

昭和60年12月3日第4種郵便物認可 平成3年8月25日印刷 平成3年8月31日発行 ISSN 0910-5700

第8卷・第1号

Vol. 8 No. 1, 1991

# 日本手の外科学会雑誌

The Journal of Japanese Society for Surgery of the Hand



日本手会誌

日本手の外科学会

J. Jpn. Soc. Surg. Hand

手の痛みと腫れに



経皮複合消炎剤

# モビラート<sup>®</sup>軟膏

[組成]

1 g 中	
ヘバリン類似物質	2.0 mg
副腎エキス	10.0 mg
サリチル酸	20.0 mg
添加物としてラノリンアルコール、セトステアリルアルコール、モノエタノールアミン、チモール、エデト酸ナトリウムを含有する。	

[効能・効果]

変形性関節症(深部関節を除く)、関節リウマチによる小関節の腫脹・疼痛の緩解、筋・筋膜性腰痛、肩関節周囲炎、腱・腱鞘・腱周囲炎、外傷後の疼痛・腫脹・血腫

その他の使用上の注意等については添付文書をご覧ください。

[用法・用量]

通常、1日1～数回、適量を塗擦又はガーゼ等にのばして貼付する。症状により密封法を行う。

[使用上の注意]

1. 次の場合には使用しないこと

- (1)出血性血液疾患(血友病、血小板減少症、紫斑病等)
- (2)僅少な出血でも重大な結果を来すことが予想される場合
- (3)サリチル酸に対し過敏症の既往歴のある患者

2. 副作用

過敏症 ときに発赤、瘙痒、また、まれに発疹、皮膚炎、皮膚刺激等の過敏症状があらわれることがあるので、このような症状があらわれた場合には使用を中止すること。

資料請求先

製  
販  
造  
売



マルホ株式会社

大阪市北区中津1丁目6-24

提携



ルイトポルド・ウエルク製薬会社

ドイツ・ミュンヘン

1189

# 第35回日本手の外科学会御案内（第1次）

会期：平成4年5月13日（水）学術集会  
14日（木）学術集会  
15日（金）教育研修会  
会場：国立京都国際会館  
〒606 京都市左京区宝ヶ池  
TEL (075)791-3111

## ■主なプログラム

### シンポジウム：

- (1) 手根不安定症
- (2) 拘縮の予防と治療・・・保存的治療と観血的治療の適応

### 主題：

- (1) 手のバイオメカニクス
- (2) 手のスポーツ損傷

### 外人招待講演：

1. James H. Dobyns, M.D. (U.S.A) : 「Sports Injuries of the Hand and Wrist」
2. William P. Cooney, M.D. (U.S.A) : 「Biomechanics and Reconstructive Surgery for the Thumb」(仮題)

特別講演：久保田 競 教授（京大靈長類研究所）：「手と脳」

### 一般演題（口述発表、展示発表、またはビデオ発表）：

展示発表は主として症例報告を、ビデオ発表は手術手技供覧を優先する

## ■演題募集要項：

第1次締切：平成3年11月10日（日）必着、本誌綴じ込みの演題申し込み用紙に演題名、演者名、連絡先、発表形式（主題口演、一般口演、展示発表、ビデオ発表）を御記入の上お申し込み下さい。折り返し抄録用紙をお送りします。

第2次締切：平成3年12月10日（火）必着、所定の用紙に規定どおりタイプしてお送り下さい。

# 第35回日本手の外科学会

会長 上羽 康夫

京都大学医療技術短期大学部

〒606 京都市左京区聖護院川原町53

TEL (075)751-3956 FAX (075)752-9019



# 日本手の外科学会会則

## 第1章 総 則

第1条 本会は、日本手の外科学会（Japanese Society for Surgery of the Hand）と称する。

第2条 本会は、手の外科の進歩発展を図るのを目的とする。

第2項 この目的のために、本会は研究教育活動を組織し学術集会を開催する。

第3条 本会の事業年度は、総会後に始まり、翌年の総会日を以っておわる。

## 第2章 会員および会費

第4条 会員を、正会員、名誉会員および特別会員とする。

第5条 正会員は医師にして、本会の目的に賛同し、会費を納めるものとする。

第2項 名誉会員および特別会員は、本会の進歩発展に多大な寄与、特別な功労のあった者  
のうちから、会長が推薦し評議員会および総会で承認されたものとする。

第6条 入会希望者は、所定の申込書に、会員2名の推薦状を付し、入会金(2,000円)および  
当該年度の会費を添えて、本会事務局に申込むものとする。

第2項 退会希望者は、退会届を本会事務局に提出するものとする。

第7条 会費は年額9,000円とする。

第8条 正会員にして、3年間会費を納めない者は、退会と認める。  
すべて、既納会費は還付しない。

## 第3章 役 員

第9条 本会に次の役員を置く。会長、副会長各1名。監事2名。  
評議員若干名。必要により書記を置くことができる。

第10条 会長は、本会を代表し、会務一切を統括する。

第2項 副会長は、次期会長予定者であり、会長を補佐し、会長に事故あるとき、または欠  
けたときはその職務を代行する。

第3項 監事は本会の会計を監査する。

第4項 評議員は、会長の諮問に応じて重要事案を評議するものとする。この目的のために、  
別に運営委員会、その他の委員会をおくことができる。

第11条 会長、監事、評議員および委員会委員の任期は1ヵ年とする。監事、評議員および委  
員会委員は重任を妨げない。

## 第4章 総 会

第12条 総会は年1回とする。総会においては以下の事項を挙行する。庶務会計報告、翌年度  
総会および学術集会開催地の決定。

第13条 翌年度総会と期日は、次期会長がこれを定める。

第14条 総会および学術集会の次第は、原則として会長が1ヵ月前までに会員に通知する。

第15条 学術集会における、発表は次項によるもの他は会員に限る。

第2項 会員以外の共同発表希望者は、年会費の二分の一を納め、会長が適當とみとめたも  
のとする。

## 附 則

第16条 本会則の改正は、総会においてその出席会員過半数の同意を要するものとする。

第17条 本会の事務局は、九州大学医学部整形外科学教室内におく。

## 附 則

本会則は、昭和59年5月9日より適用する。

## 附 則

本会則は、昭和61年5月9日より適用する。

## 「日本手の外科学会雑誌」投稿規定

- 1) 本誌は年6回発刊する。
- 2) 寄稿者は、本会会員であることを要する。
- 3) 論文は未発表のものであることを要し、掲載後は、本学会の承諾なしに他誌への転載を禁ずる。
- 4) 論文の長さは、およそ下記制限内とする。

原著、総説…………… 400字詰、35枚以内  
症例報告、その他……… 400字詰、20枚以内

◎ 学術集会発表論文……… 本文、図、表、写真、文献を含めて、400字詰、12枚以内(原則として当日会場で提出すること。また、図、表、写真は1個につき400字詰1枚と数えるものとする。)
- 5) 論文は、和文もしくは英文とする。和文論文はワープロ使用の場合、20字×20行で1枚400字にし行間を十分とること。英文論文は、タイプライター、ワープロを用い、ダブルスペースとする。題は冠詞、接続詞、前置詞はすべて小文字、名詞、動詞、形容詞の頭文字は大文字とする。論文は、常用漢字、新かなづかい、新医学用語を用い、かつ「整形外科用語集」にできるだけ従うものとする。数量を示す文字は、cm, ml, ℥, gなどを使用する。文中の欧語はタイプライター使用のこと。文中の数字はアラビア数字(1, 2, 3……)を使い、人名はできるだけカナ書きを避け、横文字で記載すること。

例 Heberden結節, Volkmann拘縮  
なお、別刷は改版後は原則として受けないので、著者校正の際に別刷所要部数を赤字で付記すること。
- 6) 著者の数は原則として5名以内とする。
- 7) 論文のほかに、下記形式で抄録とKey Wordと略題とリプリント請求先の住所を添えること。
  - a) 和文論文の場合

英文抄録：タイプ用紙にダブルスペースで400語以内とする。(題名、著者名[Full Name]、所属を加える。ただし学術集会発表論文では、著者名はFirst Authorのみとし、共著者がある場合et al.をつけ、所属もFirst Authorのみとする。)

例 Roentgenological Studies on the Hands of Japanese; 4th Report  
(A Study on the Hands of Girls with Idiopathic Scoliosis)  
Takeshi Yoshie, et al.  
Department of Orthopaedic Surgery, Gunma University School of Medicine
  - b) 英文論文の場合

和文抄録：800字以内とする。(題名、著者名、所属を加える。)

c) 英語のKey Word 5個以内をつける。

d) 和文論文の場合 25字以内の略題をつける。

e) リプリントの請求先の氏名と住所を英語で添える。

例 Taro Yamada, M. D.  
Department of Orthopaedic Surgery, Faculty of Medicine,  
Kyushu University, 3-1-1 Maidashi, Higashi-ku, Fukuoka 812, Japan.
- 8) 図および写真是正確、鮮明なものとし、それらの説明文および表はすべて英文とする。(挿入位置は、本文原稿の欄外に指定しておくこと。)図、表の番号は、Fig. 1, Fig. 2, ……, Table 1, Table 2, ……などを使用する。

- 9) 学会中の質疑応答の記載については、質疑および応答内容が共に提出されているもののみを学術集会発表論文に記載する。
- 10) 引用文献は重要なものにとどめ、論文の最後にアルファベット順に並べ、本文中に見出し番号を入れ、その記載法は次に従うこと。不備のものは削除することがある。
- a) 雑誌は著者名（姓を先に）標題、誌名、巻：ページ、発行年。  
例えれば、和文論文は、  
津山 直一 他：末梢神経損傷の種々相。災害医学, 11:1-15, 1968.  
英文論文は、  
Boyes, J. H., et al.: Dupuytren's disease involving the volar aspect of the wrist. Plast. Reconstr. Surg., 41: 204-207, 1068.  
雑誌名の略称は和文論文、英文論文とも公式のものを用いる。  
共著者名は First Author のあとに et al. と略す。  
原著は、43: 909-915 のごとく始めと終わりのページを書くが、Proceedings または学会抄録は 25: 112 のごとく標題のページを書けばよい。
- b) 単行書は著者名（姓を先に）：書名、版、発行者（社）、発行地、ページ、発行年。  
例えれば、  
Rank, L. K., et al.: Surgery of Repair as Applied to Hand Injuries. 4th ed., Churchill Livingstone, Edinburgh and London, 183-189, 1973.
- c) 英文論文の場合、文献に引用する日本語論文は、標題は英訳し、雑誌名は所定の欧文略記法があればそれを用い、なければローマ字で書き、次に（ ）して英訳名をいれ、末尾に (Japanese) とすること。
- 11) 初校は著者が行う。校正はできるだけ早く済ませ、書留速達にて返送のこと。
- 12) 投稿論文（学術集会発表論文は除く）はオリジナル1部の他コピー3部を添えて提出すること。ただし写真はすべて焼き付けしたものを提出する（コピーは認めない）。論文の採否については、編集委員会においてこれを決定する。なお、用語、表現などにつき投稿規定に従い修正があるのであらかじめ了承されたい。
- 13) 原著は、論文が当事務局へ到着した日を受付日とする。
- 14) 掲載料は、学術集会発表論文の場合、本文、図、表、写真を含めて4頁以内17,000円とし、これを超えるものは実費負担とする。ただし、図、表、写真は、4個まで無料とするが、これを超えるものは実費負担とする。学術集会発表論文以外の論文では、10頁以内1頁につき7,000円とし、これを超えるものは実費負担とする。ただし図・表・写真は実費負担とする。また抄録等は1頁につき7,000円とする。
- 参考
- 図の組合せは文字の大きさが変ると各々を1個と数える。
  - 表は1表を1個とする。
  - 複数の写真を組合せて1つの図とする場合は、各写真の左下にA, B, C, の記号をロットリング、インスタントレタリング等で記入した上で合成すること。
  - 組合せ写真になつていい場合は各1枚を1個と数える。
  - 1つの図・表の大きさはB5判用紙1枚におさまる程度を限度とする。
  - 写真と図の組合せは各々を1個と数える。
  - 鉛筆書きの図はトレイス料として実費を徴収する。
- 15) 別刷は実費著者負担とする。ただし、30部までは無料とする。別刷は掲載料納入後に送付する。30部を超える場合は実費を徴収する。
- 16) 事務局

〒812 福岡市東区馬出3-1-1  
九州大学医学部整形外科学教室内  
日本手の外科学会事務局  
☎ 092-641-1151 内線2434

### Key word をつける前に

本誌では、論文に英語の Key word をつけていただいておりますが、これは最近医学情報が世界的にコンピュータ処理されている実情に応ずるためです。そのため著者は、情報を求める人が簡単に効率的に検索できるよう、自分の論文が何に関するものか、どういう分野の参考となるかということをよく考慮し、Key word を選ぶ必要があります。従って単語を並べた長いものや、あまりに漠然としたことば（例えば result, change, problem など）や、あまりに難しいことばは Key word として適当ではありません。

また、手の外科領域に留まらず、例えば ME, biomechanics などの別の分野のことばもつけておくと、他科の研究者にも読まれる機会が増加するものと思われます。

なお、本誌第 6 号に Key word index を掲載いたしますので、どうぞご活用下さい。

## 日本手の外科学会

### <名誉会員／特別会員>

#### 名誉会員 (23名)

天児 民和	猪狩 忠	伊藤 鉄夫
伊丹 康人	池田 龜夫	柏木 大治
河野 左宙	佐藤 孝三	田島 達也
高岸 直人	津下 健哉	津山 直一
中川 正	中野 謙吾	西尾 篤人
野村 進	増原 建二	諸富 武文
森 益太	Dr. Joseph H. Boyes	Dr. D. Buck-Gramcko
Dr. Alfred B. Swanson	Dr. Lee Milford	

#### 特別会員 (21名)

青池 勇雄	青木 虎吉	赤星 義彦
有原 康次	上村 正吉	河邨文一郎
近藤 錢矢	榎田喜三郎	七川 歓次
鈴木 良平	玉井 達二	土屋 弘吉
東野 修治	西 新助	服部 獨
藤本 憲司	前山 嶽	丸毛 英二
宮城 成圭	山田 憲吾	若松 英吉

## 各種委員会委員

### 運営委員(10名)

生田 義和 石井 清一 \*上羽 康夫 児島 忠雄 杉岡 洋一  
鈴木 勝己 玉井 進 矢部 裕 山内 裕雄 渡辺 好博  
(特別顧問 田島達也)

### 教育研修委員(6名)

麻生 邦一 阿部 正隆 石井 清一 \*玉井 進 中村 講吾  
吉津 孝衛

### 編集委員(6名)

小川 亮恵 児島 忠雄 \*佐藤 勤也 杉岡 洋一 藤巻 悅夫  
松崎 昭夫

### 機能評価委員(6名)

生田 義和 伊知地正光 木野 義武 斎藤 英彦 \*平澤 泰介  
室田 景久

### 用語委員(6名)

阿部 宗昭 \*石田 寛友 薄井 正道 小林 晶 富田 泰次  
二ノ宮節夫  
(特別顧問 田島達也)

### プログラム委員(12名)

阿部 宗昭 勝見 泰和 木野 義武 楠 正敬 須川 黙  
多田 浩一 田中 寿一 田村 清 土井 一輝 土井 照夫  
中村 講吾 渡 捷一

### 監事(2名)

鳥山 貞宜 三浦 隆行

(\*印は委員長)

## 評議員(149名)

(五十音順)

阿部 繢	阿部 正隆	阿部 宗昭	赤堀 治
浅井 正大	麻生 邦一	荒井 孝和	安藤 正
伊地知正光	伊藤 恵康	生田 義和	石井 清一
石黒 隆	石田 寛友	石突 正文	池谷 正之
磯部 饒	井上 五郎	井上 博	茨木 邦夫
今井 望	巖 琢也	宇佐美文章	上羽 康夫
薄井 正道	内西兼一郎	小川 亮恵	小野 啓郎
小野村敏信	岡 一郎	岡 義範	荻野 利彦
奥津 一郎	落合 直之	河合 伸也	勝見 泰和
木野 義武	城戸 正詩	北山 吉明	吉川 暢一
楠 正敬	小島 哲夫	小林 晶	児島 忠雄
腰野 富久	佐藤 勤也	斎藤 英彦	齐藤 満
坂田 悍教	桜井 実	貞広 哲郎	柴田 実
島津 晃	白須 敞夫	須川 黙	須藤 容章
杉岡 洋一	鈴木 勝己	関 利明	関口 順輔
泉類 博明	田中 寿一	田中 清介	田中 晴人
田村 清	多田 浩一	高沢 晴夫	高杉 仁
高橋 定雄	高橋 正憲	高見 博	竹光 義治
立沢 喜和	立花新太郎	玉井 進	豊島 泰
土井 一輝	土井 照夫	藤 哲	東田 紀彦
富田 泰次	富永 通裕	鳥巣 岳彦	鳥山 貞宜
中島 英親	中土 幸男	中村 謙吾	長尾 悅夫
長野 昭	南條 文昭	二ノ宮節夫	西 源三郎
西島 直城	波利井清紀	橋爪 長三	花村 達夫
濱 弘道	浜田 良機	原 徹也	肥留川道雄
彦坂 一雄	平澤 精一	平澤 泰介	平沼 晃
平野 英二	平山 隆三	福居 顯宏	藤沢 幸三
藤田 晋也	藤原 朗	藤巻 悅夫	二見 俊郎
古屋光太郎	別府 諸兄	星 秀逸	堀内 行雄
前田 道宣	牧野 惟男	松井 猛	松崎 昭夫
松田 英雄	松元 司	三浦 隆行	三浦 幸雄
三浪 明男	三浪三千男	三好 邦達	光安 元夫
宮坂 芳典	村上 恒二	室田 景久	諸橋 政檍
矢部 裕	梁瀬 義章	柳原 泰	山内 茂樹
山内 裕雄	山口 智	山中 健輔	山根 宏夫
山野 慶樹	山室 隆夫	山本 真	吉田 健治
吉津 孝衛	吉村 光生	- 龍 順之助	渡辺 好博
渡 捷一			



# 目 次

## 神経基礎

手の自立神経支配について（第2報）

—星状神経節内における手指末梢支配の神経細胞分布について—

.....鶴田敏幸・他..... 1

T. Tsuruta, et al.: Autonomic Nerve Fibers to the Hand

—Distribution of the neurons to the hand in stellate ganglion—

神経縫合術における遊離脂肪移植の実験的研究 .....坂中秀樹・他..... 8

H. Sakanaka, et al.: Experimental Study of Free Fat Graft in Nerve Repairs

末梢神経片内の Somatomedin C の定量

—切断後の経時的変化— .....越智光夫・他..... 12

M. Ochi, et al.: Time-dependent Changes of Somatomedin C Content  
in Peripheral Nerve after Transection

運動、知覚線維の選択的再生に関する実験的研究（第4報） .....牧裕・他..... 16

Y. Maki, et al.: Experimental Study of Selective Motor and Sensory Nerve Regeneration (Part 4)

血管柄付き神経移植と無血管神経移植の機能的、

形態学的および電気生理学的回復の比較検討 .....金谷文則・他..... 20

F. Kanaya, et al.: Functional, Electrophysiological and Morphological Comparison  
of Vascularized Versus Nonvascularized Nerve Grafting

指神経背側枝と背側指神経の分岐・走行形態の検索 .....林博之・他..... 24

H. Hayashi, et al.: Anatomical study for the dorsal branch  
of digital nerve and the digital dorsal nerve

肘部管症候群の成因に関する検討

—ひずみ圧力計による神経外圧測定— .....岸和彦・他..... 30

K. Kishi, et al.: Experimental Study of the Cubital Tunnel Syndrome  
—Measurement of Extraneural Pressure Using Pressure Sensor—

神経圧迫による神経筋伝達機能に関する実験的研究（第2報）

—神経幹の組織像と神経伝達速度および神経筋伝達機能との関係—

.....横澤均・他..... 34

H. Yokozawa, et al.: An Experimental Study on the Effects  
of Nerve Compression on the Neuromuscular Junction; 2nd Report

—The Pathology of the Nerve Related to Motor Nerve Conduction Velocity  
and Neuromuscular Transmission—

温または冷阻血による末梢神経の経時の形態変化 .....光嶋勲・他..... 39

I. Koshima, et al.: Experimental Study of Normothermic or Cold Ischemia:  
Ultrastructural Observation of Nerves in Transected Extremities

末梢神経切断後の近位側有髓神経線維の変化についての実験的研究（第3報） —特に非再生群と再生群の差異について—	成沢弘子・他	43
<i>H. Narisawa, et al.: Experimental Study on Difference in the Proximal Nerve Segment in Those with and without Regeneration</i>		
脊髄後根神経節の移植による末梢神経と筋組織の変性予防（その2）	竹本正端・他	49
<i>S. Takemoto, et al.: An Experimental Study on the Transplantation of the Dorsal Root Ganglion to Prevent Peripheral Neural and Muscular Degeneration: Part II</i>		
シュワン細胞株由来培養上清によるラット褐色細胞腫株PC12の分化	人見智・他	56
<i>S. Hitomi, et al.: Differentiation of PC 12 Pheochromocytoma cells induced by conditioned medium of Schwann cell line</i>		
Somatomedin Cの末梢神経再生におよぼす影響	山中威彦・他	60
<i>T. Yamanaka, et al.: Effect of Somatomedin C on peripheral nerve regeneration</i>		
Silicone Tube内の坐骨神経再生におけるEpineurium温存の影響（第2報） —神経再生早期の成績—	中野令子・他	64
<i>R. Nakano, et al.: Effects of Vascularized Epineurium on Regeneration of Rat Sciatic Nerve Through Silicone Tube (Part 2) —Result of Early Nerve Regeneration—</i>		
ラット坐骨神経の再生能力と組織学的評価について —光頭・電頭写真による計測—	伊藤聰一郎・他	70
<i>S. Ito, et al.: Histological Assessment of Nerve Regeneration in the Rat and Its Spontaneous Regeneration Capacity</i>		
末梢神経再生に関する実験的研究 —生体吸収性tube内でのlamininの軸索成長促進作用について—	新井健・他	74
<i>T. Arai, et al.: Experimental Study on Peripheral Nerve Regeneration —Effect of Laminin on Promoting Regeneration of Peripheral Nerves in Collagen Tubes—</i>		
末梢神経再生に関する実験的研究 —laminin処理tubeによるラット坐骨神経20mm gapの架橋—	仲尾保志・他	79
<i>Y. Nakao, et al.: Experimental study on peripheral nerve regeneration —Exogenous laminin allows axonal regeneration across a 20 mm gap between sectioned ends of rat sciatic nerve within silicone tubes—</i>		
アポリipoprotein Eが家兔末梢神経再生に及ぼす影響	三上容司・他	84
<i>Y. Mikami, et al.: The Effect of Apolipoprotein E on Regeneration of Peripheral Nerves in Rabbits</i>		
終末器官の知覚神経初期再生に及ぼす影響についての研究	高橋勇二・他	89
<i>Y. Takahashi, et al.: A Study of the Influence of End Organ on the Sensory Nerve Regeneration at Early Stage</i>		

## 神経臨床

- 片側固有指神経断裂の残存知覚と、手術適応 ..... 今井 春雄・他 ..... 93  
*H. Imai, et al.: Loss of Sensation and Operative Indication after Unilateral Proper Digital Nerve Laceration*

- 血管柄付神経移植の遠隔成績：従来法との臨床的比較研究 ..... 土井 一輝・他 ..... 98  
*K. Doi, et al.: Vascularized Versus Nonvascularized Sural Nerve Graft Clinical Comparative Studies*

## 運動解析

### 手指関節運動の動的解析

- 1関節固定および運動速度の影響— ..... 秋山 寛治・他 ..... 104  
*K. Akiyama, et al.: The Effect of the Speed for the Joint Motion of the Index Finger with one Joint Fixed*

### シネラジオグラフィーによる手関節の運動解析

- 第6報 手関節橈尺屈運動に伴う近位手根列の掌背屈運動— ..... 楠 正敬・他 ..... 109  
*M. Kusunoki, et al.: Cineradiographic study of the wrist motion —The 6th report: Flexion-extension movement of the proximal carpal row during radial-ulnar movement of the wrist—*

### 橈骨短縮骨切り術が肘関節接触面積および関節応力に及ぼす影響

- ..... 村井 正和・他 ..... 113  
*M. Murai, et al.: Joint Contact Area and Stress in the Elbow Joint by Radial Shortening*

## 炎症

- 慢性関節リウマチにおける手関節滑膜切除術の成績と問題点 ..... 龍順之助・他 ..... 117  
*J. Ryu, et al.: Results and Problems of Wrist Synovectomies in the Rheumatoid Hand*

- 手における結核性疾患の10例 ..... 中野 彰夫・他 ..... 120  
*A. Nakano, et al.: Tuberculosis of the Hand and Wrist: A Study of Ten Cases*

## 腫瘍

- 手の内軟骨腫 ..... 飯島 謹之助・他 ..... 124  
*K. Iijima, et al.: A clinicopathological study of 97cases of enchondromas of the hand*

## 植皮・再建等

- 逆行性指動脈島状皮弁による手指末節変形の再建 ..... 梶彰吾・他 ..... 128  
*S. Kajii, et al.: Reconstruction of Finger Tip Deformity with Reverse Digital Artery Island Flap*

- Twin FlapによるDegloving Injuryの治療 ..... 渡辺克益・他 ..... 132  
*K. Watanabe, et al.: The Immediate Restoration of the Degloved hand with the Twin Flaps*

## 検査法・機能評価等

- 手関節鏡の治療面における応用について ..... 西川真史・他 ..... 136  
*S. Nishikawa, et al.: Clinical Application of Wrist Arthroscopy*

- 手の外科領域での超音波検査 ..... 北側恵史・他 ..... 141  
*E. Kitagawa, et al.: Ultrasound Examination of the Hand*

## 上肢末梢神経に対する超音波検査法の応用

- 一正常例の検討一 ..... 舟波達・他 ..... 146  
*S. Funami, et al.: Ultrasonographic application for normal peripheral nerve of upper extremity*

- 手根管症候群における超音波診断 ..... 野々村淳・他 ..... 150  
*J. Nonomura, et al.: Ultrasonographic Diagnosis of the Carpal Tunnel Syndrome*

- 手関節の Digital Subtraction Arthrography について ..... 大坂芳明・他 ..... 154  
*Y. Osaka, et al.: Digital Subtraction Arthrography of the Wrist*

- 簡便な術中神経断端評価法の開発 ..... 中川種史・他 ..... 159  
*T. Nakagawa, et al.: Development of the intraoperative estimation of the proximal nerve stump using colloidal gold labeled with anti-neurofilament antibody*

## 原著

- 中手骨骨頭の形態計測に関する研究 ..... 村井恒雄 ..... 164  
*T. Murai: A Geometric Study on the Metacarpal Heads*

- 母指多指症の斜指変形における術後経過の検討 ..... 藤田晋也・他 ..... 172  
*S. Fujita, et al.: Primary Correction of Clinoarthrotic Deformity in Thumb Polydactyly*

- 手関節橈掌側のガングリオンの病像と治療成績について ..... 二宮邦穂・他 ..... 178  
*K. Ninomiya, et al.: Clinical and Operative Finding of Ganglions on the Radio-palmar Aspect of the Wrist Joint and Results of its Surgical Treatment*

## 血管柄付神経移植の理論的優位性と静脈系のみを用いた

- 血管柄付神経移植の可能性について ..... 新垣晃 ..... 183  
*A. Arakaki: Theoretical Advantages of Vascularized Nerve Grafts and Possibility of Three Alternative Vascularizations of Nerve Grafts*

- ラット坐骨神経慢性圧迫損傷モデルに対する機能的、組織学的評価と  
神経剥離術の有効性に関する実験的研究  
—Mackinnon らの実験モデルを用いて— ..... 富山聰・他 ..... 193  
*S. Tomiyama, et al.: Experimental Studies on the Effects of Neurolysis to Chronically Compressed Nerve with Functional and Histological Assessment  
—Using Mackinnon's Model—*

## 第33回日本手の外科学会発表論文

- 完全手部切断再接着例の検討 ..... 渡辺博義・他 ..... 210  
*H. Watanabe, et al.: Replantation of Completely Amputated Hands*

## 神経基礎

### Autonomic Nerve Fibers to the Hand

#### —Distribution of the neurons to the hand in stellate ganglion—

Toshiyuki Tsuruta, Hideo Watanabe and Kanae Nakayama

Division of Orthopedic Surgery, Department of Surgery, Saga Medical School

Sadahiko Masuko

Department of Anatomy, Saga Medical School

#### Summary

In order to study the origin of nerve fibers distributing in the hand, the distribution and neuron type of retrogradely labelled cells were examined by fluorescence immunohistochemistry after application of a fluorescent tracer to the radial, median or ulnar nerves at wrist region of the dog.

Sensory neurons labelled from each nerve were distributed segmentally in the dorsal root ganglia ( $C_7$  for radial,  $C_8$  for median and  $T_1$  for ulnar nerve). Labelled postganglionic sympathetic neurons were restricted to the stellate ganglion and also distributed segmentally (cranial part for radial, middle region for median and more caudally for ulnar nerve).

Approximately 30% of labelled sensory neurons from each nerve were CGRP and SP-immunoreactive (IR). In the labelled sympathetic neurons, the proportions of non-catecholaminergic VIP-IR and catecholaminergic TH-IR neurons were different among the peripheral nerves. The ratios of VIP-IR cell to TH-IR cell were approximately 25:75 for radial, 45:55 for median and 40:60 for ulnar nerve.

#### Introduction

We have previously reported that the median and radial nerves of the dog hand contain nerve fibers immunoreactive to tyrosine hydroxylase (TH), neuropeptide Y (NPY), vasoactive intestinal peptide (VIP), calcitonine gene-related peptide (CGRP) or substance P (SP), and that the proportion of these immunoreactive fibers is different between the median and radial nerves, reflecting the difference in their target tissues which receive innervation of these immunoreactive fibers<sup>1,2</sup>. However, the origin of these immunoreactive fibers has not yet been demonstrated. In the present study, to clarify the origin and localization of these immunoreactive nerve fibers, the distribution, number and immunoreactivity of retrogradely labelled cell bodies in the sensory as well as sympathetic ganglia from the radial, median or ulnar nerves were examined by use of first blue (FB), a fluorescent tracer of the axonal transport, and fluorescence immunohistochemistry.

#### Materials and methods

Nine mongrel dogs of both sexes (5-7 kg) were anesthetized by intraperitoneal injection of

---

Key words: autonomic nerve, stellate ganglion, hand, dog, immunohistochemistry.

Address for reprints: Toshiyuki Tsuruta, M. D., Division of Orthopedic Surgery, Department of Surgery, Saga Medical School, 5-1-1 Nabeshima, Saga, 849, Japan.

sodium pentobarbital (50 mg/kg), and 0.5% FB was injected to one of the radial ( $n=3$ ), median ( $n=3$ ), and ulnar ( $n=3$ ) nerves. Two weeks after the operation, animals were deeply anesthetized with sodium pentobarbital as described above and perfused through the ascending aorta with 4000 ml of a fixative containing 4% paraformaldehyde and 15% saturated picric acid in 0.1 M phosphate buffer (pH 7.4). The dorsal root ganglia ( $C_6$ - $Th_5$ ) and sympathetic ganglia (from the superior cervical ganglion to 5th thoracic ganglion) were removed and immersed in 30% sucrose phosphate-buffered solution for over night at 4°C.

Frozen sections (20 $\mu$ m thick) were made serially and stored in a phosphate-buffered saline. Some sections were processed for indirect fluorescence immunohistochemistry according to Coons<sup>2)</sup>. In brief, the sections were incubated at 4°C for 12 hours with rabbit anti-CGRP (Cambridge Research Biochemicals, dilution 1:2000), anti-VIP (Immuno Nuclear Co., 1:2000), anti-NPY (Peninsula Laboratories, RAS 7172, already diluted), rat monoclonal anti-SP (Sera-lab, 1:100) and mouse monoclonal anti-TH (Hatanaka and Arimatsu 1984<sup>4)</sup>, 1:200). After being rinsed, the sections were incubated at room temperature for 2 hours with fluorescein isothiocyanate (FITC)-conjugated goat anti-rabbit antibodies (Cappel, 1:400) and with rhodamine isothiocyanate (RITC)-conjugated goat anti-rat or-mouse antibodies (Cappel, 1:200). The specificity of the immunoreaction was tested by preabsorption of the antisera with synthetic peptides (1 to 100 $\mu$ g/ $\mu$ l diluted antisera).

The sections were examined using either a Zeiss or Nikon epifluorescence microscope equipped selective filters for visualization of each of the FB, FITC and RITC fluorophores individually.

## Results

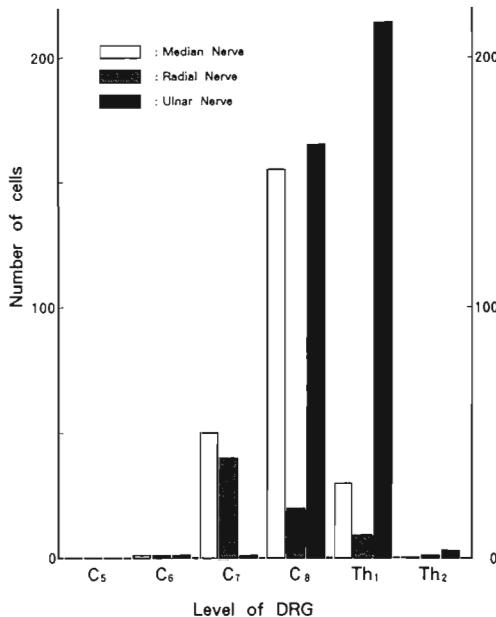
### 1. Distributions of retrogradely labelled cells

Retrogradely labelled sensory neurons with FB which had been applied to the radial, median or ulnar nerves at the wrist region were found in the dorsal root ganglia of  $C_6$ - $Th_5$ . Although the labelled cells from each peripheral nerve were distributed in several ganglia, their maximum was located one or two adjacent ganglia (Fig. 1). The highest number of labelled cells from the radial nerve was found in the segment  $C_7$ . Labelled cells from the median nerve had their maximum in  $C_8$ . Labelled neurons from the ulnar nerve occurred in large numbers either in  $C_8$  and  $Th_1$  (maximum in  $Th_1$ ). Thus, segmental distributions of sensory neurons projecting to each peripheral nerve were demonstrated.

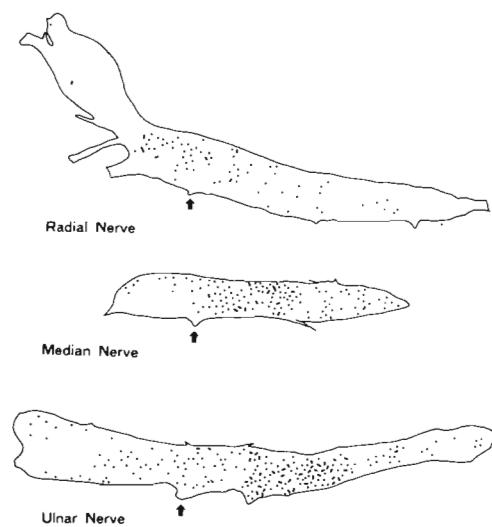
In the sympathetic ganglia, most, if not all, labelled neurons were located in the stellate ganglion, and any labelled cells could not be found in the superior and middle cervical ganglia as well as  $Th_4$ - $Th_5$  thoracic ganglia. Although, virtually all sympathetic neurons sending their axons to the radial, median and ulnar nerves were restricted to the stellate ganglion, the segmental distributions of labelled cells from each peripheral nerve were found within the ganglion (Fig. 2). The sympathetic neurons labelled from the radial nerve were localized at the most cranial part of the stellate ganglion, labelled cells from the median nerve were mainly distributed at middle region of the ganglion and those from the ulnar nerves tended to occur more caudal region of the ganglion.

### 2. Neuron types of the labelled cells

In both the sensory and sympathetic ganglia, neuron types of retrogradely labelled cells and their proportions were examined by combining fluorescence immunohistochemistry with the fluorescent tracer technique. In the dorsal root ganglia ( $C_7$ - $Th_1$ ), all types of sensory neurons with small, medium and large sizes were labelled with FB. Many small to medium and some large neurons were CGRP-IR. However, SP-immunoreactivity was found only in small to medium sized cells, and the



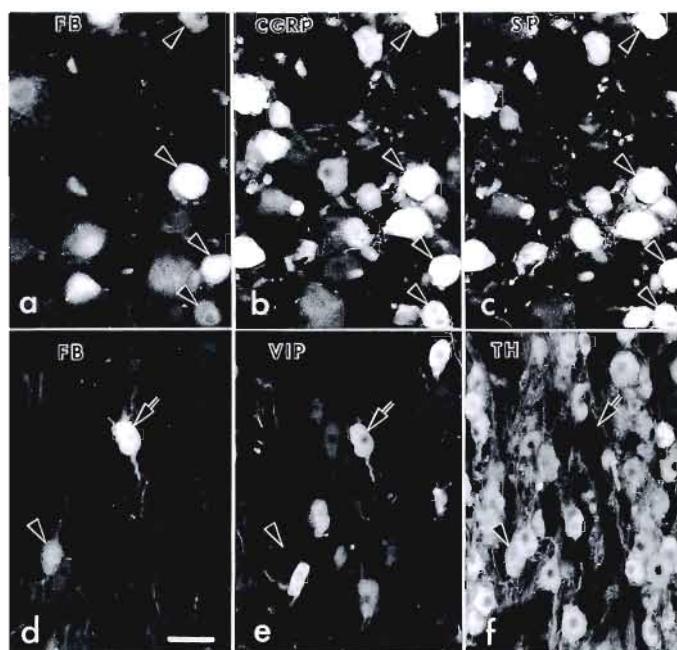
**Fig. 1** Distribution of sensory neurons at different segmental levels retrogradely labelled from each peripheral nerve.  
Each bar indicates mean number of labelled cells per section ( $n=25$ ) of three different dorsal root ganglia (DRG).



**Fig. 2** Distribution of postganglionic sympathetic neurons in the stellate ganglia retrogradely labelled from each peripheral nerve. Dots indicate labelled cells and arrows indicate the communicating branch with Th<sub>1</sub> spinal nerve.

double immunostaining showed that most SP-IR cells were also CGRP-IR (Fig. 3a-c). A quantitative analysis of these sections revealed that both CGRP and SP-IR (CGRP/SP) cells form about 30% of all retrogradely labelled sensory neurons (Table 1). There were no significant differences in proportions of the CGRP/SP-IR cells among the labelled cells from different peripheral nerves.

In the sympathetic ganglia, labelled cells showed immunoreactivity to either TH or VIP, and there were no labelled cells immunoreactive to both TH and VIP (Fig. 3d-f). This result indicated that sympathetic postganglionic neurons projecting to the wrist and hand were composed of TH-IR catecholaminergic cells and VIP-IR non-catecholaminergic cells. In order to estimate the ratios of VIP-IR cells to TH-IR ones, the numbers of VIP-IR and VIP-negative cells which had been labelled from each peripheral nerve were counted. These analyses demonstrated differences in the proportions of VIP-IR cells among neurons labelled from each peripheral nerve (Table 1). The labelled cells from the median nerve had the highest proportion of VIP-IR cells (46.5%) and those from the radial nerve showed the lowest value (26.3%). Although, neurons labelled from the ulnar nerve took a relatively high proportion of VIP-IR cells (41.2%), the value was lower than that of median nerve. The double immunostaining revealed that about 70% of TH-IR cells were also immunoreactive to NPY, about 90% of VIP-IR cells were immunoreactive to SP and approximately 75% of SP-IR cells were also CGRP-IR.



**Fig. 3** Fluorescence micrographs showing fast blue (FB) labelled cells and their immunoreactivity to CGRP, SP, VIP and TH.

a-c: Cells in C<sub>7</sub> dorsal root ganglion labelled from the radial nerve. Arrowheads indicate FB labelled cells with SP and CGRP immunoreactivity.

d-f: Cells in the stellate ganglion labelled from the radial nerve. Arrowhead indicates FB labelled TH-IR cell and arrow indicates FB labelled VIP-IR cells. Bar=50μm.

**Table 1** % of FB labelled immunoreactive cells

	DRG	STG
	CGRP/SP	VIP
Radial Nerve	35.7 (n=412)	26.3 (n=599)
Median Nerve	31.2 (n=500)	46.5 (n=811)
Ulnar Nerve	35.7 (n=652)	41.2 (n=1303)

FB: Fast Blue, DRG: Dorsal Root Ganglion,

STG: Stellate Ganglion

### Discussion

The present study demonstrated the segmental distributions of sensory cell bodies sending their axons to the radial, median and ulnar nerves at wrist region of the dog. The maximum segment of retrogradely labelled cells was C<sub>7</sub> from radial nerve, C<sub>8</sub> from median nerve and Th<sub>1</sub> from ulnar nerve. Although, ranges of the distribution are somewhat different, the segmental organization is similar to that of human being. It has been known that in the human sympathetic system, neurons in the middle cervical and stellate ganglia project to the upper extremity<sup>6</sup>. However, the present study revealed that all sympathetic somata labelled retrogradely from peripheral nerves of the dog wrist were restricted to the stellate ganglion. Within the ganglion, the labelled cells from each peripheral nerve

showed a segmental distribution, in which the most cranial part for radial nerve, middle region for median nerve and more caudal region for ulnar nerve. Although, this segmental pattern is similar to that of sensory neurons, the main segments of sympathetic somata seems to be one segment caudally than those of sensory neurons, since the cranial, middle and caudal regions of the dog stellate ganglion are usually corresponding to the levels of  $C_8$ ,  $Th_1$  and  $Th_{2-3}$ , respectively. This is in contrast to the situations in the cat and rat hindlimbs, where the segmental organization of sympathetic postganglionic neurons to skin and skeletal muscle is nearly same or one segment cranially than that of the sensory system<sup>11)12)</sup>.

The present immunohistochemical study revealed that approximately 30% of total sensory neurons projecting to peripheral regions of the wrist and hand were CGRP/SP-IR. Coexistence of CGRP and SP in a certain proportion of the small diameter sensory fibers have been reported<sup>3)</sup> and SP-IR sensory neurons have been suggested to be involved in pain transmission<sup>5)</sup>. As a peripheral effect of these peptides, it has been known that SP induces vasodilation and an increase in vascular permeability<sup>8)9)</sup>, and that CGRP is also a vasodilating agent in various tissues<sup>11)</sup>. In the forepaw of dog, we have previously demonstrated that CGRP-IR and SP-IR fibers show a similar distribution in dermis and in association with blood vessels<sup>13)</sup>. Thus, the retrogradely labelled CGRP/SP-IR sensory neurons may contribute these CGRP-IR and SP-IR fibers in the dog hand and be involved in the physiological roles as described above. It should be emphasized that although the total numbers of labelled cells from each peripheral nerve were different, the proportions of the labelled CGRP/SP-IR cells were not different among the peripheral nerves in the wrist. This result suggests that at least of the CGRP/SP-IR fiber, the composition of sensory fibers in the radial, median and ulnar nerves is similar to one another.

In contrast to the sensory system, the ratio of VIP-IR to TH-IR postganglionic sympathetic neurons labelled from each nerve was different. Since all labelled cells in the stellate ganglion were immunoreactive to VIP or TH, an approximate VIP-IR (non-catecolaminergic) cell : TH-IR (catecholaminergic) cell ratio of labelled cells from each nerve can be estimated from Table 1 as follows ; 25 : 75 for radial nerve, 45 : 55 for median nerve and 40 : 60 for ulnar nerve. Our previous analysis of fiber types within the dog radial and median nerves have shown a similar result of VIP-IR : TH-IR ratio to the result of present study<sup>13)</sup>. As this and previous studies<sup>10)</sup> have shown, most VIP-IR neurons are immunoreactive to CGRP and SP, and a large number of TH-IR neurons are also NPY-IR in the dog stellate ganglion. In the dog forepaw, VIP-IR, CGRP-IR and SP-IR fibers in the sweat glands as well as in the walls of blood vessels, TH-IR fibers in the hair muscles, and TH-IR and NPY-IR fibers around the blood vessels have been found<sup>13)</sup>. Since in the dog paws, sweat glands are present only in palmar side and hair muscles are predominant in dorsal side, non-catecholaminergic sympathetic VIP/CGRP/SP-IR fibers may distribute mainly in palmar side and catecholaminergic TH-IR fibers predominantly distribute in dorsal side of the paw. Thus, it can be concluded that the difference in the VIP : TH ratio in the postganglionic neurons labelled from each nerve is reflected on the difference in their target tissues.

### Conclusion

Sensory and postganglionic sympathetic neurons sending their axons to the radial, median and ulnar nerve at wrist region of the dog are segmentally distributed in the dorsal root ganglia ( $C_7$  for radial,  $C_8$  for median and  $Th_1$  for ulnar nerve) and within the stellate ganglion ( $C_8$  for ulnar,  $Th_1$  for median and  $Th_2$  for ulnar nerve), respectively. Sensory fibers in each peripheral nerve contain a

similar proportion (approximately 30%) of CGRP/SP-IR fibers. In contrast to this, sympathetic fibers in each nerve contain VIP-IR and TH-IR fibers in different ratios (25 : 75 for radial, 45 : 55 for median, and 40 : 60 for ulnar nerve in VIP : TH ratio).

### Acknowledgments

We are grateful to Miss Kumiko Sakai for technical assistance. We would like to thank to Dr. Yuuki Uchida for operation of a TRI image analyser.

### References

- 1) Brain SD, Williams TH, Tippins JR, Morris HR and MacIntyre I: Calcitonin gene-related peptide is a potent vasodilator. *Nature (London)* 313: 54-56, 1985.
- 2) Coons AH: Fluorescent antibody methods. In: Danielli JF (ed), *General cytochemical methods*. Academic Press, New York, pp399 : 442, 1958.
- 3) Gibson SJ, Polak JM, Bloom SR, Sabate IM, Mulderry PM, Ghatei MA, McGregor GP, Morrison JFB, Kelly JS, Evans RM and Rosenfeld MG: Calcitonin gene-related peptide immunoreactivity in the spinal cord of man and eight other species. *J. Neurosci.*, 4 : 3101-3111, 1984.
- 4) Hatanaka H and Arimatsu Y: Monoclonal antibodies to tyrosine hydroxylase from rat pheochromocytoma PC12 cells with special reference to nerve growth factor-mediated increase of the immunoprecipitable enzymes. *Neurosci. Res.* 1 : 253-263, 1984.
- 5) Henry JL: Effects of substance P on functionally identified units in cat spinal cord. *Brain Res.*, 114 : 439-451, 1976.
- 6) Johnson RH and Spalding JMK.: Disorders of the autonomic nervous system. Chapter 1. Anatomy of the autonomic nervous system. Backwell Scientific Publications, Oxford, 1-22, 1974.
- 7) Lundberg JM, Franco-Cereceda A, Hua X-Y, Hökfelt T and Fischer JA: Coexistence of substance P and calcitonin gene-related peptide-like immunoreactivities in sensory nerves in relation to cardiovascular and bronchoconstrictor effects of capsaicin. *Eur. J. Pharmacol.*, 108 : 315-319, 1985.
- 8) Lundberg JM and Saria A,: Capsaicin-sensitive vagal neurons involved in control of vascular permeability in rat trachea. *Acta Physiol. Scand.*, 115 : 521-523, 1982.
- 9) Lundblad L, Änggård A and Lundberg JM: Effects of antidromic trigeminal nerve stimulation in relation to parasympatetic vasodilation in cat nasal mucosa. *Acta Physiol. Scand.*, 119 : 7-13, 1983.
- 10) Masuko S, Kawano H, Kawasoe M and Chiba T: VIP/CGRP/SP-containing neurons in the canine stellate ganglion-reference to the footpad sweat gland innervation. *Acta Anatomica Nipponica*, 64 : 464, 1989.
- 11) McLachlan EM and Jäning W: The cell bodies of origin of sympathetic and sensory axons in some skin and muscle nerves of the cat hindlimb. *J. Comp. Neurol.*, 214 : 115-130, 1983.
- 12) Boron R, Jäning W and Kollman W: Sympathetic and afferent somata projecting in hindlimb nerves and the anatomical organization of the lumbar sympathetic nervous system of the rat. *J. Comp. Neurol.*, 275 : 460-468, 1988.
- 13) Tsuruta T, Asami A, Nakao T, Watanabe H and Masuko S: Distribution of autonomic nerve fibers to the hand —Peptide immunoreactive nerve fibers in the median and radial nerve—. *The Journal of Japanese Society for Surgery of the Hand*, 7 : 84-88, 1990.

和文抄録  
手の自律神経支配について  
—星状神経節内における手指末梢支配の神経細胞分布について—

佐賀医科大学外科学教室整形外科部門

鶴田敏幸・渡辺英夫  
中山香苗

佐賀医科大学解剖学教室  
増子貞彦

上肢末梢神経に含まれるペプタイド含有神経の起始細胞の由来を確認し、そこで分布に末梢神経ごとの局在があるのか、さらに、起始細胞のペプタイドタイプを明らかにする目的で、手関節部位における正中・橈骨・尺骨神経に対し、逆行性神経標識および、免疫組織化学的手法を用いて検討した。

知覚神経の起始細胞は、橈骨神経で  $C_7$ 、正中神経で  $C_8$ 、尺骨神経では  $T_{1-4}$  に主に分布しており、その約 30%強のものが Calcitonine Gene Related Peptide/Substance P 陽性で末梢神経別の差は認められなかつた。自律神経の標識細胞は、上頸、中頸、 $Th_4$ 、 $Th_5$  交感神経節には認められず、星状神経節のみに認められた。そこでは、頭側部より尾側へ橈骨・正中・尺骨神経の順に多く分布しており、後根神経節と同様な髓節様の支配形態が存在すると推察した。星状神経節内における橈骨神経の起始細胞では、カテコラミン対非カ

テコラミン細胞の割合はおおよそ、75：25、正中神経では 55：45、尺骨神経では 60：40 であり、この結果は、手関節部における橈骨神経、正中神経内末梢カテコラミン神経、非カテコラミン神経の割合とほぼ一致していた。すなわち、標的組織の差に一致して、星状神経節内ですでにペプタイド神経細胞の割合が決まっており各末梢神経へ分布していくものと考えられる。

**質問** 座長 山内 裕雄  
犬でおやりになっていますが人間との神経分布の差はどの程度ありますか。

**回答** 佐賀医科大学 鶴田 敏幸  
知覚神経の分布の差は、ほとんどないと思われますが、交感神経の分布の差は、人間では、未だ検討手段がなく、やっていません。

## 神経縫合術における遊離脂肪移植の実験的研究

大阪市立大学医学部整形外科学教室

坂 中 秀 樹・松 田 英 雄  
陳 統 一・宮 内 晃  
島 津 晃

### Experimental Study of Free Fat Graft in Nerve Repairs

Hideki Sakanaka, et al.

Department of Orthopaedic Surgery, Osaka City University Medical School

Peripheral nerve injuries are treated with nerve sutures such as end-to-end suture or nerve graft. However when there is a large amount of scar around the injured nerve, scar invasion and adhesion occur at the suture site. In those cases, constriction of the peripheral nerve by the scar tissue disturbs the nerve regeneration.

In order to avoid scar formation and adhesion around the suture line, the nerve is wrapped in free fat with fibrin glue.

In this study, 22 adult male rabbits were used as experimental animal. The sciatic nerve was exposed and the tibial nerve was cut above the motor branch leading to the gastrocnemius muscle. We prepared models consisting of an end-to-end suture group and a nerve graft group. On the control side no protection was provided for the nerve while on the experimental side the nerves were protected with a free fat graft. The experimental rabbits were sacrificed three months after the operation and an electrophysiological study and histological study were performed.

The electrophysiological study showed that the experimental group treated with free fat grafts was experiencing a better effect while the histological study indicated that free fat grafts prevented the perineural invasion by scar tissue and that suture line neuroma was kept to a minimum.

These experiments seem to imply that wrapping the nerve with free fat offers some protection against scar proliferation and decreases the adhesion to the surrounding tissue. The grafted fats never disturbed the nerve regeneration. Therefore the technique of free fat grafts used in nerve repair may also be useful in human clinical cases.

### はじめに

神経縫合術においては、縫合部の環境によって神経の回復に差がみられる。特に縫合部周囲に瘢痕が多い場合などは癒着が強く、神経が絞扼されたり、神経腫を形成する。これらの要素を少しでも軽減し、神経の回復に最適な環境を作り出すことを意図して、われわ

れは、フィブリン糊を使用し、縫合部を脂肪組織で完全に包み込み、周囲からの結合織の侵入を防ぐようにしてきた。今回、家兎を使用し、その有用性について実験的に検討した。

### 方 法

実験動物は、体重約2.5~3kgの雄の成熟家兎22羽

**Key words:** nerve repair, free fat graft, fibrin glue, adhesion, scar formation

**Address for reprints:** Hideki Sakanaka, M.D., Department of Orthopaedic Surgery, Osaka City University Medical School, 1-5-7 Asahimachi, Abeno-ku, Osaka, 545, Japan.

を使用した。坐骨神経を使用し、総腓骨神経の神経束は温存し、脛骨神経を、腓腹神経と腓腹筋筋枝の分岐部の間で切断後、神経の修復は、10-0 ナイロンにて顕微鏡下に神経上膜縫合を行った。縫合部の周囲に瘢痕を作成するため、母床をバイポーラコアグレーターにて焼灼した。縫合部は、ウサギ由来のフィブリノーゲンを用いたフィブリン糊を使って脂肪で包み込み、周辺部と隔離した。このようにした後、3週間のギブス固定を行った。端端縫合群と同様に神経移植群も作成した (Fig. 1)。神経の再支配が十分と思われる3ヵ月後に、電気生理学的、組織学的に検討を行った。

## 結 果

縫合部を展開すると、脂肪移植を施さなかった群においては、縫合部とその母床の癒着がひじょうに強く、剥離は困難であり、その縫合部を中心として、縦軸方向の可動性が消失していた。脂肪移植群では、可動性は消失していたものの、癒着の程度は軽く、剥離は容易であった。

ここで、端端縫合群および、神経移植群のそれぞれに対して、腓腹筋を被検筋とする誘発筋電図検査を行い、その最大振幅と頂点潜時を比較した (Fig. 2)。まず、端端縫合群において、M 波の最大振幅は、脂肪移植群の方が非移植群よりも大きかった。また頂点潜時も、移植群において早い傾向が認められ、移植群の筋

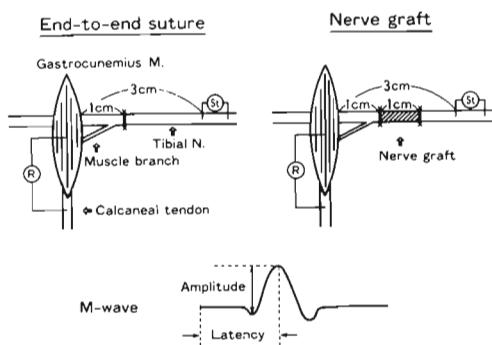


Fig. 2 Electrophysiological study

肉の回復がより良好であることが示唆された。神経移植群においても、同様の傾向が見られた (Fig. 3)。しかしながら、両群とも統計学的に有意差は見いだし得なかった。

次に組織学的検索であるが、脂肪移植を施さない群の縫合部の横断面では、神経上膜の肥厚が著しく、その周囲は豊富な結合組織で囲まれておらず、また周囲との癒着も見られ、神経腫も大きい傾向が認められた。これに対して、脂肪移植群の縫合部においては、神経上膜の肥厚は抑制されており、周囲組織との癒着も軽度であった。脂肪移植群の縫合部の縦断面においては、神経上膜に由来する結合織が、脂肪組織間に侵入して、

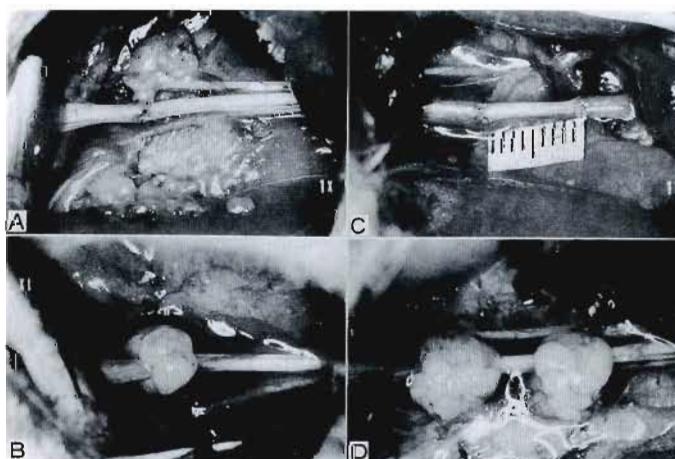


Fig. 1 Operation methods

- A : end-to-end suture
- B : end-to-end suture with free fat grafts
- C : nerve graft
- D : nerve graft with free fat grafts

あたかも神経上膜様になって脂肪をつつみこんでいた  
(Fig. 4).

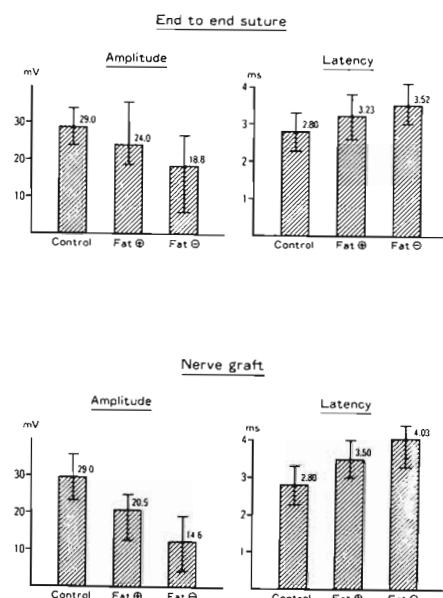


Fig. 3 M-wave

The group treated with free fat grafts was better effect in both an end-to-end suture and a nerve graft.

## 考 察

神経縫合術においては、完全な神経束の適合は不可能であり、神経束間のGapは必ず存在する。マイクロサージャリーの発達にもかかわらず、手技的にはほぼ限界があり、その不適合により多かれ少なかれ、神経腫は形成される。Sunderlandも今後の問題点として、suture line の scar や adhesion を挙げている<sup>1)</sup>。これまでわれわれは、外来性の瘢痕の侵入および癒着を少しでも軽減し、神経の再生に役立つようにと、脂肪移植の臨床応用を行ってきた。今回実験的なM波を指標とした検討では、脂肪移植群の成績は、非移植群に比し、3ヵ月の時点では勝っていることがわかった。

神経の切断端に脂肪を移植した例では、その断端は再生した薄い神経上膜と脂肪で被覆される。しかしながら、脂肪を移植しない場合には、厚い神経上膜と外来性の結合織で被覆され、周囲と固く癒着する(Fig. 5)。このように脂肪は外来性の結合織の侵入を防止し、それによる癒着をも防止する。癒着が生ずると、縫合部には関節の運動によって牽引力が働き、さらに応力が集中し、結合織の増生をうながし、神経の再生修復に悪い作用をおよぼすと考えられる。脂肪移植はこれらの因子を軽減するのに役立ったものと考えられた。なお、移植脂肪が神経の再生を阻害する危険性は認められなかった。

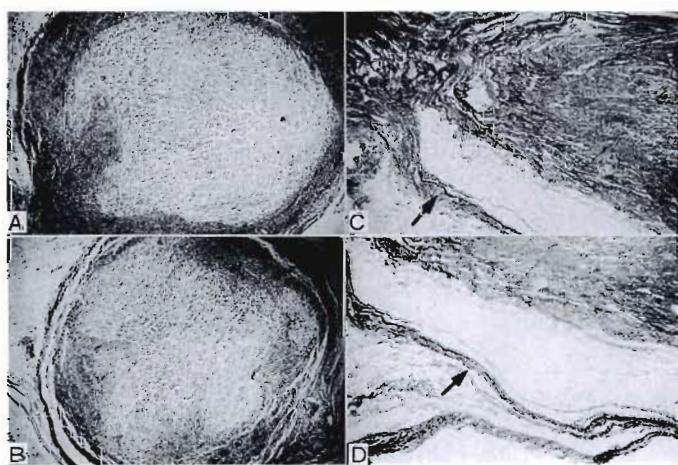


Fig. 4 Histological study

A : group without free fat grafts (Klüver-Barrera's stain)

B : group with free fat grafts (Klüver-Barrera's stain)

C & D : longitudinal section in group with free fat grafts (Azan-Mallory stain)

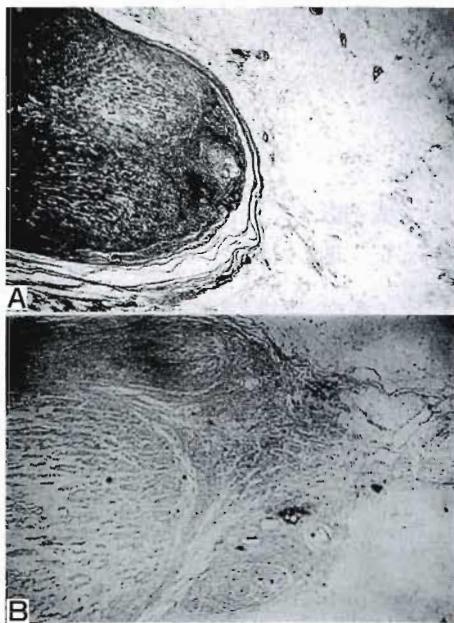


Fig. 5 Amputation neuroma

A : with free fat grafts (Klüver-Barrera's stain)  
 B : without free fat grafts (H-E stain)

### ま　と　め

- 1) 神経修復において、フィブリン糊を用いて縫合部を脂肪組織で被覆し、3ヵ月後に対照群と比較した。
- 2) 誘発筋電図では、対照群よりも良好な回復傾向を示した。
- 3) 組織学的には、移植脂肪は神経上膜の増殖を抑制し、周囲組織との癒着を軽減した。

### 文　　献

- 1) Sunderland, S.: Nerve Injuries and their Repair. Churchill Livingstone, Edinburgh London Melbourne and New York, 1991.

**質問** 広島大学整形外科 越智 光夫  
 ①臨床例における縫合部のTinel signに関しては、脂肪移植例の方が良好でしたのでしょうか。  
 ②縫合部の逸脱線維数には差を認めたでしょうか。

**回答** 大阪市立大学整形外科 坂中 秀樹

- ①脂肪移植群と非移植群において、臨床的にはTinel signの差は、明確に区別できませんでした。
- ②縦断面の組織において、縫合部から神経上膜外に逸脱した神経は、ほとんどなく、差ははっきりしませんでした。

**質問** 山口大学整形外科 土井 一輝

- ①植えた脂肪は組織学的にどうなったか。
- ②術後神経の可動性はどうであったか。
- ③母床の脂肪と移植脂肪はマーキング等で区別したか。

**回答** 大阪市立大学整形外科 坂中 秀樹

- ①3ヵ月の時点では、実験時の脂肪とほとんど量的に変化がないほど、残存していましたが、他の実験での1年経過例で見てみると、約1/2~1/3の量に減少していました。

②脂肪を移植した場合においては、縫合部の癒着は軽度であったが、脂肪の上から、結合織が取り囲み、可動性は保持されていなかった。

③縫合部周囲に存在した脂肪は、神経縫合後可及的に全切除し、縫合部には、移植脂肪だけが存在するようにならため、術野展開時に存在した脂肪は、移植脂肪由来のものと考えられる。

**質問** 岩手医科大学整形外科 阿部 正隆

- ①遊離脂肪移植片の運命について、臨床ではどうかという、土井会員の質問に関連して発言。肘部管症候群の症例で、3ヵ月後のrevisionで生着と確認している。Langenskioldは脊椎管内に移植した例について、15年後にCT値から生存を確認している。条件が良ければ、サバイバル可能と言えると思う。

②移植片は大きければ、神経圧迫要因になり、小さすぎれば、生存が危ぶまれる。その見地からのサイズについて考えがあれば伺いたい。

**回答** 大阪市立大学整形外科 坂中 秀樹

- ①脂肪片の大きさは?
- 移植脂肪片の大きさは、約3mm程度の小片にし、周囲が均一になるように被覆した。

## 末梢神経片内の Somatomedin C の定量

### —切断後の経時的変化—

広島大学医学部整形外科学教室

越 智 光 夫・山 中 威 彦

曾 田 是 則・竹 本 正 瑞

生 田 義 和

### Time-dependent Changes of Somatomedin C Content in Peripheral Nerve after Transection

Mitsuo Ochi, et al.

Department of Orthopaedic Surgery, Hiroshima University School of Medicine

Growth factors such as nerve growth factor are supposed to relate to the degeneration and regeneration process after transection of peripheral nerve. Although Somatomedin C has been demonstrated to be one of the important neurotrophic factors, Somatomedin C content in peripheral nerve has not been investigated. In the present study, we aimed to investigate the time-dependent change of Somatomedin C content in peripheral nerve after transection.

Materials and Methods: 70 adult male Wister rats weighing about 200 gr were used. Under general anesthesia, the left sciatic nerve was transected as proximally as possible. 1, 3, 7, 14 and 28 days after transection, rats were killed and the distal sciatic nerves were cut into 3 segments of 1-cm in length each (P(proximal), M(middle) and D(distal)) and the 3 segments of the tibial nerve were collected separately. After measuring the weight, the frozen nerve segments were homogenized. Somatomedin C content in the 3 segment on the each period after transection was investigated using McAb and PcaB radioimmunoassay.

Results and discussion: Sm-C level gradually increased after transection and reached 4-fold of the control in each segment. The initial rapid increase was not observed in the P segment. It was reported that the level of NGF content at the distal site to transection exhibits an initial rapid increase which is supposed to relate to retrograde axonal flow from target organs. Thus the time-course of the content is different between Sm-C and NGF, indicating that the increase of Sm-C after transection might be mainly due to local synthesis.

### 緒 言

Somatomedin C (Sm-C) は神経細胞の軸索伸長や生存に関与する神経栄養因子 (NTF) の 1 つとして近年注目を集めている。NTF には nerve growth factor (NGF) 以外にも幾つかの因子が存在するが、現在末

梢神経において、世界中で唯一 NGF のみが定量可能である。従って末梢神経切断後の変性再生における NTF の役割や動態は NGF の神経片内の含有量で類推するしか方法がない。しかし、NTF のすべての因子が、NGF と同様な経時的濃度変化を呈するとは考え難い。そこで末梢神経切断後の Sm-C の定量を行い、

**Key words:** somatomedin C, nerve degeneration, time-course.

**Address for reprints:** Mitsuo Ochi, M.D., Department of Orthopaedic Surgery, Hiroshima University School of Medicine, 1-2-3 Kasumi, Minami-Ku, Hiroshima, Japan, 734.

その経時的变化を検討したので報告する。

## 方 法

①予備実験としてウィスター系雄性ラット 10 匹より採取した坐骨神経をプールし、その内 600 mg wet をガラス製ホモジナイザーを用いて、Assay buffer 2 ml でホモジナイズした。さらに、このホモジネート液を assay buffer で 20 ml (30 mg wet/ml), 回収率、定量精度および再現性試験に用いた。Fig. 1 に従い操作し測定した。

前記ホモジネート液 0.75 ml に標準溶液を添加し、前記の操作に従って測定し、回収率を求めた。この時の添加濃度は 0, 4.17, 8.33, 16.67, 33.33, 66.67, 133.33, および 266.67 ng/g wet とした。また定量精度は添加濃度 0, 16.67, 133.33 ng/g wet の試料について検討

Peripheral nerve	
homogenized in the assay buffer	
↓ 30 mg wet/ml	
Peripheral nerve homogenate	0.75 ml
1 N HCl	0.75 ml
↓ 30 min. at room temperature	
↓ centrifuged (2700 rpm. 10 min)	
1 ml supernatant	
↓	
Sep-pac C <sub>18</sub>	
↓ Washed with 10 ml 4% acetic acid	
Eluted with 4 ml methanol	
↓ dried under N <sub>2</sub> gas	
Solubilized with 0.4 ml assay buffer	
↓ centrifuged (1000 rpm. 1 min)	
Sample for RIA	
↓	
Sample for RIA 100 μl	
Assay buffer 400 μl	
Polyclonal anti-Sm-C antibodies	100 μl
or	
Monoclonal anti-Sm-C antibodies	100 μl
<sup>125</sup> I-Sm-C	100 μl
↓ over night at 4°C	
Rabbit serum 100 μl	
Rabbit γ-globulin antibodies 100 μl	
5% Polyethylene glycol 6000 900 μl	
↓ 2~3 hr at 4°C	
↓ centrifuged (3000 rpm. 3 min)	
Pellet	
Measured by γ-counter (2 min)	

Fig. 1 Radioimmunoassay

した。

②体重約 200 gr. の雄ウィスター ラット 70 匹を用いた。全身麻酔下に左坐骨神経を可及的中枢部で切断し、中枢端を筋肉で覆い末梢端を反転し、中枢端からの再生神経が偶然末梢端に侵入する事を防止した。術後 1 日、3 日、7 日、14 日、28 日で屍殺し、末梢部の脛骨神経を約 1 cm 3 片採取した。対照として切断していない正常脛骨神経片も同様の部位を採取した。各々 3 片は切断部より末梢方向に、Proximal segment, Middle segment, Distal segment とした。定量操作法は Fig. 1 に従い、神経片中の Sm-C 濃度の経時的变化をポリクローナル抗体とヒト Sm-C モノクローナル抗体を用いて、radioimmunoassay 法で測定した。

## 結 果

①予備試験 ラット坐骨神経ホモジネート液に Sm-C を添加した時の回収率は 72.7% から 112.7% 平均 91.1%，また同一測定内での 3 回測定係数は 4.63~12.4% 平均 9.1% とほぼ信頼すべき結果を得た。本定量法で用いた RIA 法の検出限界は神経組織 30 mg wet を用いた場合 (22.5 mg etw 相当量を Sep-pak C<sub>18</sub> に添加) 8 ng/g wet であった。

②脛骨神経内 Sm-C の経時的变化、ヒト Sm-C モノクローナル抗体による測定結果はいずれの時期、いずれの segment においても検出限界 8 ng/g wet 以下であった。以下ポリクローナル抗体による測定結果につき述べる。

Proximal Segment 正常脛骨神経 (対照) の Sm-C 濃度は 30.7 ng/g wet であり、切断 1 日目で 65.9 ng/g wet と約 2 倍に増加し、3 日目に 86.4 ng/g wet, 7 日目に 105.6 ng/g wet と上昇し、14 日目に最大値 125.1 ng/g wet と対照の約 4 倍に達した。切断 28 日目には、85.9 ng/g wet に低下したもの、なお対照の約 2.5 倍の値を維持していた (Fig. 2)。

Middle segment 対照の Sm-C 濃度は 23.5 ng/g wet であり、切断 1 日目に 57.9 ng/g wet と約 2.5 倍に上昇し、3 日目には最大値 104.3 ng/g wet に達したが、この値は対照の約 4 倍であった。以後 7 日目には 71.2 ng/g wet, 14 日目には 77.3 ng/g wet, 28 日目には 37.1 ng/g wet と下降したが、術後 28 日目の Sm-C 濃度も対照の約 1.5 倍の値であった。(Fig. 2)。

Distal segment 対照の濃度は 16.5 ng/g wet であり、切断後 1 日目に 28.3 ng/g wet, 3 日目に 80.3 ng/g wet, と対照の約 5 倍の値に達した。その後 7 日目

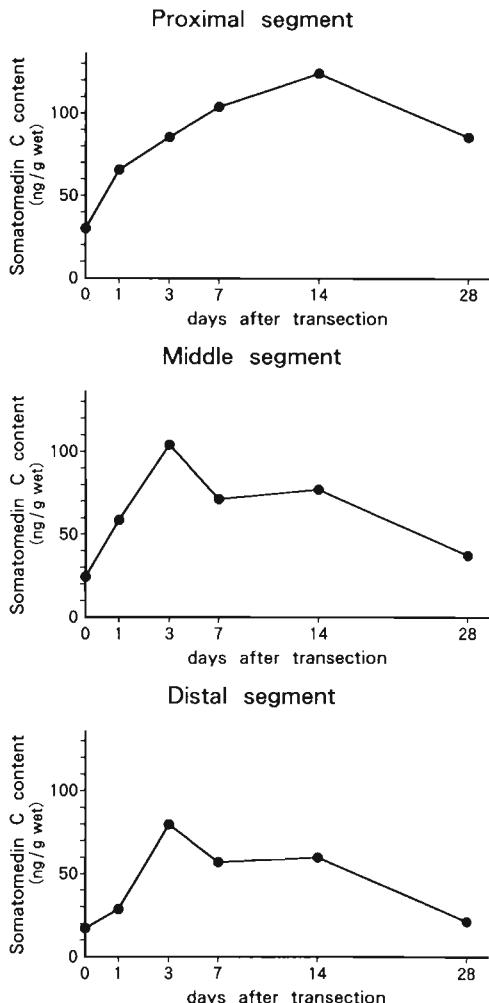


Fig. 2

56.8 ng, 14 日目 60.0 ng/g wet, 28 日目 21.9 ng/g wet と下降した (Fig. 2).

### 考 察

私達の結果は末梢神経切断により神経片内の Sm-C 濃度は経時に大きく変化する事を示した。Sm-C 濃度の peak は proximal segment においては 14 日目、middle, distal segment においては 3 日目と peak の時期に差はあるものの、対照の 4~5 倍の濃度に対した。3 segment における対照の Sm-C 濃度の差は、部位による非神経細胞（シュワン細胞や纖維芽細胞）と軸索、神経周膜等の相対的重量の差によるものかもしれない。これら 3 片の平均 Sm-C 濃度が 23.5 ng/g

wet であり、ラット血中 Sm-C 濃度が鈴木らによれば 1372 ng/ml である事より、正常末梢神経片中の Sm-C 濃度は血中の約 1/50 レベルである事が判った<sup>8)</sup>。

Sm-C は NTF の 1 種であるという報告が近年散見される様になってきた。Fellows らによれば、ラット胎児の脳神経の生存と分化に Sm-C は深く関与している<sup>9)</sup>。Hansson らは切断したラット坐骨神経の両端をシリコンチューブ内に挿入し、再生神経と、シリコンチューブ内の Sm-C の immunoreactivity の関係を、免疫組織化学的方法で調べた<sup>2)</sup>。シリコンチューブ内の Sm-C の活性は術後 2 週で peak に達し、細胞外に証明された。この Sm-C は主にシュワン細胞で産出されるものと報告した。Nachemson らも末梢神経の再生神経と Sm-C 活性との深い関わりを証明した<sup>6)</sup>。Sjöberg らはラット坐骨神経に約 15 mm の冷凍神経片を縫合し、osmotic pump を用い近接部に各種濃度の Sm-C を流し、再生神経が冷凍神経片内に伸びる速度と Sm-C 濃度の関係を調べた<sup>7)</sup>。Osmotic pump 内の Sm-C 濃度が高い程、再生神経の伸びる速度も高まるという結果を得、Sm-C が neurotrophic activity を有すると報告した。

この様に、Sm-C は NGF 同様 NTF の一種であるが、末梢神経片内の NTF の濃度は唯一 NGF のみが定量可能であるにすぎない。末梢神経切断後の神経片内 NGF 濃度変化に関して Heumann らと池上の報告がある<sup>3,4)</sup>。彼らの結果は全く同じではないが、切断末梢端の最も中枢部神経片（私達の Proximal segment 部にあたる）において、切断後 1 日目で NGF 濃度は peak に達したとの結果は両者で同様であった。この急激な上昇は逆行性軸索輸送により、NGF が末梢標的器官より運ばれ、中枢部神経片にせき止められ蓄積したものと理解されている。

しかし末梢神経切断後、NTF すべての因子が、NGF と同一の経過をとるものとは考え難い。Lundborg らは末梢神経切断後、神経断端より析出する組織液内に、数種類の neurotrophic activity を有する因子を報告した<sup>5)</sup>。培養中の知覚、交感、運動神経に対する最大活性は、切断後の時間に依存していた。すなわち、知覚神経に対しては切断後 3 時間、運動神経に対しては、3 日、交感神経に対しては 1 日目の組織液が最も活性を有していた。この様に、末梢神経片内の NTF 濃度の経時的变化も各種因子で異なる可能性があった。今回 Sm-C 濃度変化は、NGF 濃度変化と同一でない事が判った。特に、proximal segment において、切断 1 日

目の上昇率は、他の神経片の上昇率と変わらず、NGF の様に逆行性軸索輸送の関与は少く、局所産成が主体ではないかと考えられた。

NGF 濃度でしか推察しえなかつ NTF の濃度変化やその意義に Sm-C 濃度からも考察を加える事が可能となった。

最後に本定量に御協力いただいた藤沢薬品岩佐知明先生、広大薬学科仲田義啓教授に深謝いたします。

### 文 献

- 1) Fellows, R. et al. IGF-I supports survival and differentiation of fetal rat brain neurons in serum-free hormone-free defined medium, Soc. Neurosci. Abstr. 13: 1615, 1987.
- 2) Hansson, H. A., et al.: Evidence indicating trophic importance of IGF-I in regenerating peripheral nerves. Acta Phys. Scand. Scand., 126: 609-614, 1986.
- 3) Heumann, R., et al.: Changes of nerve growth factor synthesis in nonneuronal cells in response to sciatic nerve transection. J. Cell Biol. 104: 1623-1631, 1987.
- 4) 池上亮介: 末梢神経損傷後の修復過程における神経成長因子(NGF)の動態. 日整会誌 64: 612-622, 1990.
- 5) Lundborg G., et al.: Nerve regeneration model and neuronotrophic factors in vivo. Brain Research 232: 157-161, 1982.
- 6) Nachemson, H. A., et al.: Neurotropism in nerve regeneration: an immunohistochemical study. Acta Phys. Scand., 133, 139-148, 1988.
- 7) Sjoberg J. et al.: Insulin-Like growth factor I (IGF-I) as a stimulator of regeneration in the freeze-injured rat sciatic nerve. Brain Research, 485, 102-108, 1989.
- 8) 鈴木眞吾 他: Radioimmunoassay (RIA) 法による血中 IGF-I /Somatomedin-C の測定. ホルモンと臨床 Vol. 35 No. 7853-858, 1987.

**質 問** 新潟手の外科研究所 牧 裕  
遠位の Proximal, middle, distal 3 つの segment

で Sm-C の経時的濃度変化に差があるのはなぜか。

**回 答** 広島大学整形外科 越智 光夫  
Proximal segment が middle segment, および distal segment と同様の濃度変化を示さなかつた理由は、不明である。しかし Proximal segment の Sm-C が anterograde axonal flow で distal に流されたと考えると考えやすいが、詳細は不明である。しかし、少なくとも retrograde axonal flow の関与は少ないと思われる。

**質 問** 川崎医科大学形成外科 光嶋 熊  
神経切断後短期間のうちにソマトメジン量が低下していること。ソマトメジン値が正常の数倍程度しか上昇しないことから考えると、これは局所のシュワン細胞で合成されたものではなく、単に手術操作により血中のソマトメジンが一過性に上昇したと考えられないか。

**回 答** 広島大学整形外科 越智 光夫  
Sm-C 濃度が切断後ある時点で低下するのは、シュワンあるいは纖維芽細胞周囲の Sm-C がある程度上昇すれば、Sm-C 產生に停止命令が下るのかもしれない。

**質 問** 琉球大学整形外科 金谷 文則  
Somatomedin-C の量および性質 (subtyro) に、運動神経と知覚神経の断端で差があるでしょうか。

**回 答** 広島大学整形外科 越智 光夫  
次に施行したいと考えている実験である。しかし、ハンソンらの報告によれば、ある funicles に免疫組織化学的に有意に reactivity を認めたことは述べていない事より、Sm-C は universal factor かもしれません。

## 運動、知覚線維の選択的再生に関する 実験的研究（第4報）

新潟手の外科研究所

牧 裕・吉 津 孝 衛  
田 島 達 也

燕労災病院整形外科

成 沢 弘 子

Experimental Study of Selective Motor  
and Sensory Nerve Regeneration (Part 4)

Yutaka Maki, et al.

Niigata Hand Surgery Foundation

In our previous experiments, motor axons have not shown preferential regeneration into motor branches but sensory axons have shown preferential regeneration into sensory branch. This result was different from Brushart's study.

The present experiment examine the fate of motor axons which regenerate into sensory Schwann tubes, the fate of sensory axons which regenerate into different receptor's Schwann tubes and the fate of excessive sensory regenerated axons whose number is larger than that of original sensory Schwann tube of sensory branch.

We used femoral nerve model of 300 g Wister male rat and made two models as Fig. 1. Group A had proximal motor branch and group B had proximal sensory branch. We measured the total myelinated axon number regenerated into distal motor and sensory branches at 1, 2, 3 and 6 months after anastomosis using thin section which was embeded by Epon and stained by toluidine blue. The specimen was magnified by light microscope and the picture was directly input to image processor by TV camera.

Result shown as Fig. 2 and Fig. 3. In group A (proximal motor model) the significantly larger number of regenerated myelinated axons of distal sensory branch at 2 and 6 months showed that motor and sensory axons which contained in the motor branch preferentially regenerated into sensory branches rather than motor branches. This result was supported by part 2 and 3 of our previous experiment. And no significant change of regenerated myelinated axon's number of distal sensory branch between 2, 3 and 6 months showed no reduction of misdirected motor and sensory axons which were originally contained in the proximal motor branch. In group B (proximal sensory model), the significantly large number of regenerated myelinated axons of distal sensory branch at 1, 2, 3 and 6 months, show sensory axon's preferential regeneration into sensory branch. And no significant change of the regenerated axon's number between 2, 3 and 6 months in each two distal branches show no reduction of excessive regenerated sensory axons in the sensory branch and misdirected sensory axons in the motor branch.

---

Key words : selective regeneration, neurotropism, neurotrophism, peripheral nerve

Address for reprints : Yutaka Maki, M.D., Niigata Hand Surgery Foundation 1-18 Shinko-cho, Niigata 950,  
Japan

## CONCLUSION

Motor axons misdirected into sensory branch, sensory axons misdirected into different receptor's Schwann tubes and excessive regenerated sensory axons in the sensory branch were not reduced within 6 months.

## 目的

末梢神経の運動、知覚線維の選択的再生について Brushart は、知覚線維の再生は at random であり、また運動線維の再生は初期には at random だが、最終的には運動 Schwann 管に再生するか、または筋終板と結合した線維が neurotropism による選択を受けて生き残ると述べている<sup>1)2)3)</sup>。これに対して私たちは第3報まで、知覚線維再生には neurotropism によると考えられる選択性があるが、運動線維再生の選択性については at random なのか、弱い誘導があるとしても知覚 Schwann 管の方に強く誘導されてしまうのかは不明瞭との結果を報告してきた<sup>4)5)</sup>。

今回は第1報と同じ実験系の6ヵ月長期例をもとに、①再生運動線維は Brushart のいう neurotropism による選択により、運動 Schwann 管に再生したもののみ生き残り、知覚 Schwann 管に再生した線維は消失するのか、②再生知覚線維について、本来の知覚 Schwann 管数以上に再生した知覚線維数は、時間の経過とともに元通りの数に減少するのか、③本来の receptor と異なる知覚 Schwann 管に再生した知覚線維はそのまま生存するのか、の3点を検討した。

## 方 法

300 g Wister 雄ラットの右大腿神経を、ソケイ靭帯の遠位で四頭筋運動板を伏在神経を含む知覚枝に分歧する部位で離断した。A群では四頭筋運動枝近位断端と、運動、知覚枝遠位断端を同一方向に平行にそろえて縫合した。残った知覚枝近位断端は結紮してソケイ靭帯下に反転埋没した。この縫合方法はシリコンY字管を使わずに、近位断端からの再生線維がほぼ同条件下で遠位断端を選択できるように独自に考案したものである。B群では知覚枝近位断端と運動、知覚枝遠位断端を同一方向に平行にそろえて縫合した。残った運動枝近位断端は A群と同様に結紮し、ソケイ靭帯下に埋没した。

ここで使用した四頭筋運動枝は全てが運動線維から

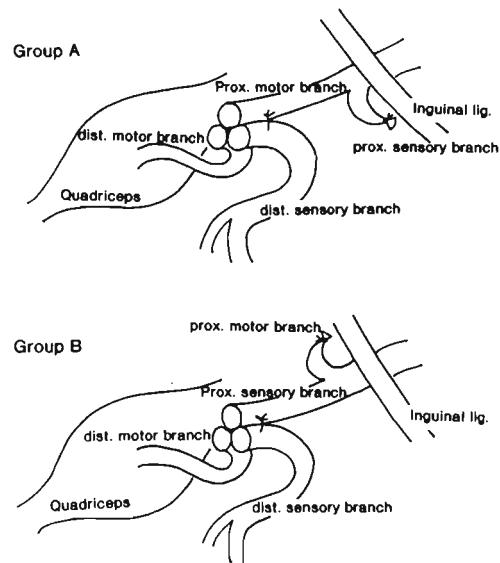


Fig. 1 Three branches were anastomosed in the same prarell direction.

The number of regenerated myelinated axons of each two distal branches was measured at 3mm distal to the anastomosed site at 1, 2, 3 and 6 months after anastomosis. Specimen was embeded by Epon and stained by toluidine blue. In myelinated axons of motor branch, 40% are motor axons and 60% are sensory axons which were connected with muscle spindle or others. Myelinated axon number of sensory branch is 1.4 times larger than that of motor branch. Myelinated axon area of motor branch is 1.5 times wider than that of sensory branch.

なるわけではなく、約40%が運動線維で残りの60%は筋紡錘などとの知覚 receptor と結合する知覚線維である。遠位側運動枝と知覚枝をくらべると有髓軸索数は知覚枝が約1.4倍多いが、有髓軸索横断面積は運動枝側が約1.5広い。

縫合から1ヵ月、2ヵ月、3ヵ月、6ヵ月後に、遠

位運動、知覚枝の縫合部から3mmの部位でグルタル、オスミウム酸固定、Epon包埋、toluidine blue染色標本を造り、A群B群それぞれについて、遠位運動、知覚両枝に再生した有髓軸索数を光顯標本から直接TVカメラを通して画像解析装置(オリンパス、SPICA)に入れ計測した。同じ時期での遠位2枝間の再生線維数の比較は、Wilcoxon符号付順位検定を用いて有意差検定を行い、遠位運動または知覚枝の各月間の再生線維数の比較は、Wilcoxon順位和検定を用いて有意差検定を行った。有意水準は5%とした。

## 結果

A群では、1ヵ月と3ヵ月目は遠位運動、知覚枝間に有意差はなかったものの、2ヵ月と6ヵ月目では遠位知覚枝に再生した線維数が有意に多かった。また2ヵ月、3ヵ月、6ヵ月と遠位運動、知覚枝それぞれの再生線維数には各月間で有意な増減は認めなかつた。

B群では、1ヵ月から6ヵ月までの各時期で、遠位

**Group A**  
(proximal motor model)

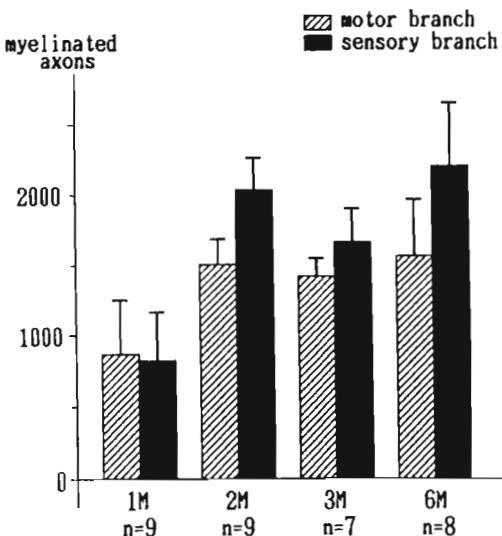


Fig. 2 Regenerated axon's number of distal sensory branch was significantly larger than that of distal motor branch at 2 and 6 months. ( $P < 0.05$ ) No significant change of regenerated axon's number was found between 2, 3 and 6 months in each two distal branches.

**Group B**  
(proximal sensory model)

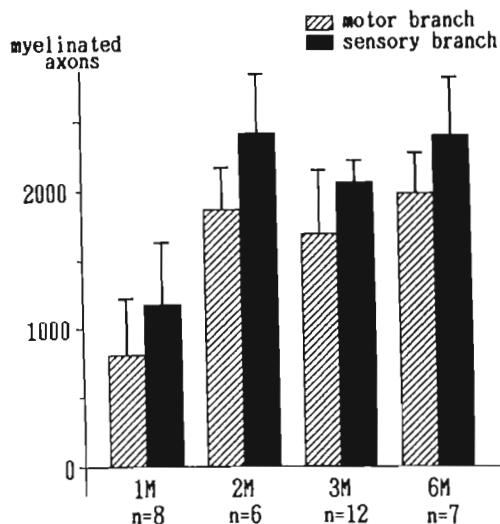


Fig. 3 Regenerated axon's number of distal sensory branch was significantly larger than that of distal motor branch at 1, 2, 3 and 6 months. ( $P < 0.05$ ) No significant change of regenerated axon's number was found between 2, 3 and 6 months in each two distal branches.

知覚枝側に再生した線維数が、遠位運動枝に比べて有意に多かった。また遠位運動、知覚枝それぞれの2ヵ月以後の再生線維数には各月間で有意な増減はなかつた。

## 考察

A群の結果で、近位が運動枝であっても遠位知覚枝に再生線維数が多かった理由としては、第3報でも述べた通り、運動線維にも知覚Schwann管数とその横断面積の大きい知覚枝側に多く再生する傾向があることと、第2報の結果のように、運動枝内の知覚線維もまた末梢のreceptorは異なるが知覚枝側に多く再生するため、この再生運動、知覚線維の合計としての再生線維数が知覚枝側に多かったと考えた。

Brushartは、2種類のdyeを本実験と同じ運動枝と知覚枝から逆行性軸索流を利用して吸収させ、大腿神経切断再縫合後の運動神経細胞を染め分ける実験を行っている。結果は運動、知覚両枝から2種類のdyeで二重に染まる神経細胞が経時に有意に減少し、運動枝のみから染まる細胞は経時に増加することとな

り、運動 Schwann 管内に再生し、筋終板と結合した運動線維のみ neurotrophism により生き残り、知覚 Schwann 管内に再生した運動線維は消失すると結論した。

しかし今回の私たちの A 群の結果では、2 カ月から 6 カ月と経過しても知覚枝側の再生線維数の有意な減少は認めず、また運動枝側の知覚 Schwann 管にも多く再生しているであろう運動線維の減少を認めなかつた。このことは Brushart の結果と異なり、1 本の運動線維が複数に sprouting して再生する際、誤って知覚 Schwann 管に入ってしまっても、その線維は経時に消失するという事実は少なくとも 6 カ月まではないことを意味している。このように異なった結果となったことについては、Brushart の方法では、運動枝、知覚枝を離断してその断端から dye を吸収させるため、運動枝内の約 60% を占める知覚 Schwann 管に誤って再生した運動線維を、全て正しく再生したものと評価してしまう大きな欠点があることと、神経細胞数だけを問題にしているので、実際この何倍かに sprouting して数の増えた線維数は問題にされていないことが上げられる。

B 群の結果については、もし知覚線維の再生が at random であれば、運動、知覚を合わせた Schwann 管横断面積の広い運動枝側への再生が多くなるはずだが、1 カ月目よりすでに知覚枝側への再生が有意に多く、2 カ月以後遠位運動、知覚枝への再生線維数が知覚枝側に有意に多いまま数の増減がないことは、第 2 報の結果も考慮すると、知覚線維再生は知覚 Schwann 管数、横断面積とともに大きな知覚枝側に再生初期に強く誘導され、そのまま維持されたとするのが妥当であろう。また本来の知覚 Schwann 管数に比べ、さらに多くの知覚線維が再生しており、1 本の知覚 Schwann 管には複数の線維が再生していると考えられる。そしてその再生線維がすべて本来の receptor と結合する

のか、そのうち本来の数だけが receptor と結合するのかは不明であるが、6 カ月までの期間で receptor と結合できなかった線維が淘汰され線維数が減少したという所見はなかった。また運動枝内の知覚 Schwann 管に再生した知覚線維は、異なる receptor に再生したことになるが、とくにこのような misdirection によっても数が減少するということはなかった。

## ま　と　め

1. 知覚 Schwann 管に誤って再生した運動線維は、少なくとも縫合後 6 カ月までに淘汰され消失することはない。
2. 本来の知覚 Schwann 管数以上に多く再生した知覚線維や、異なる receptor の Schwann 管に誤って再生した知覚線維数は、縫合後 6 カ月までに淘汰され数が減少することはない。

(本実験に使用した機器の一部は購入にあたり日本自動車振興会の補助を受けた。)

## 文　獻

- 1) Brushart, T., et al.: Selective Reinnervation of Distal Motor Stumps by Peripheral Motor Axons. *Experimental Neurology*, 97: 289-300, 1987.
- 2) Brushart, T., et al.: Preferential Reinnervation of Motor Nerves by Regenerating Motor Axons. *J. Neuroscience*, 8: 1026-1031, 1988.
- 3) Brushart, T.: Preferential motor reinnervation: a sequential double-labeling study. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 1: 281-287, 1990.
- 4) 牧 裕 他: 末梢神経における運動、知覚線維の選択的再生に関する実験的研究(第2報). 日手会誌, 7: 975-978, 1991.
- 5) 牧 裕 他: 運動、知覚線維の選択的再生に関する実験的研究(第3報). 日整会誌, 64(8): S 1025, 1990.

## 血管柄付き神経移植と無血管神経移植の機能的、形態学的 および電気生理学的回復の比較検討

琉球大学医学部整形外科学教室

金 谷 文 則・普天間 朝 上  
新 垣 晃・茨 木 邦 夫

Louisville Hand Surgery

Werren Breidenbach

Functional, Electrophysiological and Morphological Comparison of  
Vascularized Versus Nonvascularized Nerve Grafting

Fuminori Kanaya, et al.

Department of Orthopedic Surgery, University of Ryukyus

Vascularized nerve graft (VNG) may improve the functional recovery when the recipient bed is badly scarred or when the nerve defect is extremely long. However, controversy still exists about the superiority of the VNG over the nonvascularised nerve graft (NNG) in a normal bed.

We compared the functional, electrophysiological and morphological results of VNG and NNG groups. The left sciatic nerve of the rat was used as the experimental model. A 2.5 cm segment of the sciatic nerve is isolated except the vascular pedicle (VNG), cutting the pedicle vessels resulting NNG.

12 weeks after surgery, gait was analyzed and sciatic function index (SFI) was calculated after de Medinaceli. Both sciatic nerve and tibial nerve were exposed and compound action potentials were recorded from sciatic nerve proximal to the graft by tibial nerve stimulation. Nerve conduction velocity (NCV), peak action potential (PAP), compound action potential area (CAPA) were calculated. Contraction force of the anterior tibial muscle (CF) was recorded by proximal sciatic nerve stimulation. After these procedures, bilateral anterior tibial muscle were harvested and weighed (MW). Tibial nerves distal to the nerve graft were harvested and processed histologically including axon count, nerve diameter and myelin axon ratio. Electrophysiological parameters and MW were expressed as a percentage of contralateral side.

Rats with VNG (SFI,  $-68 \pm 12$ ) showed significantly better functional recovery than rats with NNG ( $-94 \pm 15$ ) ( $p < 0.01$ ). Electrophysiological parameters, including %NCV, %PAP, %CAPA and %CF, and nerve diameter and myelin axon ratio showed significantly better recovery in VNG group than in NNG group. %muscle weight and axon count did not show significant difference between VNG and NNG. These results imply that VNG showed better functional recovery than NNG in a normal bed.

---

**Key words:** vascularized nerve graft, sciatic function index, gait analysis, functional recovery

**Address for reprints:** Fuminori Kanaya, M.D., Department of Orthopaedic Surgery, University of Ryukyus, 207 Uehara, Nishihara, Okinawa, 903-01, Japan

## はじめに

血管柄付き神経移植を用いることにより従来の神経移植では回復が不良とされている神経移植床損傷例や長い神経欠損例の機能回復を良好にできる可能性がある<sup>1)2)</sup>。しかしその正常移植床での有用性については定説がない<sup>3)4)</sup>。この理由として各研究で異なった実験モデルを用い、またそれぞれ異なる電気生理学的または形態学的パラメーターを用いて結果を評価していることがあげられる。今回われわれは血管柄付き神経移植が正常移植床においても無血管神経移植に比べて良好な回復を示すかどうか検討する目的で、de Medinaceli<sup>5)</sup>が坐骨神経の機能を定量的に評価しうる報告したSciatic Function Index (SFI)と電気生理学的および形態学的評価を用いて両群の回復を比較検討した。

## 対象と方法

体重約250 gの雌Sprague-Dawley系ラット57匹を用い、左坐骨神経を実験側とし右側を対照とした。29匹のラットでは血管柄付き神経移植(VNG)群を作製する目的で坐骨神経の長さの約80%にあたる2.5 cmの左坐骨神経片を切離し、尾側大腿動静脈よりの血管柄のみを温存したまま周囲組織を剥離、挙上しその後顕微鏡下に10-0 nylon糸を用いて原位置に神経縫合を行った。27匹のラットでは無血管神経移植(NNG)群を作製する目的でVNG群と同様に神経を切離、挙上、縫合し最後に血管柄を切離した。術後固定は行わずラットを自由に運動させ、2週毎に12週まで歩行解析を行いSFIを計測した。歩行解析には一端を暗箱に連結し、それにむけて10°の登り勾配をつけて設置したプラスチック製の10×10×100 cmの回廊を使用した。ラットをこの回廊の一端におくと2から3回の練習の後、躊躇せずに暗箱に向け直進する。感光紙(D 76 Kodak black and white film)を回廊の床に敷いておき現像液(Kodak polycontrast RC-3)に後肢を浸したラットを歩行させるとただちに足跡が得られる。この感光紙を定着することにより通常の写真と同様なプリントが得られる。このプリントからde Medinaceliの方法に従い歩行解析を行いSFIを計算した。術後12週でSFIを計測後、腹腔内ネンプタール麻酔(40 mg/kg)下に両側の坐骨神経と前脛骨筋腱を露出しストレインゲージを用いて移植神経より近位の坐骨神経刺激により前脛骨筋収縮力(CF)を測定した。

その後、脛骨神経を刺激し神経移植部より近位の坐骨神経から単相性の複合神経活動電位を導出した。これより神経伝導速度(NCV), 電位波高(PAP), 神経活動電位面積(CAPA)を計測した。最後にラットを屠殺後、両側前脛骨筋と神経移植部より遠位の坐骨神経および対側のそれに対応する坐骨神経を採取した。これより前脛骨筋湿重量(MW)を計測し、神経片をグルタールアルデヒド固定、エポン包埋を行い薄切切片を作製し再生軸索数、神経直径、軸索直径を測定しミエリン軸索比を算出した。電気生理学的パラメーターと筋重量は個体差をなくすため対側との百分率で示し、組織学的パラメーターは個体差も少ないので実測値から分散分析法を用いた両群の差を検定した。

## 結 果

SFI値は術前で平均2±8、神経切離直後は平均-103±10とde Medinaceliの報告した正常値0、坐骨神経切離後-100と良く一致した。術後2週では両群ともSFI値の回復は見られなかったが術後4週になるとSFI値はVNG群で-83±14と回復し始め、-96±15と回復を見せないNNG群に比べ有意に良好な回復を示した( $p<0.05$ )。VNG群の回復は術後6週でプラトーに達し12週ではVNG群-64±11、NNG群-104±17でありVNG群は6週以降各時点

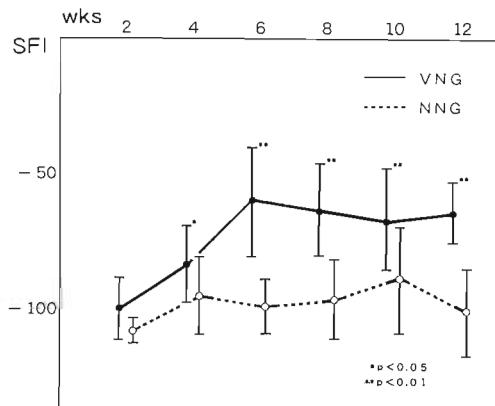


Fig. 1 Mean sciatic function index (SFI±SD) measured every 2 weeks up to 12 weeks in rats after a vascularized nerve graft (VNG) or a nonvascularized nerve graft (NNG).

A significant difference was seen at 4 weeks after surgery ( $p<0.05$ ) and thereafter up to 12 weeks ( $p<0.001$ ).

でNNG群に比べ有意に良好な回復を示した( $p < 0.001$ , Fig. 1). VNG群29匹のうち6匹, NNG群27匹のうち9匹にself-mutilationによる趾欠損が見られ, SFIが計測できないため実験対象より除外した. self-mutilationの発生率は両群で差は見られなかつた. 電気生理学的計測では%NCV, %PAP, %CAPA, %CFともVNG群はNNG群に比べて有意に良好な回復を示した( $p < 0.01$ , Table 1). 形態学的計測では神経直径, ミエリン軸索比はVNG群がNNG群に比べて有意に良好な回復を示した( $p < 0.01$ ). %MW, 再生神経数, 軸索直径は両群に差はみられなかつた(Table 2).

