KISEP Clinical Research J Korean Neurosurg Soc 28 : 926-933, 1999

제1, 2경추 후방유합술의 치료성적 비교 및 장기추적조사

연세대학교 의과대학 신경외과학교실
윤 도 흠·김 영 수

= Abstract =

Long Term Follow up & Clinical Results of Posterior C1/2 Fixation

Do Heum Yoon, M.D., Young Soo Kim, M.D.

Department of Neurosurgery, College of Medicine, Yonsei University, Seoul, Korea

Objective : To determine the efficacy of various posterior fusion techniques in managing C1/2 instability.

Patients and Methods : Retrospective review of patients undergoing C1/2 posterior fusioin was undertaken with the aim of determining the long - term outcome of the selected procedures.

Forty - two patients requiring posterior atlantoaxial fusion for various pathologies were treated with various instruments for internal spinal fixation. Forty - two patients underwent 45 procedures from 1990 to 1997, with a mean follow - up of 2.7 years(range 8 months - 7 years)

Results : The most common disease processes were odontoid fracture(12 patients), os odontoideum(13), and rh - eumatoid instability(7). Nineteen interspinous wirings, 17 transarticular screw fixations, 9 halifax clamp applications were performed. Three of Halifax fixation and 2 of wiring failed in long term follow up. Among of them, bony fusion was failed in 3 patients which consequently required reoperation.

All transarticular screw procedures resulted in successful fusions.

Conclusion : Transarticular screw fixatioin has several potential advantages compare to other procedures as a tech - nique for C1/2 posterior arthrodesis.

KEY WORDS : C1/2 posterior fusion · Odontoid process fracture · Os odontoideum · Halifax clamp · Transarticular sc - rew fixation.

서 론

제1, 2경추부는 그 해부학적인 특이성으로 인하여 경추손상시 손상을 당할 확률이 상대적으로 높고 운동량이 많은 관계로 불안정성이 초래될 가능성이 많다[8)23)]. 이에 따라 이에 대한 치료에 대하여도 많은 방법들이 소개되어 왔다[15)23)]. 수술적인 방법으로는 철선을 이용한 단순 고정술이 그 동안 여러 저자들에 의하여 소개되어 왔으며 최근까지 가장 많이 이용되어 왔다[6)12)].

최근들어 Halifax, 경관절 나사못등 여러 기구가 개발되었고 이에 따라 그 수술 방법이 매우 다양하게 적용되고 있다[1)19 - 21)]. 하지만 상위 경추부는 추골동맥, 숨골 및 상위경수등의 치명적인 손상을 줄 수 있는 해부학적인 구조로 인하여 그 수술적 적용에 있어서는 신중을 기하여야 하며 일단 합병증의 발병시는 치명적일 수도 있는 수술적인 문제점을 안고 있다[5)15)19)]. 본 교실에서는 최근 7년간 42명의 환자에서 시행된 45예의 제1, 2경추 후방유합술을 분석하여 각 수술방법을 비교하고 수술후 장기적인 추적조사를 통하여 각각의 수술적 적응증을 정립하고자 한다.

대상 및 방법

1. 대 상

최근 7년간 본원 신경외과에서 외상이나 선천성 기형 또는 류마치스성 관절염등의 원인으로 제1, 2경추의 불안정성

으로 진단된 42명의 환자에서 실시된 45예의 후방유합술을 대상으로 분석을 하였다.

2. 방 법

수술전 제1, 2경추의 불안정성을 판정하기 위하여 단순 사진상에서 굴곡 신전 촬영을 실시하였고 골 구조의 이상 유무 및 신경압박 정도를 확인하기 위하여 전산화 단층 촬영 및 핵자기 공명촬영을 시행하였으며 수술후에도 굴곡 신전 촬영을 주기적으로 시행하여 골유합의 정도를 확인하였다.

수술전후 환자의 신경학적 장애정도를 Frankel classific - atioin으로 각각 비교 분석하였으며 수술직후의 합병증 유무, 최소한 6개월 이상의 추적조사를 통하여 골유합의 여부를 판정하였다.

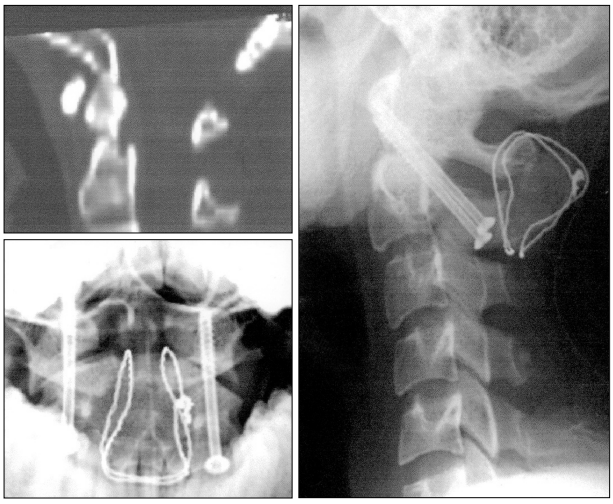

Fig. 1. Preoperative C-T scan showing fracture and dislocation of odontoid process which was treated with C1/2 transarticular screw fixation and wiring.

