

# 神経損傷の回復過程並びにそれに及ぼす 低周波作用の筋電図学的研究

(本論文要旨は昭和31年2月第1回低周波医学研究会総会、昭和31年10月第9回筋電図学会総会に於て発表した)

金沢大学医学部放射線医学教室 (主任 平松博教授)

専攻生 三 浦 義 範

## Electromyographic Studies of the Recovery of Nerve Crushing, and Influence of the Low Frequency Current upon the Recovery of Nerve Crushing.

Department of Radiology, School of Medicine,  
Kanazawa University.

(Director: Prof. H. Hiramatsu, M.D.  
Ass. Prof. T. Kobayashi, M.D.)

by Yoshinori Miura

### 内 容 抄 録

理学的療法が神経筋系の疾患に及ぼす影響の系統的  
研究の一端として、著者は実験的に家兎坐骨神経を挫  
滅し、その自然回復過程並びに低周波治療を施せる場  
合の回復過程について筋電図学的に追及した。

被検部位は腓腸筋中央部で、神経挫滅部との距離は  
約11mmであつた。低周波処置は術後7日より1週間  
3回の割合で30回宛 神経挫滅部より末梢の下肢に通  
電した。而して大要次の如き成績を得た。

先づ自然回復過程は

1) Fibrillation V. は術後3.5日に現れ次第に増加  
し30日が最高であつた。それ以後減少していつたが  
120日でも完全には消失しなかつた。

2) Nascent MUV. は術後45.5日に現れ次第に増  
加し70日が最高であつた。それ以後はNormal MUV.  
に移行する為減少していつたが120日でも可成り見ら

れた。

3) Normal MUV. は術後54日に現れ90日までは  
急激に増加し、Interference V. も容易に出現する様  
になり120日では殆んど健常時の状態に回復した。

4) 3ヶ月以上経過したものにはReinnervation V  
が見られた。

5) 放電間隔の変動は健常時には少いが、回復過程  
の初期には大きく見られた。再生した120日のMUV  
では変動は少くなつた。

6) 神経線維の再生速度は1日約2.2mmであつた。

7) 筋萎縮の回復には約4ヶ月を要した。

8) 運動機能はNascent MUV. 及びNormal MUV.  
の増加と略々平行して回復した。

次に低周波治療家兎に於ては対照例に比し

1) Fibrillation V. は多く見られたが90日以降で

は減少の傾向を示した。

2) Nascent MUV. 及び Normal MUV. の出現開始及び経過には大差が見られなかった。

3) 筋萎縮の回復は約1ヶ月早かった。

4) 低周直角脈波の周波数並びに極性による差異は認められなかった。

5) 低周直角脈波電流は末梢神経の再生を特に促進せしめるものではなく、筋の萎縮、変生を防ぐ作用機序を有するものと思われる。

以上の成績により神経挫滅の回復過程を筋電図学的に明らかにし、更に低周直角脈波通流の神経挫滅の回復過程に及ぼす作用機序の一端を明らかにした。

### Abstract

The author has investigated the course of electrical activity of rabbit's gastrocnemius muscle after denervation.

The investigation has been supplied by complete crushing of the sciatic nerve and observing the progress of nerve regeneration until functional recovery.

Study has been made following treatment by low frequency current electrification.

The materials consisted of 24 rabbits, all of which had been crushed under the one side of sciatic nerve, ether anesthesia, approximately 11 cm from the centre of the gastrocnemius muscle. The following results were obtained.

#### I. Spontaneous recovery course ;

1) The fibrillation voltages appeared on the 3.5 th postoperative day. On the 30 th postoperative day, the number of fibrillation voltages reached to maximum, after which it showed a gradual decrease.

2) At the beginning motor unit voltages were 45.5 at postoperative days. At the 70 th postoperative day the number of nascent MUV. were very prominent, and after which it showed a gradual decrease owing to the change of normal MUV. However on the 120 th postoperative day nascent MUV. were recorded.

3) The normal MUV. appeared on the 54 th postoperative day, and fairly earlier increased until the 90 th postoperative day. And by the 90 th postoperative day interference voltages were elicited. Since the 120 th postoperative day, motor unit voltages were recovered to almost normal state.

4) Reinnervation voltages were elicited

since the 120 th postoperative day.

5) Variety of discharge intervals were very small in the normal state, and very great in the beginning of motor unit recovery, but on the 120 th postoperative day reduced nearly to normal state.

6) The rate of reinnervation was carried out at 2.2 mm. per day.

7) The recovery of muscle atrophy needed 120 th postoperative days.

8) The muscle functions were recovered parallel to the increase of nascent and normal MUV.

#### II. The treated cases by electrification as compared with spontaneous recovery courses ;

1) More fibrillation voltages were recorded than the control, but showed a decrease since the 90 th postoperative day.

2) The onset and course of nascent MUV. and normal MUV. were not found to differ when compared to the spontaneous recovery courses.

3) Muscletrophy was recovered 1 month earlier than the control.

4) There was not shown a great difference of cyclenumber and polarity by electrification.

5) The action of low frequency current that was considered was not earlier than the recovery of peripheral nerve lesion, but a process to prevent the muscletrophy and degeneration.

Thus the author proved the electromyographic recovery of peripheral nerve crushing, and process of low frequency current in opposition to peripheral nerve recovery.

## 目 次

### 第1章 緒 言

### 第2章 実験材料及び実験方法

### 第3章 実験成績

#### 第1節 自然回復経過群

##### 第1項 正常時放電

##### 第2項 Fibrillation V.

##### 第3項 Nascent MUV.

##### 第4項 再生 Normal MUV.

##### 第5項 Reinnervation V.

##### 第6項 小 括

#### 第2節 低周波処置経過群

##### 第1項 3 cycle の場合

##### 其の1 Stimulation 通流

##### 其の2 Sedative 通流

#### 第2項 30 cycle の場合

##### 其の1 Stimulation 通流

##### 其の2 Sedative 通流

#### 第3項 300 cycle の場合

##### 其の1 Stimulation 通流

##### 其の2 Sedative 通流

#### 第4項 小 括

### 第4章 総括並びに考案

### 第5章 結 論

#### 主要文献

#### 附 図

## 第1章 緒 言

末梢神経が器質的障害を受けた場合、そこには複雑微妙な再生機転が現れ、再びその機能を回復するに至ることは周知の通りである。しかしこの再生過程は数多の生理学的並びに病理組織学的検索によつてなされているが、このような神経筋系の異常は電気生理学的に解明する必要がある。

神経筋系の再生に関する筋電図学的研究は Weddell, Feinstein, Pattie (1943), Berry, Grundfest, Hinsey (1944), Jasper (1945), Golseth, Fizzell (1947), Yahr, Herz, Moldaver (1950) 等によつてなされているが、我が国に於ては加藤、保田、前原 (1952), 長谷川 (1954) の業績が見られるに過ぎない。しかもその成績は必ずしも一致を見ない。

著者は末梢神経がその走行中に於て器質的障害を受けた場合に如何なる経過を辿り再び機能を回復するに至るか、実験的に家兎坐骨神経を挫滅し、その機能の殆んど回復するまで詳細に筋電図学的に検索した。

又種々の神経筋系の疾患に用いられる理学的療法の中、電気療法は重要な部門を占めているが、近來低周直角脈波電流の基礎的並びに臨床的研究が進められ、種々の疾患特に疼痛や麻痺に大きな治療効果のあることが報告されているが、この低周直角脈波が末梢神経の器質的障害の回復過程に如何なる影響を与えるかその作用機序について Augospel を用い、坐骨神経挫滅家兎に各種条件の低周直角脈波通流を行つたので茲に報告する。

## 第2章 実験動物及び実験方法

### 1) 実験動物

体重 2.5 ~ 3 kg の成熟健常白色雄性家兎 24 匹を使用した。

### 2) 神経挫滅術式

エーテル麻酔のもとに家兎大腿外側後面に約 2 種の縦皮切を加え、大腿二頭筋を鋭性に切離して坐骨神経を露出し、その成る可く上部を持針器により一定の

強さにて強く挫滅した後、該部の筋及び皮膚の縫合を行つた。

### 3) 家兎固定器

針電極の刺入並びに通電操作を容易ならしめるため家兎の頸部を固定し、下腿が充分露出する様に固定器を製作使用した。

### 4) 観察及び記録方法

観察には東京電気精機製の筋電計を用い、必要に応じてブラウン管オシロスコープに誘導された波形を直接撮影し、又電磁オシログラフにより記録した。尚電極は  $\frac{1}{4}$  針による同心型針電極を使用した。

家兎坐骨神経挫減側の腓腸筋中央部より誘導される筋電図を示標とし、被検部位と神経挫減部との距離は約 11 糎であつた。そして下腿を他動的に伸展背屈させることにより容易に各種電圧が持続的に得られた。そして放電数の多少は (一), (+), (H), (HH), (HHH) の記号を用いた。尚低周波治療例では毎回通電直前に観察を行った。

#### 5) 低周直角脈波発生装置及び通電方法

平和電子研究所製 Augospol HT 502 を用い、通流には導子を常水に浸し、予め導子大に剪毛せる左臀部に

11×4.5 糎の不感導子を置き、左下腿後部には 2 糎円形の治療導子を置き、週 3 回の割合で術後 7 日より 30 回宛通電した。

#### 6) 実験例数及び通流条件

自然回復経過群	6例
3 ~, 5~10V, 0.8~1 mA, 20'	{ Stimulation 3例 Sedativ 3例 }
30 ~, 10~15V, 1.5~2 mA, 20'	{ Stimulation 3例 Sedativ 3例 }
300 ~, 15~20V, 3~4 mA, 20'	{ Stimulation 3例 Sedativ 3例 }

