

신경박리술후 신경의 조직학적 변화

경희대학교 의과대학 정형외과학교실

유명철 · 안진환 · 강신혁 · 이용걸

= Abstract =

Histological Changes Induced by Neurolysis — An Experimental Study on Rabbit Sciatic Nerve —

Yoo, Myung Chul, M.D., Ahn, Jin Hwan, M.D., Kang Shin Hyeok, M.D., and Rhee, Young Girl, M.D.

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

Several attempts have been made to assess the relative importance of the vasa nervorum and the intrinsic longitudinal vascular plexuses of nerve in maintaining the blood supply of a segment of nerve trunk, but the effect of mobilization on the ability of an injured or repaired nerve to regenerate and regain function has been less certain and is the subject of these investigations.

Thirty-two Korean rabbits of both sexes were used for these studies and we concluded that it is increased fibrosis with adhesion to surrounded tissues, loss of glistening and milk-like discoloration of never grossly, and increased degeneration and milk-like discoloration of nerve grossly, and increased degeneration of axons and demyelization progressively and early proliferated Schwann cells with increasing length of neurolysis.

And there was no recovery of damage in nerve tissue induced by above 7 cm of neurolysis. (1:35)

Key Words: Neurolysis. Histologic changes, Sciatic nerve.

I. 서 론

외상 또는 만성적인 자극에 의한 말초신경의 손상과 주위조직과의 유착된 예와 절단된 신경의 봉합 또는 신경재건술후 병발하는 신경유착에 대하여 시행하는 신경박리술은 좋은 결과를 얻는 경우가 많다. 그러나, 신경박리로 인한 혈관공급의 차단은 말초신경 전달기능에 영향을 미칠 수 있다.

말초신경은 내제(intrinsic)와 외제(extrinsic system)의 잘 발달된 혈관구조를 가지고 있어, 경한 신경박리시에는 미세혈류에 커다란 장애를 초래하지 않으나, 심한 신경박리시에는 신경의 미세혈류의 장애를 초래하여 신경의 영향공급을 차단하고 전달기능의 장애 및 조직학적 변화를 가져오게 된다.

신경박리술에는 신경외박리술(external neurolysis)과

신경내박리술(internal neurolysis)로 나눌 수 있으며, 신경외박리술에는 주위조직의 반흔유착이나 이로 인한 압박(compression)의 유리술, 신경초절개술(epineurotomy), 신경초 부분 또는 전 절제술(partial or total epineurectomy)로 구분하고, 신경내박리술에는 신경다발간 박리술(interfascicular neurolysis)과 신경초절개술(perineurotomy)로 구분할 수 있다.^{5, 8, 12, 17, 21, 35)}

그러나, 이러한 박리술후 미세혈류의 손상과 새로운 반흔 형성 및 신경총의 손상등 제반문제가 따르게 된다.

이에 대하여 1905년 Okada²⁶⁾ 이래 Lundborg^{18, 20, 21, 22)} 등이 실험적 신경박리술과 외부로부터 들어오는 혈관 차단후 신경조직 및 혈행 변화에 대해 많은 연구를 해왔으나, 여러 저자들에 따라 서로 엇갈린 주장을 하고 있다.

저자는 직경 2mm 내외의 한국산 가토좌골신경에 대하여 신경외박리후 박리신경의 길이와 시간경과에 따른 박리신경의 육안적·조직학적 변화를 실험관찰하여 그 결과를 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

체중 1.5~2.5kg의 건강한 한국산 가토 32마리 64예를 재료로 하여, 미세수술 현미경과 본 교실에서 제작한 동물실험용 수술대와 미세수술기재 등을 사용하여 실험하였다(Table 1).

Table 1. Methods of Experiment

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

2. 실험방법

신경박리길이를 3cm, 7cm 및 10cm으로 하여 3군으로 분류하였으며, 각 군마다 수술후 1주, 2주, 4주, 6주 및 8주에 각각 2마리 4예씩을 택하여, 정상군과의 육안적 소견과 좌골신경의 조직학적 변화를 비교 관찰하였다.

3. 수술방법

20%urethane을 체중 1kg당 5cc씩 복강내 주입하여, 전신마취를 한 후 본 교실에서 제작한 실험용 수술대위에 사지를 고정하였다. 서혜부·회음부·대퇴부 및 하퇴부 일부를 털을 충분한 넓이로 제거한 후, iodine tincture와 70% alcohol로 소독하고 회음부 내하방 2cm부터 슬관절 배부까지 비스듬히·피부절개를 하였다.

대퇴이두근·대내전근 및 반막근사이의 좌골신경을 노출시켰고, 제 3군에서는 하퇴부 내측으로 3cm을 연장하여 좌골신경 및 경골신경을 노출시켰다(Fig. 1)

Fig. 1 가토의 좌골신경이 대퇴이두근·대내전근 및 반막근 사이에 노출된 장면으로 좌골신경을 크게 3분지로 나누어지고 있다.

