

말초신경 결손치료에 대한 Interfascicular Nerve Grafting

경희대학교 의과대학 정형외과학교실

유명철 · 정덕환 · 한정수 · 김기영 · 변상윤

= Abstract =

Interfascicular Nerve Grafting in the Treatment of the Peripheral Nerve Injury

Myung Chul Yoo, M.D., Duke Whan Chung, M.D., Jung Soo Han, M.D.,
Ki Yung Kim, M.D. and Sang Yoon Bhyun, M.D.

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

The authors performed the interfascicular nerve grafting in the gap of injured nerves using the microsurgical technique to obtain the accurate coaptation of the fascicles. The authors experienced the 33 cases(26 patients) of the interfascicular nerve grafting in the median(11), ulnar(9), radial(2), common peroneal(3) and digital(8) nerves at the Department of Orthopaedic Surgery, College of Medicine, Kyung Hee University from Jan. 1980 to June 1984. The patients were followed up from 12 to 26 months (average 20 1/2 months).

The following results were obtained;

1. The shorter the length of the donor nerve and the younger the age of the patients are, the better the recovery of the nerve function is.
2. The medial and lateral cutaneous nerves of forearm as donor nerve are suitable as well as the sural and superficial radial nerves.
3. The end result of each patient was evaluated by Seddon's classification. The excellent motor recovery was 72.0% (18/25) and the excellent sensory recovery was 81.8% (27/33).
4. The interfascicular nerve grafting is an excellent method in treating the widely separated, severed peripheral nerve injury.

Key Words: Nerve, Injury, Treatment, Interfascicular nerve grafting.

I. 서 론

말초신경 손상으로 인한 신경결손의 치료는 인접 관절의 위치변경, 신경유리술(mobilization), 신경이동술(transposition), 골단축출 등의 고식적 방법으로 결손단을 축소시키는 방법이 시도되고 있으나 그 결과는 만족스럽지 못할 때가 많다. 이로써도 단단봉합(end to end anastomosis)이 불가능하거나 절단손상 신경단의 간격이 커서 단단봉합시 심한 긴장을 초래할 시는 신경이식술이^{8,10)} 불가피하다. 이 신경이식술은 1950년대까지는 신경상막간 봉합(epineurial suture)의 방법으로 시행되었고, 봉합수기가 미

흡하며, 봉합사도 굵고, 육안으로 정확하지 않은 상태에서 시행되어 신경이식후 재생정도가 50% 전후에 불과하여 단단봉합을 한 경우보다 불량한 결과를 보였다. 그 후 상당기간 신경이식술은 관심을 얻지 못하고 있다가 1960년 말부터 수술현미경과 봉합사의 개발과 함께 미세수술 및 미세말초신경 수술의 발달로 말초신경 수술성적이 점차 개선되었고 특히, 1972년^{9,10)} Millesi 및 Berger의 치료성적은 종전과는 비교가 안될 정도로 좋은 결과를 보여 주었다. 단단봉합이 가능한 경우는 단단봉합의 결과가 더 양호한 것으로 기대할 수 있으나 절단손상신경단의 간격이 커서 단단봉합시 심한 긴장을 초래하거나 단단봉합이 불가능한 경우에는 무리한 단단봉합의 시도보다는 긴장없는 상태에서 미세신경봉합술(interfascicular suture)로 신경을 이식하는 방법

* 본 논문은 1985년 대한정형외과학회 추계 학술대회에서 구연되었음.

