J Korean Neurosurg Soc 37 : 201-206, 2005

Clinical Article

축추-환추간 경관절 나사못 고정술 치료의 결과 및 합병증

인하대학교 의과대학 신경외과학교실
최준웅, 윤승환, 박형천, 박현선, 김은영, 하 윤

The Results and Complications of the C1-C2 Transarticular Screw Fixation Methods

Jun-Woong Choi, M.D., Seung-Hwan Yoon, M.D., Hyung-Chun Park, M.D.,
Hyeon-Seon Park, M.D., Eun-Young Kim, M.D., Yoon Ha, M.D.
Department of Neurosurgery, Inha University College of Medicine, Incheon, Korea

Objective : To evaluate the accuracy and safety of C1-C2 transarticular screw insertion, we retrospectively review surgical records and postoperative radiological findings.
Methods : From January 2001 to October 2003, the C1-C2 transarticular screw fixation and posterior wiring with iliac bone grafts was performed in 16 pateints. 6 patients had rheumatoid arthritis which caused cervical instability, 3 patients had os odontoideum, 3 patients had type 2 odontoid process fracture, 3 patients had traumatic transverse ligament injury and 1 patients who had been managed with C1-C2 wire fixation had psoriatic arthritis.
Results : Osseous fusion was documented in 15 patients(93.8%). Only one patient was recorded screw loosening because of postoperative infection. One patient had only one screw placed because of abnormal anatomical structure, one patients was breakage of a Kirschner wire, and one screw was medial location to lateral mass of C1, but clinical results was excellent and radiological instability was not noted.
Conclusion : The author's experience demonstrates that C1-C2 transarticular screw fixation with wired bone graft is a safe procedure with higher fusion rate but precaution is needed to avoid the neural damage, vertebral artery injury, and hardware failure.

KEY WORDS : Posterior C1-C2 transarticular screw fixation · C1-C2 instability · Rheumatoid arthritis · Os odontoideum · Psoriatic arthritis.

서 론

환추-축추 관절면은 경부의 회전운동의 40~50%를 담당하는 운동성이 많으면서 상위 구조인 두개를 지탱하는 치상돌기라는 독특한 골 구조와 주변의 여러 가지 인대가 안정성 유지를 담당하고 있어 축추 부위의 외상이나 주변 인대에 손상이 발생하면 환추-축추간 불안정성이 발생하여 경추부와 후두부에 통증을 유발하거나 척수나 연수를 압박하여 심각한 신경학적인 손상을 유발한다[15]. 이런 환추-축추간 발생하는 불안정성의 원인은 외상으로 인한 치상돌기의 골절 및 횡인대의 손상, 선천성 기형, 류마치스 관절염 등 염증성 병변, 종양 등 여러 가지 원인에 의해 발생한다[3,15].

• Received : May 27, 2004 • Accepted : September 13, 2004
• Address for reprints : Seung-Hwan Yoon, M.D., Department of Neurosurgery, Inha University College of Medicine, Sinheung-dong 3-ga, Jung-gu, Incheon 400-711, Korea
Tel : 032) 890-3508, Fax : 032) 890-2947
E-mail : nsysh@inha.ac.kr

환추-축추 불안정증의 치료로는 보존적 치료 및 수술적 치료가 있으나 II형 치상 돌기 골절 및 횡인대 절단 또는 이완으로 발생한 경우에는 Halovest를 포함한 보존적인 고정방법으로는 실패율이 높고 장기간의 침상안정에 의한 합병증 발생 가능성이 높아서 최근에는 수술적 방법을 많이 시행하고 있다. 환추-축추 불안정성의 수술적인 방법중 과거에 이용되던 단순한 철사를 이용한 골고정법은 수술 후 외고정 장치가 필요하기도 하며 불유합률도 10% 이상으로 보고 되고 있다[3,8,11,13].