좌골신경은 상부에서 슬건근으로 가는 신경을 분리한 후, 크게 다시 3구분으로 분리되어, 비골신경·경골신경·비복신경근로 나누어진다.

약 3.0배의 확대 수술현미경 시야에서 좌골신경에 분포하는 혈관을 관찰하였는데, 상부에서는 하둔근동맥의

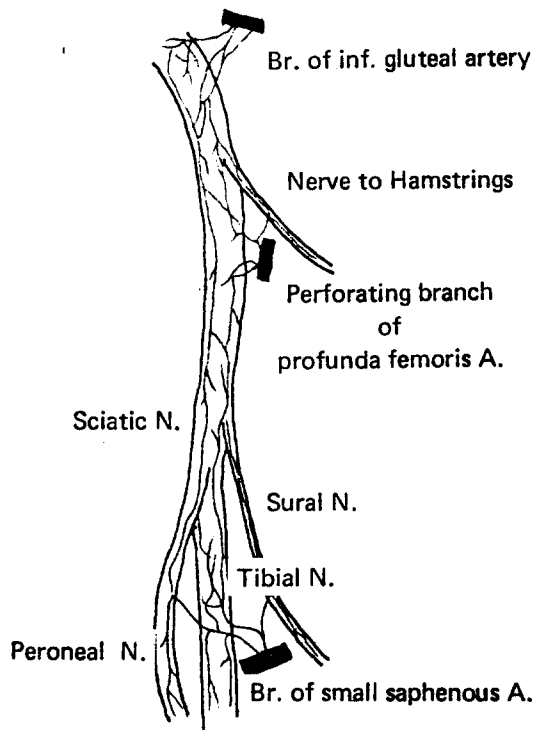


Fig. 2 가토의 좌골신경에 분포하는 혈관공급 상황.

분지, 중간에서는 심부대퇴동맥의 천공분지, 하부에서는 소복재동맥으로 부터 분지되는 것을 확인한 후(Fig. 2), 좌골신경을 주위조직으로 부터 미세박리하여 먼저 각 좌골신경의 외경을 측정하였다.

본 실험에서 사용된 가토의 좌골신경의 외경은 1.5~2.2mm 내외로 평균 2mm 이었다.

각 실험군 별로 실험과정은 다음과 같다(Fig. 3).

제 1 군 : (1 : 15)

심부대퇴동맥의 천공분지가 신경으로 들어오는 바로 하방에서 좌골신경이 3 부분으로 분지되기 전까지의 3cm, 즉 외부로 부터 들어오는 혈관의 손상없이 주위조직으로 부터 미세박리하였다.

제 2 군 : (1 : 35)

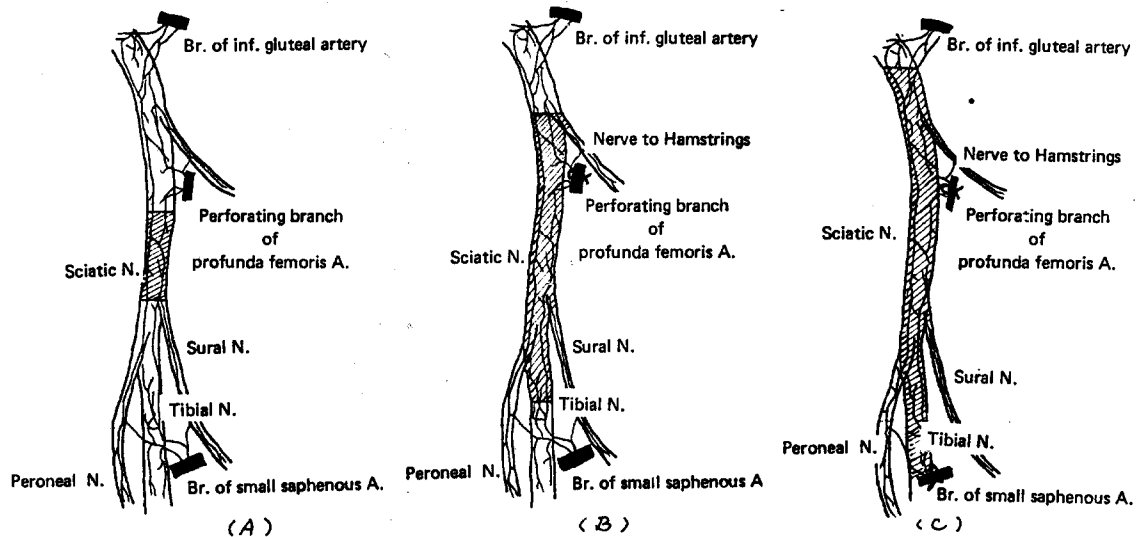
하둔근동맥의 분지가 들어오는 하방에서부터 소복재동맥이 들어오는 부위까지 7cm 을 미세박리하였으며, 심부대퇴동맥으로 부터 들어오는 혈관을 차단시켰다.