이 더 좋은 결과를 얻을 수 있다는 여러 저자들의 보고는^{3, 5, 9, 10)} 신경이식술에 있어서 새로운 변화를 보여주었다. 본 경희대학교 의과대학 정형외과학교실에서는 말초신경 봉합에 있어서 미세신경 봉합술을 이용하여 양호한 결과를 얻은 경험을 토대로¹⁾ 단단봉합이 불가능하였던 말초신경 손상 환자 26명 33신경에 대해 미세신경봉합술로 신경이식을 시행하여 우수한 결과를 얻었기에 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

II. 조사대상

1980년 1월부터 1984년 6월까지 심한결손을 동반한 말초신경 손상환자 30명, 38신경에 대해 미세신경봉합법을 이용한 신경이식을 시행하고 이중 원격주시가 1년이상 가능하였던 26명, 33신경에 대하여 신경이식 후의 결과를 분석하였다. 원격주시는 최단 12개월, 최장 26개월로 평균 20.5개월이었으며, 수상시부터 신경이식시까지의 기간은 최단 수상직후부터 최장 22개월로 평균 9.3개월이었다. 연령은 최소 4세부터 최고 52세로 평균 21.3세였으며, 성별은 총 26명중 남자가 21명을 차지하였다. 신경별로 보면 정중신경 11례, 척골신경 9례, 수지신경 8례, 총비골신경 3례, 요골신경 2례이었다(Table 1). 본 연구에서는 상완신경총 손상은 제외하였다. 이식제공신경(donor nerve)은 내측 및외측 전완지각신경, 내측상완 지각신경, 비복신경(su-

ral nerve), 표재요골신경(superficial radial nerve)를 사용하였으며(Table 2), 이식신경의 길이는 최하 1cm, 최대 15cm으로 평균 5.3cm이었다. 이식한절편(cable)의 수는 평균 3.9개였으며, 수상기전은 압박상, 열상, 유리에 의한 수상이 대부분이었다.

III. 수술방법

수술현미경 시야하에서 손상신경을 미세 박리하여 신경조직에 손상이 가지 않도록 조심하면서 major 혹은 minor fasciculi를 박리한 후 반흔, 신경중심유성 변화가 시작되는 곳에서 fasciculi를 transsect하여 이식하기 좋은 상태로 준비하였다. 이식제공신경을 충분한 길이로 절제해낸 후 신경주위의 결체조직 및 지방조직을 제거하고 결손양단에 긴장

Fig. 1. The donor nerve is divided into pieces longer than the defect between the recipient nerve fascicles.

Table 1. Injured nerves

Nerve (N)	Case No.
Median N.	11
Ulnar N.	9
Digital N.	8
Common peroneal N.	3
Radial N.	2
Total	33

Table 2. Donor nerves

Nerve (N.)	Case No.
Medial antebrachial cutaneous N.	19
Lateral antebrachial cutaneous N.	15
Medial brachial cutaneous N.	6
Sural N.	8
Superficial radial N.	1
Dorsal branch of ulnar N.	1
Total	50

Fig. 2. Completed grafts. Five grafts are in place. Note the absence of tension and the maximal coaptation.

이 가지않는 적당한 길이로 여러개의 절편(cable)을 만들어 fascicle의 orientation을 맞추어 major fasciculi는 major fasciculi끼리, minor fasciculi는 minor fasciculi끼리 10~0 또는 11~0 monofilament nylon사로 미세봉합을 하였다. 이때 신경 내에 남겨지는 봉합사의 양을 줄이기 위하여 major fasciculi간의 봉합은 two stitch만을, minor fasciculi간의 봉합은 one stitch만을 시행하였다(Fig. 1, 2).

Table 3. Seddon's classification for the recovery of nerve function

Motor
M0=No contractions
M1=Perceptible contractions
M2=Further perceptible contractions
M3=Return of function of such degree that all important muscles are sufficiently powerful to act against resistance
M4=Return of function as in stage 3 with the addition that all synergic and independent movements are possible
M5=Complete recovery
Sensory (autonomous area of nerve only)
S0=Absence of sensibility
S1=Recovery of deep cutaneous pain
S2=Return of some degree of superficial cutaneous pain and tactile sensibility
S3=Further recovery of superficial cutaneous pain and tactile sensibility, with no dysesthesia
S3=Same as Stage 3, with the addition of some two-point discrimination
S4=Complete recovery

수술후 약 4주간 석고고정을 하였으며 그후 전기자극요법(E.S.T.)등 물리치료를 하면서 정기적인 근전도 및 신경검사를 시행하였다.