결 과

1. 연령 및 성별분포

42명중 남자가 25예로 많았으며 평균연령은 30.6±17.6세(범위 3~62세)이었다.

2. 원인질환

42명의 환자중 21명은 경추손상에 따른 불안정성을 보인 경우이었으며 이중 방사선학적인 검사상 명확한 치골 골절을 보인 경우가 12예(Fig. 1), 이러한 골절이 없이 ADI(Atlas - Dense interval) 측정에서 불안정성을 보인 경우가 9예(Fig. 2)이었다. 류마치스성 관절염에 의한 불안정성인 경우는 7예(Fig. 3)이었고 Os odontoideum과 같은 선천성 기형에 의한 경우는 13예이었다(Fig. 4). Os odontoideum의 경우는 이 중 8예에서는 외상과 동반되어 진단이 이루어진 경우이었다(Table 1).

3. 방사선학적 진단

전 예에서 경추부 단순 굴곡 신전 촬영시 ADI를 측정하였다. 그 평균치는 7.8mm이었으며 성인의 경우에는 5mm 이상, 소아의 경우에는 3.5mm 이상인 경우에 한하여 원칙적으로 수술을 시행하였으나 일부에서는 불안정성의 타입과 MRI 상에서의 신경학적인 압박소견을 고려하여 결정하였다.

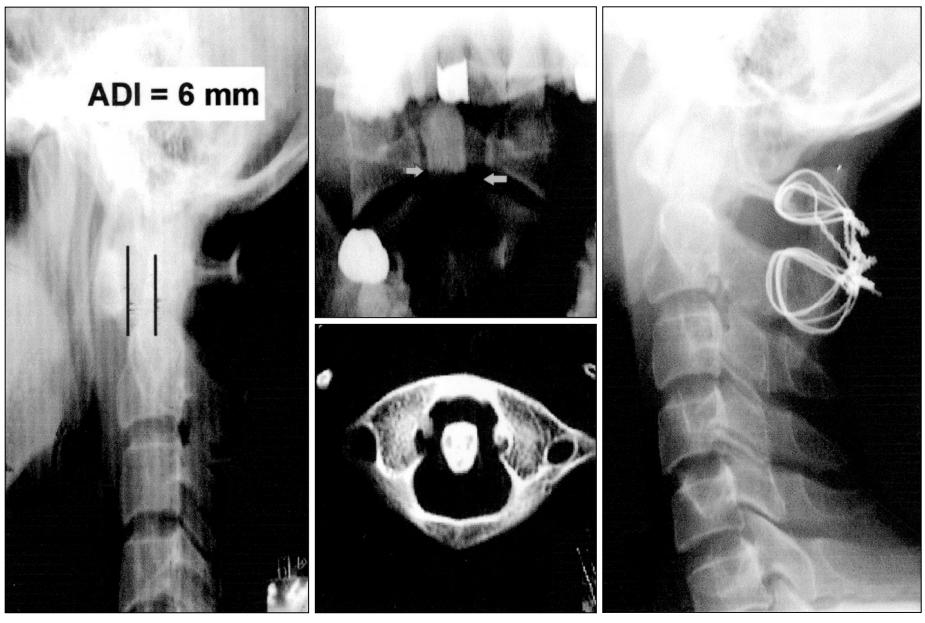

Fig. 2. C1/2 dislocation without fracture which was treated with interspinous wiring.

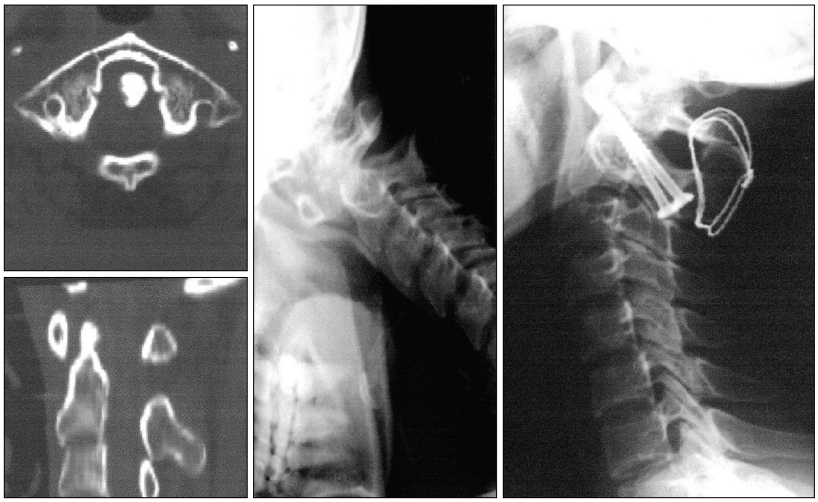

Fig. 3. Rheumatoid instability. Preoperative radiological evaluations showing erosion of odontoid process and severe C1/2 instability in flexion which was treated with trans-articular screw fixation.