제 3 군 : (1 : 50)

심부대퇴동맥과 소복재동맥으로 부터 들어오는 혈관을 차단하고 슬관절이하까지 10cm 을 미세박리하였다.

실험은 가토의 양측 하지를 사용하였으며, 실험후 항생제 투여는 하지 않았다. 수술상처는 총별로 봉합하고, 수술부위는 아무런 고정을 하지 않은 상태에서 치유시켰다.

제 1 군과 제 2 군은 별 출혈없이 실험가능하였으나, 제 3 군은 경골신경박리시 슬관동맥이 손상되지 않게 주의하였다.



Group I. (1 : 15)

Group II. (1 : 35)

Group III. (1 : 50)

Fig. 3. 각 실험군별 박리신경의 부위 및 주위혈관의 차단 정도. 제 1 군의(1 : 15)는 가토 좌골신경의 외경 2mm 에 대한 박리길이가 3cm 임을 의미하며, 제 2 군의(1 : 35)는 외경 2mm 에 대한 박리길이가 7cm 임을, 제 3 군의(1 : 50)은 외경 2mm 에 대한 박리길이가 10cm 임을 의미한다.

제 1 군(A)은 빗금친 부분의 3cm 을 박리하였고, 제 2 군(B)는 빗금친 부분의 7cm 을 박리한후 심부대퇴 동맥의 천공분지를 차단하였고, 제 3 군(C)은 빗금친 부분의 10cm 을 박리한 후 심부대퇴동맥의 천공분지 및 소복재 동맥분지를 차단하였다.

4. 표본채취

신경박리후 1·2·4·6 및 8주가된 예를 각각 전신 마취하에 표본을 채취하였다. 우선 육안적으로 박리신경을 관찰하고 박리된 신경의 중앙부에서 1cm 을 채취하였다.

5. 조직표본제작

채취한 조직을 10% 중성 formalin 에 24시간 고정하여 먼저 70%부터 99.9%까지 alcohol 로 탈수하고 xylene 으로 청명시킨 후 paraffin 에 포매하여 횡박절로 4~6μ 두께의 연속절편조직을 제작하였다. 염색은 Hematoxylin-Eosin 중복염색으로 검경하였다.

III. 실험결과

1. 육안적 소견

신경과 주위조직과의 유착·신경의 윤기 및 색깔의 변화를 관찰하였는데 제 1 군은 육안적 변화를 거의 찾아 볼 수 없었으며 (Fig. 4-A), 제 2·3 군은 시간경과에 따라 주위조직과의 유착이 점차 증가됨에 제 2 군은 6주부터 (Fig. 4-B), 제 3 군은 4 주부터 보였으며 (Fig. 4-C), 윤기가 점차 소실되고 본래의 색깔을 잃고 우유색의 탈색을 보였다 (Fig. 5).

2. 병리조직학적 소견 (Fig. 11, 12, 13)

본 실험에서는 수초탈락·축색돌기의 변형·Schwann 세포의 증식·신경초내의 섬유화 및 염증세포의 침착 정도와 기간에 따른 변화에 대해 관찰하였는데 각 군별의 비교는 다음 도표와 같이 나타났다 (Table 2,3,4).

박리신경의 각각 변화에 군별 간 비교관찰하면,

① 수초탈락; (Fig. 6)

제 1 군은 초기부터 나타나 2 주까지 보이고 그 이후에는 관찰되지 않았으며, 제 2 군은 6 주에 서서히 소실되었고 제 3 군은 본 실험기간중 계속해서 신경의 수초탈락을 보였다.

② 축색돌기의 변형; (Fig. 7)

제 1 군은 축색돌기의 부분적 변형이 초기에 나타나서 2 주까지 지속되고 그 이후에는 보이지 않았고, 제 2 군에서는 부분적 변형이 4 주까지 보였으며 제 3 군에서는 변형이 증가되어 계속적으로 관찰되었다.

③ Schwann 세포의 증식; (Fig. 8)

제 1 군은 4 주부터 일부에서 경미하게 나타났으며, 제 2 군은 4 주부터 보였고 제 3 군은 중증도의 Schwann 세포의 증식이 2 주부터 관찰되어 계속적으로 나타났다.

④ 신경초내의 섬유화; (Fig. 9)

제 1 군은 본 실험기간중 섬유화는 보이지 않았으며, 제 2 군은 초기에 일부에서 신경초내의 섬유아세포의 증식을 보였고 6 주부터 섬유화를 보였다. 제 3 군은 섬유아세포의 증식을 초기부터 보였으며 섬유화 및 반흔형성이 전 기간중 관찰되었다.

⑤ 염증세포의 침착; (Fig. 10)

제 1 군에서는 경미한 염증변화가 1 주에서만 보였으며 제 2 군에서는 경미한 염증변화가 2 주까지 보였고 제 3 군에서는 다른 군보다 심한 염증변화가 나타나 4 주까지 지속되었으나 그 이후에는 전 군에서 염증성 변화가 관찰되지 않았다.

Fig. 4 A.

