

脊髓損傷による麻痺に対する治療法としての 末梢神経縫合の実験的研究

京都大学医学部外科学教室第1講座（指導：荒木千里教授）
大阪赤十字病院外科（医長：裕 文雄 博士）

琢 磨 照 夫

〔原稿受付：昭和34年5月18日〕

EXPERIMENTAL STUDY ON ANASTOMOSIS BETWEEN THE LOWER THORACAL AND THE LUMBAR OR SACRAL NERVES FOR THE TREATMENT OF PARAPLEGIA DUE TO SPINAL CORD LESION

by

TERUO TAKUMA

From the Surgical Clinic, Osaka Red Cross Hospital
(Director: Dr. FUMIO HAZAMA)

The 1st Surgical Division, Kyoto University Medical School
(Director: Prof. Dr. CHISATO ARAKI)

On the functional recovery of the transverse lesion of the spinal cord, there have been a few reports in animals that the regenerated nerve fibers, arising from the central stumps, proceed across the scar in the spinal cord and thus either histological or clinical reconstruction of the function is accomplished successfully; but no such report in men.

Accordingly I attempted anastomosis between the peripheral nerves which are derived from the spinal cord above and below the site of transection. Thereby I expected to reestablish the function of the paralyzed limbs under the renewed connection from the motor cortical center in the brain to the periphery.

a). At first, I anastomosed the central end of the divided 11th intercostal nerve with the peripheral end of the divided femoral nerve, or the central of the divided 12th intercostal nerve with the peripheral of the divided sciatic nerve, on the left side in 2 female dogs. At the same time, I removed entirely the central ends and the rami communicantes (central to the anastomosis) of the divided femoral and sciatic plexus. After the operation, the recovery of motor paralysis of the hind limb was observed clinically for 83~99 weeks.

b). Secondly, after the left hemisection of the spinal cord at the level of the 1st lumbar segment, the 11th intercostal nerve was anastomosed with the femoral nerve and the 12th intercostal with the sciatic in the same way, on the left side in 2 female dogs. The improvement of paralysis of the hind limb was observed for 69~71 weeks after the anastomosis.

Both in the case of a) and b), the anastomosis proved successful by later electric stimulation and histological examination. In b), the transection of the spinal cord at the level of the 1st lumbar segment was revealed to be completely severed.

The clinical recovery of paralysis was as follows;

1) Motor disturbances of the left hind limb

In the early stage after operation, the limb exhibited flaccidity in a), spasticity in b). The disturbance in b) recovered later than a). Crippling was not seen either within 20 weeks in a) or 30 weeks in b). 50 weeks after, there was almost no difference between a) and b), and the animals were able to stand, walk, run and jump. In the control animals (1 dog) which was subjected to the left hemisection of the 1st lumbar segment without anastomosis of peripheral nerves, all the movements permanently remained paretic.

2) Tendon reflex of the left hind limb

In both groups, reflex became normal 50 weeks after.

3) Sensory disturbances

Normal pain sense returned by 50 weeks postoperatively in either group.

4) Respiratory disturbances

Even though the respiratory disturbances were reported in the case of the upper thoracic lesion, no cases in our experiments showed such symptoms.

5) Intestinal disturbances

As the centrum ano-spinale (spinal centrum of m. sphinctura ani) lies in the lower segment of the sacral cord, the animals had no evident changes in a) but evacuated the bowels at times while walking in b).

6) Urinary disturbances

As to bladder evacuation, the animals in b) showed dropping of the urine occasionally on walking.

7) Sexual disturbances

The animals (each 2 dogs in b) had normal pregnancy and delivery, and were devoid of any disturbances.

8) Disturbances of autonomic nervous system

In either a) or b), atrophy of muscles, thinness of hair and deformity of nails were seen temporarily. At the beginning skin temperature of the hind limb fell in a), rose in b). In the early days when the animals began to walk, dorsum of the toes was liable to be wounded by the flailmovement of the left foot. Subsequently ulceration took place there, but healed shortly. Essential change did not occur through the postoperative life.

9) Unusual movements (on running)

They were showed in both cases of a) and b) on running. The animals took 2 or 3 walks at first in quicker pace, and then ran moving the fore limbs alternately and the hind limbs simultaneously. These unusual movements resulting from the compensation never improved in the course of the postoperative life.

