

상완 신경총 손상에서 Steindler 주관절 굴곡 성형술

경희대학교 의과대학 정형외과학교실

한정수 · 정덕환 · 정비오 · 이경원

— Abstract —

Steindler Flexoplasty of Elbow in Brachial Plexus Injuries

Chung Soo Han, M.D., Duke Whan Chung, M.D., Bi O Jeong, M.D., Kyung Won Lee, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, School of Medicine, Kyung Hee University, Seoul, Korea

Purpose: The purpose of this study was to analyze the clinical results after Steindler flexoplasty.

Materials and Methods: We analyzed 6 cases who had nearly normal finger and wrist joint flexion function, but could not flex elbow joint actively because of upper arm type brachial plexus injury. We performed operation during the period from February 1997 to July 2003. There were 5 males and 1 female with mean age of 28 years (range: 19~51 years) when Steindler flexoplasty was done. The average follow-up period was 3 years 11 months (range: 12 months~7 years 4 months). We assessed active range of motion of elbow joint, muscle power and elbow function by Mayer & Green grade scale at last follow-up. We assessed how much they were favorable for Steindler flexoplasty and had improvement of upper extremity function and correction of deformity.

Results: Postoperative, flexion range of elbow joint improved to average 111.7° (range: 90~130°), 25.8° (range: 15~45°) in flexion contracture and 16.6° (range: 10~35°) in pronation contracture were remained. Range of motion of elbow joint improved to average 85.3° (range: 45~105°). Flexion power of elbow joint improved to Grade 5 in all cases. Postoperatively on Mayer & Green grade scale, there were excellent in 3 cases(50%), good in 2 cases(33.3%), fair in 1 case(16.7%). On patient's own assessment of functional improvement, there were excellent in 4 cases(66.6%), good in 1 case(16.7%) and fair in 1 case(16.7%).

Conclusion: Steindler flexoplasty can reserve good clinical results with being improved to active flexion of elbow joint in cases who have functional hand and wrist, but paralysis upper arm muscle in brachial plexus injury.

Key Words: Elbow, Brachial plexus injury, Steindler flexoplasty

※통신저자: 한 정 수

서울특별시 동대문구 회기동 1

경희대학교 의과대학 정형외과학교실

Tel: 82-2-958-8369, Fax: 82-2-964-3865, E-mail: CSHan1129@khrmc.or.kr

I. 서 론

상완 신경총 손상은 상지의 운동 및 감각 이상을 초래하여 상지에 뚜렷한 기능 저하를 가져온다. 상지에서 수부의 기능은 매우 중요하지만 주관절 및 견관절의 기능이 뒷받침되지 않는 한 기능적인 수부를 가졌다 하더라도 상지의 기능 회복을 얻기는 힘들며, 특히 주관절의 능동적이고 안정적인 굴곡 운동의 회복은 일상생활이나 직업 활동을 하는데 필수적이다. 이러한 주관절의 기능 소실은 매우 심각한 장애를 초래하므로 주관절과 견관절의 능동적인 운동 범위의 회복을 위하여 신경 재건술, 유리혈관 근 이식술, 근 이전술 등의 다양한 수술적 방법이 사용되고 있다.

이 중 1918년 Steindler¹⁸에 의해 처음 보고된 Steindler 주관절 굴곡 성형술은 상완골 내상과에서 기시하는 공통 굴곡 회내근 기시부를 상완골의 근위부로 옮겨 상방 이전시키는 방법으로 상완 이두근 및 상완근 마비와 함께 기능적 수부를 가지면서 전완부 굴곡근 군의 근력이 충분한 환자에서 주관절의 능동적인 굴곡을 회복하기 위한 유용한 술식이다. 하지만 국내에서는 이에 대한 결과 보고가 드물어 저자들은 상완 신경총 손상 환자에서 신경 재건술 등의 다양한 술식과 함께 시행한 Steindler 주관절 굴곡 성형술의 결과를 분석하였다.

