

경추부 인공관절 수술의 조기 방사선학적 결과

이화여자대학교 의과대학 신경외과학교실

김 명 현 · 조 도 상

= Abstract =

Early Radiologic Outcome of Cervical Artificial Disc Surgery

Myung-Hyun Kim · Do-Sang Cho

Department of Neurosurgery, College of Medicine, Ewha Womans University

Object : Recently, motion preservation has come to the forefront of emerging technologies in spine surgery. This is the important background information of the emergence of cervical arthroplasty as an alternative to arthrodesis that offers the promise of restoring normal spinal movement and reduces a kinematic strain on adjacent segments. The study was designed to evaluate early surgical outcome and radiological effects of Bryan cervical disc prosthesis.

Method : The authors retrospectively reviewed radiographic and clinical outcomes in 49 patients who received the Bryan Cervical Disc prosthesis, for whom follow-up data were available. Static and dynamic radiographs were measured by computer to determine the angles formed by the endplates of the natural disc preoperatively, those formed by the shells of the implanted prosthesis, the angle of the FSU, and the C2-7 Cobb angle. The range of motion (ROM) was also determined radiographically, whereas clinical outcomes were assessed using Odom's criteria.

Result : A total of 66 Bryan disc were placed in 49 patients. A single-level procedure was performed in 35 patients, a two-level procedure in 14 patients, and a three-level procedure in 3. Radiographic and clinical assessments were made preoperatively. Mean follow-up duration was 29.2 months, ranging from 6 to 36 months. All of the patients were satisfied with the surgical results by Odom's criteria. The postoperative ROM of the implanted level was preserved without significant difference from preoperative ROM of the operated level. 90% of patients with a preoperative lordotic sagittal orientation of the FSU were able to maintain lordosis. The overall sagittal alignment of the cervical spine was preserved in 89.4% of cases at the final follow up. Interestingly, preoperatively kyphotic FSU resulted in lordotic FSU in 57.7% of patients during the late follow up, and preoperatively kyphotic overall cervical alignment resulted in lordosis in 62.5% of the patients postoperatively.

Conclusion : Arthroplasty using the Bryan disc seemed to be safe and provided encouraging clinical and radiologic outcome in our study. Although early and intermediate results are promising, this is also a relatively new approach, long-term follow up studies are required to prove its efficacy and its ability to prevent adjacent segment disease.

KEY WORDS : Arthroplasty · Cervical disc · Artificial disc.

서 론

전방 경유 골유합술은 50여년 전부터 시술이 시작되어 최근까지 경추부 퇴행성 질환에 대한 대표적인 수술로 알려져 왔다³⁻⁵⁾¹⁸⁾. 그 수술 결과는 이미 많은 저자들에게 의해 비교적 좋은 결과를 보인다고 발표되어 왔는데, 한편으로는 수술 후 장기간의 보조구 착용으로 인한 사회적 경제적 손실, 골유합으로 인한 경추부 운동 장애, 인접한 추체와 추간판의 심한 퇴행성 변화와 이차적인 병적 상태 발생 등이 문제점으로 거론되어 왔다²⁾⁶⁾⁹⁾¹⁰⁾¹²⁾¹³⁾. 특히 여러 분절에 걸친 다발성 경추부 퇴행성 질환인 경우에는 수술 후 매우 심각한 지경의 후유증이 발생한다. 어떤 보고에 의하면 인접한 분절에 발생한 병변으로 골유합술을 시행 받은 환자들 중에서 1년에 2.9%의 환자들이 재수술을 받으며, 10년 내에 25.6%의 환자가 재발된 증상에 대해 추가적인 수술을 받을 수 있다고 보고한 바 있다¹³⁾.