From the results of the experiment, the present method may possibly be useful in clinical practice for the treatment of paraplegia due to the spinal cord lesion.

緒 言

1828年 Flourens¹²⁾ が鶏の上腕神経叢の2枝を交叉接合して機能回復に成功して以来、諸種の異名末梢神経間の縫合実験が行われている。又1944年 Weiss²⁷⁾ が無縫合断端接着法として、自家動静脈管による末梢神経包鞘法を行ない、1951年竹友²²⁾、ついで1955年渡辺²⁶⁾ が異種保存動脈管による套管法を創案して、末梢神経縫合術式を改良した。他方、中枢神経、特に脊髓損傷の再生治療²⁾ には、人体では認めて居られず、僅かに動物で再生実験が行われているに過ぎない。ここに於て、私は脊髓損傷部位の上下の脊髓末梢神経間の縫合を行なつて失われた機能の再建を試みんとし、犬に就て肋間神経と同側の股神経及び坐骨神経との縫合を行なつた。

実験方法

I) 手術術式

A) 第11・第12肋間神経と同側股・坐骨神経縫合

オーロパンソグ体重毎 kg 0.1g 量の腹腔内注入麻酔の下に軀幹の左側に於て、仙棘筋の内側縁に沿うて腰椎に平行に、第11肋骨の高さより腸骨上方に達し、それより内方に転じ、恥骨近くまで伸びる皮切を加え、腰背筋膜を開き、腰方形筋前面より腹膜外に腰椎横突起の前面に入り、大腰筋を鈍性に分けて股神経に到達する。股神経は閉鎖神経と共に第4及び第5腰椎間孔より出ているのでこれに近接して切断し、その末梢側断端を左第11肋間神経 腹壁枝の中枢側断端と縫合。次いで第5第6第7腰椎間孔にて坐骨神経を切断して、その末梢側断端を左第12肋間神経腹壁枝の中枢側断端と縫合した。

神経縫合術式は渡辺の保存動脈管による套管法を行ない、切断せる股・坐骨神経の両断端が再び連絡するのを防止するため、縫合に無関係な部分の股・坐骨神経に入る脊髓神経枝を第2腰椎以下第2仙椎に亘つて各椎間孔まで追求の上、出来るだけ広く(1~2cm)切除し、それらの股・坐骨神経の中心側端を外側に転位させた。

なお縫合部の緊張を避けるため、第11肋間神経の代りに第12肋間神経を、又第12肋間神経の代りに第13即ち肋骨下神経を用いた例もある。

B) 第1腰椎節下部にて半切断後、同側の第11・第12肋間神経と股・坐骨神経縫合

脊髓損傷後神経線維再生と、それに基く機能回復を

証明した松本¹⁴⁾、Freeman⁷⁾ の実験は鋭利なる刀或は鋏を用いて切断しているの、斯る再生を防ぐ目的で齒科用骨膜剝離刀を以て、鈍性に脊髓を切断した。即ち第13胸椎棘突起を中心に上下数脊椎に椎弓切除を行つて、第1腰椎節を露出し、その下部にて左半側を正確に切断して左後肢を麻痺せしめ、全身状態の回復を俟つて(3~4週後)左側の第11肋間神経と股神経、第12肋間神経と坐骨神経とを縫合した。縫合を容易にするため、第4腰椎以下第7腰椎の間孔より出る神経枝を切断して、股・坐骨神経の移動性を宥めた。