1986년 Magerl과 Seeman 등[22]에 의해 소개된 환추-축추 경관절 나사못 고정술은 철사를 이용한 고정술에 비해 환추-축추의 안정성을 유지하는데 우월하며, 95~100%에 달하는 견고한 골융합을 이룰 수 있다고 보고하고 있다[2,14,16,17,19]. 하지만 이 수술은 단순한 철사를 이용한 방법에 비해서 수술법이 어려우며 설하신경 마비, 추골동맥 파열 등과 함께 나사못 골절, 나사못의 이상 위치 등

Table 1. Profile of 16 patients related to complications

No. of patient	Age	Sex	Dx	C12 interval	Symptom	op. methids	Follow up	Bone fusion	Surgical complication	Surgical · outcome
1	34	f	RA*	4.4	neckpain	Gallies	12	F§	-	good
2	42	m	traumatic C1-2 instability	4.2(N**)	neckpain	IS†	13	F	-	good
3	28	M	Os Odontoideum	5.5	neckpain	IS	12	F	guide pin broken	good
4	24	m	Psoriatic arthritis	6.2	neckpain	IS	13	F	-	good
5	67	f	RA	5.5	m***	IS	6	F	-	good
6	78	m	traummatic C1-2 instability	4.5	neckpain	IS	8	F	-	good
7	65	m	traummatic C1-2 instability	4.4(N)	neckpain	Gallies	7	loosen	infection	pain ↑
8	46	f	RA	5.5	neckpain	IS	8	F	uni-screw	good
9	55	m	type II odontoid fracture	6.4	m	IS	11	F	-	good
10	68	f	RA	5.8	neckpain	IS	10	F	mal-location of screw	good
11	44	m	type II odontoid fracture	4.0(N)	neckpain	IS	15	F	-	good
12	34	f	Os odontoideum	5.5	IND†	IS	14	F	-	good
13	49	f	RA	4.6	neckpain	IS	8	F	-	good
14	65	m	RA	5.5	neckpain	IS	11	F	-	good
15	55	f	type II odontoid fracture	6.5	neckpain	IS	14	F	-	good
16	30	m	Os odontoideum	4.4	neckpain	IS	13	F	-	good

* RA : rheumatoid arthritis, ** N : neutral, ***M : myelopathy, † IND : intemittent neurological deficits, ‡ IS : interspinous methods, § F : fusion

의 심각한 합병증 및 수술의 재약성이 따른다[4,23,27,34,35].

본 교실에서는 환추-축추 불안정성에 대해 환추-축추 경관절 나사못 고정술을 시행하였던 환자를 대상으로 수술결과 및 합병증 등에 대해 알아보았다.

대상 및 방법

2001년 1월부터 2003년 10월까지 본원에서 환추-축추 불안정성으로 경관절 나사못 고정술을 시행 받았던 16명의 환자를 대상으로 하였다. 남자 환자는 9예(56.25%), 여자 환자는 7예(43.75%)의 분포를 보였으며, 환자들은 24세에서 78세까지 연령분포를 보이며 평균연령은 49세였다.

환추-축추성 불안정성 원인으로는 류마티스성 관절염에 의한 경우가 6예, os odontoideum의 경우 3예, 제2형 치상돌기 골절에 의한 경우가 3예, 외상성 횡인대 손상에 의한 경우가 3예, 건선성 관절염에 의한 경우가 1예였다(Table 1). 대상 환자의 내원 시 임상증상은 12예에서 경추부 통증으로 내원하였고 류마티스성 관절염 환자 1예와 제2형 치상돌기 골절 환자 1예에서 척수병증 소견이 있었고 os odontoideum 1예의 환자에서 간헐적인 신경학적인 결손증상이 발생하였다. 이들 환자의 진단에서 경추부 단순 측면사진상에서 환추 전방에서 치골까지의 거리가 정상(성인 3.5mm) 이상인 경우의 환추-축추 불안정성이 발견된 예는 4예이었으며 나머지 12예에서는 경추부 신전-굴전 측면사진에서 불안정성이 확인되었다. 모든 환자에서 수술 전 전산화단층촬영을 통해 제 2경추의 내측 척추관의 경계를 시발점으로 해서 1mm 간격으로 제 1경추와 제 2경추를 촬영한 자료를 시상면으로 재구성하여 제 2경추에서 나사못의 시발점이 되는 2mm 채측면부터 촬영된 결과가 삽입되는 나사못의 두께의 3.5mm를 계산하여 4mm 외측면까지 (총 제 2경추관의 내측면에서 최소한 6mm)지점에서 추골동맥이 지나가는 척추공(transverse foramen)이 확인되지 않는 것을 확인하였으며 대상 환자에서 문제가 있는 환자는 없었다. 수술은 일반적인 방법과 마찬가지로 피부절개를 외후두 융기정점(inion)에서부터 제7극상돌기 부위까지 시도하고 후두부 근육과 제 5경추 극상돌기까지의 척추주위 근육을 박리하고 제 2, 3경추의 측부종괴까지 조심스럽게 박리한 후 측방으로 견인하였다. 제 2경추의 관절간부(pars interarticularis)의 내측면만 확인하고 제 2경추의 측부종괴의 하방-내측 1/4 부위에 천공기로 피질골에 구멍을 낸 후 측면 방사선 투시하에 직경 2.5mm 유도핀(guide pin)을 이용하여 0~10도 정도 내측으로 향하여 제 2경추 관절간부를 관통하게 하고 제 1경추의 전궁의 하후면을 향하여 천공(drilling)한다. 겸자로 깊이를 측정한 다음 적절한 길이의 3.5mm 피질골 나사못을 천공로를 따라 삽입한다. 반대측에도 동일한 방법으로 피질골 나사를 삽입하였다.

