

신경이식에 대한 임상적 고찰

한양대학교 의과대학 정형외과학교실

김광희 · 이광석 · 정현기 · 김영준

= Abstract =

A Clinical Study of Nerve Graft

Kwang Hoe Kim, M.D., Kwang Suk Lee, M.D., Hyun Kee Chung, M.D. and Young Joon Kim, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, College of Medicine,
Hanyang University, Seoul, Korea

Despite early knowledge that autogenous nerve grafting can be a useful method to overcome large gaps in peripheral nerves, the procedure was generally resorted to only after all other means to obtain end-to-end suturing had failed.

Advances in microsurgery techniques prompted Millesi to introduce the concept of interfascicular nerve grafting whereby groups of fascicles, and not whole nerve, are connected together.

The 17 cases of nerve graft were operated for 3 years from November, 1982 to September, 1985 in the Department of Orthopaedic Surgery of Hanyang University Hospital have followed for clinical up study.

The results were as follows:

1. Nerve graft was useful method to repair nerves with gaps.
2. The sural nerve is the first choice as a donor nerve.
3. Severity of soft tissue injuries was important factor influencing results.
4. Postoperative results of cases caused by electrical burns were worse than others.

Key Words: Nerve graft

서 론

사지에 신경손상을 받을 경우 사지의 조직이 정 상일지라도 각각의 말초신경 지배영역에 감각 및 운동능력의 소실로 말미암아 무용의 사지가 된다.

이에대해 말초신경 봉합술의 수술기법이 발달되어 왔으며 근래에 들어서는 미세수술 기법의 도입으로 신경초봉합, 신경주막봉합, 신경초주막봉합 등의 수술방법으로 정확한 신경봉합이 가능하게 되었다.

그러나 신경결손을 동반한 신경손상일 경우 단단 봉합을 시행하여 신경봉합 부위에 과도한 장력이 생긴다든지 또는 단단봉합이 불가능하여 신경결손을 메울 수 있는 경우가 없게 된다. 이러한 경우 신경결손을 접근시키는 방법으로는 신경유동술, 신경전이술, 관절굴곡, 절골술에 의한 끌길이의 단축

등의 방법으로 단단봉합을 하고 있으나 신경봉합부위에 과도한 장력이 있을 경우는 봉합부위에 섬유화를 초래하므로 신경재생에 장애가 있다고 하며 또한 신경결손 부위가 심하여 상기와 같은 방법으로 결손신경단의 접근이 불가능할 경우에는 신경이식술을 이용하여 결손신경을 메울 수 있는 방법이 있다.

임상적으로 신경이식술의 효시는 1870년 Philipeaux와 Vulpian¹⁷⁾이 설신경을 이용하여 설하신경결손을 이식하였으며 그후 Bunnell과 Boyes¹⁷⁾, Millesi¹⁰⁻¹³⁾, Sunderland²⁰⁾, Seddon¹⁶⁾ 등에 의하여 보고되어 왔다.

저자들은 1982년 11월부터 1985년 9월까지 만 3년간 한양대학교 의과대학 정형외과학교실에서 신경초봉합을 이용한 신경이식술을 받은 환자 15명, 17례에 대하여 원적추시후 치료결과에 대하여 문헌고찰과 함께 보고하는 바이며 향후 신경주막봉

Table 1. Cases Materials

Pt. No.	Age	Sex	Site of lesion(side)	Cause	Severity	Time since injury	Preop. Tx.
1.	43	F	U, elbow(Lt)	*Resection	I	3 mon.	primary suture
2.	39	M	M, forearm(Rt)	Glass	I	1 mon.	primary suture
3.	19	M	U, forearm(Rt)	Electrical burn	III	4 mon.	debridment
4.	47	F	R, upper arm(Rt)	*Removal	I	1 mon.	
5., a.	35	M	U, wrist(Lt)	Electrical burn	III	8 mon.	debridment
b.			M, wrist(Lt)	Electrical burn	III	8 mon.	debridment
6.	33	M	M, wrist(Rt)	Electrical burn	III	20 mon.	pedicle graft
7.	29	M	P, leg(Rt)	Penetrating injury	IIa	9 mon.	skin graft
8.	18	M	U, upper arm(Rt)	Roller injury	III	4 mon.	debridment
9.	42	M	T, ankle(Lt)	Cut	I	15 mon.	primary suture
10.	20	M	P, knee(Lt)	Traffic accident	II	11 mon.	primary suture
11.	68	M	M, upper arm(Lt)	Resection	I	2 mon.	
12.	36	M	M, upper arm(Rt)	Resection	I	0 mon.	
13.	23	M	M, wrist(Lt)	Electrical burn	III	9 mon.	skin graft
14., a.	20	M	U, upper arm(Lt)	Glass	I	2 mon.	primary suture
b.			M, upper arm(Lt)	Glass	I	2 mon.	primary suture
15.	21	M	P, leg(Rt)	Malignant tumor	I	2 mon.	

