

나사산 Steinmann 핀 고정 및 골 이식술을 이용한 쇄골 중간부 불유합의 치료

윤정로 · 김학준 · 김택선 · 노행기

서울보훈병원 정형외과

목 적: 나사산 Steinmann 핀을 이용한 쇄골 중간부 불유합의 치료의 임상적 및 방사선적 결과를 평가하고자 하였다.

대상 및 방법: 보존적 치료 후 발생한 쇄골 중간부 골절부의 불유합에 대해 나사산 Steinmann 핀의 골수강내 고정술을 시행했던 16명의 환자들 중 1년 이상 추시 관찰이 가능했던 10명을 대상으로 하였다. 환자의 평균 나이는 56세 (18세~70세)였으며, 비후성 불유합을 보인 경우가 2례, 위축성 불유합이 8례였다. 전 레에서 자가 장골 이식술을 함께 시행하였으며, 임상적 평가는 술 후 5개월에 Kona 등의 평가 방법을 이용하였다.

결 과: 전 레에서 평균 9주 (7~12.5주)에 감염 또는 핀의 이동 및 파손 등이 발생하지 않고 골유합을 얻었으며, Kona 등의 평가 방법에 따라 4레에서 "최우수", 5레에서 "우수", 1레에서 "보통"의 임상적 결과를 얻었다. 합병증으로 1레에서 핀의 외측 말단에 의한 피부 자극 증상이 나타났으나, 골유합을 얻은 후 핀을 제거함으로써 증상이 소실되었다.

결 론: 성인 쇄골 중간부 골절의 보존적 치료 후 발생한 불유합의 치료로 나사산 Steinmann 핀을 이용한 골수강내 고정 및 골 이식술을 이용하여 만족할 만한 결과를 얻었으며 연부 조직 손상을 최소화하면서, 비교적 견고한 내 고정을 얻을 수 있으며, 조기에 견관절 운동이 가능하며, 국소 마취하에서도 핀의 제거가 용이한 점 등의 장점이 있어 효과적인 치료 술식이라고 생각한다.

색인 단어: 쇄골, 불유합, 나사산 Steinmann 핀

The Operative Treatment of Mid-Shaft Clavicular Nonunions: Intramedullary Fixation with Threaded Steinmann Pin and Bone Grafting

Jeong-Ro Yoon, M.D., Hak Jun Kim, M.D., Taik-Seon Kim, M.D., Haeng-Kee Noh, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Seoul Veterans Hospital, Seoul, Korea

Purpose: To evaluate the clinical and radiological results of the treatment of mid-shaft clavicular nonunions using intramedullary fixation with threaded Steinmann pin and bone grafting.

Material and Methods: In 16 patients treated with intramedullary fixation of threaded Steinmann pin and autogenous iliac bone grafting for the mid-shaft clavicular nonunions, 10 patients with follow-up over 1 year were investigated. All patients (10 clavicle fractures) underwent conservative treatment initially. The average age of patients was 56 years old (range, 18~70 years old). Eight cases were atrophic nonunions, two hypertrophic. A clinical assessment was evaluated postoperatively after 5 months according to the evaluation method of Kona et al.

Results: According to the evaluation method of Kona et al, four cases achieved excellent results, five cases good, and one case achieved a fair result. The average period until bony union was 9 weeks (range, 7~12.5 weeks) without infection, pin migration or breakage. One case showed skin irritation by lateral margin of Steinmann pin, which was subsided by pin removal after bony union.

Conclusion: We obtained satisfactory results and have concluded that intramedullary fixation with threaded Steinmann pin and bone grafting could appropriately treat nonunions of the mid-clavicular fracture occurred after conservative treatment, because it minimizes soft tissue injury, gets relatively stable fixation and early ROM, predicts early bone union, facilitates pin removal under local anesthesia.

Key Words: Clavicle, Nonunion, Threaded Steinmann pin

통신저자 : 김 학 준

서울시 강동구 둔촌동 6-2
서울보훈병원 정형외과학교실
Tel : 02-2225-1352 · Fax : 02-487-0754
E-mail : khj@e-bohun.or.kr

Address reprint requests to : Hak Jun Kim, M.D.

