthrodesis. **J Bone Joint Surg Am** **81**(4):519-528, 1999
 11. Hilibrand AS, Robbins M: Adjacent segment degeneration and adjacent segment disease, the consequences of spinal fusion? **Spine J** **4**(6 Suppl):190-194, 2004
 12. Johnson JP, Laurysen C, Cambron HO, Pashman R, Regan JJ, Anand N, Bray R: Sagittal Alignment and the Bryan cervical artificial disc. **Neurosurg Focus** **17**(6):E14:1-4, 2004
 13. Jacobs B, Krueger EG, Leivy DM: Cervical spondylosis with radiculopathy. Results of anterior discectomy and interbody fusion. **JAMA** **211**(13):2135-2139, 1970
 14. Le H, Thongtrangan I, Kim DH: Historical review of cervical arthroplasty. **Neurosurg Focus** **17**(3):E1:15-17, 2004
 15. Parkinson JF, Sekhon LH: Cervical arthroplasty complicated by delayed spontaneous fusion. **J Neurosurg Spine** **2**(3):377-380, 2005
 16. Pickett GE, Mitsis DK, Sekhon LH, Sears WR, Duggal N.: Effects of a cervical disc prosthesis on segmental and cervical spine alignment. **Neurosurg Focus** **17**(3):E5:30-35, 2004
 17. Silber JS, Anderson DG, Daffner SD, Brislin BT, Leland JM, Hilibrand AS, Vaccaro AR, Albert TJ: Donor site morbidity after anterior iliac crest bone harvest for single-level anterior cervical discectomy and fusion. **Spine** **28**(2):134-139, 2003