II) 手術後の臨床的経過

A) 左第11肋間神経・第12肋間神経と股神経・坐骨神経縫合例

雌犬2例に就て、術後697日及び580日迄観察を行つた。

手術後ほぼ20時間にて麻酔より覚醒して摂食するが、両後肢共に自発的には動かさず、前肢にて上半身を起さんと努むるのみ。第3日左後肢にのみ自動運動が欠如する。1週後には健肢を用いて起立する。左後肢は股、膝、足の各関節共軽い屈曲位のまま弛緩性に下垂し、足部は拳を握りたるが如き状を呈し着床しない。第2第3趾より足背を着床しつつ歩行を始める。膝部以下厥冷。2乃至3週後起立動作は健肢を用いて敏速となるが、なお不安定にて歩行時極めて疲労し易く、左後肢は股関節にて外転位をとつて坐る。同肢の他動運動は屈伸共全く抵抗なく、膝蓋腱反射消失し、趾を刺戟しても趾の離開反射を認めない。4乃至5週に至ると、両前肢を支持してやれば後肢での起立歩行可能となるが左側に倒れ易い。6乃至7週後には手術痕は全く毛に蔽われ、左足の拳状屈曲は軽快し、歩行時麦打ち様運動(Flail movement)を認める。後肢のみでの歩行は確実となるが、左足及び趾の背屈不能で躓き易く、第2第3趾背が傷つき易い。左後肢筋は削瘦するが、股及び膝関節では他動運動に際して抵抗を認める。10乃至11週にて第1例は両前肢の同時拳上運動を認めたが、「ちんちん」は不能。後肢のみでの前進(両前肢を支持)は安定して来るが、背進は極めて不安定。13週第2例でも前肢同時拳上運動を認む。15乃至16週「ちんちん」の状態を約1秒間保ち得る。左足の麦打ち様運動は去る。駆走に移るに際して、先ず初め数歩は多少早い目の歩行動作をなし、その後前肢は左右交互に、後肢は両側を同時に揃えて走り、健常犬の駆走とは全く異なる(異常代償運動)。20週を過ぎると自らの身長位の箱を攀登り、跛行を認めず、後肢の

みでの歩行(両前肢を支持)は患側への横進のみが躓き易い。急速な方向転換に際して左側に傾き、各種の運動練習も繰返すと左足を着牀せざることあり、後肢歩行も繰返すと左側に崩れる。即ち運動が無意識になると左後肢の運動障害が露見する。24乃至25週では左足趾の筋萎縮あり、膝部以下の毛が尚疎である。30週には自らの身長の高さの横棒を跳越える。「ちんちん」動作確実なるも後肢のみでの自力歩行(両前肢を支持しない)は不能、階段並に15°の坂の昇降可能。30週以降骨盤の安定性を増し、歩行も確実性を増してくるが、健康犬に比して速さ、遅さ、確実さの点に於て劣り、殊に疲労が加わると機能障害が著明である。

B) 第1腰髄節左半側挫断後左第11・第12肋間神経と股・坐骨神経縫合例

雌犬2例に就て、神経縫合術後第1例は500日、第2例は487日まで観察を行なつた。腰髄左半側挫断後翌日には、両後肢共痙性麻痺状を呈し、横臥位にて頭部を挙ぐるのみ。第3日には左後肢外側を着牀せるまま前肢にて体を移動し始める。排尿ありたる如く左臀部湿潤す。左後肢は膝関節にて伸展し全体として棒状に突出したまま自動運動全く不能、腿反射亢進す。第5日、明らかに右後肢に自動運動を認め、3肢を用いて蹠り進む。後肢皮温上昇せるも著しい左右差はない。第10日、左後肢を除く3肢にて起立させ得る。左後肢は股、膝関節にて軽く屈曲し、足部下垂し第2左3趾背着牀す。第14日、健康な3肢にて独立するが、立位を保ち難く、崩れるが如くに倒れる。第1例は20日目に、第2例は27日目に於て神経縫合手術を行なつたが、この時の麻痺状態として起立時左後肢が内転内旋し支持力なく、歩行時左足を引ずり、後肢は左右交互に運ぶが左足が或は右後肢に引掛り、或は躓いて蹠跚歩行を嘗む状態であつた。

第2回手術後3週以内には手術創の治癒に従つて起立歩行動作が敏速となる外、術前と著変がないが、5乃至7週を経ると、左足皮温の上昇著明ならず、歩行時左足が握拳状のまま四肢歩行を行なうが骨盤は左側に沈下して、体の均衡不十分である。左後肢筋削瘦し、臀部以下の毛が疎で、興奮時尿尿を失禁する。例えば食餌を与えんとする際喜々として尿を滴下しつつ、時には脱糞しつつ動き廻る。10週には左後肢は膝関節にて伸展せるまま第2第3趾より足背を着牀しつつ歩行し、躓き易い。両前肢を支持して後肢のみでの歩行可能なるも骨盤保持不安定にて左側に傾く。13週、左足の握拳状屈曲が去ると共に歩行時麦打ち様運動あり。3