6-2, Dunchon-dong, Gangdong-gu, Seoul, Korea Department of Orthopaedic Surgery, Korea Veterans Hospital
Tel : 02-2225-1352 · Fax : 02-487-0754
E-mail : khj@e-bohun.or.kr

서 론

쇄골 골절은 주로 중간부 1/3에서 발생하며^{20,27,28)}, 제 2형 원위부 쇄골 골절을 제외한 성인에서의 쇄골 골절은 보존적 치료로도 잘 치유되는 것으로 알려져 있으며^{2,9,25)}, 불유합은 흔하지 않다. 그러나 불유합이 발생했을 경우 동통과 기능 저하를 일으킬 수 있으며^{13,18,20,26,33)}, 치료가 어렵고 치료 방법에 대해서도 다양한 의견이 제시되고 있다^{3,10,14,22)}.

불유합에 대한 수술적 치료 방법으로 부분 또는 전쇄골 절제술, 철선 또는 나사못 고정술, 금속판과 나사못을 이용한 관혈적 정복술 및 내고정술, 골수강내 핀 고정술 및 자가 장골 이식술 등 여러 가지 수술법이 알려져 있다.

이에 저자들은 쇄골 중간부 골절의 보존적 치료 후 발생한 불유합에 대해 나사산 Steinmann 핀을 이용한 골수강내 고정 및 자가 장골 이식술을 시행한 환자 중 평균 1년 이상의 추시 가능했던 10례에 대하여 수술 결과를 임상적, 방사선학적 평가와 함께 분석하여 보고하고자 한다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

1993년 2월부터 20002년 7월까지 본원 정형외과에 내원하였던 성인 쇄골 중간부 골절 196명의 환자 중에서 초기 치료로 8자 봉대법 또는 식고 고정법으로 치료 후 발생한 증상이 있는 불유합 환자 중에서 나사산 Steinmann 핀을 이용한 골수강내 고정 및 자가 장골 이식술을 이용하여 치료하였던 환자 16명 중 1년 이상의 추시 관찰이 가능했던 환자 10명을

대상으로 하였다. 환자의 평균 연령은 56세 (18~70세)였으며, 남자가 8명, 여자가 2명이었고, 평균 추시 기간은 1년 7개월 (1년~3년 8개월)이었으며, 우측 2례, 좌측이 8례였다. 수상 원인으로서는 교통 사고가 6례, 2례가 실족 사고, 2례가 추락 사고였다. 수상 당시 동반 손상은 5례 (50%)에서 보였고, 이 중 두부 손상이 3례로 가장 많았고, 다음으로 늑골 골절이 2례에서 관찰되었으며, 개방성 쇄골 골절의 증례는 없었다. 불유합의 분류상 비후성 불유합을 보인예가 2례, 위축성 불유합이 8례였다.

불유합의 주증상으로는 불유합 부위의 동통을 주로 보인 경우가 7례, 건관절의 운동 제한이 3례, 불유합부의 가관절 운동이 4례, 골편 전위에 따른 피부의 외관상 돌출 증상이 1례였으며, 신경학적 증상을 보인 예는 없었다. 첫 수상 후 불유합 수술까지의 기간은 12주에서 18개월까지로 평균 25주였다 (Table 1). 임상적 평가는 Kona 등¹⁶⁾의 평가 방법을 이용하였다 (Table 2).

2. 수술 방법 및 수술 후 처치

McKeever¹⁹⁾ 술식에 따라 쇄골 상연의 골절 부위를 중심으로 피부 절개를 가한 후 쇄골 골절 불유합 부위를 조심스럽게 박리하여 골막을 포함한 연부 조직을 최대한 보존하면서 노출시킨 후, 골절편 사이에 끼인 섬유 반흔 조직을 제거하였으며, 경화된 골조직을 제거하고 천공기 (drill)를 이용하여 막혀있는 골수강을 뚫었다. 원위 골편의 골수강내로 나사산 Steinmann 핀 (Smith & Nephew®)을 삽입시켜 원위 골편의 상방 피질골을 통과하여 건관절 후방부의 피부 밖으로 노출시켰다. 관혈적 정복 후 역행성 (retrograde)으로 근위 골편의 골수강내로 나사산 Steinmann 핀을 삽입시켜 전방 피질골에