### 考 察

本実験の結果より血管柄付き神経移植は正常移植床においても無血管神経移植に比べて良好な機能的回復を示したと考えられる.

ラットはその旺盛な神経再生能から坐骨神経縫合後も機能的回復は良好であると考えられている.しかしGoldbergは坐骨神経縫合後18ヶ月経過してもラットは異常歩行を呈しSFI値は平均-80と低値であったが, 神経伝導速度や再生神経の電顕所見は正常側と同程度まで回復していたことから, SFI値の回復と伝導速度や組織学的所見の間に解離が見られたと報告している<sup>6)</sup>. われわれの以前の実験でもラット坐骨神経縫合後12週で足内筋の回復を示したものはなく, SFI値

も平均-73と神経切離直後に比べ有意な回復を示していたが正常値である0とはかけはなれた値を示した<sup>2)</sup>. このことからラットにおいても坐骨神経を切離すると, 神経縫合を行っても後肢の完全な機能回復は得られないと考えられた.

SFIは坐骨神経の機能を歩行解析を用いて定量的に評価する方法であり生理的な機能回復を反映していると思われる. また同一ラットの回復を経時的に観察できる利点がある. しかし坐骨神経の機能を下肢全体の機能として評価しているため坐骨神経切離例では, それによる不可避な足関節や趾関節の拘縮のため坐骨神経の機能が回復してもSFIに反映されない可能性がある. 本実験でもVNG群のSFI値の回復は関節拘縮の出現し始める術後6週以降ほぼplatoneに達しそれ以上の回復は見られなかつた. 一方, 伝導速度などの電気生理学的検査や組織学的検査は再生神経のmisdirectionを評価できず, 筋収縮力もその刺激が非生理的であることから生理的な機能回復を示していない可能性がある. 今後より生理的な神経機能の評価法の考案が必要であろう.

今回のわれわれの実験結果ではSFIの他に電気生理学的パラメータや神経直径, ミエリン軸索比で血管柄付き神経移植群は無血管神経移植群に比べ有意に良好な回復を示した. 一方, 筋重量, 再生軸索数そして軸索直径では差がみられなかつた. 筋纖維の萎縮や回復は脱神経性筋萎縮や神経再支配の程度と相関すると

Table 1 Results of electrophysiological studies

	% NCV	% PAP	% CAPA	% CF
VNG	46.2±7.7*	6.5±3.3*	10.8±5.0*	59.2±11.9*
NNG	36.8±4.3	3.0±1.7	5.7±3.3	42.5±14.0

NCV : nerve conduction velocity

PAP : peak action potential

CAPA : compound action potential area

CF : contraction force of anterior tibial muscle

Values are expressed as a percentage of contralateral side

\*  $p < 0.02$

Table 2 Results of morphological studies

	Nerve diameter	Axon diameter	Myelin/axon	Axon count	% MW
VNG	3.88±0.22*	2.34±0.19	0.37±0.03*	7270±1190	60.0±6.1
NNG	3.60±0.24	2.45±0.17	0.25±0.04	8138±2112	55.9±8.0

Muscle weight (MW) is expressed as a percentage of contralateral side

Nerve and axon diameter are expressed in exact value ( $\mu\text{m}$ )

\*  $p < 0.01$

報告されている。しかし筋湿重量は筋内の纖維成分の増加や脂肪変性も含むため本実験のような神經完全切離例の回復を観察する方法としては不適当と考えられた。また再生神経数は正常の坐骨神經の有髄神経数が平均6580であるのに対しVNG群7270, NNG群8138と両群とも神経数が正常神經より多いことから、再生神経数の多いことがよい機能回復を表しているとは考えにくい。神經直径とミエリン軸索比はVNG群で大きく軸索直径は両群で差がないことはVNG群ではNNG群に比べて再生神經のミエリンが厚いことを示している。VNG群がNNG群に比べ電気生理学的パラメーターの回復が良好であったのは、myelinationが良好であったためと考えられた。

### ま　と　め

1. ラット坐骨神經を対象として血管柄付き神經移植と無血管神經移植の機能的回復を比較検討した。
2. 血管柄付き神經移植は正常移植床においても無血管神經移植に比べて有意に良好な機能的回復を示した。

### References

- 1) Koshima, I., Harii, K.: Experimental study of vascularized nerve grafts: Multifactorial analyses of axonal regeneration of nerves transplanted into an acute burn wound. *J. Hand Surg.* 10A: 64-72, 1985.
- 2) Kanaya, F., et al.: Functional Results of Vascularized versus Nonvascularized Nerve Grafts. Presented at 34th annual Meeting of Plastic Research Council. April 18 1989. Atlanta, GA.
- 3) Restrepo, Y., J et al.: Free vascularized nerve grafts: An experimental study in rabbits. *Microsurgery*. 6: 78-84, 1985.
- 4) Seckel, B. R., et al.: Vascularized versus nonvascularized nerve grafting. *Plast. Reconstr. Surg.* 78(2): 211-220, 1986.
- 5) de Medinaceli, L., et al.: An index of the functional condition of rat sciatic nerve based on measurements made from walking tracks. *Exp. Neurol.* 77: 634-643, 1982.
- 6) Goldberg, N. H., et al.: Disparity between neurophysiologic measurements and clinical reality following peripheral nerve transection and microneuroraphy. *Surg. Forum*. 35: 608-610, 1984.

質問 東海大学 池田 全良

- ①VNG群とNNG群の移植片内の再生有髄神経数で、NNG群の方が多いのはどうしてでしょうか？
- ②両群の移植片内の明らかな形態学的变化は何でしょうか？

回答 琉球大学整形外科 金谷 文則

- ①NNG群とVNG群の再生神経数には有意差はみられませんでした。
- ②移植片内での形態学的計測は行っていません。移植片より遠位での形態学的計測では神經直径、ミエリン厚さ、ミエリン軸索比で、VNG群はNNG群より有意に良好な回復を示しました。

質問 川崎医科大学形成外科 光嶋 勲

- ①VNGの組織定量実験結果は術後数ヵ月以降NNGと同程度になることが知られている。SFI値は、VNG群の術後後期でも良好な値を示したのは何故なのか。
- ②術後後期においてもSFI値は神經再生を正確に反映するといえるのか。

回答 琉球大学整形外科 金谷 文則

- ①VNG群は機能回復がNNG群に比べてより早期におこることがSFI値の回復を良好にしていると考えています。
- ②本実験で足関節、趾の拘縮が6～12週程度でおきるためそれ以降の回復はSFI値に反映されない可能性があります。

質問 広島大学整形外科 越智 光夫

- 組織学的には何でもって評価するのが一番神經再生を反映するのか？

回答 琉球大学整形外科 金谷 文則

- 本実験の結果から、SFIが最もよく機能回復を反映すると仮定すれば、神經直径、ミエリン軸索比、ミエリン厚さが同様の傾向を示した。

## 指神経背側枝と背側指神経の分岐・走行形態の検索

東京慈恵会医科大学形成外科学教室

林 博之・児島 忠雄  
木下 行洋・遠藤 利彦

東京慈恵会医科大学第1解剖学教室

加藤 征

Anatomical study for the dorsal branch of digital nerve  
and the digital dorsal nerve

Hiroyuki Hayashi, et al.

Department of Plastic and Reconstructive Surgery, The Jikei University School of Medicine

Various kinds of sensory flaps have been invented to reconstruct the finger tip with soft tissue defect.

Innervated cross finger flap, the sensate reverse digital island flap and the dorsal middle phalangeal finger flap are used in our institute for functional reconstruction of the amputated finger pulp.

In order to make the best of these flaps thorough understanding of the run of sensory nerve branches in fingers is required, although there have been very few reports concerning this study. Anatomical study for the dorsal branch of digital nerve and dorsal digital nerve was performed. Variations of the branches were examined in 80 fingers by cadaver dissection.

Relationships volar and dorsal digital nerves were classified into four types.

Type 1: One large dorsal branch of the digital nerve and long dorsal digital nerve.

Type 2: Two large dorsal branches of the digital nerve and short dorsal digital nerve.

Type 3: One large dorsal branch of the digital nerve and short dorsal digital nerve.

Type 4: No dorsal branches of the digital nerve identified.

Type 1 was most common in radial side of the index finger.

Type 1 and 2 were most common in ulnar side of the index finger.

Type 3 was most common in the middle and ring fingers.

Type 4 was most common in the little finger.

The results of this study can be very helpful when flaps are clinically applied.

### はじめに

指尖部、とくに指腹部組織欠損に対して知覚皮弁の有用性が以前より指摘されている。われわれは指腹部の知覚再建のために種々の方法を行っている。これら

の方法のなかで innervated cross finger flap<sup>2)</sup>、神経を含ませた逆行性指動脈島状皮弁<sup>3)</sup>や dorsal middle phalangeal finger flap<sup>1)</sup>などは指背部の知覚神経を用いるものである。そこで知覚再建に利用できる神経を検索する目的で示指から小指背側の神経の走行に

Key words: anatomy, digital nerve, dorsal branch, dorsal digital nerve

Address for reprints: Hiroyuki Hayashi, M.D., Department of Plastic and Reconstructive Surgery, The Jikei University School of Medicine, 3-25-8 Nishi-Shimbashi, Minato-ku Tokyo 105, Japan.

についての解剖学的検索を行ったので、文献的考察を加え報告する。

## 方 法

検索は本学解剖学教室系統解剖用屍体を用いた。その内訳は、20 手、右 10 手、左 10 手、示指から小指まで、それぞれ 20 指ずつ計 80 指であった。年令は 48~95 才、平均年令 71.5 才、男 6 体、女 4 体であった。解剖は示指から小指の MP 関節の中枢より指末節まで背側および掌側の中央縦皮切を加え、橈・尺側における指神経背側枝および背側指神経の分岐および走行形態を実体顕微鏡 (Zeiss OMPI 99 型) 下で観察した。計測は、Table 1 に示す項目について行った。

## 結果

指神経背側枝は、示指橈側から環指尺側まで全例に認められた。はじめの背側枝が指神経から分岐する位置は MP 関節の中枢 19 mm から MP 関節の末梢 25 mm に及んでいた。小指では 20 指中、橈側では 4 指、尺側では 3 指のみに背側枝を認め、その分岐はいずれも MP 関節より末梢であった (Table 2-a)。この初めの指神経背側枝の分岐を骨・関節レベルでみると、基節骨近位 1/3 で分岐しているものが最も多くみられた。示指とくに橈側では MP 関節より中枢側で分岐するものが 6 例にみられた (Table 2-b)。第 1 背側枝の

径は最小 0.3 mm、最大 1.5 mm で、その平均は中指橈側で最も太く 1.10 mm、最も細いものは小指尺側で 0.53 mm であった。背側枝の数は 1 本から 8 本までで示指橈側が最も多く平均 2.6 本、最も少いのは小指尺側で平均 0.2 本であった (Table 2-a)。指神経背側枝と背側指神経との吻合は、80 指中 10 指にみられ、示指橈側および環指尺側にそれぞれ 3 指と多い。指神経背側枝と指動脈との関係は、分岐した背側枝は各指 MP 関節より平均 12.2 mm から 19.5 mm 末梢で、指動脈の正中側から交叉し背外側へ向かっていた。一方、背側指神経についてみると、MP 関節上で示指橈側で多く平均 2.9 本、環指橈側で少なく平均 1.3 本であった。終枝は示指橈側で 52.9 mm と長く、環指橈側で 37.0 mm と短くなっていた。最も太い神経の径は MP 関節上で示指橈側が平均 1.6 mm と太く、中指橈側で平均 0.7 mm と一番細くなっていた (Table 3)。

われわれは、指神経背側枝と背側指神経の相互関係を 4 つの Type に分類した (Fig. 1)。Table 4 のように示指橈側は Type 1 が多く (Fig. 2-A)，尺側は Type 1・3 が多い。中指・環指では橈・尺側とも Type 3 が多く (Fig. 2-C)，ついで Type 2 が多かった (Fig. 2-B)。小指は橈・尺とも Type 4 が多かった (Fig. 2-D)。

## 考 察

指における神経の分岐についての普通のパターンは解剖書に記載されているが、詳細な分岐や variation についての報告は少ない。指での神経の分岐・走行と variation の詳細を知ることは指での皮弁の手術、とくに知覚皮弁の手術にさいして重要である。

1975 年、Wallace<sup>9)</sup> は母指・示指の指神経の検索を行い、示指 25 指 50 側の指神経背側枝について述べ、示指の指神経背側枝と背側指神経の相互関係を 6 つのパターンに分類しているが、細分化しすぎ、実際に分類するのが困難である。そこで、われわれは前述したように 4 つの Type に分類した。

1988 年、Büchler ら<sup>10)</sup> は dorsal middle phalangeal finger flap の指腹部欠損への応用を報告し、10 指の指神経背側枝の解剖学的検索を行った。分岐する位置については、基節骨中 1/3 が 2 指、基節骨近位 1/3 が 1 指、MP 関節が 5 指、手掌が 2 指であると述べている。われわれの検索からも、各指とも基節骨近位 1/3 で分岐するものが圧倒的に多く、解剖書<sup>11)</sup> に記載されている分岐部よりはるかに中枢で分岐していることがわかる。このことは臨床的に指基部からの神経・血管柄の

Table 1 Measurement  
The index finger ~ little finger (bilateral side)

A) The length from MPjoint to finger tip [mm]
B) The dorsal branch of digital nerve
1) Distance from MPjoint to first branch [mm] and location at the bone and joint level
2) Number
3) Diameter of the first branch [mm]
4) Relation to the digital artery
5) Anastomosis with the dorsal digital nerve
first branch: the nerve which divided at first and reached to the dorsal side
C) The dorsal digital nerve
1) Number of branch at MPjoint and PIPjoint
2) The lenght of terminal branch from MPjoint [mm]
3) Diameter at MPjoint and PIPjoint [mm]

Table 2 The dorsal branch of digital nerve

a)  
20 fingers

finger	side	first branch of dorsal branch				number of dorsal branch mean (min.~max.)
		distance from MPjoint mean (min.~max.)[mm]	standard deviation	diameter mean(min~max.)[mm]	standard deviation	
index	radial	4.8 (-19 ~20.5)	10.4	1.04 (0.5~1.5)	0.26	2.6 (1~7)
	ulnar	1.7 (-10 ~10)	5.5	0.89 (0.3~1.2)	0.26	2.0 (1~4)
long	radial	8.8 (-2.5~10.5)	4.7	1.10 (0.4~1.5)	0.33	1.8 (1~6)
	ulnar	8.1 (0 ~25)	7.3	1.09 (0.6~1.5)	0.27	2.0 (1~4)
ring	radial	10.1 (3.2~22.5)	6.2	0.93 (0.5~1.3)	0.36	1.7 (1~5)
	ulnar	9.9 (-11 ~22.5)	9.5	0.72 (0.8~1.5)	0.35	2.3 (1~8)

4 fingers in 20 fingers

little	radial	14.0 (4 ~28)	9.9	0.67 (0.4~1.0)	0.21	0.4 (0~3)
--------	--------	--------------	-----	----------------	------	-----------

3 fingers in 20 fingers

little	ulnar	10.3 (0 ~19)	7.9	0.53 (0.4~0.7)	0.12	0.2 (0~1)
--------	-------	--------------	-----	----------------	------	-----------

b) Location of the first dorsal branch at bone-joint level

20 fingers

finger	side	palm	MPjoint	proximal phalanx		
				proximal 1/3	middle 1/3	distal 1/3
index	radial	4	2	12	2	0
	ulnar	3	1	16	0	0
long	radial	1	2	17	0	0
	ulnar	0	2	18	0	0
ring	radial	0	0	19	1	0
	ulnar	1	1	17	1	0

4 fingers in 20 fingers

little	radial	0	0	4	0	0
--------	--------	---	---	---	---	---

3 fingers in 20 fingers

little	ulnar	0	1	2	0	0
--------	-------	---	---	---	---	---

みの volar advancement flap<sup>7)</sup> を挙上する際、背側枝を損傷することなく挙上できることを示唆している。実際、今までの経験上手術にさいし、指神経背側枝に遭遇することが少なかったことがこの事実を裏付けている。

また、示指から環指橈・尺側の指神経背側の径は 0.72 mm~1.10 mm でいずれも神経縫合は可能であり、innervated cross finger flap に利用できることがわかる。

われわれが分類した Type 別では、中指・環指では背

側指神経が指背末梢まで伸びず、指神経背側枝の径が太く優位に指背に伸びているもの、すなわち Type 3 が多くみられた。とくに中指橈・尺側および環指橈側は変位も少く、dorsal middle phalangeal finger flap や innervated cross finger flap の donor site に指神経背側枝を利用するのが適切であるといえる。

一方、われわれの開発した reverse digital artery island flap<sup>5)(6)</sup> に背側枝または背側指神経を含めて sensate flap<sup>7)</sup> とする場合は、中指橈・尺側、環指橈側では背側枝よりも背側指神経を含めるのがよいと考え

Table 3 The dorsal digital nerve

20 fingers

finger	side	number of the branch		a : finger tip ~MP joint (mm)	b : MP joint ~ terminal branch (mm)	b/a (%)	diameter (mm)	
		MP joint	PIP joint				MP	PIP
index	radial	2.9	1.3	82.4	52.9	64	1.6	1.0
	ulnar	2.1	0.7	82.4	37.7	46	1.2	0.9
long	radial	1.9	0.2	92.5	37.3	40	0.7	/
	ulnar	1.7	0.6	92.5	37.4	40	1.1	/
ring	radial	1.3	0.6	87.0	37.0	43	1.0	/
	ulnar	1.7	1.4	87.0	50.3	58	1.1	0.9
little	radial	2.1	1.0	65.7	46.9	71	1.2	1.0
	ulnar	2.2	1.2	65.7	50.6	77	1.5	1.0

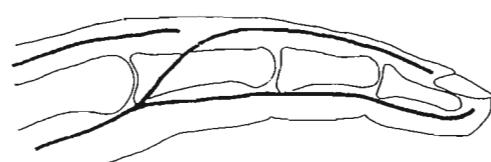
Type 1



Type 2



Type 3



Type 4

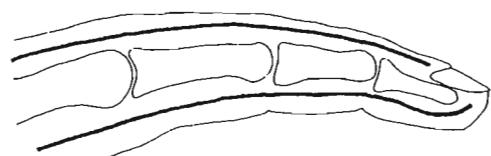


Fig. 1 Classification of the nerves in the dorsum aspect of fingers

る。これは背側指神経の終枝のほうが基節部までと短いため、指背の皮膚に知覚の receptor も多く、知覚回復にとって有利であると考えるからである。実際に、この 2 つの神経を利用した場合を比較すると背側指神経を含めた場合の方が知覚回復が優れていた<sup>3)</sup>。まだ、症例が少なく、経過観察も短いが、今後症例を重ねて検討したい。

### ま と め

80 指の示指から小指の指神経背側枝と背側指神経の分岐形態、数、走行について解剖学的検索を行った。この検索結果を述べるとともに、この結果より種々の知覚皮弁を行うさいの注意すべき点、利用すべき神経の選択などについて考察した。

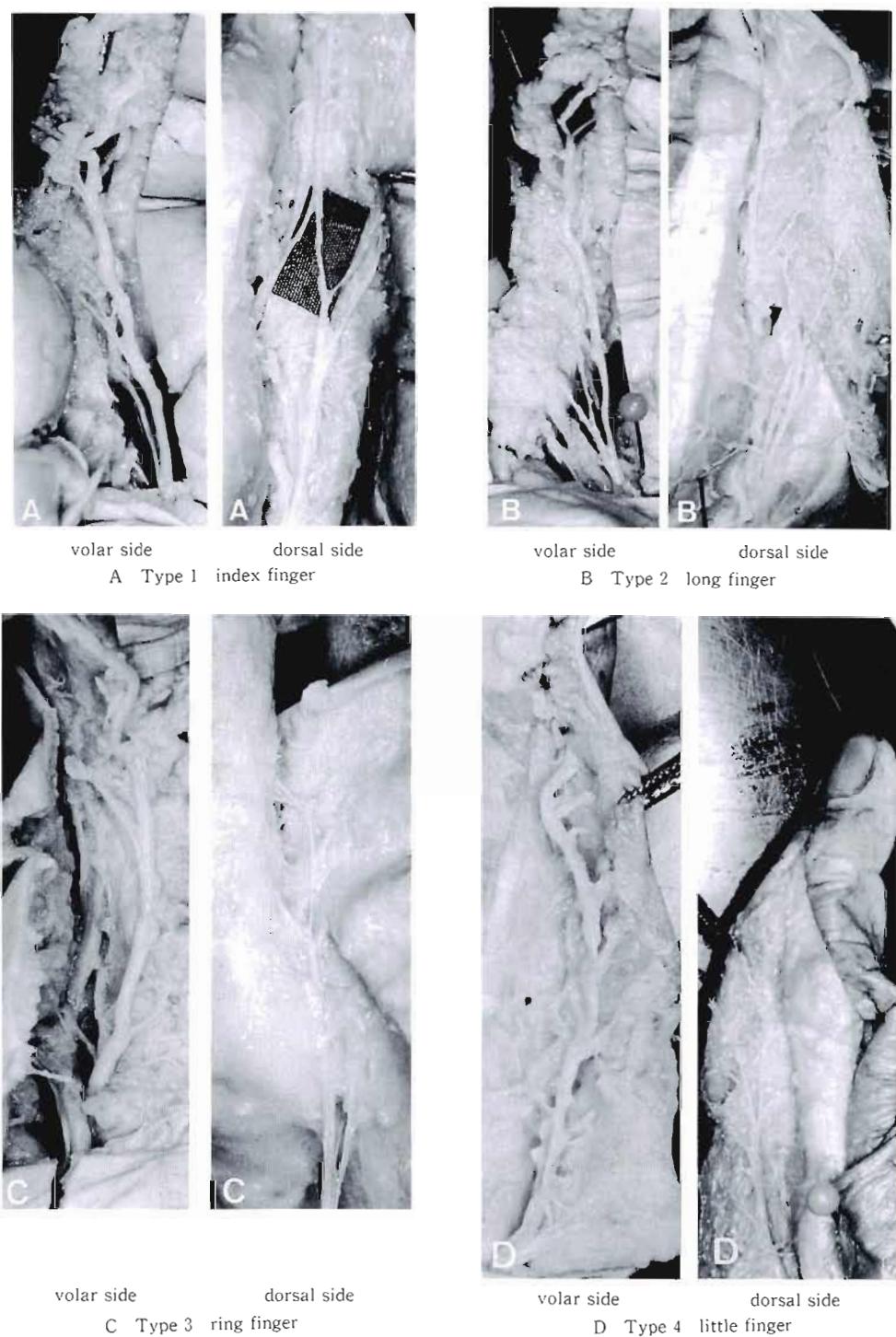


Fig. 2 The anatomical cases

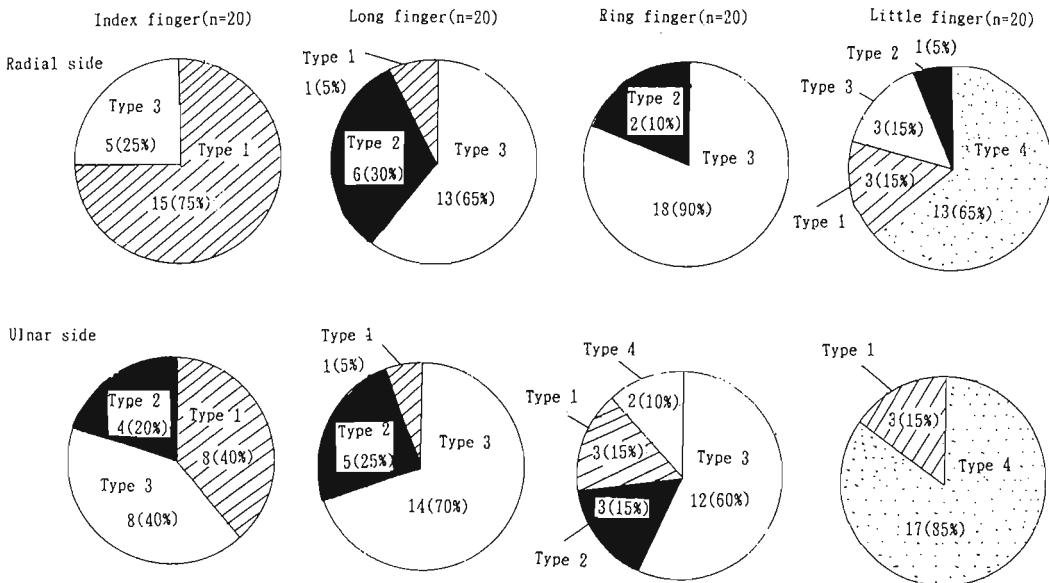


Table 4 Variations of the nerves in the dorsum aspect of fingers

## 文 献

- 1) Büchler U., et al.: The dorsal middle phalangeal finger flap. Handchir., 51-A : 1264~1268, 1988.
- 2) 平瀬雄一 他: Innervated cross finger flap応用例の検討. 日手会誌, 7 : 831~836, 1990.
- 3) 平瀬雄一 他: Sensate reverse vascular pedicle digital island flap - 2つの方法の知覚の差異について. 形成外科. (現在掲載待ち).
- 4) 金子丑之助: 日本人体解剖学, 第18版, 南山堂, 東京: 588, 1982.
- 5) 児島忠雄 他: 手指皮膚欠損への血管柄付島状皮弁の応用. 日手会誌, 3 : 350~354, 1986.
- 6) Kojima T. et al.: Reverse vascular pedicle digital island flap. Brit. J. Plast. Surg., 43 : 290~295, 1990.
- 7) 児島忠雄: 皮膚損傷(指尖損傷を含む), 日手会誌, 7 : 935~940, 1991.
- 8) 上羽康夫: 手 その機能と解剖, 改訂2版, 金芳堂, 京都: 234, 1985.
- 9) Wallace W.A., et al.: Variations in the nerves of the thumb and index finger. J. Bone Joint Surg., 57-B : 491~494, 1975.

質 問 濱生会神奈川病院整形外科 佐々木 孝

①小指の橈・尺側に共々Type 4が多いので同一神経で支配される場合はType 4となるのかと思いましたが、環指尺側はType 4がかならずしも多くないようです。系統発生的な御検討はありますでしょうか？

②Type 1とType 3の差はどの程度明らかなのでしょうか？

回 答 東京慈恵会医科大学形成外科 林 博之

①環指尺側は掌側で正中神経と尺骨神経の境界領域で、Varientに富んでいます。発生・系統的については明確にはわかりません。

②背側指神経が割合長く、指神経背側枝とoverlapしたものをType 1、背側指神経が短く、指神経背側枝が太く、優先的に伸びているものをType 3としました。

## 肘部管症候群の成因に関する検討

### —ひずみ圧力計による神経外圧測定—

広島大学医学部整形外科学教室

岸 和彦・生田 義和  
村上 恒二・木森 研治  
鈴木 修身

### Experimental Study of the Cubital Tunnel Syndrome —Measurement of Extraneural Pressure Using Pressure Sensor—

Kazuhiko Kishi, et al.

Department of Orthopaedic Surgery, Hiroshima University School of Medicine

1. We examined extraneural pressure of ulnar nerve in 7 patients who had cubital tunnel syndrome. 4 cases were definite cubital tunnel syndrome, a case was with ganglion, a case was cubitus varus, and a case had a epitrochleoanconeus muscle. When the flexion angle was maximum, maximum extraneural pressure was recorded. In 6 cases except the last case, higher pressure were recorded under arcuate ligament than at postcondylar groove. In the last case (epitrochleoanconeus muscle) high pressure was recorded under the muscle, but, was not recorded under the arcuate ligament.

2. Using 19 cadaveric cubitus, we examined extraneural pressure of ulnar nerve as the same way. Moreover, we performed cubitus valgus by osteotomy at supracondyle, and, observed the change of the pressure. In those cases, there was no constriction band. Both at postcondylar groove and under arcuate ligament, the pressure increased according to increasing flexion angle. At the other hand, the pressure increased significantly at postcondylar groove according to increasing valgus angle, however, no increasing under arcuate ligament.

Base on these result, we consider that at the case of definite cubital tunnel syndrome the important point is placed under arcuate ligament, at the other hand, at case of cubitus valgus, important point is placed at postcondylar groove.

#### はじめに

肘部管症候群は、上肢における代表的 entrapment neuropathy のひとつであり、その発症のメカニズムに関しては種々検討され、原因も様々である。しかし、いわゆる狭義の肘部管症候群において、その主たる原因は尺側手根屈筋の上腕頭・尺骨頭の二頭間にはる

arcuate ligament によるといわれている。この靭帯は、肘関節の屈曲により、内側上頸と肘頭間の距離の増大をきたすことにより尺骨神経を屈曲終末時に強く絞扼するといわれている。しかし、屈曲時にどの程度の圧力が神経に加わるかについての報告は少ない<sup>1)2)3)</sup>。今回、我々は、肘部管症候群 7 例の手術に際して、尺骨神経に加わる外圧を肘関節を屈曲・伸展しな

**Key words :** cubital tunnel syndrome, extraneural pressure, ulnar nerve

**Address for reprints :** Kazuhiko Kishi, M. D., Department of Orthopaedic Surgery, Hiroshima University School of Medicine, 2-3 Kasumi 1 Chome Minami-ku. Hiroshima 734, Japan.

がら測定した。また、11屍体19肘を用いて同様に神経外圧の測定と、外反肘での神経外圧の測定を行った。

### 測 定 方 法

外圧測定には、ひずみ圧力計 (PSL 1K, PSL 2K, Fig. 1) を用いた。手術においては、肘部で尺骨神経の浅筋膜層を損傷することなく露出し、内側上顆後方 (Post condylar groove 以下 P.C.G. と略す) と、arcuate ligament 中枢の浅筋膜に、圧力センサーを挿入するに足りるだけの小切開を加え、圧力センサー受感部表面を尺骨神経に接する方向に挿入した後、浅筋膜を再び縫合し、肘関節を屈曲・伸展しながら圧力を測定した。圧力は D.C. アンプで検出し、ペンレコーダーで記録した。

また、屍体19肘においても同様に、P.C.G., arcuate ligament 下層で圧力を測定した。さらに、同一肘を用い、生理的状態 (肘外反角 5°) と外反肘 (頸上部でドーム状骨切りを行い、30° 外反位でスタイマンピンを用いて固定した) の神経外圧の変化を測定した。続いて、屈曲 60°、最大屈曲位で肘関節を固定したのち、頸上部で 0°~40° の外反を加えながら、圧力の変化を観察した。

### 結 果

1. 手術症例の検討：手術例は7例で、変形性肘関節症を伴う狭義の肘部管症候群4例、ガングリオン合併例1例、内反肘1例、滑車上肘筋による肘部管症候群1例であった。滑車上肘筋による1例を除く6例は手術所見より、尺骨神経の絞扼はすべて arcuate ligament 入口部でみられた。この6例において、神経外圧は、P.C.G., arcuate ligament 下層において、ともに屈曲 90° 以上で上昇し、最大屈曲時に最高となった。最

高値は、arcuate ligament 下層では、512~2666 g/cm<sup>2</sup> (平均 1200 g/cm<sup>2</sup>) であったが、P.C.G. では、95~666 g/cm<sup>2</sup> (平均 250 g/cm<sup>2</sup>) であった。なお、P.C.G. で最高 666 g/cm<sup>2</sup> の症例では、滑車上肘筋が存在していた (Fig. 2)。一方、滑車上肘筋の存在する症例では、arcuate ligament 下層では神経外圧は、わずかに上昇するのみであった。

以下、代表的症例を示す。

#### 症例1 56才 男性

2年前より、左環小指の痺れを自覚していたが放置していた。環小指のかぎ爪変形、骨間筋の萎縮が出現してきたため当科を受診した。X線写真では、変形性肘関節症変化が強く M.C.V. は、32.8 m/sec. と低下していた。典型的な狭義の肘部管症候群と思われた。

術中所見：神経外圧は、arcuate ligament 下層において、90° を超えると急激に上昇し、最高 1267 g/cm<sup>2</sup> になった。一方、P.C.G. では最高 250 g/cm<sup>2</sup> にすぎなかった (Fig. 3)。浅筋膜層、arcuate ligament を切離し観察すると、arcuate ligament 入口部で著明な絞扼が認められた。内側上顆切除を追加し手術を終了した。

#### 症例2 19才 女性

平成2年4月よりバレーボール部に所属し、活動をはじめたところ、1ヵ月後に左環小指の痺れが出現し、徐々に増悪するため当科を受診した。M.C.V. は左 25.0 m/sec. と遅延し、P.C.G. には、触診・M.R.I. にて腫瘍の存在が考えられた。

術中所見；P.C.G. 上に、肘頭から内側上顆間に張る、発達した筋腹をもつ破格筋が存在し、滑車上肘筋と思われた。滑車上肘筋、arcuate ligament 下層において神経外圧測定を行った。滑車上肘筋の下層では、最高 444 g/cm<sup>2</sup> と外圧が上昇したが、arcuate ligament 下層では、外圧の上昇は、わずか 50 g/cm<sup>2</sup> であつ

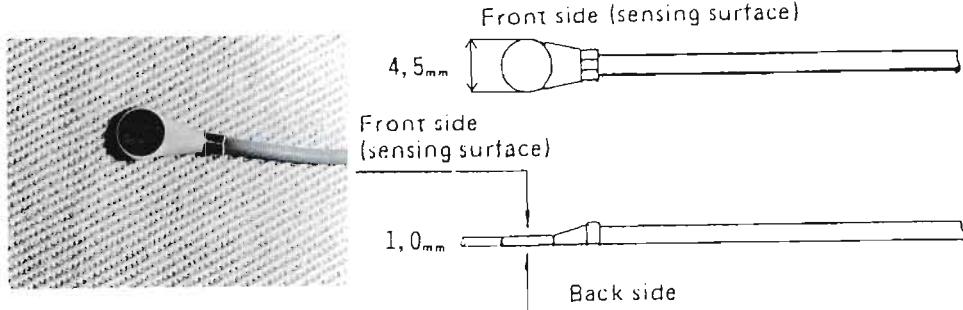


Fig. 1 Pressure Sensor PSLA 1K PSLA 2K

た (Fig. 4). 滑車上肘筋の切除, arcuate ligament の切離を行った。滑車上肘筋下層以外では神経の絞扼を認めなかつた。

2. 尸体実験：神経外圧測定を行つた 19 肘には、尺骨神経の著明な絞扼をみとめる症例はなかつた。神経外圧は、P. C. G., arcuate ligament 下層ともに、屈曲 90° をこえてより上昇し、最大屈曲時に最高値を示した。しかし、最高値は、前者では 300~2000 g/cm<sup>2</sup> (平均 673 g/cm<sup>2</sup>) であったのに対し、後者では 67~662 g/

cm<sup>2</sup> (平均 332 g/cm<sup>2</sup>) であった。30° の外反肘モデルでは、P. C. G. においては、同一肘において最高値が 500 g/cm<sup>2</sup> であったのが、2000 g/cm<sup>2</sup> と 4 倍の上昇をみせたのに対し、arcuate ligament 下層では、外反による神経外圧の変化をみせなかつた。また、肘屈曲角を固定したモデルでは、肘 60° 屈曲位、最大屈曲位とも、外反 30~40° となるにしたがい、著明に外圧は上昇した (Fig. 5)。

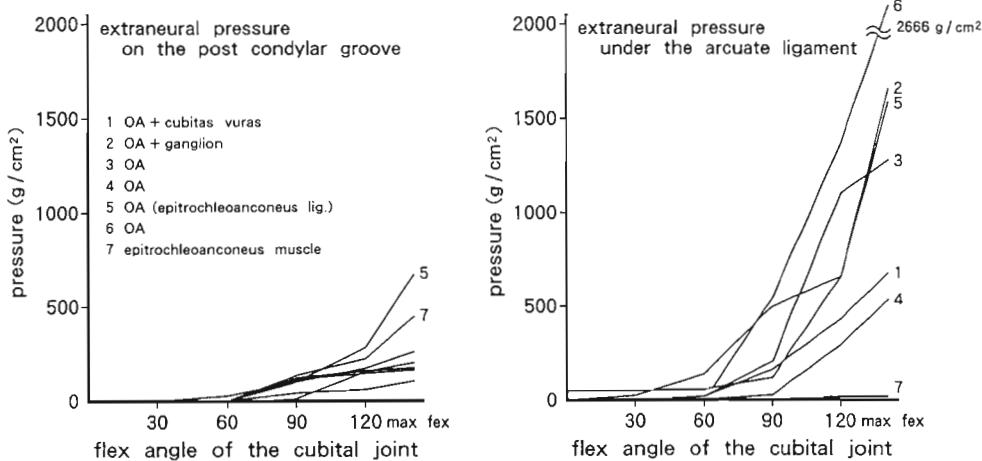


Fig. 2 Extraneural Pressure of the Ulnar Nerve

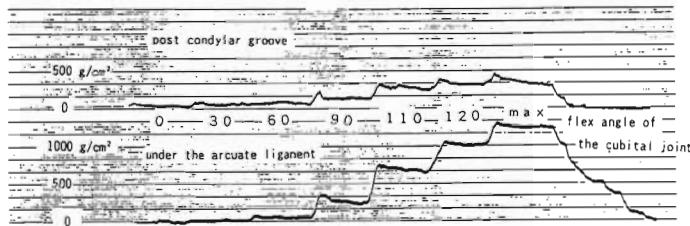


Fig. 3 Case 1 (No 5) 56 y. o.

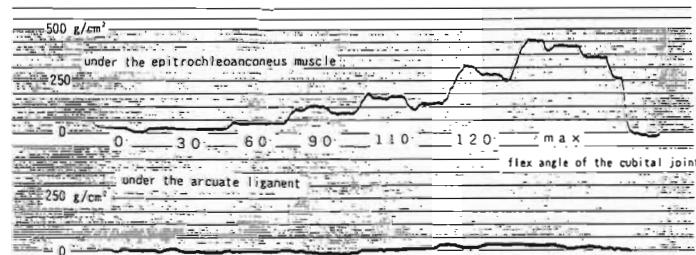


Fig. 4 Case 2 (No 7) 19 y. o.

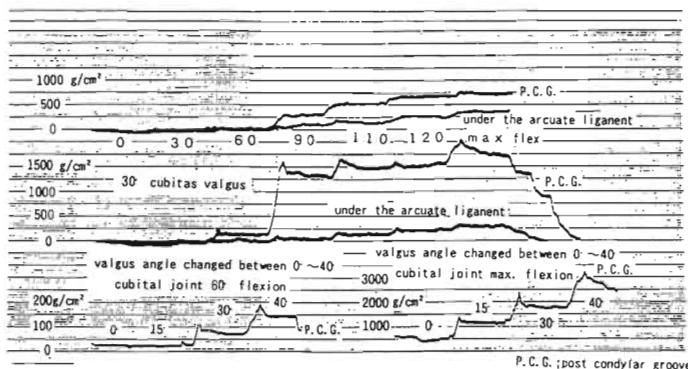


Fig. 5 Extraneural Pressure of the Ulnar Nerve (Cadaver)

## 考 察

いわゆる狭義の肘部管症候群においては、尺骨神経に加わる外圧の上昇は、arcuate ligament 下層において著明であり、同部が発症の要因をなすものと考えられた。また、滑車上肘筋により発症したと思われる若年者の1例の神経外圧測定により、加齢的変化のない正常肘においては、arcuate ligament 下層での神経外圧は、肘関節の屈伸でほとんど変化を見せず、わずかの外圧にしかすぎないことが推測された。

屍体実験では、生体と同一視できないことは明らかであるが、P. C. G. での神経外圧は、肘外反の増加とともに上昇するが、arcuate ligament 下層においては、肘外反の影響が少ないことが観察できた。

以上のことにより、肘部管症候群の成因に関し、狭義の肘部管症候群に対しては、arcuate ligament 下層、外反側に対しては、P. C. G. での尺骨神経に対する圧迫が重要な成因であることが、神経外圧の点からも推察された。

## 文 献

- 1) M. F. Macnicol et al.: Extraneural Pressure

affecting the Ulnar Nerve at the Elbow, The Hand, 14-1, 5-11, 1982.

- 2) J. Pechar et al.: The Measurement in the Ulnar Nerve Contribution to the pathophysiology of the Cubital Tunnel Syndrome, J. Biomechanics, 8, 75-79, 1985.

- 3) 遠藤陽一 他：小型圧力計による手根管症候群、肘部管症候群の臨床的検討、整形外科, 32: 1572-1574, 1981.

**質問** 慈恵医科大学形成外科 児島 忠雄  
尺骨神経が不完全に脱臼する症例とそうでない症例との間に arcuate ligament 下の圧力の差がありましたか。

**回答** 広島大学整形外科 岸 和彦  
尺骨神経脱臼例に対する神経外圧測定の経験はありません。ただし、先生の論文では、脱臼例では arcuate ligament 下層で、非脱臼例では postcondylar groove での神経外圧が高いとのことでしたが、われわれの症例では、非脱臼例においても、arcuate ligament 下層でより高値を示しました。

## 神経圧迫による神経筋伝達機能に関する

### 実験的研究 (第2報)

—神経幹の組織像と神経伝達速度および

神経筋伝達機能との関係—

札幌医科大学整形外科学教室

横澤 均・石井 清一

札幌医科大学第一生理学教室

太田 勲

An Experimental Study on the Effects of Nerve Compression  
on the Neuromuscular Junction; 2nd Report

—The Pathology of the Nerve Related to Motor Nerve Conduction Velocity  
and Neuromuscular Transmission—

Hitoshi Yokozawa, et al.

Department of Orthopaedic Surgery, Sapporo Medical College

#### Introduction

We previously reported the effects of nerve compression on neuromuscular transmission. Motor Nerve Conduction Velocity (MCV) was delayed between points on either side of a clamp, but between points distal to the clamp, it was similar to that in control. On the other hand neuromuscular transmission increased in the 14 and 21 day compression groups, and then recovered to the control level in groups with more than 21 days of compression. This time we studied the pathology of the nerve related to MCV and neuromuscular transmission to clarify this mechanism.

#### Material and methods

The sciatic nerve was compressed with a clamp in 19 male Wistar rats. After clamping the sciatic nerve for 1 to 4 weeks, the following investigations were carried out on our experimental model: (1) MCV, (2) Mean quantum content, (3) Relative number of myelinated fibers, (4) The rate of large myelinated fibers.

#### Results

(1) MCV became slow in proportion to the decrease in the rate of large myelinated fibers in the 1, 2 and 4 week compression groups.

(2) Relative values of mean quantum content increased in proportion to the decrease in the rate of large myelinated fibers in the 2 week compression group, but was unchanged in 1 and 4 week

---

**Key words:** neuromuscular junction, entrapment neuropathy, nerve compression, end-plate potential, experimental model

**Address for reprints:** Hitoshi Yokozawa, M. D., Department of Orthopaedic Surgery, Sapporo Medical College, Minami 1 Nishi 16, Chuo-ku, Sapporo 060, Japan.

groups. This suggested that the change of mean quantum content was related to the number of large myelinated fibers in the 2 week compression group, but it might be influenced by any additional factors in 4 week compression group.

## はじめに

絞扼性神経障害を実験的に作製し、その病態を神経学的に検索した研究は多い。しかし神経幹の圧迫が神経筋接合部の興奮伝達機能に及ぼす影響を検討した研究はほとんどない。我々はラットの坐骨神経への圧迫と、神経筋接合部における伝達機能との関係を分析する一連の研究を行ってきた<sup>4)</sup>。その際、神経幹に圧迫を加えると運動神経伝導速度(MCV)は低下する。一方、神経筋伝達機能は圧迫後2~3週目に一度亢進したのち正常化する。今回は、その機序をより詳細に調べるために神経幹の形態学的变化と MCV、神経筋伝達機能の経時的变化との間に如何なる関連性があるかを分析した。

## 材料および方法

実験には Wistar 系ラット(230~270 g) 19匹を用いた。麻酔下に右坐骨神経を micro-tube-clamp(clamp)により圧迫し、非圧迫側を対照とした<sup>3)</sup>。圧迫1, 2, 4週後に坐骨神経—ヒラメ筋標本を作製し、以下について検索した。

### 1. 運動神経伝導速度

Clamp を装着したまま、圧迫部を含む2点間および圧迫遠位の2点間で測定した。

### 2. 平均素量 (mean quantum content)

細胞内微小電極法<sup>1)</sup>によりヒラメ筋表層の神経筋接合部から微小終板電位(mepp) および終板電位(epp)を測定した。得られた mepp, epp から直接法<sup>2)</sup>を用いて平均素量を算出し、Ach 放出量の指標とした。

### 3. 組織学的方法

摘出した標本を glutaraldehyde-osmium の二重固定後 Epon 包埋した。圧迫部の神経幹の横断切片を作製して観察した。また画像解析装置を用いて神経横断の任意の 10 区画 ( $3590 \mu^2 \times 10$ ) の有髓線維数を測定した。実際の神経横断面積を計測して総有髓線維数を算出した。次いで各有髓線維の軸索径を計測して大径有髓線維(以下、大径線維)数を算出した。

(1) 総有髓線維数：圧迫側の対照側に対する割合を表した。

(2) 大径線維数：全有髓神経線維の中で  $4 \mu$  以上の径をもつ有髓線維の割合を表した。

## 結 果

1. 神経幹圧迫期間の延長による MCV、平均素量の変化：圧迫部を含む2点間での MCV は、1週圧迫群で 55.8% と低下していた。圧迫期間を2週、4週と延長するにつれて 38.5%, 38.9% とさらに低下を示した。圧迫部より遠位の神経幹には有意な低下は見られなかった (Fig. 1-a)。一方、平均素量は1週圧迫群では変化が見られず、圧迫が2週に及ぶと増加を示した。しかし、圧迫期間が4週に延長されると正常化していた (Fig. 1-b)。

2. 神経幹圧迫期間の延長による圧迫部局所での組織像の変化：神経幹圧迫部位での総有髓線維数は、1週圧迫群では変化が見られなかった。圧迫期間を2週に延長することによって一時減少したが、4週圧迫群では再び対照側と同数を示すように変化していた (Fig. 2-a)。一方、大径線維数は圧迫期間の延長とともに減少していた (Fig. 2-b)。

3. 神経幹の圧迫期間別にみた大径線維数と MCV、平均素量との関係：最後に1週、2週それに4週圧迫群において個々の個体の圧迫部の大径線維数と MCV および平均素量との関係を調べた。すなわち、大径線維数と MCV、大径線維数と平均素量との関係が1週、2週及び4週圧迫群との間で差が見られるかどうかを観察した。

### (1) 大径線維数と MCV との関係

1週、2週、4週のいずれの圧迫群においても大径線維数が少ない場合は MCV も低下していた (Fig. 3)。大径線維数は MCV と密接に関連していることを示していた。

### (2) 大径線維数と平均素量との関係

2週圧迫群では大径線維数が少ない場合は平均素量は増加する傾向を示していた。一方、1週及び4週圧迫群では大径線維数にかかわらず平均素量は対照側と同じ一定の数値を示していた (Fig. 4)。すなわち圧迫期間の違いによって、大径線維数と平均素量との関係は異なっていた。

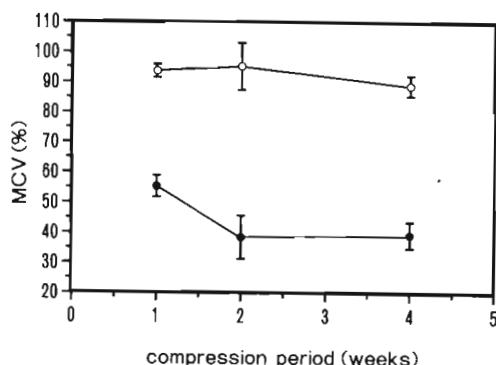


Fig. 1-a MCV was delayed between points on either side of the clamp (●), but between points distal to the clamp (○), it was similar to that in control.

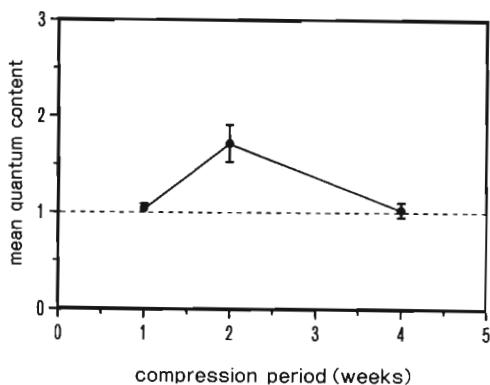


Fig. 1-b Relative value of mean quantum content was unchanged in 1 and 4 week rats, but it increased in 2 week rats.

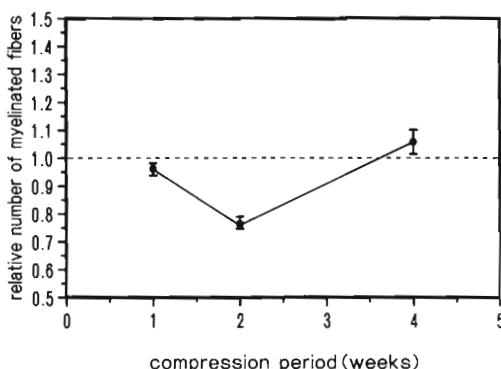


Fig. 2-a Relative number of myelinated fibers was almost unchanged in 1 and 4 week rat, but it decreased in 2 week rats.

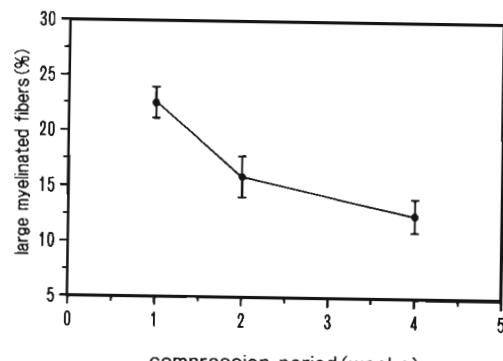


Fig. 2-b There was a progressive decrease in the rate of large myelinated fibers with compression periods.

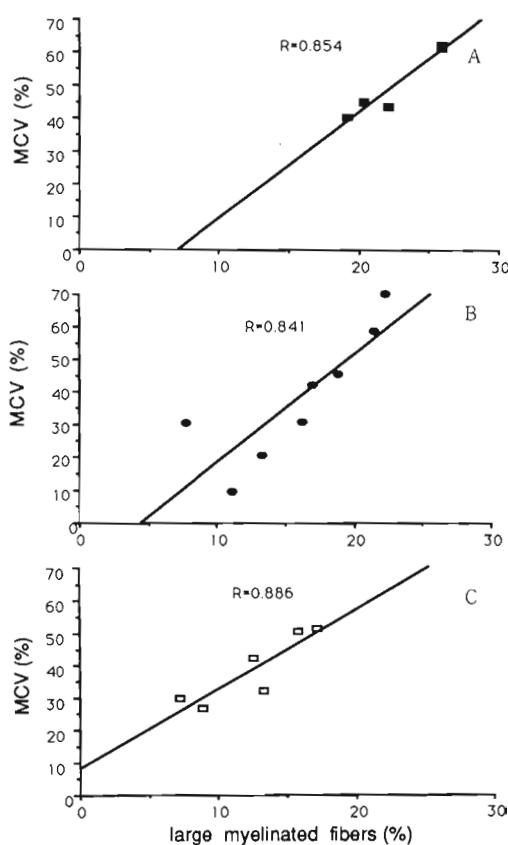


Fig. 3 MCV became slow in proportion to the decrease in the rate of large myelinated fibers in 1, 2 and 4 week rats. A: 1w B: 2w C: 4w

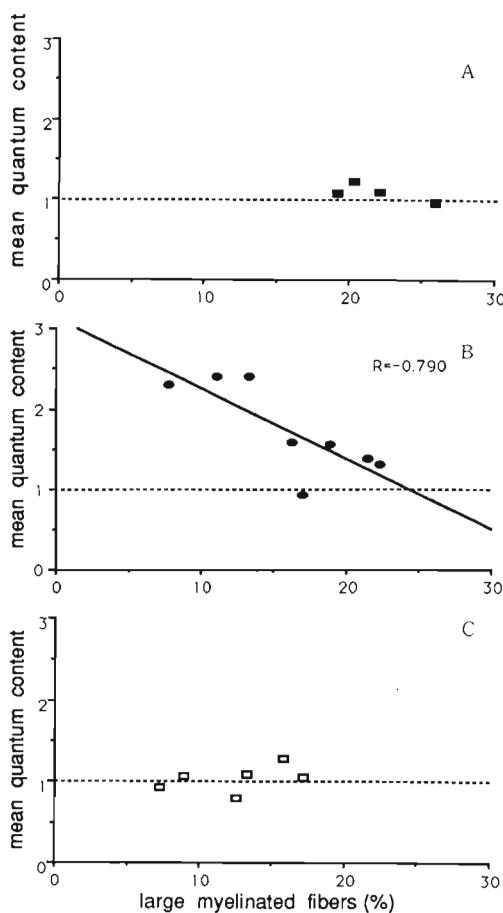


Fig. 4 Relative value of mean quantum content increased in proportion to the decrease in the rate of large myelinated fibers in 2 week rats, but it was unchanged in 1 and 4 week rats. A: 1w B: 2w C: 4w

### 考 察

本研究における神経障害モデルでは、神経幹圧迫部での MCV は明らかに低下していた。しかも圧迫期間を 1週、2週、4週と延長するにつれてさらに低下し続けた。圧迫部の神経幹の組織像を観察することにより、MCV の低下は圧迫期間の延長に伴う大径線維数の減少によると考えられた。一般に正常な有髓線維の MCV は軸索径、絞輪間距離および髓鞘の厚さに比例すると言われている。本モデルでは髓鞘の厚さや絞輪間距離については観察していない。しかし MCV が大径線維の数に影響を受けることを確認した。

次いで本研究では、神経幹の圧迫期間を延長することによって神経筋接合部における平均素量の変化を観察し、平均素量の変化が神経幹の圧迫部の組織像の変化と如何なる関係があるかを検索した。得られた結果は 2週間の圧迫によって、圧迫部位の総有髓線維数が少なくなると平均素量は増加していた。しかし圧迫を 4週間続けると、神経幹圧迫部位の総有髓線維数は対照側と同数になるとともに平均素量も対照側と同程度にまで回復していた。この結果は平均素量は有髓線維の数と密接な関係があることを示唆するものであった。

一方、有髓線維には大径線維と小径線維とがある。2週圧迫群では、その両者が減少しており、4週圧迫群では大径線維数はさらに減少していたのに対し、小径線維は増加していた。そこで有髓線維の中で占める大径線維と小径線維の割合が、平均素量に如何なる影響を与えているかを分析した。今回は、1週、2週、4週圧迫群について圧迫期間別に大径線維数と平均素量との関係を検討してみた。1週または4週圧迫群においては大径線維数と平均素量との間に相関関係は見られなかった。しかし 2週圧迫群では大径線維数が減少するにつれて平均素量が高値を示すという傾向が見られる。つまり平均素量は有髓線維数と、その中に占める大径線維数の数に何らかの影響を受けているものの、神経幹への圧迫の期間によっても影響のされかたは微妙に異なっていることを示していた。今回観察した神経幹の局所圧迫によって神経筋接合部に見られた平均素量の変化が、圧迫部位の有髓線維の障害の程度とどのように対応するのかは、さらに検索を進める必要がある。

### ま と め

1. 神経幹の局所圧迫部での MCV は圧迫期間の延長による大径線維数の減少に伴って低下していた。しかも 1, 2, 4 週いずれの圧迫群においても大径線維数の減少と MCV の低下との間には相関関係が認められた。

2. 一方、神経幹の圧迫による神経筋接合部での平均素量の変化は 2週圧迫群でのみ増加を示したが、圧迫期間を 4週間に延長することによって再び回復した。このような平均素量の変化は、有髓線維数および有髓線維の中で占める大径線維数に何らかの影響を受けていることが予測された。

## 文 献

- 1) Fatt, P., et al.: An analysis of the endplate potential recorded with an intracellular electrode. *J. Physiol.*, 115: 320-370, 1951.
- 2) Ginsborg, B. L., et al.: Neuromuscular Junction. In: Zaimis, E. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 229-364, 1976.
- 3) 佐野新一郎: 紋扼性神経障害発現の実験的研究. 慎恵医大誌, 102: 865-880, 1987.
- 4) 横澤 均 他: 神経圧迫による神經筋接合部の機能的、形態的变化に関する実験的研究. 日手会誌, 7: 11-15, 1990.

質問 川崎医大形成外科 光嶋 熊  
2週の軸索染色性低下とは髓鞘の菲薄化のことでしょうか。

回答 札幌医科大学整形外科 横澤 均  
髓鞘そのものの染色性の低下であり、髓鞘の変性がおこったためと考えています。

質問 高志リハビリ病院整形外科 木田 泰弘  
clamp の圧迫力の差によって経時的な変化に影響を与えていっているのではないでしょうか?  
圧力等は計測しておられますか?

回答 札幌医科大学整形外科 横澤 均  
使用した clamp の圧迫力は計測しておりませんが、製品化された時点で厳密に一定の圧迫力に設定されています。従って各々の clamp の違いによるものではないと考えています。

## 温または冷阻血による末梢神経の経時的形態変化

川崎医科大学形成外科学教室

光嶋 勲・森口 隆彦

筑波大学臨床医学系形成外科

任 浜 海・添 田 周 吾

### Experimental Study of Normothermic or Cold Ischemia: Ultrastructural Observation of Nerves in Transected Extremities

Isao Koshima, et al.

Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Kawasaki Medical School

To confirm the effect of normothermic or cold ischemia on the peripheral nerve, an experimental study was carried out in which the morphological changes of axonal cytoskeletons, Schwann cells and myelin sheathes in nerves were observed.

A total of 32 rat sciatic nerves were used in this study. After transecting the legs, half of them were kept in room temperature and the other half were kept under 4°C as the cold ischemic group. Nerve specimens were obtained from the legs at 4 hour intervals during the period of 4 to 32 hours after surgery. The specimens were fixed in osmium, and embedded in epoxy resin. Tissue sections were then examined for the morphological changes of nerves with light and electron microscopes.

With the normothermic ischemic group, after the degeneration of mitochondria and axonal cytoskeletons up to 4 hours after surgery, some degenerated Schwann cells disappeared by 12 hours. At 20 hours after surgery, being preserved myelin sheathes, the cytoskeletons were lost in all axons. There were irregular myelin structures, complete absorption of degenerated Schwann cells and cytoskeletons up to 32 hours. Meanwhile, in the cold ischemic group, microorganelli in axons started to degenerate after 12 hours after surgery, though, the other components maintained their structures for up to 20 hours. At 24 hours after surgery, the arrangement of cytoskeletons in axons began to become irregular, and also the cytoplasmic membrane of Schwann cells expanded. Even at 32 hours, regardless of complete absorption of the cytoskeletons, the structure of some Schwann cells and myelin sheathes still remained.

These results suggest that the critical times of normothermic ischemic nerve degeneration can be retarded by about two to six times in cold atmosphere, and each cells in a nerve needs a different period of time when undergoing ischemic degeneration. Also, it was found that under these conditions the microorganelli break down first, followed by axonal cytoskeletons, Schwann cells and finally myelin sheathes.

神経筋の非可逆性の機能消失時間は、臨床的な駆血帯を用いた手の手術後の機能回復程度から、2-3時間であるとされている<sup>17)</sup>。一方、神経筋に対する温阻血

の影響について、過去の実験的検索の結果では、4時間の阻血で神経筋は非可逆性の機能消失が起こることが報告されている<sup>4)</sup>。この原因としては、組織内の小血

**Key words:** ischemia, normothermic ischemia, cool ischemia, axonal cytoskeleton

**Address for reprints:** Isao Koshima, M. D., Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Kawasaki Medical School, 577 Matsushima, Kurashiki City, Okayama, 701-01, Japan.

管内において、永久的な血栓が4時間で形成されるため、例え血行が再開されても組織は阻血状態が続くためとされてきた<sup>4)</sup>。ところが最近は、切断肢再接着の臨床例が増加するにつれ、筋細胞の阻血による影響が詳細に検索され、筋細胞自体も阻血による破壊をうけることが報告されつつある<sup>2)5)7)8)</sup>。しかし、すでに熟知されているべき末梢神経の温または冷阻血による経時的変性過程に関する詳細な実験的検索はほとんどなされていない。そこで、われわれはラットの切断肢を用いて、末梢神経の温または冷阻血による経時的な形態変化を観察した。

### 実験材料と方法

実験にはウィスター系ラットの下肢を切断し、生食を加えたガーゼに包み、室温(25~30°C)に放置した温阻血群と冷蔵庫に4°Cで保存した冷阻血群を作成した。これらの下肢を切断後4時間から32時間まで、4時間ごとに、各々16検体ずつ合計32検体の坐骨神経を採取した。採取した検体は、2.5%グルタルアルデヒドとオスミウムで固定したのち、エポン包埋したものを薄切し、トライジンブルー染色したのち、その横断像を光顕下で観察した。また、エポン包埋した試料をミクロトーム(LKB社、8800)で超薄切したのち、電子染色を行い、有髓軸索内の細胞骨格、シュワン細胞、髓鞘の形態変化を透過型電子顕微鏡(HITACHI, 100 CX)により観察した。

### 結果

#### 1. 光顕による観察結果

両群とも切断後12時間までは明らかな変化は見られなかつたが、温阻血16時間群で、一部の有髓軸索の崩壊が見られた。温阻血24時間群でも、髓鞘構造はほとんど保たれていたが、シュワン細胞が消失していた。これに対し、冷阻血群では明らかな変化は見られなかつた。

#### 2. 電顕による観察結果

##### (1) 正常有髓軸索内の細胞骨格

髓鞘に囲まれて軸索が存在し、この軸索内には、ミトコンドリアをはじめとする細胞内小器官、多数の神経細線維、管腔構造をなす少数の微小管が存在した。

##### (2) 温阻血群における形態的変化

温阻血4時間群では、すでにミトコンドリアの膨化とクリスタの消失が見られ、軸索内細胞骨格は破壊されており、モザイク状に凝集していた。12時間群では、

細胞骨格が軸索中心部に凝集し、一部の神経線維の髓鞘構造が乱れ、一部のシュワン細胞の破壊消失も認められた。20時間群では、髓鞘構造は保たれているものの、軸索内細胞骨格はほとんどの軸索で消失していた。24時間以上の群では、髓鞘構造の乱れ、ほとんどのシュワン細胞の破壊消失、全ての軸索内細胞骨格のはば完全な消失が見られた。

#### (3) 冷阻血群における形態的変化

冷阻血4~8時間群では、個々の神経線維はほぼ正常構造を示し、12時間以後の群で細胞内小器官の破壊、微小管の軸索の中心部への移動を認めるものの、20時間まで髓鞘も軸索内細胞骨格もほぼ正常構造を示した。24時間群では、神経線維はその構造を保たれているものの、軸索内細胞骨格の配列に乱れが生じ始めるとともに、シュワン細胞質の膨化が出現していた。24時間以後の群は、以上の変化が進行し、32時間群で、ほとんどの軸索で細胞骨格が消失したが、一部のシュワン細胞はなお残存し、髓鞘構造はよく保たれていた。

### 考察

#### 1. 末梢神経の阻血性壞死の経時的形態変化

今回の実験結果より、末梢神経の温阻血による経時的な形態的変化の機構としては、まず、阻血後4時間で、すでにミトコンドリアをはじめとする細胞内小器官が破壊され、細胞内骨格の破壊も始まっていた。これは阻血筋の形態的観察結果に類似しており、温阻血後1.5~2時間で筋線維の可逆性の変化が起り、4時間阻血で非可逆性の変化が見られるとされている。この初期の変化としては、ミトコンドリアの膨化、円形化、クリスタの変形の他に、筋小胞体と細胞膜の膨大化と破裂が知られている<sup>7)</sup>。温阻血神経に関するTountas<sup>7)</sup>らの報告では、サルの温阻血神経を用いた血行再開の実験で、4時間の阻血後、血行再開後1週目の生検標本で、初めて髓鞘の破壊を認めている。しかし、温阻血2時間群では、術後1週目でも何ら形態的変化を認めていない。このことより、われわれの観察した温阻血後4時間の軸索内細胞骨格の破壊は、その後血行が再開されても神經の脱髓性の変性を引き起こす可能性がある。

今回の実験結果では、軸索内細胞骨格の破壊に続き、12時間までにシュワン細胞が破壊された。その後、20時間までにほとんどの有髓軸索内の細胞骨格が消失するが、髓鞘構造は32時間以上残存した。Schlenker<sup>6)</sup>は、組織移植片の温阻血に対する許容時間は、組織に

より異なり、ラットの panniculus carnosus は 2 時間、イヌの広背筋弁は 6 時間、表皮と真皮表層は 6 時間としている。このことより、末梢神経においても、阻血により、まず軸索内細胞骨格が破壊され、その後シュワン細胞の破壊が起り、最後に髓鞘の崩壊を来たしたように、個々の細胞によって阻血の許容時間が異なるものと思われる。

本実験の結果では、阻血後 12 時間でシュワン細胞が破壊されたことは、シュワン細胞による再生軸索の誘導性が不能となるため、例えその後、血行再開がなされても、神経再生能は著しく劣るものと思われる。Lundborg<sup>3)</sup> の駆血帯を用いた阻血神経の生理学的検索によれば、15~45 分の阻血で一過性の機能消失が出現し、8 時間以上の阻血で永久的な機能障害を受けるとされている。この機序として、神経束内の毛細血管の亢進した透過性が、浮腫を発生させ、これが神経線維の破壊を引き起こすとされている<sup>3)</sup>。この結果は、われわれの 12 時間以上で再生能力が低下するという推測と若干異なり、今後明らかにする必要がある。

### 2. 阻血性壞死の機序

Schlaepfer は、Waller 変性の際に生じる軸索内細胞骨格の崩壊が、in vitro で  $\text{Ca}^{2+}$  の存在下で生じることを報告している<sup>5)</sup>。われわれの結果で、阻血後 4 時間に軸索内細胞骨格のみの崩壊を認めた。これは、神経の透過性が増し、軸索外から過剰の  $\text{Ca}^{2+}$  の流入が起り、その結果、軸索内細胞骨格の崩壊が起った可能性もある。さらに、筋細胞の変性に強く関係していると考えられている  $\text{Ca}^{2+}$  依存性プロテアーゼ（以後、CANP と略す）による破壊も、最近注目されている<sup>12)</sup>。鎌倉ら<sup>11)</sup> によると、末梢神経から抽出した CANP を、 $\text{Ca}^{2+}$  の存在下で軸索内細胞内骨格に作用させたところ、ニューロフィラメント蛋白が消失したと述べている。このことから神経の阻血壞死の初期段階においては、神経の可溶性分画に存在するとされる CANP が、 $\text{Ca}^{2+}$  の軸索内への流入により活性化され、神経細線維の破壊が生じた可能性もある。

### 3. 末梢神経の阻血性壞死に関する冷温保存の効果

冷阻血した組織の移植に関する過去の実験的報告<sup>8)</sup>によると、ウサギの遊離ソケイ皮弁移植の冷阻血では、72 時間までは再移植した組織が生着するとされている。切断肢の冷阻血実験では、108 時間でも血行再開により、生着したと報告され、臨床例では、33 時間冷阻血された切断肢が生着している。さらに、同種移植臓器の生存時間を延長するのに、冷温保存が効果的であ

り、心臓の単純低温浸漬法では、24 時間の保存が可能であるとされている。

本実験の結果でも、冷阻血群では、阻血後 24 時間で細胞骨格の配列異常とシュワン細胞の膨化が始まり、32 時間で軸索内細胞骨格が消失した。このことより、軸索内細胞骨格の破壊に要する時間は、室温下に比べ、冷温下の環境条件において協力に延長され、約 6 倍の延長効果があることが解った。さらに、シュワン細胞の破壊に要する時間も、冷阻血の方が 2 倍以上延長されていた。このように、個々の組織または細胞の種類によって、冷阻血による個々の細胞の限界時間に若干の差があるものと思われる。

## 文 献

- 1) 鎌倉恵子 他：フィラメント変性とプロテアーゼ。神經進歩, 26: 278-287, 1982.
- 2) 光嶋 熨：切断肢の筋阻血性壞死に関する研究、温阻血された筋の電顕と蛋白分析による検索。日形会誌, 7: 245-255, 1987.
- 3) Lundborg, G.: Nerve Injury and Repair. Churchill Livingstone, Edinburgh London Melbourne and New York, 82, 1988.
- 4) Paletta, F. X., et al.: Prolonged tourniquet ishemia of extremities, An experimental study on dogs. J. Bone Joint Surg., 42: 945-950, 1960.
- 5) Schlaepfer, W. W.: Calcium-induced degeneration of axoplasm in isolated segments of rat peripheral nerve. Brain Res., 136: 1-9, 1974.
- 6) Schlenker, J. D.: Discussion for the Tsai's paper. Plast. Reconstr. Surg., 70: 453-454, 1982.
- 7) Tountas, C.P., et al.: Tourniquet ischemia: Ultrastructural and histochemical observations of ischemic human muscle and of monkey muscle and nerve. J. Hand Surg., 2: 31-37, 1977.
- 8) Tsai, T.M., et al.: The effect of hypothermia and tissue perfusion on extended myocutaneous flap viability. Plast. Reconstr. Surg., 70: 444-452, 1982.

**質 問** 東医歯大整形外科 伊藤聰一郎  
Schwann 細胞を破壊と判断する場合、EM 上では核の構造が壊れた像を指標とすべきではないか。

**回 答** 川崎医科大学形成外科 光嶋 熨

今回の実験目的は、細胞機能の非可逆性の停止時期を知ることであったが、これを形態的な細胞構造の破壊のみで判定することは危険である。しかし、細胞が機能を停止した後におこる形態変化を観察すれば、ある程度の閾値的判定は可能である。ご指摘の細胞核構

造の破壊は、細胞機能停止後の時間を経た最終的な結果であり、実際の機能停止時期は、より早期の細胞膜の破壊時期とするのが妥当と思う。

質問　　琉球大学整形外科 新垣　晃

Schwann cell の壞死について

①どのような所見があれば（電顕的に）Schwann cell は viable でない（今後再生されることがない）と言えるのでしょうか。

② Schwann cell が irreversible なほど ischemic damage を受けるのは温阻血 or 冷阻血で何時間位でしょうか？

回答　　川崎医大形成外科 光嶋　黙

①今回の実験ではシュワン細胞膜の破壊の時期を非可逆性変性の時期としたが、実際には細胞核内の遺伝子の破壊時期がこれに相当すると思われるが、形態上その時期を判定することは不可能と思われる。

②上記の規準から考えると温阻血後 12 時間以内、冷阻血後 32 時間以内頃と思われるが、後者は個々のシュワン細胞によりばらつきがあるので一点として規定するのは危険と思われる。正確には予め R1 を投与しておいた阻血神経を移植した実験を行い、再生神経におけるシュワン細胞の生存をオートラジオグラフィーにより確認する実験が必要である。

## 末梢神経切断後の近位側有髓神経線維の 変化についての実験的研究（第 3 報） —特に非再生群と再生群の差異について—

燕労災病院整形外科  
成 沢 弘 子  
新潟手の外科研究所  
吉 津 孝 衛・牧 裕  
森 清・田 島 達 也

Experimental Study on Difference in the Proximal Nerve Segment  
in Those with and without Regeneration

Hiroko Narisawa, et al.  
Department of Orthopedic Surgery, Tsubame Rousai Hospital

The purpose of this study is to compare the proximal nerve segment in those with and without regeneration.

26 Wister rats were used. Left femoral nerve was severed or sutured at the inguinal band level. One, two, four and six months after surgery, bilateral femoral nerve were harvested. At posterior root ganglion level which comprises motor and sensory nerve fiber area, and distal to the sutured level, light microscopic study was done. With the particle size analyzer (Olympus SPICCA), histogram of myelinated fiber diameter was made and counted the fiber numbers of each area.

The histogram of motor fibers showed minimum difference between regenerated group and non-regenerated group. But sensory nerve was different. In non-regenerated group, the histogram markedly shifted to the smaller side. In regenerated group, these changes were not so much, i.e. proximal segments of severed sensory nerve were preserved when they were in regeneration.

### はじめに

切断された末梢神経の長期放置例の神経縫合の成績を左右する因子として切断近位側の変化も重要な因子と考えられる。私達は切断近位側有髓神経の経時的変化に着目しその結果を第 29 回および第 32 回日手会に報告した。すなわち末梢神経を切断するとその近位側有髓神経線維の直径は経時に減少する、運動神経線維と知覚神経線維とではその変化が異なり前者では直

径の減少や神経線維数の増加は軽度であるのに対し後者では切断後直徑は著しく減少しこれは経時に増強され、また新たな小径線維が出現していくという結果であった。

このように切断後の近位側有髓神経線維の変化が運動神経線維と知覚神経線維とで大きく異なることが判明した。

今回は前述のような変化が長期間再生が妨げられたために生じたものか単に切断されただけでも生ずる変

**Key words:** retrograde degeneration, peripheral nerve

**Address for reprints:** Hiroko Narisawa M. D., Department of Orthopedic Surgery, Tsubame Rousai Hospital, 633 Sawatari, Tsubame-city, Niigata, 959-12, Japan.

化であるのかを明らかにする目的で切断放置群と切断後ただちに縫合し再生させた群とを作成し比較検討した。

#### 材料および方法 (Table 1) (Fig. 1)

Wister 系 rat 26 匹の大脛神経を用いた。非再生群では左側の大脛神経を鼠径韌帯の近位部で切断したままの状態とし遠位側神経線維は可及的に全切除した。再生群では同部で切断後直ちに epineurial suture を施行した。

1, 2, 4, (6) カ月後に両側の大脛神経をその主たる後根神経節レベル (L 3) から遠位部まで一塊に採取した。後根神経節遠位端および縫合遠位部を切り出した後グルタルアルデヒド、オスミウム酸固定、エボン包埋を行った。横断薄切片を作製しメチレンブ

ルー染色し光顕にて観察した。

後根神経節遠位部では運動神経線維領域と知覚神経線維領域および背側枝領域を区別することが可能である (Fig. 2)。そこで 100 倍拡大像を画像解析装置 (オリンパス社 SPICCA) に入力し前 2 者の領域の有髓神経直径のヒストグラムを作製した。また顕微鏡ステージコントロール装置を運動させ 2 領域の神経線維総数を計測した。

縫合遠位部でも同様にヒストグラムの作製をおこなった。

Table 1 Number of used rats in two groups.

	1 M	2 M	4 M	6 M
non-regenerate	2	4	2	
regenerate	3	5	5	5

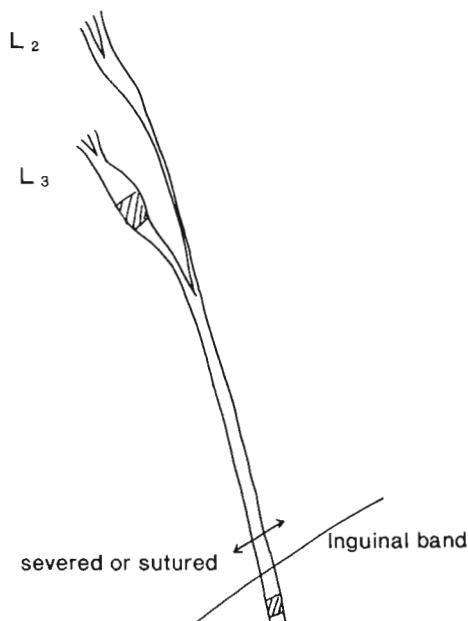


Fig. 1 Schematic drawing of experimental study. Left femoral nerve was severed or sutured immediately after severance. Nerve specimens were harvested at two levels.

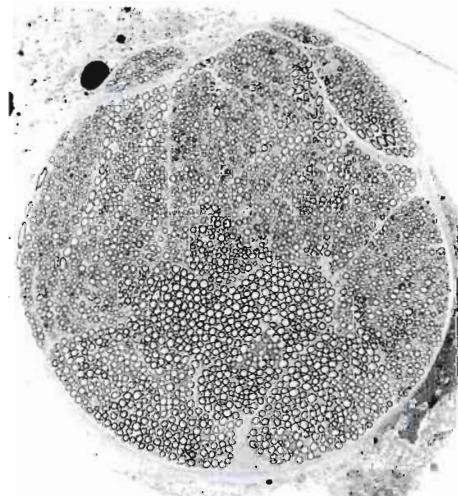
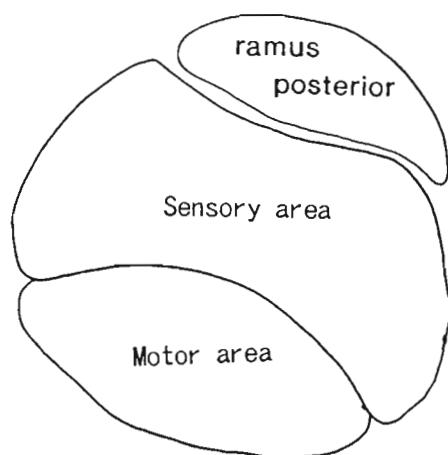


Fig. 2 Schematic drawing and specimens of cross section at the level of posterior root ganglion. Motor nerve area and sensory nerve area were separated each other.

## 結 果

### A. 非再生群における有髓神経直径のヒストグラムの変化

正常の運動神経では直径 5~6  $\mu$  および 14~15  $\mu$  にピークをもつ2峰性を示した。切断後のヒストグラム

は2峰とも小径側に移動する傾向が見られた。正常の知覚神経は緩やかに連続する2峰性を示したが切断後は小径側に移動し切断4ヵ月ではその変化は著しく4~5  $\mu$  にピークを持つ1峰性を示した (Fig. 3)。

### B. 再生群における有髓神経直径のヒストグラムの変化

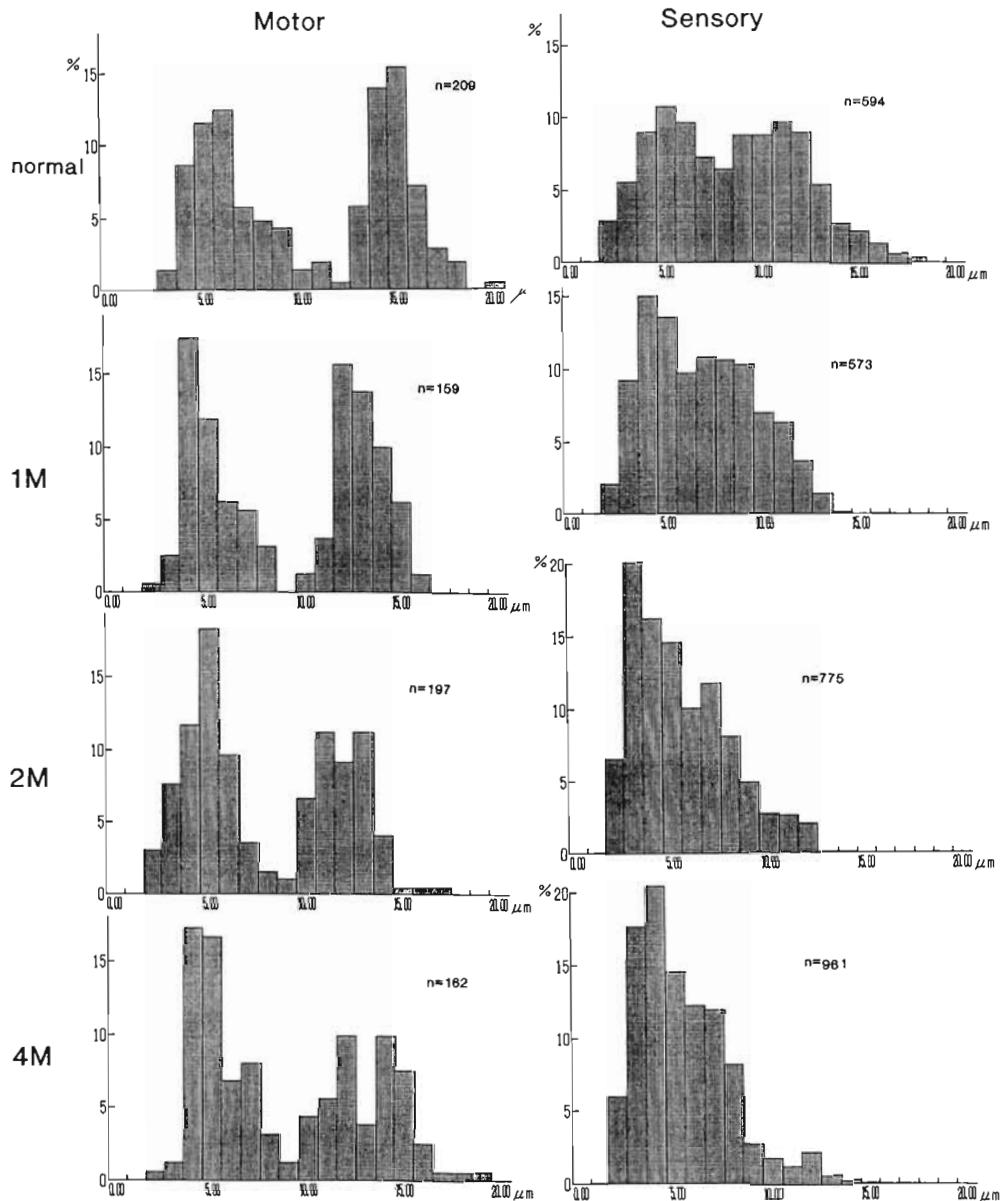


Fig. 3 Histogram of myelinated nerve fiber diameter at the level of posterior root ganglion after its severance of femoral nerve. (non-regenerated group)

運動神経では切断縫合後1, 2ヵ月でヒストグラム上やや小径側に移動したが4, 6ヵ月では正常に近く回復した。

知覚神経では1, 2ヵ月で小径線維の割合は増加したが正常パターンにみられる $10\text{ }\mu\text{m}$ 近傍のピークは比較的よく保たれていた。4, 6ヵ月では回復傾向を示した

が正常のパターンには戻らなかった(Fig. 4)。

#### C. L3後根神経節遠位部神経線維総数

4ヵ月経過例について運動神経領域と知覚神経領域の有髓神経線維総数を計測した。非再生群運動神経では10~20%の増加がみられ知覚神経では40~50%の増加がみられた。再生群では運動神経に大きな変化は

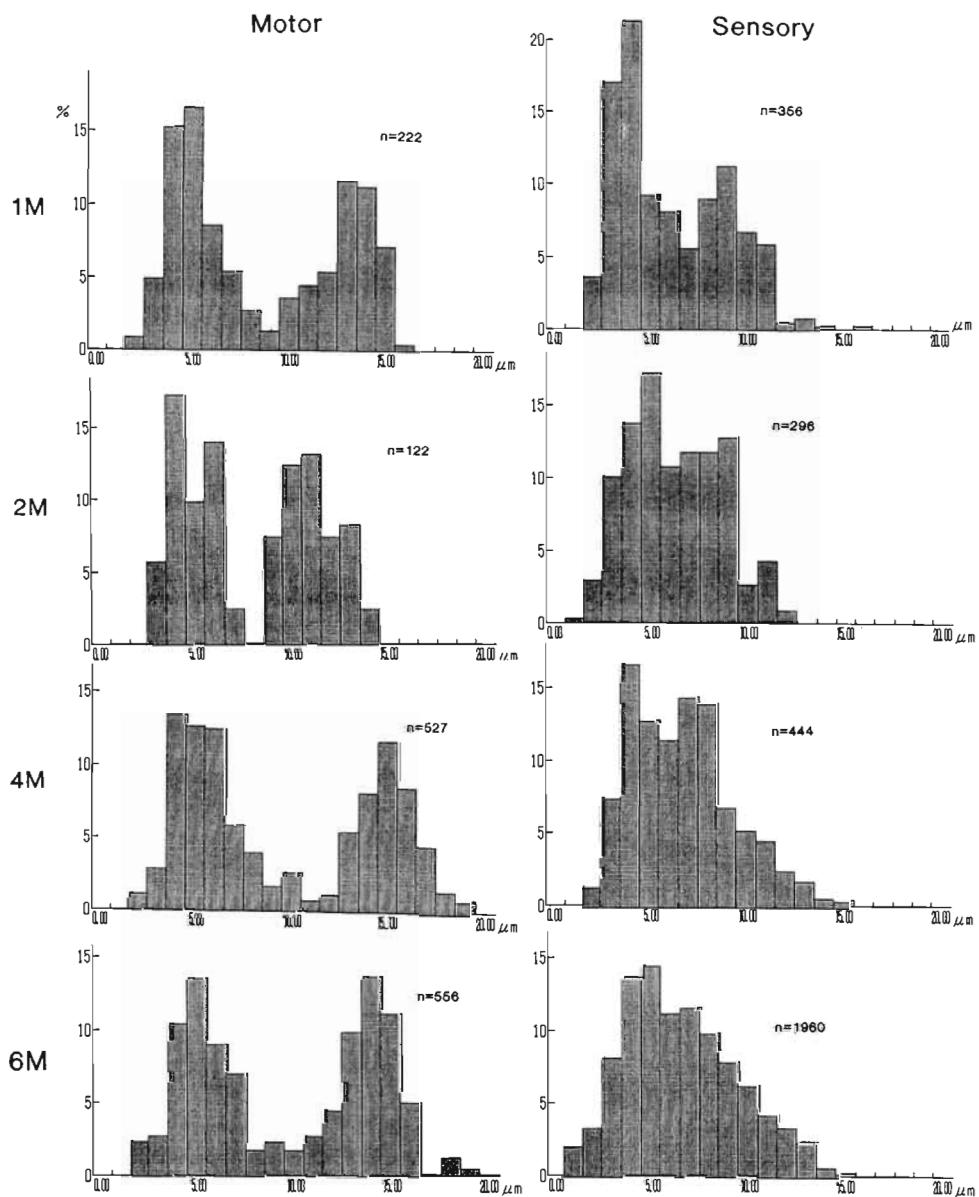


Fig. 4 Histogram of myelinated nerve fiber diameter at the level of posterior root ganglion after its suture immediate after severance of femoral nerve. (regenerated group)

Table 2 Total number of myelinated fibers at distal to the posterior root ganglion at four months after surgery.

## Non-regenerated group

	Motor			Sensory		
	Right	Left	L/R	Right	Left	L/R
1	1131	1287	1.138	2565	3516	1.371
2	1272	1563	1.229	2681	3940	1.470

## Regenerated group

	Motor			Sensory		
	Right	Left	L/R	Right	Left	L/R
1	1058	1262	1.193	2598	3081	1.186
2	1856	1797	0.969	3090	3251	1.052
3	1470	1254	0.853	1681	2062	1.227

なく知覚神経でも5~20%の増加にとどまった（Table 2）。

## D. 組織形態学的変化

非再生群では切断後2ヵ月経過例で既に知覚神経領域の大径線維は変形や萎縮を示し小径線維の増加もみられた。再生群では一部の大径線維に変性様の変化がみられたが全体的には変形した線維は少なく小径線維の割合も少なかった（Fig. 5）。

E. 縫合遠位側への再生状態を確認する目的で縫合遠位側の標本を採取しヒストグラムの作製を行った。再生6ヵ月では正常に近い状態に回復した（Fig. 6）。

## 考 案

大腿神経切断後、非再生群運動神経における有髓線維直径のヒストグラムは2峰性パターンを保ちながら経時的にわずかに小径側に移動した。再生群では1, 2ヵ月で小径側への移動を示したが4, 6ヵ月では回復を示した。これらから運動神経線維が終末器官との結合を断たれることによる影響は軽度の萎縮と考えられ、長期的にも著明な萎縮や変性はしないものと思われる。すなわち運動神経線維の近位側は切断遠位側との結合の有無に影響されにくいと考えられる。この原因として運動神経が efferent fiber であること、細胞体から切断部位までの距離が知覚神経に比し長いことなどが推測されるが明らかでない。

これに対し知覚神経では非再生群でも再生群でも1, 2ヵ月後に小径線維の割合が増加していることから知覚線維では一時にでも終末器官との連続が断たれると近位側が受ける影響は大きいものと思われる。し

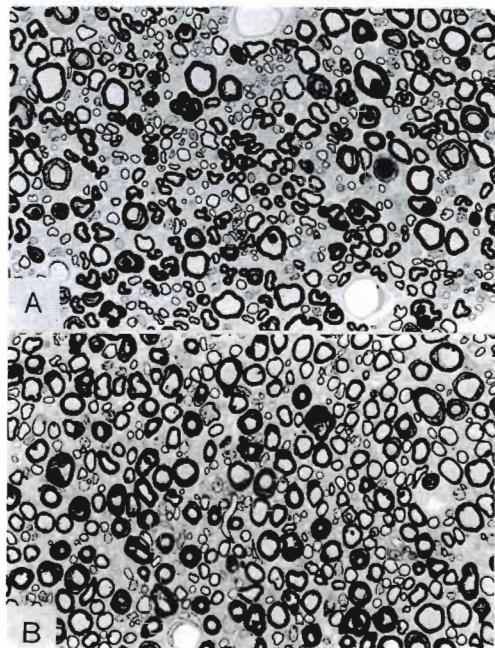


Fig. 5 A: Sensory area of non-regenerated group  
(2 months later.)

B: Sensory area of regenerated group (2 months later.)

かし再生群では経時的なヒストグラムのパターンの変化は軽度で形態的にも変形を示す線維は少なかった。すなわち再生可能な状態では近位側も比較的良好な状態が維持されると考えられる。この要因としては初期では切断遠位側の Schwann 管に再生神経が伸長してい

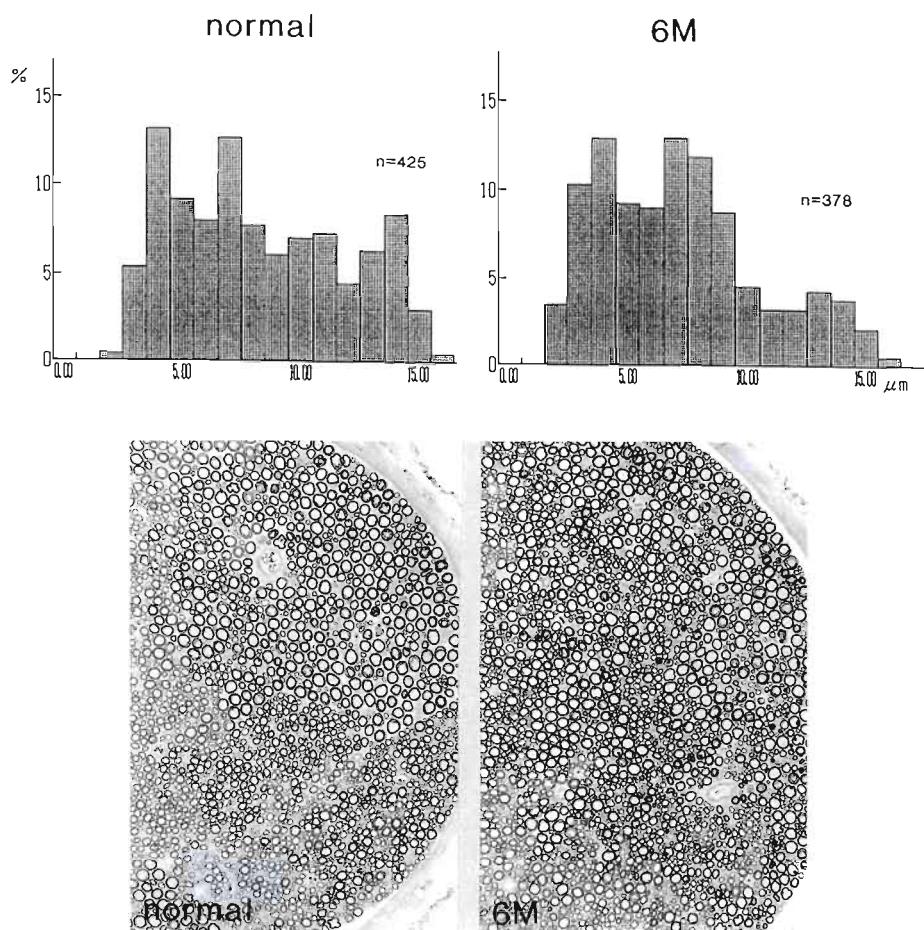


Fig. 6 Histogram of myelinated nerve fiber diameter and specimen of femoral nerve at distal to the suture site. (6 months later)

くことや後期では終末器官と結合し逆行性軸索輸送が完成することが考えられる。

有髓神経総数の増加が再生群で少なかったことについては misdirection のため淘汰された可能性や終末器官と結合し得た線維が多く、proximal sprouting を生じにくくなつたことが推測されるが明らかでない。

### ま　と　め

1. 末梢神経切断後の近位側有髓神経の形態的変化を非再生群と再生群とで比較検討した。

2. 運動神経では非再生群と再生群とで大きな差はなく近位側運動神経線維は遠位側の影響を受けにくいと考えられた。

3. 知覚神経では非再生群で有髓神経直径のヒストグラムは経時に小径側に移動したが再生群では変化は軽度であり、差が認められ、近位側知覚神経線維は遠位側との結合の有無の影響を受けやすいと考えられた。

(本実験に使用した機器の一部は購入にあたり日本自転車振興会の補助を受けた。)

## 脊髓後根神経節の移植による末梢神経と筋組織の変性予防 (その 2)

広島大学医学部整形外科学教室

竹本正端・越智光夫  
木森研治・山中威彦  
生田義和

An Experimental Study on the Transplantation of the Dorsal Root Ganglion to Prevent Peripheral Neural and Muscular Degeneration: Part II

Syouzui Takemoto, et al.

Department of Orthopaedic Surgery, Hiroshima University School of Medicine

It is essential to minimize the consequent degeneration of the distal segment of injured nerve and target organ to get satisfactory functional recovery after peripheral nerve injury. We have reported positive influence to delay the denervation process of the muscle by the transplantation of DRG on the distal segment of injured nerve in the previous paper. As a next step, we performed nerve graft between the proximal stump and the distal stump of the peroneal nerve in order to ascertain whether or not the recovery rate of the muscle was promoted following the transplantation of DRG.

### Material and Methods

Twenty eight Lewis rats weighing about 200g were used. Eight were for transplant group and the same number were for control group. Left sciatic nerves of both groups were initially resected. And, each groups received the following treatments.

Transplant group. This group was transplanted DRG from other Lewis rats on the distal stump of the peroneal nerve. 4 weeks later, this group was grafted nerve from other Lewis rats between the proximal stump and the distal stump of the peroneal nerve.

Control group. This group had left the sciatic nerve resected and was grafted nerve in the same way 4 weeks later.

After 10 weeks from initial operation the animals were killed. The Tibialis Anterior (TA) muscles and peroneal nerves are resected. And the degree of recovery of the nerve and muscle was assessed.

### Results

Wet weight of TA had significantly recovered in the transplant group compared with the control group ( $p < 0.01$ ) (see Fig. 3).

Although in both groups SDH activity was still low and the diameter of muscle fiber was small compared with the normal muscle, the degree of recovery was greater in the transplant group than in the control group (see Fig. 4 & 5).

**Key words:** nerve injury, dorsal root ganglion, transplantation, nerve graft, regeneration

**Address for reprints:** Syouzui Takemoto, M. D., Department of Orthopaedic Surgery, Hiroshima University School of Medicine, 1-2-3 Kasumi, Minamiku, Hiroshima, Japan.

On histological investigation of the distal segment of the peroneal nerve, the number of the myelinated axons was greater in the transplant group than in the control group (see Fig. 6).

## はじめに

腕神経叢麻痺など中枢部における末梢神経損傷では、末梢部での神経、筋肉の変性を防止することは困難である。その防止法として我々は第33回本学会において、切除した腓骨神経末梢断端に脊髄神経節を移植し、その変性予防について報告した。今回我々は脊髄神経節移植後、さらに腓骨神経に神経移植を行い、末梢部の神経、筋肉の再生について実験したので報告する。

## 方 法

実験は 200 g ルイスラット 28 匹を使用し、脊髄神経節移植群、対照群にわけて行った。移植群として 8 匹の recipient ラットの左側坐骨、脛骨、腓腹神経を一塊として切除したのち、坐骨神経中枢切断端を結紮、反転し脛筋内に埋没した。次に donor ラット 4 匹の頸椎から脊髄神経節を摘出し、これを recipient ラットの腓骨神経末梢断端に移植した (Fig. 1)。一方対照群は

ルイスラット 8 匹を使用し、坐骨神経およびその分枝を移植群と同様に切除し放置した。4 週間後別の 250 g ルイスラットから 2 cm の両側腓骨神経を採取し、移植群および対照群とともに切除した腓骨神経部に移植した (Fig. 2)。

術後 6 週にて前脛骨筋の筋湿重量、筋線維の大きさを測定し比較するとともに、組織学的にも検討を加えた。また腓骨神経断端部、移植神経の神経再生についても両群の組織学的検索を行って比較した。前脛骨筋には Nachlas のコハク酸脱水素酵素染色、また腓骨神経にはトルイジンブルー染色を用いた。

## 結 果

筋湿重量は両群ともに著明に低下していたが、移植群の回復率が対照群よりも良好であり、有意差を認めた (Fig. 3)。ちなみに我々のデーターでは脱神経状態に放置した場合は 22.1%、脊髄後根神経節を移植して放置した場合は 26.0% であった。

組織学的検索は前脛骨筋の中間層で行い、両群とも

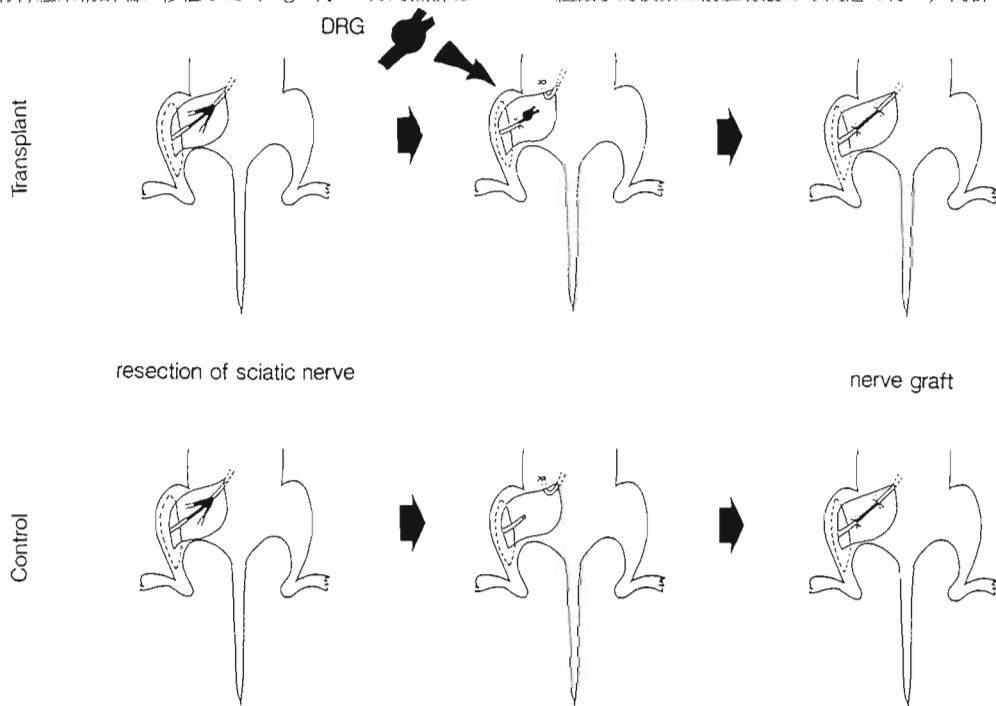


Fig. 1 Operation method

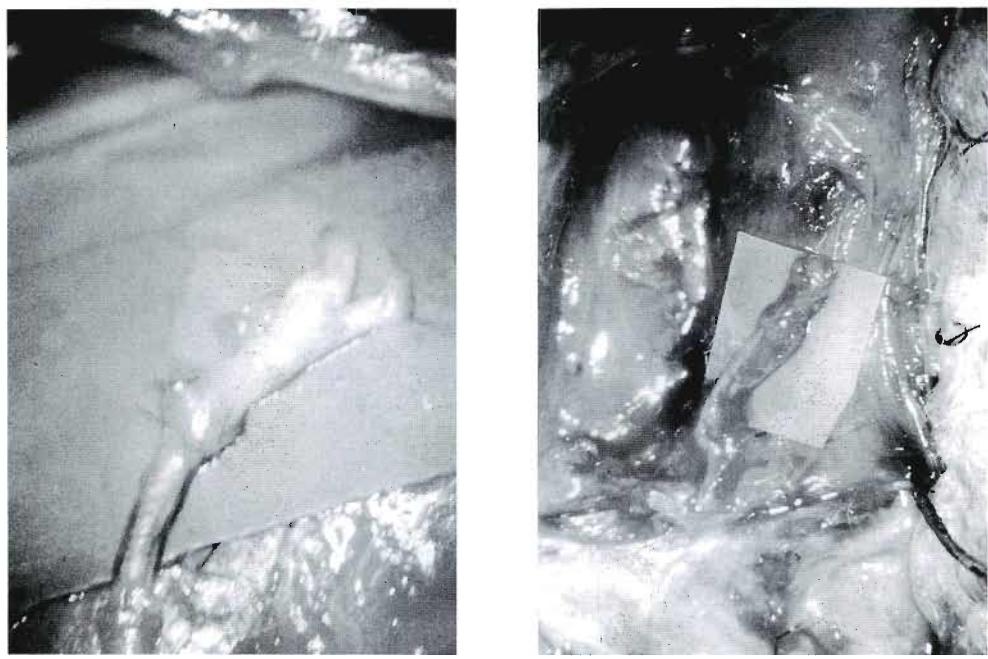


Fig. 2 DRG graft

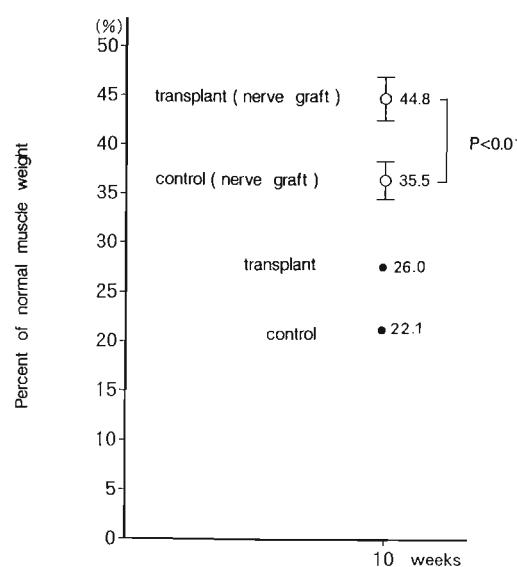


Fig. 3 Wet Weight of TA

強い変性所見を認めた。SDH 活性が低下したため染色性も低下し、筋線維の直径は小さくなっていたが、移植群で比較的軽度であった。type grouping は両群ともに明瞭ではなかった (Fig.4)。大きさの比較は赤筋の短径を 100 個について計測しておこなった。回復率は移植群で 72%，対照群で 68% であった (Fig.5)。

腓骨神経断端末梢部の組織学的検索では、両群ともに再生所見が認められたが移植群で良好であった

(Fig. 6).