横から押すと倒れ易く、急ぐと左足を引ずる。15週、歩行時骨盤の沈下軽度となり、左足の麦打ち様運動は殆んど見られない。20週、歩行時横から押すと右側によろめく事多し。30週、自らの身長の高さの箱に攀登り得るも階段の昇降共に困難、速歩可能なるもA)の例同様の異常代償運動を認める。跛行軽快、後肢での歩行確実となるが疲労し易く、何回も繰返すと左側に倒れる。35週、階段の昇降可能となるも敏速を欠く。15°の坂の昇降可能、歩行練習中に時に骨盤の保持不安定となる。殊に方向転換時に著明となるが倒れることはない。自動的に両前肢の同時挙上動作可能となる。50週以降では走る、跳ぶ、後肢起立その他の日常動作は全く回復を見るが、駈走時異常代償運動及び歩行中尿を失禁する状態の回復を見るには至らなかつた。なお第1例に於ては致死4週前に再び第2腰髄節(損傷部下方1cm)にて左半側を挫断したが、2週後には術前と同様の機能回復を認めた。

別に対照として雌犬1例に腰髄左半側挫断のみを行ない、神経縫合を行わずに371日間観察を行つたが、6週に入つて起立時左足の握拳状屈曲の去ると共に歩行時麦打ち様運動を来し、左後肢の筋削瘦し、左臀部以下の毛が疎で、左第1趾の爪甲脱臼す。10週、歩行蹠跚として左足尖にて躓き易い。13週、歩行やや整調性となるも左足を着牀せざること多く、両後肢のみで歩行せしむるに高度失調性にて左足尖にて躓き倒れる。20週、左足の麦打ち様運動がなくなり、25週、軽い速歩可能となるも左足が右後肢に引掛り或は足尖で躓き易い。40週、階段の昇降可能となるも急激なる方向転換全く不能にて、50週を超えても歩行状態に進歩が見られず、左後肢の足関節では他動運動に対する抵抗が認められず、興奮時尿失禁持続し疾走は不能である。

III) 実験成績総括

A) 左側第11・第12肋間神経と同側股・坐骨神経縫合例

1) 起立並に歩行の状態

1週の終りに起立を始めるが患肢の足尖は牀に着いていない。2週には四肢で体重を支え、後肢を交互に運んで歩行を始めるが、患足の弛緩性麻痺のため躓き易い。4週には後肢のみでの歩行練習が可能となり患肢の体重支持力を証明する。跛行は15週には著るしく回復し、20週以降には認められない。駈走は15週以降可能。30週に至ると跳躍、階段の昇降、急激なる方向転換等の機能の回復を認める。

2) 膝関節運動

6乃至7週にて屈曲位より伸展せんとする力及び伸展位より屈曲せんとする力を共に証明し、伸展せんとする力の方が大きい。20週には健肢との差違を認めない。

3) 足部の運動

1週目には第2・3・4趾趾屈して拳を握りたる状を呈するが、6乃至7週にてこれが去ると共に歩行時麦打ち様運動を行なう。20週に達すると足関節運動は背屈、趾屈共に可能となる。

4) 患肢の栄養障害¹³⁾

a) 皮膚：患側足部の厥冷は術後1週より10週に亘つて認められるが、チアノーゼ、浮腫はない。歩行初期には足背に傷害を受け易く、為に第1例では潰瘍を生じたが20日後には治癒し、特に壞疽様¹⁾、湿疹様変化を認めなかつた。

b) 爪甲¹⁶⁾：2乃至3週にて光沢を失い、暗褐色に変じ、6週には第2第3趾の爪甲遊離部分が短縮し、その後大して回復を見なかつた。

c) 毛：著しい異常脱毛はないが、6週以後患肢の臀部以下に疎毛を来し、24週になお膝部以下で軽度疎毛の状態であつた。

d) 筋の萎縮：後肢大腿周径は6週で第1例11.0(健側11.5)，第2例6.0(7.5)cm，24週で第1例8.0(9.5)，第2例6.0(7.5)cmにて完全な回復を見ていない。

e) 臑：術後の全経過を通じて肥厚なく、又臑性拘縮を認めない。

f) 骨・関節：長管骨々長¹⁷⁾，病的骨折¹¹⁾，関節強直²⁴⁾等に関しては認むべき変化はなかつた。

5) 臑反射

手術直後全く消失し、6ヵ月後に回復した。

6) 異常代償運動

15週後に駆走可能になるが、歩行より駆走に移る時、先ず初め数歩歩行動作を早めるようにし、それに続いて直ぐ前肢は交互に運ぶが、後肢は健常犬と異り両側を同時に揃えて走る。これは全経過を通じて回復を見ない。