Fig. 4 B.

Fig. 4 C.

Fig. 4. (A) 제 1 군의 8 주된 토끼의 좌골신경의 육안적 소견으로 거의 주위조직과의 유착이 없으며, 신경의 본래 색조와 윤기도 유지하고 있다. (B) 제 2 군의 8 주된 소견으로 주위조직과의 유착이 진행되었다. (C) 제 3 군의 8 주된 소견으로 심한 유착과 탈색 및 윤기소실을 보이며 주위조직에서 들어오는 혈관의 분포상황을 분간하기가 힘들다.

Fig. 5. 제 1 군의 1 주와 제 3 군의 8 주된 신경의 조직표본 채취후의 소견으로 제 1 군은 특이한 변화 소견이 없으나 제 3 군은 심한 유착과 탈색·윤기 소실을 보이고 있다.

Table 2. Histologic changes of nerve in Group I (1:15)

wk	Demyelization	Degeneration of axon	Proliferation of Schwann cell	Fibrosis in perineurium	Inflammation
1.	+	+	-	-	+ *
2.	+	+	-	-	-
4.	-	-	+ or -	-	-
6.	-	-	+ or -	-	-
8.	-	-	+ or -	-	-

* mild inflammation in perineurium

Table 3. Histologic changes of nerve in Group II (1:35)

Wk	Demyelization	Degeneration of axon	Proliferation of Schwann cell	Fibrosis in perineurium	Inflammation
1.	+	+	-	-*	+
2.	+	+	-	-*	2
4.	+ or -	+ or -	+	-*	-
6.	+ or -	-	+	+	-
8.	-	-	+	+	-

* young fibroblast proliferation in perineurium

IV. 고 찰

말초신경은 중추신경계의 모세포와 연결되어 있고, 신경계 혈관계를 통해 계속적이고 적절한 산소공급을 받아야 제 기능을 하게 된다.

이러한 말초신경의 혈관공급에 대해 1768년 Isenflamm

and Doerffler¹⁵⁾ 이래 Ranvier (1878)²⁹⁾, Sunderland^{32), 33)} 이후 동물실험을 통해 더욱 자세히 설명되고 있다.

말초신경은 잘 발달된 혈관구조를 가지고 있으며, 서로 연결은 되지만 기능상 독립된 내계 (intrinsic) 와 외계 (extrinsic) 로 구분된다.^{11), 19), 33)}

외계 (Extrinsic system) 는 분절상으로 배열된 혈관들로

Table 4. Histologic changes of nerve in Group III (1:50)

Wk	Demyelization	Degeneration of axon	Proliferation of Schwann cell	Fibrosis in perineurium	Inflammation
1.	+	+	-	+	+
2.	+	+	+	+	+
4.	+	+	+	+	+
6.	+	+	+	+	-
8.	+	+	+	+	-

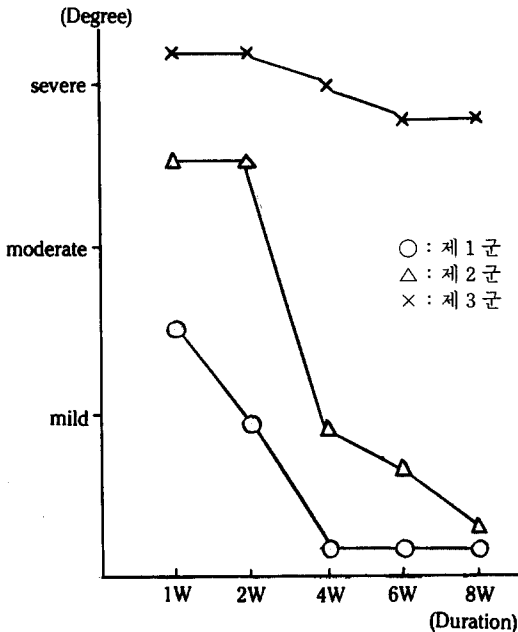


Fig. 6. 시간에 따른 군별 수초탈락의 정도.

서 숫자나 크기가 다르며 대개 주위의 근육이나 골막혈관 또는 가까이에 분포된 동맥과 정맥으로부터 받고 이러한 혈관들은 꾸불꾸불하게 코일상으로 신경초내(mesoneurium)에 들어가게 된다. 내계(intrinsic)는 epineurial · perineurial 과 endoneurial plexus로 구성되어, 이는 외계(extrinsic)와 서로 교차되어 연결되어지며, 대개 신경축에 평행으로 주행하게 된다.

Brown⁹⁾은 이러한 복잡하고 풍부한 혈관구조로 주위 조직으로 부터의 신경길이의 절개로 인한 산소결핍은 힘들다고 주장하고 있다. 또한 Platt 와 Briston (1923)²⁰⁾은 end to end 신경봉합을 위해 필요한 만큼의 신경유리를 해도 안전하다고 하였으며, Adams (1943)¹¹⁾는 토끼의 좌골신경의 영양관을 절차하여 거의 퇴행성 변화가 없거나 극히 적은 것으로 발표하였고, 하둔근동맥뿐아니고 슬관동맥 또는 심부대퇴동맥을 차단하여도 신경세포의 퇴화는 보여주지 않았다고 하였다.