최근 이러한 단점을 보완하기 위해 경추부의 운동 분절을 유지하며 병적 상태를 제거할 수 있는 수술법들이 시도되고 있는데 대표적인 것이 신경공 확장술(Anterior microforaminotomy)과 다양한 종류의 인공디스크 수술이다. 신경공 확장술은 추간판의 대부분을 보존하면서 비교적 경추 운동에 영향을 미치지 않는 구상돌기의 일부를 제거하여 이를 통해 신경공을 감압하는 방법이며¹⁴⁾, 인공디스크 수술은 추간판을 모두 제거하고 이를 통해 병적인 상태를 제거한 후 운동성을 가진 인공디스크로 대체하는 일종의 인공관절 수술이다¹⁾⁸⁾¹¹⁾. 인공디스크 수술은 관절 운동을 유지하고, 골유합술의 단점을 피하며, 빠른 회복을 통해 환자로 하여금 일상생활이나 직업생활로 빠르게 복귀하도록 하기 위해 고안되었다. 이 수술의 목표는 디스크의 높이를 유지하고, 신경을 압박하는 모든 병적 상태를 제거한 후 운동 관절을 유지하기 위한 것이며, 아울러서 인접한 관절의 정상적인 상태를 유지하도록 하는 것이다. 저자는 다양한 경추부 퇴행성 질환에 대해 널리 사용되는 인공디스크 중 주로 Bryan을 사용한 수술을 시행하여 그 결과를 알아보려고 하였다.

연구 방법

2000년 9월부터 2008년 3월까지 본원 신경외과에서

본인이 수술한 368명의 경추부 퇴행성 질환 환자 중 인공디스크 수술을 시행 받은 49명(66 디스크)을 대상으로 하였다. 수술 전후 단순촬영, 3차원 전산화단층촬영과 자기공명술을 시행하였으며, 일부에서는 수술 후 경추부 운동 범위를 확인하기 위한 fluoroscopy를 시행하였다. 수술 전 임상 증상은 주로 일측의 신경근 압박 증상이었으며, 3예에서는 척수 압박 증상을 보였다.

수술 대상은 제3-4경추간 추간판에서 6-7경추간 추간판 사이의 경추부 퇴행성 질환을 가진, 신경근 증상이나 척수 압박 증상을 보이는 환자 중에서 보존적인 치료로 호전되지 않는 환자들이었고, 심한 후관절 병증이나 척추 불안정, 종양, 외상으로 인한 병적인 상태가 있는 경우, 감염 환자들은 제외되었다. 수술 결과는 Odom씨 기준으로 결정하였다. 수술 전후 방사선학적 평가를 위해 정지 상태와 역동적 상태에서 shell angle, shell angle을 기초한 경추부 운동 범위(ROM), functional spine unit (FSU), Cobb angle(Fig. 1)을 측정하여 비교하였다.

수술은 전신 마취 하에서 전방 경유 추간판 절제술을 시행하고, 필요 시 신경근이나 척수를 압박할 수 있는 추체의 모든 병적인 상태를 드릴과 Kellison punch 및 mi-

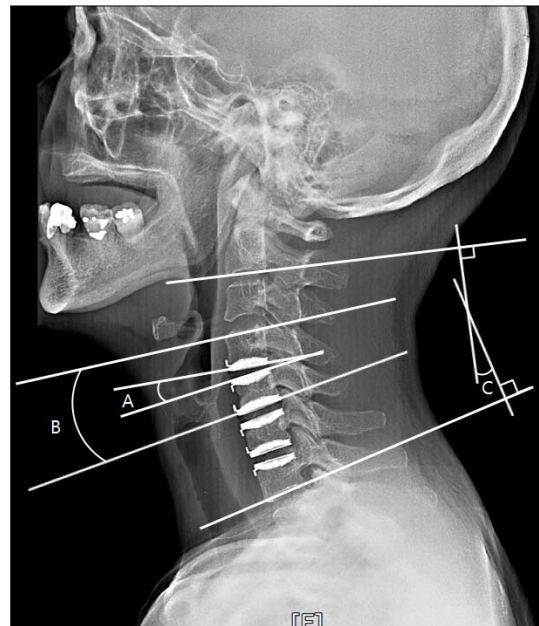


Fig. 1. Measurement of the angles. Implant level was measured by shell angles (A), and the adjacent levels were measured by disc space angles, measured on endplates. The FSU (B) and overall cervical (C2-7) alignment (C) were measured by Cobb's method.

croforcep을 사용하여 제거한 후, 인공디스크를 삽입했다. 수술 중 환자는 양와위에서 목을 정상적인 자세로 유지하였다. 통상적인 방법으로 디스크를 노출하여 일부 절제해내고, C-arm fluoroscopy하에서 노출된 인접 추체의 종적인 중심을 파악하여 이를 기준으로 드릴링과 밀링 기구를 차례로 삽입하여 남아있는 연골판과 추체 일부를 제거하고, 현미경 하에서 추체나 추간판의 병적 상태를 다시 확인-제거 후, 인공디스크를 삽입하였다.