Table 1. Patient demographics of nonunions of mid-shaft clavicular fracture

Case No	Sex/Age	Cause of injury*	Nonunion type†	Dominant site	Symptom‡	Time to union (wk)	Result	
							Criteria of Kona et al.	Complication
1.	M/46	Fall down	AT	Rt	Pain & pseudomotion	8주	Excellent	(-)
2.	M/50	TA	AT	Lt	Pain	7주	Good	(-)
3.	M/70	Slip down	AT	Lt	Pseudomotion	10주	Good	(-)
4.	M/51	Fall down	AT	Lt	Pain & skin protrusion	7.5주	Excellent	(-)
5.	M/18	TA	HT	Lt	Pseudomotion	10주	Good	(-)
6.	M/66	TA	AT	Lt	Pain & LROM	9주	Good	(-)
7.	F/58	Slip down	AT	Lt	Pseudomotion	9주	Excellent	(-)
8.	M/68	TA	AT	Rt	Pain	8주	Good	(-)
9.	F/65	TA	AT	Lt	Pain & LROM	12.5주	Good	(-)
10.	M/68	TA	HT	Lt	Pain & LROM	9주	Fair	Skin irritation

*TA: Traffic accident, †AT: atrophic, HT: hypertrophic, ‡LROM: limitation of range of motion of the shoulder

Table 2. Clinical evaluation method by Kona et al.

Excellent	Patients were asymptomatic and capable of unrestricted use of the extremity.
Good	Patients were able to resume their former occupation but complained of a mild nondebilitating reduction in motion, loss of strength or pain.
Fair	Patients had persistent discomfort, weakness or loss of motion significant enough to interrupt the patient's preferred lifestyle on a daily basis but still allow the patient to pursue most desired activities or remain at his preinjured employment status, with little or no modification of work requirements.
Poor	Patients had a residual disability causing a significant alteration in their work or lifestyle.

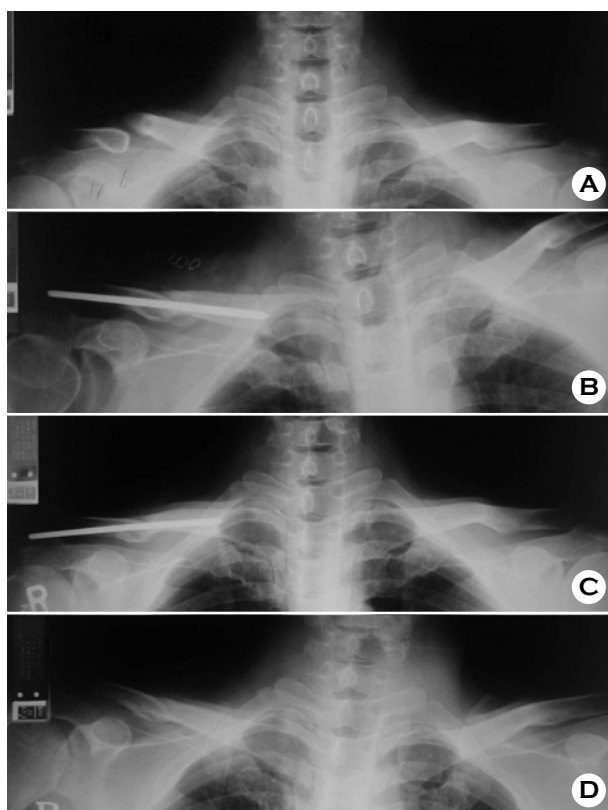


Fig. 1. 46 year-old male with nonunion of right mid-shaft clavicular nonunion

(A) The preoperative radiograph shows an atrophic nonunion of the mid-shaft clavicular fracture.
 (B) The postoperative radiograph shows intramedullary fixation with threaded Steinmann pin fixation and autogenous iliac bone grafting.
 (C) Bone union was obtained at 8 weeks later.
 (D) The radiograph at 3 months after operation shows a complete bone union with implant removal.