## 考 察

腕神経叢麻痺など中枢部における末梢神経損傷では、受傷後早期に神経移植などの適切な手術がなされたとしても、末梢部までの距離が長いため神経の再生に時間を要する。その間に末梢部での神経、筋肉の変性が進行し、必ずしも満足のいく機能回復が得られる

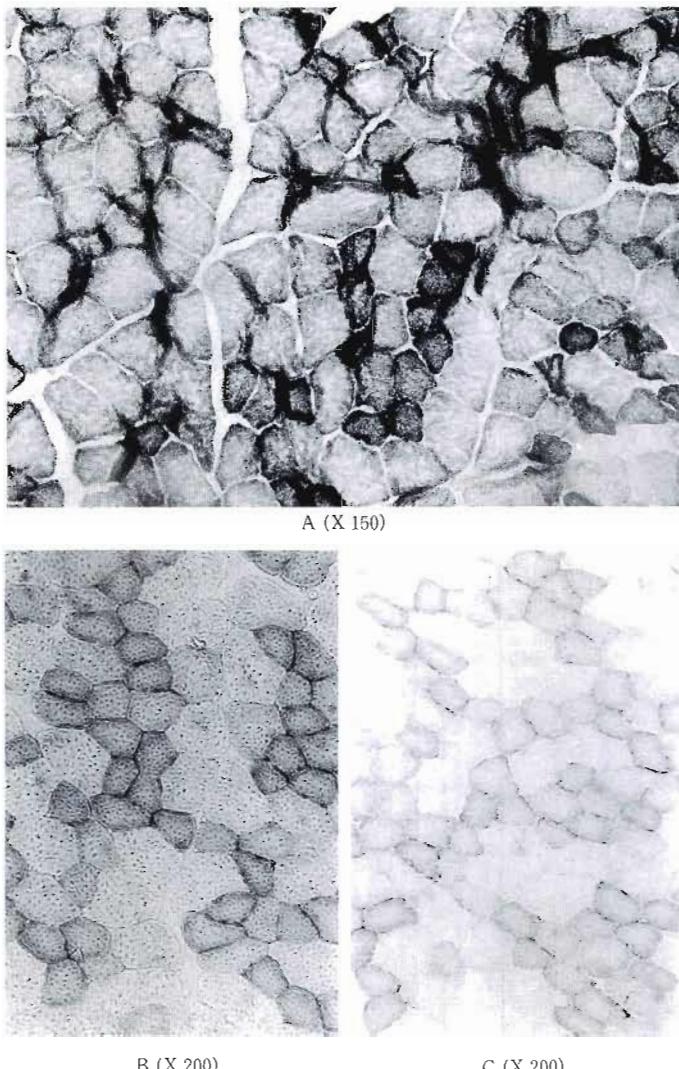


Fig. 4 Tibialis Anterior Muscle (SDH Stein)  
 A ) Normal      B ) Transplant  
 C ) Control

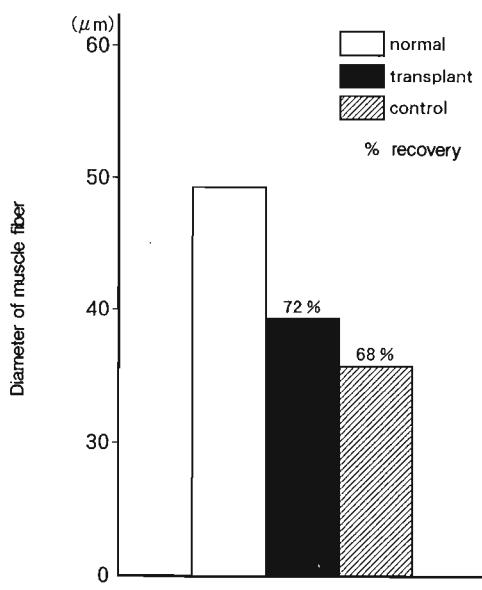


Fig. 5 Diameter of TA Muscle Fiber

とは限らない。この解決方法としては中枢からの神経の再生速度をあげるか、あるいは末梢での神経、筋肉自体の変性を遅らせるかのいずれかが考えられる。後者に対する試みとして我々は損傷神経末梢部に脊髄神経節細胞を移植し、良好な結果が得られた<sup>1)</sup>。今回さらに神経移植を行うことにより損傷神経末梢部、筋肉の良好な回復が得られることが確認できた。これは神経移植が行われるまでの期間、移植された脊髄後根神経節により末梢部での神経、筋肉の変性がある程度予防できたためと思われた。すなわち後根神経節より再生した神経線維は断端末梢部の Schwann tube 内に入り、Schwann tube の温存に働いたものと考えられる。また脊髄後根神経節より再生される神経線維は知覚線維であり、筋肉とは機能的、形態学的にも結合しないが<sup>2)</sup>、筋紡錘などへ分布する afferent fiber への再生や、再生線維から放出された何らかの chemical factor が筋肉変性の防止に働いたものと考えられた。

今回の実験で、腕神経叢損傷などの中枢部末梢神経損傷に対し神経移植などの手術を行うさいに、末梢部に脊髄後根神経節を移植しておくことにより、良好な回復が得られる可能性があると考えられた。

### ま と め

- 1) 神経損傷末梢部、筋肉の変性を防ぐために脊髄後根神経節を移植し、さらに神経移植を行った。
- 2) 移植群で筋肉の回復は良好であった。
- 3) 末梢部での神経の再生は移植群で比較的良好であった。

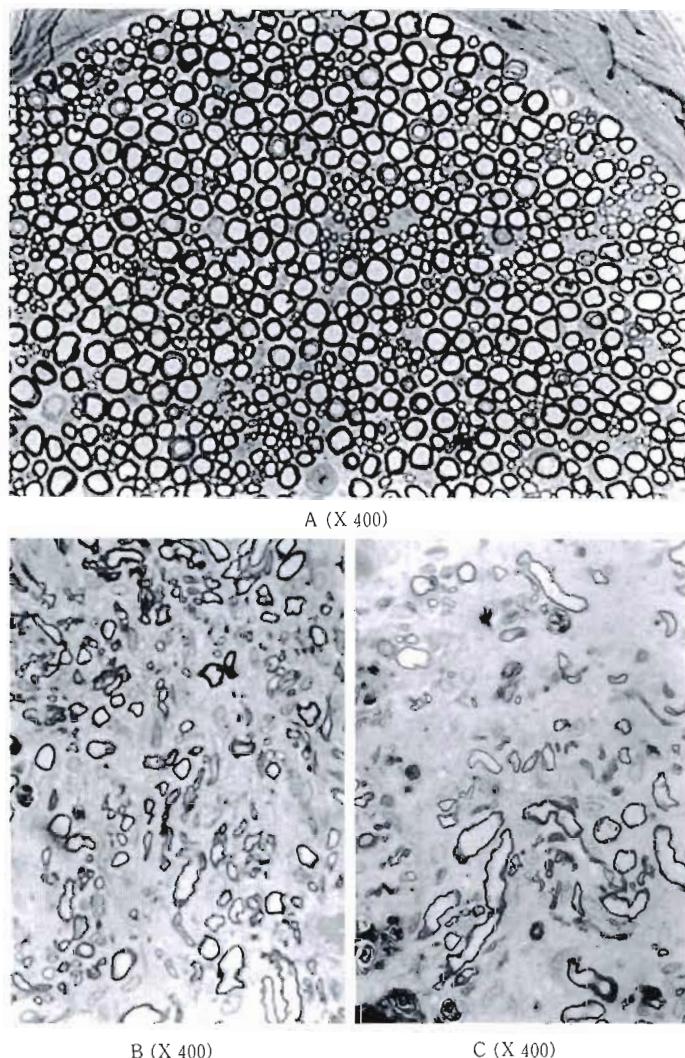


Fig. 6 Peroneal Nerve (Toluidin Blue Stein)

A ) Normal      B ) Transplant  
C ) Control

### 文 献

- 1) 木森研治：精巣神経の移植による末梢神経との筋組織の変性予防の試み。日手会誌, 7: 79-83, 1990.
- 2) 野村進：末梢神経再生による機能回復機序について。整形外科, 17: 85-92, 1966.

質 問 慶應義塾大学整形外科 仲尾 保志

①S-tube の中に DRG から伸びた axon が入り、その構造を維持しているような所見は、みておられますか。(腓骨神経移植直前に)

②術後 6 W で ×400 の電顕が display されていますが、もう少し高倍率で S-tube 構造に差がありましたでしょうか？

③DRG 由来の muscle trophic factor と思われるものは、DRG 由来の axon が筋筋に到達する以前に S-

tube を通って, target fiber に運ばれ作用していると考えてよろしいのでしょうか。

回答 広島大学整形外科 竹本 正端

①脊髓神経節移植後の断端末梢部の再生に関しては第33回本学会にて木森が報告しておりますが, 移植群で良好でした。

②今回は Schmann 細胞の構造は観察していません。

③神経線維が筋肉に到達した時点で, myotrophic factor が放出されるものと考えています。

質問 慶應義塾大学整形外科 市川 亨

筋肉の SDH 染色で fiber type grouping がみられなかつたという結果ですが, 筋肉の横断面をすべて観察してどこにもなかつたのでしょうか?

回答 広島大学整形外科 竹本 正瑞

観察をする時期の問題だと思います。今回は Total 10 週間で観察していますが, もう少し観察時期を遅くすれば type grouping も明瞭になったのではないかと推察します。

質問 川崎医科大学形成外科 光嶋 熊

①脊髓神経移植法の目的について、筋の変性予防よりも再生促進ということなのでしょうか。

②知覚神経の支配で筋の変性が予防できる理由。

③脱神経性筋萎縮でなく筋変性と判定された理由。

④神経移植後, 両群の神経移植片内における軸索伸長はいずれかが早いのでしょうか。

回答 広島大学整形外科 竹本 正端

①脊髓神経節移植の目的は断端末梢部での神経, 筋肉の変性を防ぐことにあります。この効果については第33回日手会で発表済みで, 良好な結果がえられています。今回の実験の目的は臨床的な応用の意味を含めて, 脊髓神経節を移植した後さらに神経移植を行い, 本当に有効な結果が得られるかをみることにあります。

②これには 2 つの理由が考えられます。1 つは脊髓神経節から再生する線維は知覚神経線維ですので, 確かに筋肉とは end plate は形成しませんし, 筋電図学的にも M 波は出ませんが, 筋紡錘, 腱紡錘, 圧受容器に分布している afferent fiber へ再生した知覚線維が筋肉の変性防止に働いたものと思います。またもう 1 つの理由として Danis (1981 Canada) らも報告しておりますが, 神経線維の中に何らかの myotrophic factor が存在し, これが筋肉に有利に働いたものと思います。ただし, Danis の実験は sciatic nerve から extract したものを用いていますから, 運動神経と知覚神経のどちらにどの程度分布しているかはわかりません。

③本論文では筋の変性として述べさせて頂きました。

④今回移植片内の観察は一部にしか行っておりませんが, あまり差はないように思われました。

## シュワン細胞株由来培養上清による ラット褐色細胞腫株 PC 12 の分化

京都府立医科大学整形外科学教室

人 見 智・平 澤 泰 介

明治鍼灸大学整形外科

勝 見 泰 和

明治鍼灸大学免疫微生物

雨 貝 孝・酒 井 ゆうこ

Differentiation of PC 12 Pheochromocytoma cells induced  
by conditioned medium of Schwann cell line

Satoshi Hitomi, et al.

Department of Orthopaedic Surgery, Kyoto Prefectural University of Medicine

### Purpose

Schwann cells play important roles in nerve regeneration. We previously established Schwann cell lines by oncogene transfer. One of the cell lines, RSN-mos, produced a differentiation factor for PC12 cells. The present study characterized the neurotrophic molecule in the conditioned medium (CM) of RSN-mos.

### Method

The CM was prepared from semi-confluent culture of RSN-mos with serum free  $\alpha$ -MEM medium. To detect promoting neurite outgrowth activities of RSN-mos CM, PC 12 pheochromocytoma cells were used. The activity of CM to promote neurite outgrowth in PC12 cells was determined in the presence of anti-NGF, anti-laminin antibody and thrombin. PC12 cells treated with RSN-mos CM or NGF were immunocytochemically stained with antibodies against neuropeptides according to the ABC procedure.

### Results

Neurite outgrowth in PC12 cells was detected as early as 24 hours after the treatment with RSN-mos CM. The effects of NGF was observed only 48 hours later. The activity of RSN-mos CM was not inhibited by the treatment with anti-NGF antibody, anti-laminin antibody or thrombin. Substance P and NPY were induced in PC12 cells by the treatment with CM from RSN-mos but not by that with NGF.

### Conclusion

RSN-mos CM induced neuronal differentiation of PC12 pheochromocytoma cells. The activity

---

**Key words :** Schwann cell, Nerve growth factor, PC12 Pheochromocytoma cell, Neurite outgrowth, Neuropeptide

**Address for Reprints :** Satoshi Hitomi M. D., Department of Orthopaedic Surgery, Kyoto Prefectural University of Medicine, Kawaramachi-Hirokoji Kamigyo-ku Kyoto, Japan 602

of CM appears to be due to a neurotrophic factor other than NGF, laminin or Nixin-I

## 目 的

シュワン細胞は末梢神経の再生修復過程において重要な役割を持つとされている<sup>1,2)</sup>。われわれはシュワン細胞の機能に注目して癌遺伝子導入によるシュワン細胞の株化を行ってきた<sup>2)</sup>。今回、シュワン細胞の持つ神経再生能力が、シュワン細胞由来の神経栄養因子に依存する可能性を検討した。

われわれの樹立したシュワン細胞株の1つ (RSN-mos) 由来培養上清が神経細胞分化モデルであるラット褐色細胞腫 PC 12 に対する分化誘導能を持ち、その活性が既知の因子 (NGF, ラミン, ネキシン I) と異なる性質を認めたので報告する。

## 方 法

シュワン細胞株として昨年に報告したウィスター系ラット (R) の坐骨神経 (SN) より得たシュワン細胞に v-mos 遺伝子を導入して得た細胞株 RSN-mos を使用した。

Semi-confluent の状態の RSN-mos を RBS (-) で洗浄後、血清を含まない α-MEM 培養液に置換し 72 時間培養した。この無血清無蛋白培養上清を 7000 r. p. m. で 30 分間遠心後、0.45 μm のフィルターで濾過し、conditioned medium (RSN-mos CM) とした。

ラット褐色細胞腫 PC 12 を 48 穴培養プレートに  $5 \times 10^4$  cells/well の濃度でまき、24 時間後に RNA-mos CM を 2% 牛胎児血清を含む α-MEM 培養液で希釈して添加した。48 時間培養後、位相差顕微鏡による形態学的変化を検討した。さらに NGF, ラミン、プロテアーゼネキシンとの比較するために RSN-mos CM に抗 NGF 抗体、抗ラミン抗体を添加した時の分化誘導活性、Poly L lysine に 4°C 16 時間吸着させた後の分化誘導活性、ネキシン I の特異的阻害剤であるトロンビン添加による活性を検討した。

PC 12 を  $75 \text{ cm}^2$  フラスコに  $1 \times 10^6$  cells/flask の濃度でまき 48 時間後に RSN-mos CM, NGF、ラット線維芽細胞株 Rat-2 培養上清 Rat-2 CM を含む培養液に交換し 7 日間培養を行った。細胞はトリプシン処理後サイトスピニンを行った。サブスタンス P (Sub P), オキシトシン、チロシン水酸化酵素 (TH), ニューロペプタイド Y (NPY), バゾプレッシン、カルシトニン遺

伝子関連ペプチド (CGRP), メチオニンエンケファリン (Met-Enk), ロイシンエンケファリン (Leu-Enk), 血管作動性腸管ポリペプチド (VIP), ボンベシン、ガラニンに対する抗体を使用し ABC 法に従い免疫組織化学を行い比較検討した。

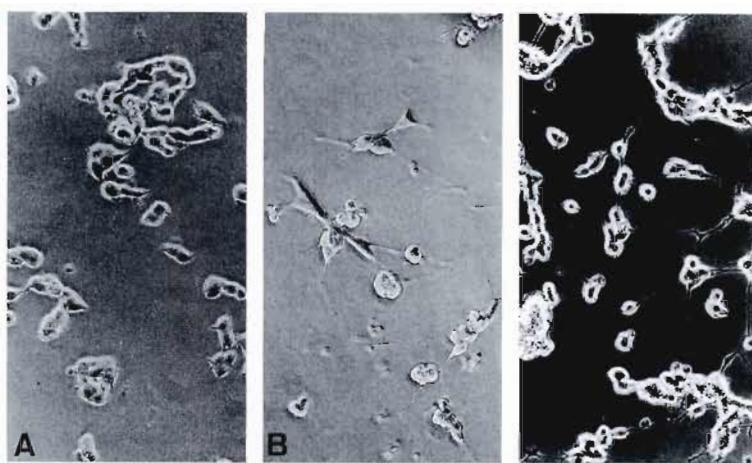
## 結 果

1. RSN-mos CM 添加群では 24 時間後に突起伸展が観察された。しかし NGF では 48 時間以後にしか突起伸展が認められなかった (Fig.1 A, B, C).
2. RSN-mos CM を抗 NGF 抗体、抗ラミン抗体で前処理後添加してもその突起伸展作用は阻害されなかった。
3. RSN-mos CM を poly L lysine をコートした dish で吸着後 PC 12 細胞に添加しても突起伸展がみられた。
4. RSN-mos CM をトロンビン処理しても活性阻害は認められなかった。
5. 免疫組織化学ではコントロールと比較して NGF ではバゾプレッシン、Leu-Enk、VIP、ガラニンが陽性になったのに比べ、RSN-mos CM では上記に加えて Sub P, NPY が陽性となった。その神経ペプチド誘導パターンの違いが見られた (Table 1)。

## 考 察

Aguayo らはラット視神経を切断し坐骨神経移植することにより神経再生が認められたと報告しており、成熟ラットの延髄と脊髄の間を自家坐骨神経移植で架橋した場合、長い軸索再生が認められたと報告している<sup>1)</sup>。また Kromer らは成熟ラットの中隔野海馬系を外科的に損傷し、その部位に培養シュワン細胞を移植したところコラーゲンを移植した場合と比較して神経線維の再生を認めたと報告している<sup>3)</sup>。このように in vivo の実験系ではシュワン細胞が神経再生に深く関与していることが示されている。

われわれの樹立したシュワン細胞株の1つ (RSN-mos) の培養上清を神経細胞の分化モデルとしてよく使用されるラット褐色細胞腫 PC 12 に添加すると、神経突起伸展活性を認めた。これまでシュワン細胞の神経突起伸展因子として細胞表面に存在する L1/Ng-CAM, N-cadherin, integrin などの細胞接着因子、



**Fig. 1** Phase-contrast microscopy of PC 12 Pheochromocytoma cells  
PC 12 have round shape and little neurite under normal condition (A). In contrast, 50ng/ml NGF (B) and RSN-mos C.M. induce morphological change of PC 12, neuriteoutgrowth, square form and enlargement of cell. The effects of RSN-mos C.M. occur after 24 hours earlier than effects of NGF.

**Table 1** Induction of neuropeptide in PC12 Pheochromocytoma cells

When PC12 cells were treated with NGF, vasopressin, Leu-enkephalin, Vasoactive intestinal peptide, andgalanin were increased in comparison with conditioned medium of Rat2, rat fibroblast cells and control. Furthermore RSN-mos C.M. induced substance P and Neuropeptide Y in addition to these peptides.

	RSN-mos	NGF	Rat 2	Control
Substance P	+	-	-	-
Oxytocin	-	-	-	-
TH	+	+	+	+
Neuropeptide Y	+	-	-	-
Vasopressin	+	+	-	-
CGRP	-	-	-	-
Met-Enkephalin	+	+	+	+
Leu-Enkephalin	+	+	-	-
Bombesin	-	-	-	-
VIP	+	+	-	-
Galanin	+	+	-	-

シュワン細胞で産生が認められているラミニンなどの細胞外マトリックス<sup>5)</sup>、NGFなどの神経栄養因子が考えられている。そこで、それらの既知の物質とこのRSN-mos CM中の神経伸展因子との異同を検討した。まず第1に抗体による阻害実験を行った。この活性は抗NGF抗体や抗ラミニン抗体により阻害されなかった。このことにより、ラミニン、NGFの可能性は

否定できる。

MonardらはラットC6グリオーマ培養上清中より神経芽細胞腫の突起を形成する因子を精製した<sup>4)</sup>。この因子はシュワン細胞からも分泌されていることも確認され、プロテアーゼネキシンIと同じ物質であることが判明した<sup>4)</sup>。この因子はトロンビンにより特異的に阻害される。そこでRSN-mos CMをトロンビンと

共に PC12 に添加したが、活性は阻害されなかった。このことによりネキシン I と異なると考えられる。

NGF はラット褐色細胞腫形態変化のみならず、神経ペプチドの誘導を起こし神経細胞様の性質を持たせることが知られている<sup>7)</sup>。そこで RSN-mos CM での神経ペプチドの誘導を検討した。RSN-mos CM では、NGF と異なり、Sub P, NPY をも誘導した。これらの結果 RSN-mos CM 中に NGF, ラミニン, ネキシン I と異なる物質の存在が考えられ現在精製を行っている。

### ま　と　め

シュワン細胞株由来培養上清中にラット褐色細胞腫 PC12 の分化誘導作用が認められた。また、その活性は、神経成長因子やラミニン、ネキシン I と異なる分化誘導因子であることが明らかになった。

### 文　　献

- 1) David S. & Aguayo A. J.: Axonal elongation into peripheral nervous system "Bridges" after central nervous system injury in adult rats. *Science*, 214: 931-933, 1981.
- 2) 勝見泰和 他: 脳瘻遺伝子導入による樹立株化シュワン細胞について. *日手会誌*, 7: 849-855, 1991.
- 3) Kromer L. F. & Cornbrooks C. J.: Transplants of Schwann cell cultures promote axonal regeneration in the adult mammalian brain. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 82: 6330, 1981.
- 4) Meier R. et al: Induction of gliaderived nexin after lesion of a peripheral nerve. *Nature*, 342: 548-550, 1989.
- 5) Monard D.: Role of protease inhibition in cellular

migration and neurite outgrowth. *Biochem. Pharm.*, 36: 1389-1392, 1987.

- 6) Schinstine, M., and C. J. Cornbrooks: Age-dependent patterns and rates of neurite outgrowth from CNS neurons on Schwann cell-derived basal lamina and laminin substrata. *Dev. Brain Res.*, 43: 23-37, 1988.
- 7) Trisler A. S. et al.: Cooperative regulation of neurotensin content in PC12 pheochromocytoma cell culture: Effects of nerve growth factor, dexamethasone, and activators of adenylyl cyclase. *J. Neurosci.*, 6: 1719-1725, 1986.

質　問　川崎医科大学形成外科 光嶋　勲

① mos 遺伝子導入の理由。RSN 細胞のみでは不十分なのか。また "mos" k 発現の確認法について。

② poly-L-lysine 吸着とトロンビンによる活性阻害法の意味。各々が目的とする蛋白を教えて下さい。

回　答　京都府立医科大学整形外科 人見　智

mos 遺伝子導入の理由は特にない。また因子の精製が実験の目的のため、初代培養細胞を使用するのは困難である。

トロンビンはネキシン I に対する阻害剤であり、poly-L lysine はラミニンを吸着する性質を持つ今回の実験ではこの性質を応用した。

通常は 10% の牛胎児血清を含む培養液で培養している。無血清培養では 72 時間を越えると細胞がプラスコよりはがれてくるため連続した無血清培養は行っていない。

## Somatomedin C の末梢神経再生におよぼす影響

広島大学医学部整形外科学教室

山 中 威 彦・越 智 光 夫  
竹 本 正 瑞・生 田 義 和

Effect of Somatomedin C on peripheral nerve regeneration

Takehiko Yamanaka, et al.

Department of Orthopaedic Surgery, Hiroshima University School of Medicine

Recent studies suggest that Somatomedin-C (Sm-C) possess neurotrophic activities. Hansson et al. reported that Sm-C accumulated in the rat sciatic nerve after transection and suggested that Sm-C could be involved in peripheral nerve regeneration. So we studied whether Sm-C promote nerve regeneration of peripheral nerve or not.

### material and method

Wister rats weighing approximately 200 g were used. Nerve segments 4 cm long were excised from both sciatic nerves of donor rats. And the segments were treated 5 times by repetitive freezing and thawing to kill the Schwann cells. There were divided into three groups by treatment, nerve segments were putted into saline solution with Sm-C (100 $\mu$ g/ml) in Group A, Sm-C (10 $\mu$ g/ml) in Group B and saline solution without Sm-C in Group-C. Right sciatic nerves of recipient rats were cut at the knee joint level and left sciatic nerve were cut as proximally as possible. The nerve segments of three types were grafted between the proximal and the distal stumps (Fig. 1). 6 weeks after operation, the animals were killed and the grafted nerves were removed. The removed nerves were embedded into epon, and the cross section of the middle portion were cut and stained with toluidine blue and examined by light microscopy and the total number of myelinated axons were counted and compared.

### result and conclusion

Total numbers of myelinated axons were ranging from 0 to 172 (average 58.2) in Group A, ranging from 17 to 623 (average 359.3), and ranging from 0 to 189 (average 56.3)(Table 1). The number of axons in Group B were significantly large than that of Group A ( $P < 0.05$ ) and Group C ( $P < 0.05$ ). Thus we concluded that Sm-C appropriate concentration can promote peripheral nerve regeneration.

Somatomedin-C (以下 Sm-C) は、NGF と同様に神経栄養因子 (neurotrophic factor: NTF) として末梢神経の再生に重要な影響を与えていたことが近年明らかになりつつある。そこで今回われわれは、凍結と融解を繰り返し基底膜のみとしたラット坐骨神経を使

用し、Sm-C の末梢神経再生への影響を検討したので報告する。

### 材 料 と 方 法

動物は Wister 系 rat 27 匹を使用した。まず, donor

**Key words:** Somatomedin-C, nerve regeneration, neurotrophic factor

**Address for reprints:** Takehiko Yamanaka, M. D., Department of Orthopaedic Surgery, Hiroshima University School of Medicine, Kasumi 1-2-3, Minami-ku, Hiroshima 734, Japan.

rat の両側の坐骨神経より、4 cm の移植神経を採取し基底膜のみの移植神経とするため、凍結、融解を行った。具体的には、 $-40^{\circ}\text{C}$  で 3 分間凍結、その後 5 分間の融解を 5 回繰り返し行った。実験群は、A, B, C の 3 群とし、各群 6 匹ずつ計 18 匹とした。A 群は 100  $\mu\text{g}/\text{ml}$ , B 群は 10  $\mu\text{g}/\text{ml}$  の Sm-C 加生理食塩水を、C 群は融解時に生理食塩水のみを使用し control とした。

移植は、4 cm の長さの移植片を片側に移植することは困難であるため、左坐骨神経は膝関節で、右坐骨神経は可及的に中枢で切断し左から右への交差移植とした。なお、神経縫合は顕微鏡使用下に 10-0 ナイロン糸を用いた (Fig. 1)。

各群とも 6 週後に屠殺し、組織学的に検討した。組織学的検討は、移植神経をエポン包埋の後、中央部すなわち中枢端より 2 cm の部位の薄切標本を作成し、トルイジンブルー染色を行い、再生有髓神経数を計測し各グループ間で統計学的に検討した。

## 結果

A 群における、移植神経の中枢端より 2 cm の部位における再生有髓神経数の計測では、0-172 (平均 58.2  $\pm$  65.9) であった。また、有髓神経の認められなかったものが 2/6 あり全体的に再生状態は不良であった。B 群では、有髓神経再生の良好な神経が比較的多く、再生の認められないものはなかった。再生有髓神経数は 17-623 (平均 359.3  $\pm$  256.6) であった。Sm-C を使用しなかった C 群においては、2/6 で A 群と同様に再生の認められない神経があり、再生有髓神経数は

0-189 (平均 56.3  $\pm$  72.2) であった (Table 1)。

A 群、B 群間および B 群、C 群間で、t 検定により比較検討した結果、B 群において危険率  $P < 0.05$  で有意に有髓神経再生の促進が認められた。なお、A 群、C 群間の再生には有意差は認められなかった。

移植神経の中枢端より 2 cm における再生有髓神経断面の状態を観察すると、B 群においては移植神経の横断面全体に再生が認められる神経が多く観察されたが (Fig. 3), A 群、C 群においては、神経横断面の一部分にのみしか認められないものが多く (Fig. 2, 4), 移植神経横断面全体に有髓神経が認められた神経は、C 群に 1 神経認められたのみであった (Table 1)。

## 考 察

NGF が損傷された末梢神経内に増加し、軸索の伸長を促進し生存性を高める物質である NTF であることは周知の事実である<sup>7)</sup>。最近の研究により Sm-C が、NTF の一つであることが明らかになっており<sup>3)6)</sup>、1986 年、Hansson<sup>2)</sup> らは、ラットの坐骨神経切断後に Sm-C が増加し、切断後 2 週でピークとなることを免疫組織化学的な方法で証明し、このことより Sm-C が末梢神経の再生に関与していることを示唆した。また、1988 年、Nachemson<sup>4)</sup> らは pseudomesothelial chamber を用いて、Sm-C が神経再生に促進的に働いていることを示した。これらの研究より Sm-C を使用することにより末梢神経の再生を促進することが可能ではないかと考え、今回の実験をおこなった。新鮮神経移植を行わなかった理由は、冷凍、融解を繰

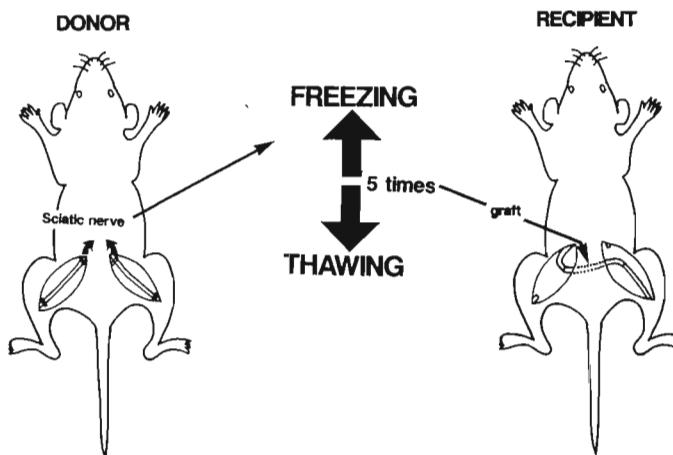


Fig. 1 operation method

Table 1

number of myelinated axons	Group A Sm-C 100 µg/ml	Group B Sm-C 10 µg/ml	Group C Control
6 2		6 2 3 	1 4 
0		5 7 2 	1 8 9 
8 9		9 6 	0 
0		3 2 5 	6 2 
1 7 2		1 7 	0 
2 6		5 2 3 	7 3 
average /Illustration of cross section	5 8 . 2	3 5 9 . 3	5 6 . 3

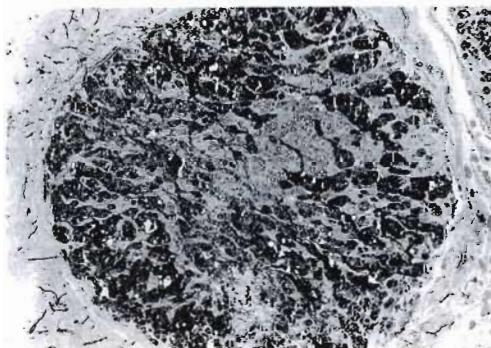


Fig. 2 Group A : toluidine blue staining

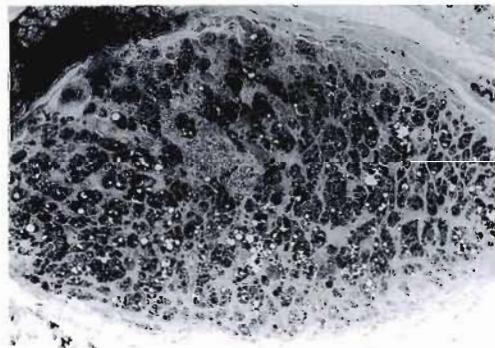


Fig. 4 Group C : toluidine blue staining

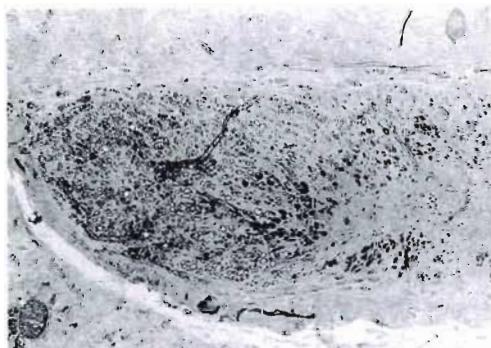


Fig. 3 Group B : toluidine blue staining

り返して基底膜のみとした神経移植を行うことにより、より Sm-C の影響が顕著に出現するのではないか、また将来的に人工神経として同種冷凍保存神経を念頭に置いているためである。

基底膜のみの神経移植は、1988 年、Gulati<sup>1)</sup> が 40 mm の移植で 20 mm まで軸索が再生することを確認しており、今回の実験においても C 群の 66.7% に再生が認められた。A 群における再生は C 群と比較して、20 mm までの再生率および再生有髄神経数に有意の差は認めなかったが、B 群においては移植神経のすべてに再生が認められ、有髄神経の再生も有意の差を

もって促進されることが確認された。

A 群 (Sm-C 濃度 100  $\mu\text{g}/\text{ml}$ ) で有髓神経の再生が促進されず、B 群 (Sm-C 濃度 100  $\mu\text{g}/\text{ml}$ ) で促進された原因は不明であるが、われわれの結果および Nachemson<sup>5)</sup> らによる Y-shaped chamber を使用した実験で、Sm-C 濃度 250  $\mu\text{g}/\text{ml}$  では軸索再生が促進されたが、Sm-C 濃度 1000  $\mu\text{g}/\text{ml}$  では促進されなかった結果より、軸索再生における Sm-C の示適濃度が存在する可能性が示唆される。

### ま　と　め

1. 冷凍、融解を繰り返し、基底膜のみの神経移植を行なうと、Sm-C の末梢神経への影響を検討した。
2. Sm-C 10  $\mu\text{g}/\text{ml}$  加生理食塩水を融解時に使用することにより (B 群)、有髓神経の再生が有意に促進された。
3. Sm-C 100  $\mu\text{g}/\text{ml}$  加生理食塩水を融解時に使用した場合には (A 群)、有髓神経の再生は促進されなかったことより、Sm-C の示適濃度の存在が示唆された。

### 文　献

- 1) Gulati, A. K., et al.: Evaluation of acellular and cellular nerve grafts in repair of rat peripheral nerve. *J. Neurosurg.*, 68: 117-123, 1988.
- 2) Hansson, H. A., et al.: Evidence indicating trophic importance of IGF-I in regenerating peripheral nerves. *Acta Phys. Scand.*, 126: 609-614, 1986.
- 3) Kanje M., et al.: Insulin-like growth factor I (IGF-I) stimulates regeneration of the rat sciatic nerve. *Brain Research*, 486: 396-398, 1989.
- 4) Nachemson, H. A., et al.: Neurotropism in nerve regeneration: an immunohistochemical study. *Acta Phys. Scand.*, 133: 139-148, 1988.
- 5) Nachemson, H. A. et al.: Insulin-like growth factor I promotes nerve regeneration: an experimental study on rat sciatic nerve. *Growth Factors*, 3: 309-314, 1990.
- 6) Sjöberg J. et al.: Insulin-like growth factor I (IGF-I) as a stimulator of regeneration in the freeze-injured rat sciatic nerve. *Brain Research*, 485: 102-108, 1989.
- 7) 若狭雅彦 他:凍結保存神経移植に関する実験的研究—基底膜神経移植の軸索再生限界について—. 日整会誌, 64: 1029, 1990.

## Silicone Tube 内の坐骨神経再生における Epineurium 溫存の影響 (第2報) —神経再生早期の成績—

旭川医科大学整形外科学教室

中野令子・平山隆三

熱田裕司・多田博

竹光義治

Effects of Vascularized Epineurium on Regeneration  
of Rat Sciatic Nerve through Silicon Tube (Part 2)  
—Result of Early Nerve Regeneration—

Reiko Nakano, et al.

Department of Orthopedic Surgery, Asahikawa Medical College

The present study was carried out to examine the effect of vascularized scaffold at nerve conduit in early stage of peripheral nerve regeneration. For this purpose we made an animal model of the vascularized nerve conduit using a sciatic nerve of rat. The sciatic nerve was transected at midthigh level, and a 10 mm segment of nerve was removed. We divided the animals into 3 groups to make different conditions for nerve repair.

Group A (Silicone tube implantation group ( $n=14$ )) : each nerve stumps were sutured with a silicone tube, 12 mm long, 2 mm inner diameter, to yield a final gap length of 10 mm.

Group B (Epineurium & silicone tube implantation group ( $n=20$ )) : only epineurium of sciatic nerve was kept in, continuity, after nerve fibers was transected and removed. Similar repairs as group A were performed, but tube was incised longitudinally to leave the epineurium inside.

Group C (Ligated epineurium & silicone tube implantation group ( $n=5$ )) Identical to group B but epineurium was ligated at four regions with 10-0 nylon to intercept circulation.

Two, three, four weeks after surgery, the nerve regeneration was evaluated by histological examination.

At two weeks, nerve regeneration could be examined in group B, but not in group A because of fragility of regenerated tissue.

At three weeks, nerve regeneration could be examined in all groups except one case of group A. Formation of myeline sheath was best in group B. At four weeks, difference of regeneration between group A and B was less. From these results we concluded that the epineurium in silicone tube might work mainly at the early stage of nerve regeneration and support to stabilize nerve regeneration.

---

**Key words:** nerve regeneration, silicone implant, sciatic nerve

**Address for reprints:** Reiko Nakano, M. D., Department of Orthopaedic Surgery, Asahikawa Medical College, Nishikagura 4-5, 3-11, Asahikawa 078, Japan.

## はじめに

神経欠損部に対する管腔移植は、従来、管腔内が中空な状態で検討されてきた<sup>5)</sup>。しかし中空以外の状態、例えば再生空間に血行と軸性をもつ組織が存在する場合の神経再生について解析した報告は少い。われわれは、神経切除時に温存した epineurium を、縦割した silicone tube 内に加えるモデルを用い神経再生を観察した。温存 epineurium は再生神経内に取り込まれ、移植後 12 週時点では、tube 単独移植の場合よりも再生有髓線維数と腓腹筋湿重量が大きい傾向を示した。しかし移植後 24 週では差が認められず、これらのことより温存 epineurium が vascularized scaffold として機能し、再生早期に促進的な効果を発現することを推察した<sup>3)</sup>。

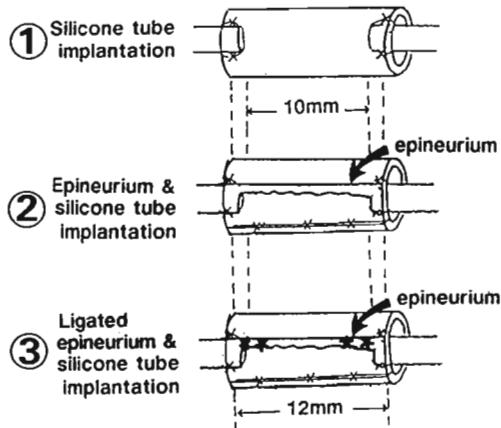
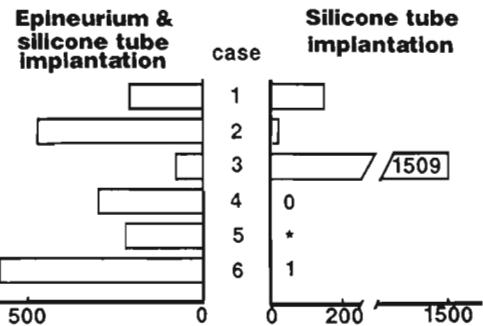
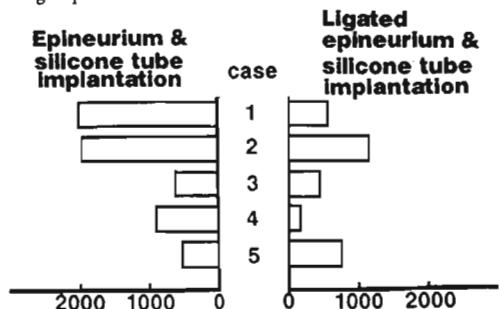


Fig. 1 Diagram of the experimental procedure.

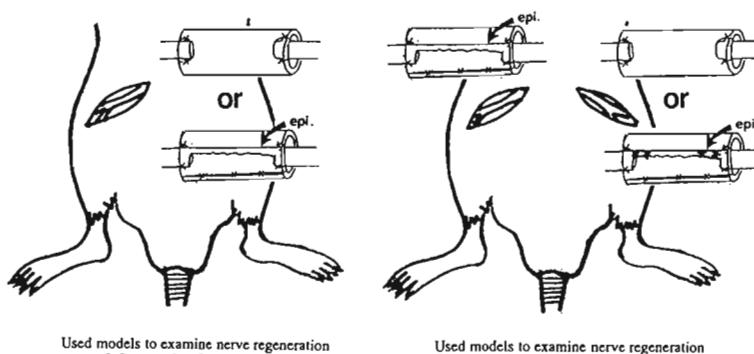


A : Comparison between epineurium & silicone tube implantation group and silicone tube implantation group



B : Comparison between epineurium & silicone tube implantation groups and ligated epineurium & silicone tube implantation group

Fig. 3 Numbers of regenerate myelinated fibers.  
Two groups were examined with bilateral sciatic nerves of same rat for comparison of nerve regeneration at three weeks after surgery.



Used models to examine nerve regeneration at two & four weeks after surgery.

Used models to examine nerve regeneration at three weeks after surgery.

Fig. 2 Diagram of the experimental procedure.

今回、同様の実験モデルを用いて術後4週までの早期神経再生の経過を観察したので報告する。

### 方 法

体重250～300gのSprague-Dawley系ラット(28頭)を使用し、坐骨神経を10mm切除後silicone tubeを移植した。管腔内の状態が異なる以下3群を作成し成績を比較検討した。

① silicone tube移植群(以下T移植群)：内径2mm、長さ12mmのsilicone tube内に両断端を1mm引き込んで10-0nylon糸を用い縫合し、tube内に10mmのgapを作成、tube内は中空とした。

② Epineurium温存群(以下E温存群)：神経切除時にepineuriumを可及的に温存、これを縦割したsilicone tube内に挿入、他はT移植群と同様の手法で10mmのgapを作成する。縦割したtubeは10-0nylon糸で縫合、さらに液体シリコンを塗布し可及的修復した。

③ Epineurium温存結紮群(以下E結紮群)E温存群と同様の手法で作成するが、10-0nylon糸を用い4カ所結紮し血行を途絶した(Fig.1)。移植後2週、3週、4週の時点で神経再生を観察するが、2、4週では左側の坐骨神経を用いたT移植群とE温存群の再生を単独に観察、3週では、同一ラットに、T移植群と

E温存群、あるいは、E温存群とE結紮群を同時に作成した結果を比較した(Fig.2)。移植後2週では各2頭、3週ではT移植群とE温存群の組合せを6頭、E温存群とE結紮群の組合せを5頭、4週ではT移植群6頭、E温存群7頭について実験した。移植後2、3、4週で動物を屠殺、再生神経を肉眼で観察後、エポン包埋トライジンブルー染色下、再生神経中央部の組織観察を光顕及び電顕的に行った。

### 結 果

1. 移植後2週:T移植群では、再生組織は認められるが構築されず、一塊として採取および固定が不能なため組織観察不能であった。E温存群では構築されていて組織観察可能であった。温存したepineuriumの周囲に無髓線維の再生を認めたが髓鞘形成は認めなかった(Fig.4,5)。

2. 移植後3週:T移植群の1例を除き全例で欠損部に神経再生を認めた。組織観察で、T移植群では1例を除き再生線維は無髓線維が主であったが、E温存群、E結紮群では線維の髓鞘形成が認められた(Fig.4,5,6)。平均再生有髓線維数は、T移植群とE温存群の比較では、前者で336、後者では312と近似したが、T移植群では構築されないものから多くの有髓線維を認めるものまで個体間のばらつきが有意に大きくE

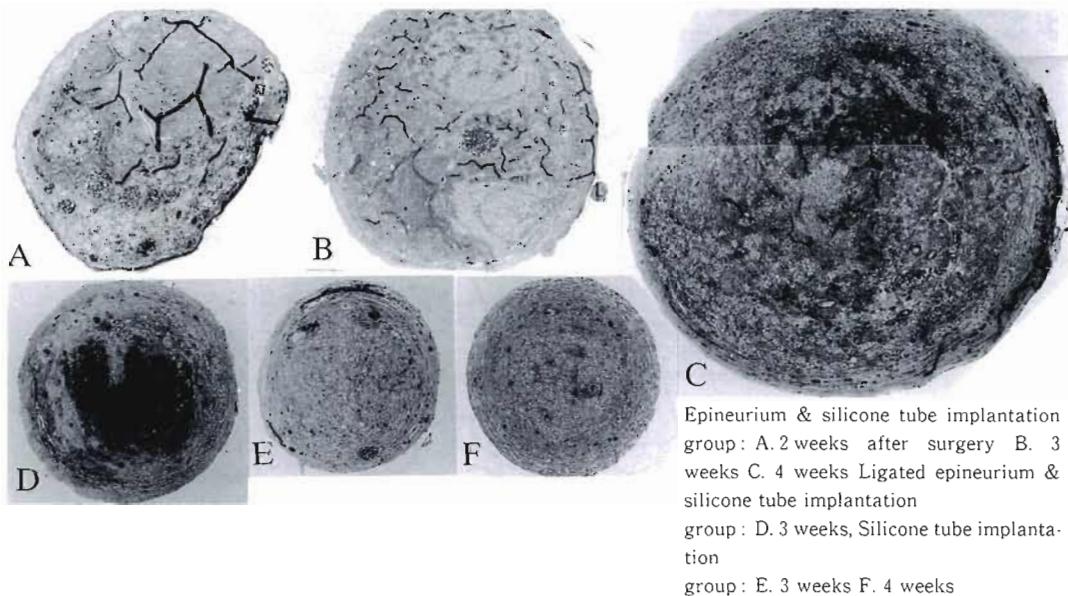


Fig. 4 The middle of the regenerate nerve. ( $\times 40$ )

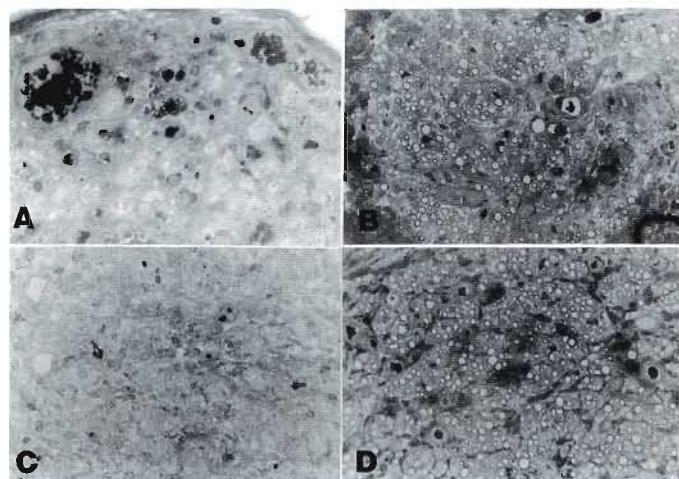


Fig. 5 The middle of the regenerate nerve. ( $\times 160$ )

Epineurium & silicone tube implantation group:  
A. 2 weeks after surgery B. 3 weeks  
Silicone tube implantation group:  
C. 3 weeks after surgery D. 4 weeks

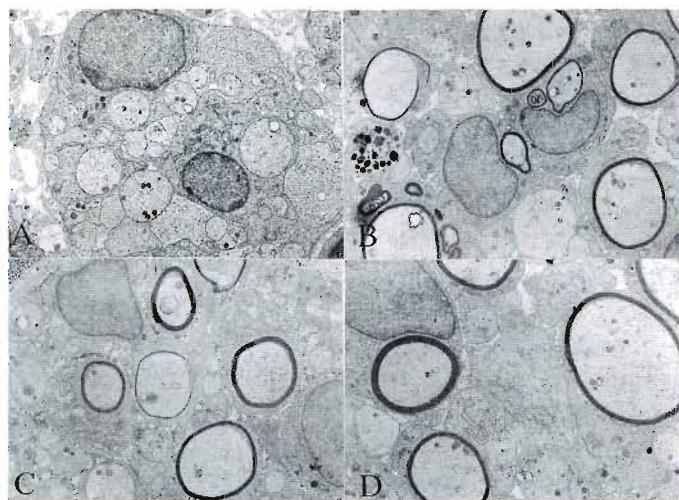


Fig. 6 The middle of the regenerate nerve. ( $\times 16,000$ )

Case 6 (Fig. 3 A) A : Silicone tube implantation group  
B : Epineurium & silicone tube implantation group  
Case 4 (Fig. 3 B) A : Ligated epineurium & silicone tube implantation group  
B : Epineurium & silicone tube implantation group

温存群とは異なる様式を示した ( $E > 0.05$ )。E 温存群と E 結紮群の比較では、前者が 1229、後者が 632 で、前者の方が多い傾向があった (Fig. 3)。再生神経の平均断面積は E 温存群で  $0.244 \text{ mm}^2$ 、E 結紮群で  $0.158 \text{ mm}^2$  と有意に前者が大きかった ( $P < 0.05$ )。

3. 移植後 4 週 : T 移植群、E 温存群とともに神経欠損部に神経の再生を認め、組織観察でも良好な髓鞘形成を認めた。平均再生有髓線維数は、T 移植群では 2549、E 温存群では 2398 であった。再生神経の平均断面積は T 移植群で  $0.142 \text{ mm}^2$ 、E 温存群で  $0.297 \text{ mm}^2$  で有意に後者が大きかった ( $P < 0.01$ )。

### 考 察

管腔内に血行と軸性を持つ組織を加えた場合として Epineurium を温存したモデルを用いて、早期神経再生への影響を実験した。管腔内が中空の場合の早期神経再生について、Le Beau ら<sup>12)</sup>は、Sprague-Dawley 系ラット（体重 180～200 g）で、移植管腔として silicone tube を用いた 10 mm の欠損長の場合、10 mm の架橋終了は実験後 21～28 日頃で、同時に再生神経の中央まで髓鞘形成が進行すると報告している。今回の T 移植群の結果もこれとほぼ同様で、移植後 2 週では構築されず、3 週では神経欠損部の架橋を認めたのは 6 例中 5 例、髓鞘形成は 6 例中 4 例に認めた。E 温存群では移植後 2 週で再生神経として構築され、3 週では全例に有髓線維を認めた。これらの結果より E 温存群では移植後 2 週で再生神経の構築に十分な支持組織形成があることが推察される。また再生早期の有髓線維の数は再生の進行に比例すると考えられるが<sup>4)</sup>、移植後 3 週における同一個体の両側肢比較より、E 温存群の神経再生は 6 例中 5 例で、T 移植群よりも進行していると考えた。さらに E 温存群と E 結紮群で血行の有無による影響を比較したが、移植後 3 週時点の結果は、E 温存群に平均再生有髓線維数が多い傾向があり、再生への影響は血行があったほうがより大きいと推察している。

今回の実験と同様のモデルを用いて行った移植後 4 週以後の再生成績から、再生早期の促進的成果を推察していたが、今回の結果はこれと矛盾しなかった。再生促進の機序については不明であるが、神経線維に対する直接的な効果よりも、vascularized scaffold として再生神経線維に対する支持性の提供と支持組織再生の促進による二次的な効果を推定している。

### ま と め

1. Epineurium 温存モデルを用いて早期神経再生の経過を観察した。
2. 管腔内が中空の場合よりも早期に再生神経の構築と髓鞘形成が認められ、再生に対して促進的な効果が考えられた。

### 文 献

- 1) Le Beau, J. M. et al.: Node of Ranvier formation along fibers regenerating through silicone tube implants: a freeze-fracture and thin-section electron microscopic study. *J. Neurocytology* 16: 347-358, 1987.
- 2) Le Beau, J. M. et al.: Extracellular fluid conditioned during peripheral nerve regeneration stimulates Schwann cell adhesion, migration and proliferation. *Brain Research*, 459: 93-104, 1988.
- 3) 中野令子 他 : Silicone tube 内の坐骨神経再生における Epineurium 温存の影響。日手会誌, 7(1): 33-37, 1990.
- 4) Peters, et al.: *The Fine Structure of the Nervous System: The Neurons and Supporting Cells*. 1st ed., W. B. Saunders Company, Philadelphia, London and Toronto, 186-200, 1976.
- 5) Suematsu N.: Tubulation for peripheral nerve gap: Its history and possibility. *Microsurgery* 10: 71-74, 1989.

質問 慶應義塾大学整形外科 仲尾 保志

- ① Scaffold が有効なら、もう少し横断面における再生 axon の分布に傾りがあるてもよいのではないか。  
② E 温存群と E 温存結紮群であり電顕的差がみられないように思うが。

回答 旭川医科大学整形外科 中野 令子

- ①温存した epineurium を取り囲むような再生形態が、経過を追うに従って著明になりますか、今回発表した 2W, 3W, 4W の経過では、局在性が認められると考えています。

②御指摘のとおりで、血行の影響は移植後 3W、管腔内再生中央部における評価では、著明に認められませんでした。しかし、再生有髓軸索数は、E 温存群の方が、多い傾向があると考えています。

質問 川崎医科大学整形外科 光嶋 默

- ① E 温存群と T 移植群の横断標本をみると E 群で

再生軸索出現部に局在性がみられるが、これは Epineurium を残した部に接して軸索が伸びたことなのか。

②術後 3 週の T 移植群で再生軸索出現にばらつきが多いのは何故でしょうか。

再生になりますか。初期の段階では御指摘のとおり局在性が認められます。この局在について、Scaffold とした epineurium の部位による組織の差や、再生軸索の伸長方向の傾向などが原因として可能性があると考えていますが、検討はまだしていません。