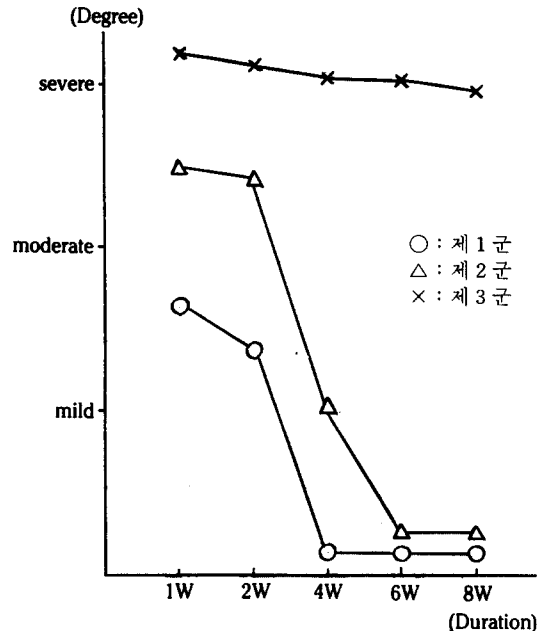


Fig. 7. 시간에 따른 군별 축색돌기의 변형정도.

Bentley 와 Schlapp (1943)³⁾은 손상받지 않은 고양이의 좌골신경에 들어가는 영양관을 제거하여, 신경축에 평행으로 들어가는 종적혈행(longitudinal circulation)이 신경전달을 유지하는데 충분함을 발견하였다. 또한 종적 혈류 공급을 대퇴 상부 1/3에서 차단시키면 신경의 근위부에서는 신경전달 장애를 초래하나 원위부에서는 계속적인 신경전달이 유지되어 이는 슬와부와 하퇴에서 올라가지는 혈관에 의해 공급이 가능한 것으로 보고하였다.

Denny-Brown 와 Brenner (1944)¹⁰⁾은 고양이의 좌골신경에 가는 모든 혈류를 차단하였으나 신경전달 장애는 없었다고 하였다. 그러나 부분적 압박⁹⁾을 주었을 때는 축색돌기의 부분적인 수초탈락을 보였다고 하였다.

Baccich 와 Wyburn (1945)²¹⁾은 실험적으로 신경에 마멸창을 준 후, 유리시킨 군과 유리시키지 않은 군으로 24시간에서 3주까지 비교하여 신경섬유의 재생에 대한

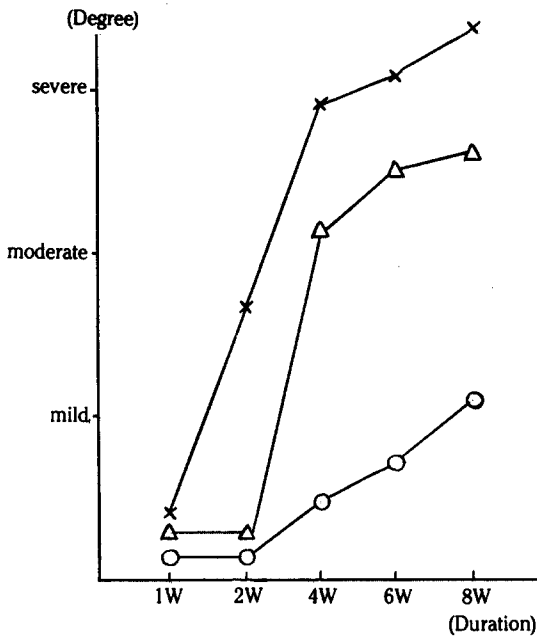


Fig. 8. 시간에 따른 군별 Schwann 세포의 증식 정도.

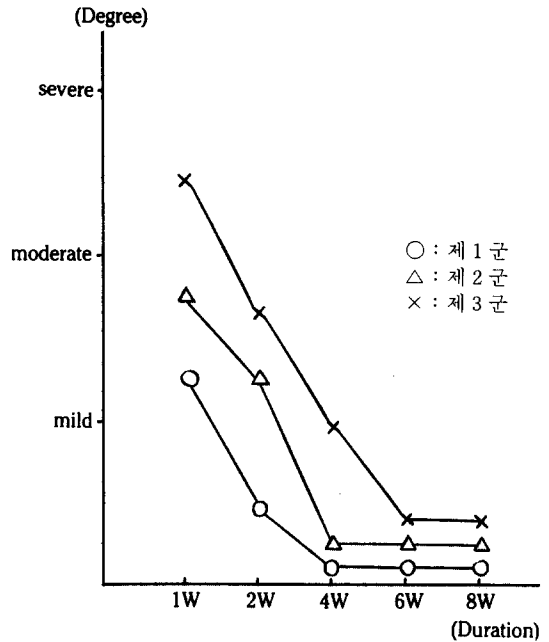


Fig. 10. 시간에 따른 군별 염증세포의 침착정도.

