

## 가토의 좌골신경박리후 지배근육의 조직학적 변화

경희대학교 의과대학 정형외과학교실

유명철 · 안진환 · 전용석

= Abstract =

### Histological Changes of Innervated Muscles after Neurolysis — An Experimental Study on Rabbit Sciatic Nerve —

Myung Chul Yoo, M.D., Jin Hwan Ahn, M.D. and Yong Suk Jeon, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Kyung Hee University

The normal vascularization of peripheral nerves and the vascular factor in peripheral nerve lesions have regained increasing interest among surgeons. So, several attempts have been made to assess the relative importance of the vasa nervorum and intrinsic longitudinal vascular plexuses of nerve in maintaining the blood supply of a segment of nerve trunk.

The purpose of our experiment was to determine in laboratory animals the maximum extent to which a nerve can be mobilized without impairing its vascular supply so much that nerve function is jeopardized.

All our studies were carried out on both sides of the sciatic-tibial nerve of thirty-two rabbits which were anesthetized intraperitoneally with urethane. The experimental procedure differed in three groups, Group I in which the sciatic nerve was mobilized 3 cm in length, Group II was mobilized 7 cm length and Group III was mobilized 10cm long.

The tibialis post. muscles of each group were analyzed at intervals of 1,2,4,6 and 8 weeks after neurolysis.

Each muscles were examined grossly and histologically after hematoxylin and eosin staining.

Experimental studies showed that a peripheral nerve is a well vascularized structure with a considerable reserve capacity in its microcirculation. The intrinsic collateral system is well developed, and experimental data supported the view that peripheral nerves may be mobilized over a considerable length with or the only minium interference with their microvascular flow.

The results were as follows:

1. The first evidence of histologic change in the muscle fibers was in the sarcolemmal nuclei.
2. Localized atrophy of muscle fibers were observed at the six weeks after neurolysis.
3. With increasing length of neurolysis, abnormal finding were developed in early stage.
4. Massive atrophy of muscle fibers were noted in the muscle fibers which neurolysed more 7cm

**Key Words:** Neurolysis, Sciatic nerve.

### I. 서 론

절단된 신경의 봉합 또는 신경재건술후 병발하는 신경유착 및 만성적인 자극에 의해 말초신경이 주위 조직과 유착된 경우에 시행하는 신경박리술은 중

은 결과를 얻는 경우가 많다. 그러나 신경박리로 인한 말초신경의 혈관공급의 손상은 말초신경 전달기능에 영향을 미칠 수 있다.

말초신경은 내계(intrinsic)와 외계(extrinsic system)의 잘 발달된 혈관구조를 가지고 있어 경한 신경박리시에는 미세혈류에 큰 장애를 초래하지 않

나, 심한 신경박리시에는 신경의 미세혈류 장애를 초래하여 신경의 영양공급을 차단하여 전달기능의 장애 및 지배근육에 영향을 미치게 된다.

신경박리술에는 신경초(epineurium)에 부착된 반흔을 제거하는 신경외박리술(external neurolysis)과 신경주막층(perineurial layer)을 절개 하여 신경속(fascicle)을 분리하는 신경내박리술(internal neurolysis)로 나눌수 있다<sup>6,9,13,17,20,29)</sup>. 그러나 이러한 신경박리술후 미세혈류의 손상과 새로운 반흔형성 및 신경총의 손상등 재반문제가 생기게 된다. 이에 대해 1905년 Okada 이래 Lundborg 등이 실험적으로 vasa nervorum과 신경의 intrinsic longitudinal vascular plexus의 중요성에 대해 많은 연구를 해왔다<sup>5,18,19)</sup>.