②手技的には、原因は求められませんでしたので、個体差によるものと考えております。

回 答 旭川医科大学整形外科 中野 令子  
①経過を追うにつれて, epineurium を取り囲む形の

~~~~~

## ラット坐骨神経の再生能力と組織学的評価について —光顕・電顕写真による計測—

東京医科歯科大学整形外科学教室  
伊藤聰一郎・石突正文  
古屋光太郎  
土浦協同病院整形外科  
武田修一  
国立横須賀病院整形外科  
塩出光洋

### Histological Assessment of Nerve Regeneration in the Rat and Its Spontaneous Regeneration Capacity

Soichiro Ito, et al.

Department of Orthopaedic Surgery, Faculty of Medicine,  
Tokyo Medical and Dental University

A study was conducted to evaluate the capacity for spontaneous regeneration of the rat sciatic nerve, the propriety of the morphometric analysis by light microscopy and the possibility of using a Gore-Tex tube for tubulization. Twenty Wistar rats weighing 250-300 g were used. The sciatic nerve was exposed through a posterior incision. After resection of a 20-mm segment, a 25-mm gap was created on the right side and a 20-mm gap on the left side was bridged with a 25-mm Gore-Tex tube graft. Twenty weeks later, the gluteal region was re-exposed, and the central parts of each 5-mm segment of the regenerating nerve on the right side or the grafted tube on the left side were removed and embedded in Epon. The mean axon diameter, myelin sheath width and density of the regenerating myelinated axons were measured by light microscopy (LM) at  $\times 800$  magnification, or by electron microscopic mapping (EM) at  $\times 3000$  magnification.

The mean axon diameter calculated by EM was 1.3 times larger than that determined by LM, but there was a tendency for the mean density of the regenerating axons calculated by LM to be higher than that determined by EM. This may have been due to erroneous identification of fibroblast or Schwann cell nuclei as myelinated axons by LM. The width of the myelin sheath and the density of regenerating axons did not change so much in the 0-10 mm region on the gap-formation side, with a maximum regenerating capacity of about 10 mm. Although the length that regenerating axons reached was longer and the axon diameter calculated by EM was larger on the tube-graft side than on the gap-formation side, the maximum limit for axon regeneration on the tube-graft side was about 15 mm when a long tube was implanted. From this result, it is concluded that when the rat sciatic nerve is selected as a graft model, the length of the graft conduit should be at least 15-20 mm.

---

**Key words:** nerve regeneration, myelinated axon diameter, myelinated axon density, myelin sheath width, Gore-Tex tube.

**Address for reprints:** Soichiro Ito, M.D., Department of Orthopaedic Surgery, Faculty of Medicine, Tokyo Medical and Dental University, 1-5-45 Yushima, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan.

末梢神経再生の組織学的評価には光顕による有髓軸索数・直径の計測が行われている。しかしこの方法では像の拡大倍率・解像力に限界があり、不正確な結果が得られる可能性が大きい。また、末梢神経の移植実験に rat の坐骨神経を用いる機会は多いが、この場合神経の再生力が旺盛なため移植片の長さが問題となる。そこで、光顕による計測の精度および rat 坐骨神経の再生能力を評価するとともに、Gore-Tex tube による管腔移植の可能性を検討するため以下の実験を行った。

## 方 法

20 匹の Wistar rat を用い、両側坐骨神経を大腿部で 20 mm 切除した。右側は両断端を 10-0 ナイロン糸で周囲に固定し 25 mm のギャップを作製した（ギャップ形成側）。左側には長さ 25 mm の Gore-Tex tube を移植した（tube 移植側）。移植後 20 週で屠殺し、右坐骨神経は再生神経の肉眼的伸長距離を計測後、先端部に軟部組織を含めて採取した。左坐骨神経も移植 tube の状態を観察後採取した。採取標本は 5 mm 間隔でおのおのの中央 2 mm を試料として、ギャップ形成側の再生神経は近位より R1-5、移植 tube は L1-5 と番号づけし、グルタール・オスミウム酸固定後エポン包埋した。トルイジンブルー染色した薄切標本の光顕写真を 100 倍で撮影後 800 倍に拡大して紙焼きし、tube 移植側の軸索短径および単位面積当たりの軸索数（神経密度）を計測した。光顕標本と同大の超薄切片を 150 メッシュのグリッドメッシュに取り、切片のある小格子ごとに 1000 倍で電顕写真を撮影した。mapping した全写真を 3000 倍に拡大して紙焼きし、tube 移植側とギャップ形成側の再生有髓軸索の短径と髓鞘径および神経密度を計測した。

## 結 果

20 週飼育できた rat 11 匹のうち、8 匹につき統計処理が可能だった。採取時ギャップ形成側の再生神経はべったりと扇状に末梢側へ広がり、肉眼的には再生距離が最も長いものでも 15 mm まで伸びた rat が 1 匹あるにすぎなかった。光顕・電顕写真では 2 匹が R1 まで、6 匹が R2 まで再生軸索を認めた。一方、tube 移植側は周囲との癒着が少なく、移植 tube 周囲の血管再生も良好だった。光顕写真では 2 匹が L1 まで、4 匹が L2 まで、さらに 2 匹が L3 まで、また電顕写真では 4 匹が L2 まで、他の 4 匹が L3 まで再生軸索が認めら

れた。

### tube 移植側の光顕および電顕計測値の比較

軸索短径の平均値は L1, 2, 3 とも電顕が光顕の 1.3 倍であり、t 検定を行うと L1 は有意水準 1%，L2 は有意水準 5% で電顕計測値が光顕計測値より大きいと言える（Fig. 1A）。逆に、神経密度の平均値は電顕が光顕より高い傾向にあったが、t 検定では有意差を認めなかった（Fig. 1B）。

### tube 移植側とギャップ形成側の電顕計測による比較

軸索短径の平均値は L1, 2 がおのおの R1, 2 の 1.2 倍であり、t 検定を行うと有意水準 5% で L1 が R1 より大きいと言えるが、L2 と R2 の有意差は認めなかつた（Fig. 2A）。また、髓鞘径の平均値は R1, 2 がほぼ等しく、ギャップ形成側の髓鞘径も L3 まで太さが比較的保たれていた（Fig. 2B）。神経密度は L1 と R1 がほぼ等しく、また R1, 2 にも差はなかった。しかし、

Myelinated Axon Diameter  
of the Tube-Graft Side

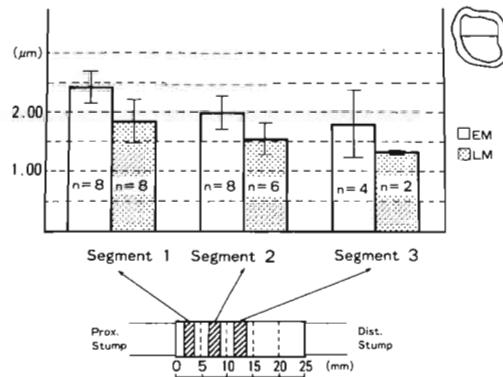


Fig. 1A

Myelinated Axon Density  
of the Tube-Graft Side

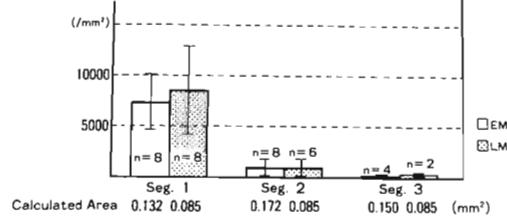


Fig. 1B

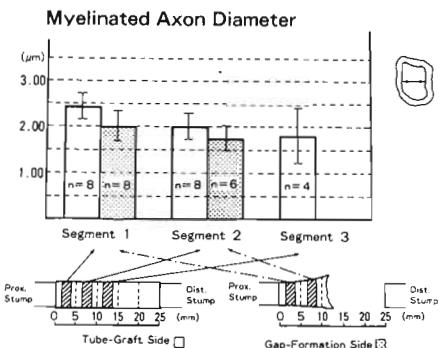


Fig. 2A

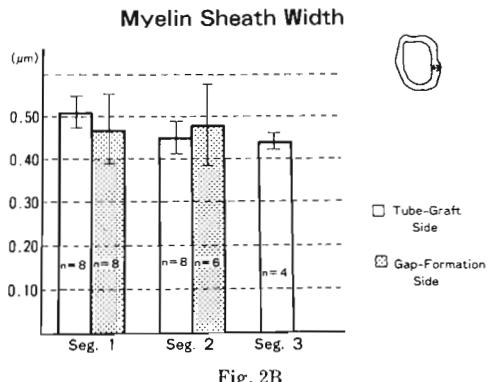


Fig. 2B

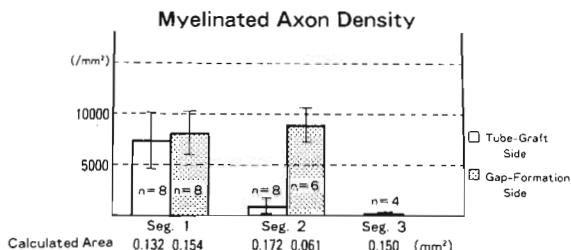


Fig. 2C

tube 移植側は L2, 3 になると急激に神経密度が減少した (Fig. 2C).

## 考 察

光頭と電頭の計測値を比較すると、軸索短径は光頭が電頭より小さい。これは光頭の解像力が電頭に劣り、線維芽細胞や Schwann 細胞の核が有髓軸索と誤って計測されたためと考えられる (Fig. 3A)。したがって、

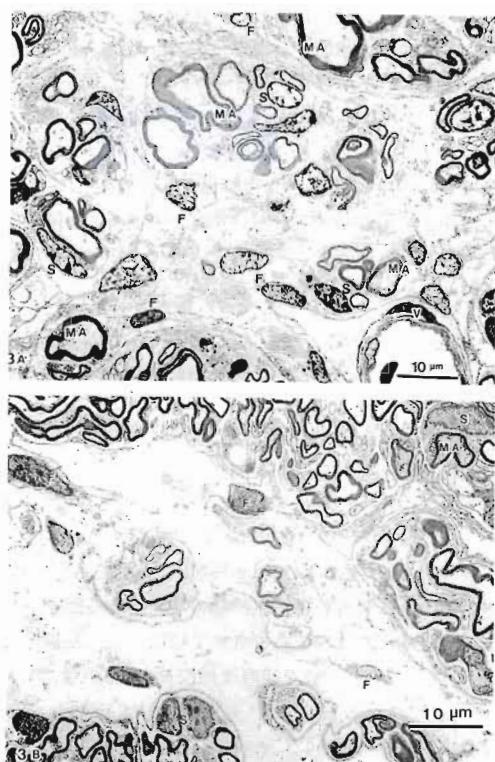


Fig. 3 Histology under electron microscope  
x 3000. (A) Tube-graft side. The fibroblast or Schwann cell nuclei resemble myelinated axons. (B) Gap-formation side. Both transverse and vertical sections of the myelinated axon are seen.  
MA: myelinated axon, S: Schwann cell, F: fibroblast, V: vessel.

光頭計測値を評価する場合は必ず対照と比較して論じる必要がある。

ギャップ形成側の軸索短径は R2 でやや細くなるものの、髓鞘径と神經密度は R1, 2 でほとんど変化しない。また、一枚の電頭写真で有髓軸索の横断像に混じって多数の縦断像が観察される (Fig. 3B)。これは、近位断端に生じた mushrooming から再生軸索が扇状に広がって遠位方向に伸びるためと考えられ、再生軸索の形態はかなり成熟しているが、その自己伸長能力は 10 mm 程度が限界である。

長さ 10 mm の Gore-Tex tube を用いた移植実験では、良好な神経再生結果が報告されている<sup>1)</sup>。しかし、今回のような長い tube の移植は neurotrophic factor の影響が少いためか、15 mm 以上の神経再生は

認めなかった。それでも、tube 移植側の方がギャップ形成側より再生軸索の伸長距離は長く、軸索短径も大きいことから、短いギャップの架橋であればGore-Tex tube 移植は臨床的に試みて良い方法ではなかろうか。

rat 坐骨神経切断後の神経再生能力に関しては異論が多く、Mackinnon らは 5 ヵ月後の再生距離が平均 23.7 mm にも達したと報告している<sup>2)</sup>。しかし今回の実験からは、rat 坐骨神経の再生力が際立って旺盛であるという結果は得られず、移植片の長さを 15~20 mm 以上にすれば rat 坐骨神経は実用的な神経再生の実験モデルになると考えられる。

### 文 獻

- 1) Cuadros, C. L., et al.: Nerve regeneration through a systemic microporous tube. *Microsurgery*, 8: 41-46, 1987.
- 2) Mackinnon, S. E., et al.: Histologic Assessment of Nerve Regeneration in the Rat. *Plast. Reconstr. Surg.*, 75: 384-388, 1985.

**質問** 旭川医科大学整形外科 中野 令子  
 ① Gore-Tex tube モデルで、再生軸索の伸長距離に限界が認められたことについて、伸びれない原因についてはどのように考えていらっしゃるか教えていただければ幸です。

② Gore-Tex tube の管腔内壁の構造（拡散性）と、管腔内の構造（中空）が再生について影響を及ぼしている可能性はありますでしょうか。

**回答** 東京医科歯科大学整形外科 伊藤聰一郎  
 ① Gore-Tex tube は管腔内への瘢痕組織侵入を防ぎ、再成軸索の伸びる足場を提供する点で神経再成に

有利に働くが、tube 自体に再成軸索の伸長、壁への付着等を促進する作用はなく、長い tube での軸索伸長距離は再成軸索自身の伸張能力に規定されるからと考えられる。

② 組織液に神経再生促進作用があるとすれば壁外から内へ組織液が流入できる方が良く、逆に壁内から外へ neurotrophic factor が流出してしまうことは欠点となる。Gore-Tex tube にこのような極性が存在するかどうかは不明である。また、tube は一本の大きな管腔であるよりも多数の小管腔の集合体である方が、より生理的神経構造に近く好ましい。

**質問** 広島大学整形外科 越智 光夫  
 Gore Tex tube では neurotrophic factor が tube 外に流出するかわり、tube 外よりあらたな組織液が流入してくる。一方、シリコンチューブは流入も流出もおこらない環境下である。人工神経としては、いずれが有利であるのか。

**回答** 東京医科歯科大学整形外科 伊藤聰一郎  
 Gore-Tex tube にこのような極性が有るかどうかはわからない。それよりむしろ、シリコーンチューブでは壁外から内へ新生血管が侵入できないがGore-Tex tube では侵入可能なため管腔内の血行も良好である点で、Gore-Tex tube の方が優れている。

**質問** 川崎医科大学整形外科 光嶋 黜  
 光頭で軸索短径が小さく測定される理由は何が原因なのか。

**回答** 東京医科歯科大学整形外科 伊藤聰一郎  
 考察の初めの部分を参照。

## 末梢神経再生に関する実験的研究

### 一生体吸収性 tube 内での laminin の軸索成長促進作用について—

慶應義塾大学医学部整形外科学教室

新井 健・仲尾 保志  
渡辺 理・持田 郷  
内西 兼一郎

### Experimental Study on Peripheral Nerve Regeneration —Effect of Laminin on Promoting Regeneration of Peripheral Nerves in Collagen Tubes—

Takeru Arai, et al.

Department of Orthopedic Surgery, School of Medicine, Keio University

#### Purpose

Many attempts have been made to promote the regeneration of a severed peripheral nerve by bridging between both stumps with tubes of various synthetic biodegraded materials which may induce any inflammatory reaction in association with the process of resorption. Atelocollagen, produced from collagen via digestion of its major antigen determinants by protease, has been proved lower immunological acitivity and induced lesser inflammatory reaction. On the other hand, laminin has been proved the promoting activity for axonal regeneration in vitro and recently in vivo. We used a laminin-absorbed atelocollagen tube as a nerve guide, and attempted to induce a regenerating nerve to pass through a 12 mm interstump gap which has been difficult for rat's nerve to traverse.

#### Materials and Methods

The sciatic nerves of 46 Wister strain rats were resected 8 mm long at midthigh. Both stumps of the nerve were sutured into a atelocollagen tube (length, 15 mm; inner diameter, 1.2 mm; thickness, 0.4 mm) to obtain a final nerve gap of 12 mm. The collagen tubes were processed by HMDIC (hexamethylene diisocyanate) to elongate the absorption time. The following two kinds of tubes were used as nerve guides; (1) Laminin (+) tube: laminin solution was absorbed into the wall of a collagen tube, (2) Laminin (-) tube: only solvent of laminin solution was absorbed into the wall of a collagen tube.

At 5 and 10 weeks after operation, regenerated nerves were evaluated by morphological, electrophysiological and histological studies.

#### Results

Each lumen of collagen tubes was preserved at 5 weeks after operation and the collagen wall of each tube was almost absorbed at 10 weeks both macroscopically and histologically. There were no obvious inflammation and little scar formation in the surrounding tissue. At 10 weeks after operation,

---

**Key words:** laminin, peripheral nerve regeneration, collagen tube, biodegraded materials, atelocollagen

**Address for reprints:** Takeru Arai, M.D., Department of Orthopaedic Surgery, School of Medicine, Keio University, 35 Shinano-machi, Shinjuku, Tokyo 160, Japan

in the laminin (+) tubes developed neural bridges were observed in all cases but in the laminin (-) tubes neural bridges were observed in only 2/3 cases. In 93% of the rats using laminin (+) tubes and in 32% of laminin (-) tubes, evoked M-waves were observed. In the each neural bridge within the laminin (+) tubes, numerous myelinated axons were observed in the distal section at 10 weeks after operation.

### Conclusions

Laminin-absorbed atelocollagen tube promoted the regeneration of a severed peripheral nerve and developed a neuronal bridge through a 12 mm interstump gap. This tubular nerve guide may be used clinically in the future after some improvement.

Laminin は、Schwann 細胞などの基底膜を構成する細胞外 matrix のひとつで、*in vitro* の研究で neurite 成長促進作用を有することが明らかにされている<sup>3)</sup>。1990 年仲尾は、切断した神経の両断端を laminin を付加した silicone tube で架橋し、silicone tube のみでは困難な 12 mm の gap を越えた神経の再生をみたことで、*in vivo* における laminin の神経成長促進作用を証明した<sup>5)</sup>。

今回、tube の材質として silicone のかわりに atelocollagen を用い、これに laminin を吸収させその効果について検討した。

### 材料および方法

体重約 250 g の Wister 系 rat 46 匹を使用し、pentobarbital の腹腔内麻酔下に左大腿中央部を開腹、坐骨神経を大腿中央部で約 8 mm 切除した。次いで、両断端を全長 15 mm の collagen tube 内腔にそれぞれ 1.5 mm ずつ挿入し、gap が 12 mm になるように 10-0 ナイロン糸で各 2 鈎縫合固定した。Collagen tube は、仔牛の真皮を原材料とした atelocollagen(高研製)を内径 1.2 mm、壁の厚さ 400 μm の tube 状に加工し、HMDIC (hexamethylene diisocyanate)による分子間架橋処理で吸収速度を延長させたものを使用した(Fig. 3A)。さらに、laminin 溶液として岩城硝子製 mouse 抽出 laminin(500 μg/ml)を用い、以下の 2 種類の tube を作製した。(1)Laminin(+)tube : laminin 溶液をリン酸緩衝液で 50 μg/ml に希釈し、上記の tube 内腔に満たし、内壁から吸収させたもの。(2)Laminin(-)tube : laminin を含まない laminin 溶媒 (50 mM Tris・HCl 150 mM NaCl pH 7.4) をリン酸緩衝液で希釈し、同様の方法で吸収させたもの。Laminin(+)tube を用いたものを laminin(+)群、用いなかったものを laminin(-)群とした (Table 1)。

術後 5 週、10 週で電気生理学的検索を行ったのち屠殺し、肉眼的観察と組織学的検索を行った。肉眼的観察では対側神経に対する再生神経の投影面積の比率で評価した。50~100% のものを (++)、25~50% を (++)、1~25% を (+)，再生神経のみられなかつたものを (-)とした。電気生理学的検索は、麻酔下に再生神経より近位で坐骨神経を刺激し前脛骨筋から針電極で M 波の導出を試みた。組織学的検索は、まず摘出した再生組織をリン酸緩衝ホルマリン液で固定し、パラフィンで包埋、次いで両縫合糸からそれぞれ 2 mm 内側および中央の 3 カ所で横断切片を作製し、H-E 染色、Bodian 染色、LFB 染色を用いて観察した。

### 結果

#### 1. tube の経時的変化

##### a) 肉眼的所見

5 週では tube の管腔は保たれていたが、tube 壁は軟化はじめていた (Fig. 1A)。10 週になると肉眼的には大部分消失し、乳白色のゲル状物質が架橋組織周囲にわずかに付着しているのみであった (Fig. 1B)。

##### b) 病理組織学的所見

5 週では、tube 壁の collagen 層内に新生血管が観

Table 1 Number of rats in each group

|                                 | 5 w | 10 w |    |
|---------------------------------|-----|------|----|
| laminin (+) group <sup>1)</sup> | 7   | 14   | 21 |
| laminin (-) group <sup>2)</sup> | 9   | 16   | 25 |
| total                           | 16  | 30   | 46 |

1) The rats of laminin (+) group were implanted laminin-absorbed atelocollagen tubes.

2) The rats of laminin (-) group were implanted atelocollagen tubes into which only solvent of the laminin solution was absorbed.

察されたが、リンパ球、炎症細胞の浸潤は、collagen 層内にもその周辺組織にもほとんど認めなかった。10週では、collagen 層は菲薄化し、架橋組織を粗に取り囲んでいた。その周囲は脂肪組織でおおわれ、瘢痕組織や細胞浸潤はほとんど認めなかった (Fig. 2AB)。

## 2. 神経の再生

### a) 肉眼的所見 (Fig. 3BCD)

5週では、軟化した collagen tube が再生神経の周囲に残っていて、肉眼的な判定は不能であった。10週では、laminin(+)群の全例に架橋が見られたのに対し、laminin(-)群で約 2/3 に架橋がみられたのみであった (Table 2)。

### b) 誘発筋電図

5週では laminin(+)群のみ 7 例中 4 例 (57%) に M 波が認められ、10週になると laminin(+)群で 14 例中 13 例 (93%)、laminin(-)群で 16 例中 5 例 (32%) に M 波が導出できた。

### c) 病理組織学的所見

架橋内の再生神経は、肉眼的に太い架橋がみられるものほど軸索の数、太さともに良好な神経再生が認められ、laminin(+)群の肉眼的に (#), (++) のものでは末梢側の切断面でも多数の有髓線維を認めた (Fig. 4AB)。

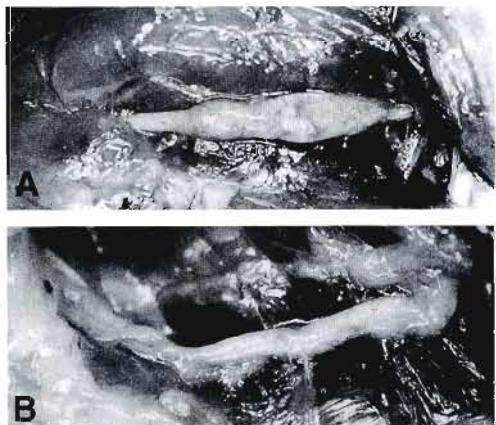


Fig. 1 Macroscopic appearance of regenerated nerve.

A: At 5 weeks after operation. The collagen wall of the tube was observed.

B: At 10 weeks after operation. The collagen wall almost disappeared and the neural bridge was observed in the gel-like substance.

## 考 察

Laminin は、Schwann 細胞、筋細胞、腎糸球体などの基底膜を構成する分子量約 80 万の糖蛋白で、1990 年仲尾は、laminin を付加した silicone tube を用い、*in vivo* における laminin の神経成長促進作用を証明した<sup>5)</sup>。今回われわれは、臨床応用への基礎的研究のひとつとして、laminin を吸収させた生体吸収性の tube を神経の架橋材料として使用し、従来困難とされてきた 12 mm の gap を越えた神経再生を誘導できるか否かを検討した。

生体吸収性の tube は、抗原性、生体毒性、組織反応

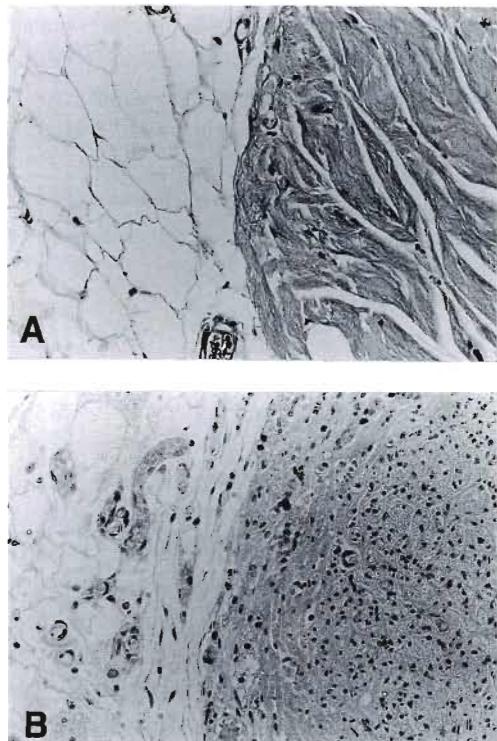


Fig. 2 Microscopic findings of the tube wall and its peripheral tissue.

A: At 5 weeks after operation (HE x200). The collagen of the tube wall was preserved. No obvious inflammatory appearance was observed.

B: At 10 weeks after operation (HE x200). The collagen of the tube wall almost disappeared. There were no obvious inflammation and little scar formation.

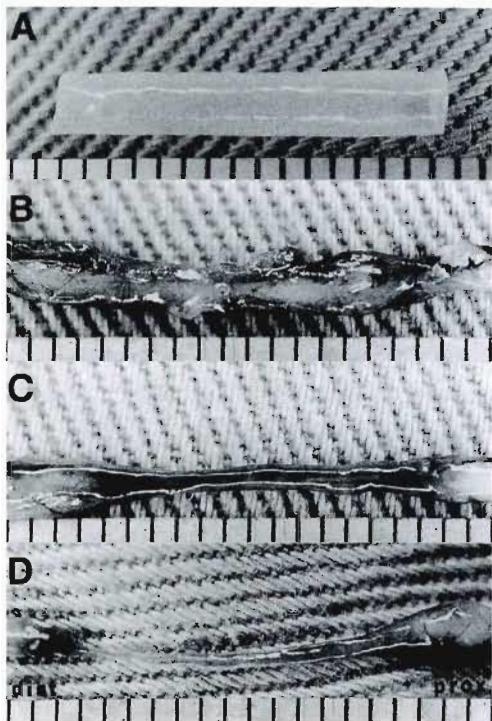


Fig. 3 Macroscopic appearance of the nerve guide and regenerated neural bridge at 10 weeks after operation.

A : The atelocollagen tube. B: Regenerated neural bridge in a laminin (+) tube, evaluated as #. C: In a laminin (+) tube, evaluated as #. D: In a laminin (-) tube evaluated as +.

In laminin-absorbed tubes well developed neural bridges were observed.

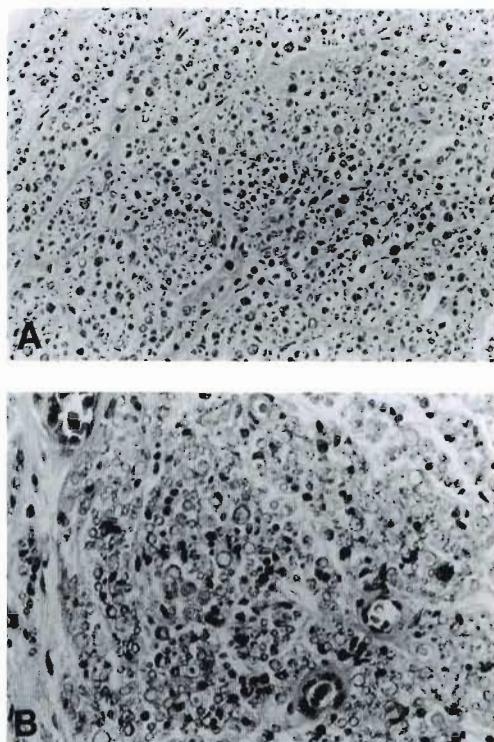


Fig. 4 Microscopic findings of neural bridge at 10 weeks after operation.

A : Distal section of laminin (+) group (Bodian×400)

B : Distal section of laminin (+) group (LFB+HE×400)

Many myelinated regenerating axons were observed in the distal section of neural bridges within laminin tubes.

Table 2 Evaluation of regenerated nerve at 10 weeks after operation.

|                          | development of neural bridge |   |   |   | M-wave      |
|--------------------------|------------------------------|---|---|---|-------------|
|                          | #                            | # | + | - |             |
| laminin (+) group (n=14) | 5                            | 6 | 3 | 0 | 13<br>(93%) |
| laminin (-) group (n=16) | 1                            | 3 | 6 | 6 | 5<br>(32%)  |

性が低くかつ神經再生期間に管腔構造を保ち続けることが必須条件である<sup>1)2)</sup>.

Collagen は、分子両端の telopeptides に主な抗原決定基が存在するため、protease を用いてこれを消化切断し、抗原性を低下させることができる。こうして生成された atelocollagen は生体内で異物反応が少く周囲組織との親和性にも優れている。また、可溶性であるが、その吸収速度や硬度も、分子間架橋の程度によってコントロールすることが可能である<sup>4)</sup>。今回、tube の材質として atelocollagen を用い、さらに吸収時間を延長させるため、HMDIC による分子間架橋処理を行った。Laminin は、その溶液を tube 内腔から壁に吸収させる方法で tube に付加した。結果は tube による

炎症所見はほとんどみられず、また周囲組織との癒着も少なかった。さらに laminin(-)群に較べ laminin(+)群に良好な神経再生が認められたことから collagen tube を使用した実験でも laminin の効果が証明された。

今回使用した collagen tube は 5 週でなお管腔構造が保たれ、再生軸索が架橋した 10 週において大部分吸収されていた。

この tube は周囲組織との炎症反応も比較的少なく、laminin の神経成長促進作用をさまたげず生体吸収性であることから将来臨床応用可能な神経架橋材料として期待できる。

稿を終えるにあたり、この研究にご協力、ご指導をいただいた岩城硝子組織培養研究室井伊一夫氏、下岡正志氏、篠原文子氏に感謝いたします。

### 文 獻

- 1) da Saliva, C., et al: An in vivo model to quantify motor and sensory peripheral nerve regenerating using bioresorbable nerve guide tubes. *Brain Research* 342: 307-315, 1985.
- 2) 旦下 治 他: Collagen Tube を用いた神経縫合の実験的研究. *日手会誌*, 4: 69-73, 1987.
- 3) Hammarback, J. A., et al.: Guidance of neurite outgrowth by pathways of substrum-absorbed laminin. *J. Neuro. Res.*, 13: 213-220, 1985.
- 4) 宮田聰夫: コラーゲンの新しい利用. *皮革化学*, 15: 167-179, 1970.
- 5) 仲尾保志: 末梢神経に関する実験的研究. *日手会誌*,

7: 859-864, 1991.

**質問** 広島大学整形外科 越智 光夫

コラーゲンチューブにとじ込められた laminin の活性はずっと維持されると考えておられるのか否か。

**回答** 慶應義塾大学整形外科 新井 健

Laminin は Collagen 壁内にとりこまれたときに、その本来の性状を保っているかどうか。との質問に対して

それに關して特に検索は行っていませんが、Collagen gel に laminin を溶解させた場合では、その神経再生促進作用が保たれていることから、今回のモデルでもその生物学的活性が保たれていると考えています。

**質問** 東京医科歯科大学整形外科 伊藤聰一郎

再生軸索が壁側に多い (laminin の濃度が高い側) 傾向はないか。

**回答** 慶應義塾大学整形外科 新井 健

再生神経は、Laminin の存在する collagen tube 壁内、あるいは壁に沿って伸長していたのか。また、Laminin はどのように作用しているのか、について

再生神経は管腔内にあり、tube 壁内や tube 壁に沿った再生像は示していなかった。

Laminin は、経時に管腔内に溶解し、神経再生部に作用すると考えています。

## 末梢神経再生に関する実験的研究 —laminin 处理 tube によるラット坐骨神経 20 mm gap の架橋—

慶應義塾大学医学部整形外科学教室

仲 尾 保 志・高 山 真一郎  
新 井 健・堀 内 行 雄  
内 西 兼一郎

Experimental study on peripheral nerve regeneration  
—Exogenous laminin allows axonal regeneration across a 20 mm gap  
between sectioned ends of rat sciatic nerve within silicone tubes—

Yasushi Nakao, et al.

Department of Orthopedic Surgery, School of Medicine, Keio University

### Purpose

In entubation repair, regeneration of severed sciatic nerves in rats is not successful across interstump gaps exceeding 10 mm. The purpose of this study was to investigate the ability of laminin-treated nerve guides to support regeneration across a 20 mm gap.

### Materials and Methods

A total of 40 nerve guides were implanted into Wister strain rats. The sciatic nerves were transected at midthigh level and both nerve stumps were sutured into the ends of a nerve guide, leaving a 20 mm interstump gap. Four types of nerve guides were made with a silicone tube (length, 23 mm; inner diameter, 1.47 mm) and rats were divided into the following 4 groups: 1) L-coat group ( $n=10$ ): a plasma electric discharged silicone tube was soaked in laminin solution (100 $\mu$ g/ml) and laminin was plated onto the inside of the tube, 2) L-gel group ( $n=10$ ): laminin was mixed with a collagen gel (type I) and the lumen of the silicone tube was filled with the laminin-containing gel (50 $\mu$ g/ml), 3) C-gel group ( $n=10$ ): the lumen of the silicone tube was filled with only a collagen gel (type I), 4) E-tube group ( $n=10$ ): an empty silicone tube without any treatment.

At 10 weeks after operation, the sciatic nerve was stimulated proximal to the nerve guide and the evoked M-wave was recorded from the anterior tibial muscle. If the regenerated nerve occupied 50~100% of the sagittal section of the nerve guide lumen it was scored as ++, 25~50% as +, 1~25% as +, and absence of the regenerated nerve as -. In addition, electron microscopic study was done to observe regenerated axons.

### Results

1) L-coat group: In 80%, a well-developed neural bridge was formed; transverse sections of the neural bridge demonstrated numerous myelinated and unmyelinated axons. In 60%, an evoked M-wave was observed. 2) L-gel group: In 70%, a thin neural bridge was formed; transverse

---

**Key words:** laminin, nerve regeneration, neurotrophic factor, nerve graft, entubation repair

**Address for reprints:** Yasushi Nakao, M. D., Department of Orthopedic Surgery, School of Medicine, Keio University, 35 Shinano-machi, Shinjuku-ku, Tokyo 160, Japan.

sections of the neural bridge demonstrated only unmyelinated axons and no evoked M-wave was observed. 3) C-gel group: In all cases no neural bridge was formed. 4) E-tube group: In all cases no neural bridge was formed.

### Conclusion

Laminin enhances peripheral nerve regeneration and the maximum distance that axons can regenerate through a tubular nerve guide. Laminin coating is superior to filling the tube with a laminin gel.

### 目的

1982年 Lundborgは、ラットの坐骨神経欠損部を、無機物質である silicone tube を用いて架橋させることに成功し、末梢神経の修復に新しい考え方を提唱した<sup>3)</sup>。しかしその後の研究により、この entubation repair で架橋可能な欠損長には限界があり、ラットではそれが 10 mm であることが明らかとなった<sup>4)</sup>。いっぽう著者らは、生体の基底膜の主要構成成分である laminin が、in vitro の神経細胞培養で neurite の伸展を促進することに注目し、さらにこれが in vivo でも軸索の成長を促進することを証明してきた<sup>5)6)</sup>。

今回は、この laminin を応用した silicone tube を用いて、今まで不可能とされてきたラット坐骨神経の 20 mm の欠損長が架橋されうるか否かを実験し、今後の末梢神経修復における entubation repair の可能性について検討した。

### 材料および方法

体重約 250 g の Wister 系ラット 40 匹を使用した。Nembutal 腹腔内麻酔下、左大腿中央部を展開し坐骨神経を約 16 mm 切除して、両断端を nerve guide にそれぞれ 1.5 mm 幅ずつ挿入、断端の gap は 20 mm として 10-0 nylon 糸で各 2 針縫合固定した (Fig. 1)。

nerve guide は、岩城硝子組織培養研究室の協力で 4 種類を作製し、実験群は以下の 4 群を設定した。(1) L-coat 群: silicone tube にプラズマ放電を加え、これを 100 µg/ml の laminin 溶解液に浸して作製した laminin coating tube を用いた。(2) L-gel 群: laminin を Type I collagen gel に溶解させ 50 µg/ml 濃度の laminin gel を作り、これを silicone tube に充填して作製した laminin gel tube を用いた。(3) C-gel 群: collagen gel のみを silicone tube に充填して作製した collagen gel tube を用いた。(4) E-tube 群: 何も処置を行っていない empty tube を用いた。なお

silicone tube は、Dow Corning 社の silastic 医療用 tube (内径 1.47 mm, 外径 1.96 mm, 長さ 23 mm) を使用した。

評価は、術後 10 週で行った。電気生理学的検索は、guide の近位で坐骨神経を直接刺激し、前脛骨筋に刺入した針電極から M 波の導出を試みた。肉眼的評価は、guide の縦断面で再生神経の占める割合が 50~100% のものを (++)、25~50% のものを (+)、1~25% のものを (-) とした。組織学的検索は、guide 遠位端より 3 mm 内側部の再生組織を 2% グルタルアルデヒドで固定後エポン包埋し、横断切片を作製して電子顕微鏡で観察した。

生体内に設置した nerve guide の laminin 残存時間を調べるために、tube に coating した laminin は抗

40 Wister rats  
(weight / about 250g)

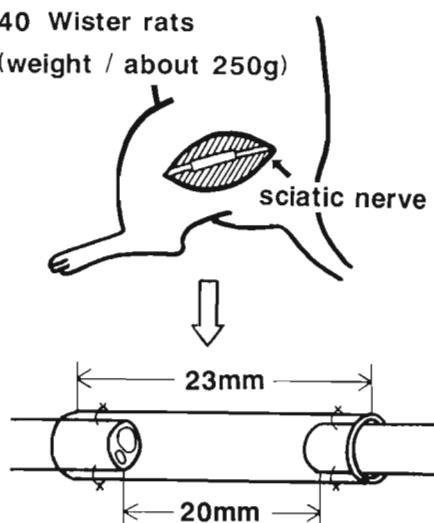


Fig. 1 The sciatic nerves of 40 Wister strain rats were transected at midthigh and both nerve stumps were sutured into a nerve guide tube for a 20-mm final nerve gap.

laminin 抗体を用いた酵素抗体法染色で, gel 状にして tube 内腔に充填した laminin は Western blotting 法を用いて, 1 週ごとに取り出し検索した。

### 結果 (Table 1)

(1) L-coat 群: 10 匹中 8 匹に, 一様に中等度の太さを持ち, 再生血管の良好な架橋組織がみられた (Fig. 2). 組織学的検索では, 結合織の中に Schwann 細胞と多数の再生軸索が観察され, 有髓線維も多数認められた (Fig. 3A). 電気生理学的検索では, 半数以上に M 波が導出された (Fig. 4). (2) L-gel 群: 架橋組織は半数以上でみられたが, 再生血管は少く guide 中央部ではかなり細くなっていた (Fig. 2). 組織学的検索では, 結合織の中に Schwann 細胞と再生軸索を認めたが, いずれも無髓線維で有髓化はみられなかった (Fig. 3B). 電気生理学的検索では, 明らかな M 波は導出されなかつた. (3) C-gel 群: 全例で, 再生組織の架橋はみられなかつた. (4) E-tube 群: 全例で, 再生組織の架橋はみられなかつた.

なお tube に coating した laminin は, 術後 4~5 週間残存していたが, gel 状にして tube 内腔につめた laminin は, 術後 2~3 週間までしか残存を確認できなかつた。

### 考 察

末梢神経が切断されると, その末梢側全長および中枢側の一部は, 軸索および髓鞘の変性である Waller 変性が生じ, Schwann 細胞とそれを包む基底膜の筒による Schwann tube が形成される。神経縫合や神経移植によって切断端を接合した際には, この Schwann tube が中枢端から再生軸索が伸展するための重要な

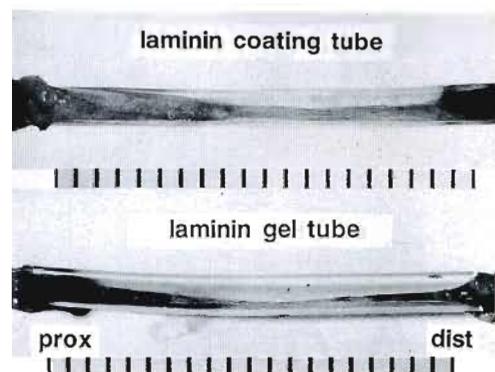


Fig. 2 Macroscopic appearance of nerve guides and contents at 10 weeks after implantation of the nerve guide for a 20-mm gap. The neural bridges were the most developed in the laminin coating tube.

Table 1 Evaluation of regenerated nerves at 10 weeks after implantation of the nerve guide for a 20-mm gap.

|                                       | development of neural bridge |            |             |                    | axonal bridge | M-wave |
|---------------------------------------|------------------------------|------------|-------------|--------------------|---------------|--------|
|                                       | #                            | #          | +           | -                  |               |        |
| # 1<br>laminin coating<br>tube (n=10) |                              | ●●●●<br>●● | ●●          | ●●                 | 8             | 6      |
| # 2<br>laminin gel tube<br>(n=10)     |                              |            | ●●●●<br>●●● | ●●●                | 7             | 0      |
| collagen gel<br>tube (n=10)           |                              |            |             | ●●●●<br>●●●●<br>●● |               |        |
| empty tube<br>(n=10)                  |                              |            |             | ●●●●<br>●●●●<br>●● |               |        |

# 1) silicone tube

→ plasma electric discharge  
(60 W, 10 min)  
→ laminin (100 µg/ml) in PBS  
37°C, 2 hrs.

# 2) Cell Matrix Type I -A (3 mg/ml): 4

Hepes (200 mM, PH 7.4): 1  
2.25 xMEM: 4  
laminin (500 µg/ml): 1 (ratio)

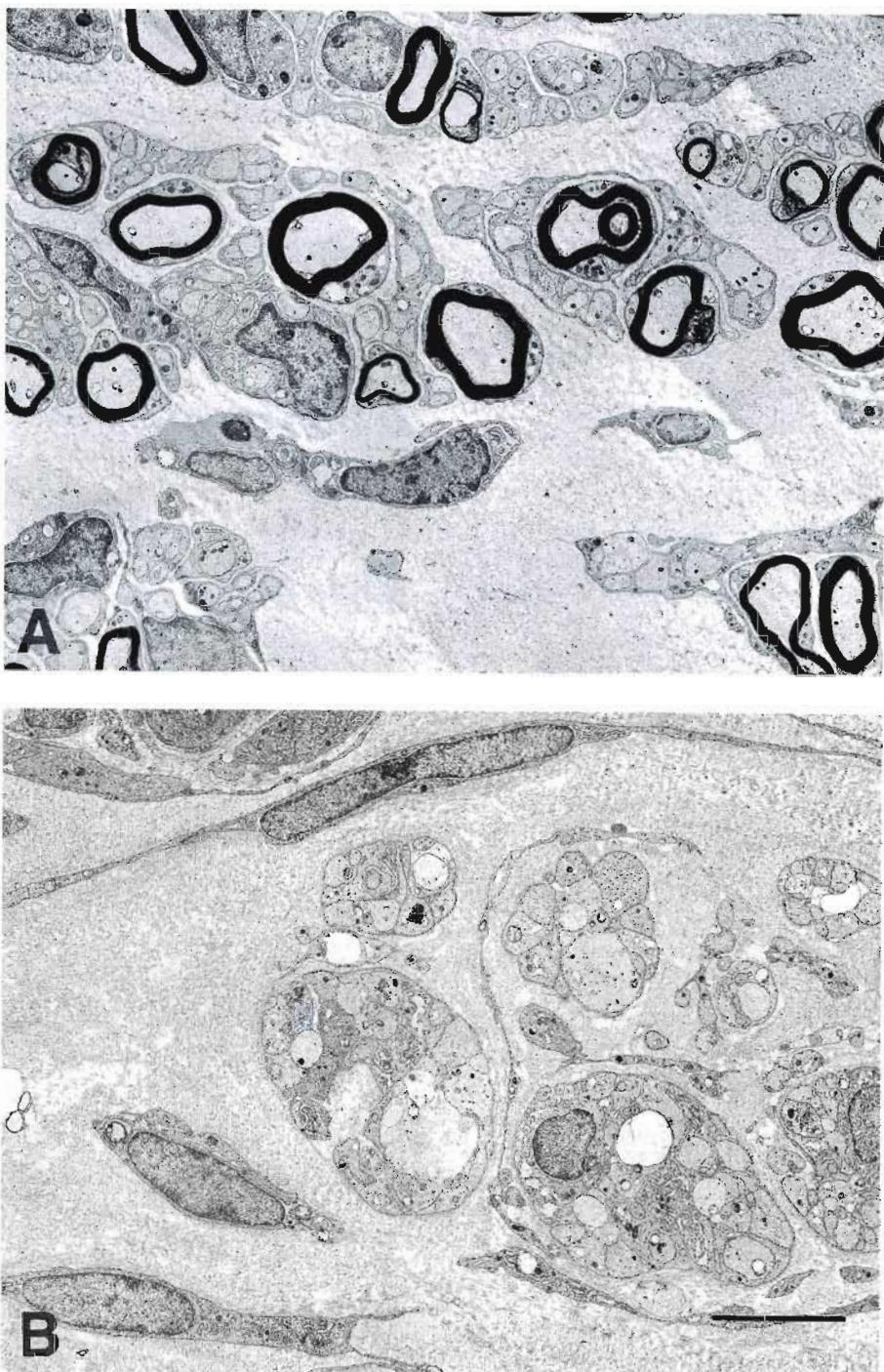


Fig. 3 Electron microscopy findings of the neural bridge at 10 weeks after implantation of the nerve guide for a 20-mm gap. Many myelinated axons were observed in the laminin coating tube (A); only unmyelinated axons were observed in the laminin gel tube (B) (x 1500, Scale bar=5 $\mu$ m).

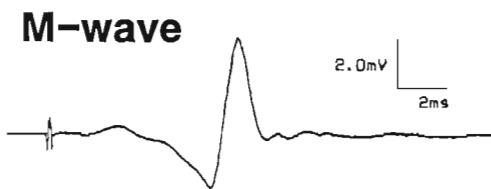


Fig. 4 The sciatic nerve was stimulated proximal to the nerve guide.

In 60% of the rats with the laminin coating tube, the evoked M-wave was recorded from the anterior tibial muscle.

guideとなる。現在臨床では、末梢神経の大きな欠損部の修復に皮神経などを用いた自家神経移植が行われているが、これは上記の Schwann tube の移植といってよい。しかしこの方法は、神経移植の距離が長くなったり、移植床の状況が不良な場合には、成績は必ずしも充分なものではなく、donor 側に欠落症状が生じることや別皮切を必要とすること、採取できる神経に限度のあることなどの短所も有している。

他方、神経の欠損部を、神経組織ではなく管腔構造で架橋するという考え方方は 19 世紀の後半よりあり、多くの研究者によって試行錯誤が繰り返されてきた。1982 年 Lundborg らは、周囲からの瘢痕の侵入を防ぎ空間を保つものであれば、silicone tube のような無機的なものであっても、軸索は自らの再生能力によって伸展することを立証した<sup>3)</sup>。しかしその後の研究で、この entubation repair によって再生軸索が架橋しうる距離には限界のあることが判明し、ラット坐骨神経では 10 mm までとされていた<sup>4)</sup>。近年、この 10 mm の限界に挑むいくつかの研究がみられ、1987 年 Williams らは、dialyzed plasma の注入された silicone tube を用いて、1989 年 Aebischer らは、basic fibroblast growth factor を分泌する tube を用いて、いずれも 15 mm の有髓神経の架橋に成功している<sup>1,2)</sup>が、それ以降、この欠損長を越える entubation repair の報告はみられない。

1983 年井出らは、凍結乾燥処理した自家神経移植実験によって、Schwann cell の死滅した基底膜のみの tube であっても、再生軸索がその中を伸びることを報告した<sup>2)</sup>。さらにその再生軸索の多くが基底膜の内側にそって伸びているという興味深い事実を指摘し、基底膜の内側に局在している laminin をはじめとするさまざまな neurotrophic factor が、神経の伸展に有

効に働いているのではないかと推定した。われわれが今回作製した nerve guide は、この基底膜の tube を想定したものであり、人工的な silicone tube に有機的な神経成長促進物質である laminin を応用したものである。本実験では、silicone tube に応用した laminin は明らかに軸索の伸展に有效地に働き、特に長時間 laminin が tube 内に残存する laminin coating tube では、20 mm の神経欠損部を有髓神経で架橋することに成功した。その半数以上で電気生理学的に機能的結合も証明されており、近年、生理学や生化学の分野で次々と発見され、そのさまざまな in vitro の生理機能から注目を集めている多くの神経関連蛋白が、in vivo における神経の再生に応用される可能性が示唆された。今後、より有効な神経修復のため、ミクロレベルでの神経の再生メカニズムの研究が期待される。

(稿を終えるにあたり、ご校閲頂いた慶應義塾大学医学部整形外科学教室矢部裕教授に深謝いたします。また、この研究を行うにあたり、ご協力ご指導を頂いた岩城硝子組織培養研究室井伊一夫室長、下岡正志主任に感謝いたします。)

## 参考文献

- 1) Aebischer, P., et al.: Basic fibroblast growth factor released from synthetic guidance channels facilitates peripheral nerve regeneration across long gaps. *J. Neuro. Res.*, 23: 282-289, 1989.
- 2) Ide, C., et al.: Schwann cell basal lamina and nerve regeneration. *Brain Res.*, 288: 61-75, 1983.
- 3) Lundborg, G., et al.: In vivo regeneration of cut nerve encased in silicone tubes: growth across a six-millimeter gap. *J. Neuropathol. Exp. Neurol.* 41: 412-422, 1982.
- 4) Lundborg, G., et al.: Nerve regeneration in silicone chamber: influence of gap length and of distal stump components. *Exp. Neurol.*, 76: 361-375, 1982.
- 5) 仲尾保志 他: 末梢神経に関する実験的研究: laminin の軸索成長促進作用について. 日手会誌, 6: 1-5, 1989.
- 6) 仲尾保志 他: 末梢神経に関する実験的研究: laminin の神経再生促進作用について. 日手会誌, 7: 15-20, 1991.
- 7) Williams, L. R., et al.: Exogenous matrix precursors promote functional nerve regeneration across a 15 mm gap within a silicone chamber in the rat. *J. Comp. Neurol.*, 264: 284-290, 1987.

## アポリポ蛋白Eが家兎末梢神経再生に及ぼす影響

東京大学医学部整形外科学教室

三上容司・長野昭  
中川種史・山本精三

東京大学医学部第三内科学教室

山田信博

### The Effect of Apolipoprotein E on Regeneration of Peripheral Nerves in Rabbits

Yoji Mikami, et al.

Department of Orthopaedic Surgery, Faculty of Medicene, University of Tokyo

Apolipoprotein E (molecular weight=35,000) is one of almost a dozen protein constituents of plasma lipoproteins, playing an important role in lipids transport by binding to LDL (low density lipoprotein) receptors on cell surface. Although the role of Apolipoprotein E on nerve regeneration has been investigated by several authors, its effect on the regeneration *in vivo* has been obscure. The purpose of this study is to examine the effect of Apolipoprotein E on axonal regeneration in peripheral nerves of WHHL rabbits (Watanabe Heritable Hyperlipidemic rabbits), which are genetically deficient in LDL receptors.

Regenerated distance and the number of regenerated axons after cutting and suturing the common peroneal nerve were histologically examined by using anti-neurofilament antibodies (anti-NF antibodies) in 9 WHHL rabbits (group W) and 9 Japanese white rabbits as a control (group C). Histological findings were examined from the suture site to the distal end of the common peroneal nerves at each 10 mm section with anti-NF antibodies under light microscope at 4, 5 and 7 weeks after the epineurial suture.

At 4 weeks, both the regenerated distance and the number of regenerated axons in group W were significantly less than those in group C ( $P<0.05$ ). At 5 weeks, the number of the axons in group W was significantly less than that in group C ( $P<0.05$ ). Although the distance in group W was shorter than that in group C at 5 weeks, the difference was not significant. At 7 weeks, any differences were not found between two groups on the distance or the number of the axons.

In conclusion, axonal regeneration in WHHL rabbits, which are LDL receptor deficient rabbits, was not so vigorous as that in normal rabbits at 4 and 5 weeks after nerve suture. Our results suggests that Apolipoprotein E, which delivers lipids to cells by binding to LDL receptors, promotes axonal regeneration during an early phase of peripheral nerve regeneration.

#### はじめに

アポリポ蛋白E(以下Apo Eと略す)は、分子量約

35 KD の血漿蛋白でリボ蛋白を構成する蛋白のひとつであり、肝外では LDL レセプター(LDL: low density lipoprotein)と結合して作用し、脂質代謝に重要

Key words: apolipoprotein E, WHHL rabbit, regeneration of nerve, neurofilament, immunohistochemistry

Address for reprints: Yoji Mikami, M. D., Department of Orthopaedic Surgery, Faculty of medicine, University of Tokyo, 7-3-1, Hongo, Bunkyou-ku, Tokyo, 113, Japan.

な役割を果たしている<sup>7)</sup>が、末梢神経の再生とも関連することが報告されている<sup>1)~7), 9)~11)</sup>すなわち、1983年 Skene and Shooter は、ラット坐骨神経挫滅後、損傷部遠位で Apo E 濃度が上昇し、1~2週でピークに達し、約8週で正常レベルにもどることを報告した<sup>4)</sup>。また、Apo E の産生細胞が大食細胞であるとの報告<sup>3)10)11)</sup>や、培養細胞で軸索伸展時に growth cone で LDL レセプターが増加するとの報告もある<sup>6)</sup>。これらのことから、Apo E の作用の一つとして、細胞表面の LDL レセプターと結合して、再生神経の軸索や髓鞘の細胞膜形成に必要な脂質、特にコレステロールの供給を行っていることが考えられている<sup>1)7)</sup> (Fig. 1)。しかし、神經断裂、縫合後の軸索再生に対する影響については検討されていない。

一方、WHHL ウサギ (Watanabe Heritable Hyperlipidemic Rabbit) は、家族性高脂血症のモデル動物であるが、LDL レセプターが遺伝的に欠損しており、末

梢神経再生時にも Apo E がその作用を果たさないと考えられる (Fig. 2)。そこで、われわれは、この WHHL ウサギの末梢神経を切断、縫合後、その軸索再生を組織学的に調べることにより、Apo E が末梢神経の軸索再生に及ぼす影響について検討した。

#### 材料および方法

WHHL ウサギ 9羽の総腓骨神経 (以下 W 群と略す) と対照群として日本白色家兔 9羽の総腓骨神経 (以下 C 群と略す) を用いた。すべて雄で、月令は W 群 9~18ヵ月平均 12ヵ月、C 群 8~18ヵ月平均 11ヵ月、体重は W 群 2.5~3.5 kg 平均 3.1 kg、C 群 3.3~4.2 kg 平均 3.6 kg であった。ネンブタール麻酔下に坐骨神経を展開し、大転子高位で手術用顕微鏡視下に坐骨神経幹から総腓骨神経を剥離し、切断後、直ちに 10-0 ナイロン糸 2針で神経上膜縫合を行った。縫合後、4, 5, 7 週で総腓骨神経を縫合部近位から前脛骨筋入口部まで採取した。採取した総腓骨神経は、20% ホルマリン固定後、縫合部より 10 mm 毎に横断切片を作成し、monoclonal 抗体である Labsystems 社 製抗 nuerofilament 抗体 (以下抗 NF 抗体と略す) を用いて ABC 法で軸索染色を行った。光学顕微鏡を用いて、再生軸索の伸長距離と軸索数について観察し、両群を比較、検討した。

標本は再生軸索数により 4段階に分けた。すなわち、再生軸索がまんべんなく多数みとめられる Grade 3、再生軸索はかなりみとめられるが、偏在している Grade 2、再生軸索はまばらで散在している Grade 1、再生軸索がみとめられない Grade 0 である (Fig. 3)。

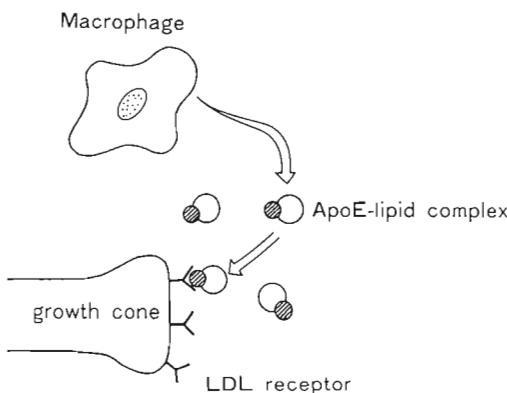


Fig. 1 Scheme showing the role of ApoE and LDL receptor in lipid transport.

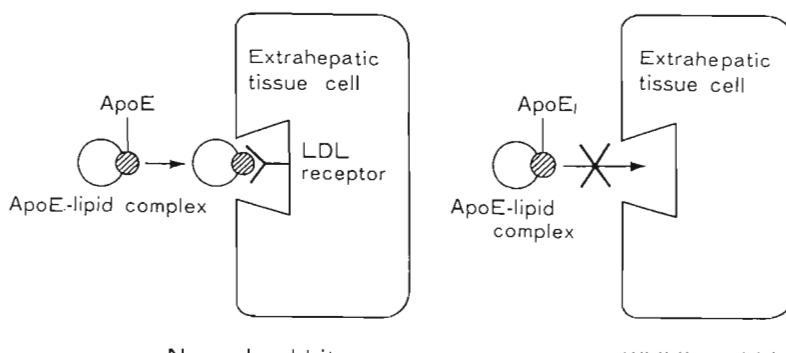


Fig. 2 Scheme showing the role of LDL receptor in uptake of ApoE-lipid complex

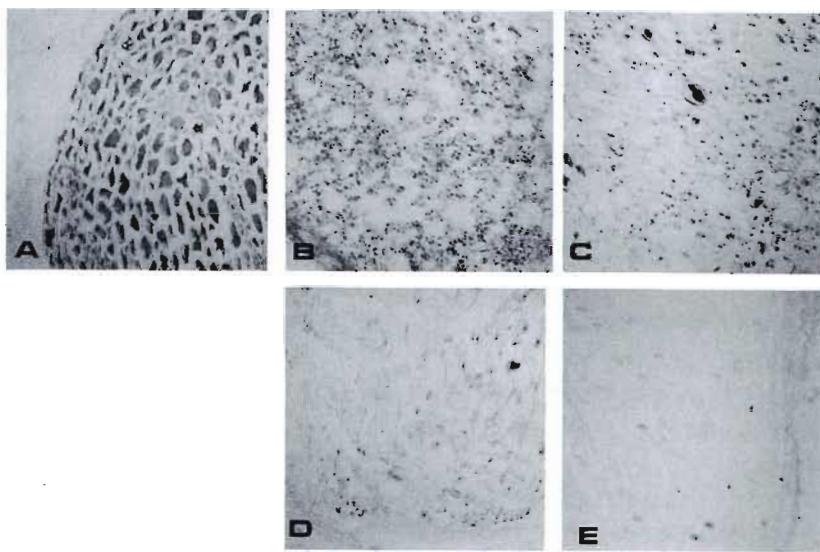


Fig. 3 Histological grading with NF stain. ( $\times 400$ )  
A : Normal B : Grade 3 C : Grade 2 D : Grade 1 E : Grade 0

## 結 果

1. 軸索伸長：再生軸索の存在する最遠位部は、4週C群で50, 60, 60 mm, W群で30, 30, 40 mm, 5週C群で50, 60, 70 mm, W群で30, 40, 50 mm, 7週C群70, 70, 80 mm, W群60, 60, 80 mmであった(Fig. 4)。軸索伸長は、4週ではW群がC群に比し有意に劣っていた。 $(P < 0.05)$  ; two sample t-test). 5週ではW群がC群に比し軸索伸長が劣る傾向があったが有意とは言えなかった( $0.05 < P < 0.1$ )。7週では、6神経中3神経(C群1神経70 mm, W群2神経60, 60 mm)で採取した標本の最遠位部まで再生軸索が認められた。これら3神経では、実際にはさらに遠位部まで軸索が伸長している可能性があるため、検討から除外すると、残り3神経(C群2神経70, 80 mm, W群1神経80 mm)では差はなかった。

2. 再生軸索数：縫合部から同一距離でW群とC群の再生軸索数を比較した。4週、5週では、W群はC群に比し軸索数が有意に少かった( $P < 0.05$  ; two sample Wilcoxon test) (Fig. 5, 6)。7週では、有意差はなかった。

## 考 察

Apo Eは、LDLレセプターと結合して、脂質、特にコレステロールを供給することにより、神経再生に関

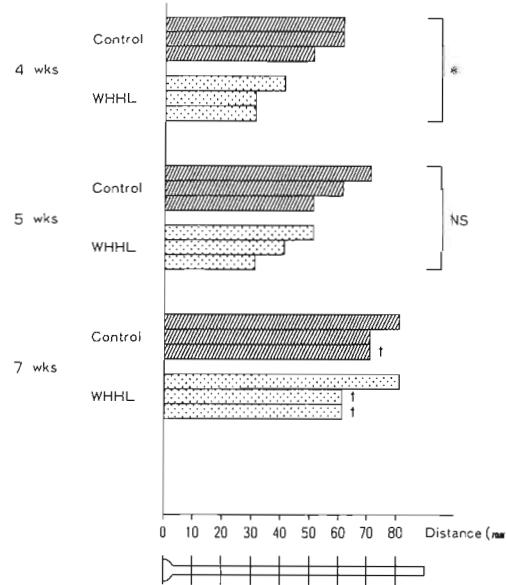


Fig. 4 Distance between the suture site and the most distal site where axons were able to be stained with anti-NF antibodies.

† Axons were able to be stained at the most distal section of the nerve

\*  $P < 0.05$ , two sample t-test

NS: not significant

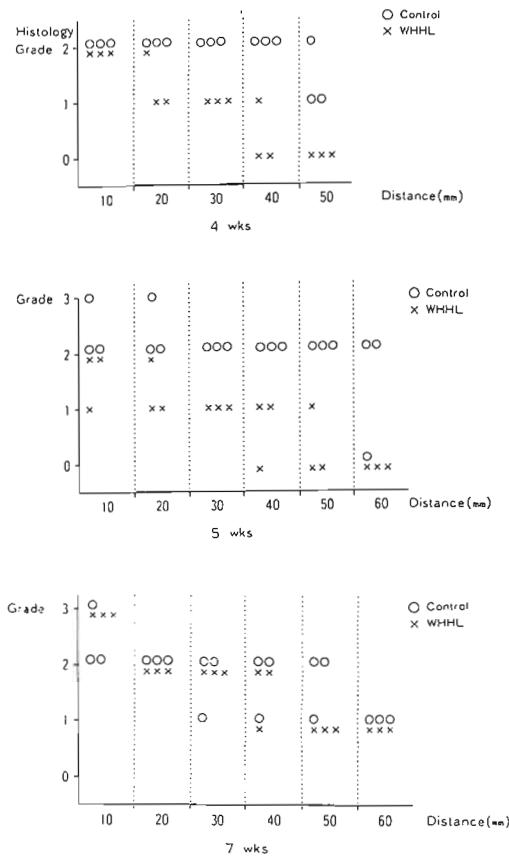


Fig. 5 Histological grading at each section, using anti-NF antibodies.

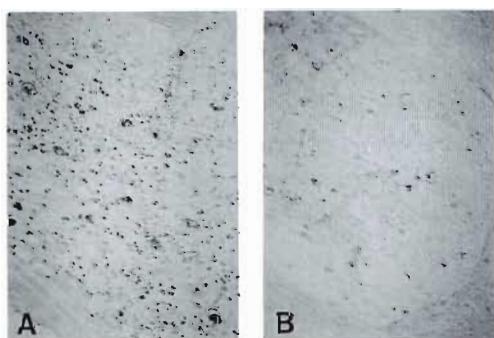


Fig. 6 40 mm distal section from the suture site at 4 weeks after the suture.  
(NF stain,  $\times 400$ )  
A : Control, Grade 2  
B : WHHL rabbit Grade 1

与しているとされている<sup>1,2)</sup> (Fig. 1)。しかし、in vivo で Apo E が神経再生にいかなる影響を及ぼしているかは明らかにされていない。また、Apo E を分離、精製して用いることは、現時点では極めて困難である。そこで、この実験では、軸索再生に対する Apo E の影響を検討するために、遺伝的に LDL レセプターが欠損しているため Apo E が作用しない WHHL ウサギをもちいた。

軸索伸長は、WHHL ウサギでは、正常家兎に比し 4 週で有意に劣り、5 週でも劣る傾向があった。再生軸索数も、4 週、5 週で有意に少かった。しかし、7 週では、軸索伸長距離、再生軸索数ともに差がなかった。これは、Apo E が軸索再生の比較的初期に影響していることを意味する。ラット坐骨神経挫滅後、損傷遠位部での Apo E 濃度は損傷後 1~2 週でピークに達し、約 8 週で正常レベルに戻るとの報告もあり、今回の結果を考え合わせると、Apo E が末梢神経再生初期の sprouting や縫合部の通過を促進している可能性がある。

## 結 語

1. WHHL ウサギの総腓骨神経縫合後、4, 5, 7 週で軸索伸長距離、軸索数について、抗 NF 抗体をもちいて検討した。
2. WHHL ウサギでは、4 週で軸索伸長距離と再生軸索数が、5 週では再生軸索数が正常家兎に比し有意に劣っていた。7 週では、ともに差がなかった。
3. Apo E は末梢神経再生初期に軸索再生を促進していると考えられた。

## 文 献

- 1) Boyles J. K., et al.: A Role for Apolipoprotein E, Apolipoprotein A-I, and Low Density Lipoprotein Receptors in Cholesterol Transport during Regeneration and Remyelination of the Rat Sciatic Nerve. *J. Clin. Invest.*, 83: 1015-1031, 1989.
- 2) Gelman B. B., et al.: Apolipoprotein E is Released by Rat Sciatic Nerve During Segmental Demyelination and Remyelination. *J. Neuropathol. Exp. Neurol.*, 46: 644-652, 1987.
- 3) Goodrum J. F., et al.: Macrophage-like Cells From Explant Cultures of Rat Sciatic Nerve Produce Apolipoprotein E. *J. Neurosci. Research*, 20: 457-462, 1988.
- 4) Ignatius M. J., et al.: Expression of apolipoprotein E during nerve degeneration and regeneration. *Proc.*

- Natl. Acad. Sci. USA, 83: 1125-1129, 1986.
- 5) Ignatius M. J., et al.: Apolipoprotein E in nerve injury and repair. Progress in Brain Research, 71: 177-184, 1987.
- 6) Ignatius M. J., et al.: Lipoprotein Uptake by Neuronal Growth Cones in Vitro. Science, 236: 959-962, 1987.
- 7) Mahley R. W., et al.: Apolipoprotein E: Cholesterol Transport Protein with Expanding Role in Cell Biology. Science, 240: 622-630, 1988.
- 8) Pitas R. E., et al.: Lipoproteins and Their Receptors in the Central Nervous System. J. Biol. Chemistry, 262: 14352-14360, 1987.
- 9) Skene, J. H. P., et al.: Denervated sheath cells secrete a new protein after nerve injury. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 80: 4169-4173, 1983.
- 10) Snipes G. J., et al.: Nerve injury stimulates the secretion of Apolipoprotein E by nonneuronal cells. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 83: 1130-1134, 1986.
- 11) Stoll G., et al.: Macrophages in the peripheral nervous system and astroglia in the central nervous system of rat commonly express apolipoprotein E during development but differ in their response to injury. Neuroscience Letters, 72: 233-238, 1986.

**質問** 広島大学整形外科 越智 光夫  
Growth cone に取りこまれた Apo E がどの様な機序で髓鞘細胞膜形成に関与してくれるのか、お教えください。

**回答** 東京大学整形外科 三上 容司  
Growth cone でとりこまれた Apo E は、髓鞘細胞膜の形成ではなく、軸索の細胞膜形成に関与していると考えている。その機序としては、LDL pathway の関与が考えられるが、詳細は不明である。

**質問** 川崎医科大学整形外科 光嶋 敦  
① WHHL ウサギでは正常神経でも髓鞘の未分化が認められるのか。

②本実験結果より WHHL ウサギの軸索伸長の遅れの原因としては myelination の遅れが主因と思われるが再生軸索の初期伸長に myelination は本当に必要であるのか、無髓軸索のみで充分なのではないか。

**回答** 東京大学整形外科 三上 容司

① WHHL ウサギの正常神経の髓鞘の組織像は、正常家兎と同じであった。

②今回の実験では、remyelination については検討していない。今後 remyelination について検討していく予定である。

**質問** 慶應義塾大学整形外科 仲尾 保志

① 7W で差がないのは W 群の再生が C 群の再生に追いついたと解釈すべきなのか、60 mm のレベルで差がなくそれ以遠ではやはり差がある可能性があるのか。

②追いつかれるなら、初期の Apo E の効果の追いつかれる理由は。

③ Apo E は、axon の伸展 speed にのみ有効に働き、sprout に対する促進効果（量的促進能）はないと解釈してよいか。

**回答** 東京大学整形外科 三上 容司

① 90 mm まで観察できた例でも、60 mm 以遠では差がなかった。7W で W 群の再生が C 群の再生に追いついたと考えている。

② 7週で両群の軸索再生に差がなくなった理由は不明である。ただし、Speculation としては、軸索再生に多数の factor が関与しており、WHHL ウサギでは、Apo E 以外の他の factor が代償的に作用したのではないかと考えている。

③ この実験からは、ApoE が sprout を量的に促進しているかどうかはわからない。培養系も含めた他の実験系で検討する必要がある。

## 終末器官の知覚神経初期再生に及ぼす影響についての研究

柄尾郷病院整形外科

高橋 勇二

新潟手の外科研究所

吉津 孝衛・牧 裕

田島 達也

燕労災病院整形外科

成沢 弘子

### A Study of the Influence of End Organ on the Sensory Nerve Regeneration at Early Stage

Yuji Takahashi, et al.

Department of orthopedic surgery, Tochio-go Hospital

We have reported the selective regeneration of sensory nerve fibers. The purpose of this experiment is to assess the influence of sensory end organ on the sensory nerve regeneration at early stage.

Material and method: The sensory branch of femoral nerve of Wister rats weighed 300 g was exposed and split into two funicular groups. One of their proximal stump was introduced into the proximal channel of a silicone Y chamber. The distal stump that was connected with sensory end organ and free nerve segment were inserted into remaining channels of the Y chamber (Fig. 1). After 6 weeks, the number of total myelinated axon in the distal nerves were counted by digital analyser.

Results: When the funicular area of distal two nerve stumps were almost equal, the myelinated axon counts of the distal nerve with end organ was significantly larger than that of free nerve segment (Table 1). On the other hand, when the funicular area of free nerve segment was significantly larger than that of the nerve with end organ, regenerated axon had tendency to connect with free nerve segment. However, there was no statistical difference (Table 2).

Conclusion: In the sensory nerve regeneration at early stage, 1) the influence of end organ, 2) the size of distal nerve stump area must be considered.

#### 目 的

私たちは、知覚神経再生における選択的誘導の可能性を報告してきた<sup>1,2)</sup>。この誘導には、神経遠位断端部で Schwann 細胞から遊離する何らかの物質、または終末器官から運ばれる物質の関与が考えられる。

Mackinnon らは、猿の大腿神経知覚枝を用い、Y 字管の遠位 2 channel にそれぞれ終末器官付神経と遊離神経片を挿入した実験で、再生無髓線維は術後 6 週では終末器官側に多いと報告した<sup>3)</sup>。これには終末器官が影響したと考えられるほか、遊離神経の血行が遮断されたことによる影響も考慮されなければならない。

Key words: neurotropism, nerve regeneration, end organ

Address for reprints: Yuji Takahashi, M. D., Niigata Hand Foundation, 1-18 Shinko-cho, Niigata 950, Japan.

今回、知覚神経再生初期において遠位神経の終末器官の有無、また遊離神経の血行の有無が影響するか否かを、再生有髓軸索数から検討するために以下の実験を行った。

## 方 法

300 g Wister ラットの両側大腿神経を鼠径韌帯下で四頭筋運動枝と知覚枝に分離し、さらに知覚枝を外見上太さがほぼ同じ 2 本の神経束に分けて離断した。それぞれ断端の一部を標本として採取した後、シリコン Y 字管の近位に 1 つの神経束の近位端を挿入し、遠位 2 channel に終末器官付神経遠位端と長さ 1 cm の神経片を挿入した。Y 字管内の神経断端間距離は各々 5 mm とした。この際、神経片については以下の 2 群を作製した。A 群は大腿動静脈を伴走させた血管付神経片として Schwann 細胞の一時的虚血を防止し、B 群では全くの遊離神経片とした (Fig. 1)。

術後 6 週目に、遠位 2 channel に挿入した神経断端から 3 mm の部位の神経片を採取し、グルタルアルデヒド、オスミウム酸固定後、エポン包埋、トルイジンブルー染色光顕用標本を作製し、再生有髓軸索数の計測を行った。この結果をもとに、遠位 2 channel 間と血管付神経片—遊離神経片間の有意差の有無を、Wilcoxon 符号付順位と順位和検定を用いて検討した。

## 結 果

A 群、B 群ともに遠位 2 channel 間の再生有髓軸索

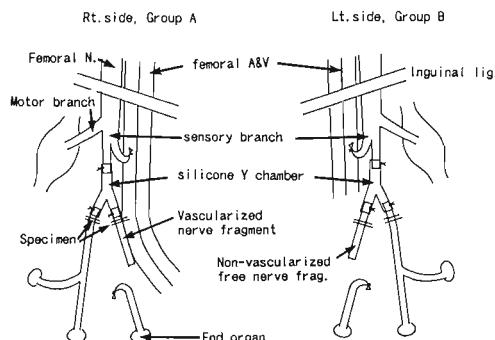


Fig. 1 Schematic diagram to show the experimental model.

The sensory branch of bilateral femoral nerves were exposed and split into two funicular groups. After severance they were inserted into silicone Y chamber.

数に有意の差はなかった。また、血管付神経片と遊離神経片との間にも有意差はなかった。

しかしここで、遠位 2 channel に挿入した神経の神経線維束横断面積をみてみると、外見上はほぼ同じにしたはずであるが、実際にはかなりのばらつきがあった。遠位 2 channel において、終末器官付神経束の横断面積を 100 とした場合の他方の神経片のそれは、46.3 から 201.3 におよんでおり、これらをいっしょにしては比較できないと考えた。また、神経線維束横断面積と有髓軸索総面積はほぼ比例しており、比率として使用する場合はほぼ同等となるため、今回は神経線維束面積比を用いて検討した。

前記面積比 70-130 のものをほぼ同等と考え、A、B 群から抽出して検討してみると、Table 1 のような結果になった。すなわち、Y 字管の遠位 2 channel に挿入した神経線維束横断面積がほぼ等しい場合には、再生有髓軸索数は終末器官付の方が有意に多かった。Fig. 2 は No. 3 の遠位神経の断面であるが、終末器官付の方が明らかに再生有髓軸索が多い。

一方、A、B 群の前記面積比 170 以上のもの、つまり神経片の方が断面積が明らかに大きい場合には、再生軸索数は神経片側に多い傾向があったが、統計学的には有意差はなかった (Table 2)。

## 考 察

A 群、B 群とともに最初の検討で遠位 2 channel 間の再生有髓軸索数に有意差がなかった最大の原因是、遠位 2 channel に挿入した神経束横断面積にばらつきが

Table 1 Axon counts of the distal nerves when the funicular area of distal two nerve stumps were almost equal.

| No. | Nerve with End organ | Free nerve Fragment |
|-----|----------------------|---------------------|
| 1   | 505                  | > 133               |
| 2   | 696                  | > 535               |
| 3   | 609                  | > 129               |
| 4   | 509                  | ≥ 445               |
| 5   | 806                  | > 225               |
| 6   | 1131                 | > 241               |
| 7   | 306                  | < 643               |
| 8   | 800                  | > 267               |
| 9   | 943                  | > 143               |
| 10  | 720                  | > 49                |
| 11  | 279                  | < 894               |

Significantly more axons were counted in the nerve with end organ. ( $P=0.05$ )

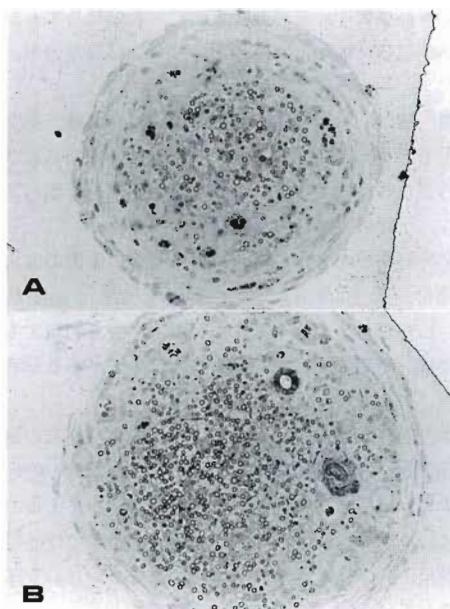


Fig. 2 Transverse section of distal regenerated nerve.

A : Free nerve fragment,  
B : Nerve connecting to the end organ.  
More axons were counted in B than A.

Table 2 Axon counts of the distal nerves when the funicular area of free nerve fragment was significantly larger.

| No. | Nerve with End organ | Free nerve Fragment |
|-----|----------------------|---------------------|
| 1   | 299                  | < 365               |
| 2   | 423                  | < 859               |
| 3   | 374                  | < 887               |
| 4   | 415                  | ≤ 440               |
| 5   | 539                  | < 646               |
| 6   | 31                   | < 582               |
| 7   | 865                  | ≤ 883               |
| 8   | 1068                 | > 145               |
| 9   | 598                  | > 462               |
| 10  | 611                  | < 788               |
| 11  | 416                  | < 568               |
| 12  | 384                  | ≤ 417               |

More axons were counted in free fragment but there was no statistical difference.

あつたためと考えた。

すなわち、遠位神経の終末器官の有無にかかわらず、神経断端の横断面積の大きい方に再生知覚線維は多く誘導される傾向があった。Table 2 では有意の差はみられなかったが、これについては、他と大きくかけ離れた結果となつた No. 8 の影響が大であり、さらに例数を増やせば差ができるものと推察した。

次に、遠位 2 channel に挿入した神経横断面積がほぼ等しいものを抽出して検討してみると、再生軸索数は終末器官付の方が有意に多かった。これには、終末器官の有無に伴う誘導物質量の差や質の差が影響した可能性と、終末器官付神経の方が長いことによる総 Schwann 管体積 (Schwann 細胞数) の大小に伴う誘導物質量の差が影響した可能性も考えられる。この体積すなわち総 Schwann 細胞数の影響については、今後検討する予定である。

次に、神経片が血管付の場合と遊離の場合との比較についてであるが、この比較においても遠位 2 channel に挿入する神経束横断面積をそろえる必要があると考えられるが、今回この条件を満たすモデルの数が少く、両者間に差はなかった。これも再度検討する予定である。

## ま と め

知覚神経離断後の再生初期の誘導においては、①終末器官の有無、②遠位断端の神経線維束横断面積 (Schwann 管横断面積はこれに比例する) の大小、③ Schwann 管横断面積×長さ、すなわち Schwann 管総体積 (総 Schwann 細胞数) の大小の影響を考慮する必要があると推定した。

## 文 献

- 1) 牧 裕 他：末梢神経における運動・知覚線維の選択的再生に関する実験的研究。日整会誌, 63:S 1124, 1989.
- 2) 牧 裕 他：末梢神経における運動・知覚線維の選択的再生に関する実験的研究(第2報)。日手会誌, 7: 975-978, 1991.
- 3) Mackinnon, S. E. et al.: A study of neurotrophism in primate model. J Hand Surg 11A: 888-894, 1986.

質 問 広島大学整形外科 越智 光夫  
再生初期に、Schwann 管総体積が関与すると考えるより、retrograde axonal slow による影響と考えた方が考えやすいのではないですか？

**回 答** 栃尾郷病院整形外科 高橋 勇二  
 終末器官が影響を及ぼすということの前提として,  
 retrograde axonal flow を考えている。しかし、体積  
 の差による影響の可能性も否定できないため今後検討  
 するつもりである。

**質 問** 慶應大学整形外科 仲尾 保志  
 血管付神経片と血管付でないものとの間に差がないのは、どのように解釈されましたか。

**回 答** 栃尾郷病院整形外科 高橋 勇二  
 光嶋先生に対する回答③と同じ。

**質 問** 川崎医科大学形成外科 光嶋 獨  
 ①神経束横断面積のばらつきの主要は何によるもの  
 か。  
 ②横断面積のばらつきの補正を行うことは、本当に  
 必要だったのか。逆に不正確な数値を導いた可能性は  
 ないか。

③神経移植片で誘導した実験で血管付にしてもシュ  
 ウン細胞の活性化は亢進しないという結論なのか。

**回 答** 栃尾郷病院整形外科 高橋 勇二  
 ①モデル作製時、手術用顎微鏡下にはほぼ同じ太さに  
 そろえたわけであるが、実際に横断面積を計測してみ  
 たら、予想以上にばらつきが大きかった。

②神経誘導を考える場合、終末器官の影響の他に、  
 断端付近のSchwann細胞の影響も考える必要がある。  
 したがって、終末器官の有無の影響を判断するた  
 めには、断端局所の条件はそろえる必要があると考え  
 た。

③今回、血管の有無の影響については、左右の遠位  
 2 channel の神経束横断面積がそろっていたものの数  
 が少く、はっきり言えない。しかし今回のモデルのよ  
 うに、ラットで約1cm程度の遊離神経片では血行再  
 開が早く、あまり差がないのではないかという印象  
 を持っている。

神経臨床

片側固有指神経断裂の残存知覚と、手術適応

表町病院整形外科

今井 春雄・立川 厚太郎

新潟手の外科研究所

吉津 孝衛

Loss of Sensation and Operative Indication after  
Unilateral Proper Digital Nerve Laceration

Haruo Imai et al.

Department of Orthopaedic Surgery, Omotemati Hospital

In order to diagnose the case of unilateral proper digital nerve laceration definitely, we evaluated the sensibility of the finger-pulp at injured side using Semmes-Weinstein monofilament (SW) and static 2 PD tests. First, 70 normal volunteers were evaluated whose ages ranged from 12 to 85 to know normal value of SW and s-2 PD. Next, we operated the cases of finger laceration who had abnormal SW and 2 PD value at the injured side of finger pulp. Consequently, we recognized 32 finger (29 cases) of complete unilateral proper digital nerve laceration and analysed preoperative SW and 2 PD value of these cases. Moreover, 8 fingers (7 cases) who had partial or total laceration of unilateral proper digital nerve at distal segment were followed without nerve suture.

Results;

1. Normal threshold value of SW over the age of 30 years was not green but from green to blue.
2. In 7 cases lacerated at distal segment and in 10 cases over the age of 35 years lacerated at middle and proximal segments, SW value was red and 2PD was more than 15 mm. As compared with this result, for 15 cases below 35 years old lacerated at middle and proximal segments, 13 cases had SW value of purple and 3 cases had 2PD value of less than 15 mm.
3. 5 young cases at distal segment who were performed only skin suture had good sensory recovery within 3 to 4 months.

Conclusion

The cases of unilateral proper digital nerve laceration below about 35 years old should be carefully diagnosed, because those have a pretty good sensation. We recognized necessity of re-examination in normal value of SW.

目 的

固有指神経断裂の診断と手術適応を決定する際、両側完全断裂例は容易に診断が可能である。しかし片側

断裂例は、断裂側が健側からの2重神経支配を受けることにより、完全な anesthesia とならないため、完全断裂か不全損傷かの確実な診断が難しいことがある。特に、他医又は当直医などによって皮膚縫合のみうけ

Key words: digital nerve laceration, Semmes-Weinstein monofilament,

Address for reprints: Haruo Imai, M. D., Department of Orthopaedic Surgery, Omotemati Hospital, 3-2-13 Omotemati, Nagaoka-shi Niigata 940, Japan.

た指に知覚障害があった場合、再度創をあけ、神経を確認すべきかどうか迷うことがある。このため、片側固有指神経断裂でどの程度の知覚が残るかを、Semmes-Weinstein Aesthesiometer (以下 SW) と static 2PD で評価することにより、片側断裂の診断基準を検討した。さらに、DIP 関節より末梢レベルでの損傷に対しても、神経縫合をする必要があるのかどうかについても検討した。

### 症例および方法

1. まず評価基準となる SW と 2PD の正常値を決めるため、各年代 10 人ずつ計 70 人の健常人を演者のみで検査した。

2. この値を前提として、比較的鋭利な創傷により指腹部の橈側または尺側に知覚異常を訴えた例に手術を行い、12~68 才までの 29 例 32 指に片側固有指神経の完全断裂を認めた。これらを、DIP 関節の遠位 5 mm から中枢 5 mm の範囲内の断裂群 6 例 7 指と、それより中枢部での断裂群 23 例 25 指に分け、それぞれの術前の検査値を検討した。

3. 次に、DIP 関節から指腹中央までの骨に達する深い創で、それ以遠の片側指腹部に知覚異常を訴えた 7 例 8 指については皮膚縫合のみで経過観察し、神経

縫合の必要があるのかどうか検討した。

### 結 果

1. 2PD と SW の正常値検査の結果、2PD は 10 代 20 代はそれ以上の年代より 1~2 mm 良い傾向が見られたが、アメリカ手の外科学会の基準や従来の値と大きな差はなかった。しかし SW は、30 代以降では従来正常値とされている green の値を示すものは稀で、blue が正常値となっていた (Fig. 1)。

2. DIP 関節より中枢部の片側断裂では、SW は 35 才を境として、それ以上では全て 4.56~4.93 の red、それ以下では 15 例中 13 例 (87%) が purple の知覚を残していた (Fig. 2)。

また 2PD では、35 才以上では全例 15 mm 以上であったが、35 才未満では 15 mm 以下の値を示したもののが 15 例中 3 例 (20%) あった (Fig. 3)。更に 35 才未満の例で、橈側と尺側断裂で差が見られるかを比較すると、橈側 8 指・尺側 9 指で SW の値に有意な差はみられなかった。

次に DIP 関節部の片側断裂では、全例 SW で 4.56~5.18 の red (Fig. 4)、2PD では 15 mm 以上の値を示し、DIP より中枢での断裂例より悪い値であった。

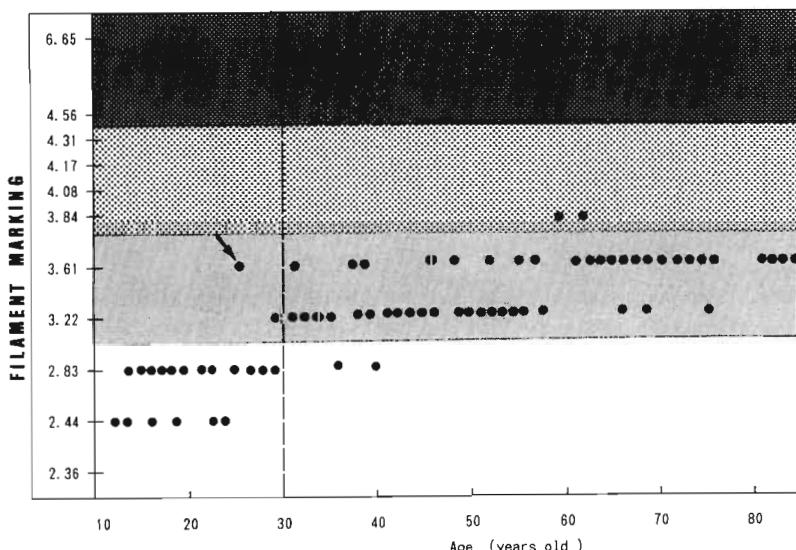


Fig. 1 Normal value of Semmes-Weinstein monofilament (S.W.) test examined by 70 normal volunteers was not green but from green to blue in cases above 30 years old. Almost all of cases below 30 years old showed S.W. value of green, but arrow case who was a carpenter and had thickened skin showed S.W. value of blue.

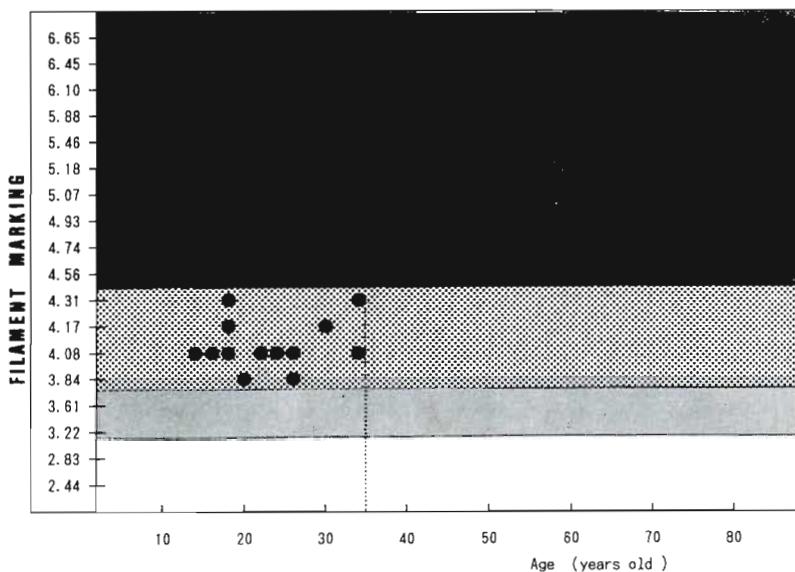


Fig. 2 S. W. value of finger pulp at injured side in cases of unilateral proper digital nerve laceration at the site of middle and proximal segments. Though all 10 cases above 35 years old had SW value of red, 13 out of 15 cases below 35 years old had SW value of purple.

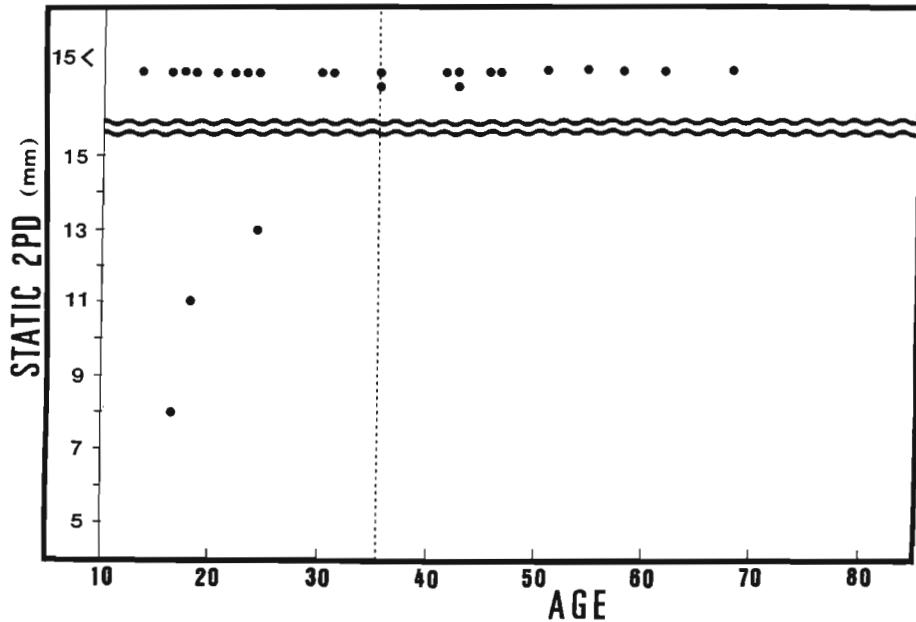


Fig. 3 Static two-point discrimination of finger pulp at injured side in cases of unilateral proper digital nerve laceration at the site of proximal and middle segments. In cases below 35 years old, 3 out of 15 ones showed less than 15 mm.

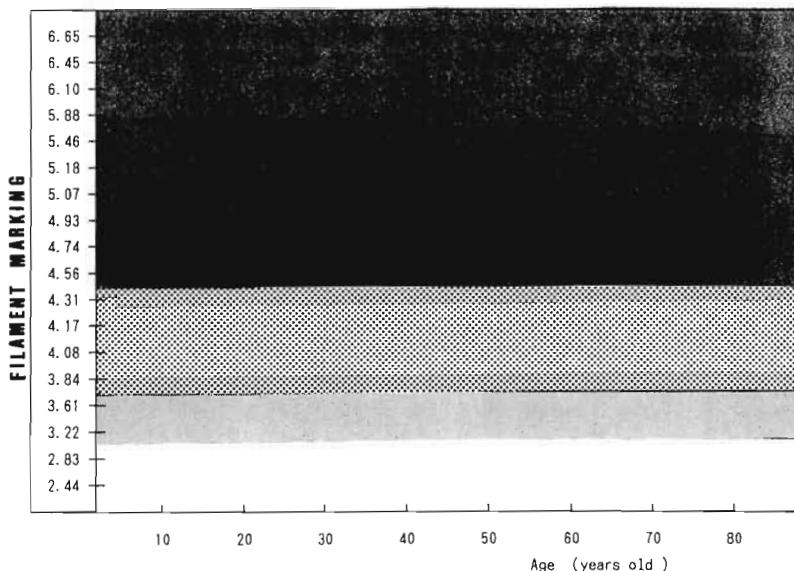


Fig. 4 S. W. value of finger pulp at injured side in cases of unilateral proper digital nerve laceration at the site of distal segment. All cases has SW value of red. This result was worse than that in cases of unilateral laceration at proximal and middle segments.

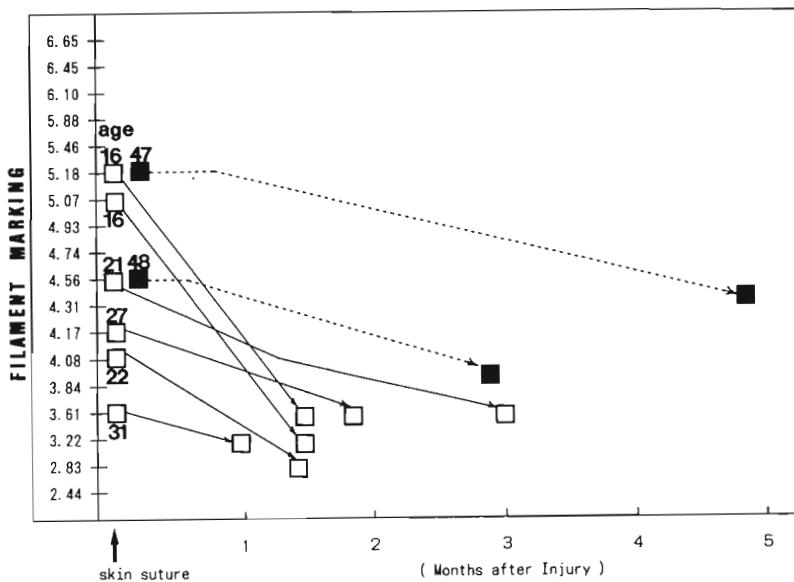


Fig. 5 8 fingers (7 cases) who had total or partial laceration of unilateral proper digital nerve were followed only with skin suture. Younger cases had not been needed to repair digital nerve because those S. W. value showed good recovery within 2 to 3 months after injury.

以上のことから、SW で red または 2PD で 15 mm 以上なら片側固有指神経の完全断裂と診断できた。しかし、35 才未満の DIP 関節より中枢部での断裂では SW で purple の知覚を残すことが多く、2PD でも 15 mm 以内の値を示す例があることを十分考慮し、診断する必要があった。

3. 次に、皮膚縫合のみを行った DIP 関節から指腹中央レベルの片側固有指神経の完全ないし部分断裂 7 指では、10~20 才代の 5 指（うち 3 指は知覚検査上完全断裂と判断された）は 2~3 カ月でほぼ正常値まで回復し、手術的な必要はなかった。しかし、40 才代の 2 指は前者に比べて回復が遅かった（Fig. 5）。

### 考 察

1. SW の正常値は、従来 green とされていたが<sup>3)</sup>、今回の調査では 30 才以上または皮膚刺激の強い職業の人々は blue までを正常とせざるをえず、これは加齢による皮膚硬化と知覚受容器の数の減少<sup>4)</sup>などの理由が考えられた。また 30 才未満でも、carpenter や水作業の多い職業の人などは皮膚の角化層が厚くなるため、blue が正常値となる場合がみられた。このことから考えると、SW を一つの基準とした日手会知覚機能評価試案はその grading に矛盾を示すこととなり、年齢を考慮に入れるか、思いきって blue を正常とするかなどの検討を要するものと思われた。

2. 次に、DIP 関節より中枢部の片側指神経断裂の SW の値（Fig. 2）では、若年者が高齢者に比べてかなり高度な知覚が残ったが、これは SW の正常値で見られた差（Fig. 1）以上の差であった。この理由は不明だが推測される原因として、もともと健側指神経からの指腹及び基節・中節での神経交差に支配される患側知覚は Fig. 2 のような年齢差があり、正常例では本来の指神経にカバーされて、大きな差となって表れなかつたものと思われた。

また、DIP 関節部での断裂は、それより中枢での断裂より悪い値であったが、これは基節・中節レベルでの健側からの指神経交差<sup>2)</sup>による代償作用を期待できなくなるためと思われた。

以上のことから、片側固有指神経断裂を診断する際、患側指腹部が SW で red または 2PD で 15 mm 以上を示せば容易に診断が可能であるが、35 才未満の DIP 関節より中枢部での断裂では SW で purple の知覚を残すことが多く、2PD でも 15 mm 以内の値を示すこ

とがある点を、診断上十分注意をする必要があると思われた。

3. また、DIP 関節から指腹中央レベルの神経断裂は神経縫合しようと思えば可能であるが、少なくとも若年で比較的な clean cut な創なら全くその必要を認めなかった。これは解剖学的に指腹部の皮下組織の可動性が少なく、神経断端同士が比較的合いやすいことや、若年では神経再生能力が盛んなことによると推測された。

### ま と め

1. 片側固有指神経断裂では、断裂側が SW で red、または 2PD では 15 mm 以上なら完全断裂と容易に診断できる。しかし、35 才未満の DIP 関節より中枢の断裂では、SW では purple の知覚が残ることが多く、また 2PD も 15 mm 以内の値を示すことがあるため、その診断に十分注意を要すると思われた。

2. DIP 関節より末梢での片側断裂は、今回症例数が少ないため断定はできないが、少なくとも若年なら神経修復の必要は全くないものと思われた。

3. 30 才以上の SW の正常値は green ではなく、green～blue とすべきと思われた。

### 文 献

- 1) Bolton C. F., et. al: A quantitative study of Meissner corpuscles in man. Neurology 16: 1-9, 1966.
- 2) 宇佐美文章 他：指掌側面における指神経交通枝の解剖学的検討、日手会誌、3: 129-132, 1986.
- 3) Werner, J. L., et.al: Evaluating Cutaneous Pressure Sensation of the Hand, Am. J. Occup. Ther., 24: 347-356, 1970.

**質 問** 琉球大学整形外科 金谷 文則  
御発表では若年者の片側固有損神経断裂は修後の必要がないとのことです、断端神経腫の形成を予防する意味でもできれば神経縫合をした方がよいと思いますがいかがでしょうか。

**回 答** 表町病院整形外科 今井 春雄  
DIP より中枢部断裂は全て神経縫合しています。DIP 以遠の断裂は、解剖学的にも神経断端の移動が少ないので、少なくとも若年では年齢的回復が良好なこともあります、縫合の必要はないと考えています。

## 血管柄付神経移植の遠隔成績：従来法との臨床的比較研究

山口大学医学部整形外科学教室

土井一輝・酒井和裕  
伊原公一郎・桑田憲幸  
河合伸也

Vascularized Versus Nonvascularized Sural Nerve Graft.  
Clinical Comparative Studies.

Kazuteru Doi, et al.

Department of Orthopaedic Surgery, Yamaguchi University School of Medicine

### Abstract

A randomized series of 27 free vascularized and 22 conventional sural nerve grafts used to repair upper extremity injuries is reported. Speed of recovery and outcome 24 months postoperatively of the two types of graft were compared in patients with a comparable degree of injury. Recovery speed and outcome depended on whether or not there was an overlying skin defect, how the defect was closed, the length of the nerve gap and which nerve was injured and at what level. Generally, a vascularized nerve graft is indicated when the nerve gap is more than 6 cm and is associated with a massive skin defect or is performed after reimplantation or when the nerve gap is more than 10 cm under any condition. Otherwise results using a conventional graft are equally good. The indications for vascularized nerve graft are broader than is presently acknowledged. Vascularized nerve graft provides earlier, more reliable and complete recovery than conventional graft.

血管柄付神経移植は他の血管柄付複合組織と異なって、従来法でも移植神経はある程度の血行不良の移植床でも生着し、神経再生を得ることより、臨床応用は他の複合組織に比べて極端に少い。血管柄付神経移植と従来法の実験的比較研究は多く見られ、最近の研究では、移植直後の移植神経の早期再血流化が重要視され、血管柄付神経移植の意義を肯定する報告が増してきた。しかしながら、実験的研究では実際の臨床例の同一の環境を作成することは困難であり、したがって、眞の意味での比較は臨床例で行うべきである。神経再生には多くの因子が影響しているため、現在までに厳格な意味での臨床的比較検討の研究報告はない。筆者ら<sup>1)2)</sup>は1984年に血管柄付腓腹神経術を報告してか

ら、その後、神経移植は従来法と無作為に選択、臨床応用してきた<sup>3)</sup>。本稿においては、上肢神経移植の自験例の遠隔成績の検討を行い、血管柄付神経移植の適応について考察を加えたので報告する。

### 手術術式

血管柄付神経移植の手術術式はすでに筆者が報告しているので、文献を参照してほしい。従来法の神経移植は腓腹神経を神経上の長軸皮膚切開で採取し、Milliesのinterfascicular nerve graftの術式に従って手術用顕微鏡下の拡大下に10-0ナイロン糸にて縫合した。

Key words: nerve graft, vascularized, microsurgery, sural nerve

Address for reprint: Kazuteru Doi, M.D., Department of Orthopaedic Surgery, Yamaguchi University School of Medicine, Ube, 755, Japan

## 症 例

1984年以来、筆者自身(K. D.)が行った上肢神経移植症例中、1. 症例の手術時年令が20から50才、2. 腹壁神経移植、3. 術後のリハビリは当大学作業療法室で同一のハンドセラピストが施行、4. 最短24ヵ月のfollow-upなどの条件を満足する症例を比較対象症例として抽出した。この条件を満足する症例は血管柄付

神経移植(以下、FVNGと略す)27例、従来法22例である。神経の種類は腋窩神経8例、正中神経10例、尺骨神経8例、橈骨神経9例、指神経13例である(Table 1-7)。Follow-up期間は24ヵ月から40ヵ月、平均26ヵ月である。

神経学的評価はTinel徵候の前進速度、固有支配領域への知覚神経再支配時期、筋電図上神経再支配時期、術後24ヵ月での知覚、運動評価(日本手の外科学会未

Table 1 Demographics and Results of Patients with Axillary Nerve Lesion Undergoing Nerve Grafting

| No.                    | Name | Age | Nerve gap | Kind of graft | Survival of skin flap | Time to EMG Reinnervation to Deltoid | Strength of shoulder ABD* 24 mos post☆☆ |
|------------------------|------|-----|-----------|---------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1.                     | KI   | 19  | 6 cm      | FVNG§         | yes                   | 3 mos                                | 4 #                                     |
| 2.                     | TO   | 19  | 6         | FVNG          | yes                   | 4                                    | 4                                       |
| 3.                     | TY   | 24  | 5         | FVNG          | no flap**             | 7                                    | 5                                       |
| 4.                     | MH   | 21  | 7         | FVNG          | no flap               | 12                                   | 3                                       |
| 5.                     | MH   | 17  | 6         | FVNG          | no flap               | 4                                    | 5                                       |
| Mean ± SD 6 ± 0.63 ①   |      |     |           |               | 6 ± 3.29 ②            | 4.2 ± 0.75 ③                         |                                         |
| 1.                     | KY   | 18  | 3         | CN***         | —                     | 3                                    | 4                                       |
| 2.                     | AK   | 21  | 5         | CN            | —                     | 4                                    | 5                                       |
| 3.                     | KT   | 17  | 6         | CN            | —                     | 5                                    | 4                                       |