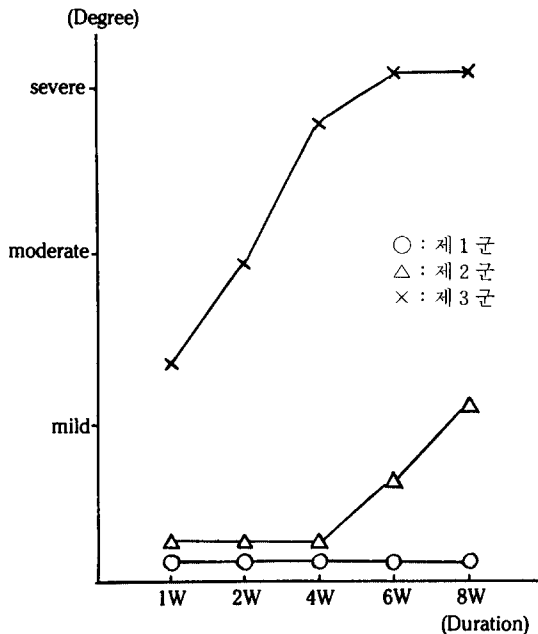


Fig. 9. 시간에 따른 군별 신경초내의 섬유화 정도.

국소 혈관공급의 의의를 관찰하였는데, 초기에는 유리된 신경에서 혈류의 저하를 관찰하였으나 14일 이후에는 특이한 차이가 없었다고 하였다.

이상의 저자들은 신경박리나 유리술후 따르는 혈관공급의 차단으로 인한 신경전달 장애가 거의 없거나 커다

란 문제가 안되며, 국소의 영양혈관보다는 신경축을 따라 들어가는 혈관이 신경의 영양공급에 더욱 중요하다 하였으나, 다른 저자들은 신경박리시 임상적으로나 실험적으로 신경전달장애 등 제반문제가 따른다고 보고하였다.

1905년 Okada²⁶⁾는 토끼의 좌골신경에서 둔근동맥을 결찰시킨 후, 신경의 전반적인 퇴화를 보여주었다고 보고하고, Koch (1936)¹⁰⁾는 신경축을 따라 들어오는 혈류공급보다는 주위조직으로 들어오는 혈류공급이 더욱 중요하다고 주장하였다. 또한 Gutmann (1942)¹⁴⁾는 고양이 의 마멸된 경골신경의 유리시 슬릭동맥 및 정맥을 차단시킨 군이 안 시킨 군보다 하지의 심한 위축을 보이고 족반사도 천천히 회복되었다고 하였다. 본 실험에서는 제 1군은 실험기간중 하지의 위축을 보이지 않았으나, 제 2군의 8주와 제 3군의 6·8주에서는 근육위축을 보였다.

Bunne (1948)⁶⁾은 너무 길게 신경을 주위조직으로 부터 유리시키면 신경내혈관계으로는 충분한 영양공급이 불충분하다고 하였으며, Causey 와 Stratmann (1953)⁷⁾은 경골신경의 중간부를 박리하여 반복되는 신경자극시 6~8시간후 피로를 보였으나 혈류차단시에는 그 피로가 상당기간 지속된다고 하였다.

Blunt 와 Stratton (1956)⁴⁾는 토끼의 좌골신경중 경골신경부위에 ²⁴Na를 포함한 생리식염수를 주사하여 해부학적 구조로 인한 신경의 혈관분포의 지역적 차이가 있

Fig. 11 A.

Fig. 11 B.

Fig. 11 C.

Fig. 11. 각군의 1 주된 박리신경의 조직학적 소견으로, 제 1 군(A)는 부분적 수초탈락과 축색돌기의 변형을 보이고 경한 염증변화를 보이며, 제 2 군(B)는 신경초내의 젊은 섬유아세포의 증식을 보이고, 제 3 군(C)는 상기변화가 심하게 보이고 섬유화를 보이고 있다.

Fig. 12. 제 1 군과 3 군의 4 주된 박리신경의 조직학적 소견으로 제 1 군(A)은 수초탈락·축색돌기의 변형이 점점 감소하고 있으며 염증세포는 관찰되지 않았으나, 제 3 군(B)에서는 섬유아세포의 증식을 보이고 염증세포가 관찰되었다.

으며 토끼의 좌골신경의 원위부에서는 신경내혈관계보다 국소 혈관이 더욱 중요하며 근위부에서는 신경내혈관이 더욱 중요하다고 하였다.