신경기능의 장애를 초래하지않고 신경박리를 할수있는 최대의 신경박리길이를 알기위해 저자는 한국산 가토에서 직경 2cm내외의 좌골신경을 이용하여 신경외박리후 박리신경의 길이와 시간경과에 따른 지배근육의 육안적 및 조직학적변화를 관찰하였다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

체중 2 Kg내외의 건강한 한국산 가토 32마리의 양측 좌골신경 64례를 재료로 하여 미세수술현미경과 본 교실에서 제작한 동물실험용 수술대와 미세수술기재 등을 사용하여 실험하였다.

### 2. 실험방법

신경박리 길이를 3 cm, 7 cm 및 10cm로 하여 3군으로 분류하였으며, 각 군마다 수술후 1주, 2주, 4주, 6주 및 8주에 각각 2마리 4례씩을 택하여 좌골신경의 지배를 받는 후경골근의 육안적소견 및 조직학적변화를 정상군과 비교관찰하였다(Table 1).

### 3. 수술방법

20% urethane을 체중 1 Kg당 5cc씩 복강내 주입하여 전신마취 후 본 교실에서 제작한 실험용 수술대 위에 사지를 고정하였다. 서혜부, 회음부, 대퇴부 및 하퇴부 일부의 털을 충분한 넓이로 제거한 후, potadine과 70%alcohol로 소독하고 회음부 내 하방 2 cm부터 슬관절 배부까지 비스듬히 피부절개를 하였다. 대퇴이두근, 대내전근 및 반막양근 사이의 좌골신경을 노출시켰고, 제 3군에서는 하퇴부 내측으로 3 cm를 연결하여 경골신경까지를 노출시켰다(Fig.1).

약 3.0배의 확대 수술현미경을 이용하여 좌골신

Table 1. Methods of experiment

Group	Length of neurolysis(cm)	Ratio of diameter to length	Time of observation(wk)
I	3	1 : 15	1
			2
			4
			6
			8
II	7	1 : 35	1
			2
			4
			6
			8
III	10	1 : 50	1
			2
			4
			6
			8

Fig. 1-A. The sciatic N. was exposed through a standard medial approach. The nerve was mobilized by division of the fascia binding it to the underlying adductor magnus and biceps femoris muscles.

경에 분포되는 혈관 즉 상부에서는 하둔동맥의 분지 중간에서는 심대퇴동맥의 관통분지, 하부에서는 소복재동맥으로 부터 분지되는것을 확인한후(Fig.1-B) 좌골신경을 주위조직으로 부터 미세 박리 하였다(Fig.1-A).

먼저 각 좌골신경의 외경을 측정하니 평균 2 cm 이었다. 실험은 가토의 양측사지를 사용하였으며, 실험후 항생제 투여는 하지 않았다. 수술상처는 층

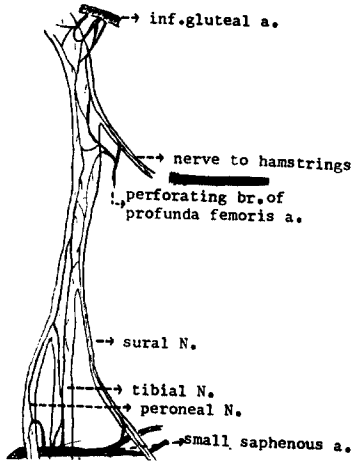


Fig. 1-B. The arterial blood supply to the rabbit sciatic nerve trunk in the thigh.

별로 봉합하고 수술부위는 아무런 고정을 하지 않은 상태에서 치유시켰다. 제 1 군과 2 군은 혈관손상 없이 실험가능하였으며, 제 3군에서는 경골신경박리시 슬와동맥이 손상되지않게 주의하였다.

각 실험군별로 실험과정은 다음과 같다(Fig.2).

제 1 군 : (1 : 15)

심대퇴동맥의 관통분지가 신경으로 들어오는 직하방에서 좌골신경이 총비골신경, 경골신경 및 비복신경의 3 부분으로 분지되기 전 까지의 3cm 즉 외부로 부터 들어오는 혈관의 손상없이 주위조직으로부터 미세박리하였다(Fig.2-A).