Length of defect	No. of strand	Donor N.	Time of follow up	Motor	Sensory	Remarks
10cm	4	sural N.	12 mon.	M ₂	S ₂₊	
2cm	1	LAB	12 mon.	M ₅	S ₄	
9cm	2	sural N.	8 mon.	M ₀	S ₀	osteocutaneous free flap
4cm	6	sural N.	12 mon.	M ₄	S ₄	
8cm	2	sural N.	32 mon.	M ₂	S ₃	tendocutaneous free flap
7cm	2	sural N.	32 mon.	M ₂	S ₃	
9cm	3	sural N.	8 mon.	M ₂	S ₂	free tendon graft
15cm	1	sural N.	12 mon.	M ₀	S ₁	
10cm	3	sural N.	12 mon.	M ₁₊	S ₂	
7cm	4	sural N.	19 mon.	M ₂	S ₂₊	
13cm	3	sural N.	9 mon.	M ₀	S ₁	
5cm	5	sural N.	17 mon.	M ₄	S ₃₊	
3cm	1	SRN	6 mon.	M ₅	S ₄	
7cm	4	sural N.	10 mon.	M ₀	S ₀	
6.5cm	3	sural N.	5 mon.	M ₀	S ₁	
4.5cm	3	sural N.	5 mon.	M ₀	S ₁	
10cm	4	sural N.				expired

LAB: lateral antebrachial cutaneous N. SRN: superficial radial N.

: severity of the initial lesion *: resection of neurilemoma *: removal of internal device

합을 이용한 신경이식술을 받은 환자와 비교 관찰하고저 한다.

연구대상 및 방법

1) 연구대상

1982년 11월부터 1985년 9월까지 만 3년간 한양대학교 의과대학 정형외과학교실에서 신경초봉합을 이용한 신경이식술을 시행한 환자 15명, 17례를 대상으로 하였으며 술후 추시관찰기간 동안 안성신경초종으로 사망한 1례는 연구대상에서 제외시켰다(Table 1).

2) 연구방법

연구대상에 대하여 연령분포, 원인, 술후 감각 및 운동기능등에 대하여 분석하였다.

술후 감각 및 운동기능의 평가방법은 Seddon¹⁴⁾, Millesi^{12, 13)} 등이 사용한 The British Medical Re-

Table 2. Sensory function for peripheral nerves

S ₄	Complete recovery
S ₃₊	Some recovery of two-point discrimination within the autonomous area
S ₃	Return of superficial cutaneous pain and tactile sensibility throughout the autonomous area with disappearance of any previous overreaction
S ₂₊	Tactile sensibility and pain sensation sensation throughout the autonomous zone with persistent overreaction
S ₂	Return of some degree of superficial cutaneous pain and tactile sensibility with the autonomous area of the nerve
S ₁	Recovery of deep cutaneous pain sensibility within the autonomous area of the nerve
S ₀	Absence of sensibility in the autonomous area

search Council의 평가방법에 의하여 술후 성적을 분석하였다(Table 2, 3).