Smith (1966)^{30, 31)}는 신경도 소장의 장간막과 비슷하게 각 신경의 미세혈류를 지지하거나 증강시키는 측부 혈관의 혈관궁을 이루고 있다고 지적하였으며 사체(cadaver)의 상지에서 신경혈관의 실험적 환류를 통해 신경의 유리술은 가능한한 최소한으로 시켜야 한다고 주장하였다. 즉 신경이 6~8cm 보다 길게 분리되면 주위혈행이 유지가 안되어 새로운 혈관이 들어올 때까지 유리이식으로 작용하게 된다고 하였다. 본 실험에서도 이와 유사한 결과를 보여 제 3 군에서는 본 실험기간동안의

까지 가능하다고 보고하였다. 또한 하퇴의 경골신경을 유리한 후, 원위부 또는 근위부를 절단시켜 유리된 분절의 미세혈류의 유지는 7cm 까지 가능하였다고 하였으며 원위 및 근위부를 동시에 절단시키고 유리를 안 시킬 경우에는 절대적으로 외혈관계에 의해 분절된 신경 혈관공급이 유지된다고 하였다. 또한 신경내 박리후 3~6주에^{20, 21)} 신경초(epineurium)에 섬유화를 초래한다고 하였으며 endoneurium에는 섬유화가 안 일어났다고 하였다. 본 실험에서는 제 2군은 6주에 보였으며 제 3군은 1주부터 보이기 시작하였다. 염증성 변화¹²⁾는 1주에 나타나 3주부터 점차 소실되고 6주에서는 전혀 안 보였다고 하였으나, 본 실험에서는 제 1·2군은 1·2주에 까지 나타났으며 제 3군에서는 더욱 심하게 나타나 지속되었다. Frykman¹²⁾은 신경초비대(epineurial thickening)와 섬유화는 1~3주에 최대한으로 일어나고 saline neurolysis 시에는 26주까지도 나타났으며 축색돌기의 변형은 안보였다고 하였으나, 본 실험에서는 초기부터 축색돌기의 변형이 나타나 제 3군에서는 8주까지 지속되었다.

이상의 문헌고찰과 함께 실험결과를 종합하여 볼 때, Smith (1966), Lundborg (1975), Frykman 등과 유사한 결과를 보였으며, 비록 동물실험 결과를 인체와 직접 연관지어 생각할 수는 없겠지만 결과의 추론이나 수술의 과정을 예측할 수 있겠다. 또한 임상적으로 신경박리시 부분적인 산소결핍을 주어 신경기능 장애 등 역효과를 주고, 신경내혈관계이 있지만 국소의 영양혈관 차단시 신경기능의 장애를 유발하게 되어, 위 실험결과는 신경손상시 신경박리·신경유리·신경재건술 등에 응용할 수 있을 것으로 사료된다.

그러나, 본 실험결과에서 더욱 연장된 기간에의 신경 재생 가능성 및 변화와 그 신경으로부터 지배를 받는 근육의 변화 등에 대하여서는 계속적인 원격추시와 함께 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

체중 1.5~2.5kg의 가토를 이용하여 직경 2mm 내외의 좌골신경을 3cm·7cm 및 10cm으로 미세수술법에 의하여 신경외박리를 한 후, 수술 1주·2주·4주·6주 및 8주된 신경의 육안적과 조직학적 검사를 시행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 박리신경의 길이가 증가함에 따라 신경은 주위조직과의 유착·윤기 소실과 탈색의 증가를 보였다.
2. 신경박리가 적을수록 신경세포의 변형이 적게 일어나며 이러한 소견은 초기에 나타났다가 없어졌으며,

Fig. 13. 제 3군의 6주(A)와 8주(B)된 박리신경의 조직학적 소견으로 심한 섬유화와 반흔형성을 보여주고 있다.

신경재생의 기미를 보이지 않았으며 계속적인 신경의 변화를 보였다. 그러나 Peacock와 van Winkle²²⁾은 14cm 이상의 박리시에는 신경기능 회복이 힘들다고 하였고 Sunderland (1970)²³⁾는 신경의 재혈행은 신경의 말단부와 절단된 신경상(nerve bed)에서부터 발생되며 중앙부의 재혈행은 신경초(perineurium)에 의해 지연된다고 하였다. Kline (1972)¹⁰⁾은 원숭이의 경골신경에 마멸을 준 후 12cm의 유리술을 시행하여 관찰한 결과, 신경의측부혈관보다 신경내혈관을 따라 신경의 말단부로부터 유리된 신경으로 들어가진다고 하였으며 유리술은 신경기능 회복에 지장을 초래하지 않는다고 하였다.

Lundborg (1975)¹⁰⁾는 토끼의 좌골 및 경골신경의 신경내 미세혈행의 변화없이 15cm의 유리가 가능함을 보고하였고, 15cm 유리후 원위부의 신경분리시에는 7cm

신경박리가 클수록 변형이 지속되었으며 Schwann 세포의 증식을 초기부터 보였다.

3. 본 실험기간중 7cm 이상의 신경박리시에는 신경 손상의 회복이 보이지 않았다.