IV. 성적평가방법

신경이식후의 성적평가는¹⁹⁾ 근력의 회복, 관절의 운동범위, Tinel증후, 두점식별, Ninhydrin 검사, 방어감각(protective sensibility; 통각, 온냉각, 심부 압각, 촉각) 및 근전도검사를 시행한 후 Seddon씨 분류에¹¹⁾ 따라 평가하였다(Table 3). 이 분류에서 M₃는 운동기능의 회복이 저항에 대해 어느 정도의 근수축을 보이고 synergistic independent movement가 가능한 집단을 의미하며, S₃에서 S₄는 감각기능의 회복이 superficial cutaneous pain 및 촉각이 돌아오고 어느정도의 두점식별이 가능한 집단을 의미한다.

V. 결 과

1. 정중신경

총 11례의 분석결과(Table 4, 5), 운동기능회복은 M₃ 5례, M₄ 2례, M₅ 3례, M₂ 1례, M₁ 1례를 보였고, 감각기능회복은 S₄ 5례, S₃ 4례,

Table 4. Median nerve(motor)

Grade	Case No.
M ₃	4
M ₄	2
M ₅	3
M ₂	1
M ₁	1
Total	11

Table 5. Median nerve(sensory)

Grade	Case No.
S ₄	5
S ₃	4
S ₂	2
S ₁	0
S ₀	0
Total	11

S₂ 2례를 보였다. 이중 M₃-M₅에 속했던 것은 총 9례(81.8%)였고, 이들의 평균이식 길이는 4.3cm, 평균절편수는 4.6개였으며, 감각 기능회복 중 S₃-S₄에 속했던 것은 총 9례로 81.8%에 해당하였다.

2. 척골신경

총 9례를 분석하였으며, 이중 운동기능 회복은 M₃ 3례, M₄ 2례, M₅ 1례, M₂ 2례, M₁ 1례

Table 6. Ulnar nerve(motor)

Grade	Case No.
M ₃	3
M ₄	2
M ₅	1
M ₂	2
M ₁	1
Total	9

Table 7. Ulnar nerve(sensory)

Grade	Case No.
S ₄	2
S ₃ ⁺	1
S ₃	3
S ₂	2
S ₁	1
Total	9

였으며, 감각기능회복은 S₄ 2례, S₃ 1례, S₂ 3례, S₁ 2례, S₀ 1례이었다. 이중 M₃-M₅는 6례(66.7%)였으며 평균이식신경 길이는 5.9cm, 평균 절편 수는 5.3개이었으며 감각기능회복중 S₃-S₄는 6례로 66.7%였다(Table 6, 7).

3. 요골신경

총 2례를 분석하였으며 운동기능회복은 각각 M₂, M₄를 보였는데, 이들의 이식신경길이는 각각 9cm, 2cm, 이식절편수는 각각 5개, 3개이었고, 감각기능회복은 모두 S₃를 보였다(Table 8).

4. 총비골신경

총 3례를 분석하였으며 운동기능회복은 M₃-M₄, 2례로 이식신경길이는 3cm, 5cm, 이식절편 수는 각각 5개, 4개이었으며 감각기능회복은 모두 S₃를 나타내었다(Table 9).

5. 수지신경

총 8례를 분석하였으며 S₄ 4례, S₃ 3례, S₂ 1례로서 S₃-S₄에 속하였던 것은 총 7례(87.5%)였으며, 이들의 평균이식신경길이는 2.4cm, 평균 이식절편수는 2.1개이었다. 이는 본 연구 초기에 시행하였던 1례(S₂)를 제외하면 총 7례 모두 S₃ ~ S₄에 속하여 수지신경의 우수한 회복도를 보여 주었다(Table 10).