제 2 군 : (1 : 35)

하둔동맥의 분지가 들어오는 하방에서부터 소복재동맥이 들어오는 상부까지 7cm를 미세박리하였으며, 심대퇴동맥의 관통분지를 차단시켰다(Fig.2-B).

제 3 군 : (1 : 50)

하둔동맥의 분지가 들어오는 직하방에서부터 슬관절이하까지 10cm를 미세박리하였으며, 심대퇴동맥과 소복재동맥으로 부터 들어오는 혈관을 차단하였다(Fig.2-C).

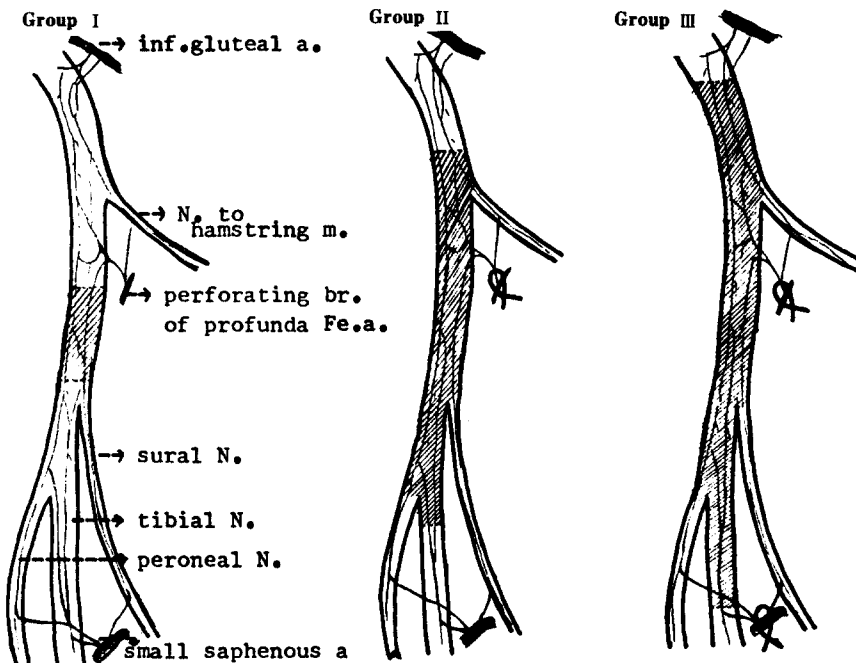


Fig. 2. Schematic drawing of neurolysis

**Group I.:** The sciatic nerve was mobilized 3cm long and its regional nutrient vessels were preserved.

**Group II.:** The perforating br. of profunda femoris a. to the sciatic N. was ligated and mobilized 7 cm long.

**Group III.:** The perforating br. of profunda femoris a. and br. of small saphenous a. to the sciatic N. were ligated, and mobilized 10cm long.

**Fig. 3.** The gross appearance of the tibialis post. muscle 8 weeks after neurolysis in each group compared with the normal muscle. The longer the length of neurolysis, the more pale the muscle color seemed to look.

#### 5. 조직표본제작

채취한 조직을 10% 중성 formaline에 24시간 고정하여 먼저 70%부터 99.9% alcohol로 탈수 하고 xylene으로 청명시킨후 paraffin에 포매하여 횡 및 종박절로 4 ~ 6  $\mu$  두께의 연속절편 조직을 제작하였다.

염색은 Hematoxylin-Eosin 중복염색으로 검경하였다.

### III. 실험결과

#### 1. 육안적소견 및 근육감자기의 반응

제 1 군은 외견상 변화가 거의 없었으며 근육감자기를 이용한 근육수축력과 긴장도도 양호하였다. 제 2 군의 8 주와 제 3 군의 6, 8 주의 조직에서는 현저한 근육위축, 약간의 근탈색 및 윤기소실의 소견을 보였으며, 근육감자기에 대해 근육수축력과 긴장도도 떨어져있었다(Fig.3,4).