또한 손상원인에 의한 손상신경주위의 연부조직 손상의 정도는 개방성 골절에 대한 Gustilo⁶⁾의 분

Table 3. Motor function for peripheral nerves

M ₅	Complete recovery
M ₄	All synergic and independent movements are possible
M ₃	All important muscles act against resistance
M ₂	Return of perceptible contraction in both proximal and distal muscles
M ₁	Return of perceptible contraction in proximal muscles
M ₀	No contraction

Table 4. Severity of the initial lesion

I	Sharp, clean wound; no crush injury
I _a	As in I but with associated fracture
II	Some soft tissue damage; mild crush injury; no avulsed flaps of tissue
II _a	As in II but with associated fracture
III	Significant crush injury with extensive soft tissue damage
III _a	As in III but with associated fracture

Fig. 1. Nerve grafting-Graft Insertion. **A:** The donor graft overlies the recipient nerve defect. **B:** A single perineurial suture is placed at the distal suture line. **C:** Suture placement is completed at the proximal anastomosis **D:** Nerve grafting is completed.

Table 5. Final Results of Nerve Grafting

Nerve	Average Sensation(Range)	Average Motor(Range)
Median N.	$S_2 (S_0-S_4)$	$M_{2+}(M_0-M_5)$
Unar N.	$S_2 (S_0-S_3)$	$M_1 (M_0-M_2)$
Radial N.	S_4 (1 patient)	M_4 (1 patient)
Peroneal N.	$S_1 (S_1, S_1)$	$M_0 (M_0, M_0)$
Post. tibial N.	S_{2+} (1 patient)	M_2 (1 patient)

류를 수정한 Beazley¹⁾의 분류방법에 의하였다(Table 4).

3) 신경이식술의 적응기준

신경이식술의 적응기준은 각 부위의 절개방법에 의하여 손상된 신경을 노출시킨후 수술현미경 하에서 정상적인 신경조직이 보일때까지 신경종 및 기타 피사신경 조직을 제거한 후 신경의 근위 및 원위 절단단을 서로 접근시켜 보아 접근이 되지 않거나 접근이 되어 단단봉합을 시행하여도 봉합부위에 과도한 장력이 작용될 것으로 예상될 때 수술자의 판단에 의하여 신경이식술의 시행여부를 결정하였다.

4) 수술방법

수술은 전예에서 동일한 수술자에 의해 집도하였으며 적당한 방법으로 각각의 손상신경을 노출시킨 후 수술현미경하에서 정상조직이 보일때까지 반흔 조직 및 신경종등을 제거한 후 제공신경을 채취하였다. 그후 같은 형태의 근위신경단과 원위신경단의 신경속(fasciculi)과의 간격을 제공신경을 이용하여 수술현미경하에서 9-0봉합사를 이용한 신경조봉합을 실시하였다(Fig. 1).

증례분석

1. 연령 및 성별에 있어서는 남자 13명(15예) 여자 2명(2예)이었으며 연령분포는 18세에서 68세 사이로 평균 32.9세이었다.

2. 손상신경은 정중신경 7례, 척골신경 5례, 요골신경 1례, 총비골신경 3례, 후경골신경 1례이었다.

3. 신경손상의 원인으로는 전기화상이 5례로 가장 많았고 유리편 손상이 3례, 중앙절제술이 4례이었다.

4. 신경손상후 신경이식술을 시행하기까지의 기간은 중앙 절제술후 곧 시행한 경우부터 최장 20개월까지로 평균 5.8개월이었다.

5. 신경결손 부위의 길이는 최단 2cm에서 최장 15cm로 평균 7.6cm이었다.

6. 제공신경으로는 비복신경이 15례로 가장 많이 사용하였고 표재요골신경 1례, 외측전완피부신경 1례이었다.

7. 신경이식술을 시행하기전 수여부의 조직상태는 Beazley¹⁾의 분류에 의해 분류한바 I 군이 9례로 가장 많았고 II 군이 2례, III 군이 6례이었다.