정중신경, 척골신경, 요골신경, 총비골신경, 수

Table 8. Radial nerve

*Motor	
Grade	Case No.
M ₂	1
M ₄	1
*Sensory	
Grade	Case No.
S ₃	2

Table 9. Common peroneal nerve

Motor	
Grade	Case No.
M ₄	1
M ₃	1
M ₂	1
Sensory	
Grade	Case No.
S ₃	3

Table 10. Digital nerve(sensory)

Grade	Case No.
S ₄	4
S ₃₊	3
S ₂	1
Total	8

Table 11. Motor recovery versus length of grafted nerve

Grade	Length(cm)				Total
	< 3	3-5	6-10	10<	
M ₄ -M ₅	2	7	3	1	13
M ₃		5			5
M ₂	1	2	2		5
M ₁		1	1		2
M ₀					
Total	3	15	6	1	25

Table 12. Sensory recovery versus length of grafted nerve

Grade	Length(cm)				Total
	< 3	3-5	5-10	10<	
S ₃₊ -S ₄	5	10	2	1	18
S ₃	2	5	1	1	9
S ₂	1	1			2
S ₁		1	2		3
S ₀		1			1
Total	8	18	5	2	33

Table 13. Nerve recovery versus age

Grade	Case No.	Age(av.)
M ₃ -M ₅	18(72.0%)	19.5
M ₀ -M ₂	7(28.0%)	25.6
S ₃ -S ₄	27(81.8%)	18.1
S ₀ -S ₂	6(18.2%)	24.5

지신경 모든 손상신경 전체를 합하여 이식신경길이와 운동 및 감각기능회복도를 비교해 본 결과 (Table 11), 운동기능회복은 수지신경을 제외한 25례 중 18례(72.0%)에서 M₃~M₅의 양호한 결과를 보였으며, 이중 이식신경길이 6cm 미만에 속하였던 례가 14례, 6cm 이상인 례가 4례로 이식신경길이 짧을수록 결과가 우수하였다.

감각기능회복은 수지신경을 포함한 총 33례 중 27례(81.8%)에서 S₃~S₄의 양호한 회복을 보였으며 이중 이식신경길이 6cm 미만에 속하였던 경우가

22례, 6cm 이상이 5례로 역시 이식신경길이 짧을수록 우수한 결과를 보였다 (Table 12).

신경회복도와 연령과의 관계를 조사하여 본 결과 Table 13에서 보는 바와 같이 현저한 차는 없었으나 다소 젊은 연령층일수록 우수한 회복도를 보였다. 신경의 회복도를 각 신경별로 비교하였던 바 Table 14와 같이 운동기능회복중 M₃~M₅의 회복을 나타냈던 례는 정중신경에서는 총 11례 중 9례(81.8%)로 가장 양호하였으며 척골신경은 총 9례 중 6례, 총비골신경은 총 3례 중 2례였고 요골신경은 예수가 적어 정확한 비교는 힘들지만 1례에서만 M₄를 보여주었다. 감각기능회복중 S₃~S₄의 회복을 나타내었던 것은 Table 15에서 보는 바와 같이 요골 및 총비골신경은 전례에서 S₃~S₄에 속하였고 수지신경은 총 8례 중 7례, 정중신경은 총 11례 중 9례, 척골신경은 총 9례 중 5례에서만 S₃-S₄에 속하였다.

Table 14. Motor grade in individual nerves

Grade	Median N.	Ulnar N.	Radial N.	Common peroneal N.
M ₃ -M ₅	9/11 (81.8%)	6/9 (66.7%)	1/2 (50%)	2/3 (66.7%)

Table 15. Sensory grade in individual nerves

Grade	Median N.	Ulnar N.	Radial N.	Common peroneal N.	Digital N.
S ₃ -S ₄	9/11 (81.8%)	5/9 (55.5%)	2/2 (100%)	3/3 (100%)	7/8 (87.5%)

V. 고 찰

신경결손이 심한 경우는 단단봉합이 어렵고 무리한 단단봉합으로 신경단에 심한 긴장이 초래된다. 1945년 Spurling은¹⁷⁾ 그의 1,500례의 신경봉합술후 4%의 긴장으로 인한 봉합부 파열을 보고하였고,

1956년 Woodhall은²¹⁾ 22.4%를, Seddon은¹⁸⁾ 699명의 신경손상 환자중 71%만이 단단봉합이 가능하였다고 보고하고 있다. 또한 Sunderland은¹⁸⁾ 봉합부의 긴장은 신경이 늘어나게 될 뿐 아니라 신경섬유의 중축성 관계의 변화를 가져오게 하며 신경섬유의 상위(discrepancy)를 보이므로 불량한 신경회복을 초래한다고 하였다. 여러 저자들은^{9, 10, 11, 20)} 5내지 7cm의 신경결손이 여러 고식적 방법으로 단

Fig. 3-A. A four-year-old girl, 5 months after an injury to the left forearm.