#### 2. 병리조직학적 소견

본 실험에서는 근원섬유의 변성(degeneration of myofibril), 근섬유초핵의 반응변화 및 염증세포의 침윤정도를 각 군 및 기간에 따라 변화를 관찰하였는데 각 군별의 비교는 다음 도표와 같다(Table 2,3,4).

**Fig. 4.** The gross finding of muscle 1 week (above) and 8 weeks after neurolysis in Group III. The loss of gloss was exhibited and the color become more pale in 8 weeks.

#### 4. 표본채취

신경박리후 1, 2, 4, 6 및 8 주 후에 20%Urethane을 사용한 전신마취하에 표본을 채취하였다. 우선 근육감자기를 사용하여 후경골근의 수축력 및 긴장도를 관찰하였고 육안적으로 근육위축 정도 및 색깔을 관찰한 후 후경골근의 중앙부에서 3cm를 채취하였다.

**Table 2.** Histologic changes of muscles in Group I

Week	Degeneration of myofibril	Reactive changes of sarcolemmar nuclei	Inflammation	Atrophy of muscle fiber
1	+	-	-	-
2	+	-	-	-
4	-	+	-	-
6	-	+ or -	-	-
8	-	+ or -	-	-

**Table 3.** Histologic changes of muscles in Group II

Week	Degeneration of myofibril	Reactive changes of sarcolemmar nuclei	Inflammation	Atrophy of muscle fiber
1	+	-	-	-
2	+	-	-	-
4	+	+	-	-
6	-	+	-	+
8	-	+	-	+

**Table 4.** Histologic changes of muscles in Group III

Week	Degeneration of myofibril	Reactive changes of sarcolemmar nuclei	Inflammation	Atrophy of muscle fiber
1	+	+	-	-
2	+	+	-	-
4	+	+	-	+
6	+	+	-	+/*
8	+	+	-	+/*

\* : with fibrosis

#### 제 1 군 :

초기에 근원섬유의 변성을 보였으나 4 주 부터 소실되어 없어졌다. 근섬유초핵의 반응변화가 4 주 부터 관찰되었으며 이는 8 주에서는 일부 감소되거나 소실되었다. 염증성 변화는 없었으며 근육위축은 관찰할 수 없었다.

#### 제 2 군 :

초기에 근원섬유의 변형을 보였으며 이는 4 주 까지 지속되어 나타나고, 근섬유초핵의 반응변화가 4 주 부터 나타나 8 주에는 중증도의 변화를 보였다.

근육위축소견은 6 주에 보이기 시작하여 8 주에는 중증도의 변화가 관찰되었다.

#### 제 3 군 :

근섬유초핵의 반응변화가 초기 부터 보였으며 4 주 부터는 심한 변화를 보였다. 근육위축은 4 주 부

터 시작되어 8 주에는 더욱 심했으며 간질내섬유가 6 주 부터 보이기 시작하였다.

## IV. 고 찰

말초신경은 척추의 전각세포에서 부터 말단조직 까지 연결된 신경세포 및 1 세포원형질의 돌출을 일괄해서 말하는 것으로 제기능을 다하기 위해서는 중추신경계의 모세포와 연결되어 있어야하고, 신경계 혈관계를 통해 충분한 산소공급을 받아야한다. 신경내 미세순환은 여러요인에 의해 장애를 받을 수 있으며 신경의 기능도 영향을 받을 수 있다<sup>18)</sup>. 즉 신경을 절단하면 괴사로 인하여 30~90분내에 신경기능의 급속한 저하를 나타내나<sup>11,12,22)</sup> 혈류공급이 재개 되면 신경내 혈류량에 비례하여 신경기능이 회복된다<sup>18,22)</sup>. 이러한 말초신경의 혈관공급에 대해 1768년

Isenflamm과 Doerffler 이래 Ranvier, Sunderland 등이 동물실험을 통해 자세히 설명하고 있으며<sup>18,27,28)</sup> 최근에는 생체내미세술(intravital microscopic technique)의 발달로 말초신경의 혈관계구조를 더욱 잘 알 수 있게되었다<sup>22,23,24)</sup>.

