

쇄골 간부 분쇄골절의 수술적 치료 시 환 강선 고정은 골절의 유합을 방해하는가?

염재광 · 신용운 · 이희성 · 박재구

인제대학교 의과대학 상계백병원 정형외과학교실

목 적: 쇄골 간부 분쇄 골절에 대하여 금속판과 나사를 이용한 내고정 시 연부조직 박리를 최소화 하면서 골편들을 환 강선 고정 (cerclage wire fixation)으로 정복 후 금속 내고정을 시행하는데 있어서 환 강선 고정이 쇄골 골절의 유합을 방해하는지 여부를 방사선적 및 임상적 결과를 통해 알아보고자 한다.

대상 및 방법: 2005년 2월에서 2009년 4월까지 쇄골 간부 분쇄 골절로 내원하여 관혈적 정복 및 금속판과 나사 고정을 시행한 경우에 2개 이상의 환 강선 고정을 시행한 후 1년 이상 추시 관찰이 가능하였던 18예 (남자 15예, 여자 3예)를 대상으로 하였다. 수술 후 골유합 기간, 견관절 기능 평가, 합병증 등에 대해 후향적으로 조사하였다.

결 과: 방사선학적 골유합은 평균 13.3주 (12~16주)에 이루어졌으며 불유합, 지연유합 또는 감염 등의 합병증은 없었다. 최종 추시에서 동측 견관절 운동범위는 1예를 제외하고는 모든 예에서 정상으로 회복된 소견을 보였다.

결 론: 쇄골 간부 골절에서 금속판 고정술에 환 강선 고정을 추가하는 수술 방법은 골편에 대해 혈류를 차단하지 않도록 연부 조직 박리를 최소화한다면, 금속판과 나사 삽입 전에 골절의 정복 유지를 쉽게 할 수 있어 수술을 용이하게 할 수 있고 해부학적 정복이 가능하며 골유합을 방해하지 않는 것으로 보아 유용한 수술 방법의 하나로 생각된다.

색인 단어: 쇄골 간부, 분쇄 골절, 관혈적 정복, 환 강선 고정, 골절 유합

Does Interfragmentary Cerclage Wire Fixation in Clavicle Shaft Fracture Interfere the Fracture Healing?

Jae-Kwang Yum, M.D., Ph.D., Yong-Woon Shin, M.D.,
Hee-Sung Lee, M.D., Jae-Gu Park, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Sanggye Paik Hospital,
Inje University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: A technique of cerclage wire fixation in comminuted fracture of the clavicle shaft is thought to interfere the fracture healing, so authors studied radiographically and clinically about the cases of cerclage wiring of the fracture fragments with the plate and screws fixation in the comminuted fracture of the shaft of the clavicle.

Materials and Methods: According to following inclusion criteria, total 18 patients (male: 15, female: 3) were investigated; Patients who visited hospital due to clavicle shaft comminuted fracture from February 2005 to April 2009, who underwent surgery utilizing more than 2 cerclage wire fixation for the fragments when open reduction and plate fixation were operated and who could be follow-up over one year. The duration for fracture union, functional outcome and complications were investigated retrospectively.

Results: Radiological bone union was accomplished in average 13.3 weeks (12~16 weeks) and there was no complication such as nonunion, delayed union or infection. Range of motion of ipsilateral shoulder joint was recovered in all patients except one at the final follow-up.

통신저자 : 신 용 운

서울시 노원구 상계 7동 761-1
인제대학교 의과대학 상계백병원 정형외과학교실
Tel : 02-950-1032 • Fax : 02-934-6342
E-mail : woonyos@hanmail.net

Address reprint requests to : Yong-Woon Shin, M.D.