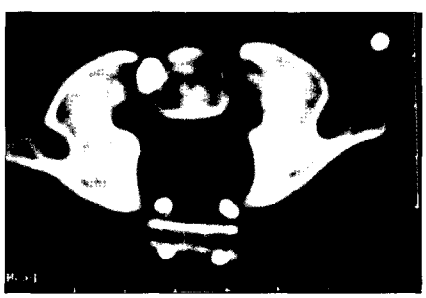

Fig. 1. Postoperative computed tomographic scan shows the right screws placed medially to the lateral mass of the atlas.

수술 후 전 환자에서 경추보조기

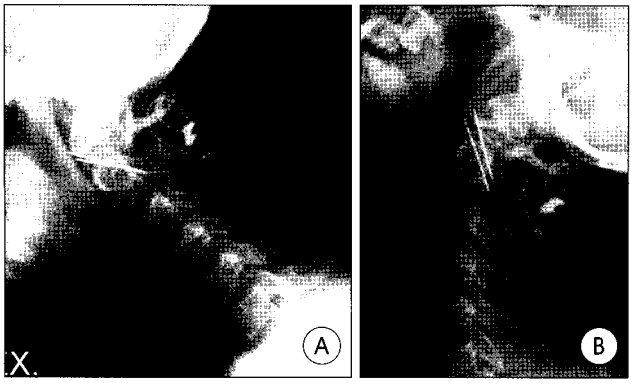

Fig. 2. Flexion(A) and extension(B) lateral cervical radiographs : Immediate postoperation. A guide wire is broken during drilling using cannulated drill. It was difficult to remove and remained in the atlas with anterior protrusion.

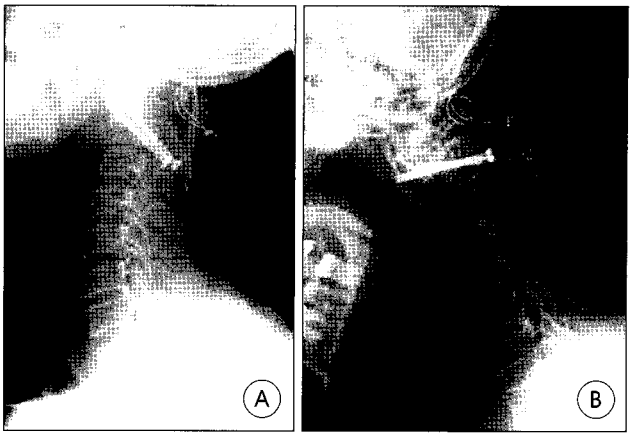

Fig. 3. Plain radiographs, lateral view. A : Immediate postoperation radiograph showing the correct position of transarticular screw fixation. B : At 3 weeks postoperation radiograph showing screw loosening and C1-C2 instability.