7) 感応電気刺激に対する反応

全臨床経過観察後、ラボナール腹腔内注入麻酔の下にDu Bois-Reymond装置(6volt)にて神経縫合中枢側及び末梢部の電気刺激を行ない、対照側と比較した。2例の間に刺激閾値の大なる差違を認めず、ただ患側は健側に比し興奮性がやや低下していた。

Threshold values of electrical stimulation by induced current (cm) using Du Bois-Reymond's apparatus (6 volt.)

	Points given electrical stimulator	Case 1		Case 2		Clinical Reactions
		l.	r.	l.	r.	
N femoralis	central to anastomosis	8.0	13.0	9.0	13.0	Lifting Thigh Extension of Kneejoint
	N femoralis	11.0	14.0	12.0	13.0	
N ischiadicus	central to anastomosis	8.5	31.0	8.5	30.0	Extension of Hipjoint Flexion of Kneejoint Plantar Flexion of Anklejoint
	Ischiadicus-trunk	28.0	31.0	28.0	30.0	Dorsal Flexion of Anklejoint
	N fibularis	29.5	32.0	28.5	31.0	Dorsal Flexion of Toes
	N tibialis	21.0	23.0	22.0	23.0	Plantar Flexion of Anklejoint Plantar Flexion of Toes

8) 神経縫合部の肉眼的所見

2例共に股及び坐骨神経の切断中心側は外方に転位し、切断末梢側と肋間神経との縫合部は薄くなつた外套管に蔽われ周囲組織に癒痕を認めるが、外套管より外へ神経線維の突出を認めず、又切除された神経枝の中心側端は退縮して脊椎体外には認められず、従つて

それらと末梢側との再連絡は証明せられなかつた。外套管を鈍性剝離すると縫合部は密着し、僅かに紡錘状を呈して居り、神経縫合が成功したことを示している。

9) 組織学的所見

股神経末梢部、脛骨神経、腓骨神経の横断標本について、鈴木²⁾の軸索染色法²¹⁾並びに上条の髓鞘染色法を行

つた。何れの神経にも再生神経線維を証明した。線維数を計測するに健側に比し、股神経では68%、脛骨神経で62%、腓骨神経で63%を示す。有髄神経線維には大小2種を認め、小線維は股神経では36.5% (健側35.0%)、脛骨神経で31.3% (32.7%)、腓骨神経32.8% (32.7%)にて、新保の統計¹⁸⁾に近似である。

B) 第1腰椎節下部半側挫断後第11・第12肋間神経と同側股・坐骨神経縫合例

1) 歩行の状態

A)に比して初期の回復が遅れるが、50週に至ると体の均衡保持に於て劣るのみとなる。即ち、30週には跛行ほぼ回復し、35週、階段の昇降可能となるが急激な方向転換時に骨盤保持が不安定である。又30週以降駈走可能となるが、唯その際の異常代償運動は其後回復を見ない。併し対照側(腰椎挫断後末梢神経縫合を行わないもの)では50週に於てもなお歩行状態失調性に於て疾走不能であるから、神経縫合例との機能上の差違は明白である。

2) 患肢の栄養障害

術後患肢足部の皮温の上昇は30週以降には認められない。患肢筋の萎縮は臀筋以下に認められるが、爪甲、疎毛の状態と共に30週以降でも回復は悪い。第1例では10週に患肢の第2第3趾背部に潰瘍形成を見たが、その後4週にて治癒し、湿疹も手術1週後に患側臀部及び大腿外側に生じたが数日にて治癒した。

