

# 금속판 및 나사를 사용한 경추체 융합술의 결과\*

계명대학교 의과대학 신경외과학교실  
이장철 · 김동원 · 손은익 · 임만빈 · 김인홍

## =Abstract=

### Results of Cervical Interbody Fusion Using the Anterior Plate System

Jang Chull Lee, M.D., Dong Won Kim, M.D., Eun Ik Son, M.D.,  
Man Bin Yim, M.D., In Hong Kim, M.D.

*Department of Neurosurgery, School of Medicine, Keimyung University, Taegu, Korea*

In order to evaluate long-term effects of the anterior cervical plating system, we report the results of 59 patients who were treated with anterior decompression, autogenous iliac bone graft, and anterior cervical plate. Operations were performed on 59 patients for a variety of reasons: 40 for fracture and/or dislocation, 7 for degenerative spondylosis, 4 for ossification of posterior longitudinal ligament, 5 for pyogenic or tuberculous spondylitis, and 3 for metastatic tumor. Our study consisted of 41 male and 18 female patients whose ages ranged from 14 to 76 years. Immediate fixation was obtained in 56 cases (95%). Satisfactory fusion was obtained in all but five cases of which the result could not be judged due to death of the patients (3 cases of metastatic disease) and removal of the instrument (2 cases of fracture). Specific complications included 5 cases of screw loosening, 2 cases of screw fracture, 2 cases of dysphagia, and 1 case of esophageal fistula. The anterior plate system is thought to provide a valuable means of treating cervical instabilities.

KEY WORDS : Cervical spine · Anterior fusion · Internal fixation · Complication · Caspar plate.

## 서 론

전방 경유 경추 융합술은 경수의 전방에 위치한 병변을 처리하는 좋은 방법으로서 널리 이용된다. 그러나 외상으로 인한 불안정성이 있는 경우 술 후 즉각적인 안정성을 얻기 어려워 이식 골편의 탈출, 전방 굴절, 재탈구 및 아탈구 등의 문제점을 야기한다.<sup>5)(6)(13)(33)</sup>

이런 문제점을 해결하기 위해 1965년 Bohler 등<sup>3)</sup>에 의해 처음으로 외상 환자에서 전방 내고정 기기로서 금속판 및 나사못의 사용이 시작된 이래 그 이용 범위를 퇴행성 질환, 전이성 종양, 후궁 절제 후의 척추 변형 등에까지 넓히고 있다.

\*본 논문의 요지는 1995년 대한신경외과학회 추계학술대회에서 발표되었음.

\*본 논문은 동산의료원 조사 연구비 및 올종 연구비의 보조로 이루어졌음.

11)(12)(21). 1993년 본 교실에서도 20예의 여러 경추 질환에 Caspar금속판 사용하여 술 후 즉각적인 고정을 확인 보고한 바가 있다<sup>16)</sup>. 내고정 기기는 즉각적인 고정과 더불어 성공적인 골 융합 결과가 필요하므로 본 교실에서는 그 동안 수술을 실시한 예들을 추적 관찰하여 전방 내고정 기기의 유용성과 수술 시의 문제점 등을 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

1991년 8월부터 1994년 12월까지 본원 신경외과에 입원하여 Caspar금속판 및 TOP금속판을 사용하여 전방 경유 경추체 융합술을 시행한 59명을 대상으로 하여 수술 소견과 술 후 경과를 조사하였다. 술 후 추적 기간은 1개월에서 27개월 까지이며 평균 6.3개월 추적하였다. 이 중 수술 후 6개월 이내에 사망한 4명을 제외한 나머지 55명은 6개월 이상 추적

관찰한 예들이다. 6개월 이내 사망한 환자들 중 3명은 전이성 종양으로 사망한 경우이며 1명은 외상으로 수술한 후 사망한 경우이다. 이들의 연령 분포는 14세에서 76세까지였으며 평균 연령은 42세였다. 조사를 실시한 59명 중 퇴행성 경추 질환으로 수술한 경우는 7명, 후종인대 골화증인 경우는 4명, 화농성 및 결핵성 척추염인 경우는 5명, 전이성 종양인 경우는 3명, 외상으로 인해 수술한 경우는 40명이었다. 59명 중 남성은 41명, 여성은 18명이었다.