연구결과

1. 임상적인 면

관찰 기간은 수술 후 6개월에서 36개월(평균 29.2개월)이었다. 평균 49명의 환자에서 66예의 인공디스크 치환술을 시행하였으며, 인공디스크 수술을 시행 받은 환자 중, 23명은 여자 환자였고, 26명은 남자였으며, 평균 연령은 47.4세(28~77세)였다. 주된 병변은 추간판

Table 1. Clinical analysis of 49 patients with cervical degenerative pathologies, who underwent cervical artificial disc surgery

Age		47.4 (28-77) yrs	
Sex	Male	26 53.10%	
	Female	23 46.90%	
Main pathology	disc	22 44.90%	
	spondylosis	17 34.70%	
	mixed	7 14.30%	
	OPLL	3 6.10%	
Levels	C3-4	2	
	C4-5	9	
	C5-6	22	
	C6-7	2	
	C3-4-5	1	
	C4-5-6	4	
	C5-6-7	2	
	C3-4,5-6	1	
	C3-4,6-7	2	
	C4-5,6-7	1	
	C3-4-5-6	1	
	C4-5-6-7	2	
	Outcome	Excellent	30 (61.2%)
		Good	14 (28.6%)
Fair		5 (10.2%)	
Follow-up period		29.2 (6-36) Mos	
Hospital days		3.9 (2-14) ds	

탈출증이 22명(44.9%), 경추증 17명(34.7%), 후종인대골화증 3명(6.1%), 복합적인 경우가 7명(14.3%)이었다. 1개 분절에 대해 수술 받은 환자는 35명(71.4%), 2개 분절은 11명(16.7%), 그리고 3개 분절은 3명(4.5%)였으며, 수술을 시행한 부위는 제5-6경추간, 4-5경추간, 6-7경추간, 그리고 3-4경추간 순이었다. 동반된 수술은 골유합술 7명(14.3%), 신경공 확장술 8명(16.3%)였으며, 모든 환자에서 수술과 관련된 합병증은 없었고, 수술이 필요한 경우도 없었다. 수술 성적은 excellent 30명(61.2%), good 14명(28.6%), fair 5명(10.2%)이었으며(Table 1), 수술 후 뚜렷한 운동 장애를 보인 환자는 없었다.

2. 방사선학적인 면

수술 전 shell angle은 1.9도, shell angle에 근거한 경추부 운동 범위(Range of motion, ROM)는 7.5도, FSU angle는 1.1도, Cobb angle는 9.6도였으며, 수술 후에는 각각 3.5도, 8.6도, 3.7도, 12.6도로 모두 증가하는 모습을 보였고, 이 중 경추부 운동 범위만 통계적으로 의미가 없었다($P>0.05$) (Fig. 2).

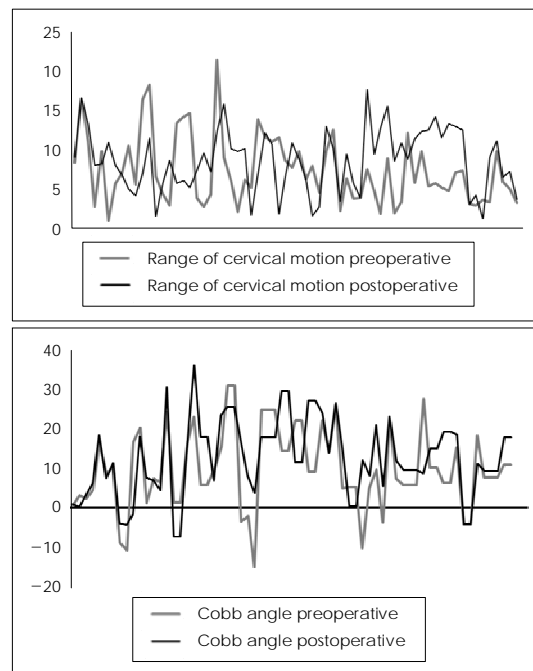


Fig. 2. Pre- and postoperative cervical range of motion (ROM) and cervical curvature (Cobb angle). There was no significant change in ROM postoperatively, but Cobb angle was increased significantly.