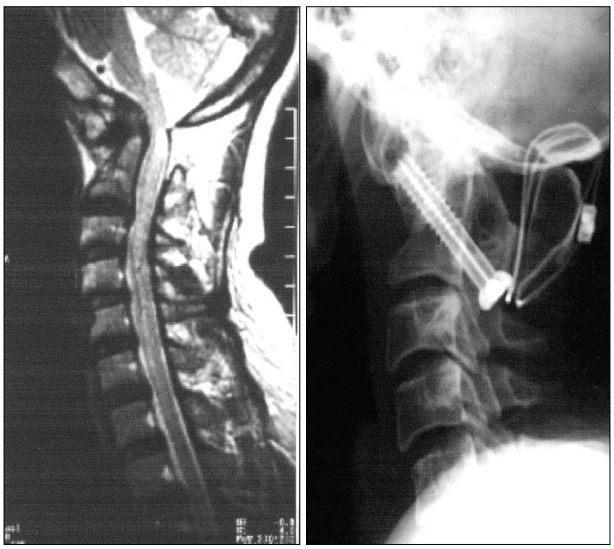

Fig. 4. Preoperative MRI showing high signal intensity of spinal cord on C1/2 region due to os odontoideum and C1 assimilation. Post operative X-ray demonstrating rigid fixation of C1/2 and occipito -C2 bony fusion.

4. 신경학적인 장애

수술전 신경학적인 장애를 보인 경우는 26예이었으나 이 중 14예(Farnkel classification C 이하)에서만 심각한 마비를 보였고 이외의 환자들은 신경학적인 심각한 마비증상은 보이지 않았다(Table 2).

5. 수술방법

단순철선을 이용하여 고정술을 실시한 경우는 19예이었으며(Fig. 2), 9예에서는 Halifax를 이용하여 고정술을 실시하였고(Fig. 5) 17예에서는 경관절 나사못 고정술을 실시하였다(Fig. 2, 3, 4).

대부분의 환자에서 장골을 이용한 골유합술을 실시하였지만 1예에서는 BOP block을 사용하였다.

6. 수술결과 및 추적조사

수술직후 수술로 인한 신경학적 증상의 악화는 한 예도 관찰되지 않았다.

수술전 운동마비 증세가 있었던 26명중 14명(53.8%)에서는 수술후 신경학적 소견의 일부 회복양상을 보였다(Table 2).

수술후 최소한 6개월 이상 추적조사를 실시하였으며 그 평균기간은 23.2개월 이었다.

추적조사에서 철선이 끊어진 것이 발견된 경우가 2예 있었으며, Halifax loosening은 3예에서 발견되었다(Table 4, Fig. 5). 이들 중 철선을 이용한 1예와 Halifax를 이용한 1예는 이미 골유합이 이루어진 것으로 판정되었으나 나머지 3예(철선 1예, Halifax 2예)에서는 재수술을 시행하였다. 최종적으로 골유합은 전 예에서 모두 확인할 수 있었으나 1예에서는 약간의 전방전위가 남아있는 상태에서 골유합이 있었다.

고 찰

제1, 2경추의 불안정성은 여러원인에 의하여 발생이 될 수 있다. 이중 가장 흔한 원인은 외상에 의한 치골돌기의 골절 혹은 횡인대의 파열에 의한 불안정성이며 이외에도 os odontoideum, 류마치스성 관절염 또는 여러종류의 선천적인 기형에 의하여서도 야기될 수가 있다[6)10)11)17)24)26)].