삽입하여 고정하였다. 환자의 장골에서 채취한 해면골을 위 축성 불유합과 비후성 불유합의 전 레에서 불유합 부위와 골 결손을 보이는 곳에 이식한 후 주변의 골막을 포함한 연부 조직으로 덮은 후, 이식골이 흩어지지 않도록 연부 조직을 흡수사를 이용하여 봉합하였다. Steinmann 핀은 전장이 나사(thread)가 되어 있으며, 골수강의 직경에 따라 2.7~4.0 mm

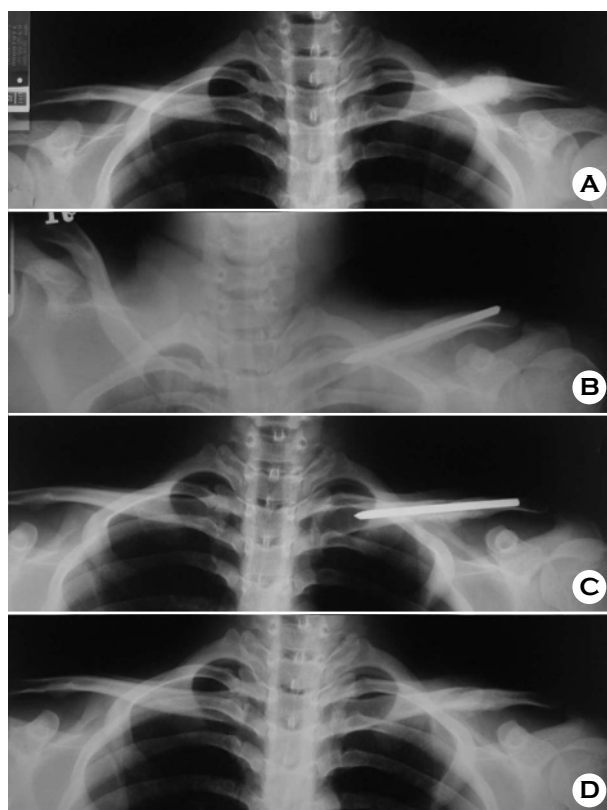


Fig. 2. 18 year-old male with left mid-shaft clavicular nonunion
 (A) The preoperative radiograph shows an hypertrophic nonunion of the mid-shaft clavicular fracture.

(B) The postoperative radiograph shows intramedullary fixation with threaded Steinmann pin fixation and autogenous iliac bone grafting.
 (C) At 10 weeks later, bone union was obtained.
 (D) After bone union, the Steinmann pin was removed.

직경인 것을 선택하여 사용하였다.

수술 후 처치 방법으로는 술 후 2주 정도 arm sling을 착용시키고, 동통이 소실된 후에 진자추 운동과 수동적 견관절 운동을 시작하여 점차 운동 범위를 증가시켰으며, 무거운 물건 들어올리기는 골유합이 얻어질 때까지 제한하였으며, 술 후 3개월 후에 일상 생활에 복귀하도록 하였다.

Table 3. Results of surgical treatment using threaded Steinmann pin fixation and bone grafting by evaluation method of Kona et al.

Criteria of Kona et al.	Total (10례) (100%)
Excellent	4례 (40%)
Good	5례 (50%)
Fair	1례 (10%)
Poor	0례 (0%)

결 과

저자들은 임상적으로 골절부에 동통이나 압통의 소실과 함께 방사선 소견상 가골에 의해 골절편이 연결되거나 골절선이 없어지고 골소주가 골절부를 통과하는 경우를 골유합으로 정의하였다³⁵⁾.

전 레에서 수술 후 평균 9주 (7~12.5주)에 골유합을 보였다 (Fig. 1, Fig. 2). 수술 후 임상적 평가는 술 후 5개월째에 Kona 등¹⁶⁾의 평가 방법을 이용하여 최우수 4례, 우수 5례, 양호 1례, 불량 0례의 결과를 나타내었으며, 9례 (90%)에서 우수 이상의 좋은 결과를 보였다 (Table 3).

합병증으로 1례에서 Steinmann 핀 외측단에 의한 피부 자극 증상이 발생하였으며, 술 후 9주에 골유합을 얻은 후 핀을 제거함으로써 증상이 소실되었다.