1) 한 분절만 수술한 경우

수술 전 shell angle은 1.4도, ROM은 8.19, FSU angle -0.75 , Cobb angle 8.6이었으며, 수술 후에는 각각 4.3, 9.16, 3.5, 11.8로 모두 증가하는 모습을 보였으나, 이 중 shell angle, FSU angle만 통계적으로 의미가 있었다($P < 0.05$). 수술 분절에 후만증을 보이는 경우는 8/5(22.9%)였으며, 경추부 전반에 후만증을 보이는 경우는 7/35(20%)였다. 수술 후에 해당 분절의 후만증이 교정된 경우는 6/8(75%)였으며, 경추부 전반에 걸친 후만증이 교정된 경우는 5/7(71.4%)였고, 해당 분절에 수술 전 없던 후만증이 온 경우는 2/27(7.4%), 경추 전반에 후만증이 온 경우는 1/28(3.6%)였다. 이는 수술 직후부터 나타나 경과관찰에 따른 변화가 없었다.

2) 두 개 이상 분절에 수술한 경우

수술 전 경추부 전반에 걸친 후만증은 1/14(7.1%), 경추부가 직선으로 보이는 경우는 4/14(28.6%), 그리고 전만증을 보이는 경우는 9/14(64.3%)였다. 수술 전 shell angle은 2.5도, ROM은 6.9, FSU angle 3.1, Cobb angle 10.8이었으며, 수술 후에는 각각 2.6, 8, 4, 13.4로 모두 증가하는 모습을 보였으나, 모두 통계적으로 의미는 없었다($P > 0.05$). 수술 분절에 후만증을 보이는 경우는 2/31(6.5%)였으며, 경추부 전반에 후만증을 보이는 경우는 1/14(7.1%)였다. 수술 후에 해당 분절이나 경추부 전반의 후만증이 교정된 경우는 없었다. 해당 분절에 수술 전 없던 후만증이 온 경우는 6/29(20.7%), 경추 전반에 후만증이 온 경우는 1/13(7.7%)였다.

토 론

전방 경유 골유합술은 경추부 병변에 대한 표준화된 수술법이다. 하지만 상당히 만족스런 결과에도 불구하고 수술 후 시간 경과에 따라 수술한 분절의 인접 분절에 퇴행성 변화가 나타난다. 경추부 골유합술로 인한 인접 추간관에 부담이 증가하여 해당 분절에 퇴행성 변화가 가중된다는 개념은 널리 받아들여지고 있다¹³⁾¹⁶⁾¹⁹⁾. 비록 골유합이 병변 분절에는 유익하나 나머지 운동 분절에 해로운 영향을 미치는 것이다. 이러한 경추의 운동 소실로 환자들은 간혹 경부 강직, 기능적인 제한, 그리고 인접 분절의 기능적인 추간관의 퇴행을 경험하게 되고, 이러한 변화는 추적 관찰하면 3%의 환자에서 보이며, 수술 후

10년에는 25%까지 올라간다고 예상된다.

이러한 단점을 보완하기 위해 인공관절 수술이 고안되었으며, 많은 연구에서 좋은 결과를 보이고 있다. 1개 분절과 2개 분절에 대한 인공 디스크 수술에 대해 유럽에서 보고된, 수술 후 1년 지나 평가된 조기 수술 성적들을 보면, excellent, good, fair를 보인 환자가 90%를 넘으며, 한 개 분절 수술의 경우 88%, 두 개 분절의 경우 86%에서 경추부 운동이 유지된다고 한다¹¹⁾.