말초신경은 잘 발달된 혈관구조를 가지고 있으며 서로 연결은 되지만 기능상 독립된 내계(intrinsic system)와 외계(extrinsic system)로 구분된다<sup>10,18,28)</sup>. 외계는 분절상으로 분열된 혈관들로서 숫자나 크기가 다양하며, 대개 주위의 근육이나 골막혈관 또는 가까이에 분포된 동맥과 정맥으로부터 기원한다. 외계의 혈관들은 구불구불하게 코일상 모양을 띠며 mesoneurium 내를 주행한다. 내계는 신경초, 신경주막, 신경섬유내초층(epineurial, perineurial & endoneurial plexus) 및 이들을 연결시키는 communicating vessel로 구성되어있으며, 이들은 대개 신경축에 평행으로 주행한다<sup>18,19)</sup>. 외계혈관이 신경을 박리하므로써 손상받으면 신경내 미세순환이 유지되기위해 내계의 적절한 reverse capacity가 있어야 한다. 역으로 내계가 신경절단에 의해 손상을 입으면 외계에의해 혈액공급을 받아야한다<sup>18)</sup>. Brown은 이러한 복잡하고 풍부한 혈관구조로 주위조직으로부터 광범위하게 박리하여도 조직학적으로, 신경생리학적으로 큰 변화가 없다고 주장하고 있다<sup>6)</sup>. 또한 Platt와 Briston은 end-to-end 신경봉합을 위해 필요한 만큼의 신경유리를 해도 안전하다도 하였으며<sup>18)</sup>, Adams<sup>2)</sup>는 토끼의 좌골신경의 영양관을 절찰하여도 거의 퇴행성변화가 없거나 극히 적은 것으로 발표하였다.

Bentley와 Schlapp<sup>4)</sup>는 손상받지 않은 고양이의 좌골신경에 들어가는 영양관을 제거한 실험에서 신경축에 평행으로 들어가는 종적혈행(longitudinal circulation)이 신경전달을 유지하는데 충분함을 발견하였다.

Bacsich와 Wyburn<sup>3)</sup>는 실험적으로 신경에 마멸창을 준 후 유리시킨 군과 유리시키지 않은 군으로 24시간에서 3주까지 비교하여 신경섬유의 재생에 대한 국소혈관공급의 의의를 관찰하였는데, 초기에는 유리된 신경에서 혈류의 저하를 관찰 하였으나, 14일 이후에는 특이한 차이가 없었다고 하였다.

이상의 저자들은 신경박리나 유리술후 따르는 혈관공급의 차단으로 인한 신경전달장애가 거의 없거나 커다란 문제가 안되며, 국소의 영양혈관 보다는 신경축을 따라 들어가는 혈관이 신경의 영양공급에 더욱 중요하다고 하였다.

반면 다른 저자들은 부분적인 외계혈관의 중요성을 강조하고 있다.

**Fig. 5.** Histological changes of tibialis post. Muscle 8 weeks after neurolysis in each group (H&E staining, transverse section).

**Group.**(x 100): Showing no abnormal findings.

**Group II.** (x 100): Showing a reduction in the diameter of muscle fibers, which now appear round instead of polygonal in transverse section.

**Group III.** (x 40): Showing severe atrophy of muscles and fibrosis.

**Fig. 6.** Histological changes of 1 week and 8 weeks in Group III. (H&E staining, longitudinal section, x 400) **A.** (1 wk): Showing flat and compressed appearance of sarcolemmal nuclei **B.** (8 wks): Sarcolemmal nuclei become round and plump.