고 찰

쇄골 골절은 인체에서 흔히 발생하는 골절의 하나이며, Allman¹⁾은 쇄골 골절을 해부학적 위치에 따라 원위부 골절, 근위부 골절 및 중간 1/3 골절로 구분하였으며, Rowe²⁸⁾는 쇄골의 근위부와 원위부에 각각 흉부와 견갑부의 근육 및 인대 조직이 연결되어 흉곽과 상지를 지지하는 역할을 하며, 그 중 근육의 부작이 비교적 적은 중간 1/3에서 쇄골 골절이 가장 흔하게 발생 (70~80%)한다고 하였다. 쇄골 골절은 8차 붕대법 또는 석고 고정법 등의 보존적 치료 방법으로 치료 결과가 좋은 것으로 알려져 있으며, 높은 발생 빈도에 비해 불유합의 발생은 드물어 2% 미만으로 보고되고 있으며^{3,17)}, 불유합의 거의 대부분은 중간부 1/3에서 발생한다^{28,33)}.

쇄골 골절 불유합의 정의는 여러 저자들에서 논란이 되고 있으나, 골절 치료 시작 후 4~6개월이 경과한 후에도 방사선학적 및 임상적 유합이 되지 않는 경우로 정의하고 있고^{13,17,26,28,33)}, 일부 저자들은 3개월까지 골유합이 되지 않는 경우도 불유합으로 정의하고 있다^{13,33)}. 저자들의 경우에서도 수상 후 3개월이 경과한 후 방사선학적 및 임상적 골유합의 소견을 보이지 않은 증상이 있는 2례에 대해 불유합으로 진단하여 수술하였다 (Fig. 1).

불유합의 원인은 명확하게 밝혀지지 않았으나, 손상 정도, 심한 골절편의 전위, 골절편사이에 연부 조직의 삽입, 불충분한 고정, 재골절, 원위 1/3 골절, 관혈적 정복 등이 거론되고 있는 가운데^{5,7,13,28,33)}, Neer²⁰⁾은 쇄골 간부 골절에 대해 보존적으로 치료한 2,235례 중 단 3례 (0.13%)에서 불유합이 발생하였으나, 수술적 치료 후에는 4.6%의 불유합을 나타냈다고 하였고, Rowe²⁸⁾도 비관혈적 치료 후 0.8% 정도 불유합이 발생하였으나 수술적 치료 후에는 3.7%의 불유합을 보고하여 관혈적 정복 및 내고정 자체가 불유합의 원인이 된다고 하였다. 또한 Wilkins와 Johnston³³⁾은 초기 손상 정도와 골절편의 전위 정도가 불유합 중요 인자가 된다고 보고하였다. 그리고 Stimpson과 Jupiter³⁰⁾는 연부 조직의 삽입과 부적절한 고정이 중요한 원인이라고 하였다. 저자들의 수술 소견에서는 10례 중 8례에서 골절부에 연부 조직이 삽입되어 있어서 이를 중요한 불유합의 원인으로 생각했다.

일반적으로 쇄골 골절 불유합의 수술적 치료 방법으로는 부분 또는 전쇄골 절제술, 철선 혹은 나사못 고정, 금속판과 나사못을 이용한 관혈적 정복술 및 내고정술, 골수강내 핀 삽입술 등 여러 가지 수술법들이 보고되고 있다.

쇄골 중간부 골절 또는 불유합의 치료로 금속판을 이용한 내고정술이 골수강내 고정술보다 선호되는 안전하고 확실한 치료 방법으로서 좋은 결과들을 보고하고 있으나^{5,6,8,12~14,17,26)}, 금속판 고정술의 경우 개방적 정복시 골막 손상 등의 연부 조직의 손상이 불가피하여 골절 치유 과정을 방해할 수 있으며, 골막과 연부 조직의 과다한 박리가 골절부 안정성의 소실과 골유합 속도를 감소시키며, 금속판 파손, 나사못의 이완 등의 심각한 문제를 초래할 수 있다고 보고되고 있다^{25,28,34,35)}. 또한 금속판 고정술의 전형적인 합병증으로 감염, 비후성 상처 반흔, 삽입물 이완, 금속 삽입물 제거 후 재골절 등이 보고되고 있다. 또한 압박력 또는 굴곡력이 작용할 때 틈이 발생하여 장력대 원칙 (tension band principle)에 맞게 금속판이 삽입되지 않으면 골수강내 고정법보다 안정성이 훨씬 낮다^{23,29,31)}. 그리고 견관절 운동시 쇄골은 압박, 굴곡, 회전력을 지탱하며^{2,13,24)}, 임상적으로 금속판이 골수강내 고정술보다 회전력에 대해 강하지만, 회전 안정성이 쇄골 골절의 치료에서는 중요하지 않다는 보고도 있다⁴⁾.