수술 적 방법은 전신 마취 하 양와위에서 좌측 광경근을 절개하고 접근하였다. 경추체 혹은 추간판 제거로서 병변을 제거하고 좌측 장골을 이용한 자가 골 융합을 실시한 후 적당한 길이의 금속판을 얹고 상하 경추체에 나사못으로 고정하였다. 사용 기구로서 23예에선 Aesculap사의 stainless재질의 Caspar금속판을 사용하였으며 28예에선 titanium재질의 Caspar금속판을 사용하였으며 8예에선 Fehling사의 titanium재질의 TOP 금속판을 사용하였다. 수술 후 모든 환자들은 수일내 Philadelphia 경부 보조기를 착용한 후 거동을 시작하였다.

## 결 과

추체를 제거 후 내고정을 실시하였다. 화농성 및 결핵성 척추염으로 인해 수술을 실시한 5명중 3명은 1경추체 제거 후 내고정을 실시하였으며 2명은 2경추체 제거 후 내고정을 실시하였다. 전이성 종양으로 인한 압박골절로 수술을 한 3명 모두 1경추체 제거 후 내고정을 실시하였다. 이들은 모두 3개월 이내 사망하였다. 3개월 후 사망한 1명은 처음에 외상성 압박골절로 진단되어 1분절 경추체 제거 후 내고정을 실시하였는데 2개월 후 단순 방사선 소견상 골 흡수와 나사못 이완의 소견이 있어 재수술로서 금속판을 제거하고 생검한 결과 전이성 종양으로 판명되었다(Table 1).

수술 부위는 추간판 제거술은 제5/6경추간판 제거술을 실시한 경우가 11명으로 가장 많았으며, 1경추체 제거술도 제5 및 제6경추체를 제거한 경우가 각각 11명, 10명으로 가장 많았다. 제3경추체를 제거한 3명에선 상부 나사못이 제2경추체에 고정되었고 제7경추체를 제거한 6명은 하부 나사못이 제1흉추체에 고정되었다(Table 2).

59명의 환자 중 즉각적인 내고정 효과를 얻을 수 없었던 환자는 3명이었다. 이들 3명은 모두 술 후 수 일내 나사못의 이완이 있어 1명은 금속판을 제거하였고, 1명은 재 고정하였으며, 1명은 제거 않은 상태에서 Halo 흉곽 고정술을 실시하였다.

59명의 환자 중 술 후 내고정 기기로 인한 골 융합의 결과를 판정할 수 없었던 환자는 5명이었다. 이중 3명은 전이성 종양으로 인해 수술한 환자들인데 2명은 1개월 이내 사망하였으며 1명은 2개월 후 종양의 확산으로 나사못의 이완이 발생하여 제거하였던 경우이다. 나머지 2명은 골절 및 탈구로 수술한 경우로 술 후 나사못의 이완으로 7일 후 제거한 경우와 1개월 후 식도 천공으로 인해 금속판과 이식 골편을 모두 제거하였던 경우이다. 이런 5명을 제외한 54명에서 모두 골 융합은 성공적이었다.

Table 1. Clinical summary of patients

Disease \ Age	10 - 19	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79	Total
Spondylosis	-	-	-	(1*/0/0)**	(1/0/3)	(1/1/0)	-	7 (3/1/3)
OPLL	-	-	-	-	4 (0/3/1)	-	-	4 (0/3/1)
Infection	-	-	-	1 (0/1/0)	1 (0/0/1)	2 (0/2/0)	1 (0/0/1)	5 (0/3/2)
Tumor	-	-	1 (0/1/0)	1 (0/1/0)	-	1 (0/1/0)	-	3 (0/3/0)
Trauma	6 (2/3/1)	10 (3/7/0)	10 (3/7/0)	8 (6/2/0)	1 (0/1/0)	5 (2/3/0)	-	40 (16/23/1)
Total	6 (2/3/1)	10 (3/7/0)	11 (3/8/0)	11 (7/4/0)	10 (1/4/5)	10 (3/7/0)	1 (0/0/1)	59 (19/33/7)

\* : 3 level discectomy, \*\* : (discectomy/1 corpectomy/2 corpectomy), OPLL=ossification of posterior longitudinal ligament