Goffin 등¹¹⁾은 여러 척추 센터들을 망라한 연구에서, 1개 분절 수술 시 6개월 후 90%, 12개월 후 86%, 24개월 후 90%에서 좋은 결과를 얻었으며, 2개 분절 수술 시 6개월 후 82%, 12개월 후 96%에서 좋은 결과를 얻었다고 보고하였다. 인공관절 사용으로 인한 이상이나 인공관절 탈구는 없었다고 하였으며, 1년 후, 한 개 분절 수술의 경우에는 굴곡-신전 운동 범위가 분절당 7.9도, 두 개 분절 수술 시 7.4도라고 보고하였다.

Anderson 등¹⁾은 1개 분절에 대해 Bryan 인공관절을 시술하고 2년 이상 추적 관찰한 73명의 환자들에서 excellent 45, good 7, fair 13명, 그리고 poor 8명이었고, SF-36 기능적 수술 결과 평가치는 수술 후 3개월에 상당한 호전을 보였으며, 24개월간 유지되었다고 보고하였다. 분절당 평균 운동 범위는 8도였으며, 1예에서 불충분한 수술로 인한 인공관절 전위가 보였다고 하였다.

Duggal 등⁸⁾은 26명의 환자에서 30개의 Bryan 인공관절 수술을 시행하였고, 평균 12.3개월 추적 관찰하였으며, NDI(Neck Disability Index)가 통계적으로 유의하게 호전되었다고 보고하였다. 또한 최근 생역학적인 연구에서 골유합술 후 보이는 인접 분절의 증가된 운동과 부담이 인공관절 수술 후에는 보이지 않는다고 하였다⁷⁾.

합병증으로는 척추 전방의 혈종, 병변의 잔존, 경막상 혈종, 후두나 식도 손상, 일시적 또는 영구적인 성대 마비, 일시적인 인공관절 전위 등¹¹⁾이 보고되고 있다. 몇몇 저자들은 인공관절 수술 후 자연적인 골화증으로 인한 유합을 보고했다¹⁵⁾¹⁷⁾. Pickett 등¹⁷⁾은 74명의 환자에 대해 96개의 인공관절 수술 후 6.2%의 합병증을 보고하였고, 이 중 2예의 자연 골화로 인한 유합을 보고하였다. Leung 등¹⁵⁾은 17.8%의 인공관절 수술 환자에서 이러한 현상을 보고하였는데 남자와 고령이 위험인자라 하였다.

경추 인공관절 수술의 목적은 운동 소실 없이 경추부 감압을 통해 증상을 보이는 신경 압박을 제거하는 것이다. 인공관절 수술을 통해 통증 제거, 신경 감압, 인접 분

절의 퇴행 방지, 운동 보존, 추간관 높이 유지, 수술로 인한 이환을 저하, 기능의 조기 회복 등을 기대할 수 있다. 대개 경추부 정렬에 이상이 없으면서 병이 있는 분절에 불안정이나 지나친 운동성이 없는 경우, 그리고 골다공증이 없는 경우에 수술이 고려되며, 전에 수술을 받은 경우나 경부 동통이 유일한 증상인 경우, 심한 해부학적 변형, 그리고 방사선학적으로 불안정(2mm 이상 전위, 11도 이상 굴곡 변형)이 있는 경우, 골다공증, 전이성 암, 골대사 이상증, 후관절의 병적 이상, 골극으로 인한 심한 척수 증상이 있는 경우, 만성 감염, 종양, 전신적이나 대사성 질환, 그리고 금속 알러지가 있는 경우에는 피하는 것이 좋다¹⁸⁾. 본 연구는 이러한 적응증에 맞게 고안되었다.

본 연구에서는 수술 전보다 수술 후 shell angle이 증가되었으며($P < 0.05$), shell angle에 의거한 수술 전후 해당 분절의 운동 범위는 큰 차이가 없었다($P > 0.05$). 수술 후에 인접한 분절에서는 수술 후 초기에는 감소된 운동 범위가 수술 후 6개월에는 많은 회복을 보였다($P < 0.5$). FSU(Functional Spine Unit) angle과 Cobb angle은 모두 수술 후 증가된 소견을 보였다($P < 0.5$). 이러한 수술 전후 방사선학적 변화는, 한 개 분절을 수술한 경우에는 수술 후 모두 호전되었으나, 두 개 이상의 분절을 수술한 경우에는 수술 후 유의한 차이를 보이지 않았다.