Fig. 3-B. After the resection of the scarred portion of the median nerve ends, there was a gap 10cm in length, the nerve grafting from the sural nerve is performed.

Fig. 3-C. Post op. two years, almost full recovery of the hand function is seen.

Fig. 3-D. The grasping action is nearly recovered and powerful.

(EMG finding of preop. state)

Fig. 3-E. At resting state, the fibrillation action potential and positive sharp wave are seen. These indicate the definite denervation⁹⁾.

Fig. 3-F. On muscle contraction, only single peaked action potential is noted, which indicates the absolute denervation and tend to disappear as the total recovery takes place.

Fig. 3-G. The fibrillation action potential and positive sharp wave have been disappeared as the reinnervation occurred.

Fig. 3-H. On muscle contraction, frequency and amplitude of normal motor unit action potential is increased as the recovery occurs.

단봉합이 가능한 최대의 길이라고 하였으며 이때에도 신경결손 1cm마다 약 6%의¹¹⁾ 신경회복 능력의 감소가 불가피하다고 보고하고 있다. 양차대전 중 신경이식에 대한 많은 임상적, 실험적 연구가 계속되었음에도 불구하고 그 결과는 상당히 회의적이었다. 그러나 이 시대의 신경이식술은 nerve trunk나 cable을 육안으로 신경상막간 봉합을 시행하여 Tarlov가¹⁰⁾ 지적인 바와 같이 이식신경과 손상된 신경단과의 상막간 적응이 힘들어 regenerating axon이 두군데의 봉합부위를 통과하기 힘들며 중심부의 괴사가 일어나 나쁜 결과를 보였던 것으로 생각되었다. 그러나 1960년대에 이르러 미세수술현미경과 봉합사의 발달, 진보된 수술수기 등으로 신경이식술은 보다 발전되었고 또한 봉합수기에 있어 다른 여러가지 봉합방법보다는 미세신경봉합법(interfascicular nerve grafting)이 우수한 결과를 얻을 수 있다는 여러 저자들의 보고는^{4, 5, 6, 11)} 신경이식술의 새로운 전기를 이룩하였다. 실제로 신경이식에 따른 예후는 이식신경의 길이, 이식절편수, 손상신경의 종류, 봉합방법 및 시기, 손상기간, 이식제공 신경의 종류, 연령등이 문제가 된다. 이중 첫째로 이식신경의 길이는 신경회복과 밀접한 관계를 갖는다. Nicholson과 Seddon¹²⁾ 등은 이식신경의 길이가 2.5 cm 이하시 운동회복중 M₁이상은 70% (30례중 21례), 2.6 cm~5 cm 시는 M₁이상이 50% (32례중 16

례)로 이식신경길이가 짧을수록 우수한 회복력을 보고하고 있으며 본 연구에서도례수가 다소 적으나 이식신경길이가 5cm이하시 M_3 이상은 78%(18례중 14례), S_3 이상은 84%(26례중 22례)를 보였고, 5cm이상일시는 M_3 이상이 57%(7례중 4례), S_3 이상이 71%(7례중 5례)를 보여 이식신경의 길이가 짧을수록 우수한 회복을 보여 주었다. 연령은 신경 손상 회복에 절대적 영향을 미치는 인자인데 신경 이식술에서도 같은 양상을 보여 젊은 연령일수록 재생력이 크고 중추신경계의 적응도(adaptability)가 커서 신경회복이 우수함을 여러 저자들은^{2,14)} 보고하고 있다. 본 연구에서도 M_3-M_0 의 양호한 회복을 보인 예들은 평균연령이 19.5세로 M_0-M_3 의 불량한 회복을 보인 예들의 평균연령 25.6세보다 젊은 연령층에 속했으며 이는 감각회복에서도 비슷한 소견을 나타냈다. Sunderland¹⁹⁾ 등은 이식제공 신경으로 표재요골신경, 비근신경 후, 외측 대퇴지각신경, 내측상완지각신경, 내·외측 전완지각신경을 자가이식제공신경으로 추천하고 있으며 이들 신경들은 각기 모양, 굵기, 단면적, 분지전의 길이등이 서로 다르다고 보고를 하고 있다. Sunderland는 이