3) 腱反射

術後亢進を見た膝蓋腱反射は50週には正常に復した。

4) 関節運動

足関節運動は30週には明かに認められるが、対照例では50週に及んでも不十分である。

5) 失禁

歩行時尿尿の滴下を伴うが対照例と同様に全経過を通じてこれは著るしい回復を見ない。

6) 性器障害

全経過中第1例は2回、第2例は1回正常妊娠並に分娩を行なつたので性器障害はないと考えられる。

7) 電気刺激反応検査

股、脛骨、腓骨神経刺激に就いて、A)の例と刺激閾値並に反応の状態に差異を認めなかつた。対照例では股、坐骨神経刺激に対する反応が見られない。

8) 脊髓並に神経縫合部の肉眼的所見

神経縫合部はA)の例と同様であつて縫合は成功している。腰椎挫断部はソルデを挿入し得る程度に哆開して居り、3例共に挫断部以下の腰椎は高度に萎縮扁平化している。

9) 組織学的所見

股、脛骨、腓骨各神経何れにも明かに再生神経線維を認め、再生線維数並に大小有髄神経の状態はA)の例に比して認むべき差がない。半側挫断部の腰髄実質、前根及び後根共に破壊消失し、健側のそれ等にも退行性変化を認める。対照例に於ては挫断側の股、坐骨神経に再生線維を証明しない。

考 察

1) 脊髓損傷、特に横断損傷の再生治癒は現在人体に於ては認められていないが、動物実験では犬その他の哺乳動物に於て松本¹⁴⁾、藤川¹⁵⁾、Gerard²⁰⁾、Mc Couch⁶⁾、Freeman⁷⁾等により、組織学的並に機能的な再生が証明されている。併し何れも断端の再連絡を来し易いように脊髓を鋭性に切断せるものであつて、挫断乃至切除したる末岡¹⁹⁾、成内¹⁵⁾、Barnard⁴⁾等の実験では体重を支え、歩き、走り、跳ぶ等の機能は一見回復するが、組織学的再生は証明されず、結局脊髓反射性運動(Proprioceptive reflex)に基く機能代償と解せられるもので治癒とはいえない。私の本実験によれば、脊髓の損傷部位にて神経連絡が絶たれたるままでも、損傷部より下位の髓節より出る脊髓末梢神経を夫々上位の脊髓神経と縫合して大脳皮質の運動中枢と末梢神経との連絡が再建されれば麻痺領域の機能回復は軽快するといえよう。

2) 異名末梢神経相互間に縫合を行なつて、元來機能を異にする神経線維の再生を来した場合にも、機能の或程度の再建を期し得る事実は^{3), 25)}数多く示されているが、本実験に於て同じことが脊髓の髓節を著るしく異にする神経間⁹⁾に於ても立証せられた。

3) 縫合手術に際して、肋間神経と股、坐骨神経とでは両者の直径に大差があるが、套管縫合法によれば直径の差による縫合不全例がなかつた。又狭小な骨盤腔による技術的困難を解決する為には椎管内硬膜外縫合法の可能性をも考えて見る必要があろう。

結 語

1) 犬の第11・第12肋間神経と同側の股・坐骨神経縫合2例、腰椎上半側挫断後同側の第11・第12肋間神経と股・坐骨神経縫合2例について、61週乃至99週に亘つて観察し、患側後肢の機能再建を認め、電気刺激反応検査並に組織学的検査によつて神経線維の再生を証明した。

2) 脊髓完全離断損傷に対して、損傷下位の脊髓末梢神経と上位の神経とを縫合して、下半身の機能再建を来すことは不可能ではないと思われる。

擲筆するに當つて、御指導竝に御校閲を賜つた恩師
荒木千里教授竝に種々御援助を賜わつた大阪赤十字病
院外科医長 榎 文雄博士、研究科医長 福谷 温博士に
対して深甚なる謝意を表します。