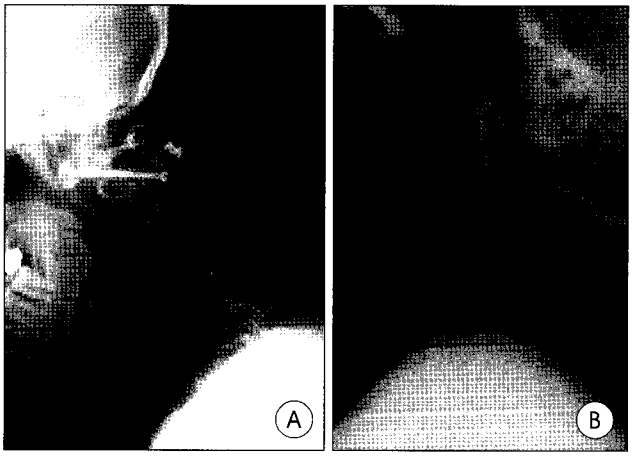

Fig. 4. Flexion(A) and extension(B) lateral cervical radiographs at 8months after unilateral transarticular screw fixation and interspinous bone graft with Songer cable showing solid osseous union.

를 착용시킨 후 조기 보행시켰고 경추보조기는 philadelphia 보조기를 사용하였다. 수술 후 경추부 단순 측면과 신전-굴전 측면사진을 통해 이식골 및 나사못의 상태를 평가하였는데 수술직전, 수술 후 7일, 14일, 30일, 그 뒤에는 3개월 단위로 하였다. 골융합은 최소 수술 후 6개월이상 굴절-신전 측면 방사선 촬영상에서 이상 운동이 없거나 또는 이식골과 환추-축추 극상돌기간에 골소주의 연속성이 있는 경우 골융합으로 간주하였으며 골융합의 여부가 확실하지 않은 경우에는 전산화 단층촬영으로 이를 확인하였다.

결 과

수술은 환추-축추 경관절 나사못 고정 및 골 융합술을 시행하였는데 그 중 2예는 양측성 환추-축추 경관절 나사못 고정술 및 변형된 Gallies 융합방법을 시행하였고, 14예에서 극상돌기간 융합을 시행하였다. 그 중 1예는 일측성 환추-축추 경관절 나사못 고정술 및 환추-축추후궁 강철선 고정술을 시행하였다. 16예의 환자에서 VAS 측정값의 수술 전후 값은, 수술 전 측정값은 평균 8.8이나 수술 후 측정값은 평균 2.8로 관찰되었으며 수술 후 지속적인 척추 불안정성이 발견되었던 1예에서 VAS 측정값이 수술 전 5.5에서 수술 후 7.5로 증가되었다.

추적 관찰 중 경부 단순 방사선 촬영 및 전산화 단층 촬영을 시행하여 이식골의 융합여부 및 나사못의 상태를 평가하였다. 수술 후 경과 관찰 중 15예에서 방사선학적으로 안정화되었고, 나사못이 느슨해진 경우 1예에서 불안정성을 보였다.

수술 후 합병증으로는 사망, 마비 악화 및 척추동맥 손상에 의한 대량 출혈 등 심각한 합병증은 없었으나 수술 후 촬영한 전산화 단층 촬영상 경관절 나사못이 최초 수술계획에 비해서 내측으로 위치한 1예가 관찰되었으나 신경학적인 손상이 발견되지는 않았다(Fig. 1).

수술중 유도핀(guide pin)이 부러진 경우가 1예에서 관찰되었으며 이 환자에서는 수술중 부러진 유도핀을 제거하려고 하였으나 불가능하여 유도핀으로 고정한 상태에서 후방에 철사와 골융합을 시도하였으며 수술 후 현재 11개월까지 유도핀에 이상이 발생하거나 환추-축구후궁에 불안정성이 발견되지는 않았으며 수술 전에 있었던 경추부 통증은 호전되었다(Fig. 2). 수술 후 통증이 악화되고 척추 불안정성이 발견되었던 환자는 수술직후 감염이 되었으며 창상치료와 더불어 수술 1개월까지는 이상이 없었으나 1개월 이상부터 경추부 통증이 계속있어 검사한 경추부 단순 방사선 측면 사진에서 나사못의 이완이 발견되어 재수술을 추천하였으나 수술을 원하지 않는 환자가 1예 있었다(Fig. 3). 1예에서 수술 시야 상 기술상의 문제로 반대측에 삽입이 되지 않아서 일측성 경관절 나사못 고정만

을 시도하였고 수술 후 최소 12개월까지 추적관찰한 상태에서 척추 불안정성이 발견되지 않았다(Fig. 4).