### 第 3 章 実 験 成 績

#### 第 1 節 自然回復経過群

##### 第 1 項 正常時放電

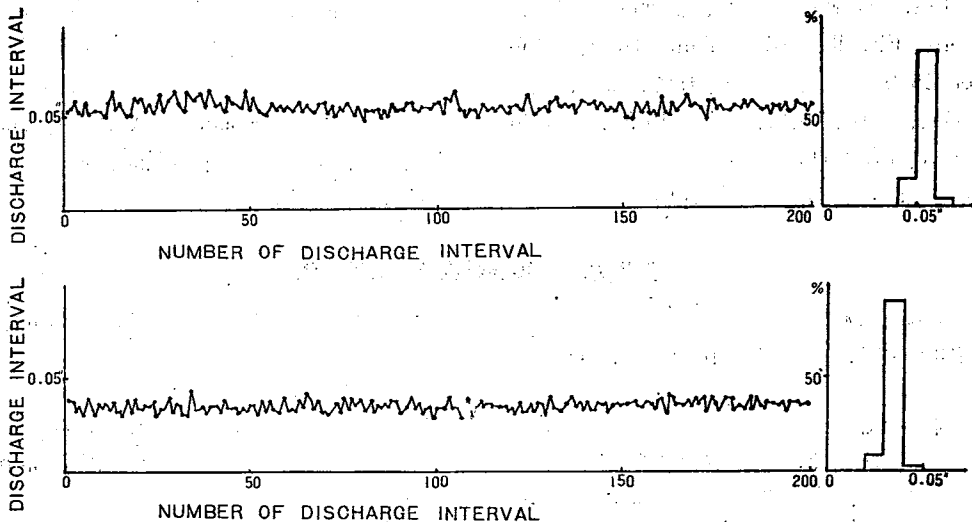
神経挫減前には安静時には全く放電が現われず所謂 electrical silence であつたが、下腿を他動的に伸展背屈 (伸張反射ではない) させることにより容易に持続性の Normal MUV. が得られた。波形は 2~3 相性のものが多く 4~5 ~ 6 m sec の持続時間で振幅は 500  $\mu$  V ~ 1 m V の

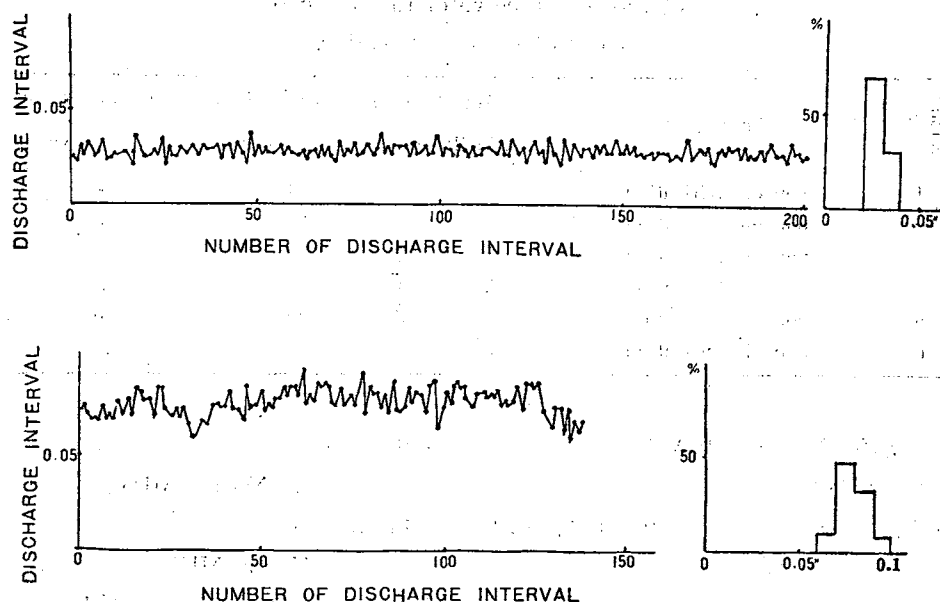
ものが多く、最大振幅は 1.5 m V 程度で 2 m V 以上のものは見られなかつた。又 Interference V. も容易に見られた。

放電間隔の変動は極めて少なかつた。第 1 図は正常時の Normal MUV. の Interval diagram 及び Histogram である。

放電頻度については 8~30 cycle の周期で放電するものが多かつた。

Fig. 1. Interval diagram and histogram of Normal MUV.





## 第2項 Fibrillation Voltage

### 1) 出現開始時期

神経挫減後は absolute electrical silence であつたが、第1表に見られる如く術後2日に1例、3日に2例、4日に2例、5日に1例、平均3.5日に Fibrillation V. が現れ始めた。

### 2) 波形

普通は1~2相性であつたが稀に同期した多相性の Fibrillation V. も見られた。

### 3) 振巾

Fibrillation V. が現れ始めてから2~3日間は  $50 \mu V$  以下のものが多かつたが次第に振巾を増大して7日には  $50 \sim 60 \sim 100 \mu V$  に達した。しかし30日前後を頂点として次第に小さくなり、50~60日には  $60 \mu V$ 、90日以降では  $40 \sim 50 \mu V$  以下であつた。

### 4) 持続時間

何れの期間に於ても同期した Fibrillation V. を除いては1~2 msec であつた。

### 5) 放電頻度

Fibrillation 開始後数日間は筋表面にのみ現れていたが、次第に深部にも拡がり20日では何れの部位からも誘導される様になつた。

Fibrillation V. が現れてから7~10日、平均9日で(++)となり、16~21日平均18日で(+++)となり30日前後が最高であつた。そして49~56日平均51日で(++)となり、65~72日平均69日で(+)となり次第に減少していつたが、術後120日では1例消失、5例は完全には消失しなかつた。

Fibrillation V. の放電間隔は非常に不規則であつた。又長く続く Fibrillation V. の増減と略々一致して数秒乃至30~50秒で消失する discontinuous Fibrillation V. が見られた。

尙 Fibrillation V. が誘導される期間中、durationの長い4~5 msec,  $200 \sim 300 \mu V$  前後の Fasciculation V. も見られた。

Table 1. The onset of motor unit voltages after crushing of the sciatic nerve of rabbits, in the cases of non-electrification.

Rabbit No.	Treatment	Appearance-period of MUV. (Postoperative day)					
		Fibrillation		Nascent		Normal	
1	non-electrification	3	Average 3.5	44	Average 45.5	56	Average 54
2	non-electrification	4		51		58	
3	non-electrification	3		49		54	
4	non-electrification	2		40		49	
5	non-electrification	4		42		51	
6	non-electrification	5		47		56	

### 第3項 Nascent MUV.

#### 1) 出現開始時期

第1表に見られる如く術後40~51日, 平均45.5日に現れ始めた.

#### 2) 波 形

何れも多相性で4~6相性のものが多かつたが術後60~70日以降では2~3相性のものが多くなり次第にNormal MUV.に移行していった.

#### 3) 振 巾

Nascent MUV.の現れ始めた初期では200~300  $\mu$ V以下であつたが術後50~60日には500~600  $\mu$ Vになり, 70日には1mV前後の放電も見られた.Nascent MUV.の振巾の最大は1.5~2mV以下であつた.

#### 4) 持続時間

10~20 msecのものが多かつたが60~70日以降では5~10 msecになつた.

#### 5) 放電頻度及び放電間隔

50日前後では放電部位並びに放電頻度も少なかつたが次第に増加し, 47~61日, 平均54日で(++)となり, 70日前後を頂点としてそれ以降はNormal MUV.に移行したため減少して77~120日平均87日で(+)となつた.しかし120日に於てもNascent MUV.は全例に存続した.

放電間隔の変動は第2図の如く大きく見られ殊に初期に於ては10~20 cycleの少ない頻度で放電間隔の変動は著明であつたが, 漸時20~30

~50 cycle となり変動も少なくなつた.

### 第4項 Normal MUV.

#### 1) 出現開始時期

再生せるNormal MUV.の現れ始める時期は第1表の如く49~58日, 平均54日であつた.

#### 2) 波 形

2~3相性又は多相性で殊に初期のものは多相性であつたが次第に2相性の放電になつた.

#### 3) 振 巾

術後60日では500~600  $\mu$ Vのものが多かつたが1mV前後の放電も見られた.術後90日以降では1~1.5mVの放電が多く, 何れの例に於ても術前のNormal MUV.の振巾よりも大きいものが多かつた.

#### 4) 持続時間

術後60日では5~10 msecのものが多かつたが次第に短くなり90日以降では5~6 msecのものが多く見られた.