제1, 2경추의 관절은 경추부 회전운동의 50%, 굴신운동

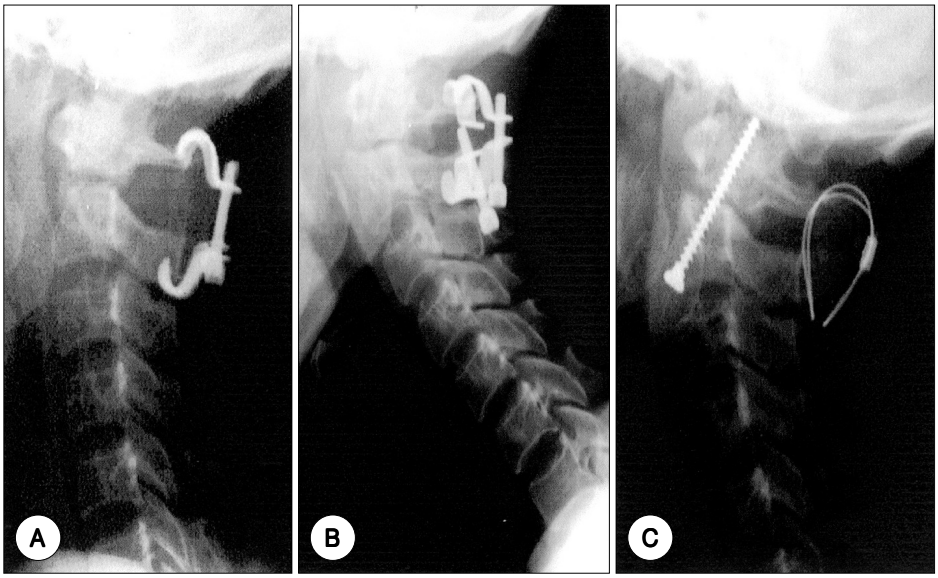

Fig. 5. A : C1/2 posterior fixation with halifax clamp. B : Follow up radiographic examination showing a loosening of the screw. C : Reoperation was done with combined approach.

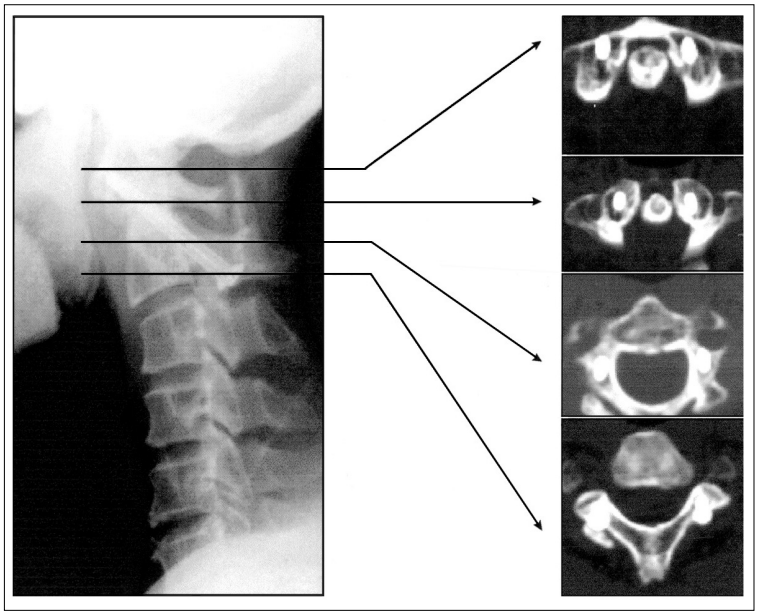

Fig. 6. C1/2 transarticular screw fixation. Serial C-T scan showing trajectory of the screw throught 1/2 articular joint.

의 12% 정도를 담당하기 때문에 회전운동을 효과적으로 방지하지 못할 경우에는 골유합술은 실패할 가능성이 매우 높다[6].

1910년 Mixter와 Osgood에 의하여 최초로 제1, 2경추유합술이 소개된 이래로 철선을 이용한 고정술은 비교적 최근까지 많이 사용되어 왔으며 그 방법에 있어서는 Gallie, Brooks 등의 방법 등이 소개되어 왔다[6]. 하지만 Gallie method의 경우는 onlay graft로 인하여 그 유합 성공률이 떨어지고 Brooks method의 경우는 제1, 2경추 모두 sublaminar wiring을 하여야 한다는 부담을 앉고 있다. 그렇기 때문에 이러한 방법들은 간편하다는 장점은 있으나 그 골유합 실패율이 3~25%까지 보고되고 있으며 이러한 실패율을 줄이기 위하여 수술후에도 Halo 고정술 등을 하여야 하는 등 불편한 점이 항상 문제점으로 대두되어 왔다[6]. 이러한 방법과는 달리 Dickman 등에 의하여 소개된 Interspinous wiring method는 제1경추만 sublaminar wiring을 하면서도 제1, 2경추 사이에 단단히 이식골을 삽입할 수 있는 장점으로 인하여 최근 많은 술자들에 의하여 이용되고 있고 골유합

Table 1. Disease classification

Disease classification	No. of cases(%)
Traumatic lesion	21
Odontoid process Fx	12
C1/2 dislocation	9
Os odontoideum	13
Rheumatoid instability	7
Other congenital anomaly	1