들 중에서 표재요골신경과 비근신경은 주행 및 해부학적 구조가 일정하여 쉽게 노출할 수 있고 신경을 떼어내므로써 생기는 감각기능의 장애가 심하지 않으며 분지가 없는 상당한 길이의 이식제공신경을 얻을 수 있으므로 이 두 신경이 자가이식 신경으로 가장 양호하다고 보고를 하고 있다. 본 연구에서는 비근신경이나 표재요골신경보다 상완 및 전완의 지각신경을 주로 사용하였으며 이로써도 양호한 결과를 얻을 수 있었고, 또한 상지에서의 신경이식수술은 할시는 동일시야에서 쉽게 이식신경을 채취할 수 있으므로 비근신경 및 표재요골신경 뿐만아니라 상완 및 전완의 지각신경도 이식제공신경으로 양호하다고 사료된다. 각 신경별 회복도를 보면 Brown⁶⁾은 그의 연구에서 단단봉합을 하였을시 수지신경이 가장 우수한 회복을 보이고 정중신경, 요골신경, 척골신경순으로 회복이 낮아진다고 보고를 하고 있고 1976년 Milles¹⁰⁾ 등의 연구에서는 신경이식후 요골신경의 회복이 가장 우수함을 보이고 정중신경, 척골신경의 순으로 회복이 낮은 결과를 보이고 있다. 본 연구에서는 운동기능회복은 정중신경, 감각기능회복은 요골 및 총비골신경이 우수한 회복을 보여 주었고 운동기능회복중 불량한 회복을 보인것은 요골신경, 감각기능회복중 불량한 회복을 보인 것은 척골신경순이었다. 수지신경의 회복은 저자들의 초기 1례를 제외하면 전례에서 양호한 결과를 얻어 수지신경의 회복은 신경이식으로 아주 만족스러운 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. Milles¹⁰⁾ 등은 그들의 연구에서 운동기능회복은 80% 이상, 감각기능회복은 90%이상에서 우수한 회복을 얻을 수 있다고 보고하고 있고 본 연구에서도 위의 저자들의 연구에 다소 떨어지나 운동기능회복은 72%, 감각기능회복은 81.8%에서 M_3 혹은 S_3 의 우수한 회복을 보여주었다. 이러한 결과는 아마도 미세수술현미경 및 미세봉합사, 바늘의 개발로 정확한 상막간 적응을 기할 수 있었으며, 긴장의 완화로 봉합부의 중심부괴사와 섬유성변화가 방지되었고 미세신경봉합법으로 인한 신경간의 maximal coaptation을 얻음으로써 우수한 결과를 얻을 수 있었다고 사료된다.

VI. 결 론

본 경희대학교 의과대학 정형외과학교실에서는 총 26명, 33신경에 대해 미세신경봉합술을 이용한 신경이식술을 시행한 후 최단 12개월에서 최장 26개월의 원격추시 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 운동기능회복은 총 25례중 18례에서 M_3-M_1 ,

Fig. 4-A. A five-year-old girl, 5 months after an avulsion injury to the left knee. The common peroneal nerve palsy is seen. There was 5cm gap between the injured nerve ends.

Fig. 4-B. Recovery of foot drop is noted at post op. 26 months.

에 속하였고(72.0%), 감각기능회복은 총 33례 중 27례(81.8%)에서 S₃-S₄의 양호한 회복을 보여 주었다.