#### 5) 放電頻度及び放電間隔

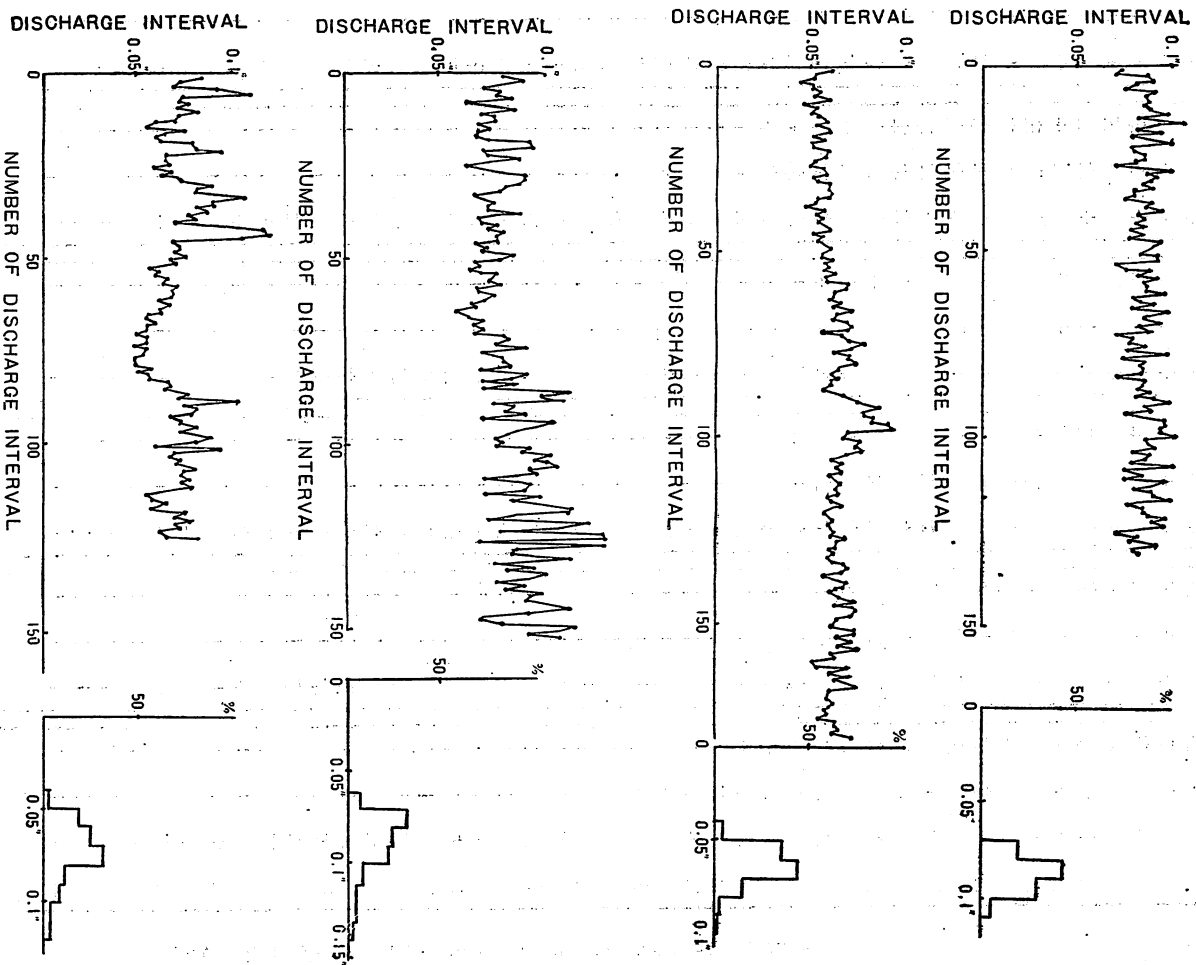
術後50日前後では放電数が少なかつたが56~70日平均63日で(++)となり, 65~84日平均76日で(++)となつた.90日以降では殆んどすべての部位より放電が見られ, 又Interference V.も容易に認められた.そして120日では4例が(###), 2例が(++)であつた.

最大放電数は20~60 cycleで, 放電間隔変動は第3図の如く著明ではなかつた.

Table 2. The onset and course of motor unit voltages after crushing of the sciatic nerve of rabbit, in the cases of natural recovery groups.

Rabbit	NMU.	Postoperative days	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	19	21	23	26	28	30	33	35	37	40	42	44	47	49	51	54	56	58	61	63	65	68	70	72	75	77	79	82	84	86	90	120													
No. 1	Fibrillation		-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											
	Nascent		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-										
	Normal		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
No. 2	Fibrillation		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
	Nascent		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Normal		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No. 3	Fibrillation		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Nascent		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Normal		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No. 4	Fibrillation		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Nascent		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Normal		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No. 5	Fibrillation		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Nascent		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Normal		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No. 6	Fibrillation		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Nascent		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Normal		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fig. 2. Interval diagram and histogram of nascent M U V.



第5項 Reinnervation V.

術後 90 日以降の Normal M U V は 1.5 mV 前後のものが多かったが、4 ~ 5 mV に及ぶ放電が全例に見られた。術前では最大振幅は 2 mV 以下であり、明らかに Reinnervation V. とと思われる。波形は 2 ~ 3 相性で持続時間は 5 ~ 6 m

sec のものが多かった。そして放電間隔は 10 ~ 30 cycle のものが多く見られた。

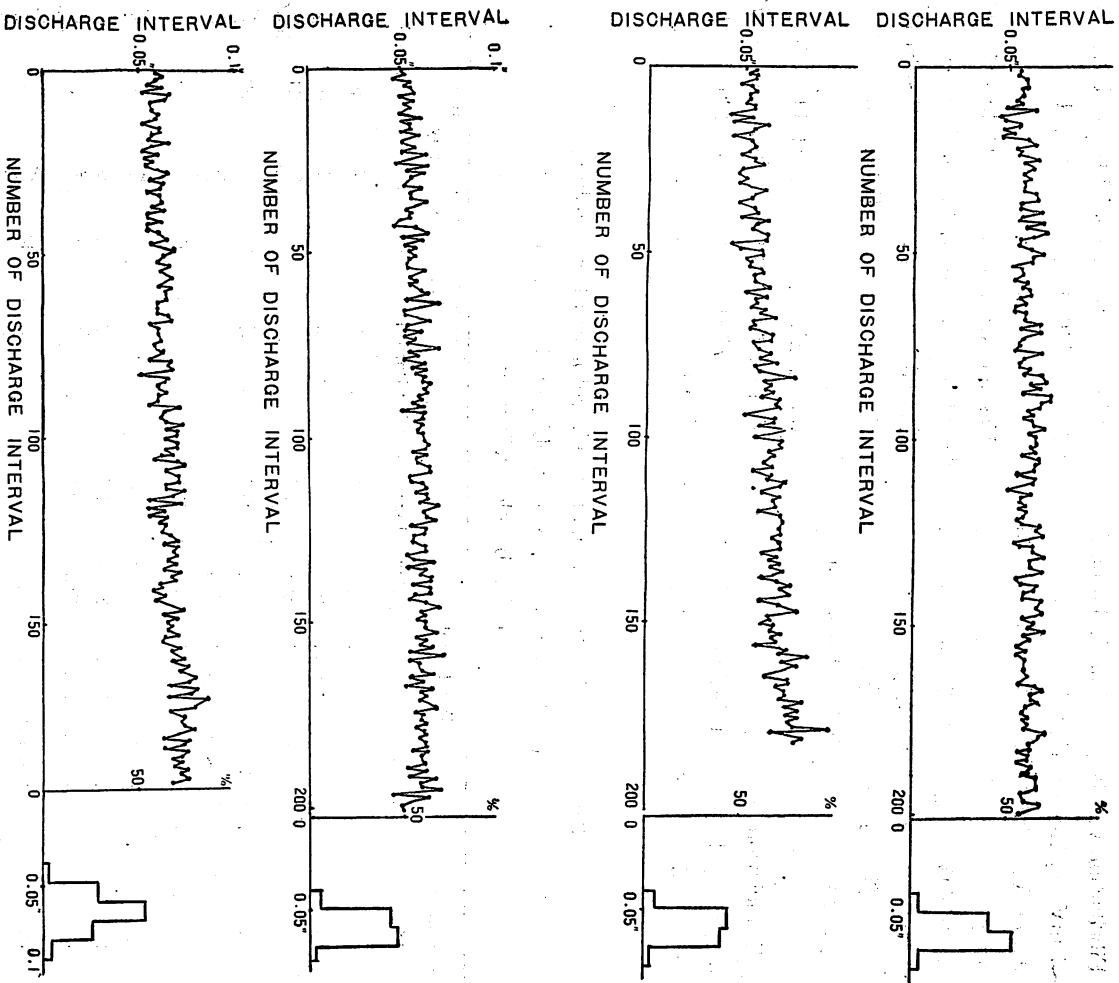
尚筋萎縮の回復は術後 4 ヶ月を要した。

第6項 小 括

坐骨神経挫減後 3.5 日に Fibrillation V. が現れ次第に増加し、30 日前後で最高となり、それ



Fig. 3. Interval diagram and histogram of revival normal MUV.



以後は次第に減少した。そして45.5日に Nascent MUV が現れ、放電数を増加し70日前後が最高であつた。Nascent MUV. は70日以降は Normal MUV. に移行したため減少していった。

Normal MUV. は54日に現れ次第に放電数を

増し90日以降では Interference V. も容易に見られる様になつた。120日には Normal MUV. は殆んど正常の状態に回復したが、Fibrillation V. 及び Nascent MUV. は完全には消失しなかつた。

放電間隔の変動は術前では極めて少なく、初

期の Nascent MUV. では大きく見られ, 120 日の Normal MUV. では少なかった.

又 Fibrillation V. と共存する Fasciculation V. や 4~5 mV の Reinnervation V. も認められた. Fibrillation V. が減少し始めてから Nascent MUV. の現われるまでの期間は約 10 日間であり, 神経の再生速度は 1 日平均 2.23 mm であつた.

筋萎縮の回復は術後 4 ヶ月を要した.

## 第2節 低周波治療群

第1項 3~, 5~10 V, 0.8~1 mA,  
20' 通電

イ) Stimulation 通流の場合

第3表及び第4表の如く Fibrillation V. の出現開始は 4~5 日平均 4.3 日で, 8~9 日平均

8.7 日で (++) , 16~19 日平均 17 日で (++) と  
なり 35 日で最高となつた. そして 40~51 日  
平均 46 日で (++) , 68~72 日平均 70 日で (+)  
となつた. 120 日では 2 例 (+) , 1 例 (-) であ  
つた.

Nascent MUV. の出現開始は 40~47 日平均  
44.6 日で, 54~61 日平均 57 日で (++) となり  
最高は 65 日であつた. そして 82~84 日平均  
83 日で (+) となつた. 120 日でも全例 (+) で  
あつた.

Normal MUV. の出現開始は 49~58 日平均  
53.6 日で, 61~70 日平均 65 日で (++) , 72~  
84 日平均 77 日で (++) となり, 120 日では 2 例  
(++) , 1 例 (++) であつた.

Table 3. The onset of motor unit voltages after crushing  
of the sciatic nerve of rabbit, in the treated  
cases by electrification.