Table 2. Preop. & postop. neurological status(Frankel's classification)

	A	B	C	D	E
A	2		1		
B		2	1	3	
C			2	3	
D				6	6
E					16

Table 3. Operative methods in C1/2 posterior fusion

Operative methods	No. of cases(%)
Interspinous wiring	19(42.2)
Halifax interlaminar clamp	9(20.0)
Trans-articular fixation	17(37.8)
Total	45(100)

Table 4. Postoperative complications

Complications	No. of cases
Halifax loosening	3
Wire breakage	2
Goose neck deformity	1

율도 97%까지 높일 수 있는 것으로 보고되었다[12]. 저자들의 경우에서도 초창기에 시행한 예를 제외하고는 철선사용의 경우, 모두 이 방법을 이용하였다. 철선을 이용한 고정술의 경우 비교적 그 방법이 간단하고 안전한 것은 사실인 것으로 보인다. 하지만 저자들의 경험으로 미루어 볼 때, 철선은 비교적 그 강도가 약하여 부러지기가 쉬운 문제점이 있고 이에 따라 완전한 골유합이 이루어지기 전에는 안심할 수가 없다. 또한 interspinous method의 경우 비록 가장 이상적인 철선고정술의 한 방법이기는 하지만 제2경추를 극상돌기에 고정을 하기 때문에 간혹 철선이 이식골 옆으로 빠져나갈 수 있는 가능성이 항상 존재한다. 또한 제1, 2경추의 과도한 회전운동을 100% 방지할 수 없고 이에따른 실패의 가능성이 많기 때문에 수술후 경우에 따라서는 Halo 등을 이용한 외고정술이 일정기간 필요하다. Halifax instrument는 철선의 이러한 단점을 극복하기 위하여 고안되었으며 하경추에서 사용되는 Halifax와는 다르게 C1, 2 고정만을 위하여 디자인된 기구를 사용할 수 있다. Halifax는 철선에 비하여 부러질 염려가 전혀 없고 뒤에서 걸어주는 방식이기 때문에 수술로 인한 신경의 손상가능성은 거의 없고 수술직후부터 안정성을 갖고 MRI에도 잘 보이는 등의 많은 장점이 있다[1)2)6)]. 그러나 Halifax clamp는 각각 환자마다 다양한 제1, 2경추의 구조의 특이성으로 인하여 수술시 잘 고정이 안되는 문제점이 있었으며, 이식골이 clamp 안에 있어야 하는 관계로 전체 이식골의 크기가 작을 수 밖에 없다[1)21)]. 또한 제1, 2경추고정시 가장 중요한, 회전운동시 clamp가 틀어지면서 빠지는 문제점이 저자들의 경우에는 발견이 되었다. 저자들의 경우 하경추부에 고정한 Halifax clamp는 한 예에서도 빠진 경우가 없었으나 제1, 2경추의 경우에는 3예에서 수술후 빠진 것이 발견되어 이중 2예에서는 재수술을 요하였다. 다른 저자들의 경우에 있어서도 골유합률은 80~82% 정도로 보고하고 있다[1)2)]. 이는 철선에 의한 고정술과 비슷한 결과로 커다란 장점을 찾기 힘들다. 그 원인은, 철선의 경우에는 최소한 제1경추만이라도 sublaminar pass를 하여 힘을 조금 더 받을 수 있으나 Clamp는 추궁의 뒤 쪽에서만 고정시키는 특성 때문인 것으로 보인다. 이러한 이유들로 인하여 저자들의 경우에는 더 이상 Halifax clamp를 제1, 2경추 고정술에서는 사용을 하지 않고 있다.

Odontoid screw fixation은 90% 이상의 골유합 성공률을 갖고 있는 또 다른 좋은 방법의 하나이다. 이 경우 가장 큰 장점은 제1, 2경추의 회전운동을 유지하면서 골유합을 시킴으로서 가장 이상적인 치료법 중의 하나로 볼 수 있다. 하지만 이 방법은 오로지 치골돌기 골절에서만 사용할 수 있으며 그 이외의 대다수의 제1, 2경추 불안정성에서는 사용할 수 없으며 골절의 경우에도 오래된 경우에는 연조직에 의하여 골유합이 실패할 수 있는 단점이 있다[3)13)14)18)25)].

1987년 Margel에 의하여 소개된 경관절 나사못 고정술(trans - articular screw fixation)은 95~100%의 매우 높은 골유합률을 보이는 것으로 여러 저자들에 의하여 보고되고 있다[3)19)]. 하지만 이 방법은 추골동맥의 손상이라는 치명적인 합병증의 가능성으로 인하여 수술시 매우 세심한 주의가 필요하며, 숙달된 척추전문의에 의해서만 시행되어야 한다(Fig. 6).