Department of Orthopedic surgery, Sanggye Paik Hospital, Inje
University College of Medicine, 761-1, Sanggye 7-dong, Nowon-gu,
Seoul 139-707, Korea
Tel : 82-2-950-1032 • Fax : 82-2-934-6342

본 논문의 요지는 2009년도 대한정형외과학회 추계학술대회에서 발표되었음. E-mail : woonyos@hanmail.net

본 논문은 2009년도 인제대학교 학술연구조성비 보조에 의한 것임.

접수: 2010. 11. 22

심사(수정): 2011. 1. 6

게재확정: 2011. 3. 4

Conclusion: The clinical and radiographical results of the plate and screws fixation with cerclage wiring of the fragments in comminuted clavicle shaft fracture showed that the cerclage wiring does not interfere the fracture healing, so authors think that this method is a good alternative operation if it is performed carefully to minimize soft tissue dissection.

Key Words: Clavicle shaft, Comminuted fracture, Open reduction, Cerclage wire fixation, Fracture union

서 론

쇄골 간부 골절은 보존적 치료의 결과가 좋고, 수술적 치료를 한 경우 오히려 불유합의 빈도가 높다고 보고되었다³⁾. 그러나 최근에는 고 에너지에 의한 분쇄골절의 빈도가 증가하고 골절 부위의 각형성 및 단축이 문제가 되며 조기 관절 운동을 통한 기능적 만족도의 중요성이 대두되면서 수술적 치료의 비중이 커지고 있다¹³⁾. 한편 분쇄 골편을 동반한 쇄골 골절의 경우 골편 정복 및 유지를 위해 여러 방법이 제시되었으며 이 중 분쇄 골편을 지면 나사로 고정한 후 금속판과 나사를 이용한 내고정법이 가장 많이 사용되고 있다. 이에 비해 환강선 결박술은 쇄골 주위를 원형으로 결박하여 고정하는 방법으로 골막의 혈류를 차단하여 불유합이 발생할 우려등으로 사용이 제한되어 있다. Charnley⁴⁾는 환상 철사 고정술은 골막의 혈관 공급을 차단하여 가골 형성을 방해한다고 주장하였으며 Zenni 등²¹⁾에 의하면 골절부의 과다 노출로 인하여 심한 골막 박리와 연부조직 손상에 그 원인이 있다고 했으며 환강선 고정시 이러한 문제를 일으킬 것으로 생각되었다. 하지만 골편이 작거나 가늘고 긴 경우 지면 나사를 이용 시 제한이 있으며 이를 보완할 수 있는 환강선 고정법은 여전히 사용되고 있다. 이에 저자들은 쇄골 간부 분쇄 골절에 대한 수술 중 금속판과 나사 고정 이전에 골편들을 2개 이상의 환 강선 고정으로 해부학적 정복을 시킨 후 금속 내고정을 시행하는 경우에 환 강선 고정이 골절 부위의 유합에 방해가 되는지 여부를 방사선적 및 임상적 결과를 통해 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

2005년 2월에서 2009년 4월까지 쇄골 간부 분쇄 골절로 내원하여 관혈적 정복 및 금속판과 나사 고정을 시행받은 경우 중에서 2개 이상의 환 강선 고정을 시행한 환자 중 1년 이상 추시 관찰이 가능하였던 18예를 대상으로 하였다. 환자의 평균 연령은 36.6세 (19~68세)였으며 남자 15예, 여자 3예였고, 우측이 6예, 좌측이 12예였다. 수상 원인으로서는 넘어져 다친 경우가 13예, 교통 사고가 2예, 추락이 3예였다. 동반 손상으로는 다발성 늑골 골절과 혈기흉이 있었던 경우가 4예, 흉추 12번에서 요추 1번간 굴곡 신연 손상이 있었던 경우가 1예였다. 수상 후 수술까지의 기간은 평균 9일 (4~18일)이었으며 금속 내고정 기구는 해부학적 금속판을 이용한 경우가 8예, 재건 금속판을 이용한 경우가 10예였으며, 금속판 내고정과 더불어 2개의 환 강선을 이용한 경우가 11예, 3개의 환 강선을 이용한 경우가 7예였다.