Table 2. Summary of extension of operation

Operation	Spondylosis	OPLL	Infection	Tumor	Trauma	Total
Discectomy	C3/4	-	-	-	1	1
	C4/5	-	-	-	3	3
	C5/6	2	-	-	9	11
	C6/7	-	-	-	3	3
1 corpectomy	C3/4/5/6	1	-	-	-	1
	C3	-	-	1	2	3
	C4	-	-	1	-	3
	C5	-	1	1	-	9
	C6	1	2	1	1	5
	C7	-	-	-	1	5
2 corpectomy	C4+C5	1	1	1	-	4
	C5+C6	2	-	1	-	3
Total		7	4	5	40	59

Table 3. Summary of screw loosening

Sex/Age	Diagnosis	Operation	Loosening of screw	Follow-up	Cause	Result
F/35	Trauma	1 corpectomy	C3, upper	18M	Tilted plate	Observation
M/61	Trauma	1 corpectomy	Whole	1M	Locked facet	Removal
M/56	OPLL	2 corpectomy	C3, upper	18M	Gap between plate & body	Reinsertion
F/76	Infection	2 corpectomy	C7, lower	9M	Osteoporosis	Halo vest observation
M/39	Metastasis	1 corpectomy	Whole	3M	Tumor spread	Expired

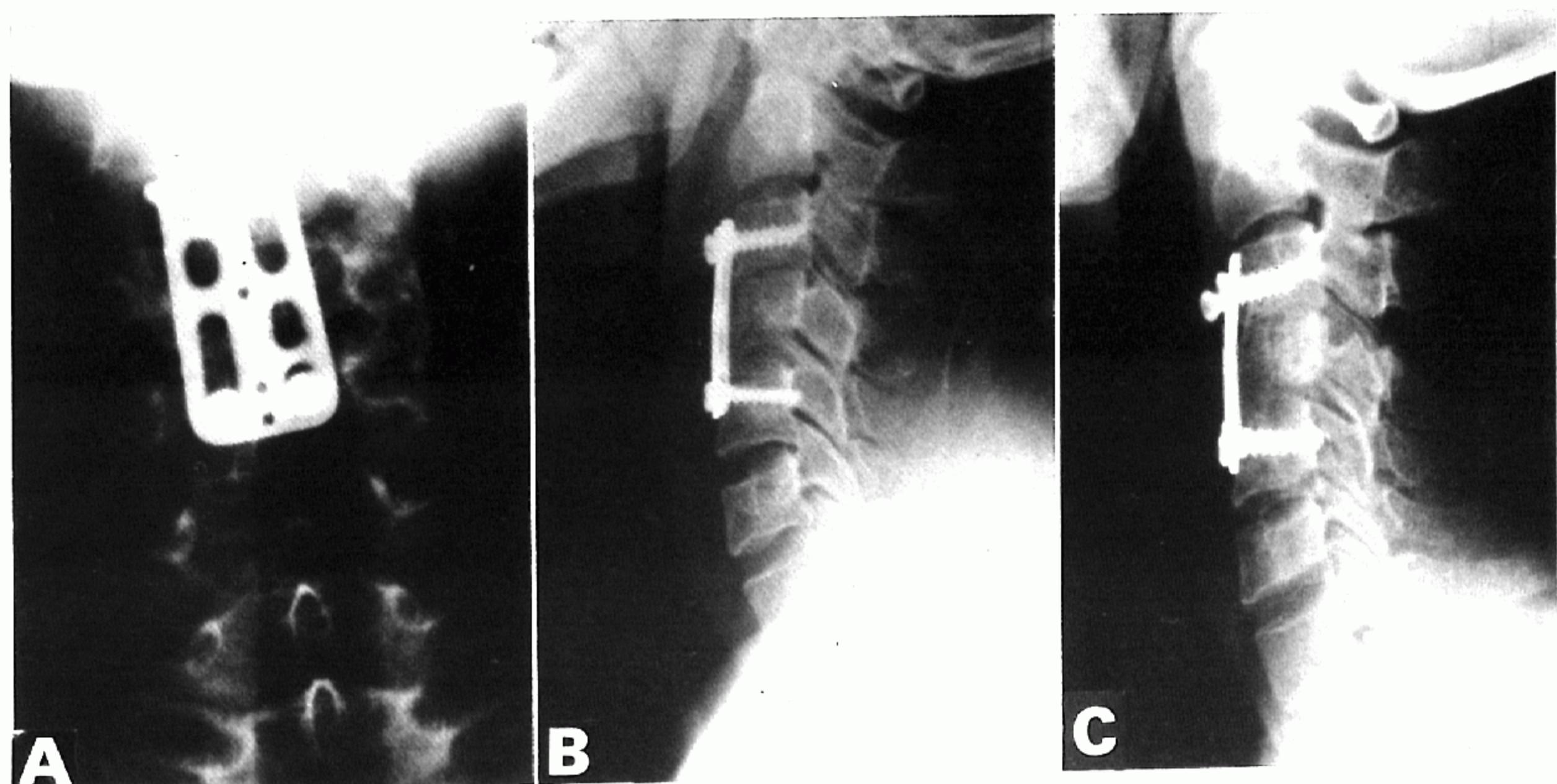


Fig. 1. A. 35 year-old woman with C4 compression fracture.