8. 치료결과

원격추시 기간은 최단 5개월에서 최장 32개월이었으며 수술후 성적의 평가는 The British Medical Research Council의 말초신경손상의 회복을 평가하는 방법에 의하였으며, 정중신경의 경우 7례에서 감각기능은 S_0 에서 S_4 의 범위이었으며 평균 S_2 이었고 운동기능은 M_0 에서 M_5 의 범위이었으며 평균 M_{2+} 이었다. 척골신경의 경우는 5례에서 감각기능은 S_0 에서 S_3 의 범위이었으며 평균 S_2 이었고 운동기능은 M_0 에서 M_2 의 범위이었으며 평균 M_1 이었다. 비골신경은 추후관찰기간동안 사망한 1례를 제외한 2례에서 감각기능은 모두 S_1 이었고 운동기능은 모두 M_0 이었다. 요골신경은 1례에서 감각기능은 S_4 , 운동기능은 M_1 이었다. 후경골신경은 1례에서 감각기능은 S_{2+} , 운동기능은 M_2 이었다(Table 5). 또한 신경이식후 12개월경에 운동및 감각기능을 관찰한 결과 신경결손의 길이가 5cm미만인 경우는 운동기능이 평균 M_{2+} 이었으며 감각기능이 평균 S_4 로 신경결손의 길이가 5cm이상인 경우보다 술후성적이 좋은 것을 볼 수 있었다.

9. 기 타

3명의 환자에서 신경이식술과 함께 각각 생골및 생피부편 이식술 1례, 생진 및 생피부편 이식술 1례, 전이식술 1례를 함께 시행하였다.

고 찰

신경이식술은 신경결손부위를 장력없이 연결할 수 있는 장점이 있어서 그 효용성에 대해 많은 보고들이 있지만 아직 그 적용범위에 대하여는 논란

의 여지가 있다^{3, 11-13, 16, 20, 22}.

그러나 신경결손이 있을 때 신경유동술 신경전이식술, 관절굴곡이나 골단출술등의 방법으로 단단봉합이 불가능하거나 단단봉합이 가능하더라도 봉합 부위에 과도한 장력이 작용하게 될 때 신경이식술은 좋은 방법으로 사용되고 있다.

Brooks⁹⁾는 신경을 유동시킨 후 사지의 관절을 90°까지 굴곡하여도 결손부위를 메울 수 없는 경우에 신경이식술을 시행하는 것이 좋다고 하였으며 Millesi¹²⁾ 등은 신경결손 부위가 2cm이하이며 관절을 신전시킨 상태에서 장력없이 단단봉합이 가능한 경우, 주관절 부위의 척골신경 손상으로 신경전이술이 가능한 경우, 골절의 불유합이 동반된 신경손상으로 골단출술로 단단봉합이 가능한 경우를 제외한 전예에서 신경이식술을 실시하여 좋은 결과를 얻었다고 보고하였다. 저자들의 경우에서도 신경이식술의 적용준은 Brooks⁹⁾와 Milles^{11, 13)} 등의 신경이식술의 적용기준을 참고로 수술시 집도의의 판단에 의하여 결정하였다.

Berger와 Millesi²⁾, Millesi^{12, 13)} 등은 수술방법으로 신경주막봉합을 이용한 신경이식술이 보편적으로 사용되고 있다고 보고하였으나 저자들의 경우에는 수술현미경하에서 신경초봉합을 이용한 신경이식술을 시행하였다.

신경봉합술의 방법중 신경초봉합의 장점은 신경섬유내의 손상을 적게 주기 때문에 수술후 신경내에 반흔조직이 적게 생기는 장점이 있으나 신경속을 정확하게 배열하기 힘든 단점이 있으며 반대로 신경주막봉합의 장점은 신경속의 배열을 정확히 맞출 수 있는 장점이 있는 반면 신경내에 봉합사가 들어있게 되어 반흔조직이 생길 우려가 크다는 단점이 있다고 하였다⁸⁾. 저자들의 경우 전예에서 신경초봉합을 이용하여 신경이식술을 시행하였으며 향후 신경주막봉합을 이용한 신경이식술을 시행한 경우와 비교 관찰할 예정이다.

신경이식술의 제공신경으로는 동종신경이식과 자가신경이식이 있으며 동종신경 이식의 경우 자가신경을 채취할 경우 수술 기능적 소실을 우려하여 여러저자들에 의해 실험적및 임상적적용을 하였으나 그 결과가 좋지 못하다고 하였으며 단지 자가신경이식이 불가능할 경우 고려해야 된다고 하였다⁸⁾. 저자들의 경우 전예에서 자가신경이식을 시행하였으며 신경을 채취후 이로인한 수술 기능적 소실은 볼 수 없었다.