골절의 분류는 Edingurgh classification¹⁹⁾을 참고하였으며 수술의 적응증은 type II 쇄골 간부 골절 중에서 전위가 있었던 type IIB에 대하여 수술적 치료를 하였다. type IIB1이 10예, type IIB2인 경우가 8예였다.

수술 방법은 전예에서 해변의자 자세로 시행되었으며 전신 마취하에 시행되었다. 골절 부위에 랑거 선 (Langer's lines)을 따라 전후방으로 약 7 cm 정도의 길이로 피부를 절개한 후 대흉근과 승모근의 골부착 부위 중 승모근의 근섬유만을 선별적으로 박리하고 건막도 벗겨지지 않도록 주의하며 골절부위에 도달하였다. 전위된 골편은 골절시 골막이 파손된 것 이외에는 벗겨지지 않도록 조심해서 다루

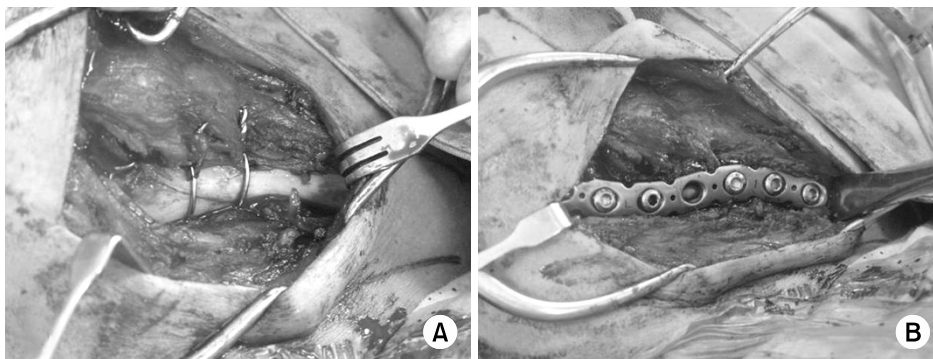


Fig. 1. (A) Two cerclage wires tie up the fracture fragment with minimal soft tissue dissection. **(B)** Fracture fixation is performed in anatomical position with the reconstruction plate and screws.

었고, 골절부위와 상관없는 바깥쪽 피질부위나 쇄골하 부위의 골막과 연부조직이 골에서 분리되지 않도록 하였다. 이 상태에서 정복 겸자 (reduction clamp)를 이용하여 임시 정복을 하고 철사 배출자 (wire passer)를 골막 바깥쪽으로 쇄골 하방을 통과시켜서 환 강선 고정을 시행하였다. 골편의 크기나 분쇄 정도에 따라 2 내지 3개의 환 강선으로 골편들을 정복하였다 (Fig. 1). 그러나 고에너지에 의한 분쇄 골절로 인하여 골편에 연부 조직이 연결되지 않은 유리 골편도 볼 수 있었는데 이러한 경우에는 골편이 커서 골절 부위에 안정성을 줄 수 있으면 이 골편도 함께 환 강선 고정을 시행하였으며 유리 골편이 너무 작은 경우에는 골절 부위에 정복하지 않고 환 강선 고정 및 금속 내고정이 끝난 후 자가 골이식으로 사용하였다. 골절편을 환 강선 고정으로 정복한 후에는 해부학적 금속판 또는 재건 금속판으로 내고정을 시행하였다 (Fig. 2). 금속판 고정시 쇄골에 금속판을 밀착시키면서 나사 고정에 환강선의 매듭이 방해가 되지 않도록 환 강선 매듭은 앞쪽으로 돌려 고정하였고, 1.0 mm 굵기 (18 Gauge)의 환 강선을 사용하여 금속판과 골편 사이의 간격이 벌어지는 것을 최소화 하였으며, 나사는 골절선에서 가까운 쪽부터 먼쪽으로 내측과 외측을 번갈아가며 고정하였다. 내고정 후에도 골 결손이 보이는 4예에서 동종 혹은 자가 골 이식술을 시행하였다. 수술 후 4주 동안은 외전 보조기를 착용시켜 견관절을 고정하였으나 주관절 이하의 움직임은 허용하였다. 수술 후 5주째부터는 보조기를 제거한 후 견관절 운동 범위 회복을 위한 물리 치료를 시행하였으며 견관절 운동 범위가 정상으로 회복된 후에는 근력 강화 재활 치료를 시행하였는데 회전근개, 삼각근, 견갑골 주위 근육들 순으로 강화시키는 운동 치료를 시행하였다.