(A & B) Immediate postoperative AP and lateral film showed a good encroachment of the screw to the posterior cortex but upper portion of the plate was tilted to right side.

(C) A lateral film after 1 month showed loosening of the upper right screw.

술 후 가장 많은 합병증은 나사못 이완으로 5명에서 발생하였다(Table 3). 이 중 3명은 수 일내 발생하였고 2명은 1개월 이후에 발생하였다. 나사못 이완의 원인은 금속판이

비뚤어져 상부 나사못이 정확히 고정되지 않은 경우가 1예 (Fig. 1), 탈구의 완전 정복이 되지 않은 상태에서 나사못을 고정한 후 이완이 발생한 경우가 1예, 나사못이 경추체 후면

Table 4. Summary of complications other than screw loosening

Sex/Age	Diagnosis	Operation	Complication	Result
M/63	Spondylosis	1 discectomy	Screw fracture	Observation
M/57	OPLL	1 corpectomy	Screw fracture	Observation
M/28	Trauma	1 discectomy	Dysphagia	Removal
M/38	Trauma	1 corpectomy	Dysphagia	Removal
F/26	Trauma	1 corpectomy	Esophageal fistula	Removal

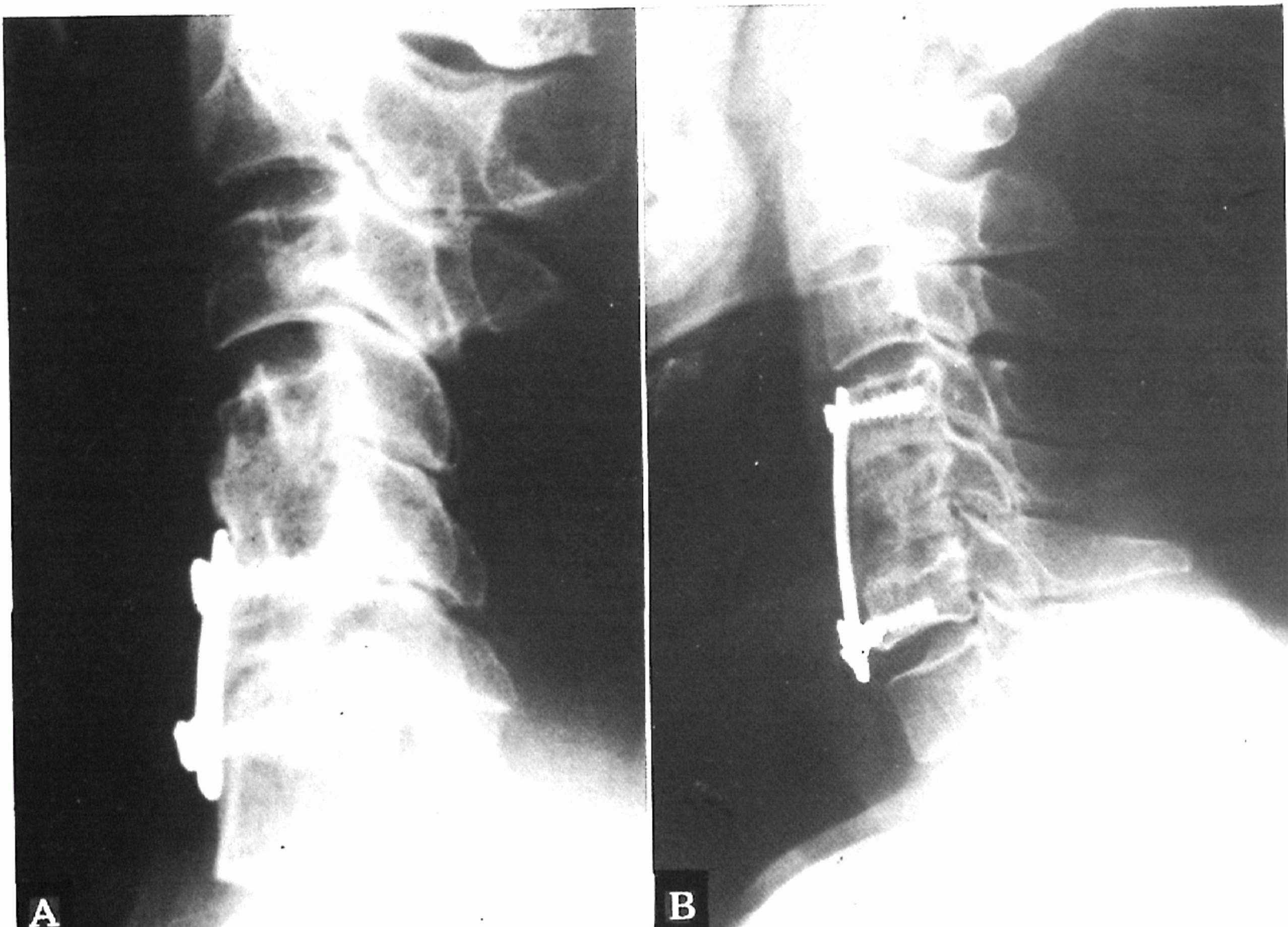


Fig. 2. (A) A 63 year-old man with cervical spondylosis. A lateral film 9 months after operation showed fracture of the lower screw.  