한 개 분절을 수술한 환자 중, 그 분절만 후만증을 보인 22.9%의 환자에서 수술 후 후만증이 교정된 경우가 이중 75%였고, 경추부 전반에 걸친 후만증을 보인 20%의 환자에서 수술 후 교정된 경우가 71.4%였으며, 수술 전 없던 후만증이 수술 후 발생한 경우가 각각 7.4%, 3.6%였다. 반면에 두 개 이상의 분절을 수술한 환자 중, 해당 분절의 후만증을 보인 2명과 경추부 전반에 걸친 후만증을 보인 1명은 수술 후에도 후만증이 개선되지 않았으며, 수술 전 보이지 않던 후만증이 수술 후 나타난 경우가 1명이었다. 수술 후 후만증이 나타나는 경우는 인공관절의 삽입 각도, 수술 시 인공관절 장착을 위한 milling 과정에서 과도한 조작, 또는 수술 전 있던 후만증의 정도와 관련된 것으로 생각된다. 인공관절 삽입 각도는 중요하며 연골판 및 인접 척추의 부분 제거 정도와 관련있고, 적절한 각도를 유지하기 위한 특정한 방법은 없고, 병변이 있는 분절의 위치, 전반적인 경추부 모양, 수술 시 환자 자세, 경부 근육 이완 정도, 심지어는 피부 절개 범위나 상대적인 위치에도 영향을 받을 수 있다. 특히 인접한 여러 분절을 수술하는 경우에는 정당한 삽입 각도를 정

하여, 과도한 조작이 일어나지 않도록 수술 전 기획이 필요할 것으로 생각된다.

방사선 검사상 수술 직후에는 보다 후만증에 가까운 모습을 보이거나 대개 6주를 거치면서 호전되는 경향을 보이며, 이는 인공관절의 생역학적인 성질과 관련있다고 보다는 시간 경과에 따른 동통 완화와 강직된 근육이 완화되는 것과 관련 있을 것으로 생각된다. 임상적, 방사선학적 조건에 따르면, 수술 분절들은 결국 대부분 수술 전만큼 또는 그 이상 운동이 보존되었으며, 수술 후 환자가 보이던 통증은 현저하게 감소하였고, 삽입된 인공관절의 전위나 탈구는 없었다. 다만 2예에서 초기 인공관절 삽입 시 방향이 약간 틀어진 경우는 있었으나 이로 인해 임상적으로 영향을 미치지 않았다.

대부분의 퇴행성 경추 질환은 1개 분절 이상에 존재하며 따라서 여러 분절에 대한 골유합으로 인한 기능적 상실이 문제된다. 최근 두 개 분절에 대한 인공관절 수술은 가능하며, 안전한 시술로 인정되고 있다. 저자는 14명에서 2개 분절 이상의 인공관절 수술을 하였으며, 3예에서 3개 분절에 걸친 인공관절 수술을 시행하였다. 이들은 모두 좋은 임상 결과를 보였으며, 방사선학적 결과도 운동 범위를 유지하면서 경추부 전반에 걸친 배열도 수술 전에 비해 호전된 모습을 보였다. 비록 퇴행성 경추 질환에 대한 3개 분절 인공관절 수술의 성적이나 효과가 밝혀지지 않았으나, 본인의 연구에 비추어 보면 여러 분절에 걸친 인공관절 수술의 효능은 조만간 인정되리라 기대된다.

결론

이 연구는 시상면에 국한된 방사선학적 평가에 국한되어 있으며, 방사선학적 변화를 임상적 증상 변화와 비교하지 않았고, 수술 결과를 수술하는 사람이 평가하는 Odom씨 평가법을 사용하여 환자가 스스로 평가하는 VAS나 NDI 평가와 비교한다면 오차가 있을 수 있다는 제한이 있다. 비록 보다 정확한 평가를 위해서는 오랜 기간의 관찰이 필요하겠지만, 본 연구에서 Bryan을 이용한 인공관절 수술은 안전하고, 임상적이나 방사선학적으로 고무적인 결과를 보여, 경추부 퇴행성 질환에 대한 새로운 수술법이 대두되고 있다는 것을 보여준다.