REFERENCES

- 1) Adams, W.E. : *The Blood Supply of Nerves. I. Historical Review. J. Anat.*, 76:323-341, 1942.
- 2) 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.
- 3) Bentley, F.H. and Schlapp, W. : *Experiments in Blood Supply of Nerve. J. Physiol.*, 102:62-71, 1943.
- 4) Blunt, M.J. and Stratton, K. : *The Immediate Effects of Ligature of Vasa Nervorum. J. Anat.*, 90:204-216, 1956.
- 5) Brown, B.A. : *Internal Neurolysis in Traumatic Peripheral Nerve Lesions in Continuity. Surg., Clin. North Am.*, 52:11, 1972.
- 6) Bunnell, S. : *Surgery of the Hand. 2nd Ed.*, Philadelphia, J.B. Lippincott, 1948.
- 7) Causey, G. and Stramann, C.J. : *The Relative Importance of the Blood Supply and the Continuity of the Axon in Recovery after Prolonged Stimulation of Mammalian Nerve. J. Physiol.*, 120:373-382, 1953.
- 8) 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.
- 9) Denny-Brown, D. and Brenner, C. : *Paralysis of Nerve Induced by Direct Pressure and by Tourniquet. Arch. Neurol. Psychiat.*, 51:126, 1944.
- 10) Denny-Brown, D. and Brenner, C. : *Lesion in Peripheral Nerve Resulting from Compression by Spring Clip. Arch. Neurol. Psychiat.* 52:1-19, 1944.
- 11) Duran, W.N. and Marsicano, T.H. : *Anatomy of Microcirculation, Microsurgical Composite Tissue Transplantation*, 27-29, 1979.
- 12) Frykman, G.K. : *Neurolysis. Orthop. Clin. of North Am.*, 12:2, Apr., 1981.
- 13) Gilliatt, R.W. : *Conduction During Wallerian Degeneration in the Baboon. J. Neurosurg. and Psychiat.*, 35:335-341, 1972.
- 14) Gutmann, E. : *Factor Affecting Recovery After Nerve Lesions. J. Neurol. Psychiat.*, 5-6:81-95, 1942-1943.
- 15) Isenflamm and Doerffler (1768): *cited in Blunt*⁴.
- 16) Kline, D.G., Hackett, E.R., Davis, G.D. and Myers, M.B. : *Effect of Mobilization on the Blood Supply and Regeneration of Injured Nerves. J. Surg. Res.*, 12:254-266, 1972.
- 17) Kline, D.G. and Hackett, E.R. : *Reappraisal of Timing for Exploration of Civilian Peripheral Nerve Injuries. Surgery.* 28:54, 1975.
- 18) Koch (1936): *cited in Blunt*⁴.
- 19) 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.
- 20) Lundborg, G. : *Intraneural Microcirculation and Peripheral Nerve Barriers, Management of Peripheral Nerve Problems. Omer, Spinner*, 1980.
- 21) Lundborg, G. and Nordborg, D. : *Intraneural Tissue Reactions Induced by Internal Neurolysis. Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.* 10(1):3-8, 1976.
- 22) Lundborg, G. and 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.
- 23) Millesi, H. and Berger, M.A. : *Further Experience with Interfascicular Grafting of the Median, Ulnar and Radial Nerve. J. Bone Joint Surg.*, 58-A:209-218, Mar., 1976.
- 24) Millesi, H. : *Interfascicular Grafts for Repair of Peripheral Nerves of the Upper Extremity. Orthop. Clin. North Am.*, 8(2):387-404, 1977.
- 25) Nobel, W. : *Observations on the Microcirculation of Peripheral Nerves, Bibl. Anat.*, 10:316, 1969.
- 26) Okada (1905): *cited in Blunt*⁴.
- 27) Peacock, E.E. and van Winkle, W. : *Surgery and Biology of Wound Repair. Philadelphia, W.B. Saunders*, 1970.
- 28) Platt and Briston (1923): *cited in Lundborg*¹⁹.
- 29) Ranvier (1878): *cited in Lundborg*¹⁹.
- 30) Smith, J.W. : *Factors Influencing Nerve Repair. I. Blood Supply of Peripheral Nerves. Arch. Surg.*, 93:355, 1966.
- 31) Smith, J.W. : *Factors Influencing Nerve Repair. II. Collateral Circulation of Peripheral Nerves. Arch. Surg.*, 93:433, 1966.
- 32) Sunderland, S. : *Nerves and Nerve Injuries. Edinburgh and London, E. and S. Livingstone*, 1968.
- 33) Sunderland, S. : *Anatomical Features of Nerve Trunks in Relation to Nerve Injury and Nerve Repair. Clin.*

Neurosurg., 17:38, 1970.

- 34) Urbaniak, J.R. and Warren, F.H. : *Applications of Microsurgical Techniques in the Injured Peripheral Nerve. Symposium on Microsurgery, The American Academy of*

Orthopaedic Surgeons. 176-191, 1979.

- 35) Wilgis, E.F. : *Internal Neurolysis, Symposium on Microsurgery. The American Academy of Orthopaedic Surgeons.*, 170-175, 1979.