(B) A 57 year-old man with OPLL. A lateral film 10 months after operation showed fracture of the lower screw.

을 뚫지 못하였고 금속판이 경추체에 밀착하지 못하였기 때문에 발생한 경우가 1예, 고령의 골다공증으로 인한 원인이 1예, 전이성 종양의 확산으로 인해 나사못의 이완이 발생한 경우가 1예였다.

나사못 이외의 합병증으로서 나사못 골절, 연하 곤란, 식도 천공 등이 있었다(Table 4). 나사못 골절은 2예에서 있었으며(Fig. 2) 술 후 연하곤란도 2예에서 있었으나 모두 골 융합은 성공적이었다. 1예의 식도 천공은 술 후 1개월에 발견되어 금속판 및 이식골편을 제거하고 후방 고정을 실시하였다.

## 고 찰

외상 환자에서 전방 금속판의 사용은 술 후 즉각적인 고정

을 얻을 수 있다는 점에서 인정을 받아 그 사용 예가 많이 보고되어 왔다<sup>1)(3)(10)(14)(17)(22)(24)</sup>. 한 편 퇴행성 경추 외상 다음으로 가장 많이 적용되는 질환이다. 물론 한 분절 추간판 제거 후의 경추체 융합술은 결과가 좋으나 여러 분절의 골 융합 시엔 골 융합율이 58~67%밖에 되지 않는다<sup>23)(34)</sup>. 이런 문제점을 해소하기 위하여 전방 내고정 기기를 사용하여 좋은 결과를 보고하고 있다. 그러나 이에 대한 반론으로 Zdeblick 등<sup>35)</sup>은 자가골 이식을 한 경우엔 내고정 기기의 사용 유무에 관계없이 골 융합율은 비슷하며 오히려 내고정 기기를 사용한 경우엔 견고성이 증가하여 골 융합 부위의 상하 분절 엔 퇴행성 변화를 더욱 가속화시키므로 퇴행성 질환에선 내고정 기기의 사용을 금할 것을 주장하였다. 이외에도 종양 및 감염으로 인한 불안정 후궁 제거 후의 척추 변형에서 전방