고 찰

일반적으로 환추-축추 관절면은 경부의 전굴 및 후굴의 약 10%와 경추 회전운동의 40~50%를 담당하며 전 척추간에서 운동성이 가장 많으며 안정성은 가장 약하다[28]. 이러한 안정성의 유지에는 치상돌기라는 독특한 골 구조와 여러 가지 인대, 특히 횡인대가 주요한 역할을 하며 임상적으로 척추 관절의 불안정성이란 척추가 생리학적 범위 내의 외부 힘에 대해 신경학적 손상이나 척추 변형이 생기지 않도록 전위를 방지할 수 있는 능력이 소실된 상태를 말한다[12,28,38]. 이런 불안정성의 원인으로는 외상으로 인한 치상돌기의 골절 및 횡인대의 손상[15], 선천성 기형, 류마치스 관절염등 염증성 병변, 종양 등 여러 가지 원인에 의해 초래되며 치료하지 않으면 영구적 신경손상이나 연수부 압박에 의해 사망까지 초래할 수 있으므로 고정법을 필요로 한다[3].

환추-축추 불안정증의 치료로는 보존적 치료 및 수술적 치료가 있으며 Halovest나 Minerva 등의 보존적 치료도 많이 사용되어 왔으나 II형 치상 돌기 골절 및 횡인대 절단 또는 이완 때는 보존적 치료로 잘 치유되지 않아 실패율이 높고 장기간의 침상안정에 의한 합병증 발생 가능성 등으로 최근에는 수술적 방법을 많이 시행하고 있다.

환추-축추 부위의 수술적 치료는 1910년 Mixter와 Osgood에 의해 처음으로 보고된이래 Gallie[11], modified H-bone graft method[7], Brooks[3], Sonntag 등[7]에 의한 철사를 이용한 골융합술 방법들이 사용되고 있으며 이러한 수술 방법들의 골유합률은 평균 60~70%를 나타내며 Halovest 등 보존적 치료를 추가하였을 경우에도 약 85~90%의 유합률을 나타낸다[1,3,8,10,11,18,24]. 그러나 철사 고정술은 비교적 골유합률이 낮고 환추-축추사이의 회전력을 효과적으로 억제하지 못하여 골유합이 실패하기 쉽고 수술 후 장기간의 보존적 치료가 필요하여 대안으로 나사못고정술이 개발되었다. 전방나사못고정술은 1978년 일본의 Nakanishi[25]가 처음 시술하고 높은 골유합성공률을 보이며, 역학적으로 볼 때도 철사고정술보다 강하다는 것이 증명되었다. 이외에도 전방 나사못고정술은 환추-축추관절의 운동에 제한을 주지 않는 장점이 있다. 그러나 전방 나사못고정술은 치상돌기골절 등의 골성 손상에서만 사용가능하고 인대손상인 환추의 횡인대파열에서는 시술할 수 없으며, 나사못 삽입방향과 평행되는 치상돌기골절인 때, 골다공증 등의 질환에 동반된 치상돌기 골절 등에도 사용할 수 없는 단점이 있다.

1979년 Magerl과 Seeman에 의해 후방 경유 경관절 나사못 고정법이 발표된 후 1987년 극상돌기간 유합술을 추가한 수술법이 발표되었다[22]. 그리고 또한 골유합률에 있어서도 아주 양호한 결과를 보였는데 Marcotte, Magerl 등은 이 수술을 통해 시행한 결과 100%의 골유합률을 보고하였고, Grob, Stillerman 등은 95%, Dickman 등은 98%의 높은 유합률을 보고하였다[17,22,32].

본 연구에서도 93.8%에서 안정된 골유합소견을 보였다. 이러한 이유로 환추-축추 불안정성 치료에 경관절 나사못고정법이 많이 이용되고 있으며 좋은 결과를 가져오고 있다. 이 수술 방법의 장점은 수술 후 외고정기구 등 보존적 치료 없이 약 95~100%에 이르는 높은 골융합률 및 회전력에 대하여 생체역학적으로 우수한 점, 후궁하 철사 통과를 피할 수 있는 점 등이 있다[6,13,14,17,22,35]. 이 수술 방법은 제 1 혹은 제 2경추의 후궁이 소실된 경우, 척수강이 좁은 경우, 치골양 돌기의 이상등으로 후방 철사 고정이 어려운 경우, 후방 철사 고정술이 실패한 경우, 특히 류마토이드성 관절염 등에서 유용하게 사용될 수 있다[2,9,10,35]. 반면 단점으로는 수술 수기가 어렵고 시술시 나사방향의 잘못으로 척추 동맥이나 신경 조직의 손상위험이 높다는 점 등을 꼽을 수 있다.