수술 후의 평가를 위해서 골유합의 판정은 임상적으로 압통 및 동통 없이 견관절 운동이 가능해지고, 방사선 소견으로는 쇄골의 전후방 및 45도 상방 경사 촬영 방사선 사진에서 가골이 골절부의 상, 하 모두 연결되거나 가골

형성이 없는 경우에는 골절선이 없어지고 골소주가 골절부를 통과하는 때로 정했다^{5,8)}. 최종 추시 기능 평가는 골절부의 동통 및 압통, 외형상 변형, 견관절의 운동장애, 일상 생활의 불편 정도 및 환자의 주관적 소견에 기초를 둔 Kang 등¹⁰⁾의 기준을 이용하였다 (Table 1).

결 과

쇄골 간부 골절에서 골유합은 평균 13.3주 (12~16주)에 확인되었고 골절 분류 상 Edingurgh classification¹⁹⁾ type IIB1은 14주, type IIB2는 12.5주였으며 수술을 시행 받은 18예 모두에서 골유합 소견을 보였고 그 중 17예에서는 견관절 운동 장애가 없었다 (Table 2). 수술 후 금속 제거술은 6예에서 시행하였으며 평균 13.3개월이었다. 합병증으로 1예에서 동측 견관절 운동범위 제한 (굴곡: 90도, 외회전: 30도, 내회전: L5)이 있었으나 금속 제거술 시 유착 제거 및 도수 조작 후 호전을 보였으며 (굴곡: 120도, 외회전: 30도, 내회전: L1) 환자가 일상 생활에 지장이 큰 지장을 느끼지는 않았다. 감염이나 불유합, 지연유합은 없었으며 재골절이나 외형상 견갑부 변형 등도 관찰되지 않았다.

Table 1. Factors for evaluation of results and clinical scoring system by Kang et al

Pain, Deformity, Limitation of Motion, Subjective Symptoms, Disturbance of daily activity	
Excellent	There is no sign among the factors for evaluation results
Good	There is a only one sign among the factors for evaluation results
Fair	There are two signs among the factors for evaluation results
Poor	There are three or more signs among the factors for evaluation results

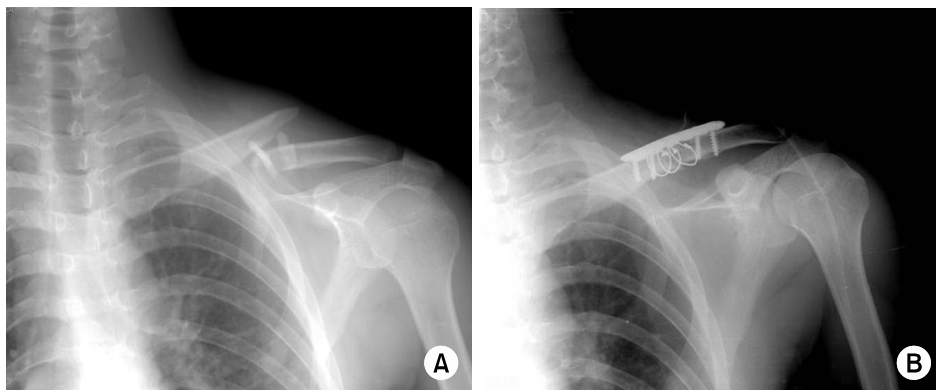


Fig. 2. (A) The preoperative radiograph shows comminuted fracture of the clavicle shaft. (B) Immediate postoperative radiograph shows comminuted clavicle shaft fracture is fixed by reconstruction plate and screws with three cerclage wires.