Rabbit No.	Treatment					Appearance-period of MUV. (Postoperative day)					
	~	V	mA	polar	duration	Fibrillation		Nascent		Normal	
7	3	5~10	0.8~1	Stim	20'	4	Average 4.3	40	Average 44.6	49	Average 53.6
8	3	5~10	0.8~1	Stim	20'	4		47		58	
9	3	5~10	0.8~1	Stim	20'	5		47		54	
10	3	5~10	0.8~1	Sed	20'	3	Average 4.6	51	Average 45.6	58	Average 55.3
11	3	5~10	0.8~1	Sed	20'	5		44		54	
12	3	5~10	0.8~1	Sed	20'	6		42		54	
13	30	10~15	1.5~2	Stim	20'	5	Average 4.6	49	Average 43.6	54	Average 51.6
14	30	10~15	1.5~2	Stim	20'	4		47		54	
15	30	10~15	1.5~2	Stim	20'	5		35		47	
16	30	10~15	1.5~2	Sed	20'	4	Average 3.0	44	Average 44.3	56	Average 53.6
17	30	10~15	1.5~2	Sed	20'	2		47		54	
18	30	10~15	1.5~2	Sed	20'	3		42		51	
19	300	15~20	3~4	Stim	20'	4	Average 4.0	42	Average 45.0	51	Average 54.3
20	300	15~20	3~4	Stim	20'	3		49		58	
21	300	15~20	3~4	Stim	20'	5		44		54	
22	300	15~20	3~4	Sed	20'	4	Average 3.6	42	Average 43.3	51	Average 53.6
23	300	15~20	3~4	Sed	20'	4		44		54	
24	300	15~20	3~4	Sed	20'	3		44		56	
Average						4.0		44.4		53.7	

Table 4. The onset and course of motor unit voltages after crushing of the sciatic nerve of rabbit, in the treated cases by electrification.  
(3 C/S, 5 ~ 10 V, 0.8 ~ 1 m A, Anode)

Rabbit	NMU \ Postoperative days	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	19	21	23	26	28	30	33	35	37	40	42	44	47	49	51	54	56	58	61	63	65	68	70	72	75	77	79	82	84	86	90	120	
No. 7	Fibrillation	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	
	Nascent	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Normal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

No. 8	Fibrillation	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Nascent	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Normal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

No. 9	Fibrillation	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Nascent	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Normal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### ロ) sedativ 通流の場合

第3表及び第5表の如く Fibrillation V. の出現開始は術後3~6日平均4.7日で、7~9日平均8日で(++)、21~28日平均23日で(++)となり最高は33日であつた。そして40~44日平均43日で(++)、63~72日平均68日で(+)となり、120日では2例(+)で1例は Fibrillation V. は消失した。

Nascent MUV. の出現開始は42~51日平均45.6日で、54~61日平均57日で(++)となり、最高は68日であつた。120日に於ても Nascent MUV. は全例に見られた。

Normal MUV. の出現開始は54~58日平均55.3日で、61~70日平均65日で(++)、70~79日平均76日で(++)となり、120日では全例(++)となつた。

第2項 30~, 10~15 V, 1.5~2mA,  
20' 通電

### イ) Stimulation 通流の場合

第3表及び第6表の如く Fibrillation V. の出現開始は4~5日平均4.7日で、8~9日平均8.3日で(++)、16~21日平均19日で(++)となり35日で最高となつた。そして40~47日平均45日で(++)、51~70日平均61日で(+)となり、120日では1例(+), 2例は Fibrillation V. は見られなかつた。

Nascent MUV. の出現開始は35~49日平均43.6日で、47~61日平均55日で(++)となり、65日が最高であつた。そして77~82日平均80.3日で(+)となつたが120日に於ても全例に Nascent MUV. が見られた。

Normal MUV. の出現開始は47~54日平均51.6日で、58~63日平均60.7日で(++)、68~77日平均72.3日で(++)となり、120日では全例(++)となつた。

### ロ) Sedativ 通流の場合

第3表及び第7表の如く Fibrillation V. の出現開始は2~4日平均3日で、8~9日平均8.3日で(++)、12~14日平均13.3日で(++)となり、最高は33日であつた。そして35~37日平

均36.3日で(++)、54~63日平均59.3日で(+)となり、120日では2例(-), 1例(+)であつた。

Nascent MUV. の出現開始は42~47日平均44.3日で、56~61日平均57.7日で(++)となり、最高は70日であつた。そして75~84日平均79.3日で(+)となり120日でも全例(+)であつた。

Normal MUV. の出現開始は51~56日平均53.6日で、58~68日平均63.7日で(++)、68~79日平均74.6日で(++)となり、120日では2例(++)、1例(++)であつた。

第3項 300~, 15~20 V, 3~4mA,  
20' 通電

### イ) Stimulation 通流の場合

第3表及び第8表の如く Fibrillation V. の出現開始は術後3~5日平均4日で、7~9日平均8日で(++)、12~16日平均14日で(++)となり35日で最高となつた。そして44~51日平均47.3日で(++)、65~75日平均70日で(+)となり、120日では2例(+), 1例(-)であつた。

Nascent MUV. の出現開始は42~49日平均45日で、56~61日平均57.7日で(++)となり68日で最高となつた。そして82~90日平均85.3日で(+)となり、120日でも全例(+)であつた。

Normal MUV. の出現開始は51~58日平均54.3日で、63~68日平均64.7日で(++)、70~77日平均74日で(++)となつた。120日では全例(++)であつた。

### ロ) Sedativ 通流の場合

第3表及び第9表の如く Fibrillation V. の出現開始は3~4日平均3.7日で、8~10日平均8.7日で(++)、19~23日平均21日で(++)となり37日が最高であつた。そして44~49日平均46.6日で(++)、63~68日平均65.3日で(+)となり120日では2例(+), 1例(-)であつた。

[illegible][illegible][illegible]

Table 6. The onset and course of motor unit voltages after crushing  
of the sciatic nerve of rabbit, in the  
treated cases by electrification.  
(30 C/S, 10 ~ 15 V, 1.5 ~ 2 m A, Anode)

Rabbit	NMU \ Postoperative days	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	19	21	23	26	28	30	33	35	37	40	42	44	47	49	51	54	56	58	61	63	65	68	70	72	75	77	79	82	84	86	90	120	
No.13	Fibrillation	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	
	Nascent	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Normal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

No.14	Fibrillation	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Nascent	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Normal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

No.15	Fibrillation	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Nascent	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Normal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Table 8. The onset and course of motor unit voltages after crushing  
of the sciatic nerve of rabbit, in the treated  
cases by electrification.  
(300 C/S, 15 ~ 20 V, 3 ~ 4 m A, Anode)

Rabbit	NMU / Postoperative days	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	19	21	23	26	28	30	33	35	37	40	42	44	47	49	51	54	56	58	61	63	65	68	70	72	75	77	79	82	84	86	90	120	
No. 19	Fibrillation	--	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Nascent	--	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Normal	--	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

No.20	Fibrillation	---	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Nascent	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Normal	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

No.21	Fibrillation	---	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Nascent	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Normal	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



Table 9. The onset and course of motor unit voltages after crushing of the sciatic nerve of rabbit, in the treated cases by electrification.

(300 C/S, 15 ~ 20 V, 3 ~ 4 mA, Kathode)

[illegible][illegible][illegible]

Nascent MUV. の出現開始は 42~44 日平均 43.3 日で, 54~58 日平均 55.3 日で(++)となり 70 日で最高となった。そして 75~82 日平均 79.6 日で(+)となったが, 120 日に於ても全例(+)であった。

Normal MUV: の出現開始は 51~56 日平均 53.6 日で, 61~65 日平均 63 日で(++), 72~79 日平均 75.3 日で(+++)となった。120 日では全例(++++)であった。

#### 第4項 小 括

低周直角脈波治療例の成績は第4図の如く Fibrillation V. は神経挫滅後 3.7 日より現れ 35 日前後が, 最高であった。その後次第に減少したが, 対照例に比し 90 日前後までは多く見られ

たが, それ以降では減少の傾向が認められた。

Nascent MUV. は術後 43.3 日に, Normal MUV. は 53.6 日に現れ始めたが, それ以後の経過は Reinnervation V. と共に 対照例と大差はみられなかった。

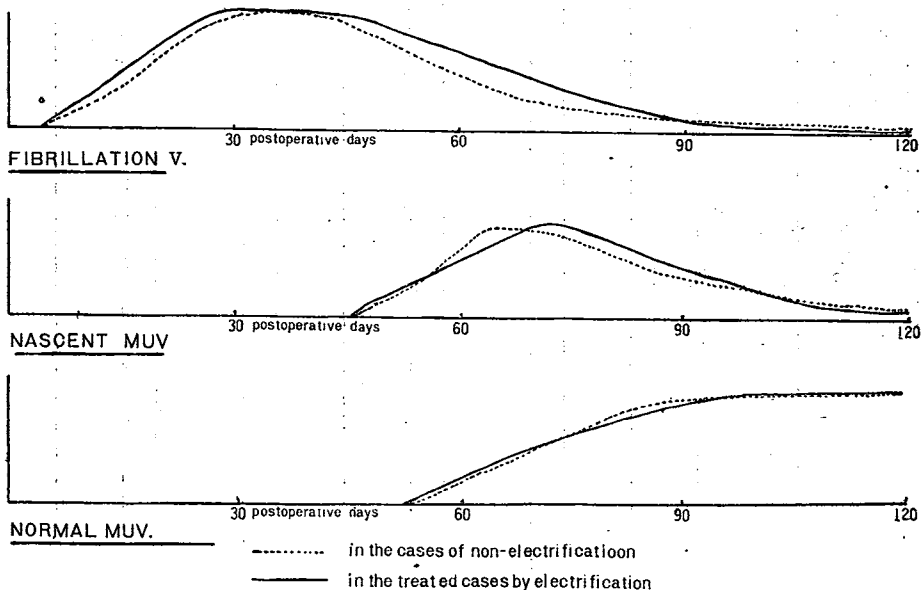
神経再生速度は 1 日約 2.28 mm で 対照例と殆んど同速度であった。

低周波通流の Cycle 別及び極性による差異は見られなかった。

筋萎縮の回復は対照例より 1 ヶ月早く, 約 3 ヶ月後には回復した。

運動機能は 何れの場合も 再生せる Nascent MUV. 及び Normal MUV. の増加と殆んど平行して回復した。

Fig. 4. Difference of the recovery due to the treatment by electrification.