제공신경은 비복신경이 이상적이라고 하였으며 단일신경으로 약 30~40cm 정도의 긴 제공신경을 얻을 수 있으며 비복신경을 제거후 기능적 소실이

없는 장점이 있다고 하였다^{4, 7, 12, 18)}. 저자들의 경우 17례중 15례에서 비복신경을 이용한 신경이식술을 시행하였으며, 표재요골신경을 이용한 1례와 외측전완피부신경을 이용한 1례의 경우는 술전 단단봉합이 가능할 것으로 예측하였으나 수술시 단단신경봉합 부위에 과도한 장력이 작용하므로 동일 수술시야에서 쉽게 얻을 수 있는 신경으로 신경이식술을 시행하였다.

Hunt⁸⁾는 혈관부착 신경이식술을 실험적으로 실시하였으며 Taylor²¹⁾는 이식신경의 혈액공급은 술후 이식신경의 생존여부에 중요한 역할을 한다고 하였으며 이식신경의 길이가 길어질 경우에는 이식신경이 괴사될 위험이 크다고 하였으며 특히 수여부의 조직상태가 불량할 때는 그 위험정도가 더 증가한다고 하였다. 이런 경우 혈관부착 신경이식술의 시도로 좋은 결과를 얻었다고 하였다. 그러나 Seddon¹⁶⁾은 15cm의 긴 신경이식술을 성공적으로 시행하였으며 Sunderland²⁰⁾은 여러 방법에 의해 신경결손 부위를 줄인후 신경이식술을 시행하는 것이 좋다고 하였으며 Nicholson과 Seddon¹⁸⁾은 이식신경의 길이가 짧을수록 술후성적이 좋다고 하였으나 Millesi¹⁰⁾는 신경결손부위가 클수록 술후 성적에 영향을 미치지만 관절의 신전및 굴곡에 따른 신경결손부위의 길이의 차로 인한 이식신경의 길이는 술후성적과 무관하다고 하였다. 본예에서는 최단2cm에서 최장 15cm까지의 신경이식술을 시행하였으며 신경결손부위에 길이가 5cm미만인 경우가 그 이상인 경우보다 술후성적이 좋은 것을 볼 수 있었다. 저자들의 경우 아직 혈관부착 신경이식술의 경험은 없었다.

술후 신경재생에 영향을 주는 인자로는 Millesi¹¹⁻¹³⁾ 등은 봉합부위의 과도한 장력이 신경재생에 가장 좋지 않은 영향을 준다고 보고하였고 Beazley¹⁾ 등은 심한 연부조직 손상도 다른 인자들과 같이 술후성적에 영향을 미친다고 보고하였다. 저자들의 경우 전기화상을 받은 신경손상의 경우에서 정중신경 3례, 척골신경 2례등 5례에서 신경이식술을 시행하였으며 Divicenti⁶⁾등과 Solem¹⁹⁾ 등은 전기화상의 경우 정중신경과 척골신경이 손상의 빈도가 가장 많다고 보고하였다. 본예에서 전기화상후 신경이식술을 받은 증례가 다른 원인에 의한 증례보다 술후 성적이 불량한 것을 볼 수 있었다.

술후 신경기능 회복의 정도는 Brooks⁹⁾는 50%이상에서 유용한 회복을 얻었다고 하였고 Millesi¹¹⁻¹³⁾는 신경주막봉합을 이용한 신경이식술로 더 좋은 결과를 얻었다고 보고하였다. 저자들의 경우 총 17례로 술후성적을 다른 저자들의 보고와^{1, 2, 11-14, 21)}

직접적인 비교는 통계적으로 어렵지만 대체로 큰 차이는 없었다. 그러므로 술후 치료성적은 신경봉합이 강력없이 잘 봉합되었을 경우에는 신경손상후 회복에 영향을 주는 여러인자, 즉 환자의 연령, 수상후 수술까지의 기간, 수여부의 조직상태, 신경결손의 길이등이 술후 치료성적과 관계가 있는 것으로 생각된다.