II. 연구대상 및 방법

가. 대상 및 적응증

1997년 2월부터 2003년 7월까지 본원 정형외과에서 상완 신경총 손상으로 인한 주관절의 마비로 주관절의 능동적 굴곡이 불가능하였던 6예를 대상으로 하였다. 대상 환자들은 상완 신경총 손상의 상부 상지형으로 수지 및 완관절의 굴곡력은 최소 grade 3 이상으로 보존되었고 운동 범위는 정상이었으나 주관절의 굴곡이 전혀 불가능하여 일상생활에 지장을 받는 경우였다(Table 1). 남자가 5예, 여자가 1예였고 수술 당시의 평균 연령은 28세(범위: 19~51세), 평균 추시 기간은 3년 11개월(범위: 12개월~7년 4개월)이었으며 외상 후 수술까지의 기간은 평균 7년 8개월(범위: 2년 3개월~18년 9개월)이었다. 병변 부위는 우측이 3예, 좌측이 3예였으며 전 예가 우측 우세수였다. 상완 신경총 손상은 전 예가 외상으로 인한 것이었으며 이 중 교통사고가 3예, 추락사고가 3예였다. 전 예에서 Steindler 주관절 굴곡 성형술 이전에 신경 재건술, 근 이전술, 또는 신경 박리술을 시행하였는데 3예에서는 수술 시행 3년 4개월 전, 1년 6개월 전, 1년 전에 늑간신경을 근피신경에 문합하는 신경 재건술을 시행하였고 2예에서는 3개월 전과 4개월 전에 광배근 이전술을 시행하였으며 1예에서는 12년 전에 신경 박리술을 시행하였다. 광배근을 이전한 환자의 경우는 광배근의 수축이 미약하여 굴곡 성형술을 시행하게 되었다.

나. 임상적 평가 및 기능적 분석

수술 전 모든 환자에서 주관절, 완관절, 수지관절의 운동 범위와 근력을 측정하였으며 최종 추시에서 주관절의 능동적 굴곡, 신전, 회외전의 능동적 운동

Table 1. Characteristics of the cases

| Case | Age | Sex | Side | Elbow motion | | | Wrist motion | | Finger motion | |
|------|-----|-----|------|------------------|----------|---------|-----------------|---------|---------------|---------|
| | | | | Etiology | Extesion | Flexion | Extension | Flexion | Extension | Flexion |
| 1 | 23 | M | R | BPI ¹ | - | - | G1 ² | G4 | G1 | G4 |
| 2 | 14 | M | L | BPI | - | - | G5 | G5 | G5 | G5 |
| 3 | 41 | M | R | BPI | - | - | G4 | G4 | G4 | G4 |
| 4 | 51 | M | R | BPI | - | - | G5 | G5 | G5 | G5 |
| 5 | 20 | F | L | BPI | - | - | G5 | G5 | G3 | G4 |
| 6 | 19 | M | L | BPI | - | - | G5 | G5 | G5 | G5 |

¹ B PI is brachial plexus injury.

² G is grade

범위를 측정하였고 수술 후 발생한 주관절의 굴곡 구축 및 회내전 구축도 측정하였다. 또한 수술 전 주관절 굴곡의 근력과 최종 추시에서의 근력을 비교하였다. 객관적인 기능 평가를 위해 수술 후 굴곡 구축과 회외전 범위, 그리고 주관절의 굴곡력을 고려한 Mayer & Green 등급을 산출하여 각각의 점수를 합산한 점수가 95점 이상인 경우를 우수, 85점에서 94점 까지를 양호, 75점에서 84점 까지를 보통, 74점 이하를 불량으로 평가하였다. 또한 최종 추시 당시 환자에게 수술에 대한 만족도, 전체적인 상지 기능의 호전 유무, 가능한 작업의 정도 및 외형상의 호전 등에 대해 문진하고 이를 종합하여 4단계로 구분하여 주관절 만족도를 평가하였다(Table 2).

다. 통계적 분석

수술 전후 주관절 능동 굴곡에서의 근력을 비교하기 위하여 비모수 검정 방법인 Wilcoxon rank-sum test를 이용하였고 분석은 SPSS (statistical package for social science) 통계 프로그램을 사용하여 통계적 유의성을 검정하였다.