#### 第4章 総括並びに考按

筋の収縮に伴って電流が生ずることは既に Galvani により知られているが, Adrian 及び Bronk<sup>(70)</sup> の針電極の考案によつて神経筋系の疾

患に対する筋電図の応用が盛んになつてきた。末梢神経の再生過程に関して Weddel, Feinstein, Pattle<sup>(64)</sup> (1943) が始めて筋電図所見を報告

した。氏等は二十日鼠、鼠、海猿、家兎の脛骨及び腓骨神経と猿の橈骨神経を鉗子で挫滅して機能の回復するまで調べた。又実験者自身の上腕筋についても調べた。

Jasper<sup>80)</sup>(1946)は人に於ける尺骨、正中、橈骨神経の再生過程について報告し、又 golseth, Fizzell<sup>76)</sup>(1947)は猫の坐骨神経を切断並びに縫合した後3ヶ月間回復過程を観察している。加藤<sup>13)</sup>(1952)は家兎の坐骨神経を切断し、種々の縫合を行った後の下腿の回復過程を検索し、長谷川<sup>40)</sup>(1954)は家兎大腿伸筋の創傷治癒過程を検索し報告している。しかしこれらの業績は必ずしも一致を見ない。

Fibrillation V.は筋線維群がその神経支配を断たれたときに発現するが、その発現時期については Denny-Brown<sup>71)</sup>は神経支配断絶後8~12日、Forster<sup>74)</sup>は動物試験に於て2~8日、Landau, Hirschberg<sup>77)</sup>、加藤<sup>13)</sup>は4~5日後に現れることを報告して居り、又 Feinstein, Pattle 及び Weddel<sup>72)</sup>は Fibrillation V.の発現時期は動物の大きさにより異なり、小さい動物程早く現れると言っている。そして氏等の実験では家兎でも体重によつて異なり、2~2.1 kgのものは5日、2~2.8 kgのものでは7日に現れた。

本実験に於ては2.5 kg前後の家兎24例の Fibrillation V.の出現開始の平均日数は3.9日であつた。しかし被検部より上方、殊に神経挫滅部附近では既に48時間以前に Fibrillation V.が現れ、そして急速に末梢に拡がつていった。それ故にこの Fibrillation V.の出現開始は神経損傷部位と被検部位との距離に密接な関係があることを知り得た。従つて神経の変性は切断端より末梢に拡がるものでなく、全体が同時に侵されるという Eccles (1941)の説には賛成出来ない。

Golseth と Fizzell<sup>76)</sup>は Fibrillation V.について、針電極を刺入してから30秒以上持続するか否かにより continuous F.と discontinuous F.とに分け、Marinacci<sup>82)</sup>は針電極刺激によつて

生ずる inactive F.と自発性に数分乃至無限に続く active F.とに分けているが、本実験に於ても術後7日では10秒前後、30日では40秒前後で消失する Fibrillation V.と、長く持続する Fibrillation V.と見られた。Golseth 等の言う incontinuous F.は Marinacci の inactive F.に相当し、continuous F.は active F.に相当するものと考えられる。

Fibrillation V.の消失時期については、Marinacciは54年前に脊髄前角炎に罹患した59才の女の総指伸筋から Fibrillation V.を観察している。又加藤及び Golseth 等は神経障害後90日でも未だ見られることを報告している。本実験では120日後では減少又は消失したが完全には消失しなかつた。

この様に Fibrillation V.は離断神経が再生され、その支配領域の筋群が回復するに至るか、又は筋が線維化するまでは停止しないものと思われる。

Nascent MUV.の出現開始時期については、Golseth 及び Fizzell の実験では術後40日以前に現れ、加藤は35日で現れることを報告しているが、本実験では術後45.5日に現れた。このような差異は神経離断部と被検部位との距離が異つたために起ると思われる。

本実験に於て Fibrillation V.が減少し始めてから14日後に Nascent MUV.が現れた。これは加藤、Jasper、Weddel 等の Nascent MUV.の出現に先立ち Fibrillation V.の減少が見られるという成績と一致している。又 Nascent MUV.は術後120日でも未だ可成り認められたが、加藤、Golseth 等も90日後でも消失しなかつたことを報告している。

Normal MUV.の出現開始については Golseth、Fizzellは術後60日では既に現れるとし、加藤は65日に現れるといつているが、本実験に於ては術後54日で現れた。

Reinnervation V.については Yahr, Herz, Moldaver<sup>86)</sup>は末梢神経の完全な傷害で縫合術を受けてから3~5年経過した患者の随意収縮

時に、2～15 mV の Reinnervation V. が現れたことを報告しているが、Golseth や加藤の実験では術後 90 日までの観察で Reinnervation V. には触れていない。本実験に於ては術後 3 ヶ月以後では全例に 4～5 mV の大きな放電が認められた。これは健常時の Normal MUV. は 2 mV 以下であるから Reinnervation V. と考えられる。

神経の再生速度に関して Jasper は 1 日約 2.5 mm, Golseth 及び Fizzell は 1 日約 2.6 mm であると言っているが、本実験では 1 日約 2.2 mm で稍遅い成績を示した。

Nascent MUV. が運動機能の回復に先行して現れ、一端現れ始めると Nascent MUV. 及び Normal MUV. が急速に増加することは Golseth や加藤の成績と同様であつた。

本実験に於て放電間隔の変動は回復過程の初期に大きく見られ、4 ヶ月後では少なくなった。これは Nascent MUV. 及び Normal MUV. が未だ小数しか現れていない時期には筋が容易に疲労に陥り易いためであることも一つの原因と考えられる。

末梢神経の再生は以上の如き経過を辿つて行われたのであるが、この経過中に理学的療法を施すことにより如何なる変化が現れるか Augspiegel を用いて低周直角脈波通流を行つて観察した。

何れも低周直角脈波作用に関する基礎的研究は鈴木<sup>26-30)</sup>、本間<sup>55-60)</sup>、五百住<sup>2)5)</sup>、水野<sup>63)</sup>、野口<sup>48)</sup>その他<sup>8)23)40)52)54)66)</sup>によりなされ、筋、神経麻痺に対する応用は五百住<sup>3)4)6)7)</sup>、河野<sup>19)</sup>、水野<sup>63)</sup>、畑<sup>50)</sup>、田坂<sup>33)34)35)36)</sup>、その他<sup>1)9)10)11)22)37)38)47)64)</sup>の研究成績の報告を見る。

Weddell<sup>84)</sup>はプロスチグミンにより Fibrillation V. を増加させることを見て居り、Langley、加藤<sup>81)</sup>は血流の強弱及び温度の高低が Fibrillation V. の増減に密接な関係があることを指摘している。Tower<sup>83)</sup>も同様の事を観察している。

Golseth、Fizzell は Fibrillation V. の現れて

いる神経離断筋に理学的療法や電気刺激を施す必要を述べている。本実験に於ては麻痺筋に低周直角脈波通流を行つている期間は対照例に比較し Fibrillation V. は多く見られた。しかし低周波治療を停止してからは対照例より減少の傾向が見られた。

田坂<sup>36)</sup>は脊髄前角炎で弛緩性麻痺を呈し、Fibrillation V. が多数誘導される患者に Sedativ 通流を行い、Fibrillation V. の減少又は消失を見ているが本実験に於てはかかる現象は見られなかつた。Sedativ 通流でも Stimulation 通流でも通流後漸時の間は Fibrillation V. の増加が見られた。

田坂、野口、河野等は神経麻痺の諸疾患に低周直角脈波治療を行い好成績を挙げているが、河野<sup>19)</sup>は麻痺が末梢性でしかも変性に陥つていないものに有効であると言っている。又井本<sup>9)</sup>等も末梢神経麻痺については、機能的麻痺には有効であるが神経自身に器質的变化が現れたものには効果がないことを指摘している。本実験に於ても神経離断筋に低周波治療を施すことにより、Nascent MUV. 及び Normal MUV. の出現時期や経過を著明に促進せしめ得なかつた。

神経筋麻痺に対する低周波電流の最適周波数について、五百住<sup>2)</sup>は表在性筋には 2～30 cycle、深在性筋には 60～300 cycle が最適であるとし、畑<sup>50)</sup>は 30～60 cycle が良いとし、河野<sup>19)</sup>は 10～15 cycle が良いとし、水野<sup>63)</sup>、野口<sup>47)</sup>は 30 cycle 前後が効果が大であると言っているが、本実験でも 3, 30, 300 cycle の中 30 cycle が筋萎縮の回復には最適であつた。

鈴木は電気療法の効果は刺激作用よりも通流第 3 作用によると言っている。Pflüger が神経筋の興奮性を表示する閾値は電気緊張下では陽極側で閾値は高くなり、陰極側で低くなることを認め、臨床面ではこれを基にして電気治療がなされてきたのであるが、鈴木、本間等は強い電圧で長時間通流を行うと、通流によつて神経膜の透化性に変化が起り、Pflüger の閾値の変化とは反対に陰極通流にては閾値は上昇し、陽

極通流では閾値を低下させる事を認め、これを通流電極第3作用と名付け、幾多の鈴木門下によつて研究されているが、私の実験では神経筋の機能的障害ではなく器質的障害について検索したのであるが、かゝる極性による変化は認められなかった。

神経筋麻痺に対する作用機序については、五百住<sup>7)</sup>は随意時並びに電撃時の筋最大収縮力を測定してその結果、電気刺激による反覆収縮の結果招来された筋収縮力の増加によるものであると言っている。本実験に於て低周直角脈波治療により Nascent MUV. や Normal MUV. の

出現時期や経過に著変を認めず、Fibrillation V. の消失時期並びに筋萎縮の回復を早めることが出来たことは、低周直角脈波は神経の再生に直接作用せず、神経の回復が行われる間末梢の筋に萎縮を予防し、正常な状態に保存する作用によるものと思われるが、これは電流刺激による筋の他動的運動により血行を維持せしめる結果とも考えられよう。

以上の成績により神経損傷の回復過程並びにそれに及ぼす低周直角脈波の作用機序の一端を窺い得たと信ずる。

## 第5章

成熟健常白色雄性家兎の坐骨神経を挫滅し、その支配領域である腓腸筋中央部より誘導される筋電図を指標として、自然回復経過並びに低周波治療例について機能の回復するに至るまで検索して大要次の如き成績を得た。

自然回復過程は；

1) Fibrillation V. は術後 3.5 日に現れ次第に増加し 30 日前後が最高であつた。それ以後は減少したが 120 日でも完全には消失しなかつた。