文 献

- 1) 荒木千里：末梢神経外科雑題。臨床の進歩，**1**，54，昭24。
- 2) 荒木千里：脊髓損傷の再生治療。日本臨床，**11**，70，昭28。
- 3) 有沢源蔵：末梢神経交叉縫合に関する実験的研究。日外会誌，**53**，2，91，昭27。
- 4) Barnard, J. W. and W. Carpenter: Regeneration in the spinal cord of the rat. Jour. Neurophysiol., **13**, 223, 1950.
- 5) Barron, D.H.: The results of peripheral anastomosis between the fore and hind limb nerves of albino rats. Jour. Comp. Neurol., **59**, 301, 1934.
- 6) Brown, J. O. and G.P. Mc Couch: Abortive regeneration of the transected spinal cord. Jour. Comp. Neurol., **87**, 131, 1947.
- 7) Freeman, L.W.: Return of function after complete transection of the spinal cord of the rat, cat and dog. Annals of Surgery, **136**, 193, 1952.
- 8) 藤川良芳：実験的脊髓損傷の治療現象。日外宝，**13**，3，431，昭11。
- 9) 岩原寅緒：脊髓損傷。日外全書，**10**，193。
- 10) 木村忠司：自律神経の外科。日外全書，**9**，400。
- 11) 久保義信：脊髓損傷麻痺域に於ける急性骨萎縮に関する実験的研究。日整会誌，**24**，4，5，285，昭25。
- 12) 木沢和：末梢神経再生に関する綜説。日新医学，**29**，1，183，昭15。
- 13) 松岡幸七：坐骨神経損傷後に於ける下肢栄養障害。北海道医学，**14**，5(特別号)，1084，昭11。
- 14) 松本暢：脊髓組織及び機能再生に関する実験的研究。日外会誌，**29**，1，69，昭3。
- 15) 成内頼三郎：脊髓損傷に於ける交感神経系統の病理組織学的研究。日整会誌，**18**，7，792，昭18。
- 16) 大越貢：馬犬に於ける末梢神経切除による神経支配脱落の爪發育に及ぼす影響竝に末梢血管神経支配。東京医学，**47**，12，2455，昭8。
- 17) 大吉清：坐骨神経切断の骨成長帯に及ぼす影響に関する実験的研究。北海道整形災害外科会誌，**1**，2，98，昭29。
- 18) 新保信俊：犬の末梢運動神経に於ける有髓神経線維の大きさ。日生理会誌，**2**，2，54，昭12。
- 19) 末岡悟：一年有余生存せる脊髓横断犬の一例。岡山医学，**502**，2807，昭6。
- 20) Sugar, O. and R. W. Gerard: Spinal cord regeneration in the rat. Jour. Neurophysiol., **3**，1，1940。
- 21) 鈴木清：組織標本製作技術ノート(IV)。脳神経領域，**5**，2，184，昭27。
- 22) 竹友隆雄：末梢神経縫合及び欠損補填の改良術式。京都医学，**2**，12，628，昭26。
- 23) 竹友隆雄：末梢神経の外科。日外全書，**9**，237。
- 24) 植草実：脊髓戦傷患者の麻痺肢に見た骨関節部周囲軟部化骨症特にその組織学的知見。日整会誌，**21**，2，26，昭22。
- 25) 渡辺浩策：Experimental study on crossed anastomosis between antagonistic peripheral nerves. 日外宝，**24**，2，32，昭30。
- 26) 渡辺浩策：A new method of peripheral nerve anastomosis; Reunion of a severed nerve by tubulation with an arterial tube fixed and preserved in 70% alcohol. 日外宝，**23**，5，458，昭29。
- 27) Weiss, P.: The technology of nerve regeneration: A review, sutureless tubulation and related method of nerve repair. Jour. Neurosurg., **1**，400，1944。



Fig. 1 Cross section of N femoralis.
Healthy side. Suzuki's stain. ($\times 400$)

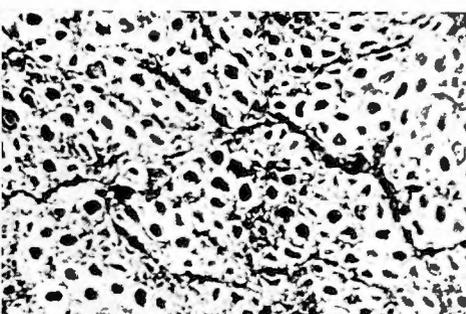


Fig. 2 Cross section of N femoralis.
Peripheral to anastomosis. Suzuki's stain. ($\times 400$)

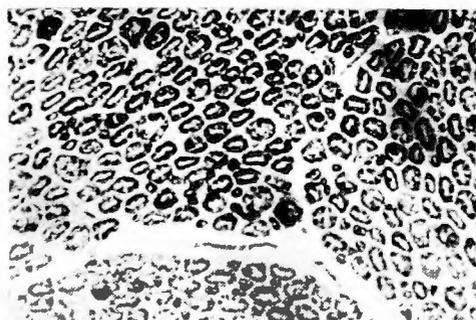


Fig. 3 Cross section of N femoralis.
Healthy side. Ehrlich's stain. ($\times 400$)