라. 수술 방법 및 수술 후 처치

전신 마취하에 주관절 전내측부에 굴곡 종형 (curved longitudinal) 피부 절개를 하고 정중신경, 척골신경 및 공통 굴곡 회내근 기시부를 노출시킨 후 정중신경과 척골신경의 운동 분지를 보존하면서 척 수근 굴곡근의 척골부착부위를 박리하였다. 그리고 먼저 상완골 원위부 5 cm에서 7 cm 사이의 종축의 정중선 부근에서 위측된 상완 이두근 및 상완근을 종으로 분리시키고 골막을 박리한 후 천공기를 이용, 구멍을 내고 사용할 나사의 길이를 측정하였다. 노출된 공통 굴곡 회내근 기시부를 상완골 내상과에서 2.5 cm×2.5 cm×1.5 cm 크기의 골편과 함께 분리시킨 후 상완골 원위에 미리 구멍을 낸

자리에 위치시키고 나사를 이용 고정하였다. 이 때 정중신경 및 상완동맥의 상태를 확인하여 손상이 가는 일이 없도록 하였다(Fig. 1). 술 후 주관절은 120도 굴곡위 및 전완부 중립위 상태에서 장상지 석고부목으로 약 6주간 고정한 후 근육의 등장성 운동 및 능동적 주관절 운동을 시작하였다. 주관절 운동은 수술 후 3개월까지는 능동 운동만을 시행하도록 하였으며 굴곡 구축이 30도 이상 진행된 경우에는 수동 운동을 추가하여 굴곡 구축을 30도 정도로 유지하였다.

Ⅲ. 결 과

가. 주관절의 운동 범위

수술 후 전 예에서 주관절의 능동적 굴곡 운동이 가능하였고 회복된 주관절의 굴곡 범위는 평균 111.7도(범위: 90~130도), 회외전은 평균 44.2도(범위: 35~50도)이었으며 수술에 따른 굴곡 구축은

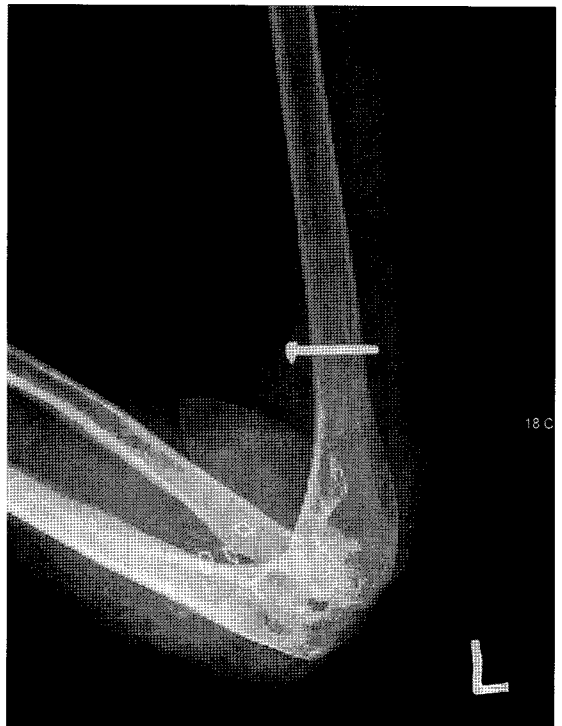


Fig. 1. The flexor-pronator muscles along with a bone block were transferred 6.5 cm proximally. A 3.5 mm cortical screw was used for fixation.

Table 2. The subjective results

| | |
|-----------|--|
| Excellent | The operation has been a great success |
| Good | It has been successful up to a point |
| Poor | It has been no real change |
| Failure | It has been a disappointed |

평균 25.8도(범위: 15~45도)로 주관절의 운동 범위는 85.3도(범위: 45~105도)였다. 수술 후 회내전 구축은 16.6도(범위: 10~35도)였으며 주관절의 굴곡 근력은 모두 Grade 5로 회복되었다(Table 3, Fig. 2).

나. 주관절의 기능적 평가

Mayer & Green 등급에 의하면 우수가 3예(50%), 양호가 2예(33.3%)였고 외상 후 18년 9개월만에 수술을 시행하였던 1예(16.7%)에서만 보통

의 소견을 보였다. 문진에 따른 주관절 만족도는 우수가 4예(66.6%), 양호가 1예(16.7%), 보통이 1예(16.7%)였다. 1명을 제외하고 모두 직업에 복귀하였으며 전 환자가 수술 후 결과에 대해 만족하였다.