2) Nascent MUV. は術後 45.5 日で現れ次第に増加し 70 日前後が最高であつた。それ以後は Normal MUV. に移行するため減少していったが 120 日でも可成り見られた。

3) Normal MUV. は術後 54 日に現れ 90 日までは急激に増加し、Interference V. も容易に現れる様になり、120 日では殆んど健常時の状態に回復した。

4) 3 ヶ月以上経過したものには Reinnervation V. が見られた。

5) 放電間隔の変動は健常時には少いが、回復過程の初期には大きく見られた。再生した 120 日の MUV. では変動は少くなつた。

## 結 論

6) 筋萎縮の回復には約 4 ヶ月を要した。

7) 神経線維の再生速度は 1 日約 2.23 mm であつた。

8) 運動機能は Nascent MUV. 及び Normal MUV. の増加と略々平行して回復した。

低周波治療家兎に於ては対照例に比較し；

1) Fibrillation V. は多く見られたが 90 日以降では減少の傾向を示した。

2) Nascent MUV. 及び Normal MUV. の出現開始や経過には大差が見られなかつた。

3) 筋萎縮の回復は約 1 ヶ月早かつた。

4) 低周直角脈波の周波数並びに極性による差異は認められなかつた。

以上の成績により神経挫滅の回復過程を明らかにすると共に、低周直角脈波は末梢神経の再生を特に促進せしめるものではなく、筋の萎縮、変性を防ぐ作用機序を有するものであることを筋電図学的に証明し得たものと思推する。

稿を終るに臨み終始御懇篤な御指導と御校閲を賜つた恩師平松教授、小林助教授に衷心より感謝の意を表しますと共に、種々御便宜を賜つた教室員の方々、筋電図研究班の飯森、平岡先生に深く感謝致します。

## 主 要 文 献

- 1) 飯沼：低周波電流による眼筋麻痺治療例，日本眼科紀要，2巻5号，287頁，(1951)
- 2) 五百住：低周波電流並びに変調低周波電流による麻痺の量的測定，科学試験研究報告集録医学編，28年，228頁，(1955)
- 3) 五百住：低周波電流に依る麻痺治療の研究，科学試験研究報告集録医学編，28年，282頁，(1953)
- 4) 五百住：低周波治療について，大阪大学医学部生理学診断学教室，(1953)
- 5) 五百住：低周波電流の麻痺に対する作用機序，電極第3作用と低周波電流による治療の応用年次報告集，2，67頁，(1954)
- 6) 五百住：麻痺を中心とした低周波電流療法，診療の実際，6巻2号，108頁，(1955)
- 7) 五百住：神経筋麻痺の測定に関する私考，日本放射線学会雑誌，12巻9号，61頁，(1952)
- 8) 井上：人体神経並びに筋の電気刺激閾値及び通流第3作用に関する研究，日本生理学雑誌，16巻9号，503頁，(1954)
- 9) 井本，豊島，奥野：低周波治療の経験より，低周波医学研究口演集，1，11頁，(1956)
- 10) 奥田：低周波電流の治療の応用，千葉医学会雑誌，29巻4号，392頁，(1953)
- 11) 奥田：整形外科領域に於ける低周波電流治療の応用に就いて，電極第3作用と低周波電流による治療の応用，年次報告集，2，39頁，(1954)
- 12) 笠井，斎藤，更井：Airhammer 使用者上肢筋の筋電図，交通医学，9巻3号，154頁，(1955)
- 13) 加藤，保田，前原：神経再生に関する筋電図学的研究，日本整形外科学会雑誌，26巻3～5号319頁，(1952)
- 14) 加藤：整形外科領域に於ける筋電図，脳と神経，4巻4号，253頁，(1952)
- 15) 木村：末梢神経の創傷治療現象，日本外科学会雑誌21回2号，(1920)
- 16) 来須：筋電図の整形外科領域に於ける応用，総合研究報告集録医学及び薬学編，昭和28年，192頁，(1953)
- 17) 熊川：神経欠損部補填に関する実験的研究，満洲医学雑誌，34巻5号，875頁，(1941)
- 18) 河野：廃用性萎縮筋の筋電図，学術月報別冊，41号，(28) (1953)
- 19) 河野：外科領域に於ける低周波治療経験，温研紀要，6巻2号，37頁，(1954)
- 20) 五味：筋電図の臨床的応用，東京女子医科大学雑誌，23巻2号，55頁，(1953)
- 21) 小林：筋電図の読み方考え方，金沢医理学叢書，24巻，206頁，(1954)
- 22) 沢：低周波治療の神経領域に於ける治療成績，医療，6巻3号，35頁，(1952)
- 23) 重松，山崎：人体アドミタンスと本間氏平衡回路網理論，電極第3作用と低周波電流による治療の応用年次報告集，2，47頁，(1954)
- 24) 島津：筋電図に於けるKT曲線の意義，第8回筋電図学会総会演説抄録集，16頁，(1955)
- 25) 杉：筋の活動電流と筋電図，日本生理学会雑誌，16巻5号，309頁，(1954)
- 26) 鈴木，本間：通流第3作用より見たる電流治療，千葉医学会雑誌，29巻3号，293頁，(1953)
- 27) 鈴木，本間：経皮通流に於ける第3作用，日本生理学雑誌，15巻4号，58頁，(1953)
- 28) 鈴木，大倉，熊坂：低周直角脈波通流の第3作用の研究，電極第3作用と低周波電流による治療の応用年次報告集，2，1頁，(1954)
- 29) 鈴木：通流電極の作用に就いて，日本生理学雑誌，17巻4号，223頁，(1955)
- 30) 鈴木：末梢神経縫合後再生線維の計数に由る期間的観察，名古屋医学，69巻10号，692頁，(1955)
- 31) 高橋：挫傷せる末梢神経再生に及ぼすレ線の影響，神経学雑誌，37巻10号，847頁，(1934)
- 32) 竹林：末梢神経損傷の診断と治療及び予後判定，臨床医報，3巻4～5号，154頁，(1949)
- 33) 田坂：内科領域に於ける諸種神経筋疾患の筋電図に関する研究，総合研究報告集録医学及び薬学編，28年，188頁，(1954)
- 34) 田坂：有極低周波通流の筋電図学的観察，脳と神経，7巻3号，167頁，(1955)
- 35) 田坂：低周波脊髄通電の中枢性麻痺に及ぼす影響に就いて，日本医事新報，No.1634，3頁，(1955)
- 36) 田坂：低周直角脈波電流による臨床的並びに実験的研究，電極第3作用と低周波電流による治療の応用年次報告集，2，21頁，(1954)
- 37) 田尻，立川，山田：癱の運動障害に対する低周直角脈波の治療，3報，同上，45頁，(1954)
- 38) 谷村，五百住：多汗症の低周波治療，診断と治療，41巻4号，51頁，(1953)
- 39) 陳内：外科領域に於ける筋電図の実験的研究，学術月報別冊資料，41号，363頁，(1953)
- 40) 津山，田川：低周波治療に関する一二の検討，電極第3作用と低周波電流による治療の応用年次報告集，2，81頁，(1954)
- 41) 時実：Neuromuscular

unitの活動様式に関する研究, 体力科学, 1巻2号, 61頁, (1951) 42) 時実: 姿勢動作と筋肉の働き方, 筋電図の Kinesiology への応用, 科学23巻3号, 135頁, (1953) 43) 時実: 骨格筋の機能分化(筋電図法の一つの応用), 脳神経領域, 6巻3号, 245頁, (1953) 44) 時実, 津山: 筋電図の臨床, 協同医書出版社, 東京, (1954) 45) 時実, 吉井: 筋電図その臨床的応用, 永井書店, 大阪, (1954) 46) 長良: 末梢神経縫合後機能恢復に対する電気学的検索, 日本外科学会雑誌, 45巻8~12号, 27頁, (1948) 47) 野口: 低周波電流による治療条件の決定に関する具体的手段の研究, 科学試験研究報告集録医学及び薬学編, 28年, 281頁, (1953) 48) 野口, 富田: 放電パルスの刺激に及ぼす影響, 低周波医学研究口演集, 1, 3頁, (1956) 49) 長谷川: 創傷治癒経過に関する筋電図学的研究, 整形外科と災害外科, 4巻1号, 29頁, (1954) 50) 畑, 莊野: 低周短形波療法(Augospel)の臨床的観察, 温研紀要, 6巻1号, 62頁, (1954) 51) 服部: 神経移植に於ける血漿血管片の改良の研究について, 名古屋医学, 68巻2号, 1頁, (1954) 52) 福田: 直流通流第3作用の神経絶対不応期に及ぼす影響, 日本生理学雑誌, 14巻4号, 212頁, (1952) 53) 藤森: 外科及び耳鼻科領域に於ける筋電図の応用的研究, 総合研究集録医学及び薬学編, 28年, 191頁, (1954) 54) 堀: 電気刺激効果と回路 Impedance との相関性, 電極第3作用と低周波電流による治療的応用年次報告集, 2, 63頁, (1954) 55) 本間: 運動障害診断に於ける電気変性反応と筋電図との比較研究, 医療, 8巻, 臨増, 57頁, (1954) 56) 本間: 人体皮膚電気分極に就いて, 日本生理学雑誌, 12巻10号, 261頁, (1950) 57) 本間: 筋電図より見たる通流電極第3作用及び低周直角脈波の治療的応用日本生理学雑誌, 16巻5号, 295頁, (1954) 58) 本間, 他: 人体神経筋閾値, 電極第3作用と低周波電流による治療的応用年次報告集, 2, 12頁(1954) 59) 本間, 渡部: 人体通流の限界, 同上, 5頁, (1954) 60) 本間: 人体刺激に関する二三の所見, 低周波医学研究口演集, 1, 1頁, (1956) 61) 三木: 諸種麻痺性疾患及び移植筋の筋電図学的研究, 学術月報別冊資料, 41号, 365