이 수술법은 시행 전에 꼭 확인해야 할 점으로는 환추 횡돌기 골절 등 횡돌기공과 환추-축추 관절면과의 관계, 추골동맥 등 환추-축추추간의 자세한 해부학적 구조이다. 특히 나사못의 진행방향에 추골동맥이 가로막고 있는 경우는 추골동맥 손상을 피할 수 없게 된다. 추골동맥의 이상주행, 환추-축추의 lateral mass의 골절이나 협부의 파손, 심한 골다공증인 경우 적용이 곤란하므로, 추골동맥의 이상주행 여부를 확인하며 경관절 나사못의 주행방향에 문제점을 확인하는 것이 반드시 필요하다[21,27]. 최근 추골 동맥 주행 상태나 경관절 나사못 주행 방향에 대한 방사선적인 연구가 많이 이루어지고 있는데 CT를 이용하여 미세한 경사단면 영상(thin section oblique axial image)을 얻어, 이것을 기초로 추골동맥 주행이나 나사못 주행방향의 단면을 확인할 수 있다[31]. 또한 수술수기의 방법에도 여러 가지 필요한 사항이 요구되고 있다. 우선 수술 전 추골동맥의 주행상태를 정확히 파악한 후 환추와 축추를 충분히 노출시키고 수술 중 방사선투시장치하에서 매우 조심스럽게 그리고 정확히 나사못 주행방향을 정하며 삽입시키는 것이 필요하며 최근에는 computer-assisted surgery system(CAS) 등을 이용하여 수술의 정확성과 안정성을 높일 수 있다고 보고되고 있다[29].

추골동맥의 환추-축추 이상소견은 약 2.3%정도 보고되고 있는데[37], Paramore 등[27]은 94명을 대상으로 환추-축추의 해부학적 구조를 조사한 것에 따르면 18%가 일측 혹은 양측의 추골동맥공의 이상소견을 보였다고 하였다. Dickman 등은 일측성 경관절 나사못을 시행한 환자의 68%가 추골동맥공의 이상 위치에 의한 것이라고 하였다[9]. Madawi 등은 20%정도의 척추경에서 안전한 나사못의 삽입에 장애가 되는 것으로 보고하였다[20].

환추-축추 경관절 나사못 고정술을 시행할 경우 발생될 수 있는 합병증으로는 추골동맥의 손상, 나사못의 파손, 나사못의 잘못된 위치, 수술 중 유도핀의 골절, 골유합의 실패, 감염, 신경 손상 등이 있다. 추골동맥의 손상은 매우 심각한 합병증 중의 하나며 Madawi[21] 는 8.2%를 보고하였고, Neill 등[26] 은 환자의 4.1%에서 나사못 삽입에 따라서는 2.2%에 해당되며, 이 추골동맥의 손상에 따른 신경학적 장애는 0.2%이었고 사망률은 0.1%의 극히 적은 것이라고 보고하였다. Coric 등[5]은 동정맥 기형을 추가적인 합병증으로 보고하였고, Apfelbaum 등[2]은 40명의 증례에서 양측성 추골동맥의 손상에 의한 사망을 1예 보고하였다. Sasso 등[30]은 32명에 대해 시험하였는데 1명에서 심한출혈을 보고하였다.

나사못의 주행방향은 너무 외측이거나 내측일 경우 추골동맥 혹은 척수신경에 손상을 초래할 수 있어 나사못 고정술시 주행방향은 매우 중요한 사항이다. 그러므로 수술 전의 정확한 검사가 필요하며 또한 수술시 방사선 투시하에 시행할 필요가 있다. 나사못의 이상 위치를 피하는 방법으로 수술 전 해부학적 상태를 정확히 파악하고 수술 중 환추 축추간의 완전 정복, 적절한 방사선 감시장치하에 나사못의 삽입 등이 권장된다.