1905년 Okada는 토끼의 좌골신경에서 둔근동맥을 결찰시킨 후 신경의 전반적인 퇴화를 보여주었다고 보고하고<sup>5)</sup>, Koch는 신경축을 따라 들어오는 혈류공급보다는 주위조직으로 들어오는 혈류공급이 더욱 중요하다고 주장하였다<sup>18)</sup>. 또 Gutmann<sup>15)</sup>는 고양이의 경골신경 유리시 슬와동맥 및 정맥을 차단시킨 군에서 안시킨 군보다 근육의 심한 위축을 보였다고 하였다.

본 실험에서는 제 1 군은 근육위축을 보이지 않았으나 제 2 군의 8 주와 제 3 군의 6, 8 주에서는 근육위축을 보이고 있었다. Blunt와 Stratton은 신경의 혈관분포는 부위에 따른 차이가 있으며 토끼의 좌골신경 원위부에서는 신경내혈관계 보다 국소혈관이 더욱 중요하며 근위부에서는 신경내 혈관이 더욱 중요하다고 하였다<sup>5)</sup>. 또한 Bentley와 Schapp<sup>4)</sup>는 신경축에 평행으로 들어가는 종적혈류공급을 대퇴상부 1/3에서 차단시키면 신경의 근위부에서는 신경전달장애를 초래하나 원위부에서는 계속적인 신경전달이 유지되는데 이는 슬와부 와 하퇴에서 올라가는 혈관에 의해 공급이 가능한 것으로 보고 하였다. Bunne<sup>7)</sup>는 너무 길게 신경을 주위조직으로부터 유리시키면 신경내혈관계로는 충분한 영양공급이 안 된다고 하였으며, Causey와 Stratmann<sup>8)</sup>은 좌골신경의 중간부를 박리후 반복되는 신경자극을 가하면 6~8 시간 후에 피로를 보였으나 혈류차단시에는 그 피로가 상당기간 지속된다고 하였다.

Lundborg는 토끼의 좌골 및 경골신경의 신경내 미세혈행의 변화없이 15cm의 유리가 가능함을 보고하였고, 또한 하퇴의 경골신경을 유리한 후 원위부 또는 근위부를 절단시켜 유리된 분절의 미세혈류의 유지는 7cm까지 가능하였다고 보고하였다<sup>19)</sup>. Peacock와 von Winkle<sup>20)</sup>는 14cm 이상을 박리할 경우에

는 신경기능 회복이 힘들다고 하였다. Lundborg는 생체현미경을 이용하여 토끼의 좌골-경골신경의 내계 및 외계사이의 관계를 연구한 바로는 박리신경의 직경이 45배까지는 신경을 박리해도 미세순환이 유지되고 있음을 보고하였다<sup>18)</sup>.

신경의 손상이 있는 지배근육의 변화를 추시한 결과 Ikuta<sup>16)</sup>는 육안적으로는 근이식후 3주부터 근육색깔이 탈색되기 시작하여 5~10주 사이에 가장 심하게 되며 3~5개월 부터는 근육색깔에 윤기가 있는 회복증상의 소견을 보인다고 하였으며, 조직소견은 5~8주 사이에 교원섬유(collagen fiber)의 증식 및 근원섬유의 단열(fragmentation) 및 붕괴(destruction)소견이 가장 잘 나타 나며 5개월까지는 국소적인 근육위축 및 약간의 교원섬유의 증식소견을 보인다고 하였다. Manktelow<sup>25)</sup>는 7개월 후 Harris<sup>14)</sup>는 5개월후 부터 신경재생의 소견을 보인다고 하였다.

신경손상후 지배근육에 첫번째로 나타나는 조직학적 변화는 근섬유초핵(sarcolemmal nuclei)으로 신경절단후 1주에 정상핵의 평평한(flat) 모양을 소실하면서 둥글고 뚱뚱한(round & plump) 모양을 보인다. 2주 후에는 oval해지며 근섬유의 중앙에 위치하게 된다. 1개월 후에는 근섬유직경은 감소되고 횡절편해보면 다각형이 아닌 둥근모양을 보인다. 2개월 후에는 근섬유의 직경은 정상의 반이하로 줄며 일부의 근섬유는 퇴행변화된 분열(fragmentation)의 소견을 보이기 시작한다<sup>11)</sup>.