경관절 나사못 고정술은 좌우로 제1, 2경추를 고정시킴으로서 이전까지의 가장 큰 문제점이었던 회전운동으로 인한 instrument failure를 100% 방지해 줄 수 있다. 또한 수술직후부터 단단한 안정성을 확보할 수 있으며 대개의 경우 척추외고정기구가 필요없다[3)4)19)]. 하지만 screw 고정 그 자체가 골유합을 시키는 것은 아니므로 대개의 경우는 철선을 이용한 제1, 2경추의 골이식을 병행하여 시행하는 것이 합리적

이다. 하지만 제1경추후궁 절제술이 필요한 경우나, 후궁골절 등으로 인하여 골유합을 시행할 수 없는 경우에도 고정술을 시행할 수 있는 장점이 있으며 이 경우에는 제1, 2경추측방유합술이나 후부두-제2경추 고정술을 시행하여야 한다[3)19)]. 저자들은 이런 경우 1, 2경추 측방유합술을 실시하였으며 모두 골유합이 잘 일어난 것을 확인할 수 있었다. 이것은 경관절 나사못 고정술만으로도 제1, 2경추의 모든 운동성을 제거할 수 있고 이에 따라 측방골유합이 원할히 일어난 것으로 판단된다. 이 수술의 문제점은 이미 기술한 바와 같이 척골동맥, 또는 척수신경의 손상 가능성이 있다는데 있다. 비록 그 빈도는 높지 않지만 일반 발생하면 치명적이 될 수 있는 가능성이 많기 때문에 매우 세심한 주의가 요구된다. 저자들의 경우 비록 17예의 적은 경험이지만 이러한 합병증은 한 예에서도 없었다. 이 경우 수술전 반드시 제1, 2경추의 전산화 단층촬영을 시행하여 추골동맥의 정확한 주행경로를 확인하는 것이 중요하며 만일 screw 경로에 추골동맥의 손상가능성이 높은 경우는 한쪽에만 screw를 고정하고 철선고정을 하는 것이 바람직한 것으로 보인다. 추골동맥은 제2경추위치에서는 screw 경로에 비하여 외측에 위치하고 있다. 그러므로 screw 삽입전 제1, 2경추관의 외측 경계를 확실히 파악하고 그 범위내에서 가능한한 내측으로 약간 각도를 주는 것이 손상을 피할 수 있는 한 방법으로 저자는 생각된다. 또한 screw 삽입전 두부와 경추가 일직선상에 있는지 반드시 확인하여야 정확한 각도를 줄 수 있을 것으로 보인다. 경관절 나사못 고정술의 또 다른 문제점은 환자의 경추부를 가능한한 굴전시켜야만 원하는 경로를 얻을 수 있다는데 있다[3)]. 대부분의 제1, 2경추의 불안정성은 굴전시 그 불안정성이 더 증가하고 신전을 시켜야만 정복이 된다. 하지만 신전을 시킬 경우는 대부분의 환자에서 원하는 screw의 경로를 얻을 수 없다. 저자는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 기존의 저자들의 보고와는 달리 수술시 경추의 체위를 굴전이나 신전을 시키지 않은 정상자세(neutral)를 유지하였으며, screw가 1, 2경추의 관절부를 통과시에 환추의 추궁을 뒤로 당기면서 고정술을 시행하고 있다. 이 경우 이러한 문제점을 모두 해결할 수 있었다. 저자들의 경험으로 볼 때 이미 기술한바와 같이 현재까지 소개된 방법중 가장 합리적인 고정방법은 경관절 나사못 고정술을 시행하면서 철선을 이용한 골유합을 병행하는 것으로 보인다. 하지만 이러한 방법을 기술적인 이유로 시행할 수 없을 시는 철선을 이용한 고정을 하는 것이 바람직하며 Halifax clamp를 시행시는 가능한한 제1, 2경추 후궁에 골편을 단단히 밀착시킨 후에 사용되어야 할 것으로 판단된다. 철선만을 이용한 고정시에 소아의 경우는 제2경추극상돌기가 크지 않고 척추관이 여유가 있기 때문에 가능한한 Brooks method에 의한 1, 2경추 모두의 sublaminar wiring이 좋은 방법으로 보이며 성인의 경우는 interspinous method가 합병증을 줄일 수 있는 좋은 방법으로 생각된다. 단 이 경우 철선이 부러질 수 있는 가능성으로 줄이기 위하여 가능한한 굵은 것은 쓰거나 titanium cable과 같은 기구를 이용하는 것이 좋을 것으로 보인다.