| Mean ± SD 4.7 ± 1.25 ① |      |     |           |               | 4 ± 0.82 ②            | 4.3 ± 0.47 ③                         |                                         |

\*ABC: 60° abduction, ☆☆ post: postoperatively, §§ FVNG: free vascularized sural nerve graft,

\*\*no flap: no skin flap to monitor graft circulation was elevated.

\*\*\*CN: conventional nerve graft.

①, ②, ③: Differences were not statistically significant.

Table 2 Demographics and Clinical Results of Patients with Low Median Nerve Lesions Undergoing Nerve Grafting

| No.               | Name | Age | Skin Defect | Kind of graft | Length of nerve gap | Survival of skin flap | Speed of Tinel* | Time to S <sub>2</sub> | Time to EMG(APB☆) | Final Motor | Results Sensory |
|-------------------|------|-----|-------------|---------------|---------------------|-----------------------|-----------------|------------------------|-------------------|-------------|-----------------|
| 1.                | NK   | 18  | +           | FVNG§         | 5 cm                | yes                   | 2.2mm/day       | 14 wks                 | 6 mos             | M 3         | S 3             |
| 2.                | GO   | 50  | +           | FVNG          | 6                   | yes                   | 1.5             | 18                     | 8.5               | M 2         | S 3             |
| 3.                | TM   | 45  | —           | FVNG          | 5                   | yes                   | 2.0             | 17                     | 7.0               | M 3         | S 3             |
| 4.                | TY   | 50  | —           | FVNG          | 5                   | yes                   | 1.6             | 18                     | 8.0               | M 2         | S 3             |
| Mean±SD 5.25±0.43 |      |     |             | ※             | 1.83±0.2 #          | 16.75±1.64 #          | 7.38±0.96 #     |                        | 2.5±0.5 #         |             | 3±0 #           |
| 1.                | MK   | 31  | —           | CN §§         | 5                   | —                     | 0.5             | 24                     | 11                | M 2         | S 3             |
| 2.                | HU   | 21  | +           | CN            | 10                  | —                     | 0.5             | 26                     | 14                | M 1         | S 2             |
| 3.                | TT   | 50  | +           | CN            | 7                   | —                     | 0.5             | 42                     | none              | MO          | S 2             |
| Mean±SD 7.3±2.05  |      |     |             | ※             | 0.5± #              | 30.67±8.06 #          | 12.5±1.5 #      |                        | 1±0.81 #          |             | 2.33±0.47 #     |

\*Distance Tinel's sign advanced during the first three months, §FVNG: free vascularized sural nerve graft, §§ CN: conventional nerve graft. ☆APB: abductor pollicis brevis

※: no statistical significant difference

#: P<0.05

梢神経評価試験)を行い、評価は術式の内容を知らないハンドセラピストが行った。

## 結 果

結果については、表に記載してあるので、紙面の関係より、表中に記載していない項目の補充と結果についてのみ述べる。

**腋窩神経** (Table 1)：移植神経は FVNG の 2 例は posterior cord 部から、3 例はその末梢から、従来法は cord 末梢から各々腋窩神経末梢断端の間に移植した。術前の皮膚欠損はなく、瘢痕も認めなかった。FVNG の 2 例のみ血行モニター皮弁を移行した。三角筋への神経再生速度、同筋の最終筋力に両群で有意な差はなかった。

**正中神経** (Table 2)：10 例中、3 例は正中神経高位損傷であるが、すべて FVNG 例であるので、比較検討は行えないで省略した。症例数は少いが、Tinel 微候前進速度、筋電図再支配時期、最終成績のすべての項目で有意の差で ( $P < 0.05$ )、FVNG の方が優れていた。特に、従来法では母指球筋への回復が不良である。

**尺骨神経**：高位損傷 (Table 3) は 1 例毎しかないもので、症例報告程度にしか参考にならないが、FVNG 例では単なる尺骨神経損傷に対する縫合例と同程度の回復が得られたが、従来法では全く有益な回復は得られなかった。

**低位損傷** (Table 4) FVNG と従来法の神経欠損には統計学上、有意な差があるが、実際の臨床ではこの程度の差は度外視しても問題ない。FVNG 法と従来法の間には回復速度、最終成績に有意な差を認め、FVNG が優れた成績が得られていた。また、さらに注目するのは、FVNG 例で血行障害例 (No. 4) では非常に回復が悪いことである。

**橈骨神経**：橈骨神経損傷に皮膚欠損を合併した症例はない。

**高位損傷** (Table 5) では、術後 90 日までの Tinel 微候の前進速度は FVNG の方が早かった。それ以降の知覚回復は橈骨神経固有領域に神経二重支配の症例もあり、比較は不可能であった。運動回復は回復速度、最終成績共に FVNG が良好であった。

**低位損傷** (Table 6) では両群の間に差はなかった。

Table 3 Demographics and Clinical Results of Patients with High Ulnar nerve Lesions Undergoing Nerve Grafting

| No. | Name | Age | Skin Defect | Length of nerve gap | Kind of graft | Survival of flap | Speed of Tinel | Time to S2 | Time to EMG (ADM)* | Final Motor | Results Sensory |
|-----|------|-----|-------------|---------------------|---------------|------------------|----------------|------------|--------------------|-------------|-----------------|
| 1.  | HM   | 30  | —           | 7 cm                | FVNG**        | yes              | 2.2 mm/day     | 14 mos     | 20 mos             | M 3         | S 2             |
| 1.  | KI   | 18  | —           | 8                   | CN§           | —                | 0.5            | non        | 39                 | M 1         | S 1             |

\*ADM : abductor digiti minimi, \*\*FVNG : free vascularized sural nerve graft, § CN : conventional nerve graft

Table 4 Demographics and Clinical Results of Patients with Low Ulnar Nerve Lesions Undergoing Nerve Grafting

| No.     | Name | Age | Skin Defect | Length of nerve gap | Kind of graft | Survival of flap | Speed of Tinel | Time to S2   | Time to EMG(ADM)* | Final Motor    | Results Sensory |
|---------|------|-----|-------------|---------------------|---------------|------------------|----------------|--------------|-------------------|----------------|-----------------|
| 1.      | HK   | 31  | —           | 5 cm                | FVNG§         | yes              | 2 mm/day       | 4 mos        | 4                 | M 3            | S 3             |
| 2.      | OG   | 20  | —           | 6                   | FVNG          | yes              | 2              | 5            | 5                 | M 3            | S 3             |
| 3.      | ST   | 12  | —           | 6                   | FVNG          | yes              | 2              | 4            | 4                 | M 4            | S 3             |
| 4.      | KN   | 49  | —           | 7                   | FVNG          | none             | 0.5            | none         | 12                | M 1            | S 1             |
| Mean±SD |      |     |             | 5.67±0.47 ①         |               |                  | 1.63±0.65 ②#   | 4.33±0.47 ③# |                   | M 3.33±0.47 ⑤# |                 |
|         |      |     |             |                     |               |                  |                |              | 6.25±3.34 ④#      |                | S 3±0 ⑥         |
| 1.      | NT   | 47  | —           | 5                   | CN §§         | —                | 0.7            | 6            | 8                 | M 2            | S 2             |
| 2.      | OT   | 22  | —           | 4                   | CN            | —                | 0.5            | 7            | 9                 | M 2            | S 2             |
| 3.      | GO   | 35  | —           | 4                   | CN            | —                | 0.6            | 7            | none              | MO             | S 2             |
| Mean±SD |      |     |             | 4.33±0.47 ①         |               |                  | 0.6±0.8 ②      | 6.67 ±0.47 ③ |                   | M ⑤            |                 |
|         |      |     |             |                     |               |                  |                |              | 8.5±0.5 ④         |                | S 2 ⑥           |

\*ADM : abductor digiti minimi, §FVNG : free vascularized sural nerve graft, §§CN : conventional nerve graft,

# : Case No. 4 is excluded because of skin flap necrosis.

①-⑥ :  $P < 0.05$

Table 5 Demographics and Clinical Results of Patients with High Radial Nerve Lesions Undergoing Nerve Grafting

| No. | Name | Age | Skin Defect | Length of nerve gap | Kind of graft | Survival of flap | Speed of Tinel | Time to EMG (EDC)* | Final Results Motor |
|-----|------|-----|-------------|---------------------|---------------|------------------|----------------|--------------------|---------------------|
| 1.  | HF   | 18  | none        | 8 cm                | FVNG§         | yes              | 2mm/day        | 4 mos              | M 4                 |
| 2.  | FS   | 50  | none        | 14                  | FVNG          | yes              | 2              | 8                  | M 3                 |
|     |      |     |             | Mean±SD 11±3 ①      |               | 2 ②              | 6±2 ③          |                    | M 3.5±0.5 ④         |
| 1.  | MW   | 34  | none        | 10                  | CN §§         | —                | none           | none               | MO                  |
| 2.  | SK   | 32  | none        | 8                   | CN            | —                | 0.5            | 12                 | M 2                 |
| 3.  | KN   | 22  | none        | 11                  | CN            | —                | 0.6            | 10                 | M 1                 |
|     |      |     |             | Mean±SD 9.67±1.24 ① |               | 0.55±0.05 ②      |                | 11±1 ③             | M 1±0.82 ④          |

\*EDC : extensor digiti communis,

① : no significant difference

②-④ : P&lt;0.05

Table 6 Demographics and Clinical Results of Patients with Low Radial Nerve Lesions Undergoing Nerve Grafting

| No. | Name | Age | Skin Defect | Length of nerve gap | Kind of graft | Survival of flap | Time to EMG (EPL)* | Final |
|-----|------|-----|-------------|---------------------|---------------|------------------|--------------------|-------|
| 1.  | KW   | 50  | none        | 5 cm                | FVNG          | yes              | 5                  | M 4   |
| 2.  | ST   | 50  | none        | 5                   | FVNG          | yes              | 5.5                | M 4   |
|     |      |     |             | Mean±SD 5 ①         |               | 5.25±0.25 ②      |                    | M 4 ③ |
| 1.  | KF   | 37  | none        | 5                   | CN            | —                | 5                  | M 4   |
| 2.  | YM   | 45  | none        | 4                   | CN            | —                | 6                  | M 2   |
|     |      |     |             | Mean±SD 4.5±0.5 ①   |               | 5.5±0.5 ②        |                    | M 3 ③ |

\*EPL: extensor pollicis longus,

①-③ : not statistically significant

**指神経** (Table 7) : FVNG の 1 例に皮膚欠損があり、同時に遊離皮弁を移行した。従来法の 3 例に皮膚欠損があったが、有茎皮弁で 1 次的に閉鎖した後、2 次的に神経移植を行った。特に後者の 3 例は FVNG に比べて回復速度、最終知覚回復の成績が不良であった。しかし、全体としての、指神経損傷の成績は回復速度は FVNG が早いものの、最終知覚回復には両群間に差がなかった。

### 考 察

本シリーズは臨床症例の背景を限定したため症例数自体が少く、統計学的な信頼度にはいまだ欠けるところがあり、今後、症例数が増加していくれば、結果に若干の変化が出ることは予想される。しかしながら、中間成績としての、FVNG と従来法の比較の一定の傾向は今後の臨床での両者の適応の参考になる。

両群の成績に差のなかった腋窩神経と橈骨神経低位

損傷では、皮膚欠損や移植床の瘢痕が少かったことと神経欠損長が 6 cm 以下と短かったことが特徴である。つまり、血行の良好な移植床では腓腹神経のような細い移植神経は血行再支配の制限時間である 72 時間以内に容易に再血流されることを物語っていると言える。<sup>4)5)6)</sup>

正中神経の 5 例、指神経の 5 例は皮膚欠損を合併していたが、神経移植と同時に遊離皮弁で皮膚欠損を覆った FVNG 例では良好な回復が得られたのに対して 1 次的に有茎皮弁で覆い 2 次的に従来法の神経移植を行った症例の成績は不良であった。これは、有茎皮弁や切断指再接着例では移植床の血行が非常に障害されていることを意味するもので、このような場合神経欠損長が 6 cm 以下でも FVNG の良い適応である。

尺骨神経高位損傷や橈骨神経高位損傷例で示されたように移植床の血行が良好な場合の神経欠損長は本症例では経験的に橈骨神経では 10 cm、尺骨神経では 7

Table 7 Demographics and Clinical Results of Patients with Digital Nerve Lesions

| No.     | Name | Age  | Skin Defect | length of nerve gap | Kind of graft | Survival of flap | Speed of Tinel | Time to S 2 | Undergoing Nerve Grafting |                             |
|---------|------|------|-------------|---------------------|---------------|------------------|----------------|-------------|---------------------------|-----------------------------|
|         |      |      |             |                     |               |                  |                |             | Final Sensory             | Results Semmens-* weinstein |
| 1. HT   | 50   | none | 6 cm        | FVNG                | yes           | 2.0 mm/day       | 3 mos          | S 2         | 4.17                      | none                        |
| 2. HH   | 19   | 6    | FVNG        | yes                 | 1.2           | 3                | S 3            | 3.61        | 8 mm                      |                             |
| 3. HK   | 32   | none | 6           | FVNG                | partial       | 0.8              | 6              | S 2         | 4.17                      | none                        |
| 4. TK   | 42   | none | 6           | FVNG                | yes           | 1.2              | 4              | S 4         | 2.83                      | 4                           |
| 5. KS   | 46   | yes  | 5           | FVNG                | yes           | 3.0              | 3              | S 3         | 3.61                      | 10                          |
| 6. KM   | 42   | none | 5           | FVNG                | yes           | 2.0              | 4              | S 4         | 2.83                      | 6                           |
| 7. KY   | 36   | none | 5           | FVNG                | yes           | 2.0              | 4              | S 3         | 3.61                      | 10                          |
| Mean±SD |      |      |             | 5.57±0.49 ①         |               | 1.74±0.68 ②      |                | 3.86±0.99 ③ |                           | 3.35±0.53 ④                 |
| 1. KS   | 46   | none | 5           | CN                  | —             | 0.5              | 13             | S 2         | 4.17                      | none                        |
| 2. SI   | 50   | none | 4           | CN                  | —             | 0.7              | 12             | S 3         | 3.61                      | 12                          |
| 3. HK   | 45   | none | 7           | CN                  | —             | 0.4              | 8              | S 2         | 4.17                      | none                        |
| 4. MK   | 24   | yes  | 6           | CN                  | —             | 0.6              | 8              | S 3         | 3.61                      | 8                           |
| 5. MN   | 32   | yes  | 6           | CN                  | —             | 0.5              | none           | none        | —                         | none                        |
| 6. KN   | 49   | yes  | 6           | CN                  | —             | 0.5              | 16             | S 2         | 4.17                      | none                        |
| Mean±SD |      |      |             | 5.67±0.94 ①         |               | 0.53±0.09 ②      |                | 11.4±3.07 ③ |                           | 3.37±0.49 ④                 |

\*Semmes-Weinstein: Semmes-Weinstein monofilament test, \*\*Moving 2 PD: Moving two-point discrimination, ①, ④: No significant difference  
②, ③: P<0.05

cm である。両神経間での長さの差は一般的な両神経の神経縫合の成績に差より生じている。

### 結語

症例数が少ないので、中間成績の報告として、今後、結論、適応に若干の変更を生じる可能性をまず明記しておくが、血管柄付神経移植は神経欠損が 6 cm 以上で皮膚欠損を合併している時や再接着後の再建時に適応があり、移植床の血行が良好なときには 10 cm 以上の神経欠損に適応がある。

### 文 献

- Doi, K., et al.: The free vascularized sural nerve graft. *Microsurg.*, 5: 175-184, 1984.
- Doi, K., et al.: A reliable technique of free vascularized sural nerve grafting and preliminary results of clinical applications. *J Hand Surg.*, 12A: 677-684, 1987.
- Doi, K., et al.: A comparison of vascularized and conventional free nerve grafts. *J Hand Surg.*, in press, 1991.
- McCullough C. J., et al.: Axon regeneration and vascularization of nerve grafts. An experimental study. *J Hand Surg.*, 9B: 323-327, 1984.

5) Lind, R., et al.: Comparison of the pattern of early revascularization of conventional versus vascularized nerve grafts in the canine. *J Reconstr. Microsurg.*, 2: 229-234, 1986.

6) Lux, P., et al.: Determination of temporal changes in blood flow in vascularized nerve grafts: An experimental structural comparison. *Plast. Reconstr. Surg.*, 82: 133, 1988.

### 質問 新潟大学整形外科 柴田 実

1) Conventional nerve graft を行い、血行のよい free flap で cover しても Vascularized nerve graft に較べ成績がよくないという結論ですが、血行のよい正常組織における両者のタイプの nerve graft の成績に差があるとお考えでしょうか？

2) Conventional nerve graft と vascularized nerve graft に成績の差ができる理由はどのようにお考えか？ Schwann cell の viability, activity に起因するとお考えでしょうか？

### 回答 山口大学整形外科 土井 一輝

1) 皮膚欠損を遊離皮弁や有茎皮弁で覆った後に、從

来法の神経移植を行っても、移植床の血行は正常に比べて 20ないし 30%しかなく、移植神経を栄養するには時間的、量的に、FVNG と比較して劣っているために成績に差がでてくる。

2) FVNG では移植神経の血行が一貫して温存されているため、Schwann 細胞の活性度は一旦血行の遮断される従来法の神経移植と比べて優れしており、再生過程に差が出ることは当然考えられる。更には、FVNG では移植床周囲との癒着が起こらないため、いわゆる神経の滑走が良好であり、2 次的な神経損傷が起こら

ない事も利点のひとつと考えている。

質 問 琉球大学整形外科 金谷 文則

血管柄付神経移植の indication が、10 cm 以上の神経欠損とのことですが、10 cm の数字の根拠を教えて下さい。

回 答 山口大学整形外科 土井 一輝

有意な差があった症例の最短長が 10 cm であり、統計的処理は行っていない。

運動解析

## 手 指 関 節 運 動 の 動 的 解 析

### — 1 関節固定および運動速度の影響 —

国立長崎中央病院整形外科, 臨床研究部

秋 山 寛 治

長崎大学医学部整形外科学教室

今 村 宏太郎・岩 崎 勝 郎

大村市立病院整形外科

千 葉 剛 次

### The Effect of the Speed for the Joint Motion of the Index Finger with one Joint Fixed

Kanji Akiyama, et al.

Department of Orthopaedic Surgery and Institute for Clinical Research,  
Nagasaki Chuo National Hospital. 2-1001-1, Kubara, Omura 856, Japan.

The objective of this investigation was to estimate the effect of the speed and fixation for the motion of the finger.

We studied the joint of the right index finger with electrogoniometers on fifteen volunteers.

In the beginning the subjects performed 0.5 Hz cyclic flexion and extension of index finger without resistance. Following this test, DIP joint was fixed at 0 and 45 degrees flexion, and the subjects performed finger motion.

In the same way, the tests were carried out with PIP and MP joint fixation. These tests were repeated in 1 and 2 Hz cyclic motions.

The movement of the three joints were recorded in the Pen Recorder and the Data Recorder.

Result: In PIP 0 degree fixation, the range of DIP flexion was less than that of no fixation.

When PIP joint was fixed at 45 degrees flexion, the subjects moved their DIP joint to flexion more easily. In DIP 45 degrees fixation, the movement to extension of PIP joint was more difficult than that in DIP non-fixation. This phenomenon was more clearly in proportion to the speed.

We refer to the oblique retinacular ligament for the factor that correlates the movement of DIP and PIP joints. The MP joint, however, showed independent movement while other joint was fixed.

#### 目 的

手指は MP, PIP, DIP の 3 関節を有し, それらは目的に応じて相互に調和しながら屈曲伸展を行い手指の

滑らかな動きを可能とする。ところが、種々の原因により 1 関節の動きが制限された状態では他の関節は制限のない運動（以下自由運動と称す）時とは異なった運動パターンを示すことが予想される。本研究の目的

Key words: finger motion

Address for reprint: Kanji Akiyama, M. D., Department of Orthopaedic Surgery and Institute for Clinical Research, Nagasaki Chuo National Hospital, 2-1001-1, Kubara, Omura 856, Japan.

は、1関節が固定された状態では他の関節が自由運動時と比べてどのように異なった動きをするのかを明らかにし、また固定による変化が運動速度が変わることによってどのような影響を受けるのかを併せて解明することである。

## 方 法

19才から25才の健康男性15名を被検者とした。0.5, 1, 2 Hzの3種の速度周期をメトロノーム音によって示し、これに合わせて右示指の自由屈曲伸展運動を行わせた(Fig. 1)。次に、MP, PIP, DIP のうち1関節を屈曲0度もしくは45度に固定し、各速度で手指の運動を行わせ、この際の各手指関節の角度変化を



Fig. 1 An electrogoniometer

森貞<sup>4)</sup>, LONG<sup>3)</sup>等に準じて自作した電気角度計を用いて測定し、データレコーダに記録した。測定データはA-D変換後、コンピューター画面上で15周期分を重ね合わせ描出し、さらに各実験について最大屈曲伸展角度の平均値を算出させた。各被験者それぞれについて得られた関節角度の15名の平均値を各実験間で比較し、可動域の変化を検討した。

## 結 果

### 1. DIP関節可動域の変化 (Fig. 2)

#### 1) PIP関節0度固定

いずれの速度においても、DIP関節は自由運動時に比較して屈曲制限がt検定により5%の危険率で見られた。この屈曲制限の運動速度による影響を分散分析により検定したところ、統計学上有意な差は認められなかった。また2Hzのとき伸展制限が見られた。

#### 2) PIP関節45度固定

いずれの速度においても、DIP関節は0度固定時に比べ屈曲制限は少なくなった。運動速度による影響は統計学上見られなかった。

#### 3) MP関節0度固定

2Hz運動時伸展制限が生じたが、他に固定による影響は少なかった。

#### 4) MP関節45度固定

2Hz運動時伸展制限が生じたが、他に固定による影響は少なかった。

### 2. PIP関節可動域の変化 (Fig. 3)

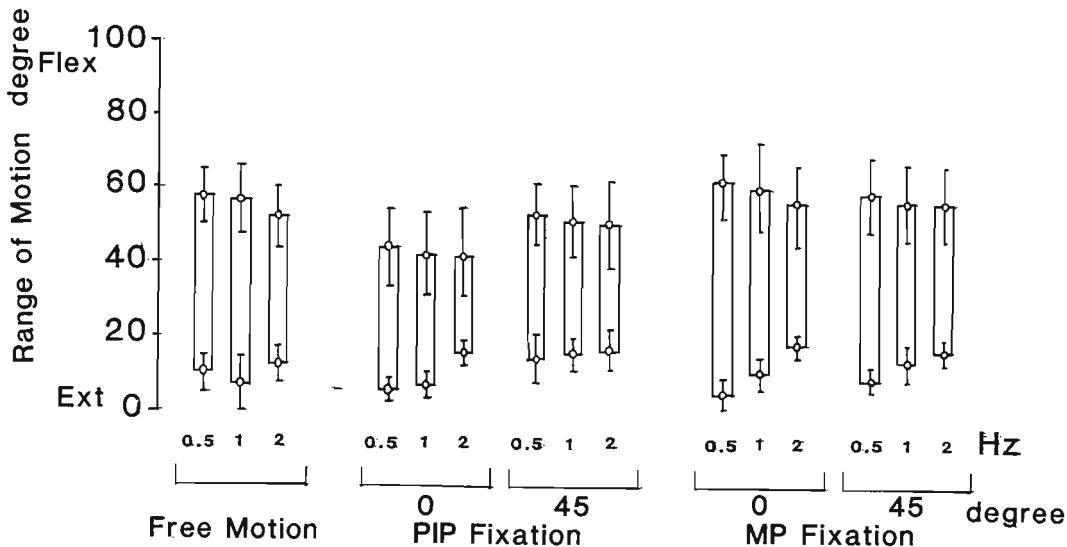


Fig. 2 The change of ROM in DIP joint when other joint was fixed

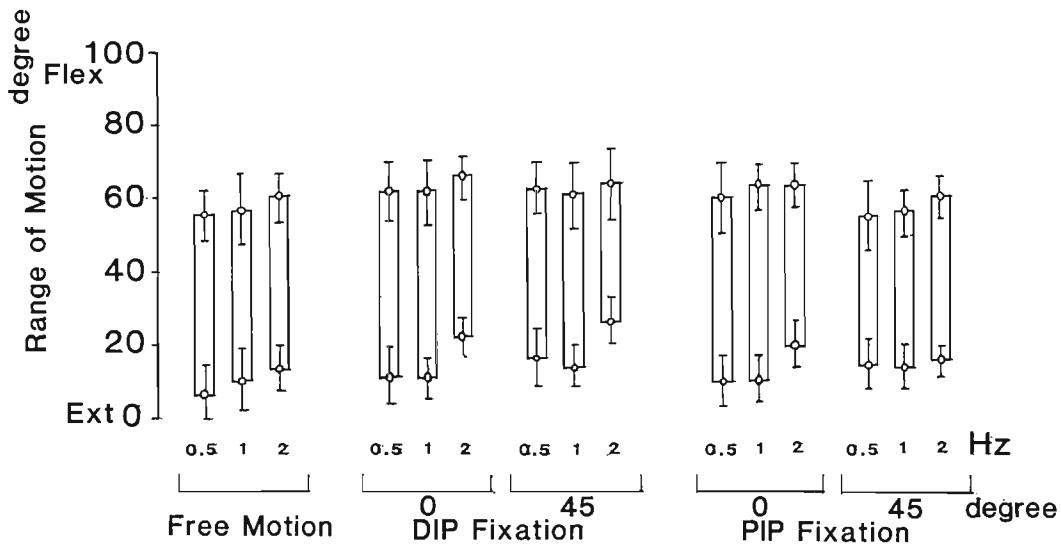


Fig. 4 The change of ROM in MP joint when other joint was fixed

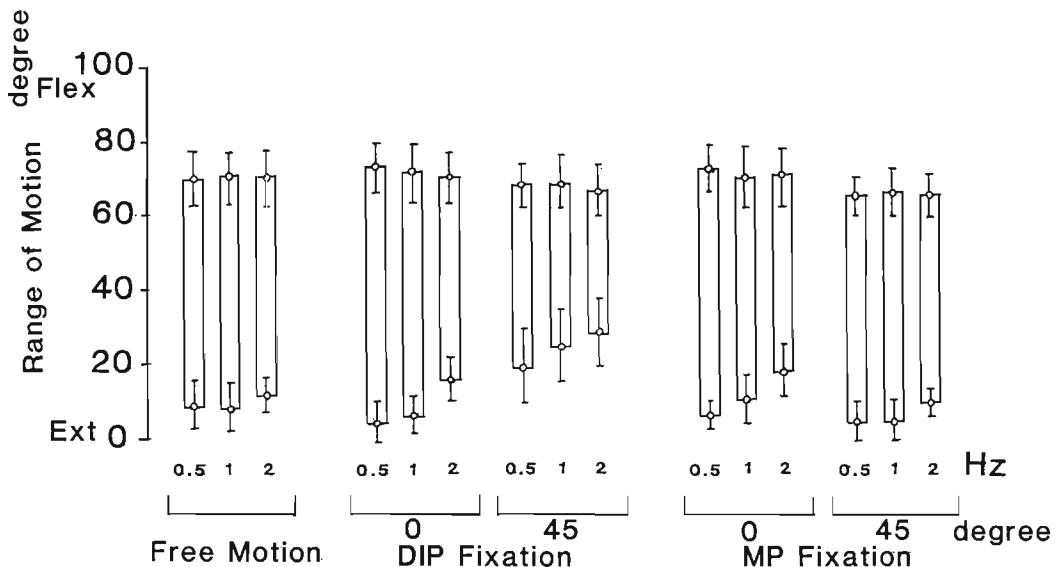


Fig. 3 The change of ROM in PIP joint when other joint was fixed

## 1) DIP 関節 0 度固定

自由運動時に較べ 2Hz で伸展制限が見られた他は有意な差は認められなかった。

## 2) DIP 関節 45 度固定

いずれの速度周期でも t 検定上 5% の危険率で有意に伸展制限が見られた。運動速度による影響を分散分析により検定したところ 5% の危険率で、速度が増すほど伸展制限が強まることがわかった。

## 3. MP 関節可動域の変化 (Fig. 4)

2 Hz での運動の時、自由運動に較べ伸展制限が各実験下で生じた。その他の点では、DIP 関節 0, 45 度固定の場合も PIP 関節 0, 45 度固定の場合も、MP 関節は自由運動時に比較し有意な変化は見られなかった。

## 考 察

## 1. 固定による関節可動域の変化

今回のわれわれの実験結果を MP 関節に関してまとめると、DIP 関節固定あるいは PIP 関節固定により

MP 関節へ及ぼされる影響は少く、また MP 関節を固定することによる DIP 関節や PIP 関節への影響も同様に少いことがわかった。すなわち、MP 関節は DIP 関節や PIP 関節とは独立した関節と言えるであろう。

これに対し、DIP 関節と PIP 関節については、前述したように一方を固定することによって他方の可動域に影響がみられ、緊密な相互関係を持っていた。

手指関節の働きに関わる要因としては、腱滑走や腱膜・靭帯成分などの解剖学的・運動力学的側面があげられる他、拮抗筋の協調運動や、さらに、末梢神経や高次中枢の関与も考えられる。これらの要因のうち、今回の実験で得られた DIP 関節と PIP 関節についての所見は、腱膜、靭帯成分として DIP と PIP を連結する Oblique Retinacular Ligament(以下 ORL と略す)の関与を支持するものであった。

ORL は、基節骨頸部の指屈筋腱腱鞘に起始し、PIP 関節の掌側を通過して斜めに遠位背側に走り、Lateral Band の末端に近いレベルでその外側縁に移行する。Landsmeer ら<sup>2)</sup>によると、その走行から、ORL は PIP 関節伸展位で緊張が増し、DIP 関節に伸展力として働く。PIP 関節が屈曲すると ORL はその緊張が緩み、DIP 関節は屈曲しやすくなると言われている。

今回の実験の結果有意であった所見を、ORL の関与により以下のように解釈した (Fig. 5)。

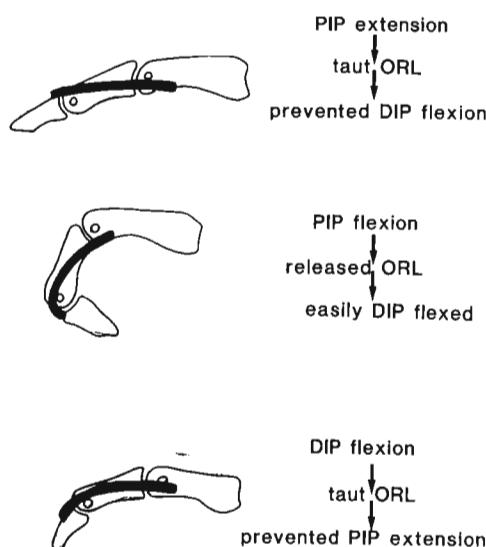


Fig. 5 Oblique retinacular ligament

1) PIP 関節 0 度固定時の DIP 関節屈曲制限  
PIP 伸展位固定により ORL は緊張し、DIP 関節には伸展方向へ力が働き DIP 関節は屈曲しにくい状態になる。

2) PIP 関節 45 度固定時 DIP 関節屈曲制限の緩和  
DIP 関節 45 度固定のときには ORL の緊張は弱まり DIP 関節に対し伸展方向へ働く力は少くなり、DIP 関節の屈曲は容易になる

3) DIP 関節 45 度固定時 PIP 関節伸展制限  
DIP 関節 45 度固定により ORL がすでに緊張した状態におかれており、PIP 関節の伸展はさらに ORL の緊張を増加させるためこの方向への運動制限が生ずる。

## 2. 運動速度の影響

今回の実験から運動速度の影響に関して、1) DIP 関節 45 度固定時に見られた PIP 関節の伸展制限は速度が増すにつれ強まっていく 2) 各実験を通じて 2Hz における運動で伸展制限が生ずる、の 2 点の所見が得られた。これは手指運動に関して速度に影響される現象が存在するとすれば、自然な手指運動では出現しにくいものが関節固定という負荷条件の下で顕在化したとも考えられる。

運動速度に影響するものとして、1) 手指各筋の特性および相互作用 2) 末梢神経、中枢神経の関わり 3) 性、年令、学習等による個人差等、様々なものがあげられるが、今後はこれらの因子も考慮してさらに研究を進めたい。

## ま と め

1. DIP・PIP 関節は相互に関連した動きを示し、oblique retinacular ligament の関与が示唆された。
2. MP 関節は独立した動きを示した。
3. DIP 関節 45 度固定時に見られた PIP 関節の伸展制限は速度が増すにつれ強まっていった
4. 2Hz における運動で伸展制限が生じた

## 参 考 文 献

- 1) 今村宏太郎ほか：指関節運動の動的解析。日手会誌, 5: 295-298, 1988.
- 2) Landsmeer, J. M. F.: The coordination of Finger-Joint Motions. J. Bone Joint Surg., 45-A : 1654-1661, 1963.
- 3) Long, C. H.: Intrinsic-Extrinsic Muscle Control of the Fingers. J. Bone Joint Surg., 50-A : 973-984, 1968.

- 4) 森貞近見：ヒトの手関節機能分析。整形外科，22：856-858, 1971.

**質問** 新潟手の外科研究所 田島 達也  
「ORL の運動作用はごく弱く、PIP 関節を伸展位に保持しても DIP 関節は通常 60° ほど屈曲できる」のではないか。

**回答** 国立長崎中央病院整形外科 秋山 寛治  
先生、御教示の通り、ゆっくりした運動では、指はかなりの可動域を示しますが、速い速度の運動では、ORL の因子を支持するような、PIP DIP の相互作用が生じてまいります。

**質問** 済生会神奈川県病院整形外科 佐々木 孝  
本実験の結果からは腱性マレット指の固定には PIP の屈曲も加わった方が良いと考えられますか？（DIP 伸展のみで充分と思っていますが…）

**回答** 国立長崎中央病院整形外科 秋山 寛治  
マレットフィンガーテーピング時の PIP の固定について 2 つの場合を考えます。

- ①ターミナルテンドンのみが損傷されたとき、ORL は PIP を伸展位に固定すると DIP に伸展力として働きますので、この位置が望しい
- ②ORL も損傷されたときは、PIP を屈曲すると、ORL は緩みますので、この位置の方が修復には都合が良いと考えます。

**質問** 佐久総合病院整形外科 松井 猛  
ORL の発達程度について、個人差や指による差があるのでしょうか。

**回答** 国立長崎中央病院整形外科 秋山 寛治  
今回、検査指とした示指については比較的、その存在を認める文献がありますが、その他の指につきましては、その存在、また個人差がかなりあるようです。

## シネラジオグラフィーによる手関節の運動解析 —第6報 手関節橈尺屈運動に伴う近位手根列の掌背屈運動—

大阪市立大学医学部整形外科学教室

楠 正 敬・安 田 国 孝  
釜 野 雅 行

大阪掖済会病院整形外科

香 月 憲 一

石切生喜病院整形外科

山 田 純 司

Cineradiographic study of the wrist motion  
—The 6th report: Flexion-extension movement of the proximal carpal row during radial-ulnar movement of the wrist—

Masataka Kusunoki, et al.

Department of Orthopedic Surgery, Osaka City University Medical School

Since we reported the motion analysis of the normal wrist joints in 1986, we have presented the reports of the analytical results of various diseases of the wrist. In this paper we dealt with the flexion-extension movement of the proximal carpal row during radial-ulnar movement of the wrist.

Thirty wrists of 15 healthy male volunteers averaged 31 years old with a range of 26 to 45 years old were used as materials.

Cineradiograph of the wrist was taken by 30 frames/second in lateral view during active radial-ulnar movement of the wrist maintaining neutral position in not only flexion-extension of the wrist but pronation-supination of the forearm. Intercarpal angles, such as radiolunate (R-L), radioscapoid (R-S) and scapholunate (S-L) angle were measured with cineradiographic pictures and changes of individual intercarpal angles accompanying the wrist motion were represented graphically.

During the wrist moved from 20 degrees of the radial deviation to 30 degrees of the ulnar deviation, the R-L angle changed from 13 degrees to minus 21 degrees and the R-S angle changed from 68 degrees to 31 degrees. As these two intercarpal angles changed coincidentally, the S-L angle showed a constant value even if the wrist was in any position. We should attach importance to the S-L angle in diagnosing the carpal instability using the plain X-ray films taken in not standardized position.

手関節の橈尺屈運動に伴って、近位手根列が掌背屈運動をすることはすでに知られているが、生体における運動解析の報告は皆無である。われわれは、シネラ

ジオグラフィーを用いて近位手根列の定量的な運動解析を行った。

**Key words:** wrist, motion analysis, cineradiography

**Address for reprint:** Masataka Kusunoki, M. D., Department of Orthopedic Surgery, Osaka City University Medical School, 1-5-7, Asahimachi, Abenoku, Osaka city, 545 Japan

## 方 法

手関節に何ら愁訴を有さず外傷歴の無い男性ボランティア 15 名 30 手関節を対象とした。年令は 26 才から 45 才、平均 31 才である。第 3 中手骨の長軸に一致して長さ 5 cm の鋼線を手背に貼り、専用の架台を用いて前腕回内外と手関節掌背屈を常に中間位に保ち、手関節の橈尺屈運動のみをおこなわせた。運動中の手関節の側面像を 30 frame/sec でシネ撮影し、得られたシネフィルム上の鋼線の長さから手関節の橈尺屈角度を算出し、この時の各手根間角度を測定して両者の関係をグラフ化した。角度測定の基準となる前腕の基準線は橈骨の背側接線とし、月状骨の軸は背・掌側 horn を結ぶ線の垂線とし、舟状骨の軸は掌側接線とした。また、手根骨の軸が掌側に位置する場合を正で、背側に位置する場合を負であらわした。

## 結 果

得られたシネフィルムをシネピューアーで観察すると、手関節の橈尺屈運動にともない、介在骨として存在する手根中枢列が、スムースなしかも予期した以上の大きな掌背屈運動をしていることが判明した (Fig. 1)。

三角骨の陰影をシネ側面画像で正確に読影することが困難なため、手根中枢列の角度変化の検討は月状骨と舟状骨についておこなった。手関節を掌背屈中間位で橈尺屈運動のみを行わせたにもかかわらず、わずかな掌背屈運動をともなうのは不可避である。そこで得られた各手根間角度をその時の手関節掌背屈中間位で

の値に補正する必要があるので、山田<sup>3)</sup>の正常手関節の標準曲線を用いて補正を行った。以下に示す手根間角度の数値は補正後の値である。

手関節が橈尺屈中間位の時 radiolunate (R-L) angle は平均 3 度で月状骨は軽度掌屈位にあり、手関節橈屈 20 度では平均 13 度の掌屈位を、手関節尺屈 30 度では平均 21 度の背屈位であった。すなわち、手関節が 50 度橈尺屈運動する間に月状骨は 34 度掌背屈運動を行っていることを示している。この月状骨の掌背屈運動は一様になされるのではない。手関節中間位付近では手関節の橈尺屈運動と月状骨の掌背屈運動は比例関係にあり、グラフは直線を描くが、橈屈域・尺屈域の終末では R-L angle の変化は少く、グラフは全体として S 字状を呈した。

radioscaphoid (R-S) angle も R-L angle ときわめて類似した曲線を描いた。手関節が橈尺屈中間位の時 R-S angle は平均 56 度であった。手関節橈屈 20 度では平均 68 度と舟状骨は強い掌屈位をとり、手関節尺屈 30 度では平均 31 度の掌屈位となった。すなわち、手関節が 50 度橈尺屈運動する間に舟状骨は 37 度掌背屈運動を行っている。R-S angle のグラフも全体として S 字状を呈し、月状骨と舟状骨が手関節の掌背屈運動時に、ほぼ同期した掌背屈運動をしていることが判明した。したがって R-S angle と R-L angle の差として表わされる scapholunate (S-L) angle は、手関節が掌背屈中間位である限り、橈尺屈の影響を受けず、常に 52 度前後の一定の値を示した。Table 1 に種々の手関節橈尺屈角度における各手根骨間角度の平均と標準偏差を示した。Fig. 2 はこれらをグラフ化したものである。

## 考 察

Taleisnik<sup>2)</sup>は Navarro の columnar theory を発展させ、手関節の運動学的観点から、手根骨を lateral (舟状骨), central (手根骨遠位列と月状骨), medial (三角骨) の三つの column に分類した。手関節が橈屈するとき舟状骨は月状骨とともに掌屈し、三角骨は有鈎骨の螺旋状関節面を中枢側に移動して high position をとる。逆に手関節が尺屈するときには舟状骨・月状骨は背屈し、三角骨は low position をとる。したがって、手関節が橈屈位あるいは尺屈位にあるとき、その側面 X 線像は各々 VISI, DISI 型の carpal collapse deformity と類似する。手根骨中枢列を形成する骨は、手関節の掌背屈運動に連動した掌背屈運動のみならず、橈尺屈運動に伴う掌背屈運動を行ってい

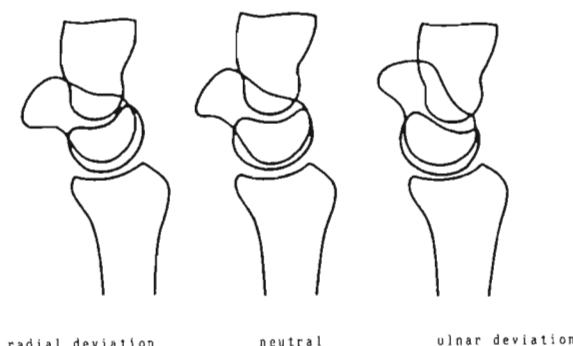
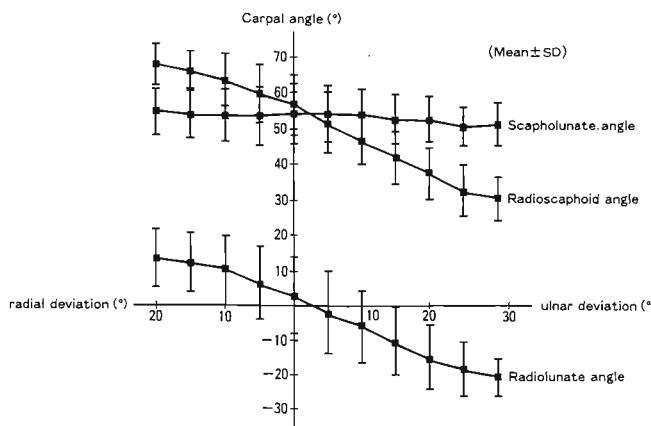


Fig. 1 The flexion-extent movement of the proximal carpal bones during radial-ulnar movement of the wrist.

**Table 1** The relation between the radioulnar deviation of the wrist and the carpal angles.

| Radius-ulnar deviation (°) | Radial-lunate angle (°) | Radius-scaphoid angle (°) | Scapho-lunate angle (°) |
|----------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
| R. D. 20                   | 13±8                    | 66±6                      | 54±6                    |
| 15                         | 12±8                    | 65±6                      | 54±7                    |
| 10                         | 10±10                   | 63±7                      | 53±7                    |
| 5                          | 6±10                    | 60±8                      | 54±8                    |
| Neutral                    | 3±11                    | 56±8                      | 54±8                    |
| U. D. 5                    | -2±12                   | 52±8                      | 54±8                    |
| 10                         | -6±10                   | 47±8                      | 53±7                    |
| 15                         | -10±10                  | 42±7                      | 53±7                    |
| 20                         | -15±9                   | 38±7                      | 53±6                    |
| 25                         | -18±8                   | 33±7                      | 51±5                    |
| 30                         | -21±5                   | 31±6                      | 51±6                    |

(Mean±SD)



**Fig. 2** The relation between the radioulnar deviation of the wrist and the carpal angles.

る。このことはよく知られた事実であるが、これまで定量的な運動解析がなされていなかった。

すでにわれわれは手関節の橈尺屈位と各手根骨間角度との関係を、単純X線同時2方向撮影で明らかにしたが<sup>11</sup>、その結果とシネラジオグラフィーを用いた今回の動的解析結果はきわめてよく一致しているので、静的な状態でも動的な状態でも手関節の橈尺屈と手根骨中枢列の掌背屈は、定性的にも定量的に同一の態度を取るものといえる。

今回の解析結果から、手関節が50度橈尺屈運動する間に近位手根列は約30度掌背屈運動すること、S-L angleは手関節の橈尺屈位の影響を受けないことの2点が明らかになった。

常に基準肢位で撮影されているとは限らない手関節単純X線像におけるcarpal malalignmentの判定に

はS-L angleの計測値にこそより大きな診断的価値があるといえるだろう。

### ま と め

1. シネラジオグラフィーを用いて手関節の橈尺屈運動に伴う近位手根骨の掌背屈運動を定量的に解析した。
2. 手関節が50度橈尺屈する間に月状骨と舟状骨は30度以上の同期した掌背屈運動を行う。
3. scapholunate angleは手関節が掌背屈中間位にある限り、橈尺屈の影響を受けず51度から54度のほぼ一定の値を示す。

### 文 献

- 1) 香月憲一 他：手関節橈尺屈運動にともなう近位手

- 根列の掌背屈運動に関する検討. 日整会誌, 64: 1289, 1990.
- 2) Taleisnik, J.: The Wrist. Churchill Livingstone, New York, Edinburgh, London and Melbourne, 39-49, 1985.
- 3) 山田純司: シネラジオグラフィーによる正常手関節の運動解析. 日整会誌, 62: 1043-1054, 1988.

**質問** 済生会神奈川県病院整形外科 佐々木 孝  
先年慶應大学山内の屍体鋼球埋込み実験で手関節の橈尺屈に際しての舟状骨の見かけ上の掌背屈は大部分が舟状骨長軸まわりの回転であるという結果が出ていますが、あえてX線側面像で論じられる意義は何ですか？

**回答** 大阪市大整形外科 楠 正敬  
手関節の運動にともなう各手根骨の動きは三次元運動であり、舟状骨についても同様であるが、手関節の橈尺屈運動にともない正面像での舟状骨の高さと側面像での舟状骨長軸の角度が大きく変化することは、舟状骨が主として掌背屈運動をしていることをあらわしている。今回の研究で、臨床上手根不安定症の診断に用いられるX線側面像における各種手根間角度のうちS-L angleの計測値こそ診断的価値が高いことを示した。

## 橈骨短縮骨切り術が肘関節接触面積および 関節応力に及ぼす影響

大阪大学医学部整形外科教室

村井正和・河井秀夫  
田辺誠・小野啓郎

Joint Contact Area and Stress in the Elbow Joint  
by Radial Shortening

Masakazu Murai, et al.

Department of Orthopaedic Surgery, Osaka University School of Medicine

Radial shortening was studied concerning the contact area and stress of the elbow joint.

Two human cadaveric specimens were used. Both of two cadavers were amputated at middle of upper arm and stored frozen-35 degrees. With elbow joint intact, the muscles and tendons were dissected, leaving the interosseous membrane and the joint capsule. The distal end was disarticulated at the metacarpophalangeal joint, and fixed second metacarpal bone with intramedullary pinning by cement fixation. The radial shortening ostectomy was performed between distal one-fourth and fixed with mini Hoffman external fixator. The humerus was fixed to a loading jig with specially designed C-shaped clamp. The elbow was flexed 90 degrees and the wrist was positioned in neutral flexion/extension and radial deviation/ulnar deviation. When the forearm was positioned in neutral pronation/supination, a load of 100 newton (N) was applied by load-cell (Shimadzu S-500-C), and radial shortening was varied 0 mm, 2 mm, 4 mm and 6 mm. Then, the forearm was studied in pronation and full supination. The pressure in the elbow joint was measured with Fuji film prescale (Super low film and Low film) and a microcomputer-based digitizing and analyzing system (FDP301 and FDP303). The contact area was measured with silicon gel (RTV501), molding the elbow joint.

When the forearm was positioned in neutral, stress and contact area of the radiohumeral joint was decreased with radial shortening. The ulnohumeral joint stress and contact area was increased with radial shortening in the same position. When the forearm was positioned in pronation, radial shortening did not affect the radiohumeral joint stress and contact area. But as for the ulnohumeral joint, joint stress and contact area was increased with radial shortening. When forearm was positioned in supination, the radiohumeral joint had no contact area with silicon molding and radial shortening did not affect stress and contact area of the elbow joint.

目的 韻を及ぼすかについて検討した。

橈骨短縮のモデルを作り、荷重下において橈骨の短縮が肘関節の応力および関節接触面積にどのように影

方 法

成人上肢切断肢 2 例を -35 度で冷凍保存したもの

Key words: joint stress, joint contact area, radial shortening, elbow joint, interosseous membrane

Address for reprint: Masakazu Murai, M. D., Department of Orthopaedic Surgery, Osaka University School of Medicine, 1-1-50 Hukushima, Hukushima-ku, Osaka 553, Japan

を用いた。いずれも肘関節より 10 cm 近位の上腕骨より以遠の上肢であった。骨、関節包および骨間膜のみとして遠位側は中手指節関節で離断した。桡骨は遠位 1/4 の部位で骨切り術を行い、ミニホフマン創外固定器でピン固定した。第 2 中手骨ヘビンを刺入し髓内セメント固定し上腕骨は特性の C クランプで把持固定した。固定の肢位は、手関節は掌・背屈ならびに桡・尺屈中間位で肘関節は 90 度屈曲位とした。荷重試験器 (Shimadzu S-500-C) を用いて前腕回旋中間位の状態で 100N の荷重を長軸方向に行い、橈骨の短縮は 0 mm, 2 mm, 4 mm, 6 mm と変化させた。さらに前腕の肢位を回内位、回外位と変化させて回内および回外による影響も検討した。肘関節は前方関節包を切開して次のような操作を行った。接触面積は、シリコンゲル (RTV501) を関節内に注入し荷重を 5 分間行いシリコン硬化後に写真撮影し、シリコンの欠損部分を接触部分と判断して接触面積を面積計で測定した。関節応力は、富士フィルムプレスケール超低圧用ならびに低圧用で行い最大応力を専用濃度計 (FDP301) ならびに圧力換算器 (FDP303) にて測定した。

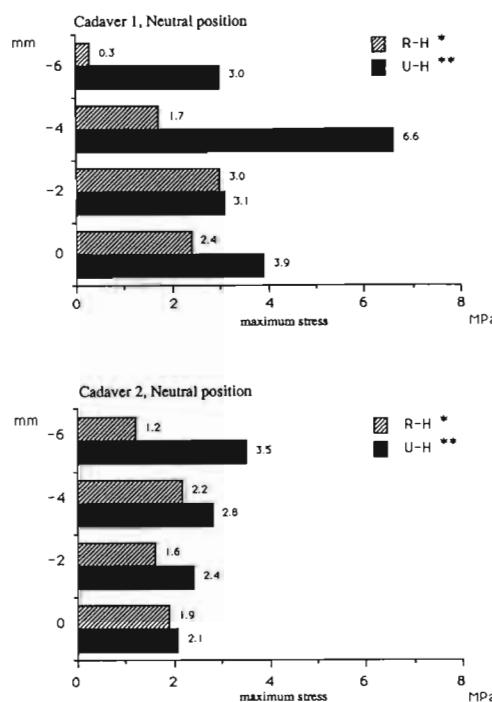


Fig. 1 Joint stress of the elbow joint

\* R-H: radiohumeral joint  
\*\* U-H: ulnoulnar joint

## 結果

### (1) 前腕回旋中間位での橈骨短縮による影響

最大応力は、橈骨短縮長が大きくなるにしたがって橈骨上腕関節では減少し尺骨上腕関節では増大した (Fig. 1)。

関節接触面積は、橈骨短縮長が大きくなるにしたがって最大応力と同じく橈骨上腕関節では減少し尺骨上腕関節では増大した (Fig. 2)。

### (2) 回内・回外による影響

橈骨上腕関節の最大応力は、橈骨短縮長が同じであれば中間位がもっとも大きく回内・回外により減少し、尺骨上腕関節でも同様で回内・回外により減少した。

橈骨短縮骨切り術の効果は、橈骨上腕関節では回外位では中間位と同じように短縮長の増大により最大応力が低下したが回内位では相関せず、尺骨上腕関節では回内位で短縮長の増大により中間位と同様最大応力は増大したが回外位では短縮長と相関しなかった (Fig. 3)。

橈骨上腕関節での接触面積は、橈骨短縮長が同じで

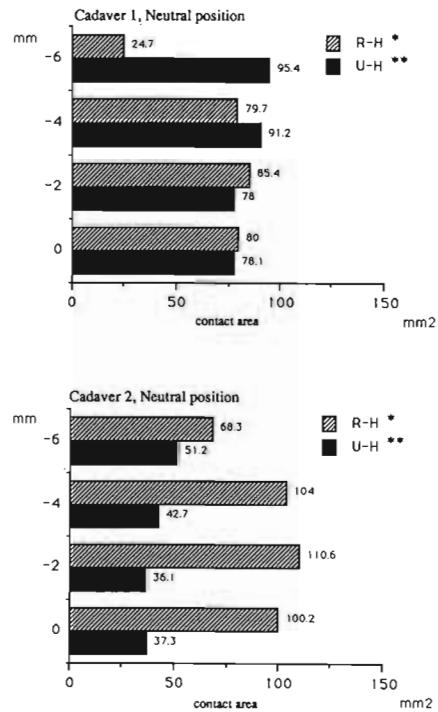


Fig. 2 Contact area of the elbow joint

\* R-H: radiohumeral joint  
\*\* U-H: ulnoulnar joint

あれば回内位がもっとも大きく、回外位ではシリコンによる接触部分はみられなかった。尺骨上腕関節での接触面積は、回外位がもっとも大きく回内位が続き、中間位で最小となった。

橈骨上腕関節の接触面積に対する橈骨短縮骨切り術の効果は、回外位では接触面積がなく評価できず、回内位では中間位のような短縮長と接触面積の相関はみられなかった。尺骨上腕関節は、回外位では橈骨短縮と接触面積とは相関せず、回内位では中間位と同じように橈骨短縮の増大に伴い接触面積は増大した (Fig. 4)。

回内・回外による接触部分の変化をみると、尺骨上腕関節の接触部分は回内により外側へ移動し、回外により内側へ移動した。橈骨上腕関節は、回外位では接触部分はなく、回内位および中間位での接触部位は明らかな差異がなかった (Fig. 5)。

## 考 察

手関節で橈骨に伝達された力は骨間膜を介して尺骨へ伝達される。Morrey らによれば、橈骨にかかる力は

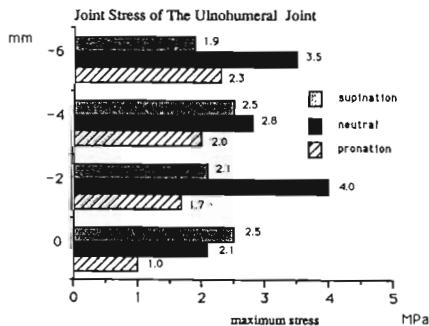
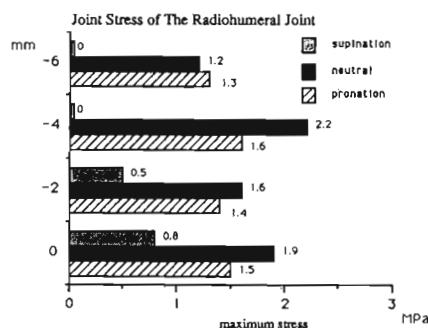


Fig. 3 Joint stress of the elbow joint by pro-supination.

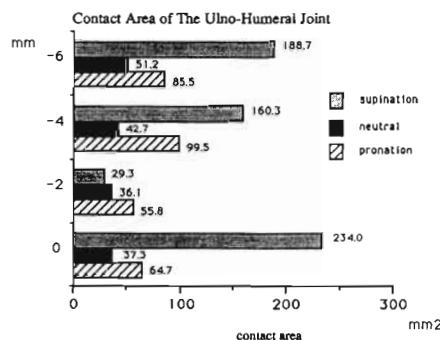
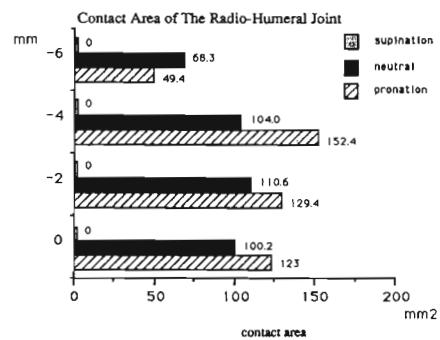


Fig. 4 Joint contact area of the elbow joint by pro-supination.

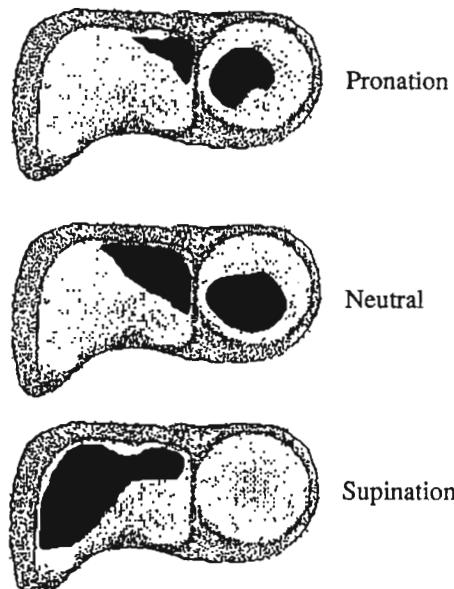


Fig. 5 Contact portion of the elbow joint by pro-supination. Radial shortening was 0 mm.

回外位よりも回内位で尺骨側へより多く伝達され、橈骨上腕関節の接触も減少する。Hotchkissらは、骨間膜には橈骨の近位部から尺骨の遠位部へ走行する強固な線維群（central band）があり力の伝達に大きく関与していることを述べている。またcentral bandの緊張は回外位でもっとも強く中間位、回内位と弱くなり、骨間膜を介した力の伝達は回外位がもっとも大きくMorreyらと同様の意見を述べている。シリコンの結果より回外位では橈骨上腕関節に接触部分が多く、橈骨にかかる力は尺骨側へほとんどすべてが伝達され、骨間膜を介する力の伝達は回外位がもっとも安定する。

### ま　と　め

橈骨短縮骨切り術は、前腕回旋中間位において橈骨上腕関節の最大応力および接触面積を減少させ、尺骨上腕関節の最大応力および接触面積を増大させた。

回内位では、橈骨上腕関節の最大応力および接触面積に橈骨短縮骨切り術が及ぼす影響は少かったが、尺骨上腕関節では橈骨短縮骨切り術は中間位と同様の効果があった。

回外位では、橈骨上腕関節はほとんど接触せず、橈骨短縮骨切り術が肘関節の最大応力および接触面積に及ぼす影響は少かった。

### 参 考 文 献

- 1) Hotchkiss, R. N., et al.: An anatomic and mechanical study of the interosseous membrane of the forearm: Pathomechanics of proximal migration of the radius. J. Hand Surg., 14-A : 256-261, 1989.
- 2) 森謙一他：前腕回旋機構に関する研究—骨間膜の機能解剖—。日整会誌, 59 : 611-622, 1985.
- 3) Morrey, B. F.,: Force transmission through the radial head. J. Bone and Joint Surg., 70-A : 250-256, 1988.
- 4) 司馬良一：肘関節の骨格構造と機能解剖。関節外科, 9 : 287-296, 1990.

**質問** 済生会神奈川県病院整形外科 佐々木 孝

①この橈骨短縮実験は臨床的には、肘のOAや野球時に前腕側で対処しようということなのでしょうか？

②骨間膜機能について考えておられるならば、骨切りの高位を変更しながら行ってゆくべきだと思いますが。

**回答** 大阪大学整形外科 村井 正和

骨切り術に関しては、特に臨床応用は考えてはいません。

今後の問題としては、骨間膜を介する橈・尺骨間の力の伝達機構に関する検討を行っていきたいと考えています。

## 炎 症

# 慢性関節リウマチにおける手関節滑膜切除術の成績と問題点

日本大学医学部整形外科教室

龍 順之助・橋 本 節 夫  
梅 村 元 子・鳥 山 貞 宜

## Results and Problems of Wrist Synovectomies in the Rheumatoid Hand

Junnosuke Ryu, et al.

Department of Orthopaedic Surgery, Nihon University School of Medicine

From 1971 to 1990, 45 patients with rheumatoid arthritis had 55 dorsal wrist synovectomies with Darrach procedure. Twenty-two patients with 29 wrist were more 5 years after surgery, were followed-up average 8 years 8 month, with range from 5 to 19 years. Pain was diminished in all but 4 wrists (25%) and synovitis recurred in 6 wrists (21%).

Motion were decreased all wrists and 15 wrists (52%) revealed bony ankylosis, motions of remaining 14 wrists were an average of 38 degrees in dorsal flexion and 22 degrees in palmar flexion. X ray evidence of progressive bony changes in 19 wrists. Although many patients had contracture and ankylosis in their wrists after surgery, they satisfied post operative conditions with painless and stable their wrists.

## は じ め に

慢性関節リウマチ(以下 RA)の手関節病変に対する滑膜切除術は多くの報告があり、その除痛消炎効果は有効であることが報告されている<sup>1)6)11)</sup>。著者らも手関節滑膜切除術後 5 年経過例につき検討し、除痛消炎効果はあるが、骨変化の進行は防止できず、手関節強直となる例が多いことを報告した<sup>8)</sup>。

現在、手関節滑膜切除術の問題点は 1) どのような例に手術の適応があるか、2) 術式、とくに尺骨遠位端切開の適否、3) 早期滑膜切除の有用性、4) 術後の手関節可動域の減少、5) 手根骨間および、掌側の滑膜切除術の方法、6) 術後の評価方法などである。

今回、RA に対する手関節滑膜切除術の経過、レ線上の変化、術後成績を評価し、特に滑膜切除術の適応、尺骨遠位端切開の問題点につき調査した。

## 方 法

症例は 1990 年までに、当科にて行った手関節滑膜切除 45 例 55 関節中、5 年以上経過し、経過観察し得た、22 例 29 関節である。女性 19 例男性 3 例、手術時年令は 19 才から 72 才で平均 55.4 才、follow-up 期間は 5 年より 19 年で、平均 8 年 8 ヶ月、手術時、X 線上の Steinbrocker による stage 分類では stage I. 6 関節、II. 8 関節、III. 12 関節、IV. 3 関節、伸筋腱裂の合併は 6 例 8 手であった。

Key words: rheumatoid arthritis, synovectomy, wrist joint, Darrach's procedure.

Address for reprint: Junnosuke Ryu, M. D., Department of Orthopaedic Surgery, Nihon University School of Medicine, 30-1, Oyaguchi Kami-machi, Itabashi-ku, Tokyo 173, Japan.

術式：手関節背側 S 字状切開にて進入、背側手根靱帶は、尺側縁で、切離反転する。伸筋腱周囲の腱鞘滑膜の切除を行う。次に、尺骨遠位端を 1.0~1.5 cm 切除する (Darrach 操作)。radio-ulnar, radio-carpal, intercarpal 滑膜切除を行う。Intercarpal の滑膜切除は、背側関節囊靱帶を弁状に切離末梢に、反転して、手根骨間の滑膜を丹念に切除する。以上の処置後、背側手根靱帶の遠位 2/3 を伸筋腱の下に通し、中枢 1/3 を背側で縫合する。術後 3 週の外固定の後、徐々に、運動を開始する。今回の症例は全例 Darrach 操作を加えた。

以上の症例につき、1) 痛痛、滑膜炎の再燃の有無、2) 可動域、3) 術後の骨変化および変形の有無、4) 手関節安定性、5) 非手術側との骨変化の比較につき調査した。

## 結果

経過観察の時点で、29 関節中、疼痛は 4 関節 (25%) にみられたが軽度であった。滑膜の再燃は 6 関節 (21%) にみられたが、その程度は部分的で、軽度であり、消炎効果は永続していた。

経過観察時の手関節可動域は、15 関節 (52%) が完全な強直となっていた。可動性のある 14 関節 (48%) の可動域の平均は、背屈 38 度、掌屈 22 度であった。Darrach 手技を行った関節では、前腕の回旋性はよく保たれており、回内平均 61 度、回外平均 52 度であった。

手関節の X 線上の変化は inter-carpal fusion が 5 関節 (17%)、complete ankylosis が 19 関節 (66%)、carpal collapse が 5 関節 (17%) であった。

手術時と、経過観察時のレ線上の stage の比較では stage II, III に留まる例は少なく、ほとんどの例が stage IV へと進行していた (Table)。

Table Stages of wrist joint at operation and follow-up time

STAGE (at op. and follow up)  
at follow up

|       | I | II | III | IV | Total |
|-------|---|----|-----|----|-------|
| I     |   | 2  | 3   | 1  | 6     |
| II    |   |    | 2   | 6  | 8     |
| III   |   |    |     | 12 | 12    |
| IV    |   |    |     | 3  | 3     |
| Total | 0 | 2  | 5   | 22 | 29    |

平均 8 年 8 カ月経過した時点で、手術側と、非手術側とのレ線上の骨変化の比較を 9 例につき行った。その結果、follow-up 時点のレ線上の変化は、手術側、非手術側とともに進行しており 8 例については左右差はなく、本手術により、骨変化の進行を抑えることは困難と判断した。

## 考 察

手関節滑膜切除術は、伸筋腱の滑膜切除のほか、radio-ulnar, radio-carpal, inter-carpal の synovectomy を含み、時に腱修復術を必要とする。このうち inter-carpal の synovectomy は非常に困難で、この部の炎症性滑膜の取り残しが、手関節滑膜切除術にて骨変化の進行を止めることができない原因と考えられる<sup>10)</sup> (Fig. 1)。

## Synovectomy of rheumatoid wrist

### Method

- 1) extensor tenosynovectomy
- 2) excision of distal ulnar end
- 3) radio-ulnar synovectomy
- 4) radio-carpal synovectomy
- 5) intercarpal synovectomy
- 6) tendon repair

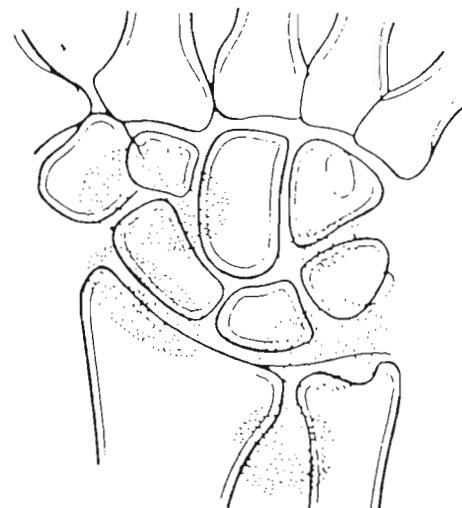


Fig. 1 Method of synovectomy for rheumatoid wrist.

手術の適応に関して、従来、手関節の疼痛、滑膜炎の永続、尺骨遠位端の背側脱臼、手指伸筋腱裂、unstableな疼痛ある手関節などであった。今回の調査では、本手術は骨変化の進行や、可動域制限を予防できないことから、適応は頑固な、滑膜炎と疼痛、尺骨遠位端の有痛性脱臼、伸筋腱断裂などに限られると考える。尺側遠位端の有痛性の背側脱臼は、X線上のstageが進んだ例にも適応があり、また遠位橈尺関節における橈骨のerosionであるscallop signがある場合、伸筋腱断裂の危険信号であるため、滑膜切除術を考慮すべきである<sup>9)</sup>(Fig. 2)。

尺骨遠位端切除術の目的は、運動時痛の軽減、前腕回旋の改善、十分な滑膜切除術、伸筋腱裂の予防等である。

本法の問題点は、手関節の不安定性、尺骨切離端の背側不安定性、尺側偏位、手根骨の尺側偏位、尺側手根伸筋の機能障害、尺骨切離端の過成長による障害、美容上の問題などである<sup>7)10)</sup>。

橋本<sup>2)</sup>はDarrach操作を行った、14関節につき術前、および術後のレ線計測を行った。その結果、CURDすなわち手根骨の尺側偏位が生じる傾向にあり、この傾向は、早期滑膜切除例において明らかであった。それ故、早期滑膜切除例にDarrach操作を行う場合、なんらかの処置を行い手根骨の尺側偏位を防ぐ必要があると報告している。村田<sup>6)</sup>はDarrach操作を行った群と尺側手根伸筋腱の一部を尺側切除端に固定する術式を比較した。その結果、腱形成群が、尺骨切除端の安定化が得られ、有用であったとしている。石川<sup>3)4)</sup>はDarrach操作を行った側が、非手術側に比して手根骨の尺側移動が生じることを報告した。このため、Dar-



Fig. 2 Dorsal dislocation of ulnar distal end and scallop sign of radio-ulnar joint.

rach操作に加えて、radio-lunate間の部分固定をすすめている。

Darrach手技による、ulnar shiftを予防するためには、いくつかの方法が報告されている<sup>7)</sup>。尺骨頭の一部を温存して、尺骨の骨切りを行うKapandji法、尺骨内側を斜めに骨切りして、腱のinterpositionを行うhemiresection interposition法、radio-lunate limited fusionなどがある<sup>5)</sup>。

今回の症例では、全例にDarrach操作を行ったが、stageの早い例に、carpal boneのulnar shiftを生じる傾向があった。しかし、stageの進んだlate synovectomy例では、問題を生じていなかった。

## 結 語

手関節滑膜切除術は、疼痛の軽減に有効で、炎症性滑膜の再燃は少い。術後、手関節の可動域は減少し、強直となる例が多いが患者のADL上の満足度は高い。手術側と非手術側のレ線上の骨変化の差は術後平均8年8ヶ月の時点での左右差は無かった。

## 文 献

- 1) Brumfield, R. Jr. et al.: Results of dorsal wrist synovectomies in the rheumatoid hand, J Hand Surg 15A : 733-735, 1990.
- 2) 橋本節夫 他: RA手関節にたいするDarrach操作後のX線学的検討、関節の外科、17:167-171, 1990.
- 3) 石川肇 他:Darrach操作を合併したRA手関節滑膜切除術の成績、日関外誌、7:391-401, 1988.
- 4) 石川肇 他:RA手関節に対する部分固定術の試み、日関外誌、8:481-490, 1989.
- 5) Linscheid R. L. et al.: Radioiunate arthrodesis. J Hand Surg 10A : 821-829, 1985.
- 6) 村田英明 他:RA手関節滑膜切除術の術後成績について、日手会誌、6:565-568, 1989.
- 7) Nalebuff, E. A. et al.: Rheumatoid arthritis in the hand and wrist, Green, Operative hand surgery, 2nd ed. Churchill Livingstone New York, 1655-1766, 1988.
- 8) 龍順之助 他:手関節滑膜切除術の効果の検討、日関外誌、6:209-216, 1987.
- 9) 龍順之助 他:慢性関節リウマチにおける手指伸筋腱断裂の検討、日手会誌、4:646-649, 1987.
- 10) Taleisnik, J.: The wrist. rheumatoid arthritis. Charchhill Livingstone. New York, 365-385, 1985.
- 11) Thirupathi R. G. et al.: Dorsal wrist synovectomy in rheumatoid arthritis-along term study. J Hand Surg 8: 848-856, 1983.

## 手における結核性疾患の 10 例

近畿大学医学部整形外科学教室

中野彰夫・田中清介  
保脇淳之・菊池啓

田附興風会北野病院整形外科

梁瀬義章

### Tuberculosis of the Hand and Wrist: A Study of Ten Cases

Akio Nakano, et al.

Department of Orthopaedic Surgery, Kinki University School of Medicine

The incidence of tuberculous disease is declining and average age of patients is higher recently.

Over the past 10 years we have encountered 10 cases of tuberculosis of the hand and wrist. The most striking feature of these disease was time-lag between the onset of symptoms and the correct diagnosis. Many patients had a diagnosis of rheumatoid arthritis or nonspecific synovitis prior to the diagnosis of tuberculosis. We would like to stress that tuberculous disease should be doubted and tuberculin reaction should be performed to the patients with chronic course of arthritis and/or tenosynovitis.

Mainly, we discussed about the age, sex, side of incidence, treatment and result of 10 cases of hand tuberculosis.

Treatments performed radical operation and antituberculous drugs after the operation.

All patients had good prognosis without recurrence of symptoms.

#### はじめに

手に発生する結核性腱鞘炎、結核性関節炎は、抗結核剤や予防医学の発達によりその発生は少なくなり、それだけに見逃されやすく、かつ慢性関節リウマチなど慢性炎症疾患と合併し早期診断が遅れることがある。われわれは、最近このような症例を含めて結核性腱鞘炎の 7 例および結核性手関節炎の 3 例併せて 10 例を経験したので若干の文献的考察を加えて報告する。

#### 対象

結核性腱鞘炎の症例は 7 例であり、平均年令は 59.5

才 (47 才～80 才) で、男性 5 例、女性 2 例、罹患部位は右手 5 例、左手 2 例で両側例は認められなかった。また屈側 6 例、伸側 1 例で屈側に多くみられた。他臓器結核の既往は 3 例、外傷の既往は 2 例に認められた。ツベルクリン反応は外来受診時に結核性腱鞘炎が疑われた 5 例、入院後に行った 2 例共に陽性であり、また発症から確定診断がつくまで平均 9.3 ヶ月を要し、以前に他院にて加療を受けていた既往をもつ再発例も 2 例に認められた。

結核性関節炎は 50 才、63 才、73 才の 3 例の女性の症例であり、罹患部位は全例右手であり、肺結核の既往を 1 例に認めたが、外傷の既往は認められなかった。ツベルクリン反応は外来受診時に 1 例、入院後 2 例

Key words: tuberculous tenosynovitis, joint tuberculosis, hand.

Address for reprints: Akio Nakano, M.D., Department of Orthopaedic Surgery, Kinki University School of Medicine, 377-2, Ohno-Higashi, Osaka-Sayama, Osaka 589, Japan.

行っているが3例とも陽性であり、発症から確定診断がつくまで平均9.6ヵ月を要していた。また、1例は他院にて以前に外科的治療を受けている再発例であった(Table 1)。

### 代表的症例

症例1. 58才、男性。

主訴：右手掌部から右中指にかけての腫脹および運動時痛

現病歴：昭和63年頃より特に誘因なく右手掌部に腫脹、運動時痛が出現するも、そのまま放置していたが、徐々に腫脹・運動時痛が右中指にまで及んできたため当科を受診した。

既往歴：3才時に右化膿性手関節炎。

家族歴：母親が結核にて死亡。

現症：右中指及び手掌部に腫脹を認め、軽度の発赤、局所熱感、圧痛、波動が認められた(Fig. 1)。

検査所見：白血球5900、血沈1時間値20mm、CRP 1+であった。ツベルクリン反応は15×15mmで、結核菌検査では腱鞘内浸出液のチールネルゼン染色、蛍光染色にて結核菌が同定された。X線所見では特に異常は認められなかった。

手術所見：右中指屈筋腱の腱鞘がびまん性に腫脹し、腱鞘内に少量の滑液と約60個の米粒体が認められた。米粒体を摘出し、腱鞘滑膜を可及的に切除し、癒着した屈筋腱を剥離した。

病理組織所見：ラングハンス巨細胞、類上皮細胞を伴った肉芽腫の形成を認め、診断は結核性滑膜炎であった。

術後8ヵ月間化学療法を行い、術後1年3ヵ月の現在再発もなく経過良好である。

症例2. 63才、女性。

主訴：左手関節橈側、掌側のひょうたん状の二連球様の腫脹および左手関節運動時痛。

現病歴：昭和52年1月頃より特に誘因なく左手関節部掌側に腫脹、疼痛が出現していたが、そのまま放置していた。昭和55年頃より他院にて慢性関節リウマチの診断の下にステロイドの局注などを受け経過観察していた。昭和62年9月頃より同部の腫脹が再び出現し、その後その大きさが徐々に増大し、左手関節運動時痛も出現してきたため当科受診となった。

Table 1 Our cases

|                                   | Tuberculosis tenosynovitis | Joint tuberculosis      |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|
|                                   | 7 cases                    | 3 cases                 |
| Age<br>(average)                  | 47-80 yr<br>(59.5 yr)      | 50-73 yr<br>(62 yr)     |
| Sex                               | M:5<br>F:2                 | F:3                     |
| Site                              | R:5<br>L:2<br>F:6<br>E:1   | R:2<br>L:1              |
| Past history of tuberculosis      | 3                          | 1                       |
| Past history of injury            | 2                          | (-)                     |
| Tuberculin reaction positive rate | 100%                       | 100%                    |
| Onset~<br>Diagnosis<br>(average)  | 3~<br>18 Ms<br>(9.3 Ms)    | 2~<br>18 Ms<br>(9.6 Ms) |
| Recurrent case                    | 2                          | 1                       |

R: Right hand,

L: Left hand,

E: Extensor side,

F: Flexor side



Fig. 1 Case 1. 58-year-old man right middle finger is swollen.

既往歴：35才時に肺結核。

38才時に腎結核にて腎臓摘出術。

55才時に慢性関節リウマチ。

家族歴：特記することはない。

現症：左手関節掌側二連球様の腫脹、局所熱感、圧痛があり左手関節の軽度の可動域制限が認められた。

検査所見：白血球5000、血沈1時間値45mm、CRP1+, RA 2+, RAHA 1280であった。ツベルクリン反応は20×43mmで硬結、二重発赤を伴っていた。X線所見では橈骨手根関節、I-IV CM関節裂隙の狭小化、尺骨遠位端、舟状骨、月状骨、三角骨に多数のエロジオン像が認められた(Fig. 2-A)。

手術所見：長掌筋腱鞘下に肉芽組織が浅指深指屈筋腱をとりまくように存在し、中に多数の米粒体が認め

られた。そこで肉芽組織および腱鞘を可及的に切除した。また、病変が尺骨遠位端、舟状骨、月状骨、三角骨の関節面にも及んでいたため病巣部を十分に郭清し、骨移植を行って関節固定術を施行した(Fig. 2-B)。

病理診断は結核性滑膜炎であり、術直後より抗結核剤を1年続け、術後5年6ヶ月の現在再発もなく経過良好である。

## 考 察

結核患者数は予防医学、化学療法の進歩により一時著減したが、その後平均寿命が延びることと相まって壮年期以後の結核性疾患の増加が言われている。しかし、それでも手に発生する結核性腱鞘炎、関節炎は比較的稀とされている。これまでの報告<sup>5)(6)(7)(9)(10)</sup>によると性別では、男性が多く、罹患部位では、右側に多く、年令分布では青壯年層に多いとされている。われわれの症例でも、男性、右側に多い傾向があったが、年令分布では平均61才と高令化の傾向が認められた。また、外傷との関連性を示唆する報告<sup>8)</sup>もあるが、今回の検討では明らかではなかった。

本症の診断については、肺結核などの既往歴、家族歴などがない、慢性関節リウマチなど慢性炎症疾患に併発している症例などでは診断に難渋し、診断が確定するまで比較的長時間を要することが多い。今回のわれわれの結核性腱鞘炎、関節炎例も共に平均約9ヶ月を要していた。比較的長時間を要する理由として一つには一般に結核菌の検出率が悪く組織学的所見により確定診断が可能となる例があり、われわれの症例でも検出率は約40%であった。また症例2のように慢性関節リウマチなどを併発しているため検査所見などがマスクされていて、当科受診までに鑑別に時間を費やされていた例があった。この症例も結果的には早期診断を行うために他院において早期にツベルクリン反応を行っておくべきであり、また難治例において少しでも結核性疾患が疑われる時には、早期にツベルクリン反応を行うことが重要であると思われる。

治療法に関しては化学療法を主とした保存療法のみで再発もなく軽快治癒した報告<sup>5)(7)</sup>もあるが、われわれは病巣の完治をはかるには結核と診断のつき次第早期に積極的に病巣郭清と術後の化学療法を行うことを治療方針としており、またわれわれと同じ意見をもつ報告も多い<sup>6)(9)(10)</sup>。また、骨関節破壊を伴う関節炎症例に対しては病態を完治するのに最も確実な方法として関節固定術を行うべきであるとの報告が多くされてい



Fig. 2 A: Radio-carpal and I-IV CM joint spaces are narrow. Many erosive foci at distal ulna, scaphoid, lunate and triquetrum were noticed.  
B: Arthrodesis of wrist joint was performed.

る<sup>1)3)4)</sup>。われわれも手関節結核には関節固定術を行う方針をとっており、そして全例に充分な病巣郭清と関節固定術および術後8~14ヶ月の化学療法を行って良好な結果を得ている。

また、結核性腱鞘炎の再発例に関してはこれまでに罹患腱を積極的に切除するほうがよいと述べている報告<sup>2)</sup>もあるが、今回のわれわれの症例では腱の切除を行わなかつたが、現在再発はみていない。

最後に今回の検討からの反省として、慢性的の手および手関節部の腫脹を訴える患者の鑑別疾患の一つとして、手の結核性疾患を常に念頭におくべきであることを重ねて強調したい。

### ま　と　め

比較的稀な手の結核性腱鞘炎7例、関節炎3例を経験したので、若干の文献的考察を加えて報告した。

### 参　考　文　献

- 1) Brashear, H. R., et al.: Tuberculosis of the wrist: A Report of Ten Cases. *South. Med. J.*, 68: 1345-1349, 1975.
- 2) Bunnel, S.: Surgery of the Hand. 4th ed., Lippincott, Philadelphia, 687-695, 1964.
- 3) Bush, D.C., et al.: Tuberculosis of the hand and wrist. *J. Hand Surg.*, 9: 391-398, 1984.
- 4) Hedgson, A.R., et al.: Tuberculosis of the wrist. *Clin. Orthop.*, 83: 73-83, 1972.
- 5) 平沢精一 他:結核性腱鞘炎の2症例. 外科, 26: 98-101, 1964.
- 6) 川原範夫 他:手関節結核の1例. 臨床整形外科, 22: 653-657, 1987.
- 7) 久津間智允 他:保存的療法で治癒した手の結核性腱鞘炎の2例, 26: 1293-1295, 1975.
- 8) Manson, M.L., et al.: Tuberculosis tenosynovitis of the hand. *Surg. Gynecol. Obstet.*, 59: 363-396, 1934.
- 9) 大久保康一 他:結核性腱鞘炎手術の遠隔成績. 整形外科, 29: 1632-1636, 1978.
- 10) 豊島良太 他:手における結核性腱鞘炎. 整形外科, 31: 1702-1704, 1980.

**質　問** 国立栃木病院整形外科 根本 孝一  
結核性腱鞘炎についてお教え下さい。

①手術術式は、滑膜切除術のみでしょうか？持続灌流を行うことはありますか？

②術後の固定期間は、どれ位ですか？

③手の機能的予後は、いかがでしたか？腱自体が融解しているような症例は、ありませんでしたか？

**回　答** 近畿大学整形外科 中野 彰夫

①滑膜切除のみで、灌流はおこなっていない。

②シーネ固定を1~2ヵ月前後おこなっています。

③機能的予後は比較的良好であった。

腱が融解しているような症例はなかった。

**質　問** 大阪厚生年金病院整形外科 島田 幸造  
診断に際して培養、感受性検査はされなかつたでしょうか。

組織だけで結核と診断するのは難しく、また薬剤感受性を知る上でもわれわれは抗菌性培養をすべきと考えています。

**回　答** 近畿大学整形外科 中野 彰夫

培養はやっているが検出率は高くはなかった。

**質　問** 関西医科大学整形外科 山本 学

1. 病理所見のみでの確定診断は難しい。具体的にどの様な所見で確定診断を行っているのか。

2. 感染経路は？

**回　答** 近畿大学整形外科 中野 彰夫

1. チールネルゼン染色などで結核菌を同定すると結核性であることが確実となるが、陽性率は約40%程度と低く、病巣の組織学的検査で乾酪壊死などの結核性病変などの病理所見を参考にしている。

2. 他臓器からの血行性感染が一般的と考えるが、諸家の報告によれば、外傷を契機とした発症の例もある。

## 腫瘍

# 手 の 内 軟 骨 肿

医療法人財団田無病院整形外科

飯島謹之助

慶應義塾大学医学部整形外科学教室

内西兼一郎・堀内行雄

西村正智

慶友整形外科病院

伊藤惠康

## A clinicopathological study of 97cases of enchondromas of the hand

Kinnosuke Iijima, et al.

Department of Orthopedic Surgery, Keio University, Faculty of Medicine

Clinical, radiological and histopathological assessments have been made of 105 lesions in 97 cases of enchondroma of the hand, on whom diagnosis became definite histopathologically by performing operation for 14 years from 1975 to 1988.

The patients' ages at the time of operation ranged from 4 to 74, averaging 35.4. As the site of the occurrence, the proximal phalanx was the largest in number followed by middle phalanx, distal phalanx and metacarpus in the order. There was no case in whom the lesion occurred in the carpal bone. Pathological fracture was observed in 18 cases.

As operative method, curettage and bone graft were performed on the cases in the early days, but the frequency of filling hydroxyapatite has increased recently. On the other hand, a method which performs only curettage but not bone graft has become made, and favorable results are being obtained.

No recurrence or the symptom becoming malignant has been observed so far.

A comparative assessment has been made regarding enchondroma, ecchondroma and chondrosarcoma at the histopathological investigation made.

## はじめに

したので報告する。

## 症例

内軟骨腫は手指に好発する良性の骨腫瘍であるが、

第 33 回本学会で報告した手の骨軟部腫瘍 464 例では、  
本腫瘍は骨腫瘍 135 例中 97 例と最も多く、骨腫瘍の  
72%を占めていた<sup>2)</sup>。今回、これらの症例について検討

1975 年から 1988 年の 14 年間に、慶應義塾大学病院および一部関連病院で手術を行い、病理組織学的に診断が確定した、手関節以遠の内軟骨腫 97 例 105 病巣を対象

Key words: enchondroma, ecchondroma, bone tumor, finger, hand

Address for reprints: Kinnosuke Iijima, M.D., Department of Orthopedic Surgery, Faculty of Medicine, Keio University, 35 Shinano-machi Shinjuku-ku, Tokyo 160, Japan.

とした。

内訳は男性 42 例、女性 55 例、手術時年令は 4 才から 74 才、平均 35.4 才であった。術後経過観察期間は 2 年 6 ヶ月から 12 年、平均 4 年 3 ヶ月であった。

発生部位は右側 41 例、左側 51 例、両側 5 例で、指別では母指 3 例、示指 24 例、中指 21 例、環指 33 例、小指 24 例であった。骨別では末節骨 19 例、中節骨 32 例、基節骨 44 例、中手骨 10 例で、手根骨発生例はなかった (Fig. 1)。

初診時の症状は腫脹と疼痛が 61 例と大多数を占め、次いで、疼痛のみ 6 例、腫脹のみ 4 例、指の変形、可動域制限各 1 例であった。腫脹と疼痛を訴えるものの中には、他覚的に可動域制限を認める例も多くみられ

た。また、急速な増大傾向が 4 例にみられた。

#### X 線所見

病巣の典型的な所見としては、透明もしくは半透明雲霧状陰影、骨皮質の菲薄、膨隆を認め、時に不規則な斑点状の、種々の程度の石灰化を伴っていた。また、偏心性の病巣で著しく外方に突出している例もあり、外内骨腫、軟骨肉腫との鑑別を要した (Fig. 4-d, e, f)。

発生部位による分類では、病巣が骨端部から骨幹端部に存在する EM 型が 48 例 (59.3%) と多く、次いで骨幹部に存在する D 型が 26 例 (32.1%)、そして、骨全体に存在する EMD 型が 7 例 (8.6%) であった (Fig. 2-a)。

さらに、病巣の局在部位からみると、中心性に存在する centric type が 33 例 (40.7%)、偏心性に存在する eccentric type が 48 例 (59.3%) で、eccentric type の方がやや多くみられた (Fig. 2-b)。

病的骨折は本腫瘍発見のきっかけとなることが多い所見であるが、今回、調べ得た 81 例中 18 例 (22%) にみられた。このうち、12 例に外傷の既往があり、14 例が centric type であった。

#### 治療法

手術法は病巣搔爬、骨移植を原則とし、59 例を行った。次いで、人工骨 (アルミニナミニフィラー、ハイドロキシアパタイト) の充填を 28 例、骨移植と人工骨充填の併用を 10 例に、それぞれ行った。搔爬のみにとどめたのは 3 例であったが、良好な結果を得た。また、3 例に、骨移植に加えて内固定を行い、基節骨 EM 型で、病的骨折のため回旋変形をきたした 2 例には矯正

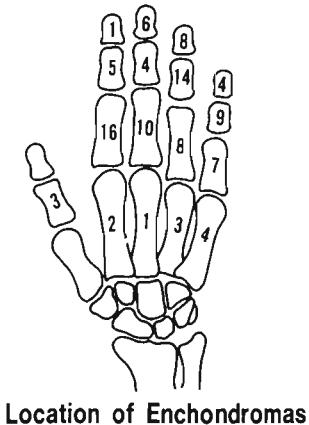


Fig. 1

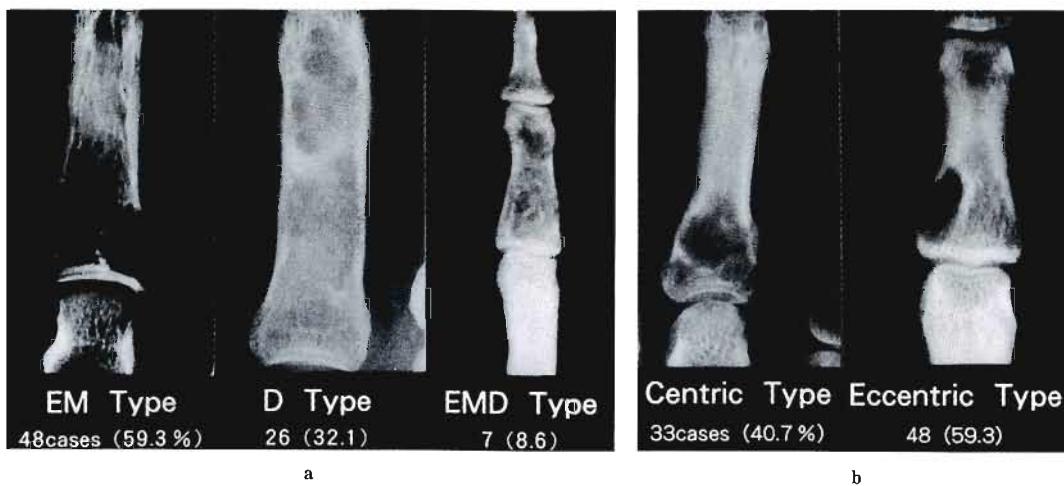


Fig. 2 Classification of enchondromas

骨切り術を追加した。病的骨折例では原則として骨癒合と良好な可動域が得られた後に、手術を行った。Fig. 3 は eccentric type で、骨皮質が急速に広範囲に著しく膨隆、菲薄化してきた例であるが、腫瘍を一塊として切除し、広範囲骨欠損部に bone block を移植することにより、早期運動が可能となり、骨癒合も良好であった。再発、悪性化を防ぐ上でも有効な方法であると思われた。

#### 予後

全般に良好で、再発、悪性化は現在のところ認められていない。術後可動域もほぼ満足に得られたが、基節骨発生例のうち、病的骨折例を含む 6 例に可動域制限を残した。また、人工骨充填例では、最長経過観察期間が 9 年であるが、いずれの症例も特に障害はおこっていない。

#### 病理組織学的所見

硝子様軟骨基質を形成し、lacuna 内に通常は 1 個、時に複数の細胞をもち、核および細胞の大きさや形は多少異なるものの、概ね正常の軟骨細胞層にみられる範囲のものであった (Fig. 4-b)。

しかし、同一症例においても、基質が粘液様変性をおこし、細胞成分に乏しい部分、逆に細胞密度の高い部分、そして、血管増生のみられる部分など、部位により多彩な像を呈していた。また、二核細胞は検索し

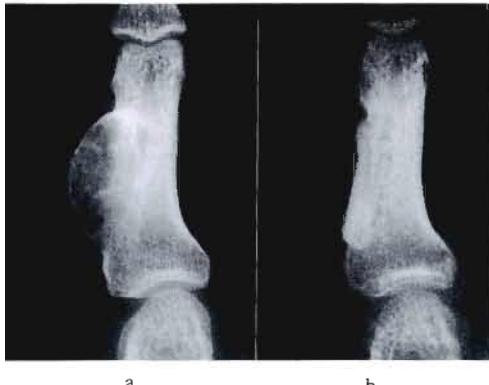


Fig. 3 a. A male aged 20. Proximal phalanx in the right index finger. A type in which the lesion grows outward the site of its occurrence.  
b. The tumor was extirpated as a mass, and a bone block was transplanted. No internal fixation was made. By this method, early exercise becomes possible, and favorable synostosis can be obtained.

得た 52 例中 11 例 (21%) に認められたが、細胞全体で占める割合は少なかった。組織像と X 線分類、病的骨折の間には、明らかな関連は認めなかった。

#### 考 察

私達の本腫瘍に対する治療法は時代の変遷とともに、骨移植から人工骨充填への傾向をとり、さらに最近では、症例によっては搔爬のみの方法も行っているが、これに関しては他にも報告がある<sup>15)</sup>。今後の方針については検討中であるが、現時点では、各症例ごとに選択してゆくのが適切であると考えている。

組織学的検索では、同一腫瘍でも部位により所見が異なることから、検体を限無く検索することが、悪性所見の見落としを防ぐ上でも必要と思われた。しかし、実際、諸家の指摘する悪性所見と一部共通する所見もあり<sup>3)</sup>、組織像のみから診断するには困難な例もあった。このため、分化型軟骨肉腫との鑑別に際しては、臨床像で長期経過し、急に増大傾向を示すもの、X 線像で石灰化が増強し、骨皮質の破壊が疑われるものなど、これらの所見を総合的に検討することが、治療法の選択に際しても、極めて重要であると思われた。

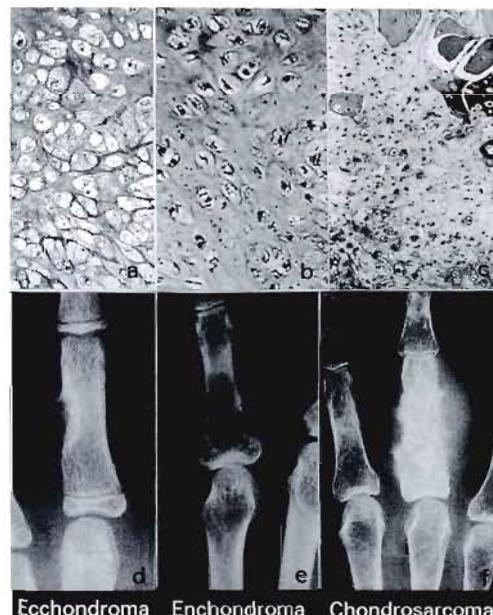


Fig. 4 Comparison between characteristic features of radiograms and those of histopathology in ecchondroma, enchondroma, and chondrosarcoma

次に、本腫瘍としばしば混同される外軟骨腫を比較検討した。外内骨腫はX線像で、内軟骨腫と一見、類似しているが、骨皮質は圧迫され陥凹、硬化を示すものの、骨皮質外に増殖しており(Fig. 4-d)、骨髄内から増殖し、骨皮質の膨隆をきたした内軟骨腫とは区別される(Fig. 4-e)。外軟骨腫はめったに骨髄腔へは侵入しないといわれている<sup>4)</sup>。組織像で比べると、両者は基本的には同じと思われるが、外軟骨腫の方が、細胞密度の高い部分が多いといわれ<sup>4)</sup>、われわれの7症例でも全例20才以下であったこともあり、全般にこの傾向がみられた(Fig. 4-a)。また、腫瘍は骨膜に被われており、骨皮質に被われる内軟骨腫とは以上の点から、今後、区別すべきであると思われた。

### 文 献

- 1) Hasselgrem, G. et al.: Bone grafting unnecessary in the treatment of enchondroma in the hand, J. Hand Surg., 16A: 139-142, 1991.
- 2) 飯島謹之助 他:手の腫瘍について、日手会誌, 7: 528-531, 1990.
- 3) 加藤恭之 他:軟骨腫(特に軟骨肉腫との鑑別)について、臨整外, 5: 801-806, 1970.
- 4) Spjut, H.J. et al.: TUMORS of BONE and CAR-

TILAGE, AFIP, Washington, D.C., 70-72, 1970.

- 5) 矢作 宏 他:小児期における多発性内軟骨腫症の治療、日手会誌, 5: 567-570, 1988.

質 問 防衛医大整形外科 中島 秀人

- ①人工骨使用例について、局所の炎症反応がみられた症例はなかったでしょうか。
- ②経過的なXpでhomogenousになる時期はどのくらいでしょうか。
- ③手術法について、成人例でもcurettageのみではいけないのでしょうか。

回 答 田無病院整形外科 飯島 謹之助

- ①人工骨充填例で術後、炎症反応などを示した例はありませんでした。
- ②移植骨のつめ方、腫瘍の部位により、術後のX線像の評価は異なりますが、homogenousになる目安は3ヵ月くらいでした。
- ③治療法は現在、過渡期にあると思います、今回、予後が良好だったことから、搔爬のみの症例は、今後、成人においても増加してゆくものと思われます。

植皮・再建等

逆行性指動脈島状皮弁による手指末節変形の再建

長崎大学医学部形成外科学教室

梶 彰 吾・村 上 隆 一

小 林 一 夫・梶 ひろみ

藤 井 徹

Reconstruction of Finger Tip Deformity  
with Reverse Digital Artery Island Flap

Shogo Kaji, et al.

Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Nagasaki University School of Medicine.

There are some methods, which have been applied to covering of finger tip defect depend on its severity.

Recently, for the reconstruction of large defect on the volar site, we have used the reverse digital artery island flap, which was reported by Kojima et al, on 1986.

We report here the secondary finger tip deformity reconstructed with this flap, and good result of function and contour was obtained.

These are 6 cases 7 fingers of parrot beak deformity of nail, 1 case of atrophic tip, 1 case of shortening of tip, and 1 case of deformity due to inflammatory change.

The patients ranged in age from 8 to 64 y.o. and the size of flap ranged from  $1.3 \times 0.9 \sim 2.3 \times 1.7$  cm was made.

Compared to the former method, this method has many advantages, not only in application to the parrot beak deformity of nail, but also other deformity.

This flap showed slightly bulky shape initially, however, which became appropriate contour for finger tip.

The advantages of flap is that, ① the sufficient tissue can be transferred to fingertips without tension, ② it shows good colour match and texture match, ③ be used in one stage surgery, ④ it has relatively good recovery of sensation.

These suggest that this flap may be also the useful methods for reconstruction of fingertip deformity.

はじめに

手指末節部の組織欠損に対する再建法は、その欠損の程度により種々の方法が考案されてきた。最近われわれは、末節掌側面の比較的大きな組織欠損例に対し

ては、1986 年児島ら<sup>2)</sup> の報告した逆行性指動脈島状皮弁を用いて整容的、機能的に良好な結果を得ている<sup>1)</sup>。今回、本法を手指末節の変形例の再建に適用し良好な結果を得たので報告する。

Key words: finger tip deformity, digital artery, reverse flap

Address for reprints: Shogo Kaji, M. D., Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Nagasaki University School of Medicine, 7-1, Sakamoto-machi, Nagasaki, Japan.

## 手術手技 (Fig. 1)

本法は手指における両側指動脈間の横吻合枝の存在が基礎をなしており、一側の指動脈を茎とした逆行性島状皮弁として挙上できるが、末節部の再建には中節部の末梢約1/3に存在する横吻合枝を温存することを原則とする。皮弁は基節部の中枢側において小指以外では尺側にデザインし、指動脈が皮弁の中央に入るよう作製する。指神経を指動脈より剥離温存するが、特に皮弁下の指神経の剥離には注意し、顕微鏡下で行うことが多い。末節部の変形を解除した後の組織欠損部に皮弁を移植するが、やや疎に縫合する。皮弁採取部には、土ふまずからの植皮を行いtie-over固定とする。

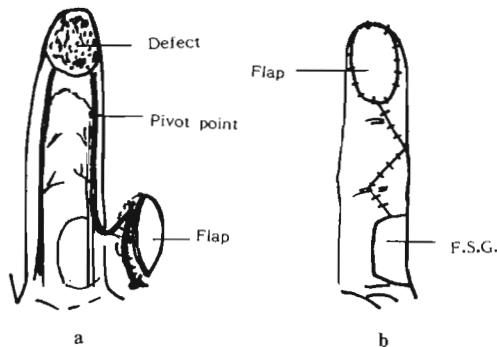


Fig. 1 a: Reverse digital artery island flap is elevated to the pivot point.

b: Flap is transferred to the defect of the finger tip. Free skin grafting is done to the donor site from the pedal region.

## 症例 (Table 1)

本法を適用した手指末節変形例は、爪のparrot-beak deformity 6例7指、末節の萎縮変形1例、末節の短縮1例、長期の炎症による末節変形1例の合計9例10指である。年令は8~64才、皮弁の大きさは $1.3 \times 0.9\text{ cm} \sim 2.3 \times 1.7\text{ cm}$ で全例完全生着した。

症例1：8才女児で3才時の右示指指尖部損傷により爪の高度な変形を残したため当科受診した (Fig. 2-a)。爪床を剥離挙上し、欠損部に相当する皮弁を基節部尺側にデザインし指動脈を茎として挙上 (Fig. 2-b)，逆行性に移動し移植した (Fig. 3-a)。術後3ヵ月の状態であるが爪の変形は矯正され、指尖部の形態は良好となった (Fig. 3-b)。

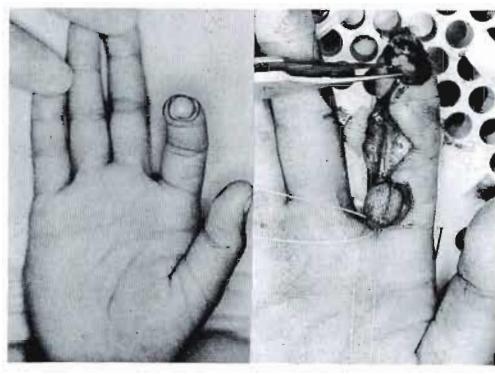


Fig. 2 a: Severe parrot beak deformity of the nail.

b: Reverse digital artery island flap is elevated.

Table 1  
Cases

| Case | Age | sex | Involved finger    | Status of finger tip                           | Size of flap (cm)                    |
|------|-----|-----|--------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1    | 64  | M   | It long            | parrot beak deformity                          | $2.2 \times 1.8$                     |
| 2    | 22  | M   | It long            | parrot beak deformity                          | $2.0 \times 1.5$                     |
| 3    | 18  | F   | rt long<br>rt ring | parrot beak deformity<br>parrot beak deformity | $1.5 \times 1.1$<br>$1.3 \times 0.9$ |
| 4    | 19  | F   | rt little          | deformity of finger tip                        | $1.8 \times 1.3$                     |
| 5    | 28  | M   | It ring            | parrot beak deformity                          | $2.0 \times 1.8$                     |
| 6    | 28  | M   | It ring            | deformity of finger tip                        | $2.0 \times 1.5$                     |
| 7    | 63  | F   | rt index           | deformity of finger tip                        | $1.7 \times 1.5$                     |
| 8    | 8   | F   | rt index           | parrot beak deformity                          | $1.3 \times 1.1$                     |
| 9    | 61  | M   | rt index           | parrot beak deformity                          | $2.3 \times 1.7$                     |

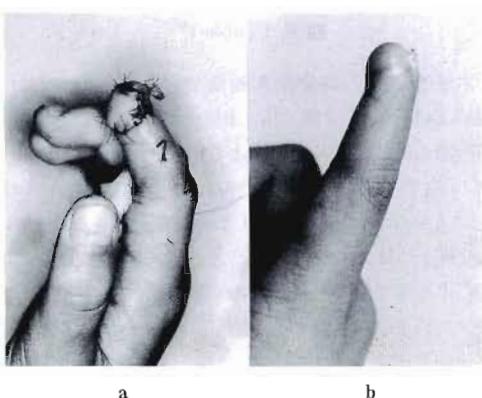


Fig. 3 a: Flap is transferred to the defect of the finger tip.  
b: View 3 months after surgery.  
Contour of finger tip is good.



Fig. 4 Deformity of the finger tip due to long term inflammation.

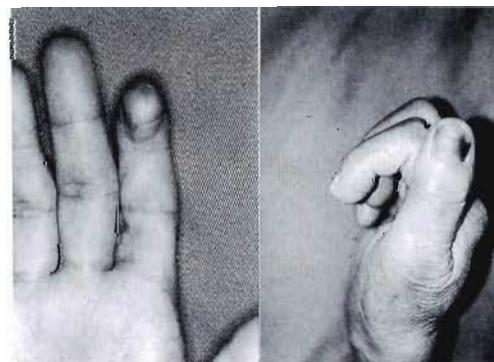


Fig. 5 View 2 months after transfer of the reverse digital artery island flap.  
Contour of the finger tip is good.

症例 2：63 才女性で、5 カ月前にフグの骨が右示指尖に刺入し、その後感染を生じ保存的治療を受けていたが治癒せず当科紹介された。長期間におよぶ炎症が続いたためか、末節が異常に長くなり爪の変形も認められた (Fig. 4)。デブリードマンを行い、欠損部に逆行性指動脈皮弁を移植した。術後 2 カ月の状態であるが、炎症症状は消失し創は閉鎖した。また指尖部の形態も良好となった (Fig. 5)。

## 考 察

手指末節の変形は、整容的、機能的に問題となり、種々の再建法が考案されてきた。指動脈皮弁は、1978 年 Weeks, et al.<sup>6)</sup> が PIP 関節の背側皮膚欠損の修復に逆行性の島状皮弁を用い、1983 年 Rose<sup>5)</sup> は手における修復が困難な部位への順行性の島状皮弁による再建を報告した。1986 年児島ら<sup>2)</sup> は、逆行性皮弁を指末節の再建に用い本法を確立した<sup>4)</sup>。今回は本法を外傷性末節変形例に適用したが、爪の parrot beak deformity などすべての症例に良好な再建結果が得られた。本法の利点は、ゆとりのある組織を緊張なく移植できるため指尖部の形態をよく再現できること、color match, texture match が良いこと、一期的再建が可能であること、無理な指位をとらなくてよいことなどが挙げられる。また皮弁の知覚については、術後 10 カ月経過した症例で、S-2PD7mm, m-2PD6mm, Semmes-Weinstein-Test で 3.61 (No 6) を触知し、比較的良好と考えられた。欠点は、指動脈 1 本を犠牲にすることであるが、現在までしびれ感など血行障害を生じたと思われる症例はない。また指神経の露出した母床には、原則として土ふまずからの厚め分層～全層植皮を行っているが全例生着し、皮弁採取側の知覚異常を約 2 カ月間訴えた 1 例を除いて特に問題はなかった。

爪の parrot beak deformity に関しても、種々の再建法がある<sup>3)</sup> が、やや再発傾向もみられると思われ、本法による再建は緊張なく豊富な組織を移植できるため、従来の方法よりすぐれているものと考える。

本法は、手技的には皮弁挙上時に指神経を温存する操作がやや頻繁であるが、慣れてくると比較的容易である。皮弁は茎となる血管束に明らかな伴走静脈を認める場合には、良好な色調を呈するが、ややうっ血色を示すことが多い。しかし特に処置しなくとも 3 日目頃より改善し生着する。皮弁の採取部となる基節部は、やや脂肪層が厚いため術後やや bulky となる感があ

るが、2~3ヵ月経過すると指尖部にふさわしい形態となり、二次的修正を必要としない。

### ま　と　め

手指末節変形例の再建に、逆行性指動脈島状皮弁を適用し、良好な結果が得られたので報告した。

### 文　　献

- 1) 梶 彰吾 他：逆行性指動脈島状皮弁による手指末節の再建。日形会誌, 10: 808-821, 1990.
- 2) 児島忠雄 他：手指皮膚欠損への血管柄付島状皮弁の応用。日手会誌, 3: 350-354, 1986.
- 3) 児島忠雄 他：末節切断による爪変形の治療。形成外科, 31: 142-149, 1988.
- 4) Kojima, T., et al.: Reverse vascular pedicle digital island flap. Br. J. Plast. Surg., 43: 290-295, 1990.
- 5) Rose, E. H.: Local arterialized island flap coverage of difficult hand defects preserving donor digit sensibility. Plast. Reconstr. Surg., 72: 848-858, 1983.
- 6) Weeks, P. M., et al.: Management of acute hand injuries. 2nd Ed. St Louis. Mosby, 183-186, 1978.

**質問** 岡山済生会総合病院整形外科 橋詰 博行  
donor 部の skin はすべて遊離植皮をされるのか?  
中、環指では縫縮のみで創閉鎖可能ではないか?

**回答** 長崎大学形成外科 梶 彰吾

donor には植皮を行う。(主に足底内側(土ふまず)の皮膚を用いる。)

**質問** 松江赤十字病院形成外科 松永 芳章

指腹部の知覚は、重要であるが、知覚再建のために工夫されている点があるか。

**回答** 長崎大学形成外科 梶 彰吾

現在特に Sensory flap としてはいない。

**追加** 慶應医大形成外科 児島 忠雄

- 1) 最近では皮弁に背側神神経あるいは指神経背側枝を含めた知覚皮弁としています。
- 2) claw nail 変形の再発は末節骨の欠損の程度によると思います。骨欠損の程度が大きければ、骨移植が必要と考えます。

**質問** 座長 吉津 孝衛

骨欠損のある例で、骨は移植しないのか。移植しないと長期にふたたび爪変形を起こさないか。

**回答** 長崎大学形成外科 梶 彰吾

骨移植は吸収の問題もあり、本法では豊富な組織移植が可能のため、現在行っていない。

## Twin Flap による Degloving Injury の治療

東京医科大学形成外科学教室

渡辺克益・薬丸洋秋  
菅又章・牧野惟男

俊成病院形成外科

神保好夫

The Immediate Restoration of the Degloved hand with the Twin Flaps.

Katsueki Watanabe, et al.

Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Tokyo Medical College

It is known that the thin skin flaps can be made at the levels of the superficial fascia. The recent works on the deep fascial circulation systems show the possibility of using the adipo-fascial flap. We made twin flaps, the thin groin flap and the adipo-fascial flap, at the same groin area. These twin flaps were able to cover a wide area of body surface with a relatively small donor site. And we treated the two cases of the degloving injury with the twin flaps combined with free skin graft. This procedure requires two stage operations, but the raw surfaces of the hand will be closed at the first operation. After the second operation early exercises of the fingers were performed and it kept up good hand functions.

In this method the palm was covered with the split skin graft and the thin adipo-fascial flap of the external oblique muscle. But no trouble was found for the palmar skin even 10 years into the procedure and the limitation of movement of the palm skin was good for the grip function. The sensational recovery of the new palm needs a long period of time, but at 5 years after the operation patient had recovered some protective sensation already. The thin groin flap of the dorsum of the hand has good appearance and needs no correction throughout the procedure.

### はじめに

degloving injury のように手部全周性に皮膚・皮下組織が欠損する損傷の治療では、露出した腱・骨などの深部組織全体を新たな皮膚・皮下組織で速やかに覆う必要がある。しかし、指を含めた手部全周のような広範囲を薄い柔軟な皮膚・皮下組織で覆うのは極めて困難で、複数の手術によっても術後に高度の機能障害を残すことが多い。

われわれは degloving injury の治療に際し、groin 部の筋膜を含んだ皮弁を thin flap と adipo-fascial flap との二層にわけて掌上移植すると同時に遊離植皮を併用することで創面を一期的に閉鎖する Twin Flap 法を開発し、10 年間の経過観察により機能的、整容的に優れた結果を確認したので報告する。

### 手術法

外腹斜筋部を腸骨外旋動脈を含んだ adipo-fascial

Key words: skin flap, subcutaneous flap, degloving injury

Address for reprints: Katsueki Watanabe, M. D., Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Tokyo Medical College Hospital, 6-7-1 Nishishinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo, 160 Japan.

flapとthin skin flapとの二層に分けて分離挙上するが(図1),初回手術ではadipo-fascial flapの血行を確実なものとするために単茎弁とはせず、前腕窩線の延長上において20cm程度の長さで皮切からポケット状に剥離する。筋肉と筋膜の間の剥離部には分層植皮をinlay graftの要領で移植し, raw surfaceを閉鎖するとともに、二つの皮弁でdeglovingされた手を覆う。皮弁切離は7~10日後に行い、数日後よりMPJの運動練習を積極的に開始する(図2a,b)。

症例1. 37才 男性 溶接工

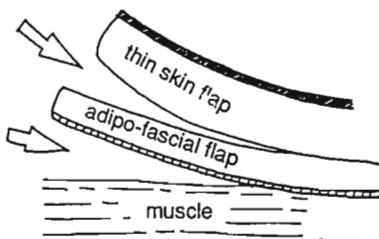


Fig. 1 The skin flap was divided at the superficial layer into two flaps, the thin skin flap and the adipofascial flap.

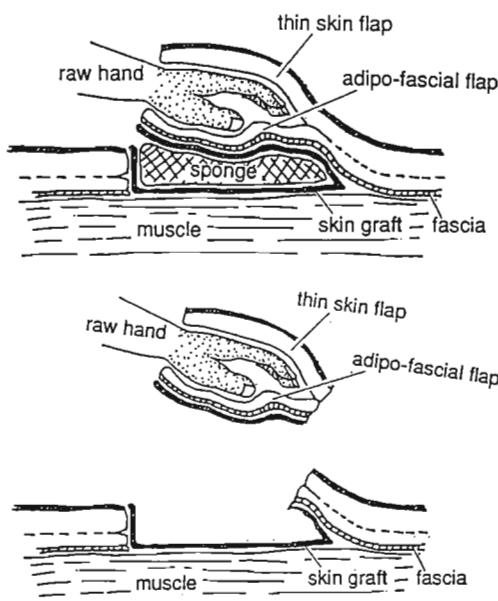


Fig. 2 The hand placed in the pocket between the thin skin flap and the adipofascial flap. The raw surface, the abdominal donor site and the adipofascial flap on the muscle side, were covered with a split-skin graft.

ローラーによる受傷、示指中指拇指の骨折と手部中央部以下のを認めた。当日、最小限のdebridementを行った後、右groin部のTwin flap法を用いてdeglovingされた手部を閉鎖した。1週間後に皮弁の切り離しと拇指分離を行い、後療法に移行した。術後経過は順調で、受傷後6カ月で溶接工の原職に復帰した。原職復帰後1年では再建部での知覚回復はほとんど見られていないものの、作業能力は受傷前の約80%にまで回復し、日常生活においても書字や箸を右手(患手)を用いるなど、不自由の訴えはなかった。また、術後5年の時点でadipo-fascial flapによって再建した手掌部でもprotective sensationまでの知覚回復を確認できた。10年後の現在作業上の不自由は無く、知覚も手背の皮弁部では2PD,M2PDとも3cmまで回復している。

症例2. 34才 男性 自動車内装部品の製造

熱いローラー(180度)による受傷、右手の示指～環指はproximal finger creaseレベルから末梢がdegloving injuryをうけ、中節以下は切断されていた。比較的小な皮弁で欠損部を覆えると判断されたので、皮弁は第一例のようにポケット形成とはせず、鼠径部を基部とした弁状に挙上した上で二層分割して軟部組織の欠損部に移植した。術後、adipo-fascial flap先端部の小範囲壊死をみたため2週間後の皮弁切離時に遊離植皮の追加を行った。術後、指を分離を希望しないまま原職に復帰し、1年半を経過するが、障害は見られていない。

## 考 察

degloving injuryの再建法はすでに多くの報告がある<sup>1,2,5)</sup>。これらのうち剥脱された組織が再接着可能な場合はまれで、通常は皮弁あるいは植皮術が行われる。

皮弁法は創閉鎖には効果的であるが、大きな皮弁を起こすとdonor sideの犠牲が大きく、過剰な皮下組織のために数回のdefatting操作を行う必要がある。

これに反し、遊離皮膚移植は、完全に露出した腱、骨や関節の被覆はできず、被覆できても関節の機能障害や傷を作りやすいなどの欠点がある。

皮下組織を再建した後に皮膚移植を行うcrane principle<sup>2)</sup>法もあるが、創の閉鎖が完了するまでの固定期間が長く手機能障害を起こしやすいのが欠点である。

われわれの方法は初回の手術時に、手掌側を遊離皮膚移植と外斜筋のadipo-fascial flapの組合せで被

覆し、手背側は同じ部位からの thin flap で被覆するため、手全体を一期的に薄い伸展性に富む皮膚軟部組織で覆うことができる。かつて、皮弁の donor side は片側の腹部のみで十分である。しかも 2 回目の切離手術時には剥奪創の閉鎖が完了しているため、早期より運動練習を開始でき、関節の機能温存のためには非常に有効であった。

腹壁皮弁と adipofascial flap とに分けて使用する考えは、1986 年 Thatte ら<sup>⑨</sup>による症例報告がある。かれらの方法は腹直筋の前鞘を含んだ adipofascial flap とその部の脂肪の厚い flap を用いるため defatting 操作を要し、指機能温存のための特別な配慮も記載されていない。

これに比べ外腹斜筋部は薄い皮弁を作製できる点で Thatte らの方法より優れる。外腹斜筋部を用いる場合の注意点は、うすい adipofascial flap の血行障害を防止するために浅腸骨回旋動静脈を外縁部に含めて挙上するよう心がけ、指などの過圧迫による血行障害防止することである。このためにわれわれは、第 1 例のように初回手術時には前腋窩線の延長部に皮切を加え、ここから浅在筋膜レベルならびに外腹斜筋筋膜下層をポケット状に剥離するのが最も良いと考えている。この方法では、皮弁の 3 方は切離せずに連続させたまま剥離し、筋膜下には inlay graft を、浅在筋膜レベルのポケットには手部を挿入する。このようにすれば adipofascial flap や thin flap の血行を確実に温存でき、しかも切り離しに際しては delay 行わずに 3 方を同時に切り離しても皮弁の血行に問題はなく、手術も容易である。

本法で一時的に形成した手は mitten hand であり指の分離手術を要するが、血行的には一期的に全指を分離しても問題が無いと考えている。

以上、皮弁を thin cutaneous flap と adipofascial flap とに二層分割使用することで広範囲の組織欠損を少ない恵皮部によって被覆可能であること、および、この方法は degloving injury 治療のように早期に薄い柔軟性のある皮弁を必要とする場合にはきわめて有用であることを長期経過観察により確認したので報告した。

## 文 献

- Mahaffey P. J., Tanner N. S. B., Evans H. B. and McGrath D. A.: The degloved hand: Immediate complete restoration of skin cover with a

contralateral forearm free flap. British J. of Plastic Surgery, 38: 101-106, 1983.

- Millard D. R.: The crane principle for the transport of subcutaneous tissue. P. R. S., 43: 451-462, 1969.
- Miura T., Nakamura R.: Use of paired flap to simultaneously cover the dorsal and volar surfaces of a raw hand. Plastic & Reconstructive Surgery, 54: 286-289, 1974.
- Morrison W. A.: avulsion injuries of the digits and hand. The Hand, edited by Tubiana R. 2: 429-438, W. B. Saunders Co., Philadelphia, 1985.
- 岡田忠彦、上茂、石倉直敬 他: 手の degloving injury の再建例の検討: 日形会誌, 8: 247-254, 1988.
- Thatte R. L. and Laud N.: The use of the fascia of the lower leg as a roll-over flap: its possible clinical applications in reconstructive surgery. British J. Plastic Surgery, 37: 88-94, 1984.

**発 言** 済生会神奈川県病院整形外科 佐々木 孝  
degloving injury を可及的に長さを残すには血流のある flap が重要と思います。私はこのような例には radial forearm flap を使っており、15×18 cm 位まで採取可能でほぼ全周を覆うことが可能です。

**回 答** 東京医科大学形成外科 渡辺 克益  
forearm flap も一方ではあるが、われわれの皮弁も極めて有用である。

**質 問** 新潟手の外科研究所 田島 達也  
表層と 2 層に分けるとき起こした flap の margin はつながっているのか。

**回 答** 東京医科大学形成外科 渡辺 克益  
ポケット上に剥離し周囲では両 flap は連続しています。

**質 問** 座長 吉津 孝衛  
本来の血管はどこへつくのか。

**回 答** 東京医科大学形成外科 渡辺 克益  
Thin flap には浅下腹ヘキ動脈、adipofascial flap には浅腸骨回旋動脈を含めています。

**質 問** 新潟大学整形外科 柴田 実  
adipofascial flap の底面に対する Spotty necroses をきたす例はなかったでしょうか。

回 答 東京医科大学形成外科 渡辺 克益 症例 1 のように皮弁の 3 方向を残して行うと、問題なかった。しかし圧迫を強くすると、血管網が損傷されるので、dressing には注意を要する。

検査法・機能評価等

手関節鏡の治療面における応用について

弘前記念病院整形外科

西川真史・片野博

弘前大学医学部整形外科

原田征行・藤哲

中村隆二郎

Clinical Application of Wrist Arthroscopy

Shinji Nishikawa, et al.

Department of Orthopaedic Surgery, Hirosaki University School of Medicine, Hirosaki

Since 1987, we have used wrist arthroscopy in 90 cases (92 joints) for diagnosis and treatment of wrist disorders. We will report here on arthroscopic operation of four wrist disorders: triangular fibrocartilage (TFC) injury, osteoarthritis, distal radial intraarticular fracture, ulnocarpal abutment syndrome.

We have found arthroscopic operation is an effective therapeutic method. The arthroscopic operation has been applied to the partial excision of TFC, débridement of the degenerative cartilage of osteoarthritis and ulnocarpal abutment syndrome, reconstruction of the bending fracture of the intraarticular distal end, and favorable result have been obtained until now. The attempt of the arthroscopic operation was reported even though sufficient result was not obtained because there are less cases and short progress. This procedure will be further studied in the future.

はじめに

われわれは 1987 年より手関節鏡を手関節疾患の診断と治療に導入し現在まで 90 例 (92 関節) に施行した。今回、手関節鏡視下手術を施行した外傷性三角線維軟骨損傷、橈骨遠位端関節内骨折、変形性手関節症、Ulnocarpal abutment syndrome 例について報告する。鏡視下手術として断裂した TFC の Débridement、変形性手関節症と Ulnocarpal abutment syndrome での変性軟骨の Débridement、橈骨遠位端関節内骨折の関節内操作による整復に応用し、良好な成績を治め

ている。まだ症例が少なく経過も短いため成績についての報告が不十分ではあるが手関節鏡視下手術の試みとして報告した。今後、さらに検討してゆきたい。

目的

小関節鏡の発達に伴い手関節鏡は手関節疾患の診断・治療に利用されるようになり、様々な臨床応用が試みられている。特に三角線維軟骨 (TFC と略) 損傷の診断・治療は著しく発展した<sup>2,5)</sup>。われわれも 1987 年より積極的に手関節鏡を導入して<sup>4)</sup>、現在まで 90 例に施行した。現在までの手関節鏡視症例で関節鏡視下手

**Key words:** wrist arthroscopy, triangular fibrocartilage, osteoarthritis, ulnocarpal abutment syndrome, arthroscopic surgery.

**Address for reprints:** Shinji Nishikawa, M. D., Department of Orthopedic Surgery, Hirosaki University, School of Medicine Zaihu-cho 5, Hirosaki 036, Japan

術を施行した症例について検討し、手関節鏡視下手術の有効性について考察したので報告する。

### 方法および対象

手関節を手台上におきIII・IVおよびIV・V extensor compartment間より小関節鏡を刺入し、鏡視観察後に必要に応じて鏡視下にプローブ、パンチを操作して治療をおこなった<sup>1)</sup>。症例は外傷性TFC損傷17例、変形性手関節症7例、橈骨遠位端関節内骨折4例、Ulnocarpal abutment syndrome 2例である。

### 結 果

#### 1. TFC損傷

慢性の手関節尺側部痛例で手関節尺屈軸圧試験やまたは回外尺屈試験で痛みが誘発され、関節造影にてTFCに異常のある例にたいして関節鏡を施行している<sup>4)</sup> (Fig. 1)。

A. 橈骨付着部付近の弁状断裂：鏡視下に手関節を動かして回外時に尺骨頭に弁状部が引掛かる例に対し、引掛かるTFCを鏡視下に部分切除した。現在まで12例に切除施行し術後経過期間は2ヵ月～34ヵ月で1例を除いて良好な結果である。不良例は一時症状が軽快したが、一週間後に症状が再発した術後2ヵ月の例で精査中である。

B. 尺骨茎状突起付着部での断裂：2例経験したが1例に対して鏡視下に断裂部をDébridementして関節内より針を尺骨遠位部に押出して縫合した。現在術後2ヵ月でリハビリ中である (Fig. 2)。

C. その他のTFC断裂：橈骨遠位端骨折後に発生

した手関節回外制限の小児例では関節鏡視にてTFC断裂片が尺骨へ引掛かり回外制限を生じているのが確認でき、同部を鏡視下に切除することで鏡視下に治療可能であった (Fig. 3)。また、手関節尺側のクリニックとそれに伴う痛みが主訴のTFC断裂例2例に対し鏡視下に捲れ上がるTFC断裂を確認し同部を切除することで治療可能であった。

#### 2. 変形性手関節症

慢性的強い手関節痛を訴え、単純レ線でUlnocarpal joint間の関節症様変化が強い例に対して関節鏡視下Débridementを施行している。

摩耗したTFCと周辺の変性軟骨と増生した滑膜を

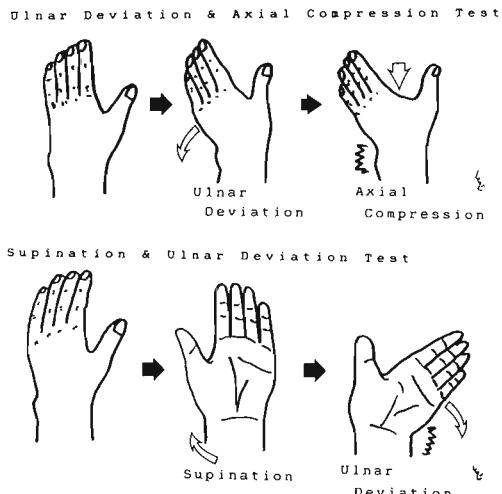


Fig. 1 Stress Tests for TFC Injury

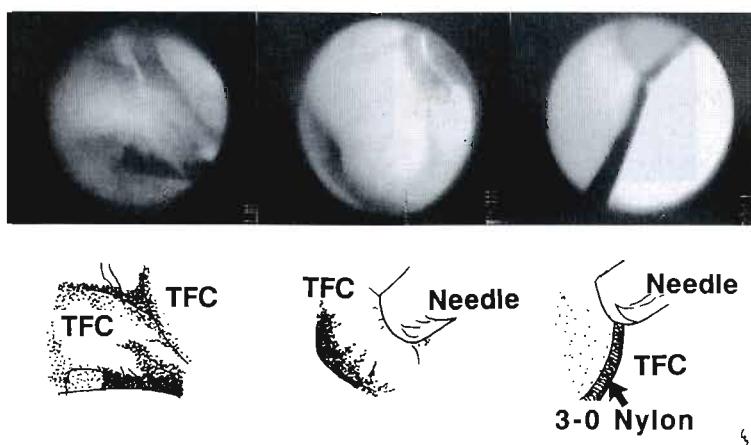


Fig. 2 Arthroscopic Suture of the TFC (Ulnar side tear)

Débridement することで ADL 障害となった鋭い痛みは軽減した。中には軽度の外力により摩耗した TFC に新たに断裂が加わったために痛みが増強したと考えられる例もあった。しかし、Starting pain や慢性的運動痛など骨変化由来と考えられる痛みは残存した。

### 3. 橋骨遠位端関節内骨折

徒手整復や創外固定器でも関節面の整復が困難な 4 例に対して、鏡視下に整復を施行した。プローブで関節面の骨折部を持上げて骨折部の隙間は 2 mm 以内となるようにして関節面を整え、橈骨茎状突起部からのピンニングで骨片を固定した。レ線上 alignment 良好で、術後経過良好である。

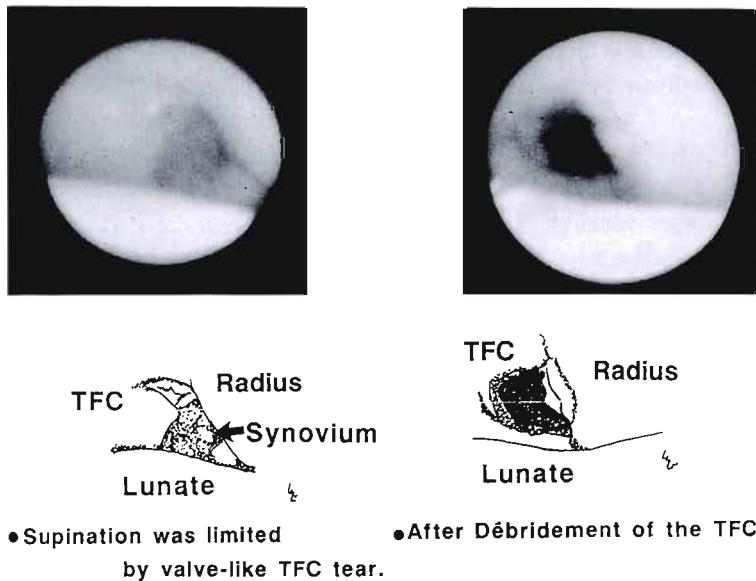
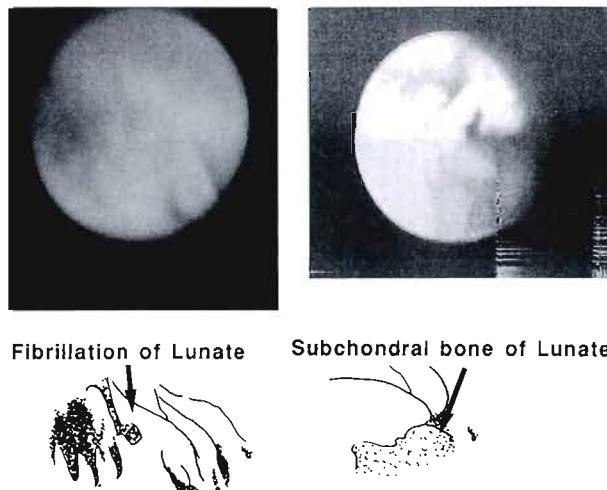


Fig. 3 12 y. Male. Rt. TFC perforation.



39y. Female (Rt.) 28y. Female (Lt.)

Fig. 4 Ulnocarpal abutment Synd.

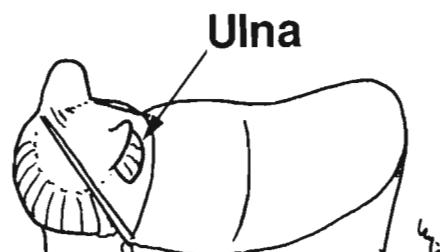
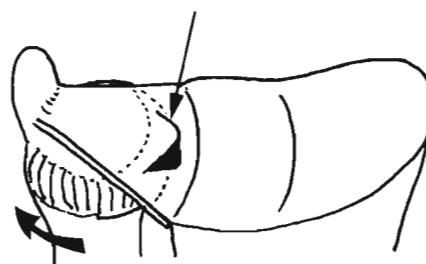
#### 4. Ulnocarpal abutment syndrome

手関節尺側部運動痛が強い Ulnar plus variant 例で関節造影で TFC に断裂を認めず、月状骨・三角骨部の軟骨の不整を認め、関節鏡視にて同部の軟骨の変性を認めた 2 例に軟骨の Débridement を試みた。2 例とも術前の痛みは軽快したが、経過観察期間が 11 カ月と 3 カ月と短いので今後も経過観察が必要である (Fig. 4)。

#### 考 察

われわれは現在までの経験より、TFC 断裂の治療法として鏡視下部分切除を行っている。切除範囲は回外で尺骨に引掛けりのない TFC 断裂例の Débridement が無効であったことと、無症状の TFC 断裂例では回旋で尺骨に TFC が引掛けられないことより (Fig. 5-A), 弁状断裂部と回外で尺骨に引掛かる部分を切除している (Fig. 5-B)。この引掛けりは回外時の TFC の緊張と尺骨頭の形と位置の相対的な関係の結果と考えている (Fig. 6)。今回、TFC 鏡視下切除の他に、現在試みている鏡視下手術についても報告した。現在までの経験から 1. TFC の尺側付着部断裂に対して鏡視下に縫合を行い現在後療法中だが、手技的に容易で

#### Tear of TFC



#### Supination

Fig. 6 Relations between Ulna & Torn TFC



#### Pronation



#### Supination



#### A. TFC perforation of asymptomatic wrist

#### B. Traumatic TFC Perforation

Fig. 5 Movement of the ulnar head on pro-supination.

積極的に導入する予定である。2. 構骨遠位端関節内骨折や変形性手関節症に対する鏡視下手術は有効な方法であった。3. Ulnocarpal abutment synd.では鏡視下に月状骨・三角骨部周囲の軟骨の変性が認められ、同部を Débridement して症状の改善をみた。

### ま　と　め

手関節内疾患の治療に手関節鏡視下手術は侵襲が少なく良好な視野で行え、TFC 切除法以外にも他の手関節内病変に対し有効な治療法となると考えている。現在のところまだ症例が少なく経過も短いため成績についての報告が不十分ではあるが手関節鏡視下手術の試みとして報告した。

### 文　　献

- 1) 陣 永振 他：手関節および指関節の関節鏡視。関節鏡，3：6-11, 1978.
- 2) 木戸健司 他：手関節 TFCC 損傷の診断と治療における手関節鏡の意義。関節外科, vol. 10, No. 5 : 43-52, 1991.
- 3) Menon J, M. D. et al.: Isolated tears of the triangular fibrocartilage of the wrist: Results of partial excision. J. Hand Surg., 9A : 572-30, 1984.
- 4) 西川真史 他：手関節 TFC(三角線維軟骨)断裂症例の手関節鏡視および鏡視下手術の適応についての一考察。関節鏡, 14, 1 : 47-50, 1989.
- 5) 西川真史 他：手関節鏡の臨床応用について。関節外科. vol. 10, No. 5 : 33-42, 1991.

**発　言** 済生会神奈川県病院整形外科 佐々木 孝  
構骨遠位端関節内骨折に対して関節内からのプローブで整復を試みられていますが、構骨の骨髓腔からキルシュナー鋼線などで圧出するような方法とすると、数 mm 以上の陥没の整復も可能である、die punch

fragment や scaphoid impression facture の整復に良い方法であると思っています。

**回　答** 弘前記念病院整形外科 西川 真史  
関節鏡視下に骨片を整復治療可能な症例は少ないと私はいます。関節外髄内からの整復も参考にさせていただきます。

**質　問** 北海道整形外科記念病院 加藤 貞和  
①鏡視下手術を施行した後の固定期間は、部分切除術、縫合術で差がありますか。  
②縫合した場合でも固定期間は 10 日～2 週間で充分だと思います。  
③鏡視下手術の良い適応は、flap 状の断裂を切除することだと思います。縫合は関節を開けて ope した方が better と存じます。

**回　答** 弘前記念病院整形外科 西川 真史  
TFC 部分切除の後療法は 30 日間位圧迫包帯固定をして、その後は痛みがなければフリーとしています。  
TFC 縫合の場合の後療法は long arm cast 2 W, short arm cast 4 W, 計 6 W 固定としています。

**質　問** 信州大学整形外科 内山 茂晴  
鏡視下における Dynamic な観察による所見は、生理的状態との所見とほぼ同じと考えてよいか。

**回　答** 弘前記念病院整形外科 西川 真史  
TFC と尺骨の Dynamic な観察では TFC 自体の緊張が強いので、膝の棚のように灌流液による影響は少ないと思います。

## 手の外科領域での超音波検査

信州大学医学部整形外科学教室

北側恵史・中土幸男  
斎藤覚・保坂正人  
松田智

### Ultrasound Examination of the Hand

Eiji Kitagawa, et al.

Department of Orthopaedic Surgery, Shinshu University School of Medicine

An ultrasound study was performed for diagnosis or postoperative observation in 15 cases consisting of ganglions (5cases), adhesion of flexor tendon (1case), flexor tendon lacerations (4cases), silicon rod implants (3cases), and grafted tendon (2cases). The findings in ultrasound study were compared with those of opposite side and were confirmed later by surgical explorations.

Informations as to the size and location were obtained in details in all cases of ganglion. A diffuse echogenicity was found at the affected site in a case of flexor tendon adhesion. Severe subcutaneous scar found during the surgery appeared to be the cause of diffuse echogenicity. In this case, it was difficult in ultrasound examination to diagnose whether the tendon had a continuity or not, because differentiation the scar tissue from adhered tendon was almost impossible in the images of ultrasound. Implantated silastic rod was visualized as a pair of parallel echogenic lines with a low echo zone between them. It was easy to observe its course and gliding condition. The tendons after tenolysis and grafting showed fibrillar echo pattern, and their courses were away in a distance from bone surface of phalanx, which indicated the "bowstringing" of the tendon. A dynamic examination revealed smooth gliding of the tendon.

Ultrasound examination appeared to be useful not only in diagnosing ganglion and tendon laceration but also in assessing the function and gliding after tenolysis, grafting, or silastic rod implantation.

### はじめに

超音波検査は非侵襲的で安全な検査法として広く応用されている。手の外科の領域においても、軟部腫瘍や腱断裂の診断に利用され、その有用性が報告されている。今回われわれは、少數例ではあるが診断あるいは術後観察の目的で超音波検査を行い、その有用性について検討した。

### 対象および方法

対象は当科外来患者および入院患者で、その内訳はガングリオニン 5 例、腱癒着 1 例、腱断裂 9 例、(うち人工腱挿入術後 3 例、腱移植術後 2 例) である。

方法は主としてリニア型電子走査超音波診断装置を用い、探触子は 7.5 MHz を使用した。ポリマーゲルあるいは水槽による水浸法を用いて検査した。

腱についての観察は、まず机のうえへ手を置き指を

Key words: ultrasonography, tendon injury, post-operative examination

Address for reprints: Eiji Kitagawa, M. D., Department of Orthopaedic Surgery, Shinshu University School of Medicine, 3-1-1 Asahi, Matsumoto, Nagano, 390 Japan.

伸展位として、上からポリマーガルあるいは水槽を介して探触子を密着させ静的状態を観察した。ついで自動および他動運動をゆっくりと行い腱の滑走状態などの動的観察を行った。所見については、健側手の超音波画像および手術例では手術所見との対比を行い検討した。

## 結 果

健常手の屈筋腱は固有指部で low echo に描出され、腱が探触子と平行となる部分で線維状の echo が増強した像がみられた。

手根部、固有指部のガングリオンでは cyst 状に描出され、部位、大きさのほか骨表面や腱との位置関係の情報が得られた。径 3 mm 大のものも十分に確認できた。

腱の皮下断裂の症例では、腱の連続性を調べることで断裂部位を特定する事ができた。

腱癒着の症例では、癒着部分では、びまん性の echo 像となって周囲の瘢痕との境界が不明であった。

人工腱では、その上下面が high echo に描出され指部から手掌部までの走行が容易に観察できた。また、他動的運動により人工腱が滑走する状態がよく観察できた。

腱剥離後、腱移植後の症例では腱の滑走がよく描出され、腱の bowstringing の状態も確認できた。

代表的症例を示す。

症例 1 右手背ガングリオン 45 才 男性

3~4 年前より右手背部のわずかな腫脹に気付いていた。3 カ月前より力を入れて書字する際に手関節痛が出現するようになった。超音波検査では、有頭骨背側中央に 5×7 mm の cystic lesion として描出された (Fig. 1)。手根骨表面および伸筋腱との位置関係がよく描出されている。

症例 2 腱癒着 21 才 男性

右示指掌側基節部をカッターナイフで縦方向に切り、近医にて創縫合をうけた。右示指の PIP 関節 DIP 関節の屈曲障害が生じたため、受傷後 6 カ月たって当科へ受診した。右示指基節部掌側に縦方向の創瘢痕があり、基節部掌側の皮下全体が硬い瘢痕状であった。術前の PIP 関節の自動可動域は 30° 他動可動域は 70°、DIP 関節の自動可動域は 0° 他動可動域は 60° であった。超音波検査では、基節骨近位までは屈筋腱は low echo に描出されたが、基節骨中央から遠位ではびまん性の echo を呈し周囲組織との境界は不明であった。

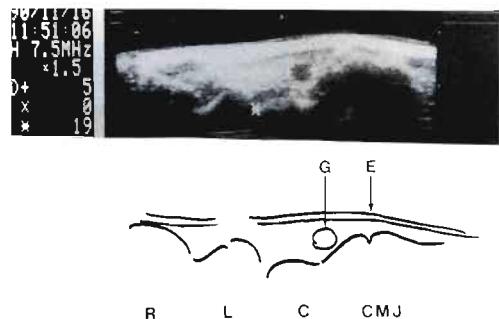


Fig. 1 Longitudinal sonogram of the dorsal aspect of the wrist.

R : Radius, L : Lunate, C : Capitate, G : Ganglion, E : Extensor tendon

(Fig. 2a)。手術所見では基節部から PIP 関節まで腱、腱鞘が瘢痕で一塊となって癒着していた。靭帯性腱鞘も残存しなかったため切除した浅指屈筋腱の遠位端断端をもちいて PIP 関節近位に腱鞘を再建した (Fig. 2b)。

術後 3 カ月および 6 カ月で再度超音波検査を行った。腱は線維状の echo として描出され、滑らかに滑走していたが、基節骨表面から離れて直線状の走行となり bowstringing を呈していた (Fig. 2c, d)。

症例 3 右小指深指屈筋腱皮下断裂 58 才 男性

脱輪した自動車を両手で持上げたあと右小指 DIP 関節の屈曲障害に気付いた。右小指 DIP 関節の他動的屈曲は良好であるが、自動的屈曲は不能であった。断裂部位を知る目的で超音波検査を行ったところ、末節骨部から MP 関節近位部までは連続した腱が描出され、この腱が DIP 関節の他動的運動にて滑走することが確認された (Fig. 3a)。このため、近位での皮下断裂と考え、X 線による手根管撮影にて有鉤骨鉤骨折を認めた、手術にて有鉤骨鉤骨折部での小指深指屈筋腱の断裂を確認した (Fig. 3b)。

症例 4 人工腱 61 才 男性

陳旧性屈筋腱断裂に対して人工腱による再建術第 1 次手術後 3 カ月の時点で超音波検査をおこなった。

人工腱の上下面が high echo に内部は low echo にはっきりと描出され指部から手掌部までの走行および滑走状態がよく観察できた (Fig. 4)。

## 考 察

超音波検査によりガングリオンは、かなり小さい物も明瞭に描出され、その大きさ、形、周囲組織との関係などがよく観察できた。臨床的に診断が困難である

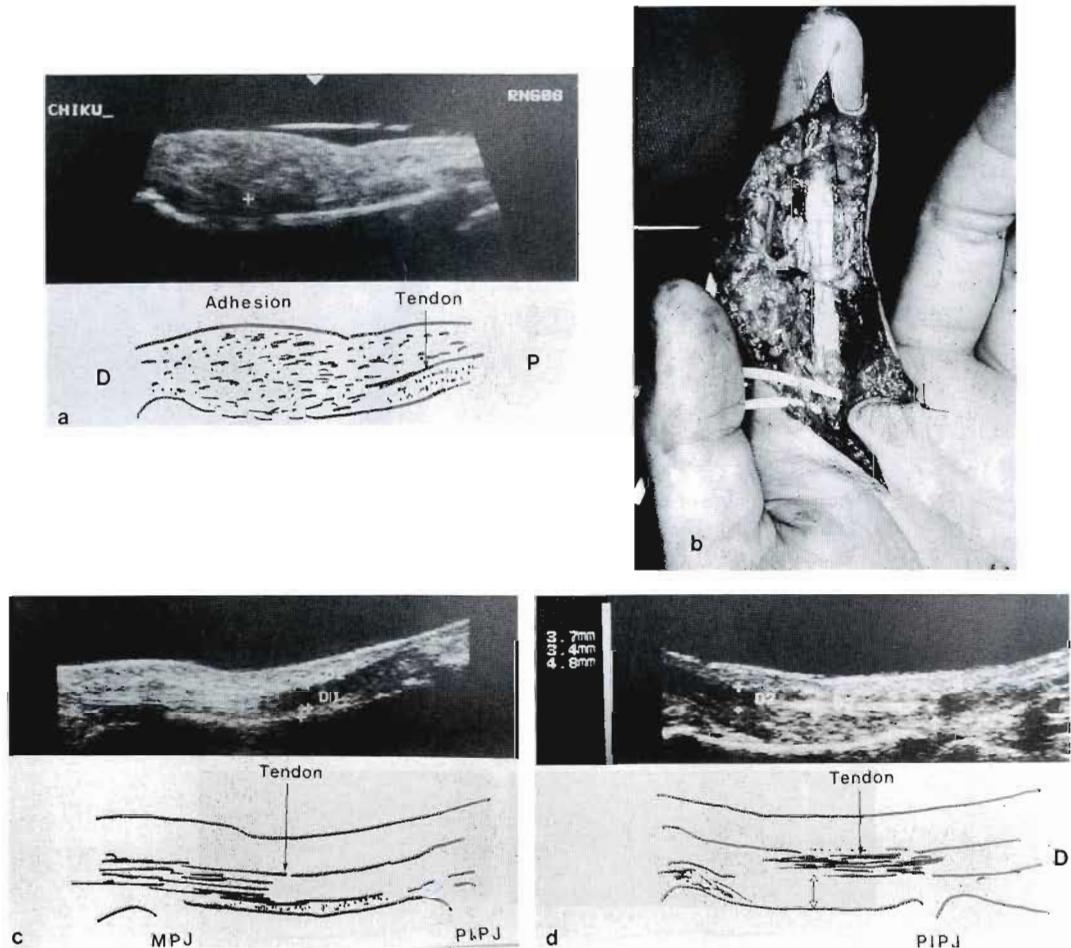


Fig. 2 a) Longitudinal sonogram of right index finger.  
Diffuse echo was found at adhered site.  
b) Tenolysis was performed and a pulley was reconstructed with the distal part of FDS  
(Arrow).  
c) Longitudinal sonogram of left index finger.  
Tendons show low echogenicity and run along the phalanx.  
d) Longitudinal sonogram of right index finger 6 months after tenolysis  
Tendon shows fibrillar pattern echo and bowstringing.

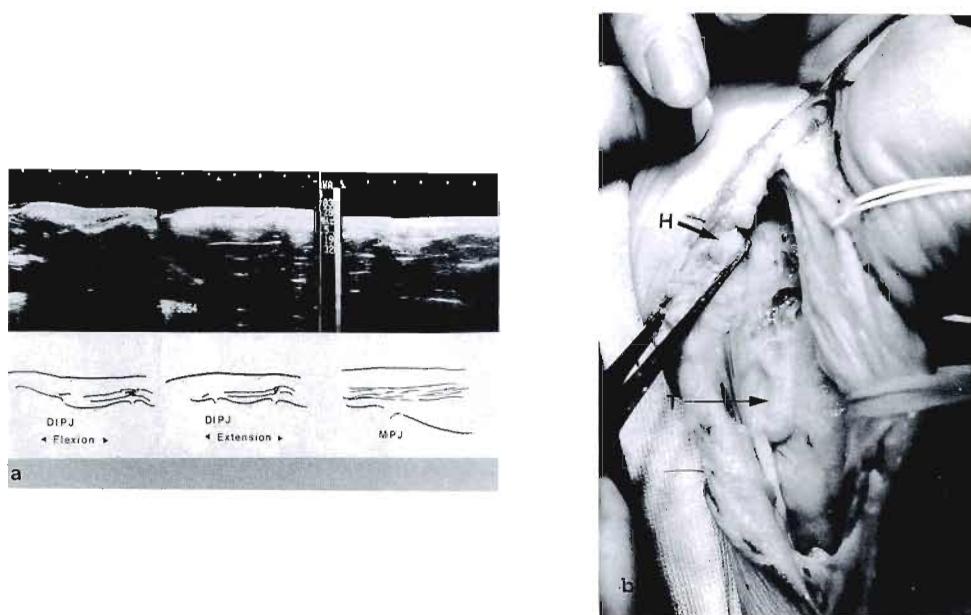


Fig. 3 FDP tendon rupture of little finger with hook of the hamate fracture

- a) Left and middle sonograms show FDP tendon continuity at its insertion. Passive movement of DIPJ revealed tendon motion. Right sonogram shows that the tendon motion by passive DIPJ movement was found in MPJ and more proximal level.
- b) Old fracture of the hook of hamate (H) and FDP (V) rupture (T) were confirmed by surgery.

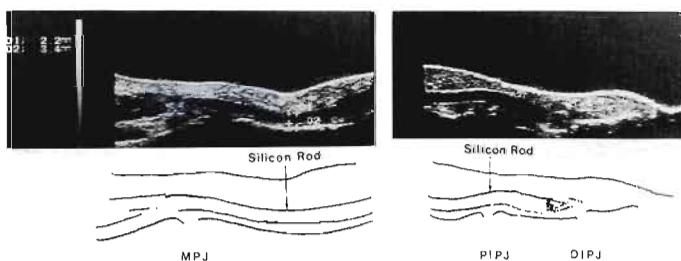


Fig. 4 Tendon replacement implant

Silastic rod was visualized as a pair of parallel echogenic lines with low echogenic zone between them.

occult ganglion の診断において、諸家の報告<sup>2)</sup>のとおり非常に有用と考える。

腱癒着については、腱の連続性と癒着の範囲が良く確認できると報告されている<sup>3)</sup>が、今回示した症例では周囲組織の瘢痕の強いためか病巣の拡がりは判った

が、陳旧性断裂との鑑別は困難であった<sup>4)</sup>。超音波の画像を手術所見と対比して見ると腱周囲の瘢痕の状態が良く描出されていたと考えられた。

皮下断裂の診断においては、腱の連続性あるいは不連続性を知ることで断裂部位を術前に特定でき、診断

および治療に有用な情報が得られた。

人工腱の観察ではX線では写りにくいシリコン製人工腱が超音波検査では明瞭に描出されて、その走行、滑走の状態が良く観察できた。また、腱剥離術後や腱移植術後の腱のbowstringingの状態が描出され腱の滑走状態だけでなく、骨表面から腱までの距離を測定することでpulleyの機能の状態についての評価ができる。

屈筋腱の観察において、超音波検査は術前診断ばかりでなく術後の観察においても有用と思われる。

### ま　と　め

ガングリオンの診断に超音波検査は有用である。

超音波検査は、腱の連続性や滑走の状態についての診断に有用であり、術後の腱および腱周囲の状態についての観察にも利用できる。

### 文　　献

- 1) Fornage, B. D., et al.: Ultrasound Examination of the Hand. Radiology, 155: 785-788, 1985.
- 2) Fornage, B. D., et al.: Ultrasound Examination of the Hand and Foot. Radiol. Clin. North Am., 26: 109-129, 1988.
- 3) 飯田博幸 他:指屈筋腱の超音波診断. 日手会誌, 5: 899-904, 1988.
- 4) McGeorge, D. D., et al.: Diagnostic Medical Ultrasound in the Management of Hand Injuries. J. Hand Surg., 15-B: 256-261, 1990.
- 5) 岡本 仁志 他:指屈筋腱損傷(Zone II, V)に対する超音波の応用. 日本整形外科超音波研究会報, 1: 87,

1989.

質問 防衛医科大学整形外科 中島 秀人

①症例5について、超音波検査にて断裂部位の特定はできなかったのでしょうか。

②①に関連して、Zone I, IIのflexor tendon rupterでは断裂部位は特定できるようですがZone IIIよりproximalでの特定は超音波検査で可能なのでしょうか。

回答 信州大学整形外科 北側 恵史

Zone IIIでは、Tendonが互いに近接しており、Longitudinal Scanでは、他指のFDPとの区別ができませんでした。Transverse Scanでtendonがあれば見えると思いますがFDPは他指と運動するためDynamic examinationでもTendonの断端の同定はできないと思います。

質問 済生会神奈川県病院整形外科 佐々木 孝

固有指部の腱をdynamicに描出するためにはプローブがあてにくいという欠点がありますが、良い方法がありましたらお教え下さい。

回答 信州大学整形外科 北側 恵史

着脱式のWater Bagなどを介在させることで指の屈曲に対応することができると思います。

## 上肢末梢神経に対する超音波検査法の応用

### —正常例の検討—

日本大学医学部整形外科学教室

舟 波 達・長 岡 正 宏  
鈴 木 孝 宏・佐 藤 勤 也

Ultrasonographic application for normal peripheral nerve of upper extremity

Satoru Funami, et al.

Department of Orthopaedic Surgery, Nihon University Hospital

It has been almost impossible to show the peripheral nerves in image form. However, the recent development of ultrasonography has enabled us to visualize some regions of the peripheral nerve. This paper is a report of our examination of images of upper extremity peripheral nerves in normal subjects.

The subjects were 40 normal, healthy volunteers, with whom ultrasonic images of median, ulnar and radial nerves were produced and examined longitudinally and transversely. Probes with frequencies of 7.5 MHz and 10 MHz were used.

With ultrasonic examination, normal peripheral nerves in certain regions could be identified by dynamic observation. The longitudinal images often displayed a funicular structure with a hyper-echoic line echo on the inside, while transverse images presented an elliptical cross section of the echo. The widths of the nerve trunks were approximately 2 mm, and no significant difference was seen between the left and right sides. There was a statistically significant difference between the sexes, with wider trunks in males.

The regions which could be represented as images were from the part just after passing through the pronator teres muscle up to the carpal tunnel in the median nerve, from the cubital tunnel to the central part of the forearm in the ulnar nerve, and from the elbow to the proximal one-third part of the forearm in the radial nerve. In regions such as the carpal tunnel and the cubital tunnel where the nerve trunks are located superficially, the echo level displayed a hypoechoic tubular structure. A probe with a frequency of 10 MHz could display images of the nerve trunks in greater detail, and produced better images of the nerve trunks in the carpal tunnel than those obtained with a frequency of 7.5 MHz.

### は じ め に

従来、末梢神経自体を画像としてとらえることはほとんど不可能であった。しかし、最近の超音波診断装

置の発達により部位によっては末梢神経の形態を視覚化することが可能となりつつある。1986年よりわれわれも臨床応用しているが<sup>2)</sup>、健常者における上肢末梢神経の描出像についてのまとめた報告がほとんどな

Key words: ultrasonogram, peripheral nerve, normal subjects,

Address for reprints: Satoru Funami, M. D., Department of Orthopaedic Surgery, Nihon University Hospital, 1-8-13 Kanda, Surugadai, Chiyoda-ku, Tokyo 101, Japan.

いため今回検討した。

### 対象と方法

対象は末梢神経障害のない健常正常人40例で、同一検査により上肢末梢神経幹を長軸および横軸像にて描出を試み検討した。対象とした末梢神経は、正中神経、尺骨神経および橈骨神経である。検討項目は、描出が可能である範囲の確認、長軸像における神経幹の幅の測定、描出された神経幹の深さの測定および部位による描出像の相違点などである。超音波装置は横河RT 3600電子リニア型スキャン装置を用い、探触子の周波数は7.5MHzを使用した。また、描出像の測定には独自に作製した0.5mm間隔のゲージを使用した。さらに、10MHzの探触子による描出像の検討も行い7.5MHzの描出像と比較検討した。なお、10MHzの探触子の超音波装置としては、アロカSSD-650 CLを使用した。

### 結果

#### 1. 神経幹の描出方法

正常な末梢神経幹は、超音波検査法にて部位によっては同定が可能であった。その存在は動的観察により周囲の筋腱と比較し神経幹のみが動かないことを利用し確認することができた。

#### 2. 神経幹の正常な描出像

超音波検査法による神経幹の描出画像は、長軸像では内部にhyperechoicな線状エコーを伴った索状構造を呈することが多かった。横軸像では橈円形のエコーの断面として描出された(Fig. 1)。

#### 3. 描出が可能な部位

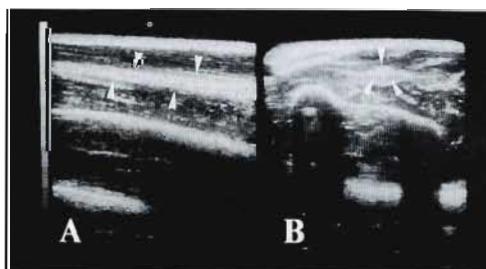


Fig. 1 The images of the normal peripheral nerves were displayed a hyperechoic structure. Arrowheads indicate the nerve trunks. A: longitudinal view. B: transverse view.

以下に超音波検査法にて同定が比較的容易な部位を各神経ごとに示す。正中神経は円回内筋を通り抜けた部位より手根管まで、尺骨神経は肘部管より前腕中央部まで、橈骨神経は肘部より前腕近位1/3の部位まで描出することが可能であった(Fig. 2)。

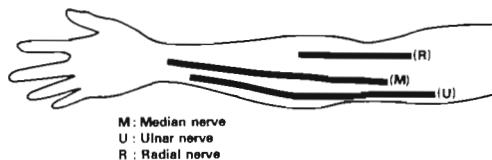


Fig. 2 The regions which could be represented as images with ultrasonographic examination.

#### 4. 神経幹の幅の測定

神経幹の幅は長軸像において約2mmであった。平均は $2.38 \pm 0.39$ mmで、左右差、描出部位による差、各々の神経による差は認めなかった。しかし、性差では統計学的な有意差を認め男性に太い傾向があった( $P < 0.01$ )。

#### 5. 神経幹の深さの測定

各神経において描出された各部位(正中神経:橈骨手根関節より近位へ3cm間隔、尺骨神経:上腕骨内側上頸より遠位へ2cm間隔、橈骨神経:橈骨頭より遠位へ2cm間隔)における深さの平均値を求め、超音波画像上神経幹がおおむねどのような走行をするかを検討した。正中神経は、手根管より近位部へと徐々に深くなり円回内筋を通り抜ける部位で最も深くなる(Fig. 3)。尺骨神経は、肘部管より遠位部へと徐々に深くなり橈側手根屈筋を通過する部位で最も深くなる(Fig. 4)。橈骨神経は、橈骨頭部より遠位部へと徐々

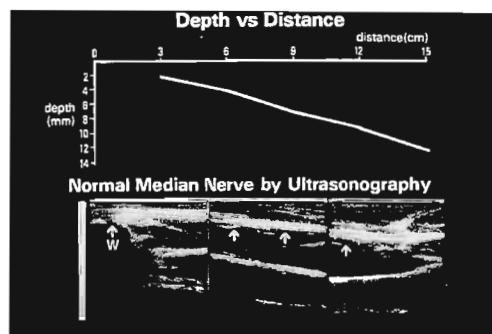


Fig. 3 O = W = Radiocarpal joint

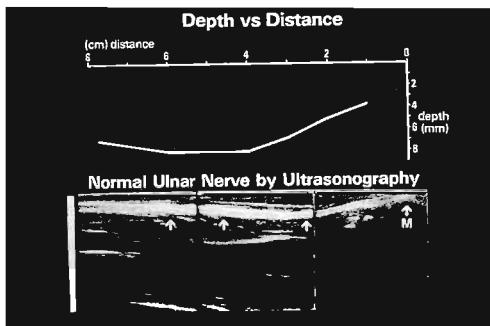


Fig. 4 O = M = Medial epicondyle

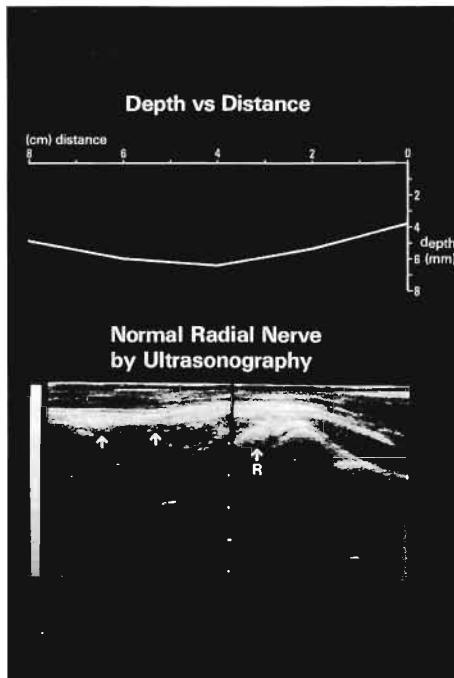


Fig. 5 O = R = Radial head

に深くなる (Fig. 5).

#### 6. 部位による描出像の相違点

神経幹のエコーレベルは前腕筋層内では hyperechoic な像として描出されたが、手根管や肘部管のように神経幹が浅層に存在し骨が近接するような部位では hypoechoic な管状構造を呈した。

#### 7. 10 MHz の探触子による描出像の検討

10 MHz の探触子の使用により神経幹はより細部まで描出が可能であり、長軸像では hyperechoic な層状構造として描出された (Fig. 6A)。これは神経幹内部のより詳細な構造が描出されたものとわれわれは考え

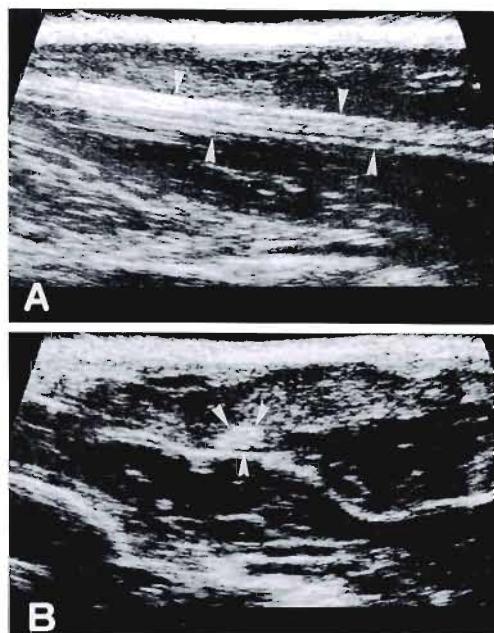


Fig. 6 A probe with a frequency of 10 MHz could display images of the nerve trunks in greater detail.

Arrowheads indicate the nerve trunks.  
A : longitudinal view. B : transverse view.

ている。また、同探触子は神経幹の横軸像においても 7.5 MHz の探触子に比較すると同定も容易であり細部まで描出が可能であった (Fig. 6B)。特に浅層に神経幹が存在する部位を検索する場合には、7.5 MHz より 10 MHz の探触子の方がその画像解析力の点ではるかに上回っていた。しかし、神経幹の走行を全体的に把握するには 7.5 MHz の探触子が優れていた。

#### 考 察

末梢神経幹自体に対する超音波検査法の応用に関する報告はいまだ少く、その正常な描出像に関する見解も統一をみていないのが現状である。1985 年 Solbiati<sup>1)</sup> は、末梢神経は超音波検査法にて hypoechoic な構造として描出することが可能であったと報告しているが、その後の機器の進歩により hyperechoic な線維性の構造として表現されることが多くなってきている。1988 年には Fornage<sup>2)</sup>、近藤<sup>3)</sup>らが正常な末梢神経幹の超音波検査法による描出像について報告しているが、それぞれ echogenic fibrillar echotexture、高エコーとその描出像に関し表現して

いる。今回のわれわれの検討でも、末梢神経幹は長軸像では内部に hyperechoic な線状エコーを伴った索状構造として描出されることが多かった。しかし、そのエコーレベルは部位もしくは症例によって多少の変化が認められた。つまり神経幹が筋層内に存在する部位では、hyperechoic な像として描出されるが、手根管や肘部管のように神経幹が表皮から浅い部分に存在しつつ骨組織が近接するような部位では、むしろ hypoechoic な像として描出された。その理由としては探触子のフォーカスの限界やマスキング現象など artifact が関与しているものと考えられる。すなわち上述したような現象は 7.5 MHz の探触子の限界を示すものと考え、今回はより近距離干渉帯での画像解析力が高いと思われる 10 MHz の探触子による神経幹の描出も試みた。その結果 10 MHz の探触子は表皮から浅い部位に存在する神経幹の描出において 7.5 MHz の探触子よりも明らかに優れていた。さらにその描出像を詳細に検討すると hyperechoic な層状構造を呈し外層は epineurium を内層は funiculus を描出しているのではないかとわれわれは推測している。

7.5 MHz の探触子による神経幹の描出が可能である範囲の検討を行うことにより、超音波検査法にて神経幹を検索する際には、その神経幹が同一平面内に連続して走行する部位でなければ描出が困難であることがわかった。言い替えれば神経幹が三次元的な走行の変化をする部位では横軸像での描出は可能であるが、長軸像での描出は非常に困難であった。一方、描出可能な部位における神経幹の幅は、約 2 mm であり、またその存在する深さを検討することにより解剖学的な神経の走行と矛盾しないことが確認された。このように正常な末梢神経の超音波画像を理解することは、末梢神経障害を呈する疾患、例えば神経原性腫瘍、神経損傷、絞扼神経障害などに本法を応用する際に重要である。

### ま　と　め

正常な上肢末梢神経幹は、超音波検査法にて同一平

面上にてとらえられる部位では描出が可能であり、その描出像は内部に hyperechoic な線状エコーを伴った索状構造を呈することが多かった。しかし、その描出像は神経幹が浅層に存在する部位ではむしろ hypoechoic な像として描出され、10 MHz の探触子の方が 7.5 MHz の探触子よりも細部の構造の描出が可能であった。

### 文　献

- 1) Fornage, B.D., et al.: Peripheral nerves of the extremities: Imaging with US. Radiology., 167: 179-182, 1988.
- 2) 舟波 達他：四肢軟部腫瘍に対する超音波診断—ことに末梢神経障害と関連のある腫瘍について—.整形・災害外科, 30: 841-846, 1990.
- 3) 近藤良明 他：上肢末梢神経の超音波解剖. 第 53 回日本超音波医学会講演論文集: 643-644, 1988.
- 4) Solbiati,L., et al.: High-resolution sonography of the recurrent laryngeal nerve anatomic and pathologic consideration. AJR., 145: 989-993, 1985.

**質問** 虎の門病院整形外科 立花新太郎

正中神経を長軸方向に探査した時に、echogenicity が変化する理由は何でしょうか。

また 变化する部位は一定しているでしょうか。

**回答** 日本大学整形外科 舟波 達

前腕部に比較し、carpal tunnel では echo level が低下します。その機序としては、周囲組織、特に腱や骨組織によるマスキング現象が深く関与していると思われます。その echo level が変化する部位は、個体差があり様々なようです。

**追加発言** 日本大学整形外科 舟波 達

10 MHz などの高周波探触子の使用により、神経幹のより微細な構造を描出でき、entrapment neuropathy や神経損傷などに臨床応用可能です。

## 手根管症候群における超音波診断

大阪医科大学整形外科学教室

野々村 淳・阿部 宗昭  
土居 宗算・長谷川 利雄  
小野村 敏信

### Ultrasonographic Diagnosis of the Carpal Tunnel Syndrome

Jun Nonomura, et al.

Department of Orthopedic Surgery, Osaka Medical College

Present study was performed to evaluate the usefulness of ultrasonography for diagnosis of carpal tunnel syndrome (CTS).

The ultrasonographic findings of the median nerve in the carpal tunnel region were examined on 200 hands (100 persons) which were considered to be normal and 12 hands (9 patients) which were diagnosed as CTS.

The median nerve at the longitudinal section was imaged using Toshiba SSA-250A with 7.5 MHz probe at the neutral position of wrist joint (Fig. 1). The parameters were as follows: 1) identification of the median nerve images, 2) maximum anterior-posterior thickness of the median nerve, 3) morphological findings of the median nerve.

Identification of the median nerve images was classified into 5 groups (Fig. 2): in A, the border of the median nerve was clearly identified, in B, the border of the median nerve was identified nearly 70~80% of the whole extent, in C, the border of the median nerve was identified about 50% of the whole length, in D, the border was identified less than 50% of the whole length, in E, the median nerve was not identified.

In normal cases, median nerve images of female were identified more clearly than that of male, and in the cases of more than 40 years of age, images of the median nerve were more clearly identified, compared to the images in the cases of less than 39 years old (Table 1).

Identification of the median nerve images in CTS cases was almost same degree as images in normal cases at the identical decades.

In normal cases, maximum anterior-posterior thickness of the median nerve was not different between right and left hands, male and female, and among each decades from third to seventh. There was no statistical correlation between maximum anterior-posterior thickness of the median nerve images and the body height of each patients (Fig. 3).

Maximum anterior-posterior thickness of the median nerve images on CTS cases ( $2.46 \pm 0.59$  mm) was thicker than that in normal cases ( $1.97 \pm 0.45$  mm). This result is considered to be influenced by the formation of the pseudoneuroma in the median nerve.

In images of normal cases, the anterior-posterior thickness of the median nerve became gradually thinner from the proximal towards the distal part of the carpal tunnel. On the other hand, in the cases of CTS, the anterior-posterior thickness of the median nerve became suddenly thin at the region between capitate and the transverse carpal ligament (Fig. 4). These findings corresponded

---

Key words: ultrasonography, diagnosis, carpal tunnel syndrome

Address for reprints: Jun Nonomura, M. D., Department of Orthopaedic Surgery, Osaka Medical College, 2-7 Daigaku-cho, Takatsuki-shi, Osaka, Japan.

with the operative findings.

These results indicate that ultrasonography is considered to be useful diagnostic tool in examining CTS.

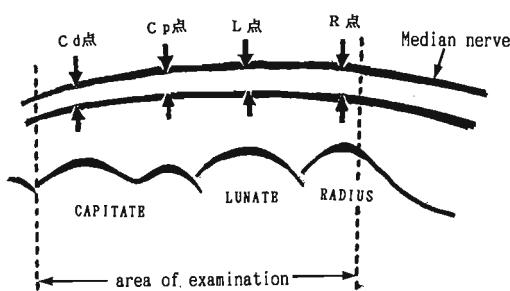


Fig. 1 Anterior-posterior thickness of the median nerve were measured at the four points shown on the black arrow

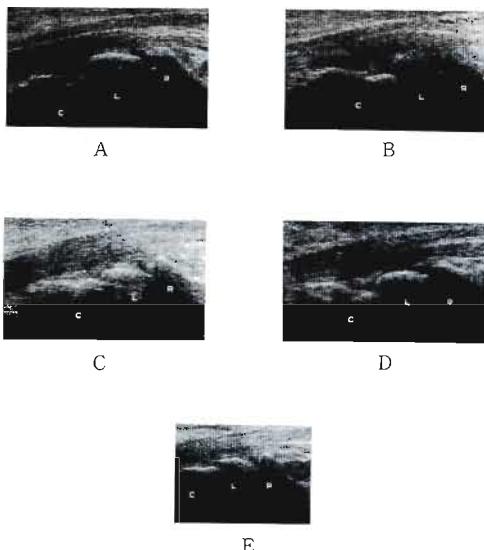


Fig. 2 The classification of the images of the median nerve

Table 1 Age, Sex and Identification of the median nerve images

| <Normal group> |     |    |    |   |   |   |
|----------------|-----|----|----|---|---|---|
| age            | sex | A  | B  | C | D | E |
| 20             | M   | 7  | 5  | 4 | 4 | 0 |
| 29             | F   | 3  | 9  | 8 | 0 | 0 |
| 30             | M   | 3  | 9  | 6 | 0 | 2 |
| 39             | F   | 7  | 10 | 3 | 0 | 0 |
| 40             | M   | 4  | 11 | 3 | 1 | 1 |
| 49             | F   | 8  | 11 | 1 | 0 | 0 |
| 50             | M   | 4  | 11 | 4 | 1 | 0 |
| 59             | F   | 9  | 9  | 2 | 0 | 0 |
| 60             | M   | 0  | 14 | 3 | 3 | 0 |
| 69             | F   | 10 | 9  | 1 | 0 | 0 |
| A + B(%)       |     |    |    |   |   |   |

M: male, F: female

<CTS group>

| <CTS group> |   |   |   |   |   |    |
|-------------|---|---|---|---|---|----|
| number      | A | B | C | D | E |    |
|             | 2 | 8 | 2 | 0 | 0 | 83 |

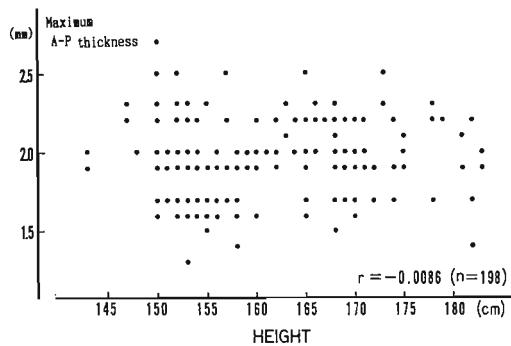
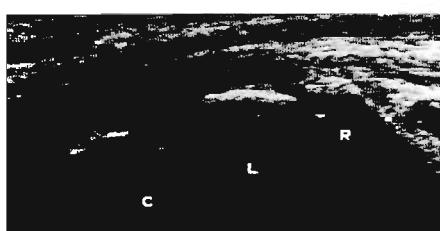
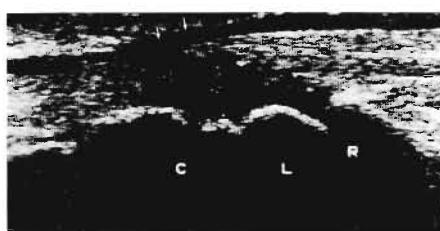


Fig. 3 Correlation between maximum anterior-posterior thickness of the median nerve and body height.



<Normal case>



<CTS case>

Fig. 4 The images of the median nerve in normal and CTS case.

手根管症候群（CTS）の診断は、病歴および臨床症状と電気生理学的検査により比較的容易である。しかし、術前に正中神経の圧迫像を捉えることは困難であった。健常例と CTS 例に対し超音波検査を行い、健常例における正中神経の描出の程度と、CTS 例では特徴的な正中神経の圧迫像が捉えられるかどうかを検討したので報告する。

### 対象と方法

対象は健常な対照例として、20 才代から 60 才代にいたる 10 年代ごとの男女各 10 名 合計 100 名 200 手と、手術を行った CTS 患者 8 例 12 手である。手術例の内訳は男性 2 例 3 手、女性 6 例 9 手であり、年令は 34 才～69 才、平均 54.3 才である。CTS 例は術中の超音波検査も施行し、術前の検査所見との比較検討を行った。

超音波診断装置は、東芝 SSA-250 A を用い、探触子は 7.5 MHz 線形型を使用した。伝達媒体として Sonojelly を用いた。

検査範囲は手根管部よりやや近位側から、手根管遠位部までとし、手関節掌背屈中間位にて長軸面で検査した。計測可能なものは、次の 4 点上で正中神経の前後径を計測した (Fig. 1)。

R 点：橈骨遠位端の掌側隆起の頂点

L 点：月状骨の掌側隆起の頂点

Cp 点：有頭骨の 2 つの掌側隆起のうち近位側の頂点

Cd 点：有頭骨の 2 つの掌側隆起のうち遠位側の頂点

得られた画像を以下の 3 項目について検討した。1. 正中神経の描出、2. 正中神経の最大前後径、3. 正中神経の形態

### 結果

超音波での正中神経の画像は、手根管部では hypoechoic な像として描出された。一方、周囲の屈筋腱群は、正中神経と比べるとやや hyperechoic な像を呈するものが多かった。正中神経と同じ程度の echoic な像を呈する場合でも、指を屈伸させて動的観察をすることより、正中神経との鑑別は可能であった。すなわち、腱の動きに比して正中神経の動きは小さいことで鑑別できた。

#### 1. 正中神経の描出の程度

正中神経の描出の程度を以下の 5 群に分類した

(Fig. 2)。

- A : 正中神経と周囲組織との境界が、明瞭なもの
- B : 正中神経と周囲組織との境界が、70～80%以上明瞭なもの
- C : 正中神経と周囲組織との境界が、50%以上明瞭なもの
- D : 正中神経と周囲組織との境界は、50%以下しか明瞭でないが、正中神経と同定できるもの
- E : 正中神経の同定が困難なもの

健常対照群における年令および性と正中神経の描出の程度との関係は、Table 1 のごとくである。すなわち、性別では男性よりも女性における描出が良好であり、年令では 30 才代以下よりも 40 才以上の方が良好であった。一方、CTS 群では同年令の対照群とほぼ同じであった。

#### 2. 正中神経の最大前後径

##### 1) 健常対照群の測定値

- a) 左右差：右  $1.96 \pm 0.46$  mm、左  $1.97 \pm 0.47$  mm であり、差は有意でなかった。

- b) 性別差：男性  $1.99 \pm 0.43$  mm、女性  $1.94 \pm 0.47$  mm であり、男女間に有意な差はなかった。

- c) 年令別比較：20 代  $1.90 \pm 0.36$  mm、30 代  $1.89 \pm 0.48$  mm、40 代  $2.00 \pm 0.48$  mm、50 代  $2.05 \pm 0.38$  mm、60 代  $2.00 \pm 0.47$  mm であり、加令と共に正中神経の前後径はやや厚くなる傾向にあったが、各年代間で差は有意ではなかった。

- d) 身長との関係：身長と最大前後径との間には明らかな相関関係はみられなかった (Fig. 3)。

##### 2) 対照群と CTS 群の比較

対照群は  $1.97 \pm 0.45$  mm であり、CTS 群は  $2.46 \pm 0.59$  mm であった。正中神経の最大前後径は CTS 群の方が対照群より危険率 1% 以下で有意に厚かった。

##### 3) CTS 群の術前と術中の比較

術中の超音波検査による正中神経の最大前後径は  $2.62 \pm 0.73$  mm であり、術前の値に比しやや厚かった。これは手根管を開放し、正中神経の直上で計測したためと思われたが、その差は有意ではなかった。

#### 3. 正中神経の形態

正中神経の形態の画像上の特徴を調べるために、前述の 4 点のうち、R 点での前後径を 100% とし、R 点に対する L 点、Cp 点、Cd 点の比を算出した。

健常対照群における比は L 点 96%、Cp 点 92%、Cd 点 90% であり、CTS 群における比は L 点 90%、Cp 点 66%、Cd 点 57% であった。すなわち、健常対照群

では、近位部から遠位部へむけてゆるやかに前後径を減じていたが、CTS 群では Cp 点で前後径が急激に減少していた。特に遠位部で掌側からの圧迫が強いもののが多かった (Fig. 4)。

術中超音波検査においても、正中神経の画像は術前とほぼ同じものが得られた。これにより術前検査で得られた像が、腱などではなく正中神経であることが確認できた。

### 考 察

健常対照群における正中神経の描出が、30 才代以下よりも 40 才代以上の方が良好であったのは、加令による影響があるように思われた。男性よりも女性のほうが、加令と共に描出度が良好となることは、非特異性腱鞘炎による CTS が中年の女性に多いことと考え合せると、興味深い結果である。

正中神経の最大前後径は、ほとんどの例では R 点上で得られたものである。そして対照群に比べて CTS 群の方が有意に厚かったことは、術中所見でこの部に偽神経腫が存在していたことと一致していた。

超音波画像上 CTS 群では、正中神経は遠位部でその前後径が急激に減少していたが、これは、手根管の遠位部で圧迫が強かった術中所見と一致していた。さらに、同部で掌側からの圧迫像が強いのは、その解剖学的特徴が大きく関与しているものと思われる。山下ら<sup>1)</sup>は死体解剖標本の計測の結果、横手根靱帯は遠位

1/3 が最も厚いと報告している。したがって、何らかの原因で手根管内圧が上昇し、正中神経を押し上げた状態となった場合に、横手根靱帯の最も厚い遠位 1/3 部で掌側より強く圧迫されるためと思われる。以上のことでより、超音波検査は手根管症候群において、術前に正中神経の圧迫状態を、非侵襲的に把握することが可能であり、新たな補助診断となり得ると思われる。しかし、全例に正中神経の描出が可能ではなく、その原因の解明と今後さらに解像能の良い診断装置の開発が必要である。

### 文 献

- 1) 山下仁司 他：当科における手根管症候群の手術療法について。中部整災誌, 31: 1851-1852, 1988.
- 2) 三枝清純 他：整形外科領域の超音波による研究。整形外科, 32: 645-654, 1981.

**質 問** 日本大学整形外科 舟波 達  
年令による神経幹の描出像の変化は、synovitis が影響していると考えていらっしゃるのでしょうか。

**回 答** 大阪医科大学整形外科 野々村 淳  
同年代の CTS 群と対照群との間で正中神経の描出度に差がないことより、synovitis よりも神経あるいは周囲組織自体に加令による変性があるのではないかと考えています。

## 手関節の Digital Subtraction Arthrography について

大阪医科大学整形外科学教室

大坂 芳明・阿部 宗昭  
土居 宗算・石津 恒彦  
小野村 敏信

### Digital Subtraction Arthrography of the Wrist

Yoshiaki Osaka, et al.

Department of Orthopedic Surgery, Osaka Medical College

In the present study we performed digital subtraction arthrography (DSA) on patients with chronic wrist pain and compared our findings using this method and conventional wrist arthrogram. Subjects

Since February, 1990, we have conducted DSA on 21 patients (40 wrists) who complained of chronic wrist pain.

#### Methods

We used a Shimazu DAR 1200 DSA. The contrast medium consisted of a 1:1 mixture of 60% Urografin and 1% Xylocaine, and we slowly injected 2-3 ml into the radiocarpal joint.

#### Results

1) When DSA was performed in patients with ulnar wrist pain, contrast medium inflow was delayed on the ulnar side. In the course of these examinations we classified the images into 4 types (Fig. 1-4, Table 1).

2) In the cases of DSA of scaphoid non-union, a delay of contrast medium inflow was observed on the radial side (Fig. 7).

3) It is considered that communication pathway from radiocarpal joint into adjacent joints is more clearly identified with the images obtained from DSA, compared to conventional wrist arthrograms.

#### はじめに

手関節部痛に対する従来の方法による手関節造影の有用性はすでに報告<sup>2)</sup>されているところであるが, Digital Subtraction Arthrography<sup>1,3)</sup> (以下 DSA) についての本邦での報告はみられない。今回われわれは慢性手関節部痛の症例に対し DSA を施行し, その画像に検討を加えたので報告する。

#### 対象

1990年2月より手関節部痛を訴える症例21例に対して, 健側を含め40手関節に DSA を施行した。症例の内訳は手関節尺側部痛7例, 慢性関節リウマチ(RA)7例, 舟状骨骨折3例, キーンベック病2例, その他2例であった。

Key words: wrist, digital subtraction arthrography (DSA), arthrography, chronic wrist pain, ulnar wrist pain  
Address for reprints: Yoshiaki Osaka, M.D Department of Orthopedic Surgery, Osaka Medical College, 2-7 Daigaku-cho, Takatuki, Osaka, Japan.

## 方 法

島津製作所製 DAR 1200 S DSA を使用した。造影剤は 60% Urograffin と 1% Xylocaine を 1:1 の割合で混合して使用し、注射針は 23 G の翼状針の翼の部分を切り取って用いた。穿刺部位は手関節背側とし、透視下に手関節掌屈位にて橈骨手根関節へ刺入、用手的に 2~3 ml 緩徐に注入した。撮影時間は約 30 秒で 11 スポットを画像にした。

## 結果および考察

### 1. 手関節内での造影剤の拡散様式

#### a. 手関節尺側部痛

手関節尺側部に痛みのある 7 症例の患側およびその健側、計 13 手関節に DSA を施行し、その拡散様式を以下の 4 型に分類した。

Type I : radial bursa (RB) と prestyloid recess (PR) に造影剤がほぼ同時に流入するもので、正常と判定した (Fig. 1)。

Type II : RB と PR がほぼ同時に造影されるが、distal radioulnar joint (DRUJ) との communication がみられるもの (Fig. 2)。

Type III : RB にある程度造影剤が貯留した後に

PR が造影される。すなわち尺側への造影剤の流入遅延がみられるもの (Fig. 3)。

Type IV : III の所見がありかつ DRUJ との communication がみられるもの (Fig. 4)。

尺側部痛のない症例（健側）は type I か II で、尺側への造影剤の流入遅延がみられるものはなかった (Table 1)。尺側部痛を有する症例（患側）は 1 例を除き type III か IV であった。ulnar variance と type

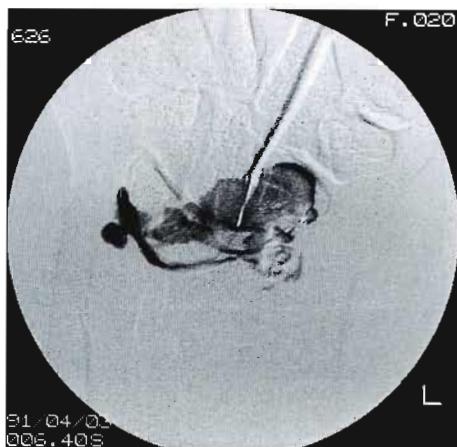


Fig. 1 Type I  
Contrast medium has filled throughout radiocarpal joint at the same time.



Fig. 2 Type II  
Contrast medium extends into the radiocarpal joint immediately after injection (a), three seconds later, the medium extends into distal radioulnar joint (b).

との関係を調べたが、nullあるいはplus varianceの手関節でtype I, IIであるものや、null varianceでtype IIIの例もありulnar varianceとはあまり関係がないものと思われた(Fig. 5)。ulnar varianceとの関係はさらに症例数を増やして再検討したい。

尺側への造影剤の流入遅延の原因是、尺側部の炎症

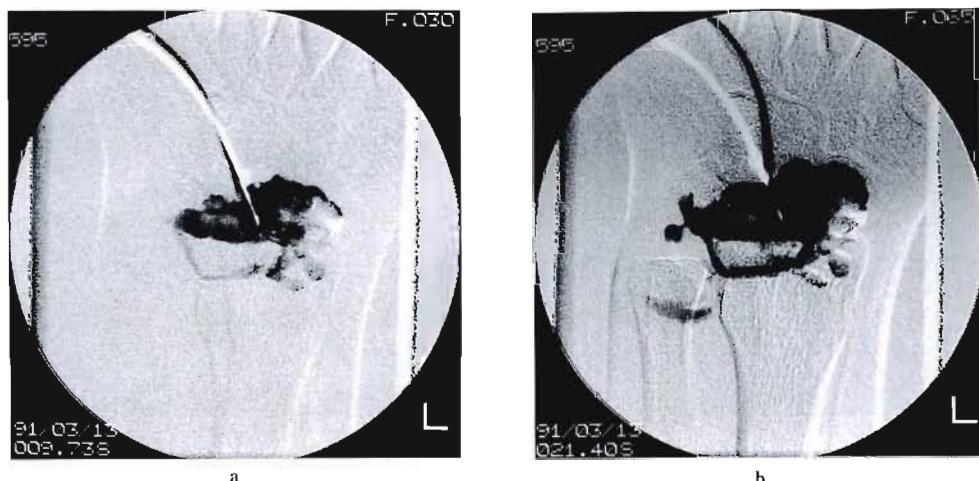
や瘢痕化などにより、通路が狭小化するためと考えられた。症状の強いものほど遅延傾向が強いようと思われた。

#### b. RA

手関節全体に強い炎症を有するためか造影剤が瞬時に拡散した(Fig. 6)。このため造影剤の時間的な流れ



**Fig. 3 Type III**  
Contrast medium extends into radial bursa  
(a), and then into prestyloid recess (b).  
This means a delay of the filling in ulnar  
side of the joint.



**Fig. 4 Type IV**  
Contrast medium extends into radial bursa  
(a), and then into prestyloid recess and  
distal radioulnar joint (b).

Table 1 Types and pain with or without ulnar wrist pain.

|          | Cases with ulnar wrist pain | Cases without ulnar wrist pain |
|----------|-----------------------------|--------------------------------|
| Type I   | 1                           | 3                              |
| Type II  | 0                           | 3                              |
| Type III | 4                           | 0                              |
| Type IV  | 2                           | 0                              |
| Total    | 7                           | 6                              |

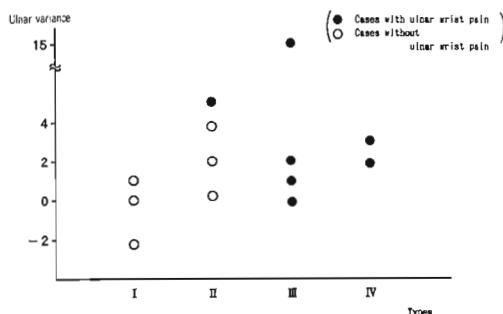


Fig. 5 Correlation between ulnar variance and types

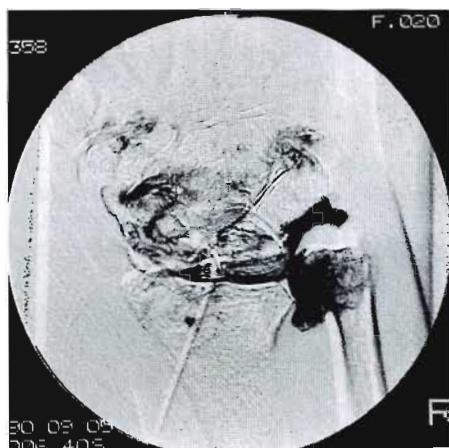


Fig. 6 DSA findings in the cases of RA.  
DSA shows the communication to distal radioulnar, midcarpal and carpometacarpal joint.  
Contrast medium extend into adjacent joints immediately after injection.

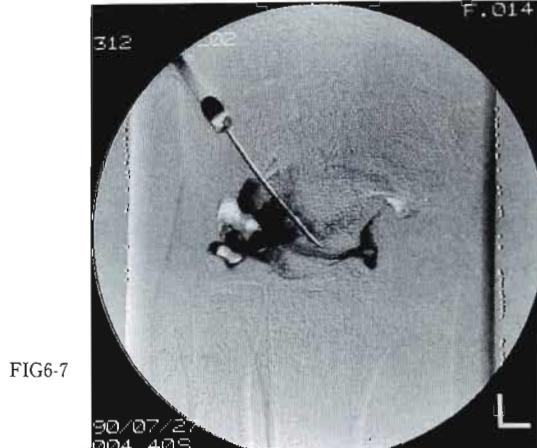


Fig. 7 DSA findings in the cases of scaphoid nonunion.  
Ulnar side of the radiocarpal joint is filled with contrast medium but radial bursa is not filled.

の詳細がつかめない症例がほとんどであった。

### c. 舟状骨骨折

舟状骨骨折は新鮮例 1 例、偽関節例 2 例の計 3 例に行った。茂松<sup>4)</sup>によれば midcarpal joint への交通が高頻度にみられることがあるが、3 例いずれにも交通はみられなかった。しかし、偽関節の 2 例においては造影剤の橈側への流れの遅延がみられた (Fig. 7)。この遅延は舟状骨の異常可動性により radioscapheoid joint 部に炎症や瘢痕化が生じ、通路が狭小化し橈側への流れが障害されたためと思われる。

### II. 隣接関節への流入経路

従来の手関節造影においても隣接関節への流入経路

についてはよく検討されていたところであるが、画像としてとらえるためには検者の技術と撮影のタイミングによるところが大きい。一方 DSA ではリアルタイムの画像が得られ、ビデオテープ収録しておくと、再生して造影剤の動態を再検討することができる。さらに、subtraction されているために隣接関節への流入経路が画像として明瞭に描出することができる。特に triangular fibrocartilage の詳細な断裂部位を画像として明瞭に描出できる。

### III. DSA の利点と欠点

#### DSA の利点

1. 検査中の任意の時間における画像を再生するこ

とができる。

2. 画像は検者の技術や撮影のタイミングに関係なく得られる。

3. subtraction するため造影剤と骨陰影とがかさならない。

#### DSA の欠点

##### 1. 被曝量が多い。

従来の手関節造影と単純に比較することはできないが、われわれは鮮明な画像を得るために連続撮影法をとり、かつビデオで録画を行っていることもあり、約2倍のX線被曝量があると思われる。

##### 2. artifact が生じることがある。

検査中に手が動くと後半の像の骨皮質と造影剤のラインとの判別が困難なことがある。

##### 3. 動態撮影ができない。

最初に造影剤を注入した位置でのみしか撮影できない。われわれは全例一番情報が得られると思われる正面像で検査した。動態撮影が必要な症例に対しては、DSA 終了後即座に透視下にて撮影することは可能である。

## まとめ

1. 慢性手関節痛21症例、健側を含め40手関節に對して DSA を施行し、画像分類を行い4つの type の分けた。

2. 手関節尺側部痛症例の DSA にて、尺側への造影剤の流入遅延がみられた。

3. 舟状骨骨折偽関節例の DSA にて、橈側への造影剤の流入遅延がみられた。

4. 隣接関節への造影剤の流入経路を明瞭にとらえることができた。

## 文献

- 1) Manaster, B. J., et al.: Digital Wrist Arthrography, Am. J. Roentgenol., 147: 563-566, 1986.
- 2) Palmar, A. K., et al.: Arthrography of the wrist. J. Hand Surg., 8: 15-23, 1983.
- 3) Resnick, D., et al.: Digital Arthrography of the Wrist, Am. J. Roentgenol., 142: 1187-1190, 1984.
- 4) 茂松茂人:手関節部外傷における手関節造影とその診断的意義. 日手会誌, 7: 19-35, 1991.

## 簡便な術中神経断端評価法の開発

東京大学医学部整形外科学教室

中川種史・長野昭  
落合直之・三上容司

順天堂大学医学部法医学教室

松沢茂隆

Development of the intraoperative estimation of the proximal nerve stump using colloidal gold labeled with anti-neurofilament antibody

Tanefumi Nakagawa, et al.

Department of Orthopaedic Surgery, Faculty of Medicine, University of Tokyo

One of the important factor to obtain successful nerve suture is to prepare good proximal stumps. The estimation of the stump has been done mainly from the view with the naked eye, which is of course obscure. Many histological method to examine nerve stumps during the operation have been reported, but they required at least one hour of time and special equipments. We developed a new procedure to examine the proximal nerve stump using the quick immunological reaction of the anti-neurofilament (NF) antibody labeled colloidal gold to the NF antigen on the artificial membrane.

Practical method is; Stamp the proximal stump on the cellulose acetate membrane to make a spot. Set the membrane on the small device made of plastics. Wash the membrane with the phosphate buffer. Apply the colloidal gold labeled with anti-NF antibody to the membrane and aspirate through the membrane after several minutes waiting. Wash with phosphate buffer again. If the stump is normal and the spot contains appropriate neurofilament, the colloidal gold is fixed to the spot and the spot shows pinkish color. The procedure takes less than 10 minutes, and the equipments of the examination are small and easy to bring anywhere.

The adequate concentration of the anti-NF antibody to the colloidal gold was 1/1000.

This procedure was applied in five patients clinically, and was revealed it was very useful.

This simple and quick method offers a great help to the peripheral nerve suture, though this method is applicable only to the proximal stump and the differentiation of motor nerve fibers from sensory nerve fibers is impossible.

### はじめに

神経縫合で良好な成績を得るための一つの条件として、正常な近位神経断端で神経縫合を行うことがあげ

られる。これまでの近位神経断端の評価には、肉眼診断、電気診断と組織診断が用いられてきた。肉眼診断は最も容易で一般的に行われており、神経束の有無やその所見、瘢痕性の“硬さ”的有無等を指標に行って

Key words: colloidal gold, neurofilaments cellulose acetate

Address for reprints: Tanefumi Nakagawa M.D., Department of Orthopaedic Surgery, Faculty of Medicine, University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-Ku, Tokyo 113, Japan

いる、しかし当然信頼性に乏しい。電気診断は術野によっては実行が困難、また刺激、記録の条件が手術野では設定が習熟を要するため一般的でない。組織診断は直接的な方法で信頼性が高く、標本を迅速に作成する方法が数多く報告されているが、少なくとも1時間程度の時間を要し、さらにその操作は特殊な器材を必要とするため、手術室で手軽に行えるものではない。そこで今回われわれは、神経の近位断端の評価を手術室で短時間かつ簡便に行う組織学的手法の開発を試みた。

## 原 理

本方法は、合成膜上に神経断端を圧着し、膜面に付着したニューロフィラメント（NF）抗原の有無を抗NFモノクローナル抗体により感作した金コロイドを使用して、直接法を用いた評価を行うものである。金コロイドは赤色であり、感作したコロイドが抗原と反応して膜面に付着すると淡赤色のスポットを呈する。このために発色の操作が必要ない。

## 染 色 法

① 0.45 μm または 0.8 μm 径の孔を持つ直径 3.8 cm の円形のセルロースアセテート膜を用意する。

② 検査を行う神経断端を膜に圧着しスポットを作成する。

③ ドライヤーを用いてそのスポットを乾燥する。

④ 膜を通して吸引を行う目的で作成したプラスティック製の容器 (Fig. 1-a) にセルロースアセテート膜を装着する。

⑤ PBS（リン酸緩衝液）を 2 ml 程度膜を通して吸

引する。

⑥ 1000 倍希釈の抗 NF モノクローナル抗体<sup>1,2)</sup>で感作した金コロイド溶液の染色液 2 ml を容器中に注入し数分静置する、その後染色液を膜面を通して吸引し、さらに 1 から 2 回膜面を通しての吸引を繰返す。

⑦ 再び PBS 2 ml を膜面を通して吸引することを 2 ~ 3 回繰返し、洗浄する。

⑧ 結果を観察する。正常神経ではスポットは淡赤色を呈する (Fig. 1-b, c)。

所用時間は 10 分以内で、必要な器具は軽量で携帯容易である。

## 染色法の検討

### 方法

#### 1) 抗体濃度の検討

抗体濃度 500, 1000, 2000 倍希釈において、完全に変成していた筋皮神経（腕神經叢損傷例）と正常肋間神経との比較より適正な抗体濃度を検討した。

#### 2) 特異性の検定

血清、神経抽出液（神経を PBS 中でホモジネートして得られた液）、正常神経圧着、変性神経圧着の 4 レーンで、セルロースアセテート膜上での Barbital-Barbital soda buffer を用いた電気泳動を行い、ポンソーザ R での蛋白染色、ABC 法、本染色法の 3 方法で検討した<sup>3)</sup>。

### 結果

1) 正常の肋間神経は 1000 倍希釈までは染色性が見られた。しかし変性筋皮神経のスタンプは抗体濃度によらず染色されなかった (Table 1)。

2) ABC 法、と本染色法では、神経抽出液、正常神

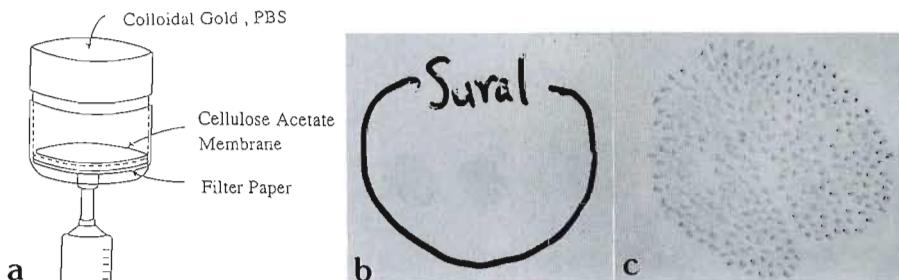


Fig. 1 (a) Device to set the membrane. Colloidal gold and phosphate buffer are aspirated by the injector beneath the device.  
 (b) Staining of healthy nerve (sural nerve).  
 (c) Histology of the nerve ( $\times 50$ )

経圧着の2レーンのみにおいて、原点に近いほぼ同一のバンドを染色した(Fig. 2)。以上より特異性には問題なしと判断した。

### 臨床への応用例

27才 男性 総肺骨神経損傷

Fig. 3-aに示す総肺骨神経遠位部、中央部、近位部の3カ所において試験切開を行い肉眼的観察、および本手法によって検査した。近位部では断端に神経束が見られたが、触診上瘢痕性に硬かった。本手法では、神経のスポットはいずれの位置においても染色性はコントロールに比べて、著明に低下していた(Fig. 3-b)。肉眼的には神経束が見られても、この近位部の断端は正常ではないと判断した。組織学的にもごくわずかに神経線維の残存が見られるのみであった(Fig. 3-c, d)。

### 考 察

合成膜上のNF抗原を評価する方法としては、イムノプロッティングなどに用いられるABC法が一般的である。しかし間接法を用いているため反応の手順が多く所用時間が長い。また、非特異反応を防ぐために多くの処理を要する。

イムノプロティングや合成多孔質膜上にスポットした試料の抗原量を定量するドットイムノプロティングと呼ばれる方法の変法として、Moremansらは抗原に対して1次抗体を反応させたのちに2次抗体で感作した金コロイドを用いる方法を発表している<sup>4)</sup>。われわ

れは、これを発展させ、神経断端を膜面に圧着し、膜面に付着したNF抗原の有無を抗NFモノクローナル抗体により評価する方法を考案した。反応時間の短縮、特異性の向上の為にはMoremansらとは異なり、抗NF抗体を感作した金コロイドを用いてNF抗原に対して反応させる直接法を用いるのがよいと考えた。本検査方法においては合成膜にスタンプした神経断端を評価することに加え、セルロースアセテートを用いることによりブロッキングの手順を省くことにより反応時間の短縮を図っている。これは従来ない発想である。

本法では当然近位神経断端の評価しか出来ず、さらに運動神経、知覚神経の区別も出来ないなど制限も多い。また断端の圧着法、再生神経の評価などに問題を残す。しかしこれまでほとんど肉眼に頼ってきた神経断端の評価を容易に補う方法として充分に存在意義はあると考える。

本法のさらなる利用法として腫瘍切除部の評価などにも応用出来るのではないかと考えている。

Table 1 Detection limit of our method using colloidal gold labeled with monoclonal antibody to NF

| Dilution of antibody | Degenerated Musculocutaneous nerve | Intact Intercostal nerve |
|----------------------|------------------------------------|--------------------------|
| 1/500                | ×                                  | ○                        |
| 1/1000               | ×                                  | ○                        |
| 1/2000               | ×                                  | ×                        |

○ ; Stained      × ; Not stained

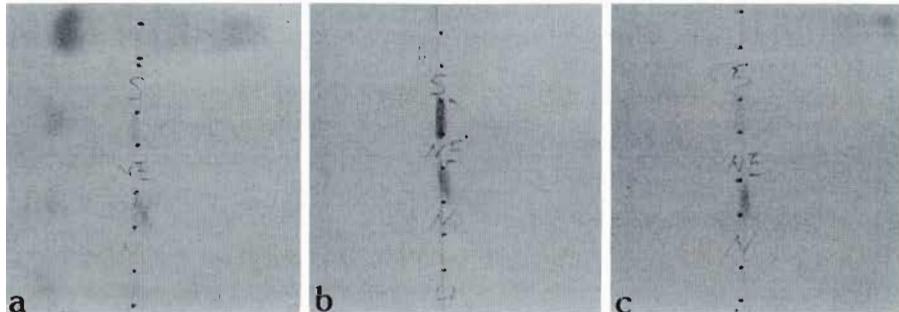


Fig. 2 Specificity of our method was compared with three electropheretic patterns on cellulose acetate membrane.  
Lane 1: Serum Lane 2: Nerve Extract Lane 3: Normal Nerve Stump Lane 4: Degenerated Nerve Stump

(a) Ponceau 3R (b) ABC Method (c) Our Method (Colloidal Gold)  
Our method stained the same band as ABC method.

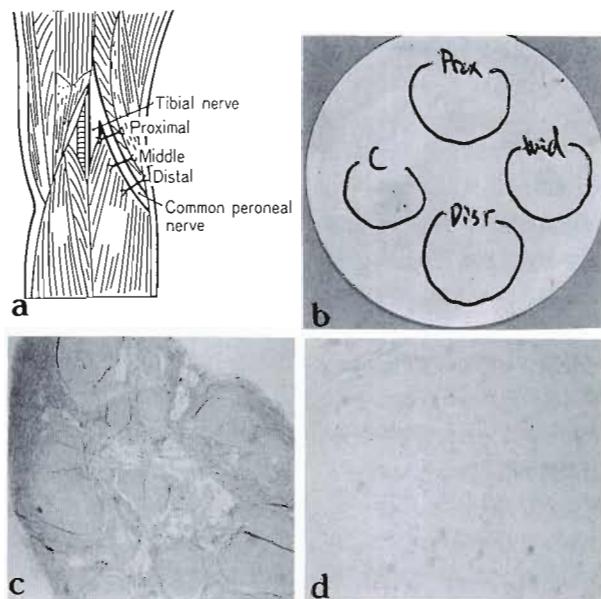


Fig. 3 Application to a clinical case  
27 Male Injury of the common peroneal nerve

- (a) Points of trial sections.
- (b) Examination by our method.  
Prox : Proximal. Mid : Middle.  
Dist : Distal. C : Control.  
No spot other than control was stained clearly.
- (c) Histology of the nerve stump at "Proximal" point of trial section.  
Funiculus was seen (Masson  $\times 10$ ).
- (d) Higher magnification of the same specimen.  
Few axons were stained by the ABC method with the anti-NF antibody ( $\times 50$ ).

### まとめ

- 1) 短時間かつ設備を必要とせず近位神経断端の術中評価を行う手法を考案した。
- 2) 本手法は臨床応用の充分可能な方法である。

### 文 献

- 1) Frens G.: Controlled nucleation for the regulation of the particle size in mono disperse gold suspensions. *Nature physical science*, 241: 19-22, 1973.
- 2) Beesley J. E.: *Microscopy Handbooks* 17, colloidal gold: A new perspective for cytochemical mark-

ing, Oxford University Press, Oxford, 1-58, 1989.

- 3) 小川恕人他:セルローズアセテート電気泳動法による血清蛋白分画定量法の標準操作法について,生物物理学, 11: 351-356, 1966.
- 4) Moeremans M. et al.: Sensitive visualization of antigen-antibody reactions in dot and blot immune overlay assays with immunogold and immunogold/silver staining. *J. Immunol. Methods*, 74: 353-360, 1984.

質問 滋生会神奈川県病院整形外科 佐々木 孝

①この染色操作は術者以外の人が術野の外で行うのでしょうか。

②この評価と、臨床的な硬さ、神経断端からの神経束の奔出などの間には相関は見られましたでしょうか。

回 答 東京大学整形外科 中川 種史

①われわれの使用している器具は滅菌可能でありますので、術者が行うこと也不可能ではありません。

②検討中であります。

質 問 広島大学整形外科 越智 光夫  
Sensory, Motor fibers の鑑別法（術中）はすでに

中国の Gu が施行しております。

先生の方法で染まる fiber は、motor に対してより染色性が強くでるのか否か、お教えください。大変興味深い研究と存じます。

回 答 東京大学整形外科 中川 種史

われわれの用いているモノクローナル抗体で、組織を染色した場合、運動知覚は同じように染色されております。