2. 이식신경의 길이¹⁾가 짧을수록, 연령이 적을수록 양호한 결과를 보였다.

3. 상지에서의 신경결손시 이식제공신경으로 내측 및 외측전완신경이 양호하다고 사료된다.

4. 신경결손시 단단봉합이 불가능하거나 단단봉합을 하더라도 신경단에 긴장이 있을시는 fascicle의 정확한 coaptation을 얻을 수 있는 미세신경봉합법이 말초신경 결손치료의 우수한 방법으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) 유명철 · 김현수 · 방영남 : 미세수술법을 이용한 외상성 결손에 대한 신경이식술, 대한정형외과 학회지, 제 13권, 제 3호, p 513-516, 1978.
- 2) Almqvist, E.: *Sensory-Nerve-Conduction velocity and Two point discrimination in sutured nerves*. JBJS, 52A, 791-796, 1970.
- 3) Berger, A. and Millesi, H.: *Nerve Grafting*. Clin. Ortho., 133: 49-55, 1978.
- 4) Bora, F.W., Jr: *A comparison of epineural, perineurial and epiperineurial methods of nerve suture*, Clin. Ortho., 133: 91-94, 1978.
- 5) Bora, F.W., Jr., Pleasure, D.E. and Didizian, N.A.: *A study of nerve regeneration and neuroma formation after nerve suture by various technique*. J. Hand Surg., 1:138-141, 1976.
- 6) Brown, P.W.: *The time factor in surgery of upper extremity peripheral nerve injury*. Clin. Ortho. E. rel Res., 68: 14, 1970.
- 7) Eisen, A.A.: *Electromyography and nerve conduction as a diagnostic aid*. Ortho. Clin. North Am., 4: 885-895, 1973.
- 8) James, R. Urbaniak: *Fascicular nerve suture*, Clin. Ortho., 163: 57-64, 1982.
- 9) Millesi, H., et al.: *The interfascicular nerve grafting of median and ulnar nerves*. JBJS, 727-750, 1972.
- 10) Millesi, H., Meissl, G. and Berger, A.: *Further experience with interfascicular grafting of the median, ulnar, radial nerves*. JBJS, 58A: 209-218, 1976.
- 11) Moheeb, S. Moneim: *Interfascicular nerve grafting*, Clin. Ortho., 163: 65-74, 1982.
- 12) Nicholson, O.R. and Seddon, H.J.: *Nerve repair in civil practice. Results of treatment of median and ulnar nerve lesions*. British med. J, 2: 1065-1071, 1957.
- 13) Omer, G.E. and Spinner, M.: *Peripheral nerve testing and suture techniques*, In American Academy of Orthopaedic surgeons. Instructional Course Lectures, Vol. 24, 122-143, 1975.
- 14) Sakellarides, H.: *A follow up study of 172 peripheral nerve injury in the upper extremity in civilians*. JBJS, 44A: 140, 1962.
- 15) Seddon, H.J.: *The use of autogenous grafts for the repair of large gaps in peripheral nerves*, Br. J. Surg, 35, 151, 1947.
- 16) Seddon, H.J.: *Nerve grafting*. JBJS, 45B, 447, 1963.
- 17) Spurling, R.G., Lyons, W.R., Whitcomb, B.B. and Woodhall, B.: *The failure of whole fresh homogenous nerve grafts in man*. J. Neurosurgery, 2, 79, 1945.
- 18) Sydney Sunderland: *Nerve grafting, Chapter 50 in nerve and nerve injuries*. p. 609-623, 1978.
- 19) Tarlov, I.M. and Epstein, J.A.: *Nerve grafts. The importance of an adequate blood supply*. J. Neurosurg., 2: 49-71, 1945.
- 20) Walton, R. and Finseth, F.: *Nerve grafts in the repair of complicated peripheral nerve trauma*, J. Trauma 17: 10: 793, 1977.
- 21) Woodhall, B. and Beebe, G.W.: *The injury and its management. Chapter 2 in "peripheral nerve regeneration" -A Follow-up Study of 3,656 World War II Injuries*. 1956.