Song 등은 일측성 경관절 나사못 고정술이 필요한 경우는 축추 횡돌기공이 높게 위치할 때, 심한 퇴행성 관절염, 환추 lateral mass의 골절이 있을 때에서 고려될 수 있고 수술 후 19예 중 18예에서 아주 견고한 유합을 가져왔다고 하며 일측성 경관절 고정술 및 골 융합술은 환추축추 불안정성에 대해 매우 유용한 수술법이라고 하였다[33]. 본 예에서도 일측성으로 횡돌기공이 높게 위치하여 일측성으로 경관절 나사못 고정을 시행하였던 경우가 1예있었는데 이 경우 골 융합술을 같이 시행하였고 훌륭한 골유합 소견을 보여주었다.

또한 본 연구서 수술 중 유도핀의 골절이 1예 관찰되었는데 Takeshi 등은 유도핀의 골절은 전적으로 기술적인 문제로 유도핀이 골에 위치했을 때 천공(drilling)을 위해 power tool을 사용하지 않고 유도핀을 구부리지 않음으로써 이 합병증을 줄일 수 있다고 하였다[35].

결 론

환추-축추 경관절 나사못 고정술은 높은 골 유합률과 비교적 안전한 술기임은 분명하나 척추동맥 손상과 신경 손상, 나사못의 이상 위치, 유도핀 골절 등의 합병증이 발생할 수 있으므로 수술 전 정확한 조사 및 수술 수기의 정확성이 필요하며 부득이한 경우 일측성 나사못 고정술을 시행하더라도 만족할 만한 안정성을 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

References

1. Aldrich EF, Crow WN, Weber PB, Thomas NS : Use of MR imageing-compatible Halifax interlaminar clamps for posterior cervical fusion. **J Neurosurg 74** : 185-189, 1991
2. Apfelbaum RI : Screw fixation of the upper cervical spine : Indication and techniques : **Contemp Neurosurg 16** : 1-8, 1994
3. Brooks AL, Jenkins EB : Atlanto-axial arthrodesis by the wedge compression method. **J Bone Joint Surg 60A** : 279-284, 1978
4. Cooper PR : Posterior stabilization of the cervical spine. **Clin Neurosurg 40** : 286-320, 1993
5. Coric D, Branch CL Jr, Wilson JA, Robinson JC : Arteriovenous fistula as a complication of C1-2 transarticular screw fixation. Case report and review of the literature. **J Neurosurg 85** : 340-343, 1996
6. Coyne TJ, Fehlings MG, Wallace MC, Bernstein M, Tator CH : C1-C2 Posterior Cervical Fusion : Long term evaluation of Results and Efficacy. **Neurosurgery 37** : 688-693, 1995
7. Curtis A, Dickman CA, Sonntag VKH, Papadopoulos SM, Hadley MN : The interspinous method of posterior atlantoaxial arthrodesis. **J Neurosurg 74** : 190-198, 1991
8. Dickman CA, Crawford NR, Paramore CG : Biomechanical Characteristics of C1-2 cable fixation. **J Neurosurg 85** : 316-322, 1996
9. Dickman CA, Sonntag VKH : Surgical management of atlantoaxial nonunions **J Neurosurg 83** : 248-253, 1995
10. Dickman CA, Sonntag VKH, Marcotte PJ : Techniques of screw fixation of the cervical spine. **BNIQ 8** : 9-26, 1992
11. Gallie WE : Fractures and dislocations of the upper cervical spine. **Am J Surg 46** : 495-499, 1939
12. Glasser RS, Fessler RG : Posterior cervical spine fixation. **Contemp Neurosurg 15** : 1-8, 1993
13. Grob D, Crisco JJ 3rd, Panjabi MM, Wang P, Dvorak J : Biomechanical evaluation of four different posterior atlantoaxial fixation techniques. **Spine 17** : 480-490, 1992
14. Grob D, Jeanneret B, Aebi M, Markwalder TM : Atlanto-axial fusion with transarticular screw fixation. **J Bone Joint Surg 73B** : 972-976, 1991
15. Hadley MN, Brower C, Sonntag VKH : Axis fractures : A comprehensive review of management and treatment in 107 cases. **Neurosurgery 17** : 281-290, 1985
16. Hajek PD, Lipka J, Hartline P, Saha S, Albright JA : Biomechanical study of C1-2 posterior arthrodesis techniques. **Spine 18** : 173-177, 1993
17. Hanson PB, Montesano PX, Sharkey NA, Rauschning W : Anatomic and biomechanical assessment of transarticular screw fixation for atlanto-axial instability. **Spine 16** : 1141-1145, 1991
18. Holness RO, Huestis WS, Howes WJ, Langille RA : Posterior stabilization with an interlaminar clamp in cervical injuries : Technical note and review of the long term experience with the method. **Neurosurgery 14** : 318-322, 1984
19. Jeanneret B, Magerl F : Primary posterior fusion C1/2 in odontoid fractures : indications, technique, and results of transarticular screw fixation. **J Spinal Disord 5** : 464-475, 1992
20. Kim YS, Oh SH, Kim YS, Ko Y, Oh SJ, Kim KM, et al : Transarticular screw fixation in atlantoaxial instability. **J Korean Neurosurg Soc 26** : 401-406, 1997
21. Madawi AA, Casey AT, Solanki GA, Tuite G, Veres R, Crockard HA : Radiological and anatomical evaluation of the atlantoaxial transarticular screw fixation techique. **J Neurosurg 86** : 961-968, 1997
22. Magerl F, Seeman PS : Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation, in Kehr P, Weidner A(eds) : **Spine I.** Vienna : Springer-Verlag, 1987, pp322-327
23. Marcotte P, Dickman CA, Sonntag VKH, Karahalios DG, Drabier J : Posterior atlantoaxial facet screw fixation. **J Neurosurg 79** : 234-237, 1993
24. Montesano PX, Juach EC, Anderson PA, Benson DR, Hanson PB : Biomechanics of cervical spine internal fixation. **Spine 16 (Suppl)** : 10-16, 1991