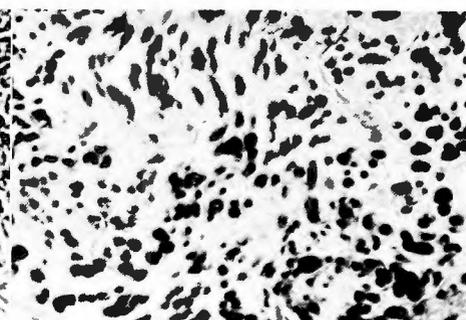


Fig. 4 Cross section of N femoralis.
Peripheral to anastomosis. Ehrlich's stain. ($\times 400$)

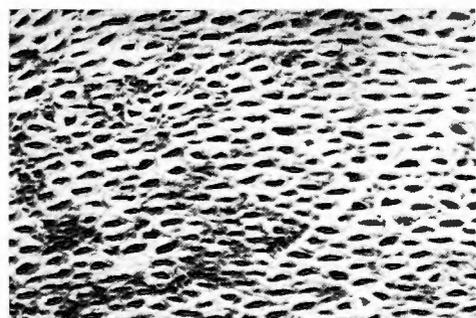


Fig. 5 Cross section of N tibialis.
Healthy side. Suzuki's stain. ($\times 400$)

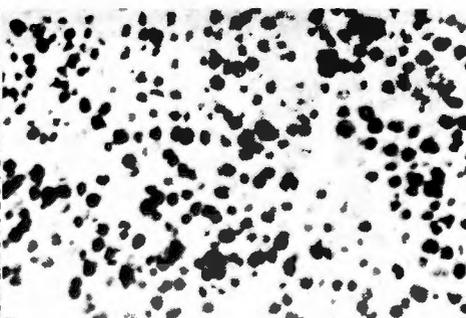


Fig. 6 Cross section of N tibialis.
Peripheral to anastomosis. Suzuki's stain. ($\times 400$)

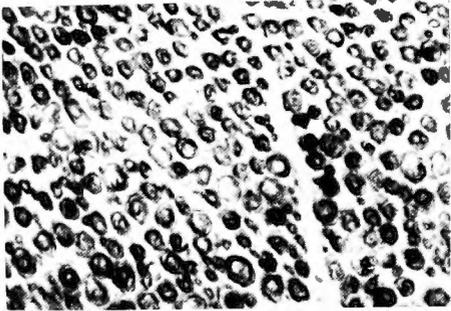


Fig. 7 Cross section of N tibialis.
Healthy side. Ehrlich's stain.
($\times 400$)

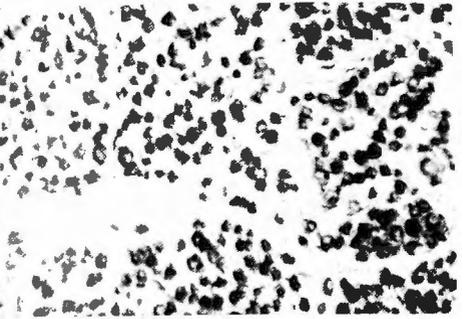


Fig. 8 Cross section of N tibialis.
Peripheral to anastomosis. Ehrlich's stain. ($\times 400$)

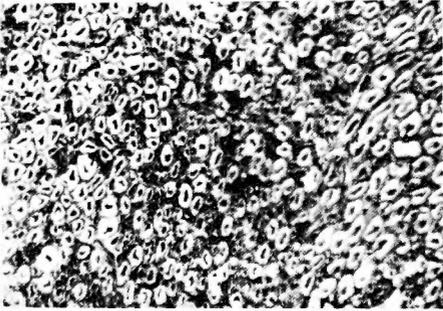


Fig. 9 Cross section of N fibularis.
Healthy side. Suzuki's stain.
($\times 400$)

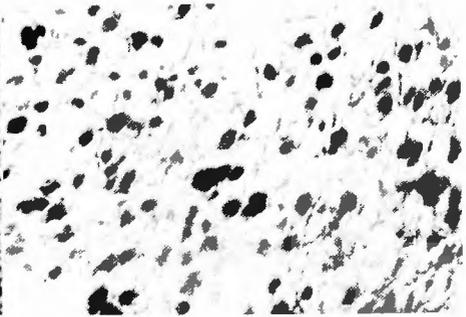


Fig. 10 Cross section of N fibularis.
Peripheral to anastomosis. Suzuki's stain. ($\times 400$)