頁, (1953) 62) 三木: 筋電図の臨床的応用に関する研究, 学術月報別冊, 32号, 206頁, (1953) 63) 水野: 麻痺筋に対する低周波治療の基礎, 日本整形外科雑誌, 28巻3~4号, 288頁, (1954) 64) 水野: 麻痺神経筋に対する低周波治療の基礎問題, 脳と神経, 6巻6号, 330頁, (1954) 65) 村尾, 上田: 筋放電間隔変動に関する要因, 第9回筋電図学会総会口演抄録集, 1956年, 18頁, (1956) 66) 山川, 他: 反覆刺激閾値と直角脈波通流について, 低周波医学研究口演集, 1頁, (1956) 67) 山崎: 整形外科領域の萎縮筋の筋電図, 日本外科学会雑誌, 54回, 5号, 447頁, (1953) 68) 吉井: 筋電図研究会総会印象記, 日本医事新報, 1557号, 2956頁, (1954) 69) 渡辺: 末梢神経交叉縫合に関する実験的研究, 日本外科学会雑誌, 55回, 6号, 555頁, (1954) 70) Adrian, E. D., and Bronk, D. W.: The discharge of impulses in motor nerve fibres: II. The frequency of discharge in reflex and voluntary contractions. J. physiol. 67, 119, (1929) 71) Denny-Brown, D., and Penrybacker, J. B.: Fibrillation and fasciculation in voluntary muscle. Brain. 61: 311, (1938) 72) Feinstein, B., Pattle, R. E., and Weddell, G.: Metabolic factors affecting fibrillation in denervated muscle. J. Neurol., Neurosurg., and Psychiat. 8: 1 (1945) 73) Fischer, E.: The effect of faradic and galvanic stimulation upon the course of atrophy in denervated skeletal muscles. Amer. J. physiol. 127: 605, (1939) 74) Forster, F. M.: 時実, 津山成書より引用, 筋電図の臨床, 協同医書出版社, 東京, (1954) 75) Golseth, J. G., and Fizzell, J. A.: An instrument for direct nerve stimulation. J. Neurosurg. 4: 393, (1947) 76) Golseth, J. G., and Fizzell, J. A.: Electromyographic studies on cats after section and suture of the sciatic nerve. Am. J. of physiol. 150: 558, (1947) 77) Hirschberg, G. G.: 時実, 津山成書より引用, 筋電図の臨床, 協同医書出版社, 東京, (1954) 78) Hines, H. M., E. Melville, and W. H. Wehrmacher: The effect of electrical stimu-

lation on neuromuscular regeneration. *Am. J. Physiol.* 144 : 278, (1945)

79) Huddleston, O. L. : } Golseth 論文より  
80) Jasper, H. H. : } 引用  
*Am. J. of Physiol.* 150 : 558, (1947)

81) Langley, J. N., and }  
Kato, T. : }  
82) Marinacci, A., : } Marinacci 成書より  
83) Tower, S. S., :

引用, 臨床筋電図学, 医歯薬出版株式会社, 東京, (1956)

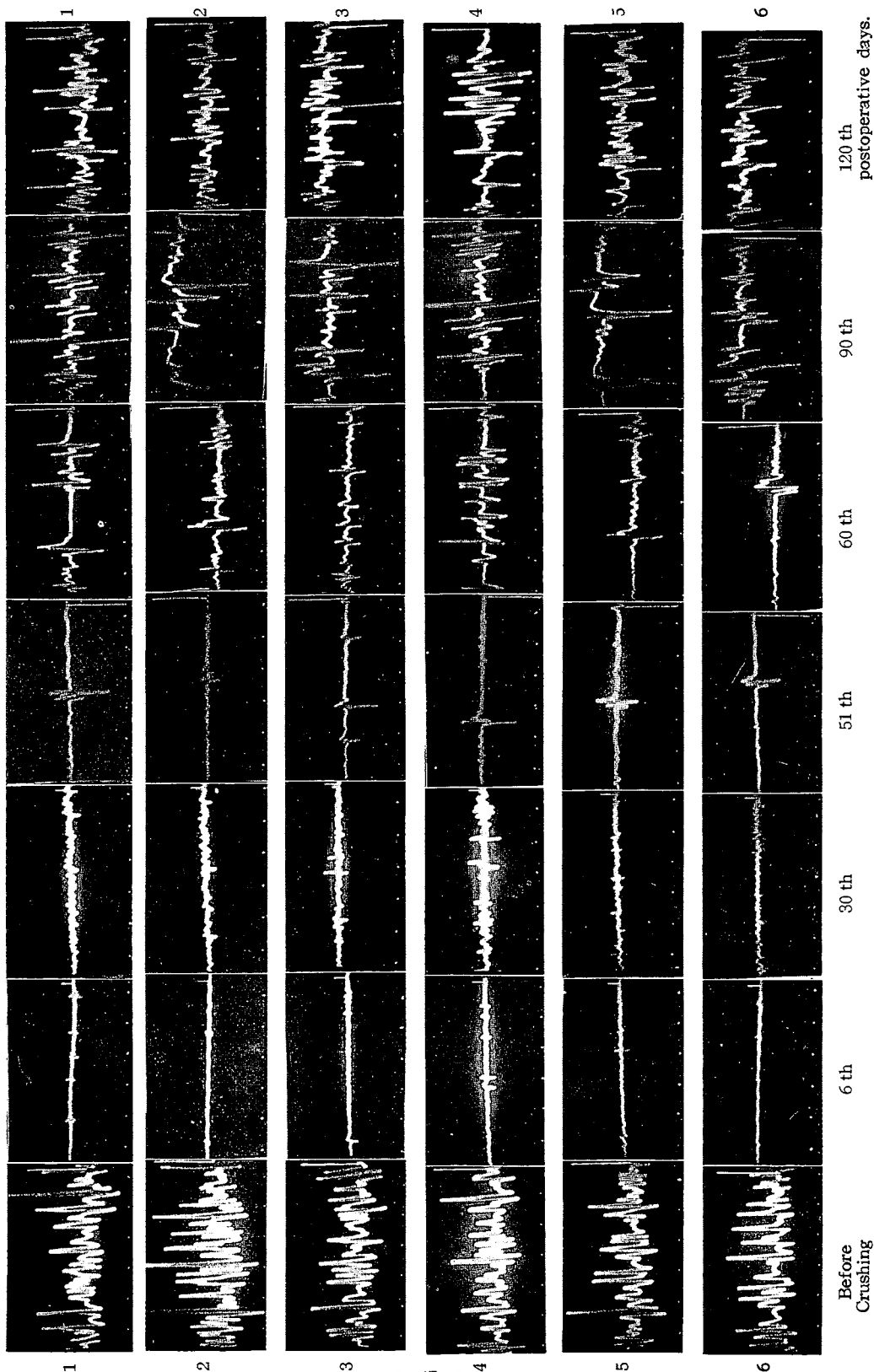
84) Weddell, G., Feinstein, B., and Pattle, R. E. : The electrical application of electromyography. *Lancet.* 1 : 236, (1943)

85) Woodhall, B. : Modern History of Peripheral Nerve Surgery. *J. A. M. A.* 140 : 564, (1949)

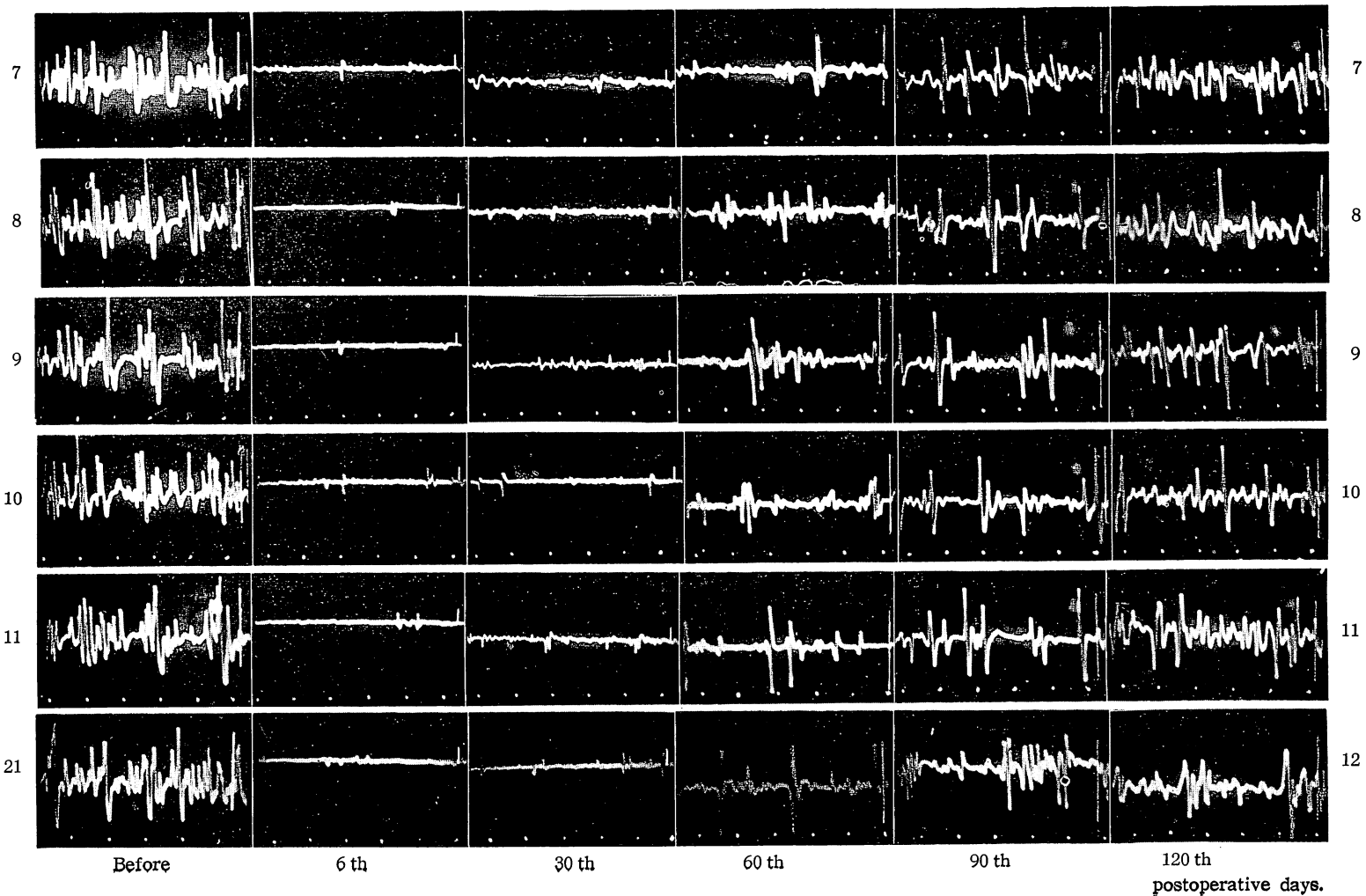
86) Yahr, M. B., E. Herz, and J. Moldaver : Electromyographic patterns in reinnervated muscles. *Fed. Proc.*, 9 : 140, (1950)