골수강내 고정법은 과거부터 널리 이용되는 방법으로 Steinmann 핀, 변형 Hagie 핀, Knowles 핀, K 강선과 Rush 정 등이 이용되고 있으며, Wilkins과 Johnston³³⁾은 골수강내 고정을 실시한 36%에서 지속적인 가관절증과 핀의 파손으로 재수술을 실시하였다고 하였으나, 여러 저자에 의해 쇄골 골절 또는 불유합의 치료에서 골수강내 고정술의 좋은 수술 결과를 보고하고 있다^{3,4,7,11,15,21,34,35)}. Wu 등³⁴⁾은 나사산 Steinmann 핀 또는 Knowles 핀을 이용한 골수강내 고정술과 금속판 내고정술을 통한 쇄골 중간부 골절 불유합의 치료 결

과를 비교하여 골수강내 고정술이 금속판 고정술에 비해 유합률이 높고, 유합기간이 적게 소요되며, 합병증이 적어 우수한 치료 결과를 보였고, 수술 후 불유합률을 낮추기 위해 연부 조직의 섬세한 조작이 필요하며, 보존적 치료 후 발생한 쇄골 골절 불유합의 치료로 금속판 고정보다 골수강내 고정법이 더 바람직하다고 보고하였다. Capicotto 등⁷⁾도 나사산 Steinmann pin을 이용하여 골수강내 고정과 함께 골 이식술을 시행하여 치료한 14례의 쇄골 중간부 골절 불유합에서 전례 (100%)에서 평균 12.7주 (7~24주)에 골유합을 얻었으며, 50%에서 핀 외측단에 압통이 있었으나 골유합 후 핀의 제거 후에 증상이 소실되었고, 핀 제거 후 골조송증이 있는 2례 환자에서 재골절이 발생하였으나 보존적인 치료로 치유되었다고 보고하였다. Boehme 등³⁾은 쇄골 중간부 골절 불유합 21례에서 변형 Hagie 핀을 이용한 골수강내 고정술 및 골 이식술을 시행하여 20례 (95%)에서 평균 22주에 골유합을 얻었고, 금속판 고정술과 비교하여 장점으로 피부 반흔이 적고, 절개창이 작아 연부 조직 박리가 적으며, 핀이 load-sharing device로 작용한다고 하였다. 또한 Edward 등¹¹⁾은 threaded K-강선 혹은 Steinmann 핀을 이용한 골수강내 고정술로 좋은 치료 결과를 얻었다고 보고하였다. 저자들은 쇄골 중간부 골절 불유합 환자 전례에서 평균 9주 (7~12.5주)에 골유합을 얻었다.

쇄골 골절 불유합에서 비후성 불유합의 경우 안정된 내고정만으로 충분하며, 위축성 불유합의 경우 골형성 능력이 소실되어 안정된 내고정과 함께 골형성을 촉진하기 위한 처치가 필요하며³²⁾, 골유합률을 높이기 위해 골수강내 천공술과 골 이식술이 필요하다고 알려져 있다^{3,5,13,17)}. 본 연구에서도 쇄골 골절 중간부 골절 불유합에 대해 최소한의 골절부 노출과 연부 조직의 손상을 줄이고, 나사산 Steinmann 핀을 이용한 골수강내 고정술시 위축성 불유합을 보인 8례와 비후성 불유합 2례 등 전례에서 자가 장골능에서 채취한 해면골을 이용하여 골절부에 골이식을 함으로써 골유합율을 높이고자 하였다.