중심 단어 : Arthroplasty · Cervical disc · Artificial disc.

References

- 1) Anderson PA, Sasso RC, Rouleau JP, Carlson CS, Goffin J : *The Bryan Cervical Disc : wear properties and early clinical results. Spine J Official J North Am Spine Soc. 2004 ; 4 (6 suppl) : 303S-309S*
- 2) Bohlman HH, Emery SE, Goodfellow DB, Johns 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 1993 ; 75 : 1298-1307*
- 3) Clements DH, O'Leary PF : *Anterior cervical discectomy and fusion Spine 1990 ; 15 : 1023-1025*
- 4) Cloward RB : *The treatment of ruptured lumbar intervertebral disc by vertebral body fusion. III. Method of use of banked bone. Ann Surg 1952 ; 136 : 987-992*
- 5) Cloward RB : *The anterior approach for removal of ruptured cervical disks. J Neurosurg 1958 ; 15 : 602-617*
- 6) Eck JC, Humphreys SC, Lim TH, Jeong ST, Kim JG, Hodges SD : *Biomechanical study on the effect of cervical spine fusion on adjacent-level intradiscal pressure and segmental motion. Spine 2002 ; 27 : 2431-2434*
- 7) DiAngelo DJ, Roberston JT, Metcalf NH, McVay BJ, Davis RC : *Biomechanical testing of an artificial cervical joint and an anterior cervical plate. J Spinal Disord Tech 2003 ; 16 : 314-323*
- 8) Duggal N, Pickett GE, Mitsis DK, Keller JL : *Early clinical and biomechanical results following cervical arthroplasty. Neurosurg Focus. 2004 ; 17 : E9*
- 9) Fuller DA, Kirkpatrick JS, Emery SE, Wilber RG, Davy DT : *A kinematic study of the cervical spine before and after segmental arthrodesis. Spine 1998 ; 23 : 1649-1656*
- 10) Goffin J, Geusens E, Vantomme N, Quintens E, Waerzeggers Y, Depreitere B, et al : *Long-term follow-up after interbody fusion of the cervical spine. J Spinal Disord Tech. 2004 ; 17 : 79-85*
- 11) Goffin J, Van Calenbergh F, van Loon J, Casey A, Kehr P, Leisig K, et al : *Intermediate followup after treatment of degenerative disc disease with the Bryan Cervical Disc Prosthesis : single-level and bi-level. Spine 2003 ; 28 : 2673-2678*
- 12) Goffin J, van LJ, Van CF, Plets C : *Long-term results after anterior cervical fusion and osteosynthetic stabilization for fractures and/or dislocations of the cervical spine. J Spinal Disord 1995 ; 8 : 500-508 ; Discussion 499*
- 13) 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 Volume 1999 ; 81 : 519-528*
- 14) Jho HD, Kim WK, Kim MH : *Anterior microforaminotomy for treatment of cervical radiculopathy : part 1 disc-preserving functional disc surgery. Neurosurgery 2002 ; vol51 ; No5 (2 suppl) : s46-s53.*
- 15) Leung C, Casey AT, Goffin J, Kehr P, Liebig K, Lind B, et al : *Clinical significance of heterotopic ossification in cervical disc replacement : a prospective multicenter clinical trial. Neurosurgery 2005 ; 57 : 759-763*
- 16) Matsunaga S, Kabayama S, Yamamoto T, Yone K, Sakou T, Nakanishi K : *Strain on intervertebral discs after anterior cervical decompression and fusion. Spine 1999 ; 24 : 670-675*
- 17) Pickett GE, Sekhon LH, Sears WR, Duggal N : *Complications with cervical arthroplasty. J Neurosurg Spine 2006 ; 40 : 98-105*
- 18) 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 ; 40A : 607-624*
- 19) Wigfield C, Gill S, Nelson R, Langdon I, Metcalf N, Robertson J. *Influence of an artificial cervical joint compared with fusion on adjacent-level motion in the treatment of degenerative cervical disc disease. J Neurosurg 2002 ; 96 : 17-21*