私の方法でも、まったく、運動知覚の差はありませんでした。

原 著

## 中手骨骨頭の形態計測に関する研究

東京慈恵会医科大学整形外科学教室

村 井 恒 雄

### A Geometric Study on the Metacarpal Heads

Tsuneo Murai

Department of Orthopaedic Surgery, The Jikei University School of Medicine

The metacarpophalangeal joint is formed by the irregularly spheroidal head of the metacarpal and the broad concave base of the proximal phalanx. It is not a hinge but a multiaxial condyloid joint permitting motion of the proximal phalanx over the metacarpal head. It is called the keystone of the finger because of its position at the base of the finger determines the spatial orientation of the IP joints. There are complex variations in the shape of the metacarpal head.

Linear measurements were made of fifty-two cadaveric hands with respect to the sizes of the metacarpal heads. All specimens for this investigation were obtained from the Department of Anatomy, Jikei University School of Medicine, and consisted of the right and left hands of the same cadaver. Eighteen cadavers were male, the rest female. The average of the age was 59.4 years (male, 54.9 years; female 69.4 years), and the range was thirty-five to eighty-three years.

In this study, metacarpal bones except thumb were prepared from cadaveric hands and all soft tissues were removed. Seven dimensions on the frontal plane were defined for each metacarpal head and measured using a direct reading caliper.

All metacarpal heads had the similar shape among digits. The relative sizes of the metacarpal heads were as follows; index : middle : ring : little = 1 : 0.97 : 0.86 : 0.82. The data at the 99 per cent confidence level showed significant difference between sexes in all measurements. However, there was no significant difference between the right and left sides.

Secondly, the geometric analysis of the articular surface of the metacarpal head was performed in order to elucidate the joint movement mechanisms. 48 metacarpal bones except thumb prepared from 12 hands, 6 left and 6 right, were studied.

In the transverse plane, the average radius of the second metacarpal bones was greater on the radial side, while that of the fifth metacarpals was greater on the ulnar side. The articular surfaces of the third and fourth metacarpals were symmetrical. In the sagittal plane, there was not much difference between metacarpals in the instant center pathways.

Compared with articular surfaces of the metacarpal heads, middle fingers had symmetrical surfaces areas. On the other hand, index and little fingers were asymmetrical. The articular surface of index finger had a prominent tubercle that extended further in the volar-radial direction and the margin of the tubercle was convex proximally.

---

Key words: metacarpal head, geometric study, articular morphology, instant center, radius of curvature

Address for reprints: Tsuneo Murai, M. D., Department of Orthopaedic Surgery, The Jikei University School of Medicine, 3-25-8 Nishi-shinbashi, Minato-ku, Tokyo 105, Japan.

## 緒 言

手指の3関節のうち、DIP関節とPIP関節は単に屈曲伸展運動のみを行う蝶番関節であるが、MP関節は頸状関節であり、指関節の中では最も大きい形態を有している。また、靭帯構造の面でも、4つの靭帯がこの部で結合し、力の集中点、固定の中心点を形成するため、指の位置固定や運動する上でかなめの関節となっている。

MP関節では屈曲伸展運動とともに内転・外転運動、わずかな回旋運動も行われるが、この関節の支持性ならびに運動特性は一部は靭帯関節包構造により、大部分は中手骨骨頭関節面の形態によって影響を受けている。

従来、MP関節を定量的に解析しようとする報告は多くみられるが<sup>1)7)10)12)14)</sup>、解析の基礎となる解剖学的な計測資料は少ない。そこで著者はMP関節の運動機能解析や人工関節の開発の基礎資料とするため、解剖学実習用屍体から母指を除く四指の中手骨を摘出した後、中手骨骨頭の大きさを計測し日本人の標準値を算出した。また、骨頭形態の特徴を各指の間で比較するとともに、骨頭の普通写真をもとにして、矢状面と水平面の2方向について中手骨骨頭関節面の曲率半径と瞬間中心の軌跡を算出した。

## 測 定 材 料

中手骨骨頭の大きさを測定する対象として、慈恵大解剖実習用日本人屍体26体の両手から摘出した母指を除く4指の208中手骨を用いた。

標本の性別は、男18体、女8体で、年令分布は、男性は35才から78才(平均54.9才)、女性は60才から83才(平均69.4才)である。

中手骨骨頭の大きさの測定に用いた標本の中から6体、48中手骨を選び、骨頭関節面の曲率半径と瞬間中心の軌跡を計測した。その内訳は、男4体、女2体、年令は35才から60才(平均50.5才)である。

## 方 法

中手骨をCM関節とMP関節で離断、摘出した後に、骨頭部分に付着している関節包や靭帯などの軟部組織を慎重に剥離、肉眼的に関節軟骨面の損傷や変形のない中手骨骨頭を計測に用いた。

- 1) 中手骨骨頭の大きさと関節面の形態について
- 中手骨骨頭の大きさを定量的に評価し、正確な計測

を単純化するため、中手骨骨頭部の背側を計測基準面とした測定項目を設定した。

中手骨骨頭を前方から観察すると、その背側には橈側と尺側に2つの結節が突出し、これらの結節の前面に四辺形の関節軟骨面の広がりが認められる。この橈側結節と尺側結節の背側にある平坦な面を計測上の基準面とし、中手骨長軸に平行な面となるように設定した。この基準面に垂直な計測を縦径とし、基準面に平行で中手骨縦軸に垂直な計測を横径とした。

このような条件のもとに、中手骨骨頭の形態学的特徴から下記の計測項目を設定し、JIS規格のノギスを用いて摘出した中手骨骨頭を直接測定した(Fig. 1)。

- ①背側結節間距離
- ②関節軟骨最大横径
- ③橈側縦径
- ④尺側縦径
- ⑤関節軟骨最大縦径
- ⑥斜径A(背尺側～掌橈側)
- ⑦斜径B(背橈側～掌尺側)

2) 中手骨骨頭関節面の曲率半径と瞬間中心の軌跡について

摘出した中手骨を計測台に固定し、矢状面と水平面の2方向の普通写真を撮影、骨頭像を実寸の約8倍に

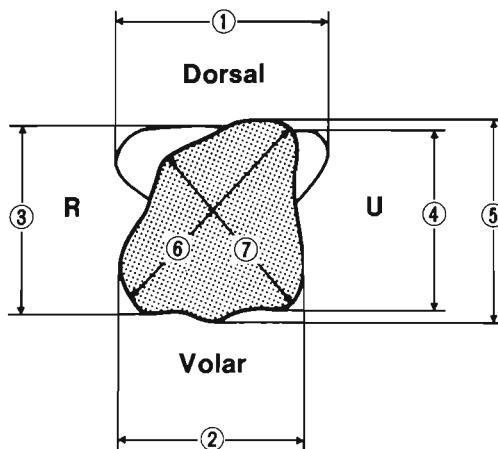


Fig. 1 Dimension parameters of the metacarpal heads.

End-on view of the metacarpal head;  
① width between radial and ulnar tubercles;

② condylar articular width;

③ radial condylar height;

④ ulnar condylar height;

⑤ maximum height of the articular cartilage;

⑥ oblique length A;

⑦ oblique length B

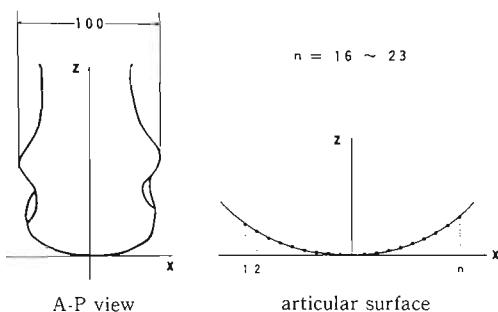


Fig. 2 The positioning of the metacarpal head.  
A typical spacing of the digitized point is shown.

拡大した。次に、写真上で中手骨骨頭関節軟骨面の輪郭をトレースし、得られた骨頭輪郭曲線を5 mm間隔で分割、トレース像1枚当たり16~23点の座標測定を行った。

骨頭輪郭トレース像から求めた測定点となり合う3点を円に近似し、この円の曲率半径と中心の位置を、3点の中央点における計測値とした。上記の方法により、各分割区間ごとの曲率半径と瞬間中心の位置を計算し、トレースした関節面の全長にわたり瞬間中心の軌跡を算出した(Fig. 2)。さらに、骨頭関節面を3等分し、矢状面では背側・中央・掌側、水平面では尺側・中央・橈側について各部分別の平均曲率半径を求め、3区画で比較した。

座標軸の設定は、中手骨長軸をZ軸、水平面はX軸とZ軸で作られる面、矢状面はY軸とZ軸で作られる面とした。それぞれの座標軸の正の方向は、X軸は尺側、Y軸は掌側、Z軸は近位方向に設定した。

また、各標本間の個体差を除くため、中手骨骨頭背側の橈側結節と尺側結節の距離(背側結節間距離)を基準値100とし、それぞれの計算値を相対値として表示した。

## 結 果

### 1. 中手骨骨頭の大きさ

屍体標本52手208中手骨骨頭からの背側結節間距離、関節軟骨最大横径、関節軟骨最大縦径の実測結果を表に示す(Table 1-A,B,C)。背側結節間距離、掌側の関節軟骨最大横径、関節軟骨最大縦径の3項目は、中手骨骨頭の大きさを表す値とする事が可能であった。個々の測定標本について背側結節間距離を基準とした相対値として、それぞれの計測値を表すと、比A

Table 1-A Measurements of the width between radial and ulnar tubercles.

(Male: 36 hands, Female: 16 hands)

|        | Index    | Middle   | Ring     | Little   |
|--------|----------|----------|----------|----------|
| Male   | 15.7±1.2 | 15.2±1.2 | 13.5±1.1 | 13.0±1.1 |
| Female | 13.8±1.0 | 13.5±0.8 | 11.9±0.8 | 11.3±0.8 |
| Total  | 15.2±1.4 | 14.7±1.4 | 13.0±1.2 | 12.5±1.3 |

(Mean±standard deviation, unit: mm)

Table 1-B Measurements of the condylar articular widths.

(Male: 36 hands, Female: 16 hands)

|        | Index    | Middle   | Ring     | Little   |
|--------|----------|----------|----------|----------|
| Male   | 14.2±0.8 | 14.2±0.8 | 12.2±0.8 | 11.6±0.6 |
| Female | 12.8±1.2 | 12.4±1.0 | 11.1±0.8 | 10.6±0.7 |
| Total  | 13.8±1.2 | 13.6±1.2 | 11.9±0.9 | 11.3±0.8 |

(Mean±standard deviation, unit: mm)

Table 1-C Measurements of the maximum height of the articular cartilage.

(Male: 36 hands, Female: 16 hands)

|        | Index    | Middle   | Ring     | Little   |
|--------|----------|----------|----------|----------|
| Male   | 15.3±1.1 | 15.5±1.0 | 13.6±0.9 | 12.6±0.9 |
| Female | 14.0±0.8 | 14.0±1.1 | 12.4±0.8 | 11.5±0.5 |
| Total  | 14.9±1.2 | 15.0±1.2 | 13.2±1.0 | 12.3±0.9 |

(Mean±standard deviation, unit: mm)

(関節軟骨最大横径/背側結節間距離)は0.91±0.07~0.93±0.06となり、比B(関節軟骨最大縦径/背側結節間距離)は0.99±0.07~1.03±0.07の値となった(Table 2)。比Aおよび比Bの値が指の種類にかかわらずほぼ一定の値であることから、中手骨骨頭の基本的な形は相似形であると考えられる。また、相似形である事から、背側結節間距離は中手骨骨頭の大きさを表す代表値とする事が可能である。

背側結節間距離は男女ともに、示指が最も大きく、中指・環指・小指の順に小さい値となった。各指ともに有意に男性の方が大きく( $P<0.01$ )、女性の中手骨骨頭は4指すべての指で男性の約88パーセントの大きさであった。また左右差については、示指のみ右手が大きく( $P<0.05$ )、他の中指・環指・小指では有意差を認めなかった。

各指の背側結節間距離の測定値を示指に対する比で表すと、男女ともに中指は0.97、環指は0.86、小指は0.82となり、示指の大きさは中指に近く、また、環指は小指に近い大きさであった。すなわち、中手骨骨頭

の基本的な大きさからは、示指・中指群と環指・小指の二群に大別された。

次に、骨頭関節軟骨面の形態的特徴を比較するため、それぞれの指について7項目の計測結果を模式図化した(Fig. 3)。模式図では各指間の比較を容易にするため、背側結節間距離を各指の基準値とし、それぞれの測定項目の値を相対値として表示した。

関節軟骨面を比較すると、環指はほぼ左右対称形であるのに対し、示指と小指はともに左右非対称形であり、互いに鏡像的関係にある。対角線で比較すると、示指は斜径A(背尺側～掌橈側)の測定値が大きいのに対し、小指は斜径B(背橈側～掌尺側)が大きくなっている。中指の関節軟骨面は、示指と環指の中間的な特徴を示した。

さらに、橈側縦径と尺側縦径を比較すると、比(橈側縦径/尺側縦径)は、示指では $1.02 \pm 0.07$ 、中指は

**Table 2** Measurements of the condylar articular width and the maximum height of the articular cartilage. The dimensions are all normalized with respect to the width between radial and ulnar tubercles.

(Males: 36 hands, Females: 16 hands)

|          | Index           | Middle          | Ring            | Little          |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| ratios A | $0.91 \pm 0.07$ | $0.93 \pm 0.06$ | $0.92 \pm 0.07$ | $0.92 \pm 0.07$ |
| ratios B | $0.99 \pm 0.07$ | $1.03 \pm 0.07$ | $1.02 \pm 0.07$ | $0.99 \pm 0.08$ |

(Mean  $\pm$  standard deviation)

$$\text{ratio A} = \frac{\text{the condylar articular width}}{\text{the width between radial and ulnar tubercles}}$$

$$\text{ratio B} = \frac{\text{the maximum height of the articular cartilage}}{\text{the width between radial and ulnar tubercles}}$$

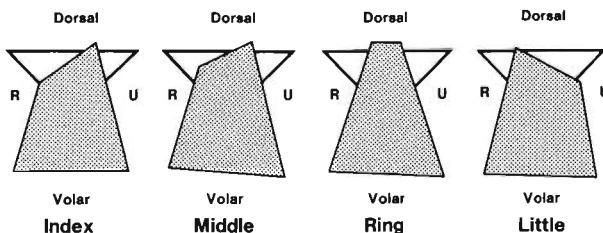


Fig. 3 Schematic presentation of the articular surfaces.  
End-on view of the metacarpal heads.

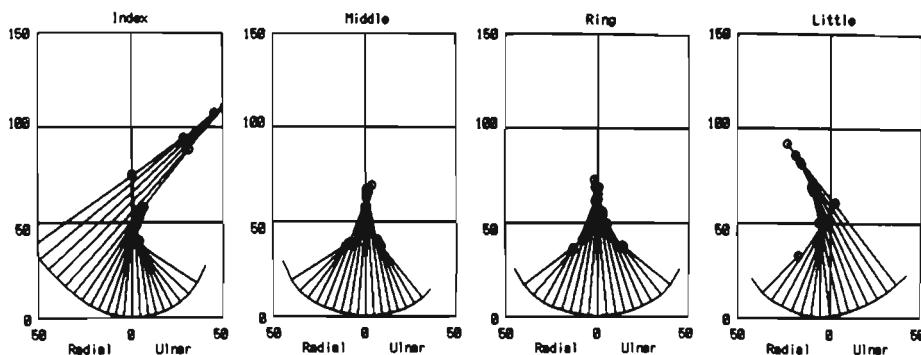


Fig. 4 A typical instant center pathways for a 60-year-old woman, right hand, in the transverse plane.

$0.93 \pm 0.05$ , 環指は  $0.96 \pm 0.04$ , 小指は  $0.98 \pm 0.06$  であり, 示指のみ橈側縦径の方が大きく ( $P < 0.05$ ), その中指・環指・小指は尺側縦径の方が大きかった ( $P < 0.05$ ).

## 2. 中手骨骨頭関節面の各部分別平均曲率半径と瞬間中心の軌跡

計算値は各部分の平均曲率半径を, 中央部分に対する比として表した.

### A) 水平面

平均曲率半径の変化の特徴から, 示指・小指群と中指・環指群の2つの型に分類することができた. 橈側, 中央, 尺側の3部分で平均曲率半径を比較すると, 示指では橈側, 小指では尺側の平均曲率半径が大きかった. これに対し, 中指・環指はともに中央, 橈側, 尺側の順であり, 橈側と尺側の平均曲率半径の差が小さく, 中指・環指は左右対称に近い形態の特徴を示した.

瞬間中心の軌跡についても, 示指・小指群と中指・環指群の2型に分類でき, 平均曲率半径の比較と同じ形態的特徴である結果が得られた (Table 3, Fig. 4).

### B) 矢状面

背側, 中央, 掌側の3部分で平均曲率半径を比較すると, いずれの指においても中央部分が最も大きく, 掌側, 背側の順であった. また中指では, 背側と掌側の平均曲率半径が等しく, 1に近い値であった. これは, 中指が示指, 環指, 小指に比べ最も円形に近い形態であることを示している.

瞬間中心の軌跡では, 示指・中指・環指は骨頭の中心に集束する傾向がみられたが, 小指については特定の傾向がみられなかった (Table 4, Fig. 5).

## 考 察

ヒトの手の動きは複雑であり, 多くの関節が有機的に運動して滑らかな指の動きを可能にしている. ヒトの手指の運動機構は機械リンク機構に近似するとされるが, MP関節とIP関節はそれ各自立した屈曲が可能であり, 各指関節は屈曲運動時と伸展運動時に動作の違いが認められることから, 手指の機構は単純なリンク機構とはいえない<sup>14)</sup>.

したがって, 手指関節の機構モデルを作成するためには関節面の幾何学的形態の計測が必要である. そこで, まず中手骨骨頭の形態計測を行ったが, 母指については, 解剖学的にも機能的にも他の4本の指と大き

Table 3 The average radii of metacarpal head in the transverse plane. The dimensions are all normalized with respect to the middle area.

|        | Index           | Middle          | Ring            | Little          |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Radial | $1.16 \pm 0.28$ | $0.77 \pm 0.18$ | $0.81 \pm 0.25$ | $0.84 \pm 0.14$ |
| Ulnar  | $0.84 \pm 0.12$ | $0.76 \pm 0.21$ | $0.69 \pm 0.14$ | $1.07 \pm 0.37$ |

(Mean  $\pm$  standard deviation, the middle area = 1, n = 12)

Table 4 The average radii of metacarpal head in the sagittal plane. The dimensions are all normalized with respect to the middle area.

|        | Index           | Middle          | Ring            | Little          |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Dorsal | $0.75 \pm 0.12$ | $0.90 \pm 0.16$ | $0.75 \pm 0.10$ | $0.64 \pm 0.10$ |
| Volar  | $0.76 \pm 0.09$ | $0.90 \pm 0.17$ | $0.83 \pm 0.12$ | $0.66 \pm 0.10$ |

(Mean  $\pm$  standard deviation, the middle area = 1, n = 12)

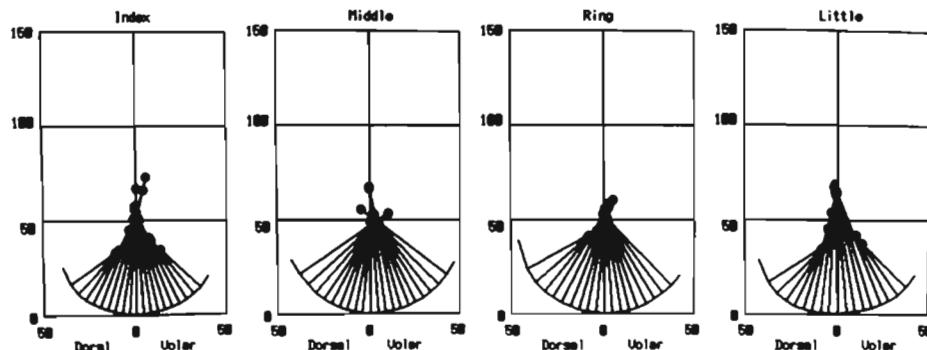


Fig. 5 A typical instant center pathways for a 35-year-old men, left hand, in the sagittal plane.

く異なるため今回の研究からは除外した。

### 1) 中手骨骨頭の大きさと関節面の形態について

今回の計測基準として用いた背側結節間距離は、臨床の実際においては、単純X線写真から容易に計算される値である。また、計測結果から得られた中手骨骨頭の基本形態が相似形であるという関係から、この背側結節間距離は中手骨骨頭の大きさを表す解剖学的な基準値として用いることが可能であり、人工指関節を設計する際には有用な値となる。

中手骨骨頭の大きさは、示指が最も大きく、中指・環指・小指の順であるが、小さくなる割合は一定ではなく、示指・中指群と環指・小指群の2種類に分けられた。一方、骨頭関節軟骨面の形態的特徴は掌側で指の外側へ広い関節面をもつ示指・小指群と、左右対称形に近い中指・環指群の2種類に大別できた。この結果から、中手骨骨頭は、関節軟骨面の特徴も含め、その形態は示指・中指・環指・小指それぞれ異なる特徴を有している。従って、手指MP関節の運動機能解析では、示指・中指・環指・小指の4指を一括して論じるのではなく、各指それぞれの特徴について検討しなければならない。

### 2) 示指中手骨骨頭の掌橈側骨隆起について

中手骨骨頭掌側面には、橈側および尺側に隆起する馬蹄形を呈する関節軟骨面が観察される。示指橈側の骨隆起が最も大きく、MP関節ロッキングに関与すると考えられている。

手指MP関節のロッキングはLangenskiöld<sup>4)</sup>(1949)が臨床例を初めて報告し、文献的考察を行っている。彼の報告した症例は2例とも示指橈側の骨隆起に側副靱帯が引っかかり、MP関節のロッキングを生じたものである。実験的には、Poirier(1889)が中手骨骨頭の骨隆起の上をMP関節の側副靱帯が通過するときロッキングを生じ得る事をすでに報告している((文献4)の論文より引用)。

手指MP関節ロッキングの発生原因は種々報告されているが、示指については中手骨骨頭橈側の骨隆起ないし骨棘に側副靱帯、掌側板、種子骨などの関節周囲組織がひっかかるという説がもっとも多い<sup>2,5,9,13,15,19)</sup>。しかし、この骨隆起の程度とMP関節のロッキングの関係に関する発表は少ない。

綿谷ら<sup>18)</sup>(1967)は示指MP関節のX線写真斜位像から骨頭の骨隆起の程度を中手骨骨幹部と骨頭の直径の比率を表すProjection Indexという指数で評価した。松浦<sup>8)</sup>(1982)、大森<sup>9)</sup>(1986)らの追試では、この

Projection Indexに特定の傾向は認められなかった。

中手骨骨頭のX線写真斜位像は骨隆起部の変性や骨棘形成の確認には有用であるが、骨隆起の程度を定量的に評価するには誤差が大きくなるため計測には不適当である<sup>17)</sup>。すなわち、この斜位像のX線写真計測による骨隆起の程度は、同一症例であっても斜角のわずかな角度の違いで計測値が大きく異なるからである。計測誤差が大きくなる理由は、①中手骨骨幹部は骨間筋・虫様筋の筋腹で圧迫され骨幹部が三角形の形態を呈し、斜位の角度で計測される骨幹部の直径誤差が大きくなること。②中手骨の長軸方向には生理的な捻れが存在すること<sup>11)</sup>などである。したがって、骨隆起の程度を客観的に評価するには骨隆起の頂点を直接計測する方法が正確であるが、それには計測基準面の設定が問題となる。

MP関節のロッキングに関与するといわれている示指掌橈側の骨隆起は、従来の報告では前額平面上での隆起と考えられている。しかし、今回の計測結果では、骨隆起は前額平面上での突出ではなく、中手骨長軸方向での突出であった。すなわち、示指について7項目の計測結果をFig.6に模式図化したが、図上では掌側部分の突出は認められない。模式図では背側結節間距離を1として、他の測定項目の値を比で表している。斜径A(背尺側～掌橈側)と斜径B(背橈側～掌尺側)を比較すると、明らかに斜径Aの方が大きく(P<

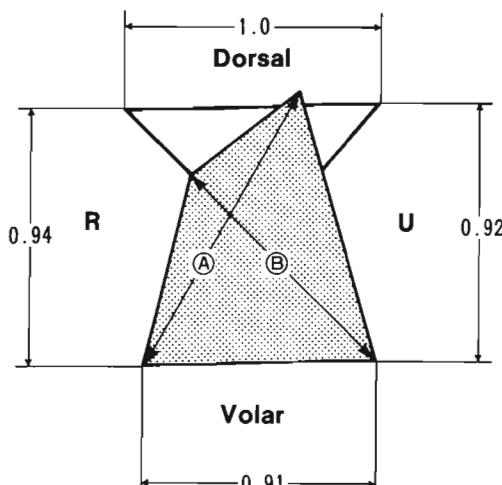


Fig. 6 Schematic presentation of the second metacarpal head. Measurements of the parameters were compared with the width between radial and ulnar tubercles.

0.01), その比では  $1.22 \pm 0.07$  ( $n=52$ ) となった。斜径は関節軟骨面を円弧に近似し、その関節部分の円弧長さを表す値である。すなわち、背尺側～掌橈側方向の関節面(斜径 A)と背橈側～掌尺側方向の関節面(斜径 B)を比較すると、背尺側～掌橈側方向の関節面の方が広いという結果が得られた ( $P < 0.01$ )。これに対し前額平面上で比較すると、橈側縦径は 0.94、尺側縦径は 0.92 となり、橈側縦径の方が尺側縦径より有意に大きいが ( $P < 0.05$ )、その比は  $1.02 \pm 0.06$  ( $n=52$ ) である。斜径比は 1.22 と大きな値を示したのに対し、橈側・尺側縦径比 1.02 は 1 に近い値である。これは掌橈側部の骨隆起が前額面での突出ではなく中手骨の長軸方向の突出であることを示すものである。

示指 MP 関節ロッキングの発生原因是、掌橈側骨隆起の前額面上における突出の程度ではなく、骨隆起の形態に起因するものと考える。すなわち、室田ら<sup>8)</sup> (1972) が報告しているごとく、関節症などの既往歴の無い示指 MP 関節ロッキングは、volar lip と言われるような骨隆起の解剖学的な形態異常が発生機転となり得る。したがって、単純 X 写真には撮影されない軟骨性部分の形態について、更に検索が必要と考える。

この骨隆起の解剖学的な意義を考えると、示指には母指とのピンチ動作運動時に基節骨の内旋運動が加わるため、示指の橈掌側に広い関節面が必要となり、かつ、この内旋運動は MP 関節屈曲位で基節骨関節面が移動するため中手骨関節面は長軸と平行となるのである。

### 3) 関節曲面の形状について

手指 MP 関節の運動は中手骨骨頭の上を基節骨が sliding する形態であり、関節の運動性や安定性には腱・韌帯・関節包の機構が重要な要素となっている<sup>3)10)</sup>。また、側副韌帯起始部は関節回転中心から背側に偏心しているため、関節運動に伴って、関節への拘束力を変化させている。しかし、この MP 関節の運動特性は中手骨骨頭関節面の形態が基準となっている。

今回の研究から、MP 関節の運動には多軸の回転機構があり、各指にそれぞれ異なる特性があることが判明した。

MP 関節の水平面上の運動、すなわち、最大内転・外転運動は指伸展位でのみ行われ、各指によりその可動域が大きく異なる。中指・環指の可動域は小さいのに対し、示指は橈側へ、また、小指は尺側への大きな可動域をもつ。この MP 関節の内転・外転運動と、今回の計測から得られた形態的特徴とは一致していた。し

たがって、MP 関節の内・外転運動特性は中手骨骨頭の形態が大きく関与しているものと考えられる。しかし、矢状面の運動である屈曲・伸展に関しては、各指間に形態的な差異が認められなかった。

中手骨骨頭関節曲面の特徴は示指・小指群と中指・環指群の 2 つの型に分類することができた。したがって、手指 MP 関節の運動解析や人工関節のデザインを考えるうえで、示指と中指・環指は分けて考えるべきである。また、小指は示指と鏡面関係にあるという特徴があるが、示指より小さく、運動特性も異なるので、相似型と考えるには問題がある。

## ま と め

1. 尸体標本の母指を除く 4 指から 208 中手骨を摘出し、日本人の骨頭の大きさの平均値を算出するとともに、骨頭関節面の水平面と矢状面における平均曲率半径と瞬間中心の軌跡を算出した。

2. 中手骨骨頭の基本形態は相似形であり、背側結節間距離は中手骨骨頭の解剖学的な基準値とすることができる。

3. 中手骨骨頭の大きさは示指は中指に、環指は小指に近く、また、関節軟骨面の形態は、示指は小指に、中指は環指にその特徴が類似していた。

4. 示指の掌橈側部にある骨隆起は、前額平面上の突出というよりも、中手骨の長軸方向の突出であった。

5. 水平面における平均曲率半径の比較では、示指は橈側、小指は尺側が大きな値であった。中指・環指は中央が最も大きく、左右対称に近い形態であった。また、瞬間中心の軌跡も同様の特徴であった。

6. 矢状面における平均曲率半径の比較では、4 指とともに中央が最も大きく、掌側、背側の順であった。瞬間中心の軌跡も各指の間に大きな差異を認めなかつた。

稿を終わるにあたり、ご指導、ご校閲を賜った東京慈恵会医科大学整形外科学教室室田景久教授に深甚なる謝意を表します。また、直接ご指導いただいた同大学整形外科学教室富田泰次助教授に深く感謝いたします。

さらに本研究に際し、終始ご協力をいただいた東京慈恵会医科大学第 1 解剖学教室加藤征助教授および教室の方々に心よりお礼を申し上げます。

(本論文の要旨は第 16 回整形外科バイオメカニクス研究会、第 33 回日本手の外科学会総会において発表した。)

## 文 献

- 1) Aleksandrowicz, R., Pagowski, S., and Seyfried, A.: Anatomic-geometric and kinematic analysis of the metacarpo-phalangeal articulation of the III digit of human hand. *Folia Morphol.* (Warsz.), 33: 353-361, 1974.
- 2) 井上五郎ほか: Locking finger—自験例9例(11指)と現在までの報告57例(58指)の検討. *臨整外*, 15: 61-67, 1980.
- 3) Landsmeer, J. M. F.: Studies in the anatomy of articulation. I. The equilibrium of the "intercalated" bone. *Acta. Morph. Neerl. Scand.* 3: 287-303, 1961.
- 4) Langenskiöld, A.: Habitual locking of a metacarpophalangeal joint by a collateral ligament, a rare cause of trigger finger. *Acta. Chir. Scand.*, 99: 73-78, 1949.
- 5) 児島忠雄ほか: Locking finger 7例(示指)の検討. *整形外科*, 21: 879-882, 1970.
- 6) 松浦知史ほか: 示指MP関節lockingの6例. *関東整災誌*, 13: 255-262, 1982.
- 7) Minami, A., et al.: Ligament stability of metacarpophalangeal joint: a biomechanical study. *J Hand Surg.*, 10A: 255-260, 1985.
- 8) 室田景久, 藤井克之, 長尾悌夫: Locking fingerの手術所見およびその発生機序について. *整形外科*, 23:
- 11) 1191-1193, 1972.
- 9) 大森祐宏, 坂田悍教: 示指MP関節lockingの発生原因についての検討. *日手会誌*, 3: 498-501, 1986.
- 10) Pagowski, S., and Piekarski, K.: Biomechanics of metacarpophalangeal joint. *J. Biomechanics*, 10: 205-209, 1977.
- 11) Singh, I.: Torsion in metacarpal bones and bilateral asymmetry. *J. Anat.*, 129: 343-349, 1979.
- 12) Tamai, K., et al: Three-dimensional geometric analysis of the metacarpophalangeal joint. *J. Hand Surg.* 13A: 521-529, 1988.
- 13) 田中健二, 内西兼一郎: Locking indexの成因と治療. *整形外科*, 27: 355-360, 1976.
- 14) 山口隆男ほか: 手指関節の動作の研究. *バイオメカニズム* 4, 東京大学出版会, 東京, 89-97, 1978.
- 15) 柳原泰, 山内裕雄, 藤巻有久: 指MP関節におけるintra-articular lockingの5症例. *整形・災害外科*, 24: 299-303, 1981.
- 16) 山内裕雄, 栗村仁: 両示指M.P.関節障害による弾発指の1例. *整形外科*, 17: 749-754, 1966.
- 17) 吉津孝衛ほか: 示・中指lockingの病理と治療法. *東北整災紀要*, 23: 200-205, 1980.
- 18) 綿谷茂弥, 堀木篤: M.P.関節のinternal derangementによる示指のrecurrent locking. *整形外科*, 18: 336-338, 1967.
- 19) 渡捷一, 津下健哉: 指におけるintra-articular lockingの症例. *整形外科*, 20: 1312-1317, 1969.

## 母指多指症の斜指変形における術後経過の検討

東北大学医学部形成外科学教室

藤田晉也・上野治彦  
神谷則昭・今野宗昭

### Primary Correction of Clinoarthrotic Deformity in Thumb Polydactyly

Shinya Fujita, et al.

Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Tohoku University School of Medicine

In the last ten years, out of about 80 cases with thumb polydactyly which were operated on in our department, 24 originally had a clinoarthrotic deformity at MP or IP joint of the reserved member due to obliquity of the joint surface and asymmetrical bulging of the head of the joint. For these cases trimming of the cartilage of the head of MP or IP joint, or wedge osteotomy at the subcapital region of the metacarpal or the proximal phalanx were performed in order to correct an angular deformity at the time of primary operation in our department, and the results were analysed and reported.

These cases were divided into four main types. Type-A had a common epiphysis at the basis of the duplicated distal phalanges. Type-B had a large head of the proximal phalanx which had two joint surfaces facing each of the bases of the duplicated distal phalanges. Type-C had a large prominence on the radial side of the proximal phalanx which articulated, sometimes cartilaginous united, with the distal phalanx of the radial member and the distal phalanx of the ulnar member deviated largely ulnarwards. Type-D had the same deformity in the metacarpal head as that in the head of the proximal phalanx of Type-B and sometimes the bases of the duplicated proximal phalanx fused cartilaginous with each other.

In Type-A an excessive portion of the epiphysis was partially excised to centralize the base of the distal phalanx. In Type-B and D the cartilage of the joint head was trimmed to a necessary degree to centralize the base of the phalanx. In Type-C a complete excision of the protruded portion of the joint head or wedge osteotomy at the subcapital region with minimal excision of the protrusion were performed.

In the cases of Type-A, B and D, alignment and space of the joint were well maintained during a period of follow-up after surgery. In two cases of Type-C treated with excising the protruded portion of the head, bone absorption of the head was seen after surgery, and narrowing of joint space and unevenness of the head were remained. On the other hand, the cases treated with osteotomy obtained a good alignment and outline of the joint.

In correcting an axial angulation a minimal excision of the joint cartilage may be permitted, but osteotomy may be a better method than an excision of the large portion of the joint head.

---

**Key words:** thumb polydactyly, clinoarthrotic deformity, operative treatment

**Address for reprints:** Shinya Fujita, M. D., Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Tohoku University School of Medicine, Seirycho 1-1, Sendai, 980, Japan.

母指多指症には Wassel による分類<sup>4)</sup>が最も利用されているが、この7つの各型に幾つかの亜型があることが知られている<sup>1,2)</sup>。現在これら多数の型のそれぞれに対する手術法が一般化されている訳ではない。また、術前すでに骨・軟骨変形をともなう斜指が存在し、軟部組織の処置のみで指の軸性改善が困難な例に対し、初期手術において骨・軟骨に侵襲を加えた報告は少い。われわれはこの10年間に約80例の多指症を手術したが、その中で術前に骨・軟骨性の要因による斜指変形を呈したものは約3分の1にのぼる。これらのうち初期手術において骨・軟骨の処置を併用した24症例の結果について報告する。

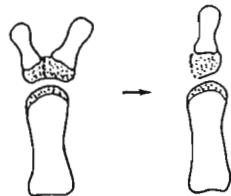
### 症例の概要

対象となる症例3指節型を除くもので、分岐、重複の様相は次に示すように、主として4つの型のものであった (Fig. 1)。

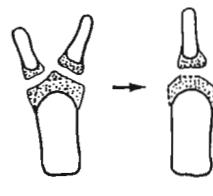
A : 末節型のうち、重複する末節骨が共通の骨端を持つもので、両末節の尖端が開大する傾向が強く、2例がこれに該当した。

B : 末節型のうち、両要員の大きさの差が少いが、基節骨頭の中央部が隆起して、関節面が橈・尺側要員に夫々対応するように二面性を持つもので、5例に見られた。

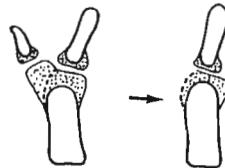
C : 末節型のうち、一方の末節骨の形成が不良で、他



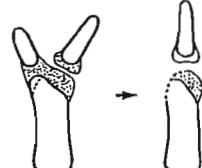
Type A. Trimming of the base of the distal phalanx.



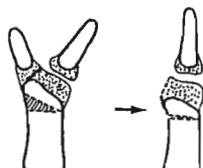
Type B. Trimming of the head of the proximal phalanx.



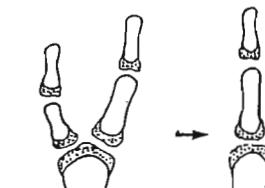
Type C-1. Trimming of the head of the proximal phalanx.



Type C-2. Trimming of the head of the proximal phalanx.



Type C-2. Osteotomy in the proximal phalanx.



Type D. Trimming of the metacarpal head.

Fig. 1 Types of polydactyly and their operative methods.

方の末節骨は指軸からの偏位が強いもので、さらに次の2つに分れる。

C-1：末節骨の形成不全のある側、主に橈側、では基節骨頭の軟骨が高く、そのためIP関節の高さがそれぞれ異なるもので、4例あった。

C-2：末節骨に形成不全のある側、主に橈側、のIP関節が軟骨性に癒合するもので、5例あった。

D：中手骨骨頭がBにおけるように二面性になっているもので、8例がこれに該当し、これには2例のいわゆるカニ挟み型のものが含まれ、基節骨基部が軟骨性に癒合していた。

B、C型は初期のX線像では相互に区別し難い。ただし、B型のIP関節では橈・尺側両要員共に自動的または他動的な動きがあること、またC型では1側の要員の末節骨が一般に小さい、などのことから判別が可能なだけである。

### 手術方法 (Fig. 1)

対象となった症例は生後11カ月から18カ月の間に手術された。

A型の例に対しては、形成不全のある側の末節骨が切除され、共有する骨端は残存させる末節骨の基部を、関節の中心に移動するに必要な最小限の程度に切除する方法が行われた。

B型では保存する末節骨を中心線に移動するため、2つの関節面の間の稜線の部分が偏平になる程度で切除された。

C-1型に対しては、切除指に対向する骨頭軟骨部分を切除したが、残存指に対向する関節面の切除は少くするためにごく軽度の関節偏位を残すことがある。

C-2型には2種類の方法が採られた。

5例のうち初期の頃の2例に対しては、関節軟骨を一部含んで切除指側の基節骨骨頭を切除して、保存指の軸性を改善する方法が行われたが、残りの3例に対しては、基節骨骨頭の関節軟骨を切除することなく、基節骨の遠位での骨切り術によって保存指の軸性を矯正した。

D型に対しては、基部の軟骨性癒合があったものはこれを切り離し、さらにB型におけると同様に中手骨骨頭の稜線状の隆起部分を切除して残存指の軸性を改善した。

### 結果

症例は術後6カ月から5年、平均26カ月追跡され、

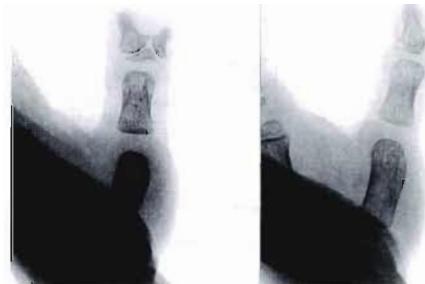
その結果についてAからDの型別に典型的または特徴的な例を例示しながら述べる。

A型の2例ではIP関節の形態はよく保持されたが、1例ではわずかな偏位を残した。

症例1：A型、生後13カ月で手術され、Fig. 2右は術後6カ月の状態で、軽い偏位を残したが、IP関節はよく保持されている。

B型の4例ではいずれも骨頭の変形もなく、関節の軸性もよい。

症例2：B型、生後14カ月の手術時と術後17カ月のX線像で、IP関節はよく保持されている (Fig. 3)。



13 months of age.

6 months after surgery.  
Slight ulnar deviation  
was seen.

Fig. 2 Case 1, Type A. Trimming the epiphysis of the distal phalanx.



14 months of age.

17 months after surgery.  
Alignment at IP joint was  
excellent.

Fig. 3 Case 2, Type B. Excising the radial member and trimming the head of the proximal phalanx.

C-1型の4例では骨頭の変形は少いが、骨頭軟骨の切除を制限するために、IP関節の軽い偏位を残すものがあった。

症例3：C-1型、14ヶ月の手術時と術後18ヶ月のX線像を示したが、この例では軽い関節偏位を残した(Fig. 4)。

C-2型では、骨頭軟骨のトリミングを行った2例はいずれも骨頭輪郭の不正とIP関節の屈伸制限を残したが、骨切り術3症例は軸性、関節共によく保存され

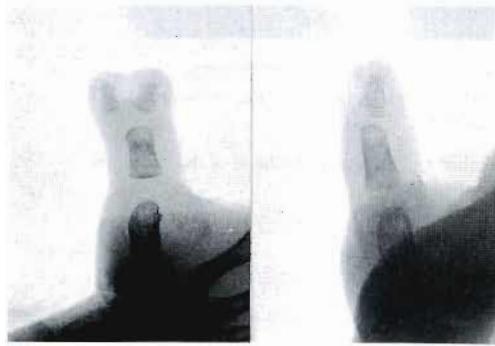


Fig. 4 Case 3, Type C-1. Excising the radial member and trimming the head of the proximal phalanx.

た。全例で指の太さ、爪の大きさに対する訴えはない。症例4：C-2型、17ヶ月で形成不良な橈側要員の切除と基節骨頭軟骨のトリミングを施行し、術後13ヶ月および5年のX線像で関節裂隙は保存されるが、骨頭輪郭は不正である(Fig. 5)。

症例5：C-2型、14ヶ月で同様の手術を行い、術後1ヶ月を過ぎてからFig. 6の中央のように予想以上の骨吸收が生じ、術後5年ではFig. 6の左のように回復したが、骨頭の変形を残し、関節可動域は高度に制限されている。

症例6：C-2型、生後18ヶ月で基節骨遠位での骨切り術を施行し、術後18ヶ月で関節はよく保持され、軸性もよい(Fig. 7)。

D型の中手骨骨頭の稜線部分の軟骨を切除した8例では、いずれも関節の裂隙と軸性はよく保持されている。

症例7：D型、両側の基節骨基部同士が軟骨性に癒合したもので、生後11ヶ月で手術し、術後13ヶ月で関節はよく保持されている(Fig. 8)。

## 考 察

母指多指症のうち術前斜指変形を呈する例はIPまたはMP関節周辺で分岐する型が主で、Marksら<sup>3)</sup>は側副靱帯の付着の移動などのほかに、その近位骨頭の切除縮小または近位の骨切り術を述べているが、その時期としては手術の容易さや術後療法の上から3才時



Fig. 5 Case 4, Type C-2. Excising the radial member and trimming the head of the proximal phalanx.

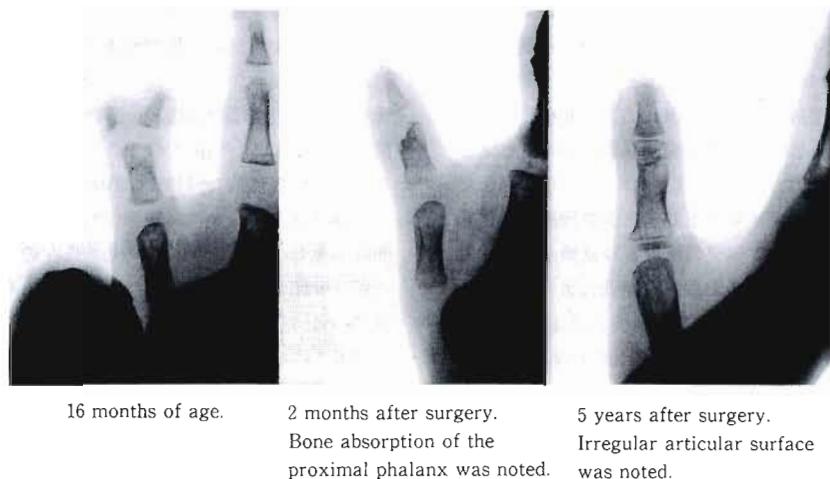


Fig. 6 Case 5, Type C-2. Excising the radial member and trimming the head of the proximal phalanx.

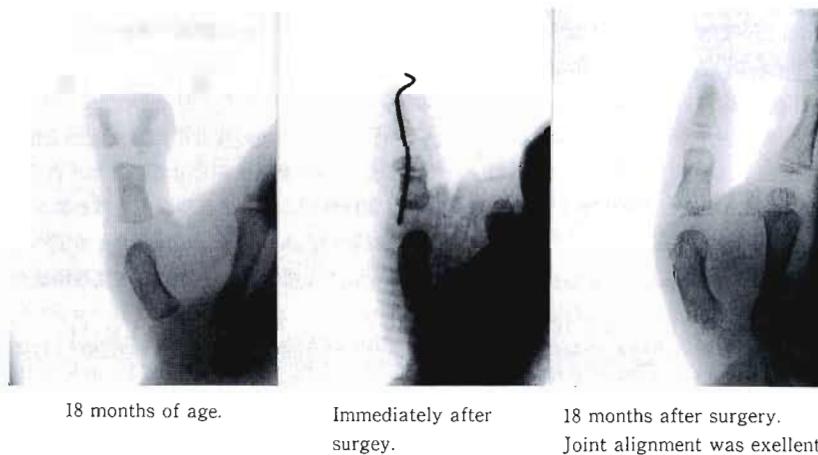


Fig. 7 Case 6, Type C-2. Excision of the radial member and osteotomy at the proximal phalanx.

を勧めている。

米延ら<sup>5)</sup>は同様の方法を行い、手術時期は6ヵ月から1年を目標としているようであるが、関節軟骨の切除例は成績はよいが、骨切り術では関節可動性に問題を残したこと述べている。

われわれの多指症症例全体としては6~12ヵ月で手術されたものが多いが、この報告におけるような症例では術前に出来るだけ関節周辺の状態を知るため遅くまで観察され、13~18ヵ月に手術された。手術の難易の上からみてもこの時期には関節内操作が十分可能で

あった。

術後の経過から見ると、A, B, Dの各型については関節軟骨の軽度のトリミングではほとんど悪影響は観察されなかった。

C-1, 2の型についてみると、関節軟骨の切除によって症例4, 5におけるように骨頭軟骨の不正や過剰の骨吸収が起こる可能性がある。一方、症例6におけるように過剰な末節骨切と同時に軸性偏位を骨切り術によって矯正を行った場合は、関節裂隙はよく保存され、関節運動に影響を与えることはなかった。従って、こ

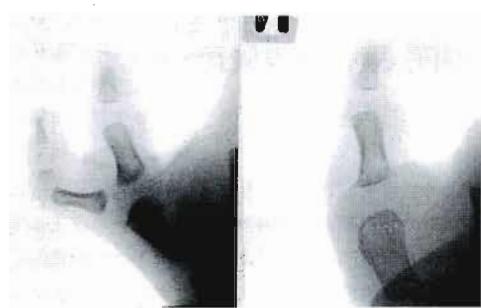


Fig. 8 Case 7, Type D. Excising the radial member and trimming the metacarpal head.

の型の軸性矯正には骨切り術の方がよいと思われる。

### ま　と　め

斜指変形のあった母指多指に対して、初回手術時に  
関節軟骨切除または骨切り術によって軸性の矯正を試

み、関節軟骨の切除が小範囲であれば許容されるが、  
中には関節の変形を残す例があり、骨切り術の方が優  
れていることを述べた。

(本論文の要旨は第33回日本手の外科学会で発表し  
た)

### 文　献

- 1) 秋山正博 他：母指多指症における分岐形態につ  
いての検討. 日手会誌, 1: 281~284, 1984.
- 2) 秋山正博：母指多指症における分岐重複の様式およ  
び重複指の形態についての観察. 日形会誌, 6:  
377~389, 1986.
- 3) Marks, T. W. et al.: Polydactyly of the thumb:  
Abnormal anatomy and treatment. J. Hand Surg., 3:  
107~116, 1978.
- 4) Wassel, H. D.: The result of surgery for  
polydactyly of the thumb. A review. Clin. Orthop.,  
64: 175~193, 1969.
- 5) 米延策雄 他：多指症232例の分析. 日整会誌, 54:  
121~134, 1980.

## 手関節橈掌側のガングリオンの病像と治療成績について

東京慈恵会医科大学形成外科学教室

二宮邦稔・児島忠雄  
小立健・今野みどり  
浅野早苗

Clinical and Operative Finding of Ganglions on the Radio-palmar Aspect of the Wrist Joint and Results of its Surgical Treatment

Kunitoshi Ninomiya, et al.

Department of Plastic and Reconstructive Surgery, The Jikei University School of Medicine

Ganglion is the most common tumor on the hands. The retrospective study on 72 volar wrist ganglions and the results of operation were reported.

The average patient age was 32.9 years. Mean follow-up period of 52 hands was 14 months. As for symptoms prior to the operation, 22% (16 hands) had pain, 8% (6 hands) numbness, and 70% (50 hands) had only cosmetic complaints. The average tumor diameter was 16 mm. Z-incision were performed on 48 hands, transverse-incision were on 16 hands, and vertical-incision were on 8 hands. Eighty-six comma one percent originated from distal end of radius and radial proximal carpal bone.

As for symptoms after the operation, 9 hands had sensory disturbance, but sensory disturbance disappeared after 3-6 months.

After the operation, the recurrence rate was 9.6%. But since by using Z-incision, the recurrence rate was 0%.

It is concluded that the results may be improved by experienced surgeon and by a wide excision around the ganglion using Z-incision.

### はじめに

ガングリオンは軟部腫瘍の中では最も頻度が高く、手関節部に好発する。手関節橈掌側のガングリオンは、手術に際し橈骨動脈、橈骨神経浅枝、正中神経掌枝が損傷されること、また再発することから積極的に手術が行われていないようである。今回、われわれは手関節橈掌側に発生した70例・72手のガングリオンについて調査を行ったので、若干の文献的考察を加え報告する。

### 調査対象と結果

1980年1月～1990年9月までの10年8ヶ月間に、当科で手術を施行した手部ガングリオンは200例で、そのうち手関節橈掌側に発生したものは、70例・72手(35%)である。男女比は男性22例・23手、女性48例・49手で女性がほぼ2倍であった(Fig. 1)。また、右34手、左38手でほぼ同数であり、両側にみられたのは2例であった。発生年令は、20才代が23例で最も多く、ついで40才代、30才代に多かった。平均年令は32.9才であった(Fig. 2)。術前の主訴は、疼痛があつ

Key words: soft tissue tumor, wrist, ganglion

Address for reprints: Kunitoshi Ninomiya, M. D., Department of Plastic and Reconstructive Surgery, The Jikei University School of Medicine, 3-25-8 Nishi-shinbashi, Minato-ku, Tokyo 105, Japan.

たものは16手(22%)であり、手関節の背側のガングリオンに比較して疼痛を訴えるものが多いようであり、書字、スポーツに際して疼痛を訴えた。しひれ感があったものは6手で疼痛と同様に書字、スポーツでしひれ感が増強した。単なる腫瘍形成を訴えたものは

50手であった(Table 1)。既往歴として術前に穿刺を受けたもの21例、圧挫されたもの2例、軟膏処置を受けたもの3例、手術を受けたもの2例であった(Table 2)。腫瘍の大きさは、20 mm以下が44手・61.1%と半数以上をしめた(Fig. 3)。70例・72手の皮切は、Z状皮切—48手、横皮切—16手、縦皮切—8手であった(Table 3)。発生部位について手術記録から検討してみると、橈骨遠位端と橈側近位手根骨に関与する靭帯からの発生が多く59手・82%であった(Table 4)。retrospectiveな調査のため発生部の靭帯が確認され

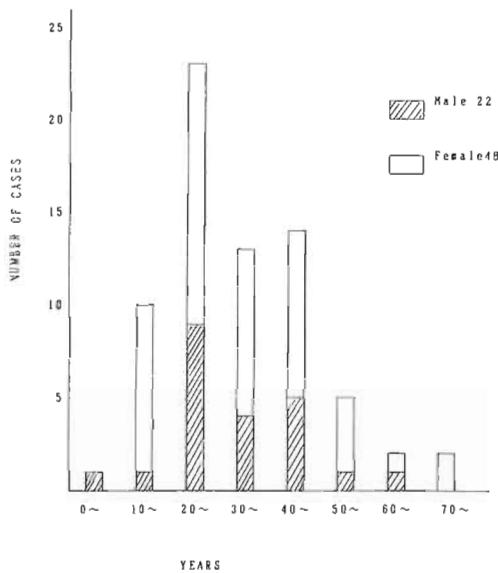


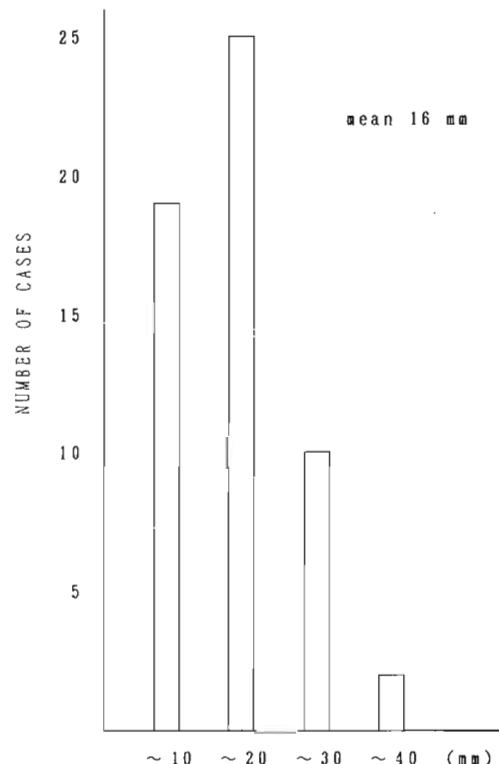
Fig. 1 Age and sex distribution

Table 1 Pre-operative symptoms

| Complication | Number of cases (%) |               |
|--------------|---------------------|---------------|
| Pain         | 16 cases            | 16 hands (22) |
| Numbness     | 5                   | 6 (8)         |
| Cosmetic     | 49                  | 50 (70)       |
| Total        | 70                  | 72 (100)      |

Table 2 Pre-operative management

| Past History     | Number of cases |       |
|------------------|-----------------|-------|
| Digital Pressure | 2               |       |
| Ointment         | 3               |       |
| Punction         | Times           | Cases |
|                  | 1               | 9     |
|                  | 2               | 5     |
|                  | 3               | 3     |
|                  | 4               | 4     |
|                  | 21              |       |
| Operation        | 2               |       |
| Total            | 28              |       |



TUMOR DIAMETER

Fig. 2 Size of ganglions

Table 3 Incision on operation

| Incision              | Number of cases (%) |                 |
|-----------------------|---------------------|-----------------|
| Z-incision            | 46 cases            | 48 hands (66.7) |
| Transverse-incision   | 16                  | 16 (22.2)       |
| Longitudinal-incision | 8                   | 8 (11.1)        |
| Total                 | 70                  | 72 (100)        |

ていないものが多くなっている。橈骨動脈と癒着していたものは15手であり、橈骨動脈を結紮せざるを得なかつたものは2例であった。

### 追跡調査の症例

追跡調査が可能であったのは70例中52例・54手であった。追跡期間は、最短3ヵ月、最長10年2ヵ月で、平均1年2ヵ月であった。

### 調査成績

追跡調査が可能であった52手中・9.3%に再発がみられた。再発した症例の皮切についてみると、縦皮切2手、横皮切3手であった(Table 5)。発生部位は、radio-carpal jointが1手、EPB(Extensor pollicis longus)、APL(Abductor pollicis longus)のtendon sheathが1手で、3手は不明であった。

手術から再発までの期間は最短2ヵ月、最長2年3ヵ月であった。

術後の愁訴についてみると、手関節痛をみたのは1例でテニスなどの運動時に限られるとのことであつ

た。術後の知覚障害は、9手にみられたが、全例、術後3~6ヵ月で消失した。手関節の運動制限を残したもののはなかった。

### 考察

ガングリオンの病因は、retention cyst、滑液膜のヘルニア、真性腫瘍、線維性組織のムチン様変性などの諸説がある。今日では、Carp<sup>3)</sup>によって報告された線維性組織のムチン変性説が広く受け入れられているようである。

橈掌側のガングリオンは、手部・手関節部ガングリオンのうち、Posch<sup>13)</sup>は30例中5例16%，Nelson<sup>12)</sup>は543例中17%，Angelides<sup>11)</sup>は18~20%と述べておりわれわれの教室の1968~1978年までの10年間の統計<sup>10)</sup>でも131例中22例16.8%であり、大体18%前後を占めるようである。今回の調査では200例中、70例・35%と今までの統計に比較して橈掌側例ガングリオンの占める割合が多くなっている。橈掌側のガングリオンの発生部位には橈骨動脈、橈骨神経浅枝、正中神経掌枝<sup>4,18)</sup>が走行しており、手術中、これらの組織を損傷したり、再発をおこす症例が多いとされてきた。Zachariae<sup>15)</sup>は30%，Greendyke<sup>5)</sup>は30-33%と述べており、最近Jacobs<sup>8)</sup>は71例中28%の再発を報告している(Table 6)。また、71例中28%に術後の知覚障害をみたと述べている。しかし、この部のガングリオンは、手関節背側のものに比べて書字やスポーツで疼痛をおこすものが多いようである。この原因としてZachariae<sup>15)</sup>はガングリオンによる神経、腱、骨膜の圧迫をあげている。Jacobs<sup>8)</sup>は疼痛のみを訴えたもの41%，疼痛と整容上の訴えがあったもの31%と述べており、われわれの症例では22%が疼痛を訴え、手術を希望した。

ガングリオンの治療法は、圧挫、穿刺、穿刺ならびに薬物療法などの保存療法と手術療法がある。Holm<sup>6)</sup>は手および手関節部のガングリオンに対し穿刺後ステロイドの注入を行い、再発率20.6%と報告している。

Table 4 Origine of the volar ganglions

| Radio-carpal joint       |               |
|--------------------------|---------------|
| Radio-scaphoid Lig.      | 9             |
| Radio-lunate Lig.        | 4             |
| unknown                  | 30            |
| Scaphoid region          |               |
| Scapho-lunate Lig.       | 6             |
| Scapho-trapezial joint   | 1             |
| unknown                  | 9             |
| Distal radio-ulnar joint |               |
| EPL*                     | tendon sheath |
| FCR**                    | tendon sheath |
| unknown                  | 8             |
| Total                    | 72            |

\* Extensor Pollicis Longus

\*\* Flexor Carpi Radialis

Table 5 A comparison of the incision and the recurrence rate

| Incision              | Number of cases |       | Follow up cases |       | Recurrence rate |
|-----------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|
| Z-incision            | 46              | cases | 48              | hands | 0 (%)           |
| Transverse-incision   | 16              |       | 6               | 6     | 3 (5.6%)        |
| Longitudinal-incision | 8               |       | 4               | 4     | 2 (3.7%)        |
| Total                 | 70              |       | 52              | 54    | 5 (9.3%)        |

Table 6 The cases of recurrence rate

|           |         |
|-----------|---------|
| Zachariae | 30 %    |
| Greendyke | 30~33 % |
| Jacobs    | 28 %    |
| Authors   | 9.6%    |

また、Zachariae<sup>15)</sup>は39.6%に自然消退をみたと報告している。しかし、諸家が報告しているように、関節包より発生したガングリオンでは娘包腫が存在し再発の原因となる<sup>2)12)</sup>。保存療法を推奨する報告もあるが、保存療法は不確実であり、われわれは手術的摘出法がよいと考える。全身麻酔あるいは伝達麻酔下に止血帯下でガングリオンの茎を確実に摘出すれば再発は少いと考える。田村<sup>14)</sup>やAngelides<sup>1)</sup>は手関節背側のガングリオンの手術にさいしガングリオンを関節包を含めて最低5 mm四方を切除することが必要であると報告している。

手術療法の合併症に橈骨動脈、橈骨神経浅枝、正中神経掌枝の損傷が挙げられる。Jacobs<sup>8)</sup>は、28%に正中神経掌枝の知覚障害があったと報告している。われわれの追跡調査では、術後9例に橈骨神経浅枝領域の知覚障害を認めたが漸次消失した。

橈骨動脈との瘻着をみた症例は15手で手術時に橈骨動脈を損傷し結紉を余儀なくさせられたものは2手であった。瘻着が強固な場合は、Lister<sup>9)</sup>により血管壁に腫瘍壁を残し血管壁を温存する方法も報告されているが、その後の再発率などに関する報告はみられない。ルーペ使用下に注意深く剥離すれば、血管壁を損傷することは避けられると考える。

手関節橈掌側のガングリオンの発生部位についてみると、Jacobs<sup>8)</sup>は、71例中25例がradio scaphoid joint, 13例がscapho-lunate joint, 11例がdistal scaphoid surfaceと報告している。また、Greendyke<sup>5)</sup>は104例中68例(65%)がscapho-lunate jointあるいはradio-carpal jointから発生したと述べている。われわれの調査では、前述したように、retrospectiveな調査のため発生部位の靱帯が確認されていないものが多くなっているが、72手中59手(82%)はradio-carpal jointあるいは舟状骨周辺から発生したと考えられる。再発が5例にみられた。再発の原因として術者の経験・手技が大いに関係する。田村<sup>14)</sup>は、一般外科医、レジデント、手の外科グループの3群に分け、3群の間の再発率に大きな違いがあると述べている。また、皮切も



Fig. 3 Intra-operative findings: By the Z-incision, it was confirmed that the ganglion was occurring radial to the palmar branch of the median nerve and the radial artery and originated from radiocarpal joint.

関係すると考えられる。再発例の皮切は、いずれも縦あるいは横切開であったため展開が悪く、ガングリオンの茎を確実に摘出できなかつたためと考える。最近、われわれはZ状皮切を用いて展開し、橈骨動脈、橈骨神経浅枝、正中神経掌枝を確認し、ガングリオンの茎を確実に摘出するのを原則としている。このような方法を用いるようになってから再発をみていない(Fig. 3)。

## ま と め

手関節橈掌側のガングリオン70例72手の病像について述べ、追跡調査を行った52例54手の成績について報告した。

1. 手部ガングリオンのうち35%を占め男女比は1:2であった。
2. 痛痛を主訴としたものは22%であった。
3. 再発が5手(9.3%)にみられた。

4. 再発と合併症の防止のためには止血帯下でガンリオンの茎を確実に摘出することが大切である。
5. そのためにはZ状皮切を用い、橈骨動脈、橈骨神経浅枝、正中神経掌枝を確認することが必要である。Z状皮切を用いた症例では再発はみられなかった。

(本論文の要旨は第5回東日本手の外科研究会(1991年2月9日、札幌)で演述した)

### 文 献

- 1) Angelides, A. C., : Ganglion of the Hand and Wrist. Operative Hand Surgery, 3, 2281-2299, 1988.
- 2) Angelides, A. C., et al.: The dorsal ganglion of the wrist: Its pathogenesis, gross and microscopic anatomy, and surgical treatment. J. Hand Surg., 3: 228-235, 1976.
- 3) Carp, L., et al.: A study of ganglion. Surg. Gynec. Obst., 47: 460-468, 1928.
- 4) Das, S. K., et al.: In search of complication carpal tunnel decompression. The Hand, 8: 243-249, 1976.
- 5) Greendyke, S. D., et al.: Volar wrist ganglia arising from the scaphotrapezial joint: anatomy, clinical presentation and treatment. J. Hand Surg. 15A:
- 821, 1990.
- 6) Holm, P. C. A., et al.: Treatment of ganglia of the hand and wrist with aspiration and injection of hydrocortisone. The Hand, 5: 63-68, 1973.
- 7) Hobbs, R. A., et al.: Palmar cutaneous branch of the median nerve. J. Hand Surg., 15A: 38-43, 1990.
- 8) Jacobs, L. G. H., et al.: The volar wrist ganglion: Just a simple cyst? J. Hand Surg., 15B: 342-346, 1990.
- 9) Lister, D. G., et al.: Protection of the radial artery in the resection of adherent ganglions of the wrist. Plast. Reconstr. Surg., 61: 127-129, 1978.
- 10) 松田和美他:まれなガンリオンの3例. 形成外科, 25, 2, 153-157, 1982.
- 11) 南條文昭:手部ガンリオンとその治療. 手術 40: 1389-1395, 1986.
- 12) Nelson, C., et al.: Ganglions of wrist and hand. J. Bone Joint Surg., 54A: 1459-1464, 1972.
- 13) Posch, J. L., et al.: Tumors of the hand. J. Bone Joint Surg., 38A: 517-540, 1956.
- 14) 田村文雄:手関節部ガンリオンの手術成績. 整形外科, 39: 1689-1693, 1988.
- 15) Zachariae, L., et al.: Ganglia. Acta Chir. Scand., 139: 625-628, 1973.

## 血管柄付神経移植の理論的優位性と静脈系のみを用いた 血管柄付神経移植の可能性について

琉球大学医学部整形外科学教室

新垣 晃

### Theoretical Advantages of Vascularized Nerve Grafts and Possibility of Three Alternative Vascularizations of Nerve Grafts

Akira Arakaki

Department of Orthopedic Surgery, School of Medicine,  
University of the Ryukyus

The author studied theoretical advantages of standard vascularized nerve grafts (VNG) compared with nonvascularized nerve grafts (NNG). The possibility of three alternative vascularizations of nerve grafts whose blood supply was based solely upon arterial or venous blood flow passing through the venous segments was examined.

A total of 84 New Zealand white rabbits were used for this study. The experimental nerve grafts, 3 cm in length, were created in the median nerves of rabbits. The microcirculation and permeability of the endoneurial vessels were tested using fluorescent microscopic tracing of intravenously injected albumin labeled with Evans blue (EBA).

The VNGs maintained good microcirculation and viable nerve tissue for a 3-day postoperative period. The NNGs showed evidence of revascularization in 24 hours after surgery. However, the circulation in the NNGs could not maintain viable neural cells. The arterialized venous nerve grafts (AVNG) evaluated immediately after surgery, demonstrated well perfused endoneurial vessels with severe extravasated tracer. However, subsequently, perfusion was not demonstrated at 24 and 72 hours. Histologically, the nerve grafts appeared to be hemorrhagic and non viable.

Compared to the VNG, the venous flow in the venous nerve graft perfused 69% of endoneurial vessels without an increase of extravascular EBA. However, the arterial flow in the venous nerve graft significantly increased extravascular EBA in the endoneurium in 6 hours after surgery.

Since the perineurium has a strong diffusion barrier and no drainage system exists, increased extravascular tracer indicated that a massive leakage of albumin had occurred. This may cause severe endoneurial edema and nerve fibrosis. Compared with VNG and NNG, AVNG had no advantages in circulatory and histological status for a 3-day postoperative period.

### 緒 言

Vascularized nerve graft(VNG)は、Nonvascular-

ized nerve graft(NNG)に比較し理論的に優れている。  
すなわち、VNG は移植直後から血行が保たれた遊離  
組織移植であり、生きた末梢神経組織を 100% 移植で

**Key words:** vascularized nerve graft, nonvascularized nerve graft, arterialized venous nerve graft, microcirculation, vascular permeability

**Address for reprints:** Akira Arakaki, M. D., Department of Orthopedic Surgery, School of Medicine, University of the Ryukyus, 207 Uehara, Nishihara-Cho, Okinawa, 903-01, Japan

き、これが神経の再生にとって有利に働く。これに対し NNG では周囲からの血管新生が起こり、血行が再開されるまでの間、阻血状態が続き、神経組織の一部は変性または壊死となり fibrous tissue に置き換えられる。Schwann cell の数の減少と nerve fibrosis は神経再生を障害すると言うものである<sup>1)</sup>。

この仮説に基づき VNG の NNG に対する神経再生の優位性を示す多くの実験結果が報告されてきた<sup>5)6)12)15)</sup>。しかし、臨床的には VNG の Donor site の問題や、手術手技の煩雑さに加え、NNG に比較しどの程度有用なのか未解決な点が多い。

一方、1984 年、Townsend & Taylor<sup>16)</sup>が VNG の変法として動脈化された一本の静脈とその venous network でつながった神経を Arterialized venous nerve graft (AVNG) として用いて以来、この方法は実験的、臨床的に優れているとの報告<sup>2)11)13)</sup>がなされてきた。

Gu ら<sup>2)</sup>は家兎の正中神経と上腕動脈を用いた実験において、術後 14 週目の神経再生状態について報告し、AVNG では NNG に比較し、神経伝導速度、有髓神経再生率、橈側手根屈筋重量の点で有意に回復していたと報告している。

また Rose ら<sup>13)</sup>は深腓骨神経および隣接する足背動脈を用いた AVNG を瘢痕化した移植床の指神経欠損部に移植した臨床例を報告し、NNG を用いた場合よりも有意に良好な知覚回復が得られたとしている。

しかし、AVNG が VNG と同等な理論的根拠を持つためには移植直後から神経内血流が保たれ、少くとも術後 3 日間は NNG よりも良好な血流があり、生きた末梢神経組織を移植できることが大前提である。

本研究の目的は、第一に VNG および AVNG が、NNG に較べてどの程度、理論的優位性があるかを実際に究明することであり、第二に VNG の変法である AVNG と同様に一本の静脈とその venous network を用い nerve vascularization を行う可能性について検討することである。

## 実験 - 1

— VNG および AVNG の NNG に対する理論的優位性について —

### 実験材料および方法

New Zealand White rabbit (総計 67 羽) の左前肢の近位正中神経および上腕動脈を使用し以下のように

な VNG、NNG、または AVNG の実験モデルを作製し、右前肢は正常のコントロールとした (Fig. 1)。

VNG (24 羽)：手術用顕微鏡下に正中神経とその隣接する上腕動脈を一塊として 3 cm の神経血管束を挙上した。神経の両端のみを切離し、同部に 10-0 ナイロン糸を用い神経上膜縫合を行った。上腕動脈の両端は正常に保った (Fig. 1-A)。

NNG (19 羽)：3 cm の神経血管束を VNG と同様に挙上し、正中神経のみを遊離し両端を切離反転し、同神経欠損部に遊離神経移植を行った (Fig. 1-B)。

AVNG (24 羽)：3 cm の神経血管束を VNG と同様に挙上し、その両端をすべて切離、反転した。神経血管束内の動脈片の両端は結紮し、静脈片は上腕動脈欠損部に橋渡しするように微小血管吻合をおこなった。神経片は正中神経欠損部に神経上膜吻合した (Fig. 1-C)。

各モデル作製後、創部は 6-0 ナイロン糸で皮膚縫合し、術直後に評価する家兎以外は左前肢をプラスチックギブスで固定した。

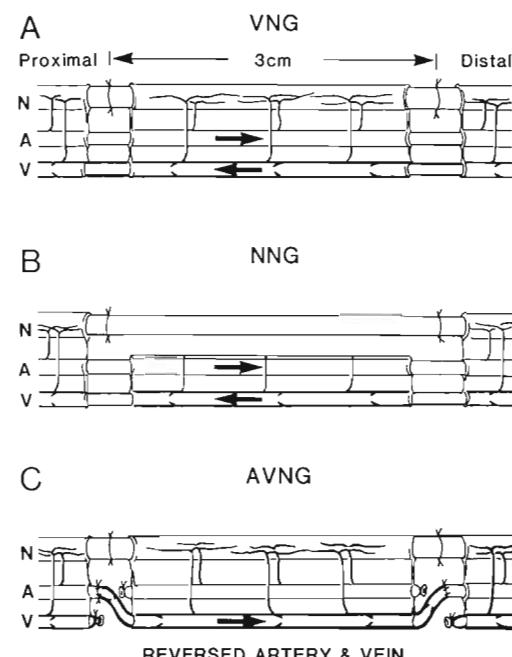


Fig. 1 Schematic illustration of experimental nerve grafts:  
A: vascularized nerve graft (VNG), B: nonvascularized nerve graft (NNG), and

C: arterIALIZED venous nerve graft (AVNG).

## 評価

## 1) 肉眼的観察

麻酔下にギブスを除去後創部を展開し、手術用顕微鏡下に移植神経の肉眼的観察を行った。なお AVNG 群では血管吻合部の通過性テストを行い血管吻合不全のあったものは除外し適宜追加した。

## 2) 蛍光アルブミン追跡法による評価

VNG 18羽, NNG 13羽, AVNG 18羽について、各実験モデルは6羽ずつそれぞれ術後0, 24, 72時間後に以下のように蛍光アルブミン追跡法を用い評価を行った。NNG 0時間群は1羽のみを用いた。

10% Evans blue albumin (EBA) 溶液 (5 ml/kg) を耳静脈より infusion pump を用い30分かけて静注し、さらにその30分後、移植神経標本を採取した<sup>7)</sup>。神経標本は10%ホルマリン溶液で24時間以上固定後、移植神経の中心部5 mm を横切凍結切片とし、神経縫合部の両端5 mm を除く他の部を縦切々片とし蛍光顕微鏡および光学顕微鏡撮影を行った。使用した

顕微鏡は落写式蛍光装置を備えたNikon社製顕微鏡でG-1B filter block を用いた。写真撮影はNikon社製顕微鏡カメラ (UFX-IIA) でKodak Echtachrome films(ASA 200 Daylight)を用いた。神経束内微小血管の血液還流動態を半定量的に評価するため、各神経標本の横切組織切片についてEBAで満たされた平均神経束内血管数を測定し、以下の式に当てはめ Microvascular perfusion rateを求めた。

$$\text{Microvascular perfusion rate}(\%) =$$

$$\frac{\text{移植神経の平均神経束内血管数}}{\text{対側正常神経の平均神経束内血管数}} \times 100$$

術直後の移植神経内微小血管の血管透過性の程度をより客観的に半定量的判定を行うため以下の基準を規定し、各神経標本の横切組織写真は無作為に配置され、標本の起源を知らない第3者により判定された。

Slight : Evans Blue Albumin (EBA) の赤い蛍光は神経束内血管に限局し血管外のEBAはまったくないか有ってもごくわずかのみである。

Modelate : EBA の血管外漏出は見られるが血管内

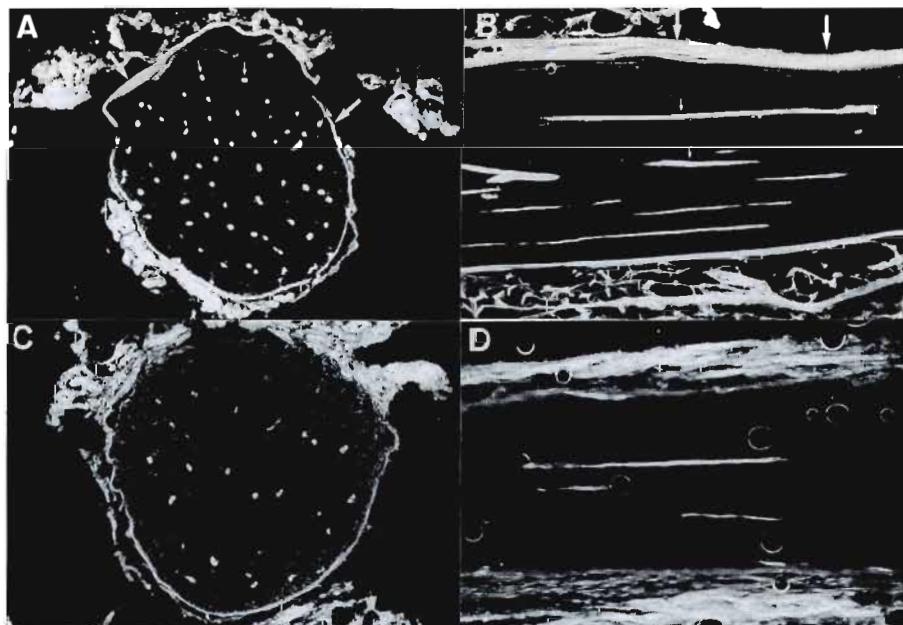


Fig. 2 Fluorescent microscopy (x 50) of the vascularized nerve graft (VNG) specimens examined immediately (A, B) and at 72 hours (C, D) after surgery. A and C: transverse sections; B and D: longitudinal sections.  
The red fluorescence (showing white) of Evans blue albumin was well confined in the endoneurial vessels (small arrows).  
(Large arrows indicate the perineurium.)

のEBAとは明らかに区別可能である。

Severe: EBAの著明な血管外漏出があり血管内EBAと区別ができない。

### 3) 薄切組織標本による評価

VNG, NNG, およびAVNGの各6羽計18羽について、各実験モデルは2羽ずつそれぞれ0, 24, 72時間後に移植神経標本を採取した。採取した検体は、2.5%グルタルアルデヒドとオスミウムで固定した後、エポン樹脂包埋したものを薄切り、トルイジンブルー染色した後、その横断像を光学顕微鏡で観察した。

## 結果

### 1) 肉眼的観察結果

VNGおよびNNGにおいては72時間目まで周囲組織に軽度の浮腫が見られる程度で著変はなかった。これに対しAVNGでは術直後には移植神経周囲の細血管は怒張し神経断端からの出血も見られたが、24時間以降、神経および周囲組織は暗赤色に発血し、上腕動脈片は血栓で満たされていた。

### 2) 蛍光アルブミン追跡法

VNGでは対側の正常神経と同様に術直後より血管内腔はEBAの赤い蛍光で満たされており、良好な血行が保たれていることを示していた。術後72時間目でも良好な血行が保たれているが、血管外にEBAの赤い蛍光が認められ、神経内血管のEBAに対するmoderateな血管透過性の亢進が認められた(Fig. 2A-D)。

NNGでは、術後24時間にはすでに神経内血管内腔は赤い蛍光で満たされ、若干の血行が再開されていることを示していた。術後72時間では十分な血行の再開が見られていたが、再生血管の血管透過性は亢進していた(Fig. 3A-D)。

AVNGでは術直後よりEBAの赤い蛍光は血管内腔との区別がつかないほどEndoneurium全体に広がり、Severeな血管透過性亢進が認められた。しかし、24時間以降にはすでに血管内腔は赤い蛍光で満たされることではなく、ほとんど神経内血行は途絶えていることを示していた(Fig. 4A-D)。

Microvascular perfusion rateの0h, 24h, 72h後の推移をみると、VNGでそれぞれ102±9%（平均士

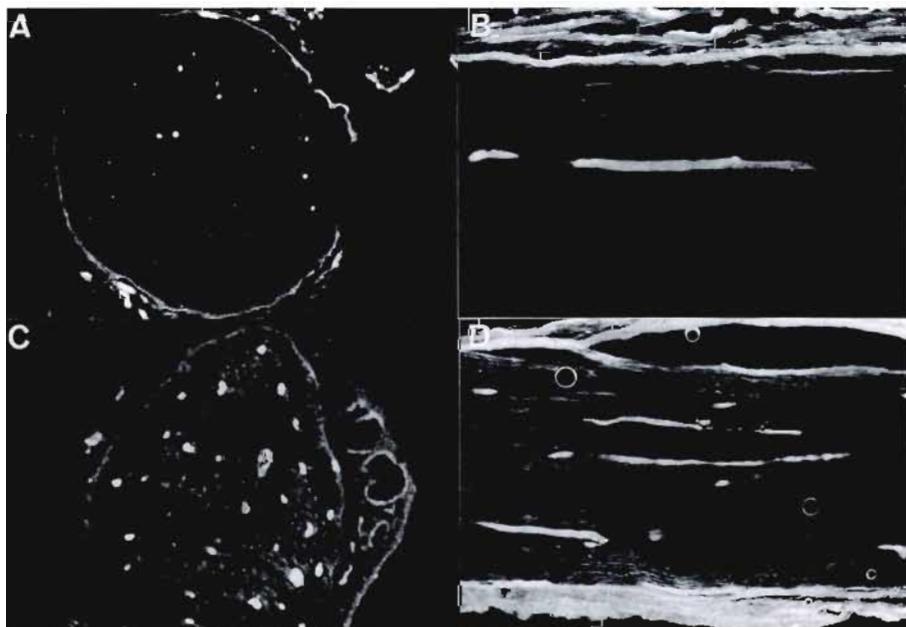


Fig. 3 Fluorescent microscopy ( $\times 50$ ) of the nonvascularized nerve graft (NNG) specimens harvested at 24 hours (A, B), and 72 hours (C, D) after surgery. The NNG showed some evidence of vascular perfusions within 24 hours postoperatively, and was well revascularized by 72 hours with increased extravascular fluorescence.

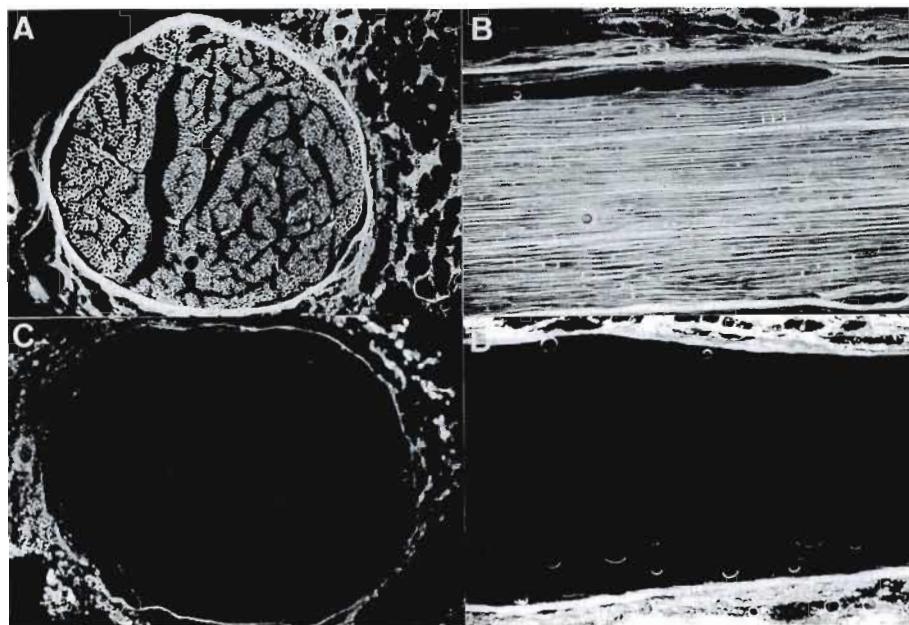


Fig. 4 Fluorescent microscopy ( $\times 50$ ) of the arterialized venous nerve graft (AVNG) specimens immediately (A, B) and 24 hours (C, D) after surgery.

In A and B; the endoneurial vessels (small arrows) are perfused with Evans blue albumin (EBA), but severe extravascular fluorescence is seen in the endoneurium. Subsequently, in C and D, no endoneurial vessels are perfused with EBA.

SD),  $105 \pm 18\%$ ,  $71 \pm 35\%$ , NNGにおいては  $0\%$ ,  $32 \pm 12\%$ ,  $77 \pm 33\%$ , これに対し AVNGにおいては  $144 \pm 27\%$ ,  $20 \pm 30\%$ ,  $0.4 \pm 0.6\%$ という結果となり, AVNGでは24時間以内に血行が消失することが解った(Fig. 5)。

術直後における神経束内血管透過性を比較するとVNGではすべてSlightまたModerateであり, Severeな程度を示すことはなかったのに対し, AVNGでは67% (4/6)でSevereな状態であり, AVNGはVNGに較べ有意に血管透過性亢進を示した(Fisher's exact test,  $p=0.03$ )。

H & E染色標本において, VNGでは72時間まで対側の正常正中神経と同様で神経組織細胞の異常像は認められなかった(Fig. 6-A). これに対し, NNGでは24時間以降神経組織細胞核の変性(染色性的低下など)を認めVNGとは明らかに異なる所見を呈していた(Fig. 6-B). AVNGではさらに著明な変化が認められ, 神経内出血が術直後から生じており(Fig. 6-C), より明瞭な神経細胞核の変性(核の消失, 染色性低下, fragmentation, pyknosis)が認められ, これらの所見

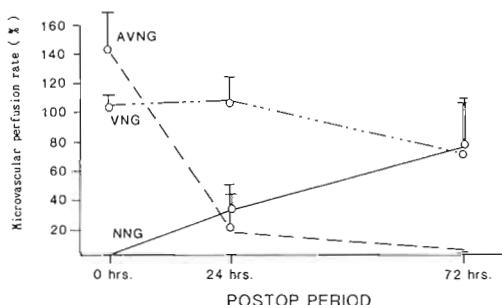
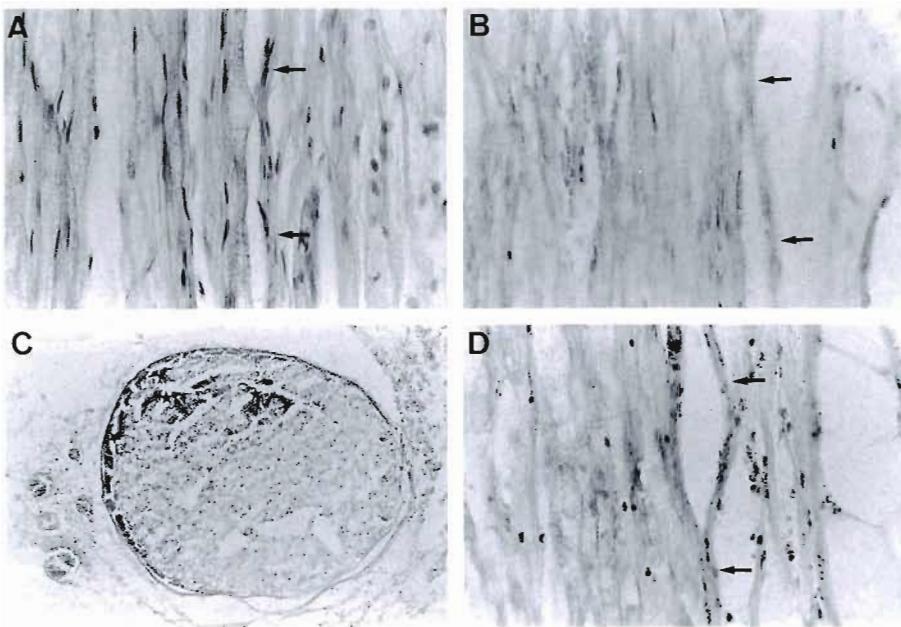


Fig. 5 Percentage of microvascular perfusion of the endoneurial vessels.

は細胞壊死を示唆するものであった(Fig. 6-D).

### 3) 薄切標本の観察結果

VNGでは術直後では著変は認めないが, 術後24時間目ですでに一部の髓鞘の層板構造に変化がみられ泡状化または波状化がおこり, 72時間ではこれらの変化は神経全体におよびWaller変性が起こり始めていることを示していた(Fig. 7A-C).



**Fig. 6** Longitudinal (A, B, and D) and transverse (C) section of the nerve grafts at 72 hours after the surgery stained with hematoxylin-eosin. (arrows; perineurium, stars; hematoma)

A : vascularized nerve graft (x 156). The perineurium and endoneurium were well preserved in the VNG.

B : nonvascularized nerve graft (x 156). Pathological changes (pyknosis or fragmentation) in the cell nuclei were seen in the NNG.

C (x 50) and D (x 156) : arterIALIZED venous nerve graft. Severe hemorrhage was seen in the endoneurium. Cell nuclei of the perineurium and endoneurium showed severe pathological changes.

これに対し、NNG では術直後では VNG と同様にとくに異常は認められないが、術後 24 時間目より髓鞘構造に変化が見られ始め、72 時間後には髓鞘構造の非薄化、破壊が見られた (Fig. 8-A-C)。

AVNGにおいてはこれらの変化はさらに著しく、術直後よりの神経内出血による血腫形成、神経内微小血管の緊満化が著明となった。72 時間後には髓鞘構造は消失または非薄化し、崩壊した状態となり、軸索は空泡化し、myelin debris で満たされた状態となっていた (Fig. 9A-C)。

## 実験 - 2

一本の静脈とその venous network のみを用いる血管柄付神経移植の可能性について

## 実験材料および方法

実験-1 と同様に New Zealand White rabbit (総計 27 羽) の左前肢の近位正中神経および上腕動静脈を使用し以下のような三つの実験モデルを作製し、右前肢はコントロールとして実験-1 で用いた VNG を作製した (Fig. 1)。なお各実験モデルの名称は便宜上、動静脈の配列を考慮し決定した。

Vein-Vein-Vein (VVV) nerve graft (6 羽) : 3 cm の正中神経および上腕動静脈を VNG モデルと同様に挙上し、神経を両端で切離、再縫合し、動脈を両端で切離結紮した。静脈は intact に保ったままとした (Fig. 10-A)。

Artery-Vein-Vein (AVV) nerve graft (12 羽) : 上記と同様に神経血管束を挙上後、その両端を完全に切離、反転し、神経を縫合、動脈を結紮、近位の静

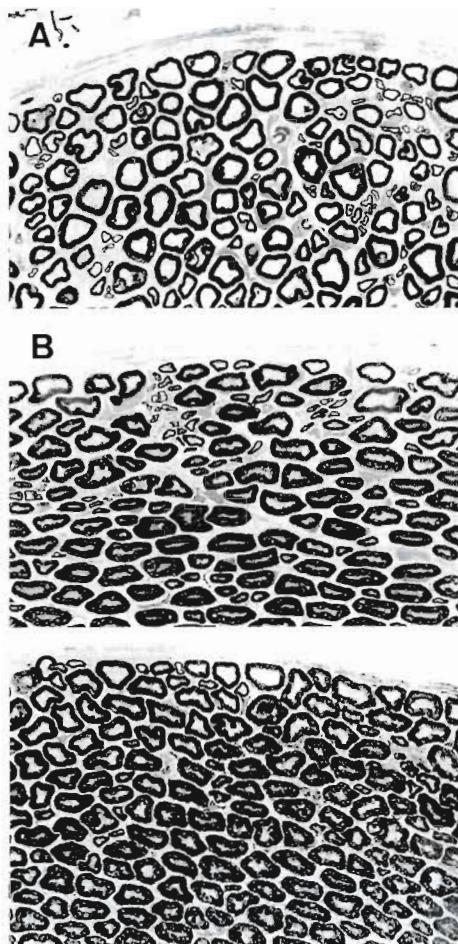


Fig. 7 Light microscopic findings of transverse sections of the VNG at 0 hour (A), 24 hours (B), and 72 hours (C) after surgery. (Toluidine blue stain,  $\times 160$ )  
In the VNGs, Wallerian degeneration started in 24 hours.

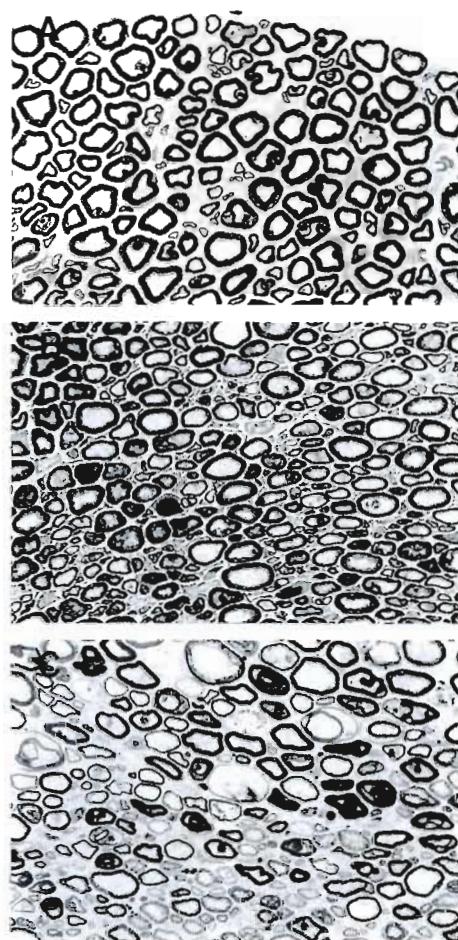


Fig. 8 Light microscopic findings of transverse sections of the NNG at 0 hour (A), 24 hours (B), and 72 hours (C) after surgery. (Toluidine blue stain,  $\times 160$ )  
In the NNGs, myelinated fiber collapsed their structures in 72 hours.

脈端は上腕動脈と、遠位の静脈端を腕頭靜脈と吻合した (Fig. 10-B).

Artery-Vein-Artery (AVA) nerve graft (9) :  
実験-1で用いたAVNGモデルを作製した (Fig. 10-C).

#### 評 価

実験モデル作製直後にEBA溶液を静注し6時間後、移植神経標本採取した。神経のホルマリン凍結横

断標本の蛍光顕微鏡撮影を行い、実験-1と同様に Microvascular perfusion rate および神經内血管透過性の状態を半定量的に評価した。なお microvascular perfusion rate は対側のVNGに対する比率で示した。

#### 結 果

AVV nerve graft の6羽およびAVA nerve graft の3羽については血管縫合不全または術中の麻酔不全

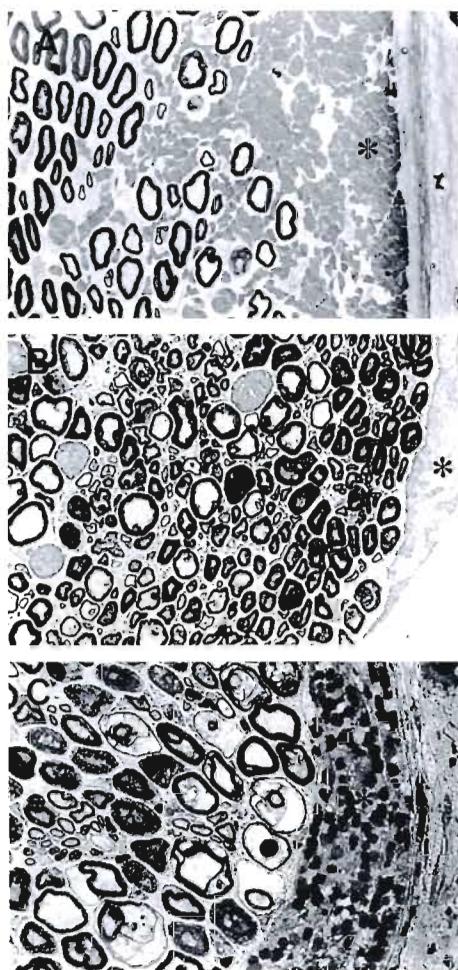


Fig. 9 Light microscopic findings of transverse sections of the AVNG at 0 hour (A), 24 hours (B), and 72 hours (C) after surgery. (Toluidine blue stain,  $\times 160$ )

Severe hemorrhage occurred immediately after the surgery in the AVNGs and myelinated fibers were completely destroyed by 72 hours. (Asterisk indicates hematoma.)

のため除外したため各群6羽ずつを評価の対象とした。

VVV nerve graftではmicrovascular perfusion rateは $69 \pm 18\%$ (n=6)であり、EBAの血管外漏出はほとんど認められずslightな血管透過性を示したに過ぎなかった。これに対し AVV および AVA nerve graftではEBAの血管外漏出が著明であり、EBAで満たされた神経内血管を識別することは不可能であった。

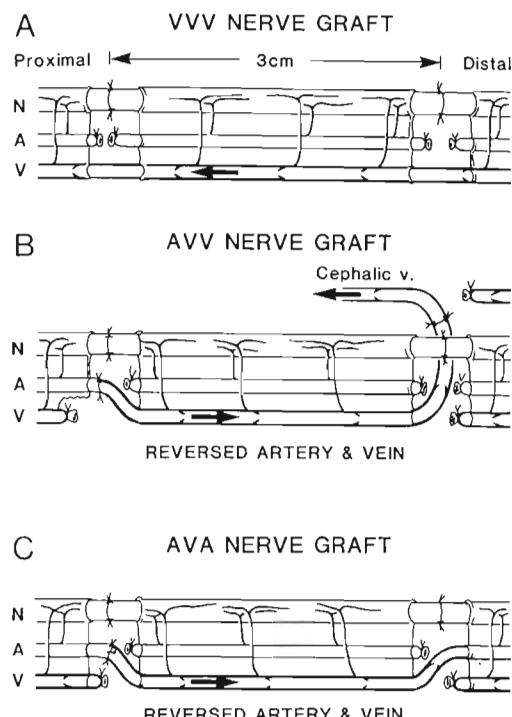


Fig. 10 Schematic illustration of experimental nerve grafts:

- A: Vein-Vein-Vein (VVV) nerve graft.
- B: Artery-Vein-Vein (AVV) nerve graft.
- C: Artery-Vein-Artery (AVA) nerve graft.

Table 1 Results of the vascular permeability

|                        | Slight or Moderate | Severe      |
|------------------------|--------------------|-------------|
| VNG (n=18)             | 94% (17)           | 6% ( 1)     |
| VVV nerve graft (n= 6) | 100% ( 6)          | —           |
| AVV nerve graft (n= 6) | 33% ( 2)           | 67% ( 4)*   |
| AVA nerve graft (n= 6) | —                  | 100% ( 6)** |

Fisher's exact test, \*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$

神経内血管透過性の状態で Severe な程度を示したものは、それぞれ VNG で 6% (1/18), VVV nerve graft で 0% (0/6), AVV nerve graft で 67% (4/6), AVA nerve graft で 100% (6/6) であり、AVV および AVA nerve graft では VNG や VVV nerve graft に比べ有意に血管透過性が亢進していた (Table 1).

## 考 察

VNGにおいては生きた神経細胞が移植され、神経内では NNG に比べ Schwann 細胞の活性によると思われる早期の Waller 変性が起こることが確認された。この神経内血流動態について、再生された神経内微小血管や Waller 変性の起こっている神経では神経内血管透過性は亢進することが知られている<sup>4)</sup>。また NNG の血行について、術後 3 日以降ではむしろ VNG よりも豊富な血流が保たれていると報告されている<sup>10)14)17)</sup>。したがって、動脈系と静脈系の正常な関係にある血流循環動態の神経においては血管透過性の亢進に関わりなく血流は維持される。

末梢神経の特異な構造として、神経束内血管壁には Blood nerve barrier があり、また神経周膜にもメカニカルに非常に強い diffusion barrier が存在し、とくに神経周膜は神経内外に対し強固な barrier として働くことが知られている<sup>8)9)</sup>。NNGにおいては VNG と異なり明らかな神経細胞の変性像を示しこの変化は必ずしも神経の中心部のみにとどまるものではない。生体内に移植された神経片は他の組織と異なり神経周膜の diffusion barrier のため plasmatic circulation を受けることもなく完全に阻血状態となるためであろう。

一方、AVNGにおいて、動脈血は一本の静脈とその venous network を介し神経束内毛細血管に流入し、神経細胞の代謝交換をはたすことが期待されている。しかしこの循環動態には Venous drainage system がなく、また、通常は低い血圧の静脈血が流れる venous network に非生理的な高い動脈圧が直接かかることになる。

実験-2において venous network に直接動脈圧がかかる血行動態では神経内血管透過性の亢進をもたらすことが示され、AVNG の血行動態としては次のようなことが考えられる。神経束内に高い血圧の動脈血が流入すると、神経束内血管の blood nerve barrier は破綻し、血管透過性の亢進はアルブミンなどの高分子蛋白の血管外漏出をもたらし、神経束内浮腫、神経内毛細血管の破綻、出血とともに神経束内圧の上昇をき

たす。この循環系には venous drainage system がなく、さらに神経周膜の diffusion barrier 機能のため神経内圧は蓄積し、この神経内圧の上昇が動脈圧のレベルに達すると神経内血管は途絶することになる。また、神経内浮腫は神経組織細胞の代謝障害をもたらし、ついには、神経細胞壞死を来すことになると考えられる。

AVNG は 24 時間以内に血行が途絶えるばかりでなく、神経束内に著明な出血を引き起こし、神経組織細胞は壞死に陥る。これらの神経内血腫、壞死細胞は治癒過程においてさらに強い Nerve fibrosis の原因になると考えられ、AVV nerve graft においても同様な経過をたどることが予想される。

これに対し、VVV nerve graft においては吉村ら<sup>3)</sup>の venous flap と同様な血流動態であり、術後よりある程度の血液還流がある可能性が示唆された。しかし、この血流が神経細胞の正常な生体代謝を維持できるかは不明である。NNG における血流再開が以外と早く 24 時間以内に起こることを考え合わせると静脈系を備えた VVV nerve graft では動静脉の正常な血行再開に有利であると言えよう。

## 結 語

1. Vascularized nerve graft では術直後より血行が保たれ生きた神経組織を移植することが可能である。

2. Nonvascularized nerve graft では 24 時間以内に血行が再開される可能性があるが神経組織細胞の変性は免れない。

3. Arterialized venous nerve graft は、通常の Vascularized nerve graft としての理論的優位性はまったく持ち合わせてなく、non-vascularized nerve graft よりも強い nerve fibrosis を生じる可能性がある。

4. VVV nerve graft では Venous flap と同様な血行動態を呈し、正常な血行動態の回復に有利であろう。

## 謝辞 (Acknowledgement)

本研究は Christine M. Kleinert Institute for Hand & Micro Surgery, Inc. の援助により行われた実験に、琉球大学医学部整形外科学教室における研究結果を加筆したものである。本研究を可能にし、Scientific advice を賜りました Christine M. Kleinert Institute のスタッフおよび Louisville 大学助教授 Tsu-Min

Tsai, M. D. に深謝致します。

稿を終えるに臨み、ご指導ご校閲の労を賜った恩師茨木邦夫教授に深甚の謝意を表します。

(本論分の要旨は American Society for Reconstructive Microsurgery, Fifth Annual Meeting, Seattle, WA., 第 17 回日本マイクロサーチャリー学会, 第 34 回日本手の外科学会にて発表した。)

### 参考文献 (References)

- 1) Breidenbach, W. C.: Vascularized nerve grafts. Orthop. Clin. North Am., 19: 81-89, 1988.
- 2) Gu, Y., et al.: Arterialized venous free sural nerve grafting. Ann. Plast. Surg., 15: 332-339, 1985.
- 3) Honda, T., et al.: The possible applications of a composite skin and subcutaneous vein graft in the replantation of amputated digits. Br. J. Plast. Surg., 37: 607-612, 1984.
- 4) Mellick, R. S., et al.: Changes in blood vessel permeability during degeneration and regeneration in peripheral nerves. Brain 41: 141-160, 1968.
- 5) 光嶌 勲 他: 血管柄付神経移植の研究(第2報), 日形会誌, 3: 303-312, 1983.
- 6) Koshima I., et al.: Experimental study of vascularized nerve graft: Multifactorial analysis of axonal regeneration of nerves transplanted into scar burn wounds. J. Hand Surg., 10A: 64-72, 1985.
- 7) Lundborg G.: Ischemic nerve injury. Experimental studies on intraneuronal microvascular pathophysiology and nerve function in a limb subjected to temporary circulatory arrest. Scand. J. Plast. Surg. Suppl., 6: 1-113, 1970.
- 8) Lundborg G.: The effect of ischemia on the permeability of the perineurium to protein tracers in rabbit tibial nerve. Acta Neurol. Scandinav., 49: 287-294, 1973.
- 9) Lundborg, G., et al.: Nerve compression injury and increased endoneurial fluid pressure: a "miniature compartment syndrome". J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry., 46: 1119-1124, 1983.
- 10) Lux, P., et al.: Determination of temporal changes in blood flow in vascularized and nonvascularized nerve grafts in the dog. J. Plast. Reconstr. Surg., 82: 133-142, 1988.
- 11) 中山凱夫, et al.: 動静脈シャントによる血管柄付神経移植片作製の試み—ラットによる実験(第一報)—形成外科, 29: 247-251, 1986.
- 12) Restrepo, Y. et al.: Free vascularized nerve grafts: an experimental study in the rabbit. Microsurgery, 6: 78-84, 1985.
- 13) Rose, E. H., et al.: The reversed venous arterialized nerve graft in digital nerve reconstruction. Plast. Reconstr. Surg., 83: 593-604, 1989.
- 14) Settergren, C. R., et al.: Comparison of blood flow in free vascularized versus nonvascularized nerve grafts. J. Reconstr. Microsurg., 1: 95-101, 1984.
- 15) Shibata, M., et al.: Experimental comparison of vascularized and nonvascularized nerve grafting. J. Hand Surg., 13A: 370-377, 1988.
- 16) Townsend, P. L. G., and Taylor, G. I.: Vascularized nerve grafts using composite arterIALIZED neuro-venous systems. Br. J. Plast. Surg., 37: 1-17, 1984.
- 17) Wood, M. B., et al.: Comparison of the pattern of early revascularization of conventional versus vascularized nerve grafts in the canine. J. Reconstr. Microsurg., 2: 229-234, 1986.

## ラット坐骨神経慢性圧迫損傷モデルに対する機能的、組織学的評価と神経剥離術の有効性に関する実験的研究

—Mackinnon らの実験モデルを用いて—

琉球大学医学部整形外科学教室

富山 聰・新垣 晃  
武内 正典

Experimental Studies on the Effects of Neurolysis to Chronically Compressed Nerve with Functional and Histological Assessment  
—Using Mackinnon's Model—

Satoshi Tomiyama, et al.

Department of Orthopedic Surgery, School of Medicine, University of the Ryukyus

We re-evaluated the experimental model of compression neuropathy of the rat sciatic nerve which was proposed by Mackinnon in 1984, and studied the effects of internal and external neurolysis to this model. Also examined were the relationships between the functional, electrophysiological and morphological parameters of the nerve.

### [Material and Methods]

For this study, a total of 108 Sprague-Dawley rats (300 to 350 gm) were used. The right sciatic nerve was exposed under pentobarbital anesthesia, and 1 cm length of silastic tube (1.30 mm internal diameter) was placed around the nerve. In each animal, the left nerve remained untreated.

In the first experiment, the rats were periodically evaluated with sciatic functional index (SFI) as a motor functional assessment. Furthermore, electrophysiological and histological assessments were made immediately after tubing then at 3, 9, and 15 months. In the second set of experiments, chronically compressed nerves were treated with one of two surgical modalities at 3 or 9 months after tubing. Simple removal of the tube as a external neurolysis, and removal of the tube with epineurotomy as an internal neurolysis were performed. There was also a control group in which the tube remained in place. These three groups were evaluated after 6 months.

### [Results]

1. An average of SFI was -20 at 3 months after tubing, and recovered to more than -10 at 6 months and remained within normal range until 15 months. However, there were relatively wide variations in the course and degree of impairment of each rat. In the histological studies at 3 months to 15 months, thickening of the perineurium, decreasing of nerve fiber size and percent neuronal area, and thinning of the myelin sheath were observed. In comparison to the SFI results, histological changes within the nerve, except for percent neuronal area, did not show significant improvement compared with those of 3 months. We may need to consider the nature of this model when it is used for nerve studies.

---