## 내고정 기기의 사용에 대한 보고가 있다<sup>11)12)21)</sup>.

전방 내고정 기기에 대한 생체 역학적인 연구는 사용 초기엔 후방 고정 기기와의 비교를 고정 후 외력에 의해 견디는 힘을 비교하는 방법과 반복적인 운동 후 나타나는 현상을 비교하는 방법으로 실시하였다. 전방 내고정 기기는 후방 내고정 기기보다 견고성이 약하며 특히 전굴력과 비틀림에 약하다는게 대개의 의견이다<sup>7)19)28)31)32)</sup>. 그러나 임상적으로는 주위 근육조직에 의한 지지력도 상당하여 실제 사용 시엔 큰 차이가 없어 전방 감압술이 필요한 경우 이차적인 후방 내고정 기기를 사용하거나 전방 금속판 기기의 사용 후 Halo 흉곽 고정술과 같은 견고한 외고정 기기는 필요 없다고 한다<sup>10)17)</sup>. 최근엔 나사못이 경추체 후면을 관통하는 경우와 관통을 하지 않는 경우와의 차이를 고정된 상태에서 순간적인 외력에 견디는 능력과 역동적인 외력에 견디는 능력으로 비교하였다. 고정된 상태에서의 나사를 뽑는 힘(pull-out strength)은 차이가 미미하지만 반복적인 전굴 및 후굴 운동 후엔 후면 관통을 하지 않은 경우에 나사못 이완의 빈도가 높아<sup>18)25)</sup> 가능하면 경추체 후면을 관통하도록 하며 이를 위해선 수술 중 투시 장치로 추적하며 고정하는 게 좋다<sup>3)4)8)10)26)29)</sup>. 그러나 실제로 하 경추부에선 정확히 후면 표피를 관통하였는지 확인하기 힘들다.

이런 문제점을 해결하기 위해 1986년 Morscher가 titanium재질의 잠금 나사(locking-screw)를 개발하여 사용한 이래 여러 사용 경험이 발표되었다<sup>13)15)27)30)</sup>. 이는 후면 표피를 관통할 필요가 없어 수술 시간이 짧으며, 후면 관통으로 인한 척수 손상의 위험이 없으며, 시간이 경과함에 따라 나사못에 뚫린 구멍(fenestrated screw)을 통해 골 융합이 일어나서 나사못을 더욱 견고하게 고정시켜 좋은 결과를 얻을 수 있다. 그러나 임상적으로 나사못 골절의 예가 종종 발견되고 골절 면이 구멍을 포함하여 구멍 뚫린 나사못의 생산은 중단되었다. 또한 금속판의 길이가 다양하지 않고 나사못의 삽입 방향이 정해져 있어 사용에 불편이 따르고 생체 역학적 실험상 나사못의 이완은 나사못의 회전에 의한 것이 아니라 나사못과 경추체 사이의 접촉면에서 문제가 발생되는 것이므로<sup>25)</sup> <sup>29)</sup> 후면 표피를 관통하지 않은 잠금 나사의 사용이 얼마나 나사못의 이완을 줄일 수 있는지 장기적인 추적과 비교가 있어야 할 것이다.

Casper 금속판을 이용한 고정술의 가장 많은 합병증은 나사못 이완으로 약 5%에서 발생하며<sup>15)</sup> 이로 인해 식도 천공, 연하 곤란증, 불안정성의 재발 등이 초래된다<sup>21)3)4)9)20)27)</sup>. 나사 이완의 원인은 금속판의 위치가 정확하지 않거나 나사못이 주간판에 위치하는 등의 기술적인 문제가 주원인으로 생각된다<sup>14)24)29)</sup>. 본 교실의 예에서도 나사못의 이완은 5예가 있었는

데 이중 1예는 정확한 경추체 후면 관통이 있었음에도 금속판이 비뚤어져 나사못이 정확히 고정되지 않아 발생하였으며, 1예는 금속판의 상부가 경추체에 밀착되지 않아 발생하여 기술적인 문제가 원인이 되었다. 1예는 탈구가 정복되지 않은 상태에서 전방 접근법으로 정복을 시도하였으나 실패한 예다. 혹자는 대부분의 경우에 전방 접근법으로 정복이 가능하다고도 하나<sup>10)</sup> 수술 전 탈구가 정복되지 않은 경우엔 먼저 후방 접근법으로 탈구 정복을 실시한 후 내고정 및 골 융합을 실시하고 만일 동반된 전방 압박 병변이 있는 경우에 이차적인 전방 감압과 골 융합을 실시하여야 할 것이다<sup>22)</sup>. 1예는 골다공증으로 인해 나사못이 고정되지 않아 발생하였다. 골다공증은 내고정 기기의 적응증이 되지 못하므로<sup>25)31)</sup> 피해야 할 것이며 차라리 Halo 흉곽 고정술과 같은 견고한 외고정 기기가 도움이 된다. 나사못 골절도 2예에서 있었는데 이는 불안정이 심한 골절 환자에서 발생한 것이 아니라 고령의 퇴행성 경추증 및 후종인대 골화증에서 발생하였으며 2예 모두 하부 나사못에서 골절이 발생한 것을 봐서 골 융합이 늦게 발생하거나 골 융합 과정에서 발생한 경추체의 침강(settling)에 의해 나사못에 반복적인 스트레스가 작용하여 일어난 것으로 추정된다. 식도 천공이 1예에서 있었는데 이는 전방 접근법의 가장 치명적인 합병증으로서 잘못된 수술 수기가 가장 중요한 원인이라고 하겠다. 본 예도 시술 초기에 발생하였으며 이 치료에는 1년 이상 소요되어 상당한 문제를 야기하였다. 장기적인 연하 곤란은 2예에서 발생하였는데 2예 모두 계속 추적 관찰 중 증상의 호전이 없어 금속판을 제거한 후 증상이 호전되었다.