IV. 고 찰

주관절의 능동적 굴곡력을 얻는 것은 상완 신경총 손상의 치료 목표 중 중요한 부분을 차지한다. 이를 위한 치료에는 보존적 방법과 수술적 방법이 있는데

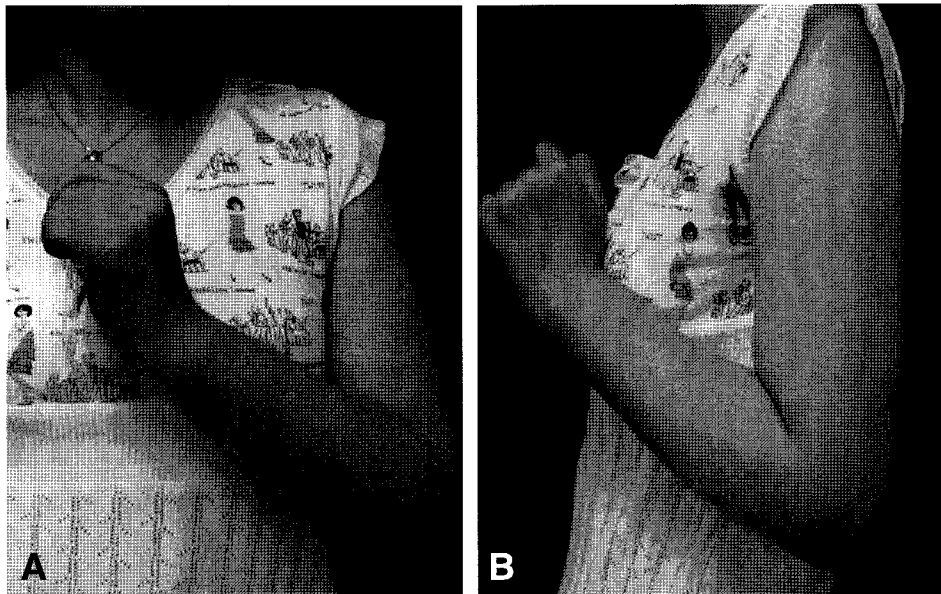


Fig. 2. Case 5, 1 year after flexoplasty of the left elbow, Active elbow flexion was 125 degrees and muscle power was about grade 5.

Table 3. Results after Steindler flexoplasty

| Case | Muscle strength | Elbow motion (derece) | | | Pronation deformity | M-G score ¹ | |
|------|-----------------|-----------------------|---------|------------|---------------------|------------------------|-----------|
| | | Extesion | Flexion | Supination | | | |
| 1 | G5 ² | 15 | 100 | 45 | 10 | 85 | Good |
| 2 | G5 | 15 | 100 | 45 | 10 | 85 | Good |
| 3 | G5 | 45 | 90 | 35 | 35 | 58 | Fair |
| 4 | G5 | 30 | 125 | 30 | 20 | 96.5 | Excellent |
| 5 | G5 | 20 | 125 | 20 | 10 | 97.5 | Excellent |
| 6 | G5 | 30 | 130 | 30 | 15 | 96.7 | Excellent |

¹ M-G score is Mayer-Green score.

² G is grade

보존적 치료 방법은 이미 Barnes¹와 Narakas¹⁵가 매우 불량한 결과를 보고하여 현재는 거의 시행되지 않고 수술적 치료방법이 우선 고려된다. 주관절의 능동적 굴곡력을 위한 수술적 치료는 동반된 신경 및 근육 손상을 고려하여 결정하여야 하며 이에 신경 이식술이나 신경 이전술을 이용한 신경 재건술, 근 이전술, 유리혈관 근 이식술 등이 있다.