결 론

본 한양대학교 의과대학 정형외과학 교실에서 1982년 11월부터 1985년 9월까지 만 3년간 신경이식술을 시행한 환자 15명, 17례에 대하여 원격추시후 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 신경이식술은 다른 방법으로는 신경결손을 메울 수 없거나 봉합부위에 과도한 장력이 작용할 것으로 예상될 때 시행할 수 있는 좋은 방법이다.
2. 이식신경은 비복신경이 이상적이다.
3. 연부조직 손상정도가 술후 성적에 영향을 미침을 알 수 있었다.
4. 전기화상 환자의 경우는 그 예후가 다른 원인에 의한 경우보다 불량하였다.

REFERENCES

- 1) Beazley, W.C., Milek, M.A. and Reiss, B.H.: *Results of Nerve Grafting in Severe Soft Tissue Injuries. Clin. Orthop.*, 188: 208-212, 1984.
- 2) Berger, A. and Millesi, H.: *Nerve Grafting. Clin. Orthop.*, 133: 49-55, 1978.
- 3) Brooks, D.: *The place of nerve-grafting in orthopaedic surgery. J. Bone and Joint Surg.*, 37-A: 299, 1955.
- 4) Brunelli, G., Monni, L. and Brunelli, F.: *Problems in Nerve Lesions Surgery. Int. J. Microsurg.*, 6: 187-198, 1985.
- 5) Daniel, R.K. and Terzis, J.K.: *Reconstructive microsurgery. pp. 387-426, Boston, Little, Brown and Co., 1977.*
- 6) Divicenti, F.C., Moncrief, J.A. and Pruitt, B. A.: *Electrical injuries: A review of 65 cases. J. Trauma*, 9: 497, 1969.
- 7) Fisher, T.R. and Cox, P.: *The sural nerve as autogenous nerve graft. J. Bone and Joint Surg.*, 56-B: 571, 1974.
- 8) Gustilo, R.B.: *Management of Open Fractures and Their Complications. pp. 19, Philadelphia, W.B. Saunders Co., 1982.*
- 9) Hunt, D.M.: *A model for the study of free vascularised nerve grafts. J. Bone and Joint Surg.*, 56-B: 571, 1974.
- 10) Millesi, H.: *Fascicular Nerve Repair and Interfascicular Nerve Grafting: Reconstructive microsurgery. pp. 434, Boston, Little, Brown and Co., 1977.*
- 11) Millesi, H.: *Nerve Grafts: Indications, Techniques, and Prognosis. In Omer, G.E., and Spinner, M.: Management of Peripheral Nerve Problems, pp. 410-430, Philadelphia, W. B. Saunders Co., 1980.*
- 12) Millesi, H., Meissl, G. and Berger, A.: *The Interfascicular Nerve-Grafting of the Median and Ulnar Nerves. J. Bone and Joint Surg.*, 54-A: 727-750, 1972.
- 13) Millesi, H., Meissl, G. and Berger, A.: *Further Experience with Interfascicular Grafting of the Median, Ulnar, and Radial Nerves. 58-A: 209, 1976.*
- 14) Moneim, M.S.: *Interfascicular Nerve Grafting. Clin. Orthop.*, 163: 65-74, 1982.
- 15) 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.
- 16) Seddon, H.J.: *Nerve Grafting. J. Bone and Joint Surg.*, 45-B: 447, 1963.
- 17) Snyder, C.C.: *The History of Nerve Repair. In Omer, G.E. and Spinner, M.: Management of Peripheral Nerve Problems, pp. 353-365, Philadelphia, W.B. Saunders Co., 1980.*
- 18) Solem, L., Fischer, and Strate, R.G.: *The natural history of electrical injury. J. Trauma*, 17: 487, 1977.
- 19) Staniforth, P., Tallis, R. and Fisher, T.R.: *Neurophysiological studies of autogenous sural nerve grafts. 59-B: 252, 1977.*
- 20) Sunderland, S.: *Nerves and nerve Injuries. Edinburgh, Livingston, 1968.*
- 21) Taylor, G.I.: *Nerve Grafting with Simultaneous Microvascular Reconstruction. Clin. Orthop.*, 133: 56-70, 1978.
- 22) Terzis, J.K. and Strauch, B.: *Microsurgery of the Peripheral Nerve. Clin. Orthop.*, 133: 39-48, 1978.