Table 2. Details of 18 patients of clavicle shaft comminuted fractures treated by open reduction and internal fixation using plate and cerclage wires

Case	Gender	Age (years)	Mechanism of injury	Fracture type [†]	Time from injury to operation (days)	Length of Follow-up (months)	Union (Y/N)	Time to Union (weeks)	Overall Result [‡]
1	M	35	Slip	IIB1	8	12	Y	12	Excellent
2	M	46	Fall	IIB2	7	12	Y	12	Good
3	F	20	Slip	IIB2	18	13	Y	16	Excellent
4	F	27	Slip	IIB1	6	14	Y	12	Excellent
5	M	20	Slip	IIB1	4	15	Y	16	Excellent
6	M	36	Slip	IIB1	9	15	Y	12	Excellent
7	M	52	Slip	IIB2	14	19	Y	12	Excellent
8	M	34	Fall	IIB2	8	19	Y	12	Excellent
9	M	68	Slip	IIB1	8	22	Y	16	Good
10	M	19	MVA*	IIB2	7	23	Y	12	Excellent
11	M	37	Slip	IIB2	17	25	Y	12	Excellent
12	M	28	Slip	IIB2	6	27	Y	12	Excellent
13	F	19	Slip	IIB1	6	29	Y	12	Excellent
14	M	37	MVA	IIB1	6	29	Y	16	Excellent
15	M	43	Slip	IIB1	10	42	Y	16	Good
16	M	63	Fall	IIB2	12	53	Y	12	Good
17	M	46	Slip	IIB1	6	53	Y	12	Good
18	M	30	Slip	IIB1	11	61	Y	16	Excellent
Average		36.6			9.0	26.8		13.3	

*MVA: motor vehicle accident, [†]Edinburgh classification, [‡]Kang's criteria.

Kang 등¹⁰⁾의 기준으로 평가한 임상적 치료 결과는 최우수 13예, 우수 5예였으며 이 중 type IIB1은 최우수 7예, 우수 3예, type IIB2는 최우수 6예, 우수 2예로 양호 이하는 없어 만족할 만한 임상적 결과를 얻었다.

고 찰

쇄골 골절은 모든 골절의 2.6%를 차지하고 견관절 주위 골절의 44% 정도를 차지할 만큼 흔하게 발생한다¹⁴⁾. 전 연령에 걸쳐 스포츠 활동이 늘어남으로 인해 쇄골 골절도 증가하였으며 교통 사고, 산업 재해, 낙상, 스포츠 손상 등의 고에너지에 의한 분쇄골절의 빈도가 증가하면서 골절부위의 각변형 및 단축이 문제가 되고 있어 수술적 치료의 비중은 커지고 있다^{13,17)}. 과거에는 쇄골 골절을 보존적 치료로 치료하는 것이 오히려 골유합을 잘 이룬다고 하였으나^{3,16)} 최근에 나온 여러 연구에서 수술적 치료를 받은 환자 군에서 보존적 치료를 받은 환자 군에 비해 장기 추사에서 더 나은 결과를 보여주고 있다^{20,21)}. 쇄골 골절에서 골편의 정복과 골유합을 얻기 위한 다양한 수술 기법이 제안되었으며 이는 크게 금속판과 나사 고정술과 골수강 내 금속 핀 삽입술로 나눌 수 있다. 현재 금속판을 이용한 내고정술은 쇄골 간부 골절에서 널리 이용되는 방법으로 견갑부의 정렬과 쇄골 길이의 정상화를 통한 정확한 해부학적 정복이

가능한 방법이다⁷⁾. Manske와 Szabo 등¹⁵⁾은 금속판을 이용한 고정이 쇄골 간부 골절에 가장 견고한 고정력을 얻을 수 있는 방법이라고 하였다.