1918년 Steindler¹⁶가 처음 기술한 Steindler 주관절 굴곡 성형술은 수부와 완관절의 기능이 남아있는 환자에서 주관절의 능동적 굴곡을 회복하기 위한 유용한 방법으로 알려져 왔으며 저자들에 따라 차이는 있지만 대개 70%~90% 정도의 만족할 만한 결과가 보고되고 있다.^{3-5,7,17} Dutton 등⁷은 25예에서 Steindler 주관절 굴곡 성형술을 시행한 결과 평균 95도의 주관절 굴곡 운동 범위를 얻었으며 20예에서 양호 이상의 좋은 결과를 보고하였다. Lui 등¹²도 71예에서 평균 114도의 주관절 운동 범위와 56예에서 양호 이상의 결과를 보고하였고, 이 외 Brunelli 등²과, Chen⁶도 좋은 결과를 보고하였다.

Steindler 주관절 굴곡 성형술의 수술 후 결과가 가장 큰 영향을 미치는 요소는 술 전 이동 대상이 되는 상완골 내상과의 공통 굴곡-회내근, 즉 원 회내근, 요 수근 굴곡근, 천 수지 굴곡근, 척 수근 굴곡근의 근력이며 대부분의 저자들은 근력이 Grade 4이상인 경우에 시행하여야 좋은 결과를 얻을 수 있다고 하였다.^{7,10-14} 저자들의 경우 수술을 시행한 6예 중 5예에서는 수부와 완관절의 굴곡 근력이 Grade 4이상이었으나 1예에서는 완관절의 굴곡 근력이 Grade 3이고 수부의 굴곡근력이 Grade 4였는데 이 예에서만 수술 후 주관절의 최대 굴곡이 90도, 굴곡 구축이 45도로 운동 범위가 45도였으며 Mayer & Green 등급이 58점으로 보통의 소견을 보여 나머지 예에서 보다 현저하게 좋지 않은 결과를 보였다.

Steindler 주관절 굴곡 성형술은 상완골 내상과에서 기시하는 굴곡근 군의 기시점을 주관절을 가로질러 상방 이전시킴으로써 주관절의 굴곡 구축과 전완부의 회내전 구축을 초래하게 된다. 주관절의 신전 제한은 Steindler 주관절 굴곡 성형술에서 반드시 동반되는 장애로 이전된 근육의 근력, 주관절의 신전근의 근력 이외에 수술 후 고정 기간에 따라 영향을 받으며 특히 Carroll과 Garland⁴ 및 Kettelkamp¹⁰

는 주관절의 신전근의 근력이 보통 이하인 경우 30도 이상의 굴곡 구축이 발생함을 보고하였다. 그러나 이런 굴곡 구축은 근육 작용의 물리적 효율을 높일 수 있다는 장점도 있어 허용 가능한 굴곡 구축의 범위에 대해서는 아직도 논란이 많다. 대부분 저자들은 30도에서 60도가 전이된 근육의 근력 및 운동성을 최대화할 수 있는 굴곡 구축 범위라 하였으며⁷ 특히 Carroll과 Gartland 등⁴은 수술 후 외형상 또는 기능상 가장 적합한 굴곡 구축은 40도라고 보고하였다. 저자들의 경우에서도 굴곡 구축의 평균은 25.8도로 기존 보고된 굴곡 구축 허용 범위에 있었는데 굴곡 구축이 30도가 넘는 3예의 경우 주관절 굴곡의 평균이 117.5도로 굴곡구축이 30도 이하인 3예에서의 100도 보다 통계학적인 의미는 없지만 수치상으로 큰 운동 범위를 얻을 수 있었다. 또한 전완부의 회내전 구축은 전완부 굴곡근의 기시부를 상방 전이함으로써 이들 근육의 이차적인 회내전 기능이 발생하는 것으로 특히 대립근인 회외전근의 약화가 있는 경우 회내전 구축이 증가하게 된다. 저자들의 경우 회내전 구축이 평균 16.7도로 문진상 큰 불편은 호소하지 않았다. 이러한 회내전 구축을 최소화하기 위해 굴곡근의 기시점을 상방 뿐만 아니라 약간 중앙 내지 외측으로 이전시키는 방법이 보고되었으며^{3,4,10} 이런 경우에는 상완골 원위부의 전방을 노출시 신경 및 혈관손상에 대한 세심한 주의가 필요하다.