본 실험에서는 근섬유의 반응 변화가 1, 2 군은 4주 부터 3 군은 초기 부터 보였으며 근육축소견은 제 2 군에서는 6주, 제 3 군은 4주 부터 관찰되었다.

이상의 문헌고찰과 함께 실험결과를 종합해 볼때

박리신경의 길이가 길수록 지배근육에 변화를 빨리 나타냈다.

이런 동물실험 결과를 인체에 직접 적용시키기는 다소 문제가 있지만 임상적으로 과다한 신경박리시 국소의 영양혈관 차단으로 신경기능의 장애를 유발할 수 있음을 추리할 수 있다. 그러나 실제로 어느 정도의 신경박리가 가능허용범위인지는 본 실험만으로 결론짓기는 다소 무리가 있으나, 임상적으로 신경박리술 및 신경재건술 등에 신경박리의 허용범위에 대해 간접적인 자료로 응용할 수 있을 것으로 사료된다.

## V. 결 론

체중 2 Kg내외의 한국산 가토의 좌골신경을 3 cm, 7 cm, 10 cm로 박리후 후경골근을 1, 2, 4, 6, 8 주 간격으로 채취하여 육안적 및 조직학적 검사를 시행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 신경손상후 지배근육에 처음으로 나타나는 조직학적 소견으로는 근섬유초핵이 납작한모양에서 둥근모양으로 변하는 반응성변화이었다.
2. 육안적으로 근육위축의 소견은 2 군은 8 주, 3 군은 6 주부터 관찰되었다.
3. 신경박리의 길이가 길수록 조직학적으로 초기에 이상소견이 발견되었다.
4. 7 cm 이상 신경박리를 한 군에서는 육안적 및 조직학적으로 현저한 근육위축의 소견을 보였다.

## REFERENCES

- 1) Abams, R.D.: *Diseases of Muscle*. 3rd Ed. pp 112-203, Maryland, Harper & Row, 1975.
- 2) Adams, W.E.: *The Blood Supply of Nerves. I. Historical Review*. *J. Anat.*, 76: 323-341, 1942.
- 3) Bacsich, P. and Wyburn, G.M.: *The Effect of Interference with the Blood Supply on Regeneration of Peripheral Nerves*. *J. Anat.*, 79:74-82, 1945.
- 4) Bentley, F.E. and Schlapp, W.: *Experiments in Blood Supply of Nerve*. *J. Physiol.*, 102:62-71, 1943.
- 5) Blunt, M.J. and Stratton, K.: *The Immediate Effects of Ligature of Vasa Nervorum*. *J. Anat.*, 90:204-216, 1956.
- 6) Brown, B.A.: *Internal Neurolysis in Traumatic Peripheral Nerve Lesions in Continuity*. *Surg.*