분쇄 골편의 고정 방법으로 주로 지연나사를 이용한 방법들이 소개되고 있으며 좋은 임상 결과를 보이고 있다. Kim 등¹²⁾은 전위가 심한 28예를 대상으로 자가골 이식술을 병행하고, 나비형 골편에 대해서는 지연나사를 이용해 압박 고정한 후 재건 금속판으로 고정하여 85%에서 좋은 결과를 얻었다고 하였다. 하지만 지연나사 고정을 위하여서는 골편이 어느 정도 커야 사용할 수 있는 제한점이 있으며 골편이 너무 작거나 가늘고 긴 형태일 때에는 고정 시 골편이 부서지는 단점이 있다^{11,12)}. 이에 비해 환 강선 고정은 골편이 부서질 가능성이 작으며 크기가 작은 골편 및 다수의 골편 고정에도 용이한 점이 있다. Kim 등¹¹⁾은 금속판 고정을 한 23예 중 분쇄 골절에서 환 강선 고정과 골편간 나사 고정을 추가하였다고 하였으며 Shen 등²⁰⁾은 금속판 고정을 시행하면서 나비형 골편에 대해 환 강선을 이용하여 고정하면 일차적 골이식술의 필요성은 없다고 하였으나 수술 시 골편의 박리를 피하고 적절한 내고정물의 사용이 중요하다고 하였다. 저자의 경우 관혈적 정복술을 시행 시 나비형 골편의 고정을 위해 2개 이상의 환 강선을 이용해 해부학적 정복을 시행한 후 해부학적 금속판과 나사못을 이용한 내고정을 시행하였으며 환 강선을 이용함으

로서 좀더 정확한 골편 정복을 얻을 수 있어 골편간 거리를 최대한 줄여 골절 치유에 도움이 되었으며 모든 예에서 골유합을 얻었다.

Altamimi 등¹⁾은 132예의 쇄골 간부 골절 중 67예는 보존적 치료, 65예는 금속판을 이용한 수술적 치료를 시행하였고 방사선학적 골유합 시기는 비수술군에서 28.4주, 수술군에서 16.4주라 하였고 불유합은 수술군에서 2예가 있었다. Coupe 등⁶⁾은 89예를 대상으로 금속판을 이용한 수술적 치료를 시행하였고 골유합 시기는 13.5주였으며 심부감염 1예, 불유합 1예가 있었음을 보고하였다. Shen 등²⁰⁾은 232예에서 금속판을 이용한 수술적 치료를 하였고, 그 중 분쇄가 심한 133예에 대해서는 환 강선 고정을 추가하였으며 방사선학적 골유합 시기는 10주, 불유합은 7예가 있었음을 보고하였다. 본 연구에서 방사선학적 골유합 시기는 13.3주로 나타나 환 강선 고정을 추가해서 시행한 경우 금속판만 이용한 내고정과 비교했을 때 골유합 시기에 큰 차이가 없었으며 이러한 결과는 쇄골 간부의 분쇄 골절면에 시행한 환 강선 고정이 골절 부위의 유합을 방해하지 않는다는 간접적인 증거로 볼 수 있다.

일반적으로 쇄골 간부는 양 끝 단과 비교해서 해면골이 적고 피질골이 두꺼워 이론적으로 골절 시 불유합이 발생할 가능성이 많아 환 강선 결박이 골유합에 불리할 것으로 생각되었다^{2,9)}. 그러나 쇄골 간부의 단면은 일반적인 장골의 단면과는 달리 불규칙한 원형모양으로 환 강선 결박 시 피질골의 부분적인 압박이 있을 수 있으나 피질골 전체를 압박하지 않아 (Fig. 3) 골막 혈류를 완전히 차단하는 것은 아닌 것으로 생각되며 환 강선 고정으로 인해 쇄골 간부 골절 부위의 유합이 방해되지는 않는 것으로 생각된다.