저자들이 시행한 총 6예의 Steindler 주관절 굴곡 성형술은 기존의 방법을 변형한 술식으로 고정 위치 및 고정 방법에서 큰 차이점이 있다. 기존의 방법은 상완골 원위부 5 cm 지점의 상완근과 삼두근 사이, 즉 내상과능에 공통 굴곡 회내근을 봉합하였으나 이는 충분한 근위부로의 이전이 힘들며 단순 봉합으로만 근육을 고정하여 추후 고정실패의 경우가 많았다. 따라서 저자들은 공통 굴곡 회내근을 부착 골편과 함께 상완골 원위부 5 cm에서 7 cm사이의 종축의 정중선에 고정하여 원래의 방법보다 좀더 근위부 및 외측으로 이동시켰으며 골편을 이용한 고정을 통해 1 cm정도의 추가적인 전방 이동효과를 얻었고 이는 추가적인 근위부 이동에 따른 굴곡 구축이 감소에 도움이 되었다. 또한 골편과 함께 나사를 이용하여 이전된 근육을 고정함으로써 고정실패를 최소화 하였고 조기의 주관절의 능동적 관절 운동을 가

능케 하였다. 조기 능동적 관절 운동은 수술 후 회복된 주관절 굴곡 근력이 기타 보고에 비해 충분하였던 한가지 이유로 생각된다.

통상적으로 근 이진술을 시행하면 이전된 근력이 대개 감소하는 것으로 알려져 있으나 저자들은 Steindler 주관절 굴곡 성형술을 통해서 충분한 주관절 굴곡 근력의 회복을 얻었고 오히려 근력의 증가를 경험하였다. 이는 Steindler 주관절 굴곡 성형술이 통상적인 근 이진술과는 차이가 있기 때문이다. Katherine 등⁹의 Steindler 주관절 굴곡 성형술시 발생하는 근육의 형태 변화 및 근력 변화에 관한 생역학적 컴퓨터 가상 실험에 따르면 공통 굴곡 회내근의 상방 이전은 기존의 근 이진술과 같이 동일한 위치에 다른 근육을 치환하는 형태가 아닌 모멘트암과 주관절 굴곡 근섬유의 길이를 변화시켜 생역학적 변화를 동반하게 되며 이로 인해 효과적인 근력을 얻을 수 있다고 하였다. 저자들은 충분한 근위부로의 근 이전을 통해 가장 효과적인 모멘트암의 변화와 골편에 의한 추가적인 전방 이동을 통해 지렛대의 변화도 도모하였다. 또한 견고한 고정을 통해 초기에 충분한 능동적 관절 운동을 시행함으로써 이전되기 전보다 오히려 큰 근력을 얻을 수 있었다.

저자들의 경우 외상 후 수술까지의 기간은 평균 7년 8개월(범위: 2년 3개월~18년 9개월)로 Steindler 주관절 굴곡 성형술을 시행하기 전 3예에서는 신경 문합술을, 2예에서는 광배근 전이술을 시행하였으나 주관절의 능동적인 굴곡 운동이 회복되지 않은 경우였다.

상부 상지형의 상완 신경총 손상의 경우 견관절 주위의 근육이 위축, 또는 약화되어 견관절의 불안정성을 보이게 되며 이러한 견관절의 불안정성이 동반된 예에서 주관절 굴곡 성형술을 시행하게 되면 주관절의 굴곡력 증가와 중력으로 인해 견관절에서 상지를 고정할 수 없어 주관절을 굴곡하였을 때 주관절은 후방으로, 상완골의 골두는 전방으로 이동하여 주관절 굴곡의 효율성이 떨어지게 된다.^{12,17} 따라서 이러한 경우 주관절 운동의 효율성을 증대시키기 위한 견관절 고정술 등의 추가적 수술이 요구된다. 특히 견관절 고정술은 견관절의 기능이 저하되어 있으나 충분한 견갑골 주위의 근육을 가지는 경우 견갑 흉곽운동을 조절하기 위해 시행하며 견관절을 약간 외전된 상태로 고정하여 주관절 굴곡시 중력의

효과를 감소시켜 굴곡 성형술의 효과를 상승시키는 이차적인 이득이 있다.¹⁹ 저자들의 경우는 추가적인 견관절 고정술을 시행하지 않고도 Mayer & Green 등급과 주관적인 만족도가 모두 83.3%에서 양호이상의 결과를 보여 추가적인 수술을 시행하지 않았으며 향후 추시과정 중 수술 여부를 결정하기로 하였다.