쇄골 골절 불유합의 수술적 치료의 방법과 적응증에 대해서는 여전히 논란의 여지가 있다. 나사산 Steinmann 핀을 사용한 골수강내 고정과 골 이식술을 통한 쇄골 중간부 골절 불유합의 치료는 골조송증이 심하지 않은 경우에 근위 및 원위 골편의 피질골이 나사 (thread)에 의해 견고하게 고정됨으로써 핀의 이동이 거의 발생하지 않아 골절부의 고정력을 잘 확보할 수 있다. 그리고 골절부의 연부 조직과 골막 손상을 적게 하여 골절 치유를 높일 수 있으며, 술 후 조기에 견관절 운동이 가능하여 견관절의 강직을 방지할 수 있다. 또한 골절부의 유합 후 국소 마취하에서도 핀의 제거가 용이한 점 등 쇄골 중간부 골절의 불유합의 치료로 유용한 술식으로 생각되며, 좀더 많은 증례 연구가 필요할 것으로 사료된다.

결론

최근에는 쇄골 골절 불유합의 치료 방법으로 압박 금속판을 이용한 내고정술 및 골 이식술이 가장 많이 이용되고 있으나, 어떤 치료가 최선의 방법인가에 대해서는 일치된 견해가 없는 실정이다. 저자들은 쇄골 중간부 골절 불유합의 치료 방법으로 나사산 Steinmann 핀을 이용한 내고정과 자가 골 이식술이 불유합 부위의 손상을 최소화하면서 비교적 견고한 내고정을 얻을 수 있으며, 조기에 골유합을 얻을 수 있고, 골유합 후 국소 마취하에서도 핀의 제거가 용이한 점 등 많은 장점이 있어 유용한 술식이라고 생각한다.

참고문헌

- 1) Allman FL: Fractures and ligamentous injuries of the clavicle and its articulation. *J Bone Joint Surg*, **49-A**: 774-784, 1967.
- 2) Bigliani LU, Craig EV and Butters KP: Fractures of the shoulder. In: Rockwood CA Jr, Green DP, Bucholz RW, eds. *Fractures in Adults*. 3rd ed. Philadelphia, Pa: JB Lippincott, **1**: 871-1019, 1991.
- 3) Boehme D, Curtis RJ Jr, DeHaan JT, Kay SP, Young DC and Rockwood CA Jr: Nonunion of fractures of the midshaft of the clavicle. *J Bone Joint Surg*, **73-A**: 1219-1226, 1991.
- 4) Boehmer D, Curtis RJ Jr, DeHaan JT, Kay SP, Young DC and Rockwood CA Jr: The treatment of nonunion fractures of the clavicle with an intramedullary Hagie pin and autogenous bone graft. *Instructional Course Lectures*, **42**: 283-290, 1993.
- 5) Bucholz RW and Heckman JD: Rockwood and Green's *Fractures in adults*. 5th ed, Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins: 1041-1078, 2001.
- 6) Byun YS, Yoo CH, An HS, Moon SG, Shin DJ and Park JW: The operative treatment of nonunions of midshaft clavicular fractures: Reconstruction plate fixation and bone grafting. *J Korean Fracture Soc*, **16**: 222-229, 2003.
- 7) Capicotto PN, Heiple KG and Wilbun JH: Midshaft clavicle nonunions treated with intramedullary steinmann pin fixation and onlay bone graft. *J Orthop Trauma*, **8**: 88-93, 1994.
- 8) Choi CH and Kim KH: Surgical treatment of the clavicular nonunion. *J Korean Fracture Soc*, **10**: 501-508, 1997.
- 9) Connolly JF and Dehne R: Nonunion of the clavicle and thoracic outlet syndrome. *J Trauma*, **29**: 1127-1132, 1989.
- 10) Craig EV: Fractures of the clavicle. In: Rockwood CA, Matsen FA, eds. *The shoulder*. Philadelphia: WB Saunders,