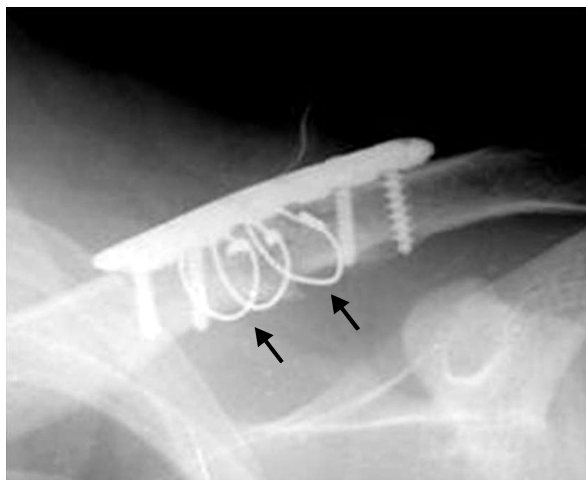


Fig. 3. The simple radiograph shows gap between cortical bone and wires (black arrows).

Rhineland¹⁸⁾는 골막 주위의 혈관은 장관골의 종축을 따라 주행하는 것이 아니라 단면으로 주행하므로 피질골의 혈행 장애는 유발시키지 않는다고 보고하였다. 그리고 전위된 골편들을 환 강선으로 정복 후 금속판으로 고정하므로 수술 시 금속판과 나사 고정을 보다 용이하게 할 수 있다는 장점이 있다.

본 연구의 제한점은 증례 수가 적어 환 강선 결박 없이 금속판과 나사만을 이용한 수술과의 비교 연구가 시행되지 않았다는 것과 수술 후 골절 부위의 혈류 상태를 직접적으로 증명하지 못한 것이며 아울러 임상적 평가기준이 부족하여 수술 후 기능 회복 및 임상 결과를 객관적으로 증명하기 힘들다는 것이다. 향후, 보다 많은 증례를 통해 더 다양한 방법으로 환 강선 고정 후 혈류 변화에 대한 분석 및 객관적 임상 결과 판정이 필요할 것으로 생각된다.

결 론

쇄골 간부 골절 중 분쇄 골편을 동반한 골절에서 금속판과 나사를 이용한 내고정을 시행할 경우 과도한 골막 박리와 연부 조직 손상의 우려로 환강선 고정법은 불유합을 일으키는 수술법으로 인식되었으나 저자들은 지연 나사를 고정하는 방법으로 골절의 정복과 유지가 어려운 경우에는 환강선을 이용하여 골절 정복을 하였고 수술 후 정상적인 골유합을 얻을 수 있었다. 이는 환강선 사용 자체가 불유합의 원인이기 보다는 수술 시 골막 박리 및 연부 조직 손상이 더 큰 이유일 것으로 생각되며 이를 주의하여 수술을 한다면 불유합은 많지 않을 것으로 생각되고, 오히려 환강선 고정은 골절의 정복을 쉽게 할 수 있어 금속판 고정을 용이하게 해주며 다른 보고들과 골절 유합 기간 및 임상적 결과가 유사한 것을 볼 때 쇄골 간부 분쇄 골절에 대하여 환 강선 고정 및 금속판과 나사 고정을 시행하는 수술은 유용한 수술 방법의 하나로 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) Altamimi SA, McKee MD; Canadian Orthopaedic Trauma Society: Nonoperative treatment compared with plate fixation of displaced midshaft clavicular fractures. Surgical technique. J Bone Joint Surg Am, 90(2 Pt 1 Suppl): 1-8, 2008.
- 2) Andermahr J, Jubel A, Elsner A, et al: Anatomy of the clavicle and the intramedullary nailing of midclavicular fractures. Clin Anat, 20: 48-56, 2007.
- 3) Baek DH, Sohn JM, Jahng J, Kim HK, Ha NK, Lim KS: Comparison of results between conservative treatment