V. 결 론

저자들은 외상성 상완 신경총 손상의 상부 상지형의 주관절 굴곡 마비를 보인 6예에서 Steindler 주관절 굴곡 성형술을 시행하여 주관절의 객관적, 주관적인 기능적 향상을 얻었다. 따라서 Steindler 주관절 굴곡 성형술은 상완 신경총 손상으로 상완 이두근 또는 상완근의 마비가 있으나 기능적인 수부를 가진 환자에서 주관절 능동적 굴곡을 회복하기 위한 유용한 한 방법으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) Barnes R: *Traction injuries of the brachial plexus in adult. J Bone Joint Surg, 31-B:10-16, 1949.*
- 2) Brunelli GA, Vigasio A and Brunelli GR: *Modified Steindler procedure for elbow flexion restoration. J Hand Surg, 20-A:743-746, 1995.*
- 3) Bunnell S: *Restoring flexion to the paralytic elbow. J Bone Joint Surg, 33-A:566-571, 1951.*
- 4) Carroll RE and Gartland JJ: *Flexorplasty of the elbow. An evaluation of a method. J Bone Joint Surg, 35-A:706-710, 1953.*
- 5) Carroll RE and Hill NA: *Triceps transfer to restore elbow flexion. A study of fifteen patients with paralytic lesions and arthrogyposis. J Bone Joint Surg, 52-A:239-244, 1970.*
- 6) Chen WS: *Restoration of elbow flexion by modified Steindler flexorplasty. Int Orthop, 24:43-46, 2000.*
- 7) Dutton RO and Dawson EG: *Elbow flexorplasty: an analysis of long term results. J Bone Joint Surg, 63-A:1064-1069, 1981.*
- 8) Harris W and Low VW: *On the importance of accurate muscular analysis in the lesions of the brachial plexus and the treatment of Erb's palsy*

- and infants paralysis of the upper extremity by cross union of nerve roots. *Br J Ind Med*, 2:1035, 1903.
- 9) Katherine RS, Wendy MM, Hertz VR and Scott LD: *Biomechanics of the Steindler Flexoplasty Surgery: A Computer Simulation Study. J Hand Surg*, 28-A:979-986, 2003.
- 10) Kettelkamp DB and Larson CB: *Evaluation of the Steindler flexorplasty. J Bone Joint surg*, 45-A: 513-518, 1963.
- 11) Lindholm TS and Einola S: *Flexorplasty of paralytic elbows: an analysis of late functional results. Acta Orthop Scand*, 44:1-4, 1973.
- 12) Liu TK, Yang RS and Sun JS: *Long-term results of Steindler flexorplasty. Clin Orthop*, 296:104-108, 1993.
- 13) Marshall RW, William DH, Birch R and Bonney G: *Operations to restore elbow flexion after brachial plexus injury. J Bone Joint Surg*, 70-B:577-582, 1988.
- 14) Mayer L and Green W: *Experience with Steindler flexorplasty at the elbow. J Bone Joint Surg*, 36-A: 775-789, 1954.
- 15) Narakas A: *Surgical treatment of traction injuries of the brachial plexus. Clin Orthop*, 133:71-90, 1978.
- 16) Seddon HJ: *Nerve grafting. J Bone Joint Surg*, 45-B: 447-461, 1963.
- 17) Segal A, Seddon HJ and Brooks DM: *Treatment of paralysis of the flexors off the elbow. J Bone Joint Surg*, 41-B:44, 1959
- 18) Steindler A: *A muscle plasty for the relief of flail elbow in infantile paralysis. Interstate Med J*, 25: 235-241, 1918.
- 19) Tsuyama N and Hara T: *Intercostal nerve transfer in the treatment of brachial plexus injury of root-avulsion type. Proceeding of the 12th Congress of the International Society of Orthopedic Surgery and Traumatology, Tel aviv. Experted Medica, Amsterdam*, 351, 1972.