- 367-412, 1990.
- 11) **Edward ZJ, Krieg BJK and Rosen MJ:** Open reduction and internal fixation of clavicle fractures. *J Bone Joint Surg*, **63-A**: 147-151, 1981.
 - 12) **Eskola A, Vainionpaa S, Myllynen P, et al:** Outcome of clavicular fracture in 89 patients. *Arch Orthop Trauma Surg*, **57**: 366-367, 1986.
 - 13) **Jupiter JB and Leffert RD:** Nonunion of the clavicle. Associated complications and surgical management. *J Bone Joint Surg*, **69-A**: 753-760, 1987.
 - 14) **Jupiter JB:** Nonunion of the clavicle. *Complic Orthop*, **4**: 29-32, 1989.
 - 15) **Kang JD, Ha PS, Kim KY and Gwon YJ:** Treatment of the fracture of the middle third of clavicle by intramedullary threaded steinmann pin fixation. *J Korean Orthop Assoc*, **24-3**: 811-816, 1989.
 - 16) **Kona J, Bosse MJ, Staeheli JW and Rosseau RL:** Type II distal clavicle fractures: a retrospective review of surgical treatment. *J Orthop Trauma*, **4(2)**: 115-120, 1990.
 - 17) **Manske DJ and Szabo RM:** The operative treatment of Mid-shaft clavicular non-unions. *J Bone Joint Surg*, **67-A**: 1367-1371, 1985.
 - 18) **Marsh HO and Hazarian:** Pseudoarthrosis of the Clavicle. In *Proceedings of the 5th Combined Meeting of the American, British, Canadian, Austrian, New Zealand and South African Orthop. Assn. J Bone Joint Surg*, **52-B(4)**: 793, 1970.
 - 19) **McKeever DC:** Principles and Ideals of intramedullary internal fixation. *Clin Orthop*, **2**: 12, 1953.
 - 20) **Neer CS II:** Nonunion of the Clavicle. *J Am Med Assn*, **172**: 1006-1011, 1960.
 - 21) **Neviaser RJ:** Injuries to the clavicle and acromioclavicular joint. *Orthop Clin North Am*, **18**: 433-438, 1987.
 - 22) **Neviaser RJ, Neviaser JS, Neviaser TJ, et al:** A simple technique for internal fixation of the clavicle. *Clin Orthop*, **109**: 103-107, 1975.
 - 23) **Perren SM:** The biomechanics and biology of internal fixations using plates and nails. *Orthopedics*, **12**: 21-33, 1989.
 - 24) **Perry J:** Anatomy and biomechanics of the shoulder in throwing, swimming, gymnastics, and tennis. *Clin Sport Med*, **2**: 247-270, 1983.
 - 25) **Post M:** Current Concepts in the treatment of fractures of the clavicle. *Clin Orthop*, **245**: 89-101, 1989.
 - 26) **Pyper JB:** Non-union of fractures of the Clavicle. *Injury*, **9**: 268-270, 1978.
 - 27) **Rockwood CA:** Fractures of the outer clavicle in children and adults. *J Bone Joint Surg*, **64-B(3)**: 642, 1976.
 - 28) **Rowe CR:** An atlas of anatomy and treatment of midclavicular fractures. *Clin Orthop*, **58**: 29-42, 1968.
 - 29) **Sisk TD:** General principles of fracture treatment. In: Crenshaw AH, ed. *Campbell's Operative Orthopedics*. 7th ed. St. Louis, Mo: CV Mosby, **3**: 1557-1606, 1987.
 - 30) **Stimpson NS and Jupiter JB:** Clavicular nonunion and malunion: evaluation and surgical management. *J Am Acad Orthop Surg*, **4**: 1-8, 1996.
 - 31) **Tencer AF, Johnson KD, Kyle RF and Fu FH:** Biomechanics of fractures and fracture fixation. In: Heckman JD, ed. *Instructional Course Lectures*. Taunton, Mass: American Academy of Orthopedic Surgeons, **42**: 19-55, 1993.
 - 32) **Weber BG and Brunner C:** The treatment of nonunions without electrical stimulation. *Clin Orthop*, **161**: 24-32, 1981.
 - 33) **Wilkins RM and Johnston RM:** Ununited fractures of the clavicle. *J Bone Joint Surg*, **65-A**: 773-778, 1983.
 - 34) **Wu CC, Shih CH, Chen WJ and Tai CL:** Treatment of clavicular aseptic nonunion: Comparison of plating and intramedullary nailing techniques. *J Trauma*, **45**: 512-516, 1998.
 - 35) **Zenni EJ Jr, Krieg JK and Rosen MJ:** Open reduction and internal fixation of clavicle fracture. *J Bone Joint Surg*, **63-A**: 147-151, 1981.