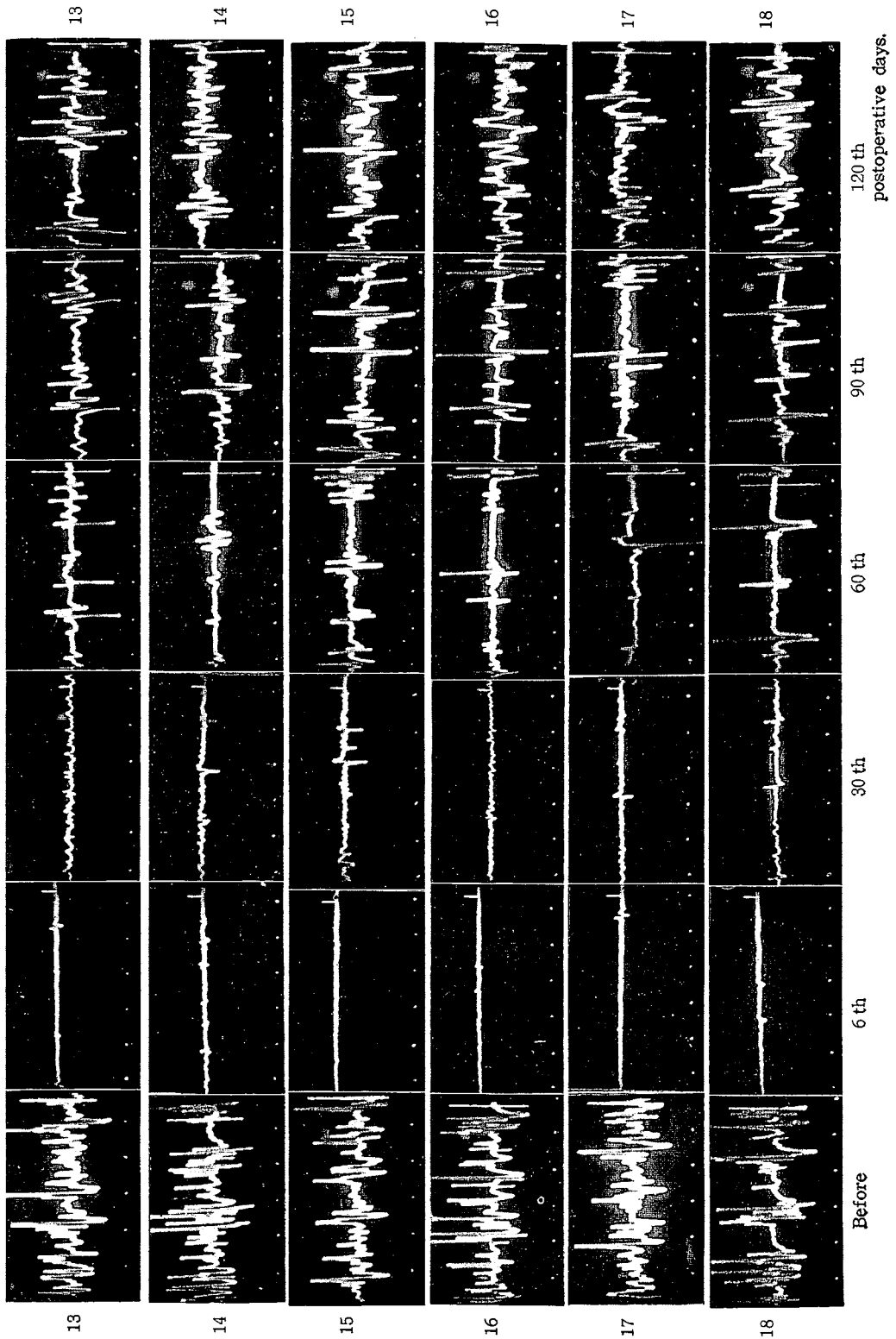
Rabbit No.



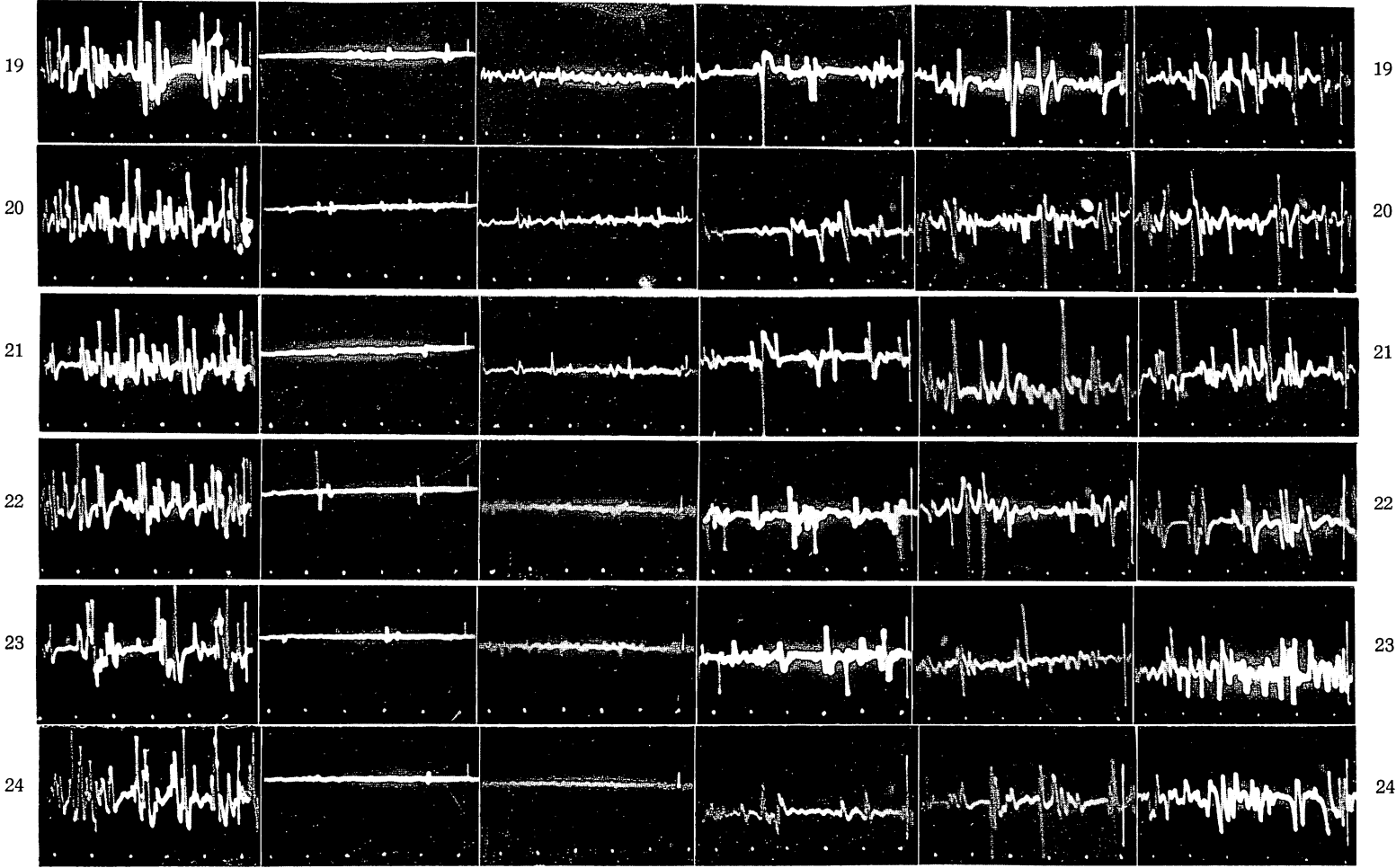
Rabbit No.



Rabbit No.



Rabbit No.



Before

6 th

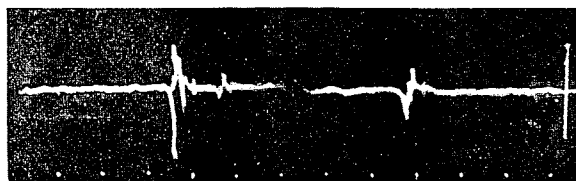
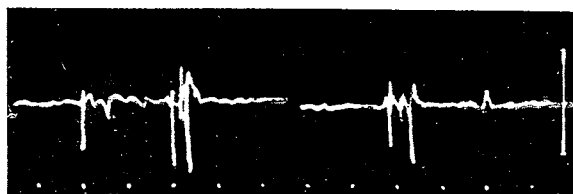
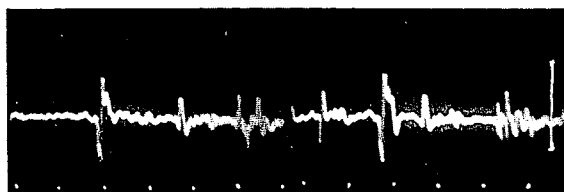
30 th

60 th

90 th

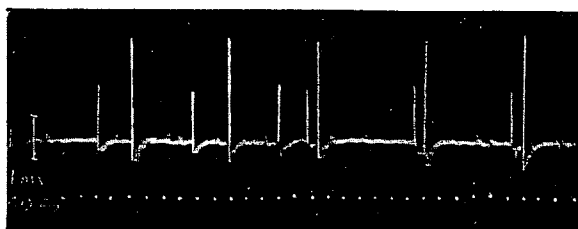
120 th

postoperative days.



60 ~ 1 m V.

Nascent MUV.



Reinnervation V.