## 요약

저자들은 1991년 8월부터 1994년 12월까지 퇴행성 경추증 7예, 후종인대 골화증 4예, 결핵성 및 화농성 골수염 5예, 전이성 종양 3예, 외상 40예에서 Caspar 및 TOP 금속판을 사용한 경추부 전방 융합술을 시행한 후 추적 관찰하여 그 결과를 분석하였다. 95%에서 초기 고정의 목적을 달성할 수 있음을 분석하였다. 골 융합은 판정이 가능한 54예 모두에서 성공적이었으며, 골 융합은 판정이 가능한 54예 모두에서 성공적이었다. 나사못 이완이 5예로 가장 많은 합병증이었으며 1예의 식도 천공이 있었으며 2예의 연하 곤란, 2예의 나사못 골절이 있었다. 나사못 이완은 금속판의 부정확한 위치, 골다공증, 탈구의 불완전 정복 등이 원인이었다. 전방 금속판의 사용, 탈구의 불완전 정복 등이 원인이었다. 전방 금속판의 사용은 골 융합을 목적으로 하는 내고정 방법으로서 대체로 우수하나 숙련된 수기와 세심한 주의가 필요하다.

- 논문접수일 : 1995년 12월 4일
- 심사통과일 : 1996년 5월 10일

## References

- 1) Aebi M, Zuber K, Marchesi D : *Treatment of cervical spine injuries with anterior plating indications, techniques, and results.* Spine 16 : s38-s45, 1991
- 2) Apfelbaum RI : *Casper plating of the cervical spine : Disorders of the cervical spine.* edited by Camins MB, O'Leary PF, Baltimore, Williams & Wilkins, 1992, pp593-601
- 3) Böhler J, Gaudernak T : *Anterior plate stabilization for fracture-dislocations of the lower cervical spine.* J Trauma 20 : 203-205, 1980
- 4) Brown JA, Havel, Ebraheim N, et al : *Cervical stabilization by plate and bone fusion.* Spine 13 : 236-240, 1988
- 5) Capen DA, Garland DE, Waters RL : *Surgical stabilization of the cervical spine. A comparative analysis of anterior and posterior spine fusions.* Clin Orthop 196 : 229-237, 1985
- 6) Cloward RB : *Treatment of acute fractures and fracture-dislocations of the cervical spine by vertebral body fusion.* J Neurosurg 18 : 201-209, 1961
- 7) Coe JD, Warden KE, Sutterlin CE, et al : *Biomechanical evaluation of cervical spinal stabilization methods in a human cadaveric model.* Spine 14 : 1122-1131, 1989
- 8) Gallagher MR, Maiman DJ, Reinartz J, et al : *Biomechanical evaluation of Caspar cervical screws : Comparative stability under cyclical loading.* Neurosurgery 33 : 1045-1051, 1993
- 9) Gassman J, Seligson D : *The anterior cervical plate.* Spine 8 : 700-707, 1983
- 10) Coffin J, Plets C, van den Bergh R : *Anterior cervical fusion and osteosynthetic stabilization according to Caspar : A prospective study of 41 patients with fractures and/or dislocations of the cervical spine.* Neurosurgery 25 : 865-871, 1989
- 11) Hall DJ, Webb JK : *Anterior plate fixation in spine tumor surgery. Indications, technique, and results.* Spine 16 : s80-s83, 1991
- 12) Herman JM, Sonntag VKH : *Cervical corpectomy and plate fixation for postlaminectomy kyphosis.* J Neurosurg 80 : 963-970, 1994
- 13) Johnston FG, Crockard HA : *One-stage internal fixation and anterior fusion in complex cervical spinal disorders.* J Neurosurg 82 : 234-238, 1995
- 14) Kim IK, Choi JH, Lee SB, et al : *Trapezial osteosynthetic plate fixation technique for anterior interbody fusion in cervical spine injury.* J Kor Neurosurg Soc 20 : 430-436, 1991
- 15) Kostuik JP, Connolly PJ, Esses SI, et al : *Anterior cervical plate fixation with the titanium hollow screw plate system.* Spine 18 : 1273-1278, 1993
- 16) Lee JC, Kim DW, Son EI, et al : *Clinical experiences of anterior cervical fusion with the Caspar Plate.* J Kor Neurosurg Soc 22 : 180-187, 1993