경관절 나사못 고정술을 소아에서도 시행할 수 있는가 하는 문제는 일괄적으로 결론을 내리기는 힘들 것으로 보인다[22)28)]. Stillerman과 Willson은 최소 30개월의 환자에서도 성공적으로 수술을 할 수 있었다고 보고하였으며[28)] 저자들의 경우 철선이 부러진 6세 여아에서 경관절 나사못 고정술을 성공적으로 시행할 수 있었다. 하지만 소아의 경우는 수술전 추골동맥의 경로에 대한 보다 세밀한 검사를 시행하여야만 수술후의 합병증을 최소화 할 수 있을 것으로 보이며 screw 크기도 3.5mm 보다 적은 것을 선택하여야 할 것이다.

각 질병별 수술적 방법의 차이를 검토해보면, 먼저 odontoid process fracture의 경우 저자들의 경우는 급성기의 경우는 가능한한 anterior screw fixation이 우선적으로 선택이 되어야 할 것으로 보인다[5)8)14)15)]. 이 경우에는 제1, 2경추의 회전운동을 보존하면서 순수히 골절부위만을 고정시킬 수 있다는 장점이 있기 때문이다. 하지만 횡인대 등의 인대손상이 동반된 경우나[9)] 이미 골절사이에 연조직이 형성된 불유합환자에서는 후방유합술을 실시하여야 할 것으로 보인다.

골절이 동반되지 않은 제1, 2경추불안정의 경우는 인대손상을 의미하기 때문에 후방고정술이 바람직하며 이 경우도 가능한한 경관절 나사못 고정술이 가장 우수한 방법으로 판단된다[7)].

류마치스성 관절염이나 os odontoideum과 같은 선천성 기형에 의한 불안정성의 경우에는 그 수술적 방법의 선택에 있어서 좀 더 신중을 기하여야 할 것으로 보인다. Os나 pannus가 심각한 정도로 척수의 전방을 압박하고 있는 경우에는 일단 경구강접근법을 통한 제거가 우선 되어야 하며 그 후의 불안정성 정도에 따라 후방고정술의 여부 및 방법이 강구되어야 할 것으로 보인다[27)]. 하지만 척수의 압박이 심하지 않고 불안정이 견인에 의해 정복이 되는 경우는 후방감압술과 더불어 후두와-경추고정술이나, 경관절 나사못 고정술만을 시행하여도 충분한 척수의 감압과 척추의 고정을 얻을 수 있을 것으로 보인다.

결 론

저자들은 최근 7년간 42명의 환자에서 45예의 제1, 2경추 후방 고정술을 실시하고 다음과 같은 결론을 얻을 수 있

었다.

1) 수술전 불안정성의 가장 흔한 원인은 외상(21예, 50.0%)이었으며 이외에도 Os odontoideum, 류마치스성 관절염등의 원인이 있었다.

2) 수술전 신경학적인 장애를 보인 경우는 26예이었으며 이중 14예는 수술후 그 증상의 호전이 있었다.

3) 수술방법은 19예에서 철선을 이용한 고정을 시행하였고 경관절 나사못 고정술 17예, halifax fixation 9예의 순이었다.

4) 수술후 신경학적인 소견이 악화된 경우는 한 예도 없었으며 특이할만한 합병증은 없었다.

5) 추적조사에서 Halifax 고정의 경우 3예(33.3%), 철선 고정의 경우는 2예(10.5%)에서 빠지거나 부러진 것이 발견되었으며 이중 3예에서는 재수술을 요하였다.

6) 경관절 나사못 고정술의 경우는 100% 모두 골유합을 볼 수 있었으며 수술과 연관된 합병증은 없었다.

7) 제1/2경추의 후방유합술이 요구되는 경우에 우선적으로 경관절 나사못 고정술을 고려하여야 할 것으로 보이나 수술적 수기의 숙달을 요하며, 이러한 수술이 불가능할 경우에는 철선을 이용한 고정을 하되 가능한한 큰 크기의 이식골을 사용하고 titanium cable과 같은 특수하게 고안된 철선을 사용하는 것이 안전할 것으로 보인다. Halifax clamp의 경우 제1/2경추에서는 그 사용이 제한되어야 할 것으로 보인다.