25. Nakanishi T : Internal fixation of odontoid fracture. **Orthop Trauma Surg 23** : 399-406, 1980
26. Neill MW, Carl L : Vertebral artery injury in C1-2 transarticular screw fixation : results of a survey of the AANS/CNS Section on Disorders of the Spine and Peripheral Nerves. **J Neurosurg 88** : 634-640, 1998
27. Paramore CG, Dickman CA, Sonntag VKH : The anatomic stability of the C1-2 complex for transarticular screw fixation. **J Neurosurg 85** : 221-224, 1996
28. Parke WW : Applied anatomy of the spine, in Rothman RH and Simeone FA (ed) : **The Spine**. philadelphia : WB saunders, 1992, pp35-87
29. Richter M, Mattes T, Cakir B : Computer-assisted posterior instrumentation of the cervical and cervico-thoracic spine. **Eur Spine J 13** : 50-59, 2004
30. Sasso RC, Jeanneret B, Fischer K, Magerl F : Occipitocervical fusion with posterior plate and screw instrumentation. A long-term follow-up study. **Spine 19** : 2364-2368, 1994
31. Scott TD, Richard MT : Preoperative oblique axial computed tomographic imaging for C1-C2 transarticular screw fixation : technical note. **Neurosurgery 37** : 150-152, 1995
32. Smith MD, Philips WA, Hensinger RN : Complications of fusion to the upper cervical spine. **Spine 16** : 702-705, 1991
33. Song GS, Theodore N, Dickman CA, Sonntag VKH : Unilateral posterior atlantoaxial transarticular screw fixation. **J Neurosurg 87** : 851-855, 1997
34. Sonntag VKH, Dickman CA : Craniocervical stabilization. **Clin Neurosurg 40** : 243-272, 1996
35. Stillerman CB, Wilson JA : Atlanto-axial stabilization with posterior transarticular screw fixation : Techanical description and report of 22 cases. **Neurosurgery 32** : 948-955, 1993
36. Takeshi F, Takenori O, Yasuji K, Satoru F, Masamichi T : Accuracy of atlantoaxial transarticular screw insertion. **Spine 25** : 1760-1764, 2000
37. Tokuda K, Miyasaka K, Abe H, Abe S, Takei H, Sugimoto S, et al : Anomalous atlantoaxial portions of vertebral and posterior inferior cerebellar arteries. **Neuroradiology 27** : 410-413, 1995
38. Richter M, Mattes T, Cakir B : Computer-assisted posterior instrumentation of the cervical and cervico-thoracic spine. **Eur Spine J 13** : 50-59, 2004
39. White AA : Clinical Biomechanics of cervical spine implants. **Spine 14** : 1040-1045, 1989