- 17) Lesoin F, Cama A, Lozes G, et al : *The anterior approach and plates in lower cervical posttraumatic lesions.* Surg Neurol 21 : 581-587, 1984
- 18) Maiman DJ, Pintar FA, Yoganandan N, et al : *Pull-out strength of Caspar cervical screws.* Neurosurgery 31 : 1097-1101, 1992
- 19) Montesano P, Juach EC, Anderson PA, et al : *Biomechanics of cervical spine internal fixation.* Spine 16 : s10-s16, 1991
- 20) Newhouse KE, Lindsey RW, Clark CR, et al : *Esophageal perforation following anterior cervical spine surgery.* Spine 14 : 1051-1053, 1989
- 21) Pásztor E, Lázár L, Benedek T, et al : *Total body replacement with iliac bone graft and metal plate stabilization in lower cervical spine.* Acta Neurochir(Wien) 85 : 159-167, 1987
- 22) Randle MJ, Wolf A, Levi L, et al : *The use of anterior Caspar plate fixation in acute cervical spine injury.* Surg Neurol 36 : 181-189, 1991
- 23) Riley LH, Robinson RA, Johnson KA, et al : *The results of anterior interbody fusion of the cervical spine.* J Neurosurg 30 : 127-133, 1969
- 24) Ripa DR, Kowall MG, Meyer PR, et al : *Series of ninety-two traumatic cervical spine injuries stabilized with anterior ASIF plate fusion technique.* Spine 16 : s46-s55, 1991
- 25) Ryken TC, Clausen JD, Traynelis VC, et al : *Biomechanical analysis of bone mineral density, insertion technique, screw torque, and holding strength of anterior cervical plate screws.* J Neurosurg 83 : 324-329, 1995
- 26) Ryken TC, Goel VK, Clausen JD, et al : *Assessment of unicortical and bicortical fixation in a quasistatic cadaveric model : Role of bone mineral density and screw torque.* Spine 20 : 1861-1867, 1995
- 27) Suh PB, Kostuik JP, Esses SI : *Anterior cervical plate fixation with the titanium hollow screw plate system. A preliminary report.* Spine 15 : 1079-1081, 1990
- 28) Sutterlin III CE, McAfee PC, Warden KE, et al : *A biomechanical evaluation of cervical spinal stabilization methods in a bovine model : Static and cyclical loading.* Spine 13 : 795-802, 1988
- 29) Tippets RH, Apfelbaum RI : *Anterior cervical fusion with the Caspar instrumentation system.* Neurosurgery 22 : 1008-1013, 1988
- 30) Tominaga T, Koshu K, Mizoi K, et al : *Anterior cervical fixation with the titanium locking screw-plate : A preliminary report.* Surg Neurol 42 : 408-413, 1994
- 31) Traynelis VC, Donaher PA, Roach RM, et al : *Biomechanical comparison of anterior Caspar plate and three-level posterior fixation techniques in a human cadaveric model.* J Neurosurg 79 : 96-103, 1993
- 32) Ulrich C, Woersdoerfer O, Kalff R, et al : *Biomechanics of fixation systems to the cervical spine.* Spine 16 : s4-s9, 1991
- 33) van Peteghem PK, Schweigel JF : *The fractured cervical*

- spine rendered unstable by anterior cervical fusion. *J Trauma* 19 : 110-114, 1979
- 34) White AA, Southwick WO, Duponte R, et al : Relief of pain by anterior cervical spine fusion for spondylosis. *J Bone Joint Surg[Am]* 55 : 525-534, 1973
- 35) Zdeblick TA, Cooke ME, Wilson D, et al : Anterior cervical discectomy, fusion, and plating. A comparative animal study. *Spine* 18 : 1974-1983, 1993