• 논문접수일 : 1998년 11월 6일
• 심사완료일 : 1999년 1월 20일
• 교신저자 : 윤 도 흠
120 - 752 서울 서대문구 신촌동 134
연세대학교 의과대학 신경외과학교실
전화 : 02) 361 - 5620, 전송 : 02) 393 - 9979

References

1) Aldrich EF : *Halifax interlaminar clamps : Indications and operative technique. Contem Neurosurg 15 No 2, 1993*
2) Aldrich EF, Weber PB, Crow WN : *Halifax interlaminar clamp for posterior cervical fusion : A long-term follow up review. J Neurosurg 78 : 702-708, 1993*
3) Apfelbaum RI : *Screw fixation of the upper cervical spine : Indication and techniques. Comtemp Neurosurg 16 No. 7 1994*
4) Baik KH, Oh SH, Shin HS, et al : *Clinical & biomechanical analysis of transarticular screw fixation for atlantoaxial instability. JKNS 25 : 325-330, 1996*
5) Benzel EC, Hart BH, Ball PA, et al : *Fractures of the C-2 vertebral body. J Neurosurg 81 : 206-212, 1994*
6) Coyne TJ, Fehling MG, Wallace MC, et al : *C1-C2 posterior cervical fusion : Long term evaluation of results and efficacy. Neurosurgery 37 : 688-693, 1995*
7) Dickman CA, Greene KA, Sonntag VK : *Injuries involving the transverse atlantal ligament : Classification and treatment guidelines based upon experience with 39 injuries. Neurosurgery 38 : 44-50, 1996*
8) Dickman CA, Hardley MN, Browner C, et al : *Neurosurgical management of acute atlas-axis combination fractures. J Neurosurg 70 : 45-49, 1989*
9) Dickman CA, Mamourian A, Sonntag VK, et al : *Magnetic resonance imaging of the transverse atlantal ligament for the evaluatioin of atlantoaxial instability. J Neurosurg 75 : 221-227, 1991*
10) Dickman CA, Ronderos JF, Sonntag VK : *Stabilization of the craniovertebral junction in rheumatoid arthritis. Part I : Pathophysiology, diagnosis, and surgical criteria. Contemp Neurosurg 17 No 11, 1995*
11) Dickman CA, Ronderos JF, Sonntag VK : *Stabilization of the craniovertebral junction in rheumatoid arthritis. Part II : Surgical techniques. Contemp Neurosurg 17 No 12, 1995*
12) Dickman CA, Sonntag VKH, Papadopoulos SM, et al : *The interspinous method of posterior atlantoaxial arthrodesis. J Neurosurg 74 : 190-198, 1991*
13) Doherty BJ, Heggeness MH, Esses SI : *A biomechanical study of odontoid fractures and fracture fixation. Spine 18 : 178-184, 1993*
14) Dunn ME, Sejeskog EL : *Experience in the management of odontoid process injuries : An analysis of 128 cases. Neurosurgery 18 : 306-310, 1986*
15) Hadley MN, Browner C, Sonntag VKH : *Axis fracture : A comprehensive review of management and treatment in 107 cases. Neurosurgery 17 : 281-290, 1985*
16) Hadley MN, Dickman CA, Browner CM, et al : *Acute axis fractures : A review of 229 cases. J Neurosurg 71 : 642-647, 1989*
17) Hamilton MG, MacRae ME : *Atlantoaxial dislocation as the presenting symptom of ankylosing spondylitis. Spine 18 : 2344-2346, 1993*
18) Hanigan WC, Powell FC, Elwood PW, et al : *Odontoid fractures in elderly patients. J Neurosurg 78 : 32-35, 1993*
19) Jeanneret B, Margel F : *Primary posterior fusion C1/2 in odontoid fractures : Indication, technique, and results of transarticular screw fixation. J Spinal Disord 5 : 464-475, 1992*
20) Kim YS, Oh SH, Kim YS, et al : *Transarticular screw fixation in atlantoaxial instability. JKNS 26 : 401-406, 1997*
21) Lee CH, Kim ES, Whang SH, et al : *Surgical treatment of instability of upper cervical spine associated with trauma. JKNS 26 : 1659-1666, 1997*
22) Lowry DW, Pollack IF, Clyde B, et al : *Upper cervical spine fusion in the pediatric population. J Neurosurg 87 : 671-676, 1997*
23) Martin GJ, Haid RW, Rodts GE : *Injuries to the atlantoaxial complex : Diagnosis & classification. contemp Neurosurg 19 No. 12, 1997*

24) McGoldrick JM, Marx JA：*Traumatic central cord syndrome in a patients with Os Odontoideum. Ann Emerg Med 18：1358-1361, 1989*
25) Morone MA, Rodts GR, Erwood S, et al：*Anterior odontoid screw fixation：Indications, complication avoidance, and operative technique. Contemp Neurosurg 18 No 18, 1996*
26) Papadopoulos SM, DIckman CA, Sonntag VK：*Atlantoaxial stabilization in rheumatoid arthritis. J Neurosurg 74：1-7, 1991*
27) Spierings ELH, Braakman R：*The mangement of os odontoideum. Analysis of 37 cases. J Bone Joint Surg (Br) 64：422-428, 1982*
28) Stillerman CB, Willson JA：*Atlanto-axial stabilization with posterior transarticular screw fixation：Technical description and report of 22 cases. Neurosurgery 32：948-955, 1993*