- and operative treatment for clavicle fractures in adults. J Korean Orthop Assoc, **35**: 77-82, 2000.
- 4) **Charnley J**: The closed treatment of common fractures. 3rd ed. Edinburgh and London, E. & S. Livingstone: 112-115, 1961.
 - 5) **Chung PH, Kang S, Hwang CS, et al**: Operative treatment in midshaft fractures of clavicle using reconstruction plate and interfragmentary PDS suture. J Korean Fracture Soc, **19**: 335-339, 2006.
 - 6) **Coupe BD, Wimbhurst JA, Indar R, Calder DA, Patel AD**: A new approach for plate fixation of midshaft clavicular fractures. Injury, **36**: 1166-1171, 2005.
 - 7) **Golish SR, Oliviero JA, Francke EI, Miller MD**: A biomechanical study of plate versus intramedullary devices for midshaft clavicle fixation. J Orthop Surg Res, **3**: 28, 2008.
 - 8) **Ha SS, Sim JC, Hong KD, Kim JY, Kang JH, Park KH**: Comparison of results in two operative treatments for clavicle shaft fractures in adult: comparison of results between open reduction and internal fixation with the plate and percutaneous reduction by towel clip and intramedullary fixation with steinmann. J Korean Fracture Soc, **20**: 233-238, 2007.
 - 9) **Huang JI, Toogood P, Chen MR, Wilber JH, Cooperman DR**: Clavicular anatomy and the applicability of precontoured plates. J Bone Joint Surg Am, **89**: 2260-2265, 2007.
 - 10) **Kang KS, Ahn JI, Oh HY, Kang YS, Lee SJ**: Clinical study of clavicle fracture. J Korean Orthop Assoc, **19**: 367-378, 1984.
 - 11) **Kim BH, Im JI, Yim UK, Kim JJ**: Operative treatment of clavicle fracture. J Korean Fracture Soc, **11**: 658-664, 1998.
 - 12) **Kim IG, Kim JH, Hwang R, Hong YI**: Operative treatment with the reconstruction plate for the displaced clavicle shaft fracture of adults. J Korean Fracture Soc, **13**: 941-947, 2000.
 - 13) **Kim W, McKee MD**: Management of acute clavicle fractures. Orthop Clin North Am, **39**: 491-505, 2008.
 - 14) **King GJ, Richards RR, Zuckerman JD, et al**: A standardized method for assessment of elbow function. Research Committee, American Shoulder and Elbow Surgeons. J Shoulder Elbow Surg, **8**: 351-354, 1999.
 - 15) **Manske DJ, Szabo RM**: The operative treatment of mid-shaft clavicular non-unions. J Bone Joint Surg Am, **67**: 1367-1371, 1985.
 - 16) **Neer CS 2nd**: Nonunion of the clavicle. JAMA, **172**: 1006-1011, 1960.
 - 17) **Nowak J, Holgersson M, Larsson S**: Sequelae from clavicular fractures are common: a prospective study of 222 patients. Acta Orthop, **76**: 496-502, 2005.
 - 18) **Rhineland FW**: The normal microcirculation of diaphyseal cortex and its response to fracture. J Bone Joint Surg Am, **50**: 784-800, 1968.
 - 19) **Robinson CM**: Fractures of the clavicle in the adult. Epidemiology and classification. J Bone Joint Surg Br, **80**: 476-484, 1998.
 - 20) **Shen WJ, Liu TJ, Shen YS**: Plate fixation of fresh displaced midshaft clavicle fractures. Injury, **30**: 497-500, 1999.
 - 21) **Zenni EJ Jr, Krieg JK, Rosen MJ**: Open reduction and internal fixation of clavicular fractures. J Bone Joint Surg Am, **63**: 147-151, 1981.