- Clin. North Am.*, 52:11, 1972.
- 7) Bunnell, S.: *Surgery of the Hand*. 2nd Ed., Philadelphia, J.B. Lippincott, 1948.
- 8) Causey, G. and Stramann, C.J.: *The Relative Importanec of the Blood Supply and the Continuity of the Axon in Recovery after Prolonged Stimulation of Mammalian Nerve*. *J. Physiol.*, 120:373-382, 1953
- 9) Curtis, R.M. and Eversmann, W.W.: *Internal Neurolysis as an Adjunct to the Treatment of the Carpal-Tunnel Syndrome*. *J. Bone Joint Surg.*, 55-A: 733-740, June, 1973.
- 10) Duran, W.N. and Marsicano, T.H.: *Anatomy of Microcirculation, Microsurgical Composite Tissue Transplantation*, 27-29, 1979.
- 11) Eiken, Oddvar, Nabseth, D.C. and Deterling, R.A.: *Limb Replantation. I. The Technique and Immediate Results*. *Arch. Surg.*, 88:48-53, 1964.
- 12) Eiken, Oddvar, Nabseth, D.C. and Deterling, R.A.: *Limb Replantation II. The Pathophysiological Effects*. *Arch. Surg.*, 88:54-65, 1964.
- 13) Frykman, G.K.: *Neurolysis*. *Orthop. Clin. of North Am.*, 12:2, pp 325-342, Apr. 1981.
- 14) Harri, K.: *Vascularized Muscle Transfor for Treatment of Facial Paralysis*. *Microsurgical Composite Tissue Transplantation*. pp 468, St. Louis, Toronto, London. The C V. Mosby Co. 1979.
- 15) Gutmann, E.: *Factor Affecting Recovery after Nerve Lesions*. *J. Neurol. Psychiat.*, 5-6:81-95, 1942-1943.
- 16) Ikuta, Y.: *Skeletal Muscle Transplantation in the Severely Injured Upper Extremity*. *Microsurgical Composite Tissue Transplantation*. pp 587-604, St. Louis, Toronto, London. The C. V. Mosby Co., 1979.
- 17) Kline, D.C. and Hackett, E.R.: *Reappraisal of Timing for Exploration of Civilian Peripheral Nerve Injuries*. *Surgery*. 28:54, 1975.
- 18) Lundborg, G.: *The Structure and Function of the Intraneural Microvessels as Related to Trauma Edema Formation and Nerve Function*. *J. Bone Joint Surg.*, 57-A: 938, 1975.
- 19) Lundborg, G.: *Intraneural Microcirculation and Peripheral Nerve Barriers, Management of Peripheral Nerve Problems*. Omer, Spinner,

1980.

- 20) Lundborg, G. and Nordborg, D.: *Intraneural Tissue Reactions Induced by Internal Neurolysis*. *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.* 10(1):3-8, 1976.
  - 21) Lundborg, G., Nordborg, D. and Olsson: *The Effect of Ischemia on the Permeability of the Perineurium to Protein Tracers in Rabbit Tibial Nerve*. *Acta Neurol. Scandinav.*, 49: 287-294, 1973.
  - 22) Lundborg, G.: *Ischemic Nerve Injury. Experimental Studies on Intraneural Microvascular Pathophysiology and Nerve Function in a Limb Subjected to Temporary Circulatory Arrest*. *Scandinavian J. Plast. Reconstr. Surg., Supplement 6*, 1970.
  - 23) Lundborg, G. and Branemark, P.I.: *Microvascular Structure and Function of Peripheral Nerves. Vital Microscopic Studies of the Tibial Nerve in the Rabbit*. *Adv. of Microcirculation*, 1:66-88, 1968.
  - 24) Lundborg, G. and Rydevik, B.: *Effects of Str-etching the Tibial Nerve of the Rabbit. A Preliminary Study of the Intraneural Circulation and the Barrier Function of the Perineurium*. *J. Bone and Joint Surg.*, 55-B. 390-401, May 1973.
  - 25) Manktelow, R. T.: *Muscle Transplantation. Microsurgical Composite Tissue Transplantation*. pp 369, St. Louis, Toroto, London. The C.V. Mosby Co., 1979.
  - 26) Peacock, E.E. and v an Winkle, W.: *Surgery and Biology of Wound Repair*. Philadelphia W.B. Saunders, 1970.
  - 27) Sunderland, S.: *Nerves and Nerve Injuries*. Edinburgh and London, E. and S. Livingstone, 1968.
  - 28) Sunderland, S.: *Anatomical Features of Nerve Trunks in Relation to Nerve Injury and Nerve Repair*. *Clin. Neurosurg.*, 17:38, 1970.
  - 29) Wilgis, E.F.: *Internal Neurolysis, Symposium on microsurgery*. *The American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 170-175, 1979.
-