**Key words:** peripheral nerve, compression neuropathy, sciatic functional index (SFI), internal neurolysis, external neurolysis

**Address for reprints:** Satoshi Tomiyama, M.D., Department of Orthopedic Surgery, School of Medicine, University of the Ryukyus, 207 Uehara, Nishihara-cho, Okinawa 903-01, Japan.

2. Internal neurolysis at 3 months after tubing showed significant improvement in morphological assessment compared to both the control and external neurolysis. However, internal neurolysis at 9 months and external neurolysis at 3 and 9 months after tubing did not show any significant improvement in morphological assessment. Internal neurolysis might be an effective treatment for the early stage of compression neuropathy.

3. In the examination of nerve parameters, there were significant correlations between the SFI and the MCV, and percent neuronal area. In these correlations, if the results of MCV and percent neuronal area exhibited above a certain level in each test, the rats had a SFI within normal range. Likewise, if the results were below these points, the SFI was below the normal range. Therefore using functional parameters, certain degrees of histological impairment could be predicted.

### 緒 言

慢性絞扼性神経障害に対する神経剥離術は臨床的に広く施行されている手術法である。その中で、神経幹の外部環境を改善し、神経幹自体には手術操作を加えない external neurolysis の臨床的な有効性的評価は、ほぼ確立されている<sup>2)4)9)</sup>。しかし、神経幹自体に手術操作を加える internal neurolysis は、神経線維に対してより効果的な除圧ができる利点がある反面、神経幹内部の微小血管系の損傷や二次的な fibrosis<sup>5)</sup> の発生により神經線維を間接的に傷害する危険性があり、その功罪に関しては臨床的な検討<sup>2)4)9)18)</sup> および多数の実験的検討<sup>5)14)19)20)21)22)25)</sup> がなされているにもかかわらず、まだ一致した見解が得られていない。

その原因として、臨床例においては対象症例の条件の不統一性や、組織標本が入手困難なため術前・術後の組織学的所見、検査所見の prospective な比較・検討が十分にできないことが考えられる。一方、実験的研究では、神経剥離術の有効性を論じる場合、前提条件として信頼できる評価方法により十分に検証され、確立された実験モデルを用いることが必須である。しかし、多数の慢性圧迫性神経傷害実験モデルが報告されている<sup>6)12)20)</sup> にもかかわらず、再現性や発症時期の安定性に問題があり、理想的なモデルの作製が困難であったことがあげられる。

1984年、Mackinnon ら<sup>11)</sup> はシリコンチューブをラット坐骨神経に装着することにより経過が慢性で、かつ、ヒトの病理所見に近似した慢性絞扼性神経障害が発生することを報告した。このモデルは O'Brien<sup>17)</sup>、安藤ら<sup>11)</sup> によって検証され、再現性があり、実際の臨床例の慢性絞扼性神経障害に近い比較的安定した実験モデルとして、神経剥離術の実験に供されている。

Mackinnon 自身は、この実験モデルに対して

チューブ装着 8 カ月目に神経剥離術を施行し、その 6 カ月後に組織学的、形態学的および電気生理学的方法によりその効果を検討した。その結果、いずれの評価方法でもチューブ除去群は非除去群より有意に改善が認められ、さらに internal neurolysis 群はチューブ除去群よりも有意に改善が認められたと報告している<sup>14)</sup>。

一方、朱ら<sup>22)</sup> も Mackinnon らの方法に準じて実験モデルを作製し、同様に internal neurolysis の効果を検討した。その結果、external neurolysis 群では神経組織学的および電気生理学的評価にて回復傾向を認め、血液—神経関門の機能改善もみられたが、internal neurolysis 群ではいずれの評価でも回復傾向を認めず、神経組織所見は経時的に増悪したと報告しており、Mackinnon らとはまったく逆に「internal neurolysis は神経組織に対してきわめて傷害的である」と結論づけている。

同一実験モデルを用い、神経剥離術施行時期も同一であるにもかかわらず、相反した結果が導かれた原因の一つとして、いずれの実験においても術前の個々の神経損傷度が評価されずに術後の評価のみで神経剥離術の効果が判定されていることがあげられる。すなわち、神経損傷度の個体差や改善度を考慮せずに評価していることになる。

一般に慢性絞扼性神経障害に対する神経剥離術の効果を論ずる場合には、個々の実験モデルの個体差を考慮し、同一の評価方法による術前後の prospective な神経損傷度の推移を観察した上で効果の判定をすることが重要であると考える。したがって、そのためには経時に侵襲の少い測定方法で神経損傷度を評価する必要がある。

本研究の目的は、第一に Mackinnon らの実験モデルを用いて神経損傷度の推移を経時的に再評価すること

と、第二にその結果をふまえ、神経剥離術の意義について検討すること、さらに第三として、本実験モデルにおける神経運動機能評価と電気生理学的および組織学的所見の関係について検討することである。

### 実験1：Mackinnon の実験モデルの再評価

#### 1. 実験材料およびモデル作製方法

体重300~350 gのSprague-Dawley系成熟雄ラット48匹を用い、以下の処置を行った。

ペントバルビタール40 mg/kg腹腔内注入にて麻酔後、右側大殿筋を筋線維に沿って縦割し、約2 cmにわたって坐骨神経を露出した。次にあらかじめメスで縦割しておいた長さ10 mm、内径1.3 mmのシリコンチューブを露出した神経を取り囲むように装着し、チューブが抜け落ちない程度に綱糸1本で軽く固定した。左側坐骨神経は無処置のまま、評価時の対照とした。

#### 2. 評価方法

作製された実験モデルに対し、運動機能評価を1~2ヵ月毎に施行した。さらにチューブ装着後0, 3, 9, 15ヵ月時にそれぞれ12匹ずつ、損傷坐骨神経を展開し肉眼的観察を行った後、生理学的評価および神経組織学的評価、また坐骨神経の支配筋を代表して前脛骨筋の組織化学的な評価を施行し、一連の神経・筋運動系の再評価を試みた。

##### 1) 運動機能評価

1982年にMedinaceli<sup>13)</sup>が提唱した坐骨神経機能指数sciatic functional index(以下SFI)を用いた。これはラットを歩行させて得られた後肢の足跡より4つの計測値を求め、帰納的に求められた式に代入して片側の坐骨神経の機能損傷度を反対側(健常側)の百分率として表す方法である。この評価法は、まったく侵襲なく生理的な機能を経時的に測定できる点ですぐれた評価方法である。正常値はSFI=0であり、坐骨神経切断時の機能完全損傷をSFI=-100としている。

ただし、この歩行解析法はfoot printsを計測するため測定手技の影響がでやすく、測定上の誤差が不可避である。今回の実験における測定では、正常のラットはすべてSFI>-10となつたため、本実験における正常域をSFI>-10とした。

##### 2) 神経の肉眼的観察

ペントバルビタール麻酔下に坐骨神経を露出し、シリコンチューブ装着部および周囲の瘢痕組織の形成状況、仮性神経腫形成の有無などを肉眼的に観察した後、

以下の生理学的評価を行った。

#### 3) 生理学的評価

① %運動神経伝導速度(%MCV)：坐骨神経絞扼部の近位および遠位に双極刺激電極を置き矩形波刺激を加え、前脛骨筋に刺入した双極針電極にてM波を導出、神経伝導速度測定装置(日本光電Neuropack-II)にてMCVを測定した。個体差を考慮し、健常側も同様にMCVを測定してその百分率で表した。

② %前脛骨筋湿重量：MCV測定後、前脛骨筋を採取、湿重量を測定し、健常側の百分率として表した。

#### 4) 神経組織学的評価

シリコンチューブ装着部を含む坐骨神経約2 cmを採取し、グルタールアルデヒド固定後、絞扼中央部1 mmのブロックをオスミウム酸で重固定、POLY/BED 812にて包埋した。次に厚さ0.5 μmの薄切横切片を作製し、トルイジンブルーにて染色後、光学顕微鏡下に観察した。

#### 5) 筋組織化学的評価

採取した前脛骨筋を湿重量測定した後、dry iceで冷却したisopentaneに入れて急速凍結させ、次にcryostatにて厚さ10 μmの筋腹全体の横断切片を作製した。金谷らの方法<sup>8)</sup>にしたがってATPase染色(pH 4.3)を行い、神経の慢性絞扼が筋におよぼす影響を知るために筋のtype 1, type 2線維の変化<sup>7)15)16)</sup>を観察した。

### 3. 結 果

#### 1) 運動機能評価結果(Fig. 1)

48匹中5匹のラットは、チューブ装着1週間以内にSFI値が-20以下と明確に低値を示したが、チューブ

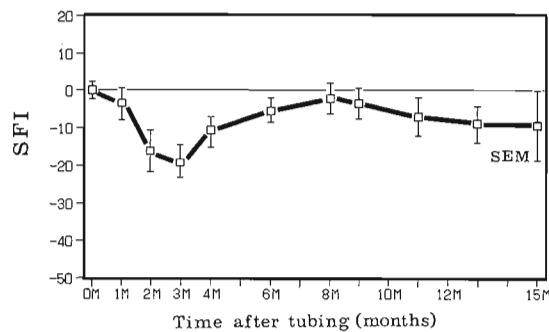


Fig. 1 Functional assessment of the tube treated rats using sciatic functional index (SFI). SFI decreased at 3 months after tubing and subsequently showed spontaneous recovery by 8 months.

装着操作による急性損傷の可能性が考えられたため、本実験から除外した。

SFIはチューブ装着後3ヵ月時に $-20 \pm 37.2$ (平均 $\pm$ STD)最も低値となり、その後はゆるやかに自然回復し、8ヵ月時には $-3 \pm 33.1$ と平均値は正常範囲内に回復していた。その後15ヵ月時までやや低下傾向を示したもののが $-9.8 \pm 27.6$ と平均値は正常範囲内にとどまっていた。ただし、損傷度および発症までの経

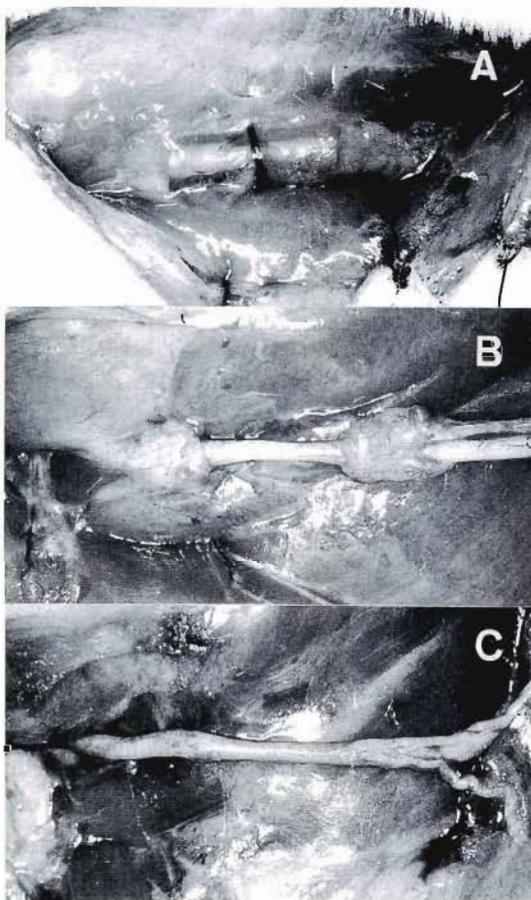


Fig. 2 Macroscopic appearances of the treated sciatic nerve at 3 months. The right sciatic nerve was wrapped with a silicon tube of 1.3 mm internal diameter. The silastic tube and the sciatic nerve were fixed in the scar tissue, and no gliding of the nerve was observed.

A : Before removal of the silastic tube.

B : After removal of the tube.

C : After removal of the tube and scar tissue around the nerve.

過にはラットの個体間にかなりのばらつきがみられ、19匹(44.1%)は全経過を通じまったくSFIの低下を認めず、逆に5匹(11.6%)は経的に増悪していた。

#### 2) 神経肉眼的観察所見 (Fig. 2)

3ヵ月時の肉眼所見では装着されたチューブの周囲にはかなりの瘢痕組織が存在し、神経はチューブと共に周囲組織に固定されていた。しかもチューブ両端の硬い瘢痕組織によりチューブ内の神経の滑走はまったく認められなかった。また、チューブの近位端には軽度の仮性神経腫の形成が認められた。これらの所見は9ヵ月時、15ヵ月時でもほぼ同様であり、著明な変化は認められなかった。

#### 3) 生理学的検査結果 (Fig. 3)

① %MCV: チューブ装着後3, 9, 15ヵ月時の値はそれぞれ $50 \pm 33\%$ ,  $81 \pm 24\%$ ,  $69 \pm 23\%$ であった。すなわち、3ヵ月以降は健常側に比べ有意に低値を示していたが、その動態はSFI値の推移に近似したパターンを示していた。

② %前脛骨筋湿重量: チューブ装着後3, 9, 15ヵ月時の値は $79 \pm 24\%$ ,  $102 \pm 16\%$ ,  $87 \pm 26\%$ であり、SFI値の推移とほぼ同様の動態を示していた。すなわち、SFIが最も低値を示した3ヵ月時に健常側と比べ有意に低下( $P < 0.01$ )していたが、その後の運動機能の回復に伴い9ヵ月時にはまったく正常に回復しており、15ヵ月時もSFI値と同様やや低下傾向を示していたが、健常側との間に有意差は認めなかった。

#### 4) 神経組織学的所見

一般に神経組織の変化は、SFI値の最も低いチューブ装着後3ヵ月時に著明であり、正常神経に比較して

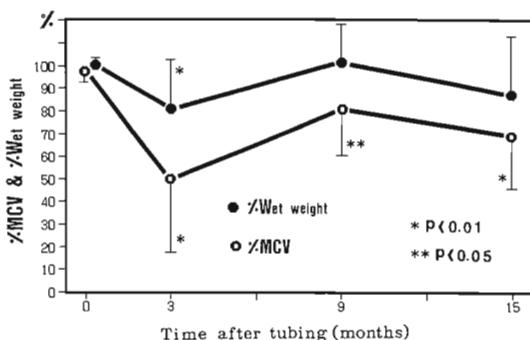


Fig. 3 Changes of percent motor nerve conduction velocity (% MCV) and percent wet weight of the anterior tibial muscle (% Wet weight).

神経上膜および周膜の肥厚、神経線維間の著明な拡大(浮腫)、大経線維の減少および髓鞘の菲薄化が認められた(Fig. 4-A, B)。

チューブ装着後9ヵ月時には全体的に神経線維が密になり、神経線維径や髓鞘菲薄化の軽度の改善傾向とともに神経束内血管の増殖が認められた。しかし、神経上膜および周膜の肥厚には変化がなく、大経線維数の著明な回復も認められなかった(Fig. 4-C)。チューブ装着後15ヵ月時の所見は、9ヵ月時と比べ著変はなかったが、一部の神経線維にmyelin debrisをともなったWaller変性などの髓鞘変性像が認められ、小

径線維が目だつようになっていた(Fig. 4-D)。

以上が典型的な組織所見であるが、SFIによる機能損傷度評価にかなりのばらつきがみられたのと同様に、組織学的変化自体にもかなりのvariationが認められた。すなわち、SFIによる評価で全経過を通じまったく運動機能障害を認めない個体では組織学的変化も一般に少い傾向があったが、まったく正常なものから上述の典型的な変化に比較的近い所見を示すものまで見られた。一方、チューブ装着後3ヵ月の時点でSFI値が-10以下と運動機能障害を示していた例ではほぼ全例に典型的な組織学的変化が認められた。

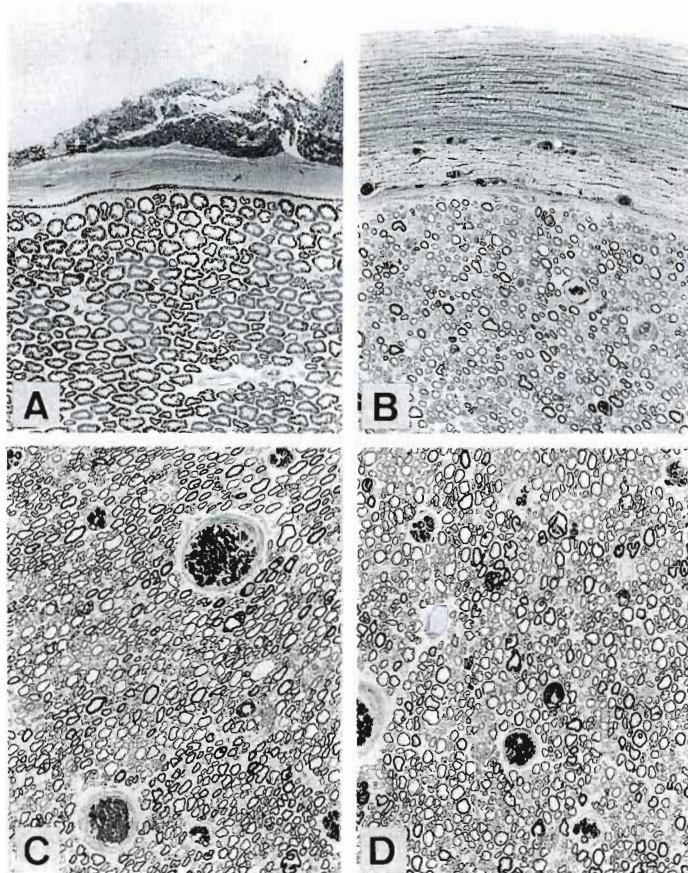


Fig. 4 Transverse sections of rat sciatic nerves (Toluidine blue stain,  $\times 100$ )。

A : Normal (untreated) nerve.

B : 3 months after tubing. The epineurium and perineurium were remarkably thickened. Furthermore, thinning of the myelin sheath, decreasing of fiber size, and intrafunicular edema were observed.

C : 9 months and D : 15 months after tubing. Slight recovery of the fiber size and thickness of the myelin sheath were observed.

## 5) 前脛骨筋組織化学的所見

正常（健常側）前脛骨筋のATPase染色（PH4.3）では、表層部はほとんどすべてが淡青色に染色されるtype 2線維で占められ、深層部ではtype 2線維の中に濃青色のtype 1線維がmosaic状に散在していた（Fig. 5-A）。

チューブ装着3ヵ月後すなわちSFI値が最も低い時期には筋湿重量の減少に伴い、中層から表層にかけ

て筋内神経線維の走行に沿ったtype 2線維のgroup atrophyが認められた。しかし、type 1線維のgroupingは認められなかった。

チューブ装着9ヵ月になるとSFI値、筋湿重量の回復とともに深層から表層にかけて明確なtype 1線維のgroupingが認められた（Fig. 5-B）。一方、機能障害がまったくなかったか、軽度であった症例では明確なgroupingは観察できなかった。しかし、同じtype 1

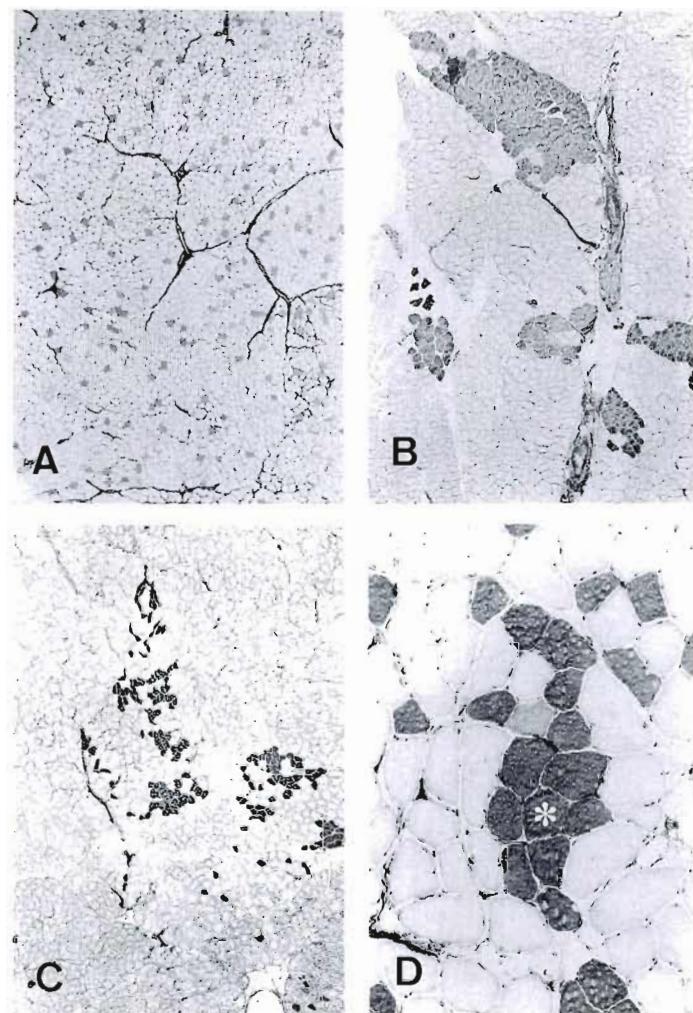


Fig. 5 Transverse sections of the anterior tibial muscle at 9 months after tubing (stained with ATPase in pH 4.3). Type 1 fibers stained dark blue and type 2 showed pale.  
 A : Deep layer of normal muscle (x 8).  
 B : 3 months after tubing (x 8). Typical grouping of type 1 fibers. C (x 8) and D (x40) : The anterior tibial muscle in the rat with mild functional deficit ( $SF[= -17]$ ) showed enclosed type 1 fibers. The asterisk indicates an enclosed type 1 fiber.

線維のみに接している type 1 線維、すなわち type 1 線維の enclosed fiber が高頻度に検出された (Fig. 5-C, D)。この enclosed fiber の出現は脱神経筋が再神経支配を受けた場合の集団化傾向として Jennekens ら<sup>27</sup>によって認識されたものであり、ラット正常前脛骨筋には type 1 線維の enclosed fiber はほとんど認められない<sup>27</sup>。

チューブ装着後 15カ月時の所見もほぼ 9カ月時と同様で、著明な差異は認めなかった。

#### 小括

本実験では、簡便でしかも経時的な測定が可能な運動機能評価法である SFI を中心に、Mackinnon らの実験モデルの再評価を試みた。その結果、

1. SFI では一般にチューブ装着後約 3カ月時に最も強い機能障害がみられ、その後 8カ月目までに自然回復した。しかし、その経過・損傷度にはかなりの個体差が認められた。

2. 生理学的所見や神経組織学的变化も一般には機能損傷度と平行した動態を示していたが、SFI が正常に回復してもそれらの所見は必ずしも正常には回復していないかった。また、継続的な機能正常例で一度も障害を認めなかつた個体は、生理学的所見や神経組織所見もほぼ正常か比較的軽度の損傷にとどまっていたが、筋組織所見では enclosed fiber の出現が高頻度に認められた。一方、運動機能回復を認めない個体ではすべての所見は例外なく増悪していた。

#### 実験 2：神経剥離術の有効性に関する機能的および組織学的検討

##### 1. 神経剥離術施行時期

実験 1 の結果にもとづき、神経剥離術施行時期を SFI 値が最も低値の時期すなわちチューブ装着後 3カ月時と組織学的損傷が進行した時期すなわちチューブ装着後 9カ月時とし、手術施行時期の違いによる神経剥離術の影響について検討した。

##### 2. 実験群作製方法

ラット 60 匹を各々 10 匹ずつの 6 群に分け、実験 1 と同様の方法で実験モデルを作製し、SFI を経時的に測定した。次に、モデル作製後 3 カ月と 9 カ月時の神経剥離術施行時にそれぞれ 3 群ずつに対し、以下の処置を行った。

###### External neurolysis 群 (EN 群)

シリコンチューブ除去のみを行う。

###### Internal neurolysis 群 (IN 群)

シリコンチューブ除去 + epineurootomy を行う。

###### Control 群 (対照群)

neurolysis を施行せず最終評価時までチューブ装着のままとする。

##### 3. 評価方法

評価はそれぞれの群において経時的に SFI の測定を続け、さらに神経剥離術後 6 カ月時に最終評価を行った。最終評価は実験 1 と同様に神経の肉眼的観察を行った後、生理学的評価および神経組織学的評価、前脛骨筋の組織化学的な評価を施行した。なお、評価の対象はチューブ装着後 3 カ月時までに SFI < -10 と機能障害を認め、明かに組織学的变化が出現していると考えられた個体のみとした。

神経組織は鏡視下観察のほか定量的な比較のため、形態学的評価として神経束中心部を任意に 200 倍で顕微鏡写真撮影し、画像解析装置と画像解析用ソフト (COSMOZONE 98) を用いて有髓神経線維の断面積、%myelin 面積、%Neuronal area を計測、t 検定による統計処理によって各群間の比較を行った。さらに、有髓神経線維断面積に関してはヒストグラムを作成した。

##### 4. 結 果

チューブ装着後 3 カ月時までに SFI < -10 となつたラットは各群 4~5 匹、計 28 匹であり、これらを評価の対象とした。

###### 1) 運動機能評価結果 (Fig. 6-A, B)

3 カ月時 EN 群、IN 群の神経剥離術施行直前における SFI 値はそれぞれ  $-69.9 \pm 19.9$ ,  $-64.1 \pm 16.9$  であり、両群とも神経剥離術 1 カ月後には  $-10.2 \pm 4.7$ ,  $-3.9 \pm 5.7$  と機能的には正常な状態に回復した。一方、対照群のチューブ装着後 3 カ月時の SFI 値は  $-64.8 \pm 18.9$  であり、その後回復は見られるものの神経剥離群に比べるとややかで、平均値が正常範囲になるのは 6 カ月後であった。

この結果に対し、Fisher の直接確率計算法を用いて対照群と神経剥離群との間で神経剥離術 1 カ月後における SFI 値正常個体数の出現傾向に差が認められるかどうかを検定した。その結果、対照群では 1 カ月後には 1 匹も SFI 値が正常域に回復しなかつたのに対し、EN 群で 75%, IN 群では 100% と有意 ( $P < 0.05$ ) に SFI 値正常個体の出現頻度が高値であった。しかし、EN 群、IN 群間には有意差は認めなかつた。

9 カ月時の神経剥離群の剥離術施行直前の SFI 値

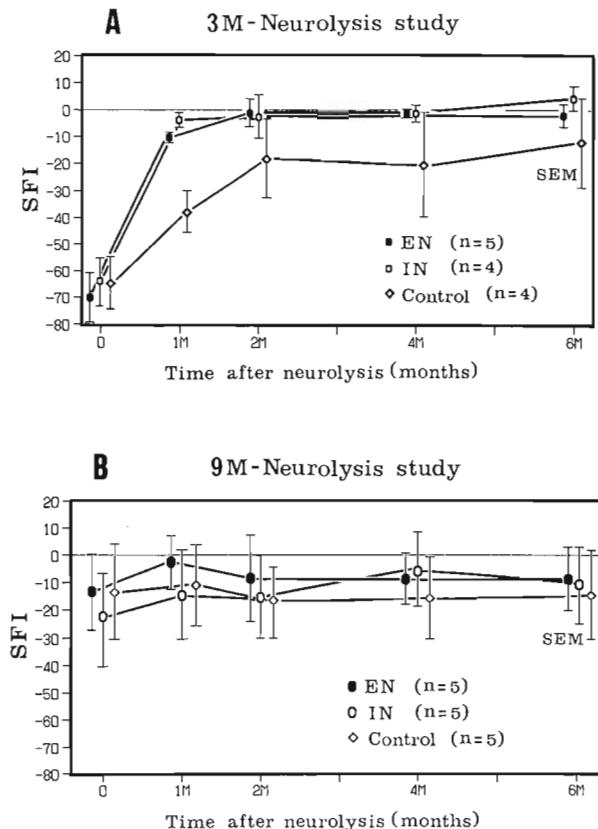


Fig. 6 Functional assessment with sciatic functional index (SFI) in three experimental groups.

(EN : External neurolysis, IN : internal neurolysis)

A : Changes of the SFI in the groups of neurolysis to 3 months compressed nerve.

B : Changes of the SFI in the groups of neurolysis to 9 months compressed nerve.

は、EN群-13.2, IN群-23.0, 対照群-12.9であった。神経剥離術は3群とも著明な変化はなくほぼ術前の機能を維持しており、各群間に有意差は認めなかった。

## 2) 神経の肉眼的観察所見

3ヵ月時および9ヵ月時神経剥離群のいずれのEN群、IN群においても神経絞扼部にわずかな pliable scar を認めるものの対照群との間に外見上の著明な変化はなかった。仮性神経腫に関してはわずかな腫脹のため、その消退などの変化は明確には捕えられなかった。

## 3) 生理学的評価結果

① %MCV (Fig. 7-A, B) : 3ヵ月時の神経剥離群は、EN群75%, IN群66%であり、対照群の57%に対して統計学的な有意差は得られなかったものの両群

とも回復傾向がみられた。しかし、9ヵ月時の神経剥離群ではEN群58%, IN群63%と、対照群の61%に比べ明らかな回復傾向は認められなかった。

②%前脛骨筋湿重量 (Fig. 8-A, B) : 3ヵ月時の神経剥離群はEN群102%, IN群93%, 対照群98%と3群ともほぼ正常に回復していた。一方、9ヵ月時の神経剥離群はEN群81%, IN群78%, 対照群72%と3群ともやや低下傾向があるものの3群間に有意差は認めなかった。

## 4) 神経組織学的所見

3ヵ月時の神経剥離群は、EN群、IN群とも浮腫の改善傾向は対照群と比べ著明な差はなく、さらにEN群では神経線維径および菲薄化したミエリンの回復傾向も対照群と明らかな差は認めなかった。一方、IN群は対照群に比べ神経線維の形態的な変化自体に著明な

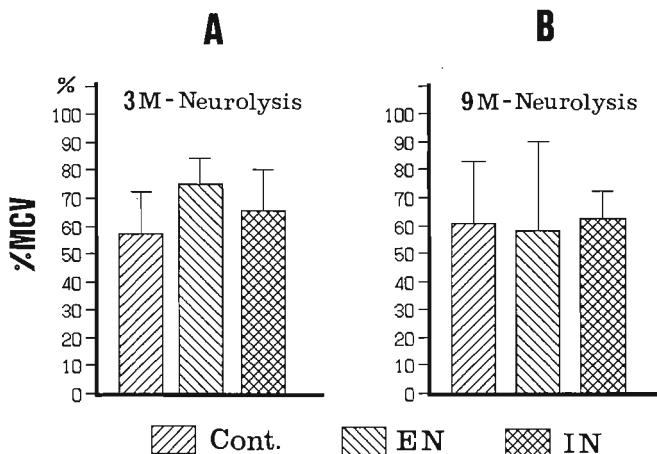


Fig. 7 Percentages of motor nerve conduction velocity (% MCV) at 6 months after neurolysis.

(Cont.: control, EN: external neurolysis, IN: internal neurolysis)

A : Neurolysis to 3 months compressed nerve.

B : Neurolysis to 9 months compressed nerve.

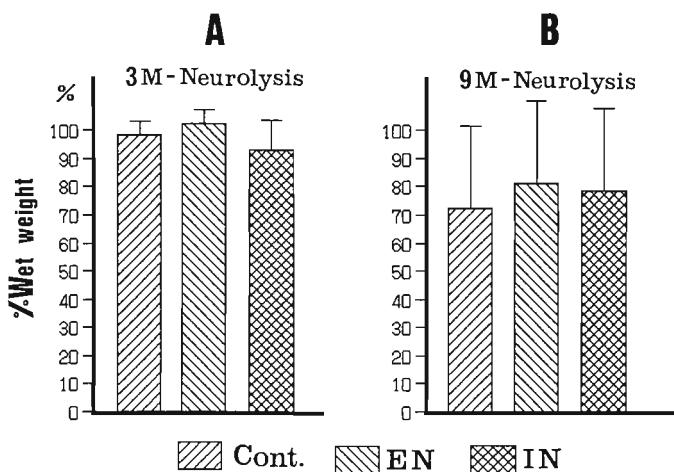


Fig. 8 Percentages of wet weight of the anterior tibial muscle at 6 months after neurolysis.

(Cont.: control, EN: external neurolysis, IN: internal neurolysis)

A : Neurolysis to 3 months compressed nerve.

B : Neurolysis to 9 months compressed nerve.

改善を認めた (Fig. 9).

9ヵ月時の神経剥離群では、EN群およびIN群とも対照群と比べ著明な変化は認めなかった (Fig. 10).

##### 5) 神経形態学的評価結果 (Fig. 11)

神経線維平均横断面積および%myelin面積は、3ヵ月時IN群において対照群およびEN群に比べ有意な改善が認められた ( $P < 0.01$ )。一方、3ヵ月時のEN

群、9ヵ月時のEN群およびIN群では対照群との間に有意差は認められなかった。

%Neuronal area (%N. area) は、神経束内の一定面積における個々の神経線維面積の総和の比を百分率で表したものであるが、3ヵ月時および9ヵ月時の神経剥離群ともそれぞれの対照群との間には有意差は認められなかった。

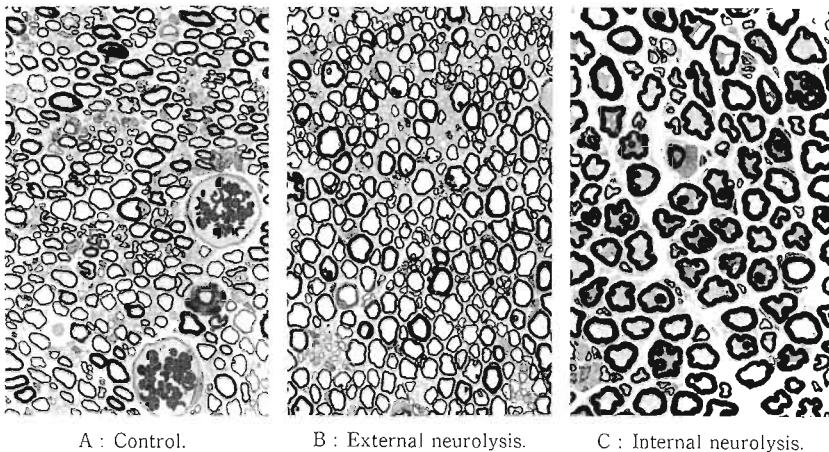


Fig. 9 Transverse sections of the sciatic nerve (Toluidine blue stain,  $\times 200$ ) in neurolysis to 3 months compressed nerve.

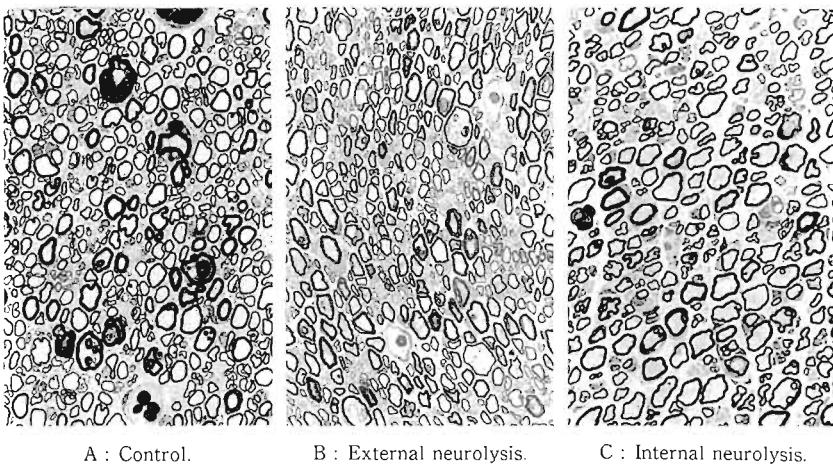


Fig. 10 Transverse sections of the sciatic nerve (Toluidine blue stain,  $\times 200$ ) in neurolysis to 9 months compressed nerve.

有髓神経断面積ヒストグラム (Fig. 12) では、3カ月時 IN 群のみ大径線維数の著明な回復を認め、正常神経のパターンにかなり近づいていた。しかし、3カ月時の EN 群、9カ月時の EN, IN 群では対照群と同様  $60 \mu\text{m}^2$  以上の大径線維の減少と  $20 \mu\text{m}^2$  以下の小径線維の増加が顕著であり、正常神経と比較してヒストグラムのパターンに著明な改善傾向は認められなかった。

#### 6) 前脛骨筋組織化学的所見

3カ月時および9カ月時の神経剥離群における

grouping の程度や enclosed fiber の出現頻度は、対照群と同様に 3 カ月時の機能障害度とその回復状況によるところが大きく、症例によるバラツキがありその傾向については断定的なことはいえなかった。しかし、少くとも神経剥離操作により筋の質的な変化、すなわち、筋線維の脱神経とそれに続く original の支配神経線維とは異なる神経線維による再神経支配という過程は完全には回避できないことがわかった。

#### 小括

1. SFI による運動機能評価で、機能的損傷が最も

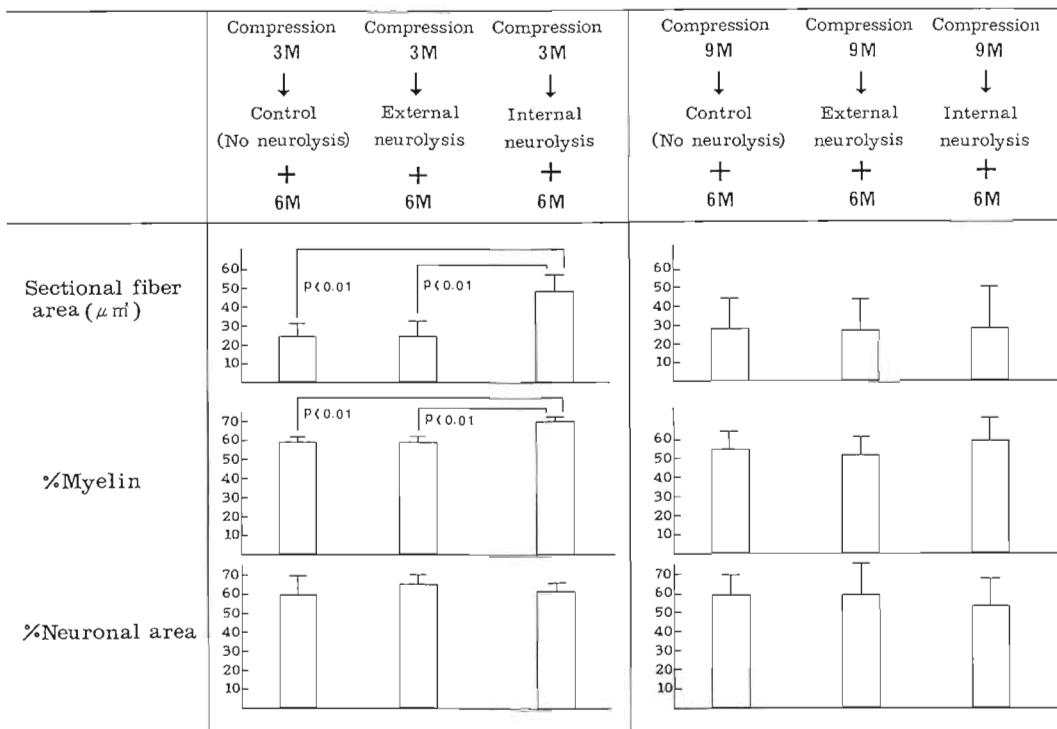


Fig. 11 Morphometric evaluation of the sciatic nerve in three experimental groups.

強いチューブ装着後3ヵ月時に神経剥離術を施行したEN, IN群はともに機能回復の促進傾向を認めた。しかし、EN, IN群間には有意差を認めなかった。一方、チューブ装着後9ヵ月時の神経剥離群のSFI値は、神経剥離術施行後に著明な変化は認められなかった。

2. 神経組織・形態学的評価で3ヵ月時IN群は、EN群および対照群に比べ統計学的に有意な改善を認めた。しかし、EN群は対照群と有意差を認めなかった。

一方、9ヵ月時の神経剥離群では、EN群、IN群とともに対照群に比べ有意な改善を認めなかった。

### 実験3：神経運動機能評価と電気生理学的および組織学的所見の関連について

#### 1. 対象および方法

実験2において評価の対象となった28匹に加え、チューブ装着後3ヵ月時にSFI>-10と正常範囲内のため実験2の評価対象外となったラットを各群より2匹、計12匹を無作為に選択、追加した合計40匹を対象とした。

これらのラットから得られた最終評価時SFIと%

MCV、有髓神経線維平均横断面積および%N. areaの関係について散布図を作成し、神経運動機能と電気生理学的所見および組織学的パラメータの関連および統計学的傾向について検討した。

#### 2. 結 果

##### 1) SFIと%MCV、組織学的所見の関連および統計学的傾向について

SFIと%MCV、%N. areaおよび神経線維平均横断面積それぞれの関係をFig. 13に示す。いずれの散布図でもSFI>-10(正常機能)群とSFI<-10(機能障害)群では異なる2極性の分布をしており、明かに分布の連続性を断つ何らかの因子(境界値)が関与していると考えられた。このような連続性のない分布の場合、2変量X, Yの相互関係を相関係数で表すのは適当でない。したがって、神経運動機能障害の境界値(SFI=-10)と他のパラメータの推定される境界値を分類尺度として2×2分割表を作成、その度数分布の偏りをFisherの直接確率法によって検定し、行・列の2要因間の相互関係の強さを $\chi^2$ 係数による連関度で表した。さらに、それぞれの推定された境界値とSFI値

### 3M-Neurolysis study

### 9M-Neurolysis study

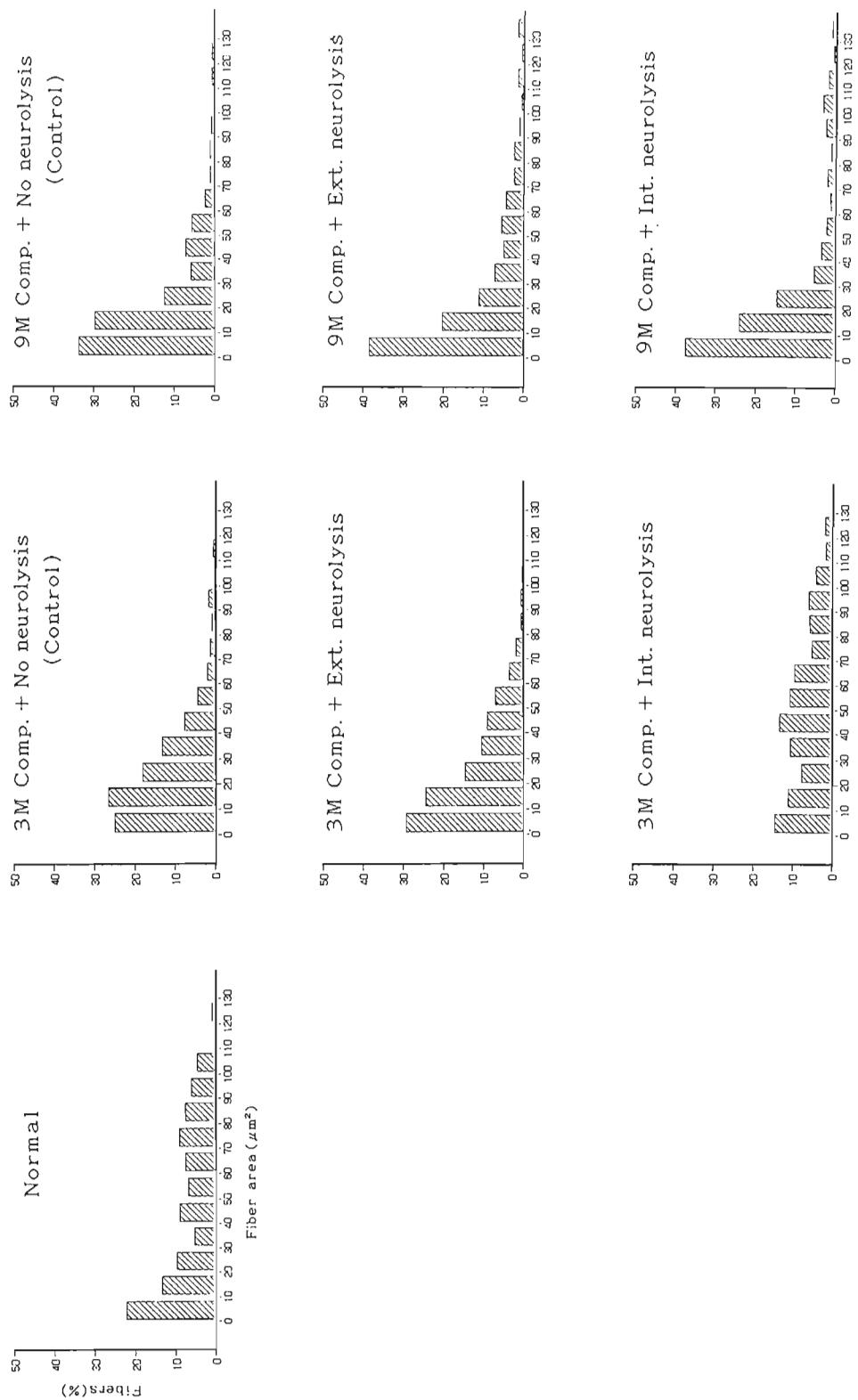


Fig. 12 Histogram patterns of the myelinated nerve fibers in three experimental groups.

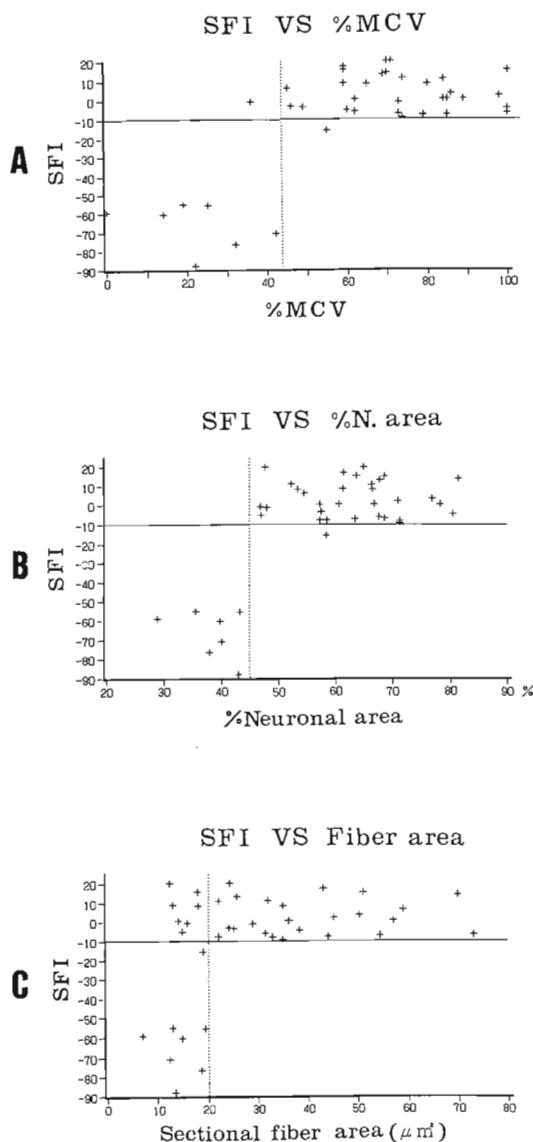


Fig. 13 Scattergrams between SFI and three nerve parameters.  
A : SFI versus percent motor nerve conduction velocity (% MCV).  
B : SFI versus % neuronal area (% Neuronal area).  
C : SFI versus sectional fiber area (Sectional fiber area).

の関係を明確にするため、境界値によって分けられた2群それぞれの母集団のSFIの平均値を99%の信頼度で推定した（Table 1）。

それぞれの境界値は、散布図より%MCV=44%，%N. area=45%，神経線維断面積=20  $\mu\text{m}^2$ と推定した。

その結果、推定したすべての境界値によって有意にSFI値の分布に差が生じた（ $P<0.001$ ）。また、SFI対%MCVおよびSFI対%N. areaの $\rho$ 値はそれぞれ0.84と0.92でかなり高い連関度を示したが、SFI対神経線維断面積の $\rho$ 値は0.62と比較的の低値であった。さらに、SFIの母集団平均値の推定の結果、SFI対%MCVおよびSFI対%N. areaではそれぞれの境界値で分けられた標本のSFIの母集団平均値は、99%の信頼度で正常域と障害域に推定できることが分かった。しかし、SFI対神経線維断面積ではfiber areaが20  $\mu\text{m}^2$ 以上の場合、99%の信頼度でSFIは正常域内に推定できたが、fiber areaが20  $\mu\text{m}^2$ 以下ではSFIは $-58.3 < \text{SFI} < 0.3$ と、正常域から障害域にまでおよんでいた。

2) %MCVと組織学的所見の関連および統計学的傾向について

%MCV対%N. areaの散布図をみると、連続した直線的な関係が認められ、相関係数が約0.8とかなり高い相関を示していた。この回帰直線を用いると、推定した%N. areaの境界値=45%に対応する%MCVは43%と求められ、SFI対%MCVの散布図で推定した値44%とほぼ一致した（Fig. 14）。

#### 小括

以上の結果より、今回用いたMackinnonの実験モデルにみられる慢性的絞扼性神経障害では、

1. %MCV=44%，%N. area=45%をそれぞれ境界値として、SFI正常群と異常群に有意に分けることができた。

2. 神経線維の平均横断面積が20  $\mu\text{m}^2$ 以上ではSFIは有意に正常域内に推定できたが20  $\mu\text{m}^2$ 以下の場合は、SFIは必ずしも異常域にあるとは特定できなかった。

3. %MCV対%N. areaは、相関係数が約0.8とかなり高い相関が認められた。また、その回帰直線に推定した%N. areaの境界値を代入して求めた%MCV(43%)は、散布図より推定した%MCVの境界値(44%)とほぼ一致した。

Table 1 Statistical examinations between sciatic functional index (SFI) and percent motor nerve conduction velocity (% MCV), percent neuronal area (% Neuronal area), and sectional fiber area.

|                                 | Motor function |              | Fisher's exact probability test | $\phi$ coefficient | Interval estimation of SFI (confidence coefficient = 99%) |
|---------------------------------|----------------|--------------|---------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------|
|                                 | SFI < -10      | SFI > -10    |                                 |                    |                                                           |
| % MCV                           |                |              |                                 |                    |                                                           |
| <44% (n=8)                      | 88% (7/8)      | 13% (1/8)    |                                 |                    | -88.8 < SFI < -27.8                                       |
| >44% (n=32)                     | 3% (1/32)      | 97% (31/32)  | P<0.001                         | $\phi=0.84$        | -1.9 < SFI < 7.5                                          |
| % Neuronal area                 |                |              |                                 |                    |                                                           |
| <45% (n=7)                      | 100% (7/7)     | 0% (0/7)     |                                 |                    | -83.2 < SFI < -50.4                                       |
| >45% (n=33)                     | 3% (1/33)      | 97% (32/33)  | P<0.001                         | $\phi=0.92$        | -1.9 < SFI < 7.2                                          |
| Sectional fiber area            |                |              |                                 |                    |                                                           |
| <20 $\mu$ m <sup>2</sup> (n=15) | 53% (8/15)     | 47% (7/15)   |                                 |                    | -58.3 < SFI < 0.3                                         |
| >20 $\mu$ m <sup>2</sup> (n=25) | 0% (0/25)      | 100% (25/25) | P<0.001                         | $\phi=0.62$        | -2.7 < SFI < 7.4                                          |

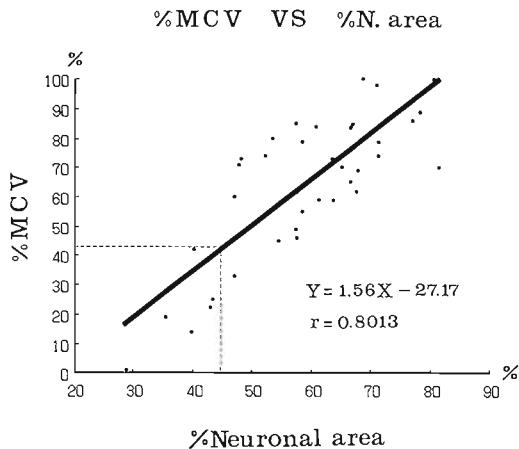


Fig. 14 Scattergram between % MCV and % neuronal area.

### 考 察

#### 1. Mackinnon の実験モデルについて

安藤らは Mackinnon の実験モデルを詳細に観察し、発症機構に関して次の様に考察している<sup>11</sup>。すなわち、チューブ内での神経幹のわずかな滑走による軽微な摩擦が機械的刺激となって神経上膜の肥厚が生じ、その部位で静脈還流が障害される。その結果、神経束内のうっ血が生じて神經一血管門が破綻し、神経内浮腫が生じる。継続的に増悪する神経内浮腫は神経束内圧を上昇せしめ、最終的に神経線維の変性をきたすとしている。

以上のような考察に反し、今回の私たちの観察ではチューブ装着後 3 ヵ月時以降の肉眼所見で神経の滑走

はチューブおよび神経周囲の瘢痕組織によって妨げられており、神経幹にはそれ以上の機械的刺激が加わることは考えられなかった。したがって、その刺激に対する炎症反応は鎮静化し、神経障害は進行せず、むしろ治癒機転による神経束内血管の代償性増殖が認められた。その結果、静脈還流が増大し、神経束内浮腫の改善とともに神経障害は形態的、機能的に改善したと考えられる。

この様に Mackinnon らの実験モデルは、Mackinnon<sup>11</sup>自身や安藤ら<sup>11</sup>が示したような典型的な慢性の発症経過を示さなかった。しかも、その発症過程および損傷度にはかなりの個体差が存在した。

絞扼性神経障害の実験モデルに認められる神経損傷度および障害発症時期の個体差については、田崎<sup>23</sup>、堀内ら<sup>6</sup>の報告でも指摘されており、肘部管症候群などの慢性絞扼性神経障害の臨床例の自然経過の多様性をみてもまったく矛盾しない。おそらく原因となる物理的刺激が比較的微弱で経過が長いため、それに反応する個体側の神経周囲環境の微妙な違いが大きく影響し、また、同一個体内でも経過中に傷害刺激と生体側の条件が絶えず変化していることから、その神経幹内には異なったレベルの障害および再生神経線維が混在しているためであると考えられる。

#### 2. 慢性絞扼性神経障害モデルに対する神経剥離術の意義とその評価方法について

種々のレベルの病態が混在している慢性絞扼性神経障害モデルにおいては、その病態を少い侵襲で正確に評価することは非常に困難である。それゆえに、神経剥離術前後に同一の評価方法で障害度を評価し、その改善度で効果の判定をするという条件を満たした実験

的研究は非常に少く、亜急性損傷に対する田崎<sup>25)</sup>(1983)、貞廣ら<sup>20)21)</sup>(1983, 1984)の報告をみるのみである。

彼らは、神経剥離術施行前後に損傷神経を電気的に直接刺激することによって MCV や M 波の振幅を測定し、病態を評価した。このような電気生理学的方法は神経の電気的な情報伝導機能そのものを反映する反面、検査に際しては麻酔およびある程度の外科的侵襲が必須であり、経時的な測定を行うには問題が多い。

一方、今回の実験で用いた SFI<sup>3)</sup>は厳密には坐骨神経自体の機能を直接評価するものではなく、筋および関節機能をも含めた坐骨神経系の運動器系全体としての総合的な機能を評価するものである。したがって、神経機能自体に関する評価に SFI の絶対値のみを用いるのは問題がある。このことは今回の実験において SFI 値と %MCV の推移がほぼ平行した動態を示していたにもかかわらず、その損傷度間には gap がみられ、SFI 値が正常に回復していたチューブ装着後 9 カ月の時点でも %MCV は有意に障害されていたことなどからも納得できる。

しかし、坐骨神経の損傷による筋および関節機能が非可逆的障害に陥らず、神経機能の変化に応じて十分可逆的に対応し、運動器官全体の機能を妨げるものでなければ、経時的な SFI の変化は神経機能障害度の推移を反映しており、SFI の推移を比較することによって神経剥離術の効果の判定が可能であると考えられる。このように一定の条件を満たす限り、SFI はまったく無侵襲で簡便に測定できる運動機能評価方法としてメリットは非常に大きいと思われる。

今回用いた Mackinnon の実験モデルにおける神経剥離術の有効性に関しては、線維性に肥厚した神経外膜の処置と剥離術施行時期が key points となった。すなわち、神経外膜の処置の問題に関しては、チューブのみを除去する external neurolysis では肥厚した神経外膜は不変であり、その周径によって決定される神経周膜内面積も変わらないため、神経束は解放されず、神経線維に対する十分な除圧は得られないと考えられた。それに対し、epineurotomy は肥厚した神経外膜を切離するため神経周膜内面積が拡大し、神経束に対してより有効な除圧が得られると思われた。

一方、時期的な問題に関しては、チューブ装着 3 カ月後までは神経線維の変性はある程度可逆的であると思われ、epineurotomy により神経線維の形態学的な改善が得られたが、チューブ装着 9 カ月後になると神

経線維の変性は進行し非可逆的になると思われ、いずれの神経剥離術も無効であった。

ただし、今回の実験では 9 カ月時の神経剥離術施行時の SFI はほぼ正常であったことから、運動機能の改善度に関する評価は行えず、進行期における internal neurolysis の功罪に関しては一般的なことはいえない。しかし、internal neurolysis が神経線維損傷をきたす可能性に関しては、神経剥離時に神経周膜まで操作がおよんだと思われた一部の例に神経線維の変性が高度に見られた以外は、ほとんど対照群と比べ神経線維変性の進行はなかったことから、手術操作さえ慎重に愛護的に行えば、internal neurolysis でも epineurotomy にとどめる限り神経線維への傷害は生じないと考えられた。

### 3. 神経機能評価と電気生理学的所見および組織所見の関係について

正常神経における神経線維の機能と形態の関係に関して Sunderland<sup>23)</sup>は、同じ機能を営んでいる神経線維の直径の大きさにはかなりの範囲の variation があり、しかも同一神経線維でもその走行途中でたえずその構造を変化させていると述べている。また、実験的に傷害された神経線維においても傷害の範囲が比較的短ければ末梢において正常な活動を営むことができると報告している。

さらに臨床例についても Mackinnon らが、橈骨神経知覚枝の慢性絞扼性神経障害 4 例の臨床症状と組織所見の関係を検討しており、4 例とも同様の症状を訴えているにもかかわらず、その組織像はほとんど正常なものからかなり傷害されたものまでみられたと報告している<sup>13)</sup>。

今回の実験においても神経線維横断面積からは、必ずしも運動機能(SFI)は推定できなかった。すなわち、神経線維自体の変性程度と実際の運動機能は必ずしも平行した関係ではなく、神経線維自体の傷害による運動機能障害に対して何らかの代償機構が存在することが示唆された。一方、運動機能の回復に平行して前脛骨筋では湿重量の回復と type 1 線維の grouping が認められたが、この所見は collateral sprouting によって脱神経筋が再神経支配を受けた結果であり、傷害を免れた神経線維による代償作用の根拠であると考えられる。

以上のことから個々の神経線維の末梢での正常な固有活動を遂行するために要する形態および機能は、それ自体にもある程度許容範囲があり、さらに神経幹全

体としての終末機能に対してもそれを構成するすべての神経線維が正常である必要ではなく、残存した神経線維によってかなり代償され得ると考えられた。

このような神経の傷害に対する代償作用は、とくに種々のレベルの損傷線維が混在する慢性絞扼性障害の場合、原因となる物理的刺激が比較的弱く作用時間も長いためその効果が発現しやすく、許容範囲は比較的大きいと思われる。しかし、損傷度があるレベル（閾値）を超えると代償不能となり最終的に機能障害を呈するに至ると推測できる。

この推論の検証として今回の実験モデルでは、正常SFIの維持に要する%MCVおよび%N. areaの境界値すなわち閾値の存在とその値を推定し、さらに、%N. areaと%MCVの間の高い相関関係を提示することができた。

これらの結果は、今回の実験の病態モデルにおける運動機能障害の有無から電気生理学的所見や神経組織像を推測することや電気生理学的所見から神経組織像を推測することができる程度可能であること示している。

しかし、この推論を多様な病態を示す他の実験モデルや臨床の慢性絞扼性神経障害に対して単純に適用するには問題がある。一方、武内ら<sup>24)</sup>の実験から、装着するチューブの内径を変更することによって機能障害発症までの期間および損傷度が異なった病態モデルを作製できることができることがわかっている。したがって、それらの病態モデルを用いれば神経機能とその組織像や電気生理学的所見との関係をさらに詳細に検討できるものと考えられ、今後の課題としたい。

### ま　と　め

SFIによる運動機能評価を中心に Mackinnon のラット坐骨神経慢性絞扼性神経障害モデルを再評価し、さらに神経剝離術の効果について検討した。

1) SFI 値はチューブ装着後 3 カ月で最も低値を示したが、その後自然回復により約 8 カ月目にはほとんどのラットで正常値に回復していた。また、その動態にはかなりの個体差が認められた。

2) 神経組織像もほぼ SFI 値と平行した動態を示したが、SFI 値が正常に回復しても組織像は必ずしも正常とはなっていなかった。

3) チューブ装着後 3 カ月時の internal neurolysis (epineurotomy) 群では SFI 値も組織像も対照群に比べ明かな回復傾向を認めたが、external neurolysis

(チューブ除去) 群や 9 カ月時神経剥離 (IN, EN) 群では有意な回復傾向は認めなかつた。

4) 慢性絞扼性神経障害において、運動機能障害の有無により神経組織像や電気生理学的所見をある程度推測できる可能性があることを示した。

### 謝　　辞

稿を終えるにあたり、ご指導ご校閲の労を賜った恩師茨城邦夫教授、ならびに本研究にご協力頂いた教室員一同に深謝いたします。

### 参考文献

- 1) 安藤義博：慢性絞扼性神経障害の実験モデル。日整会誌, 64 : 633-647, 1990.
- 2) Curtis, R. M., et al.: Internal neurolysis as an adjunct to the treatment of the carpal tunnel syndrome. J. Bone Joint Surg., 55-A : 733-740, 1973.
- 3) De Medinaceli, L., et al.: An index of the functional condition of rat sciatic nerve based on measurements made from walking tracks. Exp. Neurol., 77 : 634-643, 1982.
- 4) Gelberman, R. H., et al.: Result of treatment of severe carpal tunnel syndrome without internal neurolysis of the median nerve. J. Bone Joint Surg., 69-A : 896-903, 1987.
- 5) Gentili, F., et al.: Morphological and physiological alterations following internal neurolysis of normal rat sciatic nerve. Posttraumatic Peripheral Nerve Regeneration. Golio, A., Millesi, H. and Mingrino, S., eds., Raven Press, New York, 183-196, 1981.
- 6) 堀内行雄：末梢神経障害に関する実験的研究—圧迫神経障害について—日整会誌, 57 : 789-803, 1983.
- 7) Jennekens, F. G. I., et al.: Data on the distribution of fibre types in five human limb muscles—An autopsy study—. J. Neurol. Sci., 14 : 245-257, 1971.
- 8) 金谷文則：メタクロマジーを用いた筋線維のATPase染色法の検討。日整会誌, 61(3) : S 80, 1987.
- 9) Lowry, W. E., et al.: Interfascicular neurolysis in the severe carpal tunnel syndrome. Clin. Orthop. and Related Reserch, 227 : 251-254, 1988.
- 10) Lundborg, G.: Intraneural microcirculation. Orthop. Clin. of North Am., 19 : 1-12, 1988.
- 11) Mackinnon, S. E., et al.: Chronic nerve compression—an experimental model in the rat. Ann. Plast. Surg., 13 : 112-120, 1984.
- 12) Mackinnon, S. E., et al.: A primate model for chronic nerve compression., J. Reconst. Microsurg., 1 : 185-194, 1985.
- 13) Mackinnon, S. E., et al.: Chronic human nerve compression—a histological assessment. Neur-

- opathol. Appl. Neurobiol., 12: 547-565, 1986.
- 14) Mackinnon, S. E., et al.: An assessment of the effects of internal neurolysis on a chronically compressed rat sciatic nerve. Plast. Reconstr. Surg., 81: 251-256, 1988.
- 15) 水谷一裕 他:末梢神経障害における骨格筋の組織化学的所見(第1報). 整形外科, 32: 1422-1424, 1981.
- 16) 水谷一裕 他:末梢神経障害における骨格筋の組織化学的所見(第2報). 整形外科, 33: 1517-1519, 1982.
- 17) O'Bbrien, J. P., et al.: A model of chronic nerve compression in the rat. Ann. Plast. Surg., 19: 430-435, 1987.
- 18) Rhoades, C. E., et al.: Results of internal neurolysis of the median nerve for severe carpal tunnel syndrome. J. Bone Joint Surg., 67-A: 253-256, 1985.
- 19) Rydevik, B., et al.: Intraneuronal tissue reactions induced by internal neurolysis. Scand. J. Plast. Reconstr. Surg., 10: 3-8, 1976.
- 20) 貞広哲郎 他: Entrapment neuropathy の実験的研究—Internal neurolysisとexternal neurolysisの比較—. 整形外科, 34: 1534-1536, 1983.
- 21) 貞広哲郎 他: Entrapment neuropathy の実験的研究(第2報)—神経剥離術後の病理組織学的検討—. 日手会誌, 1: 590-593, 1984.
- 22) 朱 尚孝 他:慢性絞扼性神経障害の実験モデルに対する神経剥離術. 日整会誌, 62(7): S 783, 1988.
- 23) Sunderland, S.: Nerves and Nerve Injuries. 2nd ed., Churchill Livingstone, Edinburgh and London, 15-19, 1978.
- 24) 武内正典 他:末梢神経急性圧迫損傷に対する薬物療法の有効性に関する実験的研究. 日手会誌, 7: 20-24, 1990.
- 25) 田崎憲一:末梢神経障害に関する実験的研究—亜急性圧迫神経障害と神経剥離術について—. 日整会誌, 57: 1821-1833, 1983.
- 26) Thomas, P. K., et al.: Nerve fibre size in the carpal tunnel syndrome. J. Neurol. Neurosurg. Psychiatr., 26: 520-527, 1963.
- 27) 千葉 武:ラットにおける脱神経および再神経支配筋についての組織学的研究. 日整会誌, 55: 303-316, 1981.

第33回学会発表論文

完全手部切断再接着例の検討

川崎医科大学整形外科学教室

渡辺博義・山野慶樹  
安藤則行・佐々木義浩  
林健太郎

Replantation of Completely Amputated Hands

Hiroyoshi Watanabe, et al.

Department of Orthopedic Surgery, Kawasaki Medical School

The purpose of this study was to discover the factors which may influence the success rate and functional recovery rate of replanting completely amputated hands.

We performed replantations at the request of the patients. Of a total of 22 cases, we have 23 completely amputated hands in the period from 1974 to 1988; one case involving the amputation of both hands (Table 1). We had 19 successful replantations of amputated hands in 18 cases among 22 replantations of 21 cases. We had a 19/22 success rate with three less than desirable cases, due to infection in 2 cases and a severe crush type in 1 case (Table 1). We have convinced ourselves that the most effective method in preventing infection is to cleanse the wound thoroughly with saline water and to scrub with gauze contained 0.02% Chlorhexidine Digluconate before replantation.

We selected 15 cases of single amputated hands for a follow-up study more than one year after replantation. The detail of the 15 amputated hands in 14 cases is shown in Table 2. of these, five cases are shown (Figs. 1-5). The functional recovery rate was assessed by Chen's and Yonemitsu's evaluation. According to Chen's evaluation, all cases except one were grade 3.

According to the damage injury type (clean, blunt, crush, and avulsion), only one clean cut amputated case was rated excellent in Chen's and Yonemitsu's evaluation. However, 2 cases of crush type and 2 cases of blunt type proved to have less than fair results in Yonemitsu's evaluation (Table 2).

According to the amputated level proximal or distal to the palmar arterial arch, the functional recovery rate in cases amputated distal to palmar arterial arch (i.e. distal metacarpal bone) tended to be worse than that of proximal (i.e. proximal metatarsal bone and the tarsal bone) due to the complicated arterial anatomical structure and inevitable cutting of intraosseous muscles.

We discovered that severe-damage injury, high infection and the amputated level may influence the success rate. We supposed that amputations proximal to the deep palmar arterial arch would be easier to reconstruct and also have a better functional recovery rate.

---

**Key words:** replantation, completely amputated hand, success rate, functional recovery rate, palmar arterial arch

**Address for reprints:** Hiroyoshi Watanabe, M. D., Department of Orthopedic Surgery, Kawasaki Medical School, 577 Matsushima, Kurashiki, Okayama 701-01, Japan.

## 緒 言

## 対 象

われわれは1974年から1989年までに意欲的に切断指再接着例を行い、これまでにその結果をたびたび報告してきた<sup>5)</sup>。今回は完全手部切断について検討した。手部切断は不全切断、完全切断を問わず、再接着の絶対的適応といわれている<sup>2,3)</sup>。本論文の目的は、生着率、機能回復に影響を与える因子を知り、今後の治療に生かすことである。われわれは患者が希望すれば、症例を選ばずに再接着術を行い、手技的にはすべての組織の再建を可及的にめざし、中手骨などの骨長はできるだけ保つ方針で行ってきた。

完全手部切断22例23手のうち、21例22手に再接着術を施行し、18例19手に再接着に成功した(Table 1)<sup>1,4)</sup>。今回は成功した手部多重切断4例4手を除いた再接着後1年以上経過した完全手部切断14例15手について検討した。その内訳は、平均年令は49.5±14.0才(23才から68才まで)、20才以上40才未満が7例8手、40才以上が7例7手であった。性別は男性9例10手、女性5例5手、きき手は右13例左1例、受傷側は右6例左7例両側1例であった。受傷原因はプレス機4例5手電気のこぎり4例4手、カッター(紙用、

Table 1 Completely Amputated Hands

| Case |     |     |      | Amputated Hand |         |      | Evaluation   |              |
|------|-----|-----|------|----------------|---------|------|--------------|--------------|
| No   | Age | Sex | Side | Nos            | Level   | Type | By Yonemitsu | By Chen      |
| 1    | 23  | F   | L    | 1              | M 2-5 P | AVU  | GOOD         | 3            |
| 2    | 39  | M   | R    | 1*             | M 1-2 D | CRH  | GOOD         | 3            |
| 3    | 64  | F   | R    | 1              | PC      | CLN  | EXCELLENT    | 2            |
| 4    | 45  | M   | R    | 2*             | M 1-5 D | BLT  | GOOD         | 3            |
| 5    | 3   | M   | R    | 5*             | M 1-5 P | BLT  | ×            | Infection    |
| 6    | 58  | M   | L    | 2*             | M 1-4 D | BLT  | GOOD         | 2            |
| 7    | 35  | M   | L    | 1              | M 1-3 D | BLT  | EXCELLENT    | 3            |
| 8    | 30  | M   | R    | 1*             | M 1-4 D | CRH  | GOOD         | 3            |
| 9    | 15  | M   | R    | 2*             | M 1-5 P | BLT  | FAIR         | 4            |
| 10   | 35  | F   | R    | 1              | M 1-5 D | CRH  | FAIR         | 3            |
| 11   | 47  | F   | R    | 1*             | M 1-5 P | BLT  | FAIR         | 3            |
| 12   | 51  | M   | R    | 1              | M 1-5 P | CRH  | ×            | Severe Crush |
| 13   | 39  | F   | L    | 1              | DC      | BLT  | GOOD         | 3            |
| 14   | 63  | F   | R    | 1              | M 2-5 P | CRH  | -            | Severe Crush |
| 15   | 68  | M   | L    | 1              | PC      | BLT  | FAIR         | 3            |
| 16   | 21  | M   | R    | 1              | M 1-3 D | CRH  | GOOD         | 3            |
| 17   | 〃   | 〃   | L    | 1              | M 1-3 D | CRH  | GOOD         | 3            |
| 18   | 57  | M   | L    | 1              | M 1-5 P | BLT  | GOOD         | 3            |
| 19   | 66  | M   | L    | 1              | M 1-5 P | BLT  | GOOD         | 3            |
| 20   | 53  | M   | L    | 1*             | M 3-5 D | BLT  | GOOD         | 3            |
| 21   | 63  | M   | R    | 2              | M 1-5 P | CLN  | FAIR         | 3            |
| 22   | 60  | M   | R    | 1              | M 3-5 D | CRH  | POOR         | 3            |
| 23   | 46  | F   | R    | 1              | M 1-5 P | BLT  | ×            | Infection    |

Nos: Numbers of Amputation

\*: Including Amputated Finger or Forearm on the same side

× INFECTION: Failure due to Infection

- SEVERE CRUSH: No trial due to Severe Crush

Level of Amputated Hand

PC: Amputated Proximal Carpal Bone

DC: Amputated Distal Carpal Bone

M 1-5 P: Amputated from 1st to 5th Metacarpal Bone on Proximal to Palmar Arterial Arch

M 1-4 D: Amputated from 1st to 4th Metacarpal Bone on Distal to Palmar Arterial Arch

Type of Amputated Hand

CLN: Clean Amputated Injury

BLT: Blunt Amputated Injury

AVU: Avulsion Amputated Injury

CRH: Crush Amputated Injury

草用、鉄用) 3例3手、その他3例3手で、保険の種類は労働災害保険が11例12手、非労働災害保険3例

3手であった。受傷後経過期間は、 $51.6 \pm 3.5$ ヶ月(12~132ヶ月)である。

## 結果

失敗例および多重切断を除いた14例15手の結果をTable 2に示した。Chenの評価<sup>1)</sup>はこの表の右端に示してあるが、Grade 2から3までで、ほとんどの症例が

Table 2 Single Amputated Hands

| CASE |     |     |      | Amputated Hand |      | Evaluation By Yonemitsu Motor,<br>Sensory, Subjective : Total |           | By Chen |
|------|-----|-----|------|----------------|------|---------------------------------------------------------------|-----------|---------|
| No.  | Age | Sex | Side | Level          | Type | 5, 10, 10                                                     |           |         |
| 3    | 64  | F   | R    | PC             | CLN  | 5, 10, 10                                                     | EXCELLENT | 2       |
| 7    | 35  | M   | L    | M 1~3 D        | BLT  | 5, 10, 10                                                     | EXCELLENT | 3       |
| 13   | 39  | F   | L    | DC             | BLT  | 5, 5, 5                                                       | GOOD      | 3       |
| 18   | 57  | M   | L    | M 1~5 P        | BLT  | 5, 5, 5                                                       | GOOD      | 3       |
| 19   | 66  | M   | L    | M 1~5 P        | BLT  | 0, 5, 10                                                      | GOOD      | 3       |
| 20   | 53  | M   | L    | M 3~5 D        | BLT  | 5, 5, 5                                                       | GOOD      | 3       |
| 8    | 30  | M   | R    | M 1~4 D        | CRH  | 5, 10, 0                                                      | GOOD      | 3       |
| 16   | 21  | M   | R    | M 1~3 D        | CRH  | 5, 5, 5                                                       | GOOD      | 3       |
| 17   | 〃   | 〃   | L    | M 1~3 D        | CRH  | 5, 5, 5                                                       | GOOD      | 3       |
| 1    | 23  | F   | L    | M 2~5 P        | AVU  | 0, 5, 0                                                       | GOOD      | 3       |
| 2    | 39  | M   | R    | M 1~2 D        | CRH  | 0, 0, 5                                                       | GOOD      | 3       |
| 15   | 68  | M   | L    | PC             | BLT  | 0, 0, 0                                                       | FAIR      | 3       |
| 11   | 47  | F   | R    | M 1~5 P        | BLT  | 0, 0, 0                                                       | FAIR      | 3       |
| 10   | 35  | F   | R    | M 1~5 D        | CRH  | 5, -10, 10                                                    | FAIR      | 3       |
| 22   | 60  | M   | R    | M 3~5 D        | CRH  | 5, -10, 0                                                     | POOR      | 3       |

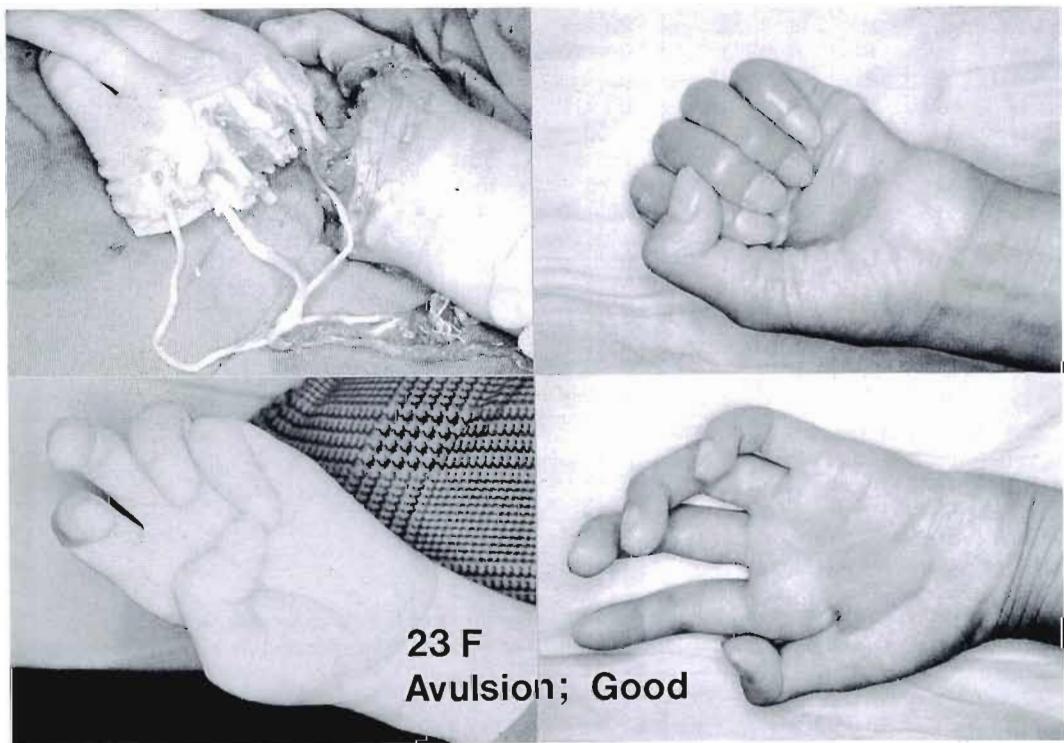


Fig. 1 Case 1 23 yrs Female Avulsion type Good

3であることがわかる。米満の評価<sup>4)</sup>も示したが、EXCELLENTは2例で、CLEAN, BLUNT TYPEが各1例あった。FAIR, POORは4例で、CRUSH TYPE 2例、BLUNT TYPE 2例であった。

### 症 例

代表的な症例を Table 1 の症例番号で示す。

症 例 1 23 才 女性 AVULSION TYPE INJURY

術後評価 GOOD (Fig. 1)

手掌切断 (近位示指・中指・環指・小指中手骨), 左母指不全切断

1978.5.12 午前10時, 仕事中, 製麺機の清掃中に左手を巻き込まれて受傷, AVULSION TYPE, 近医にて断端形成術の処置, 同日当科受診。午後4時より再接着術。骨はKワイヤー4本で固定, 各指の深指屈筋腱, 伸筋腱再建, 動脈3本, 静脈5本, 神経は可及的に修復。手背皮膚欠損に遊離植皮術。5.22 手背部血腫除去術。6.7 手背植皮壊死のため腹部有茎植皮。再接着成功。米満の評価でGOOD。

症 例 3 64 才 女性 CLEAN TYPE INJURY

術後評価 EXCELLENT (Fig. 2)

右手掌切断 (近位手根骨)

1980.2.12 仕事中, ダンボールを切るカッターで受傷, 手根骨近位列のCLEAN TYPE, 再接着術。骨は0.5 cm短縮後, Kワイヤー2本で固定, 長掌腱, 浅指屈筋腱以外の腱はすべて再建。動脈2本, 静脈8本, 神経2本, 修復。皮膚欠損部に遊離植皮。生着。米満の評価でEXCELLENT。

症 例 8 30 才 男性 CRUSH TYPE INJURY

術後評価 GOOD (Fig. 3)

右手掌切断 (遠位母指・示指・中指・環指中手骨), 右小指切断

1982.9.25 プレスにて受傷, CRUSH TYPE。同日, 再接着術。後日, 示指は壊死に陥り, 断端形成。米満の評価でGOOD。

症 例 13 39 才 女性 BLUNT TYPE INJURY

術後評価 GOOD (Fig. 4)

左手掌切断 (遠位手根骨-近位中手骨)

1985.3.2 仕事中, 電気鋸で受傷. BLUNT TYPE,

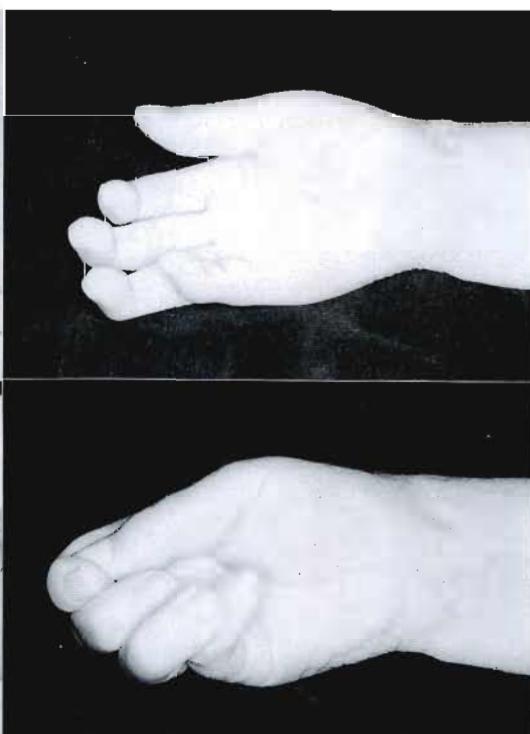
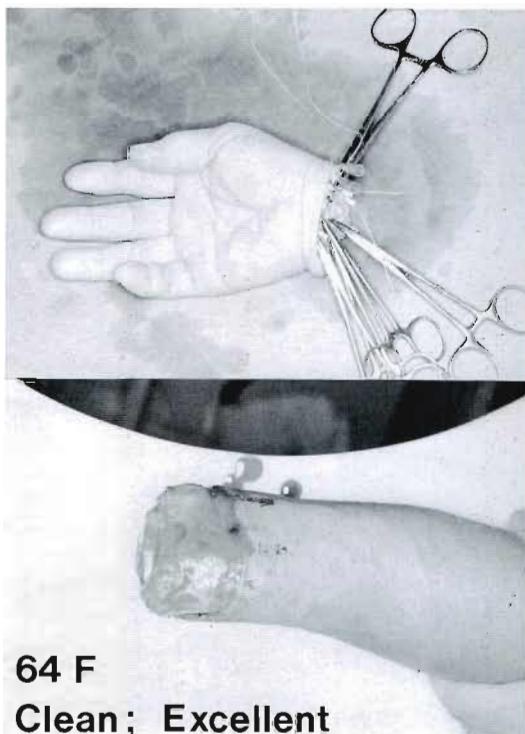
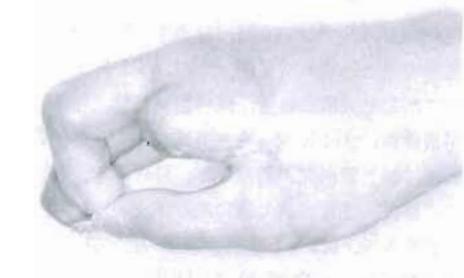
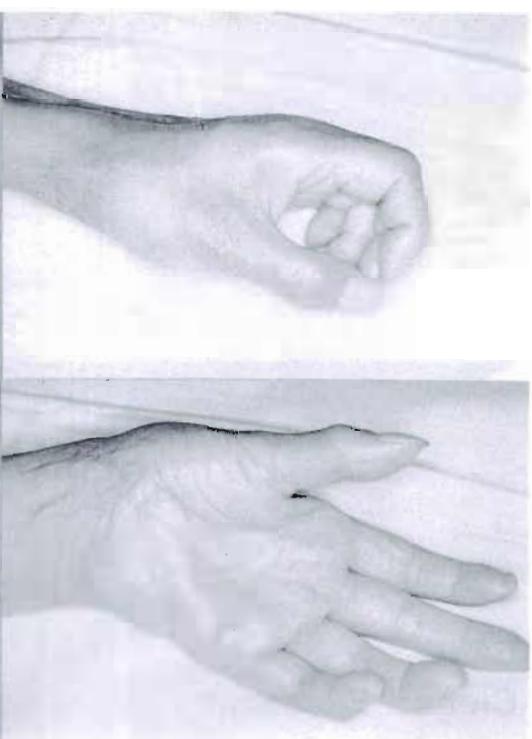
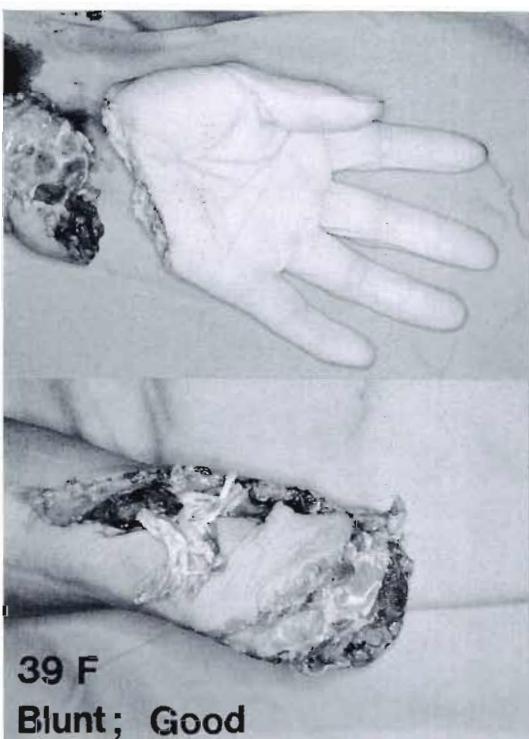


Fig. 2 Case 3 64 yrs Female Clean type Excellent



**30 M**  
**Crush; Good**

Fig. 3 Case 8 30 yrs Male Crush type Good



**39 F**  
**Blunt; Good**

Fig. 4 Case 13 39 yrs Female Blunt type Good

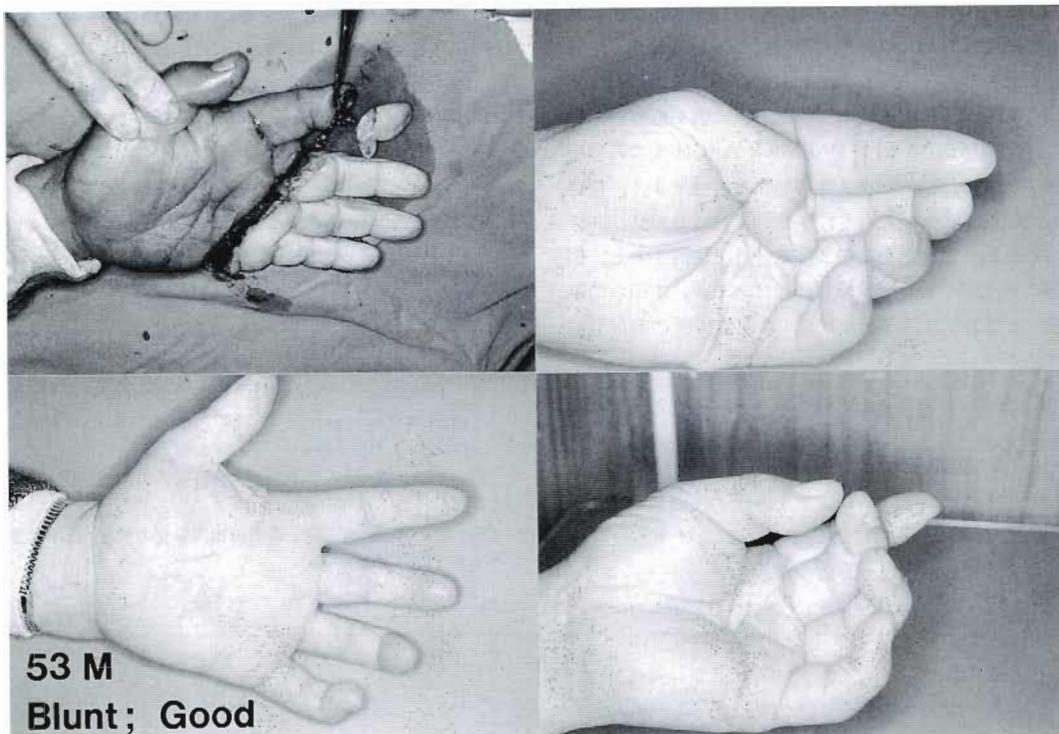


Fig. 5 Case 20 53 yrs Male Blunt type Good

再接着術。骨はKワイヤー3本固定。長母指屈筋腱、各指の深指屈筋腱、伸筋腱再建。動脈2本（1本は静脈移植）、静脈4本、神経3本修復。生着。1986.2.24腱剥離術。米満の評価でGOOD。

症例20 53才 男性 BLUNT TYPE INJURY  
術後評価 GOOD (Fig. 5)

右手掌切断（遠位中指・環指・小指中手骨）、右示指切断

1987.11.18 鉄板を切断する機械にはさまれて切断。BLUNT TYPE、同日、再接着術。手掌部は骨をKワイヤー4本で固定、深指屈筋腱、伸筋腱再建、動脈7本、静脈10本、神経6本を修復。生着。米満の評価GOOD。

#### 考 察

われわれは、完全手切断再接着成功15症例の予後判定に、米満の評価法<sup>4)</sup>を用い、その結果をTable 2に示す。成績不良な症例は、知覚回復の悪い例や遠位中手骨レベルの切断例であった。また損傷タイプ別にみると、CLEAN TYPEは成績良好で、CRUSH TYPEに

不良例があった。このため、予後評価に受傷時の軟部組織の損傷程度が関係あるのかも知れない。

手部切断で接着できなかった原因是、感染と重度の圧挫である（Table 1）。3症例のうち2症例は、感染であった。1例は飼料用カッターによる多重切断の小児であり、もう1例は醤油製造の粉をすくい上げる機械によるBLUNT TYPEの切断である。術前の洗浄が十分でなかった例である。一旦感染を起こすと、術後DEAD SPACEが大きく、INTRINSIC MUSCLEの壊死などから、徐々に血行不良をきたし、REVISIONは感染を広げるだけで、効果がない。また、汚染の強い例には十分なDEBRIDEMENT、術中の創傷用ヒビテンでの頻回な消毒が有用と考えている。

接合部のDEAD SPACEを少くするために、INTRINSIC MUSCLE、とくに骨間筋の修復が大切である。しかし、挫滅例などでは修復は容易でなく、加えて解剖学的な血行の構築のため、INTRINSIC MUSCLEへの血行不良を起こしやすい。さらに、筋壊死を起こせば感染源となりやすい。

次に、中手骨レベルの切断、すなわち、DEEP PAL-

MAR ARCH 遠位の手部領域では、骨間筋の切断は必発で、動脈は細く立体的に多岐に分岐しており、生着に影響を与える。また、われわれの症例では、INTRINSIC MUSCLE の機能の有無が予後に強く影響している。手関節から DEEP PALMAR ARCH までの手根部切断は、比較的太い 2 本の動脈の再建でよく、神経も比較的まとまっており、手技的にやさしい。

われわれの症例をこの 2 群に分けて検討すると、損傷のタイプや切断中手骨数に差はあるが、本田らの結果<sup>2)</sup>とは異なり、中手骨レベルの遠位切断の方が機能評価が悪い傾向があった (Table 2)。

### 結 語

1. 22 手部切断の 19 手に再接着成功した。
2. 多重切断を除いた術後 1 年以上経過した完全手部切断 14 例 15 手に対して、Chen および米満の評価法による機能回復調査を行った。

3. 生着を左右する因子は、手部の動脈切断レベル、汚染の程度と高度の挫滅の有無と思われた。

4. 手部の切断レベルが、血行再建の困難さや術後の機能回復に影響を与える可能性を示唆した。

### 文 献

- 1) Chen Zhong-Wei, et al.: Present indications and contraindications for replantation as reflected by long-term functional results. Orthop. Clin. North Am. 12: 847-870, 1981.
- 2) 本田敬宣, 他: 手掌部切断再接着例の検討. 整形外科 34: 1758-1760, 1983.
- 3) Tamai, S.: Twenty years' experience of limb replantation-review of 293 upper extremity replants. J. Hand Surg. 7: 549-556, 1982.
- 4) 米満弘之, 他: 切断肢指再接着術後の機能回復. 整形外科 28: 1466-1469, 1977.
- 5) 渡辺博義, 他: 完全切断母指再接着の検討. 日手会誌 6: 207-210, 1989.

# 日本学術会議だより №.20

## 公開講演会成功裡に開催さる

平成3年2月 日本学術会議広報委員会

日本学術会議は、例年どおり、平成2年度においても、主催の公開講演会を3回開催しました。今回の日本学術会議だよりでは、その講演会に加えて、本会議の国際的活動や最近公表された「委員会報告」などについてお知らせします。

### 平成2年度日本学術会議主催公開講演会

本会議は、本会議の会員が、学術の成果について広く市民と語り合う機会として、時宜にかなったテーマを選定して、毎年、公開講演会を開催している。本年度は、次の3回の講演会を開催したが、いずれも成功裡に終了した。

#### I 公開講演会「高度技術と市民生活」

標記講演会は、去る平成2年10月13日（土）13時30分～17時に、兵庫県加東郡社町の社町福祉センターホールで、約250人の聴講者を得て開催された。各演題と講師は、①「高齢化社会と高度技術」原沢道美（第7部会員、東京遞信病院院長）、②「消費生活と高度技術」正田林（第2部会員、上智大学教授）、③「地域振興と人間主導型高度技術」竹内啓（第3部会員、東京大学教授）であった。

#### II 公開講演会「資源エネルギーと地球環境に関する展望」

標記講演会は、去る平成2年10月30日（火）13時～17時に、本会議講堂で、約330人の聴講者を得て開催された。各演題と講師は、①「人間と環境」大島康行（第4部会員、早稲田大学教授）、②「エネルギーと環境」石井吉徳（第5部会員、東京大学教授）、③「エネルギーと経済問題」則武保夫（第3部会員、立正大学教授）、④「エネルギーとCO<sub>2</sub>対策」上之園親佐（第5部会員、浜南大学教授）であった。

#### III 公開講演会「人間は21世紀を生きられるか」

標記講演会は、去る平成3年2月19日（火）13時30分～17時に、本会議講堂で約200人の聴講者を得て開催された。各演題と講師は、①「科学・技術・政策」杉本大一郎（第4部会員、東京大学教授）、②「科学と人間・生存のための条件づくり」下山瑛二（第2部会員、大東文化大学教授）、③「人間の適応能力とリスク」土屋健三郎（第7部会員、産業医科大学長）であった。

いずれの講演会も、時期にあった、関心の呼ぶ企画であったため、外くの聴講者が来場する盛況となり、また、各講師の講演後の質疑応答では、聴講者から活発な質問や意見の開陳がなされ、まさに市民との対話の感があり、極めて有意義であった。

なお、これらの講演会については、後日、「日学双書」として、（財）日本学術協力財團から出版される予定である。

### 平成2年度二国間学術交流事業

本会議では、二国間学術交流事業として、毎年2つの代表団を外国に派遣し、各訪問国の科学者等と学術上の諸問題について意見交換を行って、相互理解の促進を図る事業を行っている。

この事業は、昭和58年度から実施されており、これまで、アメリカ、マレーシア、西ドイツ、インドネシア、スウェーデン、タイ、フランス、大韓民国、連合王国、シンガポール、チェコスロバキア、ポーランド、カナダ、イタリア、スイス及びインドの16か国に代表団を派遣してきた。

平成2年度には、①9月11日から22日まで、中華人民共和国へ、渡辺格副会長以下4名の会員等から成る代表団を、②9月17日から27日まで、オーストラリア及びニュー・ジーランドへ、大石泰彦副会長以下5名の会員等から成る代表団をそれぞれ派遣した。

中華人民共和国派遣代表団は、中国科学院、中国社会科学院、中国医学科学院、北京大学、西安交通大学、復旦大学など約20機関を訪問し、中華人民共和国の学術や今後の交流の推進策などについて会談、意見交換を行った。中華人民共和国側からは、すでに、日本の多くの大学、研究機関と交流を行っているが、さらに交流を拡大したいとの期待が表明され、両国間の今後のより積極的な交流・協力をめぐって活発な意見の交換が行われた。

オーストラリア及びニュー・ジーランド派遣代表団は、オーストラリアでは、オーストラリア科学アカデミー、オーストラリア国立大学、シドニー大学、連邦科学・産業研究機構など、ニュー・ジーランドでは、ニュー・ジーランド王立協会、マッセイ大学、ヴィクトリア大学、科学技術研究機構など、両国合わせて20を越える諸機関を訪問し、それぞれの国の学術、今後の交流の可能性などについて、会談、意見交換を行った。特に、両国では近年、国家、国民に実際に役立つ技術の発展を目指した科学技術の大きな改革が進められており、これらの問題等について、熱心に意見の交換が行われた。

今回の成果は、代表団派遣時だけのものではなく、今後のわが国の学術の国際交流・協力の進展に大きく役立つものと期待される。

### 平成3年(1991年)度共同主催国際会議

本会議は、国際的な活躍の一環として、毎年、日本で開催される学術関係国際会議を関係学術研究団体と共同主催してきている。平成3年(1991年)度には、次の6件の国際会議を開催する。

#### ■第21回国際農業経済学会議

開催期間 平成3年8月22日～29日  
開催場所 京王プラザホテル(東京都新宿区)  
参加者数 国外550人、国内950人、計1,500人  
共催団体 日本農業経済学会外4学会

#### ■国際医用物理・生体工学会議(第16回国際医用生体工学会議・第9回国際医学物理会議)

開催期間 平成3年7月7日～12日  
開催場所 国立京都国際会館(京都市)  
参加者数 国外1,000人、国内1,500人、計2,500人  
共催団体 (社)日本エム・イー学会、日本医学物理学学会

#### ■国際純正・応用化学連合1991国際分析科学会議

開催期間 平成3年8月25日～31日  
開催場所 日本コンベンションセンター(千葉市)  
参加者数 国外500人、国内1,000人、計1,500人  
共催団体 (社)日本分析化学会

#### ■第22回国際シミュレーション&ゲーミング学会総会

開催期間 平成3年7月15日～19日  
開催場所 立命館大学、国立京都国際会館(京都市)  
参加者数 国外170人、国内300人、計470人  
共催団体 日本シミュレーション&ゲーミング学会

#### ■一般相対論に関する第6回マーセルグロスマン会議

開催期間 平成3年6月23日～29日  
開催場所 国立京都国際会館(京都市)  
参加者数 国外380人、国内170人、計550人  
共催団体 (社)日本物理学会

#### ■第22回国際動物行動学会議

開催期間 平成3年8月22日～29日  
開催場所 大谷大学(京都市)  
参加者数 国外400人、国内400人、計800人  
共催団体 日本動物行動学会

### 経営学研究連絡委員会報告—経営学教育改善のために—(要旨)

(平成2年11月26日 第763回運営審議会承認)

企業環境の激変、就中技術革新、高度情報化、国際化等々の急進展に伴って、経営学教育は、大きく見直され、かつ新たな体系化と一層の内容の充実の必要性に迫られている。すなわち、学術的分野の広がり、国際化や情報化の急進展は、経営学の外延的拡大を要請し、また経営管理の高度化、複雑化および戦略的視点の重要性増加は、斯学の多面的な内容の充実強化を要求している。本報告は、かかる状況下において経営学教育の現状分析を行い、かつ(1)教育体系(とくにカリキュラム)の再編成と(2)教育方式の新たな在り方を探り、もって経営学に対する社会的ニーズへの即応と経営学教育の総合的な体系化への試みを展開したものである。とくに教育する側、される側両面での人材育成を強く念頭に置いて経営学教育改善の方途を示すとともに、大学院教育へのつながりを意識しながら将来への展望を示唆しようとしたものである。

### 統計学研究連絡委員会報告—統計学研究教育体制の整備のための具体的方策について(要旨)

(平成2年12月21日 第764回運営審議会承認)

現今、高度情報化の進展による情報資源の多激な蓄積にともない、統計的情報処理を適切に行える人材に対する社会的需要が著しく高まっている。現在米国では60を超える大学に統計学科が存在するのに対し、我が国では統計学関連の大学院専攻はまだ一つあるのみである。最近の学術研究における、調査、実験、観測等の活動の急速な増大を考慮するとき、データ有効利用の学としての統計学の研究教育体制の不備は、我が国の学術研究の将来に対し、国際的に見て著しく不利な状況を生み出しつつある。

本報告では、統計学を一つの専門分野として狭く把える従来の考え方を避け、本来学際的な性格を持つ統計学研究の実態に即して、諸科学との関連をより重視する統計科学の概念を確立し、広範な関連分野の研究者の協力により統計科学研究所あるいは専攻等を設立することの推進を提案する。この提案を具体化することにより、国際的に見ても先進的な統計学研究教育体制を実現することが可能になるものと期待される。

### 実験動物研究連絡委員会報告—動物実験を支援する人材育成について—(要旨)

(平成2年12月21日 第764回運営審議会承認)

医学、生物学領域において、動物を用いた実験研究が先導的な形で寄与し、社会に貢献してきたことの意義は大きい。遺伝子・分子・細胞の各レベルにおける研究成果を総合して個体の生物機能・生理現象を理解し、病的現象に適確な対応を計るために、個体レベルの研究、すなわち、動物実験による研究の必要性はますます増加し、多種類かつ高品質の動物が精細な計画・技術のもとで実験に供されるようになった。以上の観点から動物実験を取り囲む現状を詳しく検討した結果、動物実験の高密度化・多様化に対応できる、専門的知識と技術を習得した技術者の数が著しく不足していることを強く認識するに至った。

本報告は、このような現状に対する改善の方向を明らかにするとともに、バイオサイエンス研究支援体制を一層整備するための方策として、特に動物実験技術者の教育機関の設立を中心に、技術の審査・認定制度の確立、技術者の採用制度の検討、身分・待遇保障等についての将来展望を示唆するものである。

### 日学双書の刊行案内

日本学術会議主催公開講演会の記録をもとに編集された次の日学双書が刊行されました。

・日学双書No10「くらしと学問の近未来」

〔定価〕1,000円(消費税込み、送料210円)

\*問い合わせ先:

(財)日本学術協力財團(〒106 東京都港区西麻布3-24

・2、交通安全教育センタービル内、TEL 03-3403-9788)

御意見・お問い合わせ等がありましたら、下記までお寄せください。

〒106 東京都港区六本木7-22-34

日本学術会議広報委員会 電話03(3403)6291

# 日本学術会議だより №.21

## 第14期最後の総会終わる

平成3年6月 日本学術会議広報委員会

日本学術会議は、去る5月29日から31日まで第111回総会を開催しました。今回の日本学術会議だよりでは、その総会で採択された勧告を中心に、同総会の議事内容等についてお知らせします。

### 日本学術会議第111回総会報告

日本学術会議第111回総会（第14期・第7回）は、平成3年5月29日～31日の3日間開催された。

総会冒頭に逝去された大谷茂盛、石原智男両会員の冥福を祈り黙禱を捧げた。会長からの経過報告の後各部・各委員会の報告があった。続いて規則の一部改正1件、国際対応委員会の設立等運営内規の改正1件、申し合わせ2件、勧告1件、要望1件、対外報告等3件、計9議案の提案があった。これらの議案については、同日午後の各部会での審議を経て、第2日目の午前に採決された。

なお、総会前日の午前には連合部会を開催し、これらの議案の説明、質疑を行った。また、総会に平行し、第1日目の夕方には第771回運営審議会が開催されて、これら議案についての各部の審議状況が報告された。

第2日目の午後は、「ポスト湾岸をめぐる諸問題」について自由討議が行われた。

第3日目の午前には各特別委員会が、午後には各常置委員会が開催された。

今回の総会では、「大学等における人文・社会科学系の研究基盤の整備について（勧告）」と「公文書館の拡充と公文書等の保存利用体制の確立について（要望）」が採択され、同日（30日）午後、内閣総理大臣に提出され、関係各省に送付された。

日本学術会議としての国際対応組織の問題は、前期からの懸案事項であったが、今期においてもこの問題は新たに増幅され、国際対応委員会を当分の間設立することが決まり、それに伴い運営内規の一部を改正することとなった。

対外報告としては、「人間活動と地球環境に関する日本学術会議の見解」を〔人間活動と地球環境に関する特別委員会〕が、『「医療技術と社会に関する特別委員会報告—脳死をめぐる問題に関するまとめー」について』を〔医療技術と社会に関する特別委員会〕がまとめ採択された。また、会長提案のバイオテクノロジー国際科学委員会及び国際微生物学連合への加盟も採択された。

「ポスト湾岸をめぐる諸問題」についての自由討議は、大石泰彦副会長の司会で、はじめに話題提供として第2部の西原道雄部長、第2常置委員会の星野安三郎委員長、平和及び国際摩擦に関する特別委員会の川田侃委員長がそれぞれ部・委員会の審議状況を報告した。それに基づき、会員間での意見交換が行われた。

### 大学等における人文・社会科学系の研究基盤の整備について（勧告）

国家・社会の健全な発展は、人文・社会科学と自然科学のバランスのとれた学術研究の成果が常にその土壌となっている。ところが、戦後の我が国では、自然科学の急速な進展に比して、人文・社会科学がそれに対応できない状況にある。それは、大学等における人文・社会科学系の研究基盤が整備されないまま放置されていたことに起因する。その上、これからのが我が国は、国内的には広く生涯教育を推進し、国際的には各国との研究交流や留学生の受け入れなどを一層積極的に行うことを要請されている。すでに日本学術会議は、第13期において「大学等における学術予算の増額について（要望）」などを要望しており、これを踏まえて第14期では、さきに、主として自然科学系の「大学等における学術研究の推進について一研究設備等の高度化に関する緊急提言—（勧告）」の勧告をした。それに続いて、ここに人文・社会科学系の大学等における研究基盤を早急に改善し、整備するよう勧告する。

まず、人文・社会科学系の研究基盤を改善し、整備するためには、研究に関わる人的構成の強化を必要とする。したがって、なによりも研究者の増員が必要であり、それに関連して、特に若手研究者の養成と研究補助者の増員が求められる。今日、人文・社会科学も自然科学と同様に、研究分野が細分化されるとともに総合化も図られ、それに応じて新しい分野が開発され、それぞれの分野において総合的かつ多面的な研究方法が採られるようになったからである。

また、国内外でのフィールド・ワーク等の研究調査や外国人研究者の招へいなどがより活発に行われるためには、研究費の大幅な増額を必要とする。なお、国公立大学等における研究費の実験系と非実験系による区分は適正な基準により是正する必要がある。

さらに、人文・社会科学系の研究基盤の整備には、図書や資料の収集・保管など学術情報の充実が要求される。それを充たすには、それぞれの研究室における情報処理機器を整備・充実するとともに、図書館・情報センターなどの学術情報機関の拡充を図るべきである。その際、情報処理機器の購入と維持のために相対的に図書購入に当てる費用が圧迫されることはなく、図書費全体についても特段の増額が必要である。

以上のように人文・社会科学の人的・物的な研究基盤の速やかな整備が、国公私立大学のみならず、すべての研究機関において今日切実に要望されている。なお、大学等における研究基盤の整備に役立つ民間からの寄付等の援助には、それに対する包括的かつ柔軟な免税措置等が講じられるよう配慮すべきである。

### 公文書館の拡充と公文書等の保存利用体制の確立について(要望)〔要旨〕

わが国の公文書等の保存体制は、公文書館法が公布・施行されて大きく前進したが、その体制はなお国際的にみて大きく立ち遅れた状況にある。公文書等はきわめて重要な学術情報であり、かつ、国民共有の文化的・歴史的資産として貴重であることから、その保存・利用体制を確立するために以下の措置を早急に講じられるよう要望する。

#### 1. 国立公文書館の拡充とその権限の強化

現在の国立公文書館はその設備・人員等がきわめて貧弱であり、また、権限が著しく弱小である。国の公文書等の保存利用体制の確立のために、まず国立公文書館の権限を強化し、その設備・人員を大幅に拡充整備する必要がある。

#### 2. 地域文書館の設立・整備のための国の支援の強化

公文書館法の公布以後、地方公共団体において公文書館を設立する動きがあるが、まだ、その動きは限られている。設立を促進し機能を強化するために、国の財政的援助を拡充すると共に、地方公共団体の自主性を尊重しつつ国の技術的な指導・助言を強化する必要がある。あわせて、公文書等の保存に関して、文書館の権限を強化する必要がある。

#### 3. 公文書館専門職員養成制度と資料学・文書館学研究体制の整備

公文書館専門職員の養成・確保は緊急な課題であり、わが国にふさわしい専門職養成制度を早急に確立すべきである。この確立のためには、資料学・文書館学の研究者を確保し研究を推進するための体制を整備する必要がある。

#### 4. 公文書館法の整備

以上のような措置を講じる上で、現在の公文書館法は、公文書館の設置義務とその権限、専門職員の資格と地位、地域文書館への国の支援などについて不十分な点が多くみられるので、これを早急に整備して、公文書等の保存利用体制の確立を推進する必要がある。

### 人間活動と地球環境に関する日本学会議の見解〔要旨〕

日本学会議は、人間活動と地球環境に関する問題に強い関心を持ち、特別委員会や多数の研究連絡委員会において学術情報を集め、問題を総括し、研究体制の検討等を行ってきた。これらを基礎として見解を表明する。

日本はその自然環境の多様性や、近年の人間活動の急速な進展により環境問題に対して厳しい見方が必要である。この関連の研究は従来必ずしも十分ではなかった。国際協力の下に多岐にわたる学問分野がこれまでの枠を拡大し、多分野の学協会が融合化して活動し、新しい分野の研究活動の強力な推進を図るべきである。また、地球環境問題はグローバルな問題であるが、個々の人間の対応から出発する問題でもあるから教育や啓蒙活動が急務である。

わが国では多数の省庁が研究を行っているが、相互関係や全体を見渡した有機的・体系的な研究推進政策が必要である。日本学会議はこれらのための助言、連絡、調整等にその組織と能力を生かして活動し努力する。

### 医療技術と社会に関する特別委員会報告 —脳死をめぐる問題に関するまとめ—

医療技術は不斷に進歩するが、その進歩が著しければ著しい程、医療技術と人々のものの考え方や社会的な習慣との間に調和を欠く状況が生じている。脳死の取扱をめぐる問題はその一つである。本期の本特別委員会では「脳死は人の死か」についての直接的な審議は保留し、「もし脳死をもって人の死とすると、あるいは臓器移植を視点にいれると、何が問題になり、それを如何に考えるか」などについて論議した。本報告はその結果を整理したものである。(原文のまま、以下項目のみ)

- 1 脳死患者の医療上の取扱
- 2 意思の個別的確認について
- 3 死亡時刻の考え方に関する
- 4 医療提供側の問題点
- 5 医療費の取扱について

### 日本の学術研究環境－研究者の意識調査から－（第3常置委員会）刊行される

第3常置委員会は、第13期の「学術研究動向」調査を踏まえ、21世紀に向けて我が国の学術研究の中心的存在として活躍を期待される30歳代から40歳代の若手研究者（約200人）を対照に、学術研究の基礎となる「研究環境」についてのアンケート調査（調査事項は、大別して「学術研究の組織・体制、研究者の養成・確保と国際化、研究費の調達・運用と研究設備、情報の収集・保存）を行い、その結果を基礎に報告書を作成した。なお、本書は日学資料として刊行している。

### 日本学会議主催公開講演会「日本の学術研究環境は21世紀に対応できるか開催される

「日本の学術研究環境」の刊行を記念し、平成3年6月6日（木）13時30分～17時00分に日本学会議講堂において開催された。近藤会長の開会のあいさつの後、澤登第2部会員の司会により、①「日本の学術研究環境－研究者の意識調査から－」（森第7部会員）②純粹基礎研究は大学しかやらない（有馬第4部会員）③私立大学の立場から（松本第2部会員）④「産業の立場から」（内田第5部会員）の講演の後、総合討論を経て、渡邊第7部会員（第3常置委員会委員長）の閉会のあいさつをもって盛況のうちに終了した。なお、本公開講演会の内容は、追って日学双書で刊行する予定である。

### 平成3年1月以降、委員会等別の对外報告

|       |    |         |     |
|-------|----|---------|-----|
| 部     | 1件 | 特別委員会   | 4件  |
| 常置委員会 | 1件 | 研究連絡委員会 | 23件 |

御意見・お問い合わせ等がありましたら、下記までお寄せください。

〒106 東京都港区六本木7-22-34

日本学会議広報委員会 電話03(3403)6291

**21st Annual Int'l Symposium on Implant Surgery for the Hand,  
Upper Extremity & Foot のお知らせ**

**期　　日**：1991年10月31日—11月2日

**場　　所**：Blodgett Memorial Medical Center, Grand Rapids, U. S. A.

**内　　容**：有線テレビによる手術供覧を含む

**参　加　費**：\$ 250

**宿　　泊**：Amway Grand Plaza Single/Double \$ 82

**主　　催**：Alfred B. Swanson

**申　込　み**：Blodgett Professional Building, 1900 Wealthy, S. E. Suite 290

**締切り期日**：会期直前まで受付ますがなるべく早く申し込んでください。

**末梢神経障害国際会議のお知らせ**

**主　　催**：Peripheral Neuropathy Association (PNA)

**会　　長**：Dr. Peter James Dyck

**日　　時**：1992年5月14日～18日

**場　　所**：Rapallo, Italy

**メインテーマ**：Inherited neuropathy

しかし、その他末梢神経障害に関するどのような研究も発表可能

**抄録募集締切日**：1991年12月1日

参加のための資料ご希望の方は、120円分の切手を添えて産業医科大学神経内科大西晃生宛御連絡ください。

尚、PNAへ直接連絡ご希望の方は、Ms. k. Oviatt, Registrar PNA Meeting, Mayo Clinic, Rm.811, Gugg. Bldg., 200 First St. SW., Rochester, MN 55905, USA 宛御連絡下さい。

## 第4回日本肘関節研究会開催のご案内

会期：平成4年2月15日（土）

会場：農協ホール

〒101 東京都千代田区大手町1-8-3

電話 (03)3254-7456

### 【演題募集要領】

- 1) 主題
  - 1：上腕骨頸上骨折合併症の診断・治療
  - 2：肘動搖関節
- 2) 一般演題

### 【演題申し込み方法】

第1次締切：平成3年9月30日（火）

官製葉書に演題名、所属、発表者名、連絡先住所を御記入の上、下記事務局宛にお申し込みください。折り返し抄録用紙をお送り致します。

第2次締切：平成3年10月31日（木）必着

### 【事務局連絡先】

〒105 東京都港区西新橋3-25-8

東京慈恵会医科大学整形外科学教室内

第4回日本肘関節研究会事務局

電話 (03)3433-1111(代) 内線3441

FAX (03)3459-9114

第4回日本肘関節研究会

会長 室田 景久

## 第13回 九州手の外科研究会のお知らせ

1. 日時 平成4年2月15日（土）  
9:00am.～5:00pm.（予定）

2. 会場 大博多ホール  
福岡市博多区博多駅前2-20  
TEL(092)471-6831

3. 教育講演 “手関節痛の診断”  
名古屋大学 中村蓼吾 助教授  
(整形外科学会の認定を申請中)

### 4. 演題申し込みと締切

“一般演題” “症例検討会”

400字詰原稿用紙の一枚目に演題名、所属、演者名、連絡先（郵便番号、住所、電話番号）を明記し、二枚目に口演内容をお書きになり平成3年11月17日（日）までに下記世話人までお届け下さい。

### 5. 連絡先

〒818 福岡県筑紫野市大字俗明院377-1  
福岡大学筑紫病院整形外科  
松崎昭夫  
TEL(092)921-1011

## 第78回中部日本整形外科災害外科学会

### 第1次演題募集要項

下記のごとく、第78回中部日本整形外科災害外科学会を開催いたしますのでご案内申し上げます。

**会期：**平成4年5月21日(木), 22日(金)

**会場：**四日市市文化会館, KAIEN'S ムーシケ

**第1次（演題申込）締切：**平成3年11月15日(金)必着のこと

**第2次（抄録）締切：**平成3年12月14日(土)必着のこと

**招待講演** 3題（予定）

**教育研修講演** 4題（予定）

**予定主題：**1. 骨軟部悪性腫瘍のSecond Line Chemotherapy

2. 高齢者の根性坐骨神経痛
3. 上腕骨骨折
4. 若年者（20歳代以下）の人工骨頭、人工関節
5. 母指CM関節症

演題はすべて公募といたします。

**応募方法：**第1次演題応募はがきは中部整災雑誌第34巻3号綴込みのものに41円切手を貼って投函するか、官製はがきに演題名、所属、氏名、所在地、電話番号をご記入の上、下記連絡先へお送りください。会員各位への個々の募集案内はいたしません。第1次応募のはがきが到着次第抄録原稿用紙を送付いたします。

**連絡先：**〒514 三重県津市江戸橋 2-174

三重大学医学部整形外科学教室

TEL(0592)-32-1111(内線5636・6445)

FAX(0592)-32-4049(整形外科宛と明記のこと)

\*宿泊・観光などにつきましては(株)阪急交通社四日市営業所中部整災係  
(TEL(0593)-54-5151, FAX(0593)-51-0790)に委託しました。

詳細は中部整災誌第34巻6号に掲載の予定です。

第78回中部日本整形外科災害外科学会

会長 萩原義郎

(三重大学医学部整形外科学教室)

**日本手の外科学会雑誌 第8巻第1号** 平成3年8月25日 印刷  
平成3年8月31日 発行

編集兼発行者 九州大学医学部整形外科学教室  
杉 岡 洋 一

印刷所 〒815 福岡市南区向野2丁目13-29  
秀巧社印刷株式会社

発行所 〒812 福岡市東区馬出3丁目1番1号  
九州大学医学部整形外科学教室  
**日本手の外科学会**

電話 (092)641-1151 内線 2434, 2436

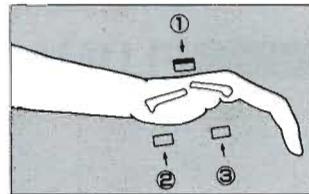
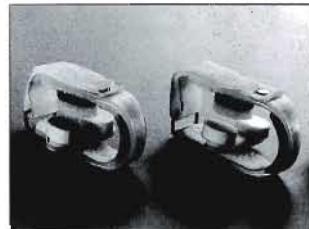


医学に貢献・社会に奉仕

# ガルベストン 中手ブレース

(中手骨 骨折固定ブレース)

## 3点固定の 原理を採用



ガルベストン社のブレースは従来の治療法に比べて次の優れた利点を有しています。

- ◆3種類のブレース(スマール・ミディアム・ラージ)とも調節式パッドのため、左右を選ばず、手のサイズや種々の骨折に適合。
- ◆装着したままX線モニタリングがおこなえる。
- ◆ベルクロストラップのため腫脹が徐々に小さくなっても整復維持ができる。
- ◆ブレース固定をした状態でもIP、MPおよび手首関節の動きに制限を生じない。



米国 ガルベストン社

許可番号：販用輸第1号

日本総代理店

株式会社 松本医科器械  
MATSUMOTO MEDICAL INSTRUMENTS, INC.  
541 大阪市中央区淡路町2丁目4-7  
TEL (06)203-7651 FAX (06)226-1713

東京支店 TEL (03) 3814-6683 FAX (03) 3815-4341  
札幌(011)727-8981 仙台(022)234-4511 横浜(045)423-3911  
名古屋(052)264-1481 金沢(0762)23-5221 広島(082)223-4571  
福岡(092)474-1191 浦和(048)825-2110

# Well Proportioned!

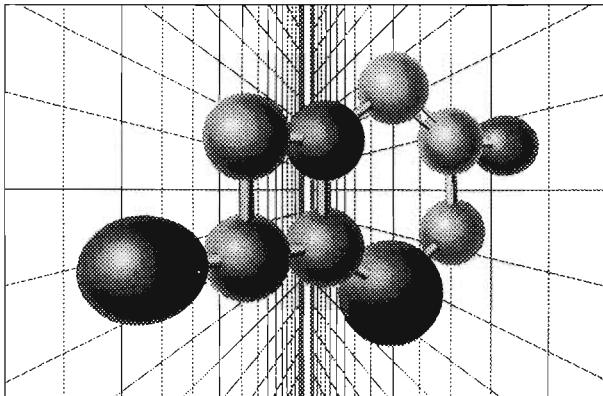
オキサセフェム系抗生物質製剤

(要指)

## フルマリン<sup>®</sup> 静注用0.5g, 1g

日抗基 注射用フロモキセナトリウム 略号FMOX

FLUMARIN<sup>®</sup>



- フルマリンは第三世代セフェム系のグラム陰性菌に対する優れた抗菌力を保持しながら、黄色ブドウ球菌をはじめグラム陽性菌にも強い抗菌力を有する均整のとれた抗生物質である。
- PBP-2'を誘導しにくい。
- 副作用は2.22%に発現し、その主なものはアレルギー症状と胃腸症状であった。

### ■ 効能・効果 (～印: 1990年9月追加)

ブドウ球菌属、レンサ球菌属(腸球菌を除く)、肺炎球菌、ペプトストレプトコッカス属、ブランハメラ・カタラーリス、淋菌、大腸菌、クレブシエラ属、プロテウス属、インフルエンザ菌、バクテロイデス属のうち本剤感性菌による下記感染症 ●敗血症、感染性心内膜炎 ●外傷・手術創等の表在性二次感染 ●咽喉頭炎、扁桃炎、気管支炎、

気管支拡張症の感染時、慢性呼吸器疾患の二次感染 ●腎盂腎炎、膀胱炎、前立腺炎、淋菌性尿道炎 ●胆のう炎、胆管炎 ●腹膜炎、骨盤腹膜炎、ダグラス窩膿瘍 ●子宮付属器炎、子宮内感染、骨盤炎、子宮旁結合織炎、バルトリン腺炎 ●中耳炎、副鼻腔炎

### ■ 使用上の注意 (一部抜粋)

1. 一般的な注意 (1)ショックがあらわれるおそれがあるので、十分な問診を行うこと。なお、事前に皮膚反応を実施することが望ましい。(2)ショック発現時に救急処置のとれる準備をしておくこと。また、投与後患者を安静の状態に保たせ、十分な観察を行うこと。2. 次の患者には投与しないこと 本剤の成分によるショックの既往歴のある患者3. 次の患者には投与しないことを原則とするが、特に必要とする場合には慎重に投与すること 本剤の成分又はセフェム系抗生物質に対し過敏症の既往歴のある患者 4. 次の患者には慎重に投与すること (1)ベニシリシン系抗生物質に対し過敏症の既往歴のある患者 (2)本人又は両親、兄弟に気管支喘息、発疹、蕁麻疹等のアレルギー症状を起こしやすい体質を有する患者 (3)高度の腎障害のある患者 (4)経口摂取の不良な患者又は非経口栄養の患者、高齢者、全身状態の悪い患者(ビタミンK欠乏症があらわれることがあるので観察を十分に行うこと)5. 副作用 (1)ショック: まれにショック症状を起こすことがあるので観察を十分に行い、不快感、口内異常感、喘鳴、眩暈、便意、耳鳴、発汗等の症状があらわれた場合には投与を中止すること。(2)過敏症: 発疹、蕁麻疹、搔痒、発赤、発熱、顔面紅潮、皮膚感覺異常感等の過敏

症状があらわれた場合には、投与を中止し適切な処置を行うこと。(3)腎臓: ときにBUN上昇、クレアチニン上昇、乏尿、蛋白尿等の腎障害があらわれることがあるので、尿の観察を十分に行い、乏尿、蛋白尿、血尿等の尿異常所見、BUN上昇、クレアチニン上昇等の腎障害が認められた場合には、投与を中止するなど適切な処置を行うこと。なお、他のセフェム系抗生物質で、まれに急性腎不全等の重篤な腎障害があらわれることが報告されているので、異常が認められた場合には、投与を中止するなど適切な処置を行うこと。(6)消化器: まれに偽膜性大腸炎等の血便を伴う重篤な大腸炎があらわれることがある。腹痛、頻回の下痢があらわれた場合には、直ちに投与を中止するなど適切な処置を行うこと。ときに、下痢、軟便、また、まれに悪心、嘔吐、腹部膨脹感等があらわれることがある。(7)呼吸器: 他のセフェム系抗生物質でまれに発熱、咳嗽、呼吸困難、胸部X線異常、好酸球增多等を伴う間質性肺炎、PIE症候群等があらわれることがあるのでこのような症状があらわれた場合には投与を中止し、副腎皮質ホルモン剤の投与等の適切な処置を行うこと。



シオノギ製薬

大阪市中央区道修町3-1-8 〒541

■ 薬価基準収載

■ 「用法・用量」、その他の「使用上の注意」については、添付文書をご参照下さい。

(資料請求先)

塙野義製薬株式会社 製品部  
〒553 大阪市福島区鶯洲5丁目12-4

91.2作成B51

# 主要取扱品目

☆ 九大式整形外科器械全般製作

(天児式、神中式、宮城式各種)

☆ 株式会社 松本医科器械代理店

米国ハウメディカ社 人工骨頭外全製品

米国ストライカー社、気動式・電動式手術器械外全製品

スイスロバートマチス社 A O 骨接合用器具外全製品

英国スワンモートン社 替刃メス外

ドイツ、リッシュュ社 バルンカテーテル・気管カテーテル外全製品

ドイツ、ストルツ社 膀胱鏡、冷光源装置外

☆ 酒井医療電機代理店

リハビリテーション器械器具全般

☆ 風雲堂全製品総代理店 整形・X線全般

☆ 病院設備全般

病室関係、手術室関係、検査室関係、消毒室設備

X線装置、理科学器械、薬局設備、外

☆ ☆ ☆

## 九州風雲堂販賣株式会社

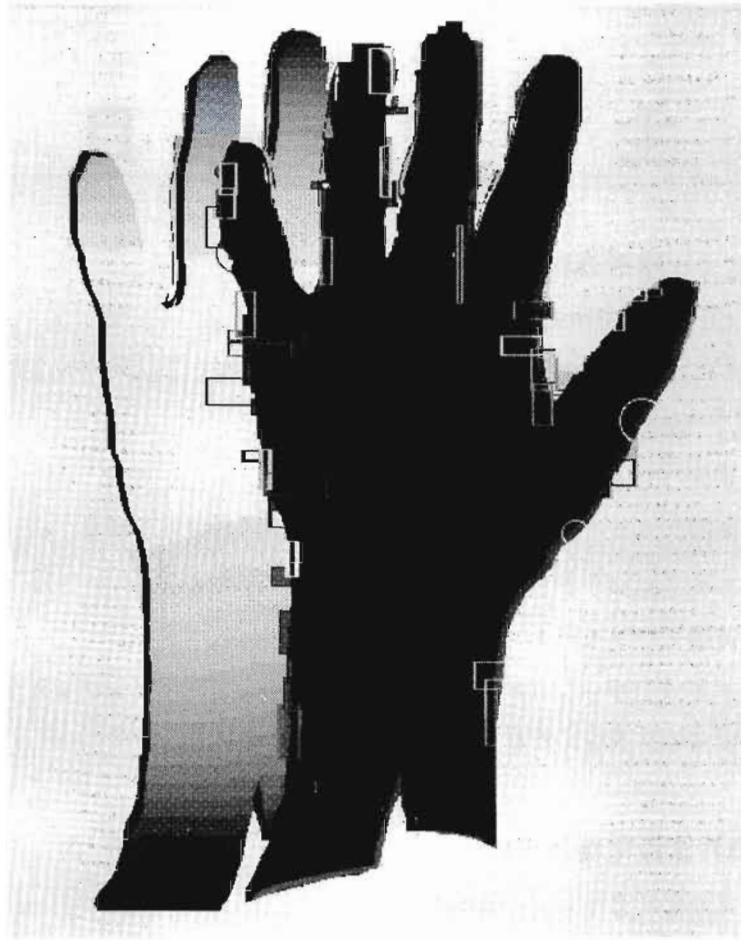
福岡市博多区千代4丁目30番4号

電話 (641) 7571~3

代表取締役社長 井藤信彌

# 神・経・修・復

メチコバールはエーザイが独自に合成・開発した、メコバラミン(メチルB<sub>12</sub>)製剤です。メチコバールは核酸・蛋白合成、リン脂質合成を促進し、障害された神経を修復し、しびれ・痛み・麻痺を改善します。注射は急性期や難治性の神経疾患、入院患者さんに適しています。



## 効能・効果

末梢性神経障害、ビタミンB<sub>12</sub>欠乏による巨赤芽球性貧血(注射液500μgのみ)

## 用法・用量

錠500μg：通常、成人は1日3錠(メコバラミンとして1日1,500μg)を3回に分けて経口投与する。ただし、年齢及び症状により適宜増減する。

錠250μg：通常、成人は1日6錠(メコバラミンとして1日1,500μg)を3回に分けて経口投与する。ただし、年齢及び症状により適宜増減する。

細粒：通常、成人は1日3包(メコバラミンとして1日1,500μg)を3回に分けて経口投与する。ただし、年齢及び症状により適宜増減する。

注射液500μg(末梢性神経障害の場合)：通常、成人は1日1回1アンプル(メコバラミンとして500μg)を週3回、筋肉内または静脈内に注射する。ただし、年齢及び症状により適宜増減する。

注射液500μg(巨赤芽球性貧血の場合)：通常、成人は1日1回1アンプル(メコバラミンとして500μg)を週3回、筋肉内または静脈内に注射する。約2カ月投与した後、維持療法として1～3カ月に1回1アンプルを投与する。

## 使用上の注意

### 1. 内服剤

(1)一般的注意 効果がないのに、月余にわたって漫然と使用すべきでない。

(2)副作用 ①消化器：ときに食欲不振、恶心、下痢等があらわれることがある。②過敏症：まれに発疹があらわれることがある。

(3)その他 水銀及びその化合物を取り扱う職業従事者に長期にわたって大量に投与することはさけることが望ましい。

### 2. 注射剤

(1)副作用 ①過敏症：発疹等があらわれた場合は、投与を中止する。②その他：ときに筋肉内注射部位の疼痛・硬結が、またまれに頭痛・発汗・発熱感があらわれることがある。

(2)通用上の注意 ①光分解をうけやすいので、開封後直ちに使用するとともに、遮光に留意すること。②筋肉内に投与する場合は、組織・神経などへの影響を避けるため、下記の点に注意すること。

ア) 単一部位への反復注射は避けること。なお、新生児、未熟児、乳児、小児には特に注意すること。

イ) 神経走行部位を避けるよう注意すること。ウ) 注射針を刺入したとき、激痛を訴えたり、血液の逆流を見た場合には、直ちに針を抜き、部位をかえて注射すること。③本品はワンポイントカットアンプルであるが、アンプルのカット部分をエタノール等で清拭してからカットすることが望ましい。

●ご使用に際しては添付文書をご参照下さい。

## 末梢性神経障害治療剤

 **メチコバール®**

錠500μg・錠250μg・細粒・注射液500μg

メコバラミン製剤

〈薬価基準収載〉



エーザイ

東京都文京区小石川4-6-10

資料請求先：医薬事業部メチコバール係

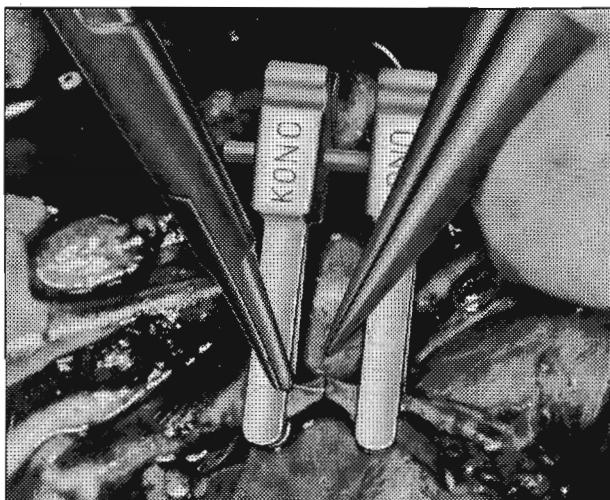
A-D<sub>2</sub> 9304

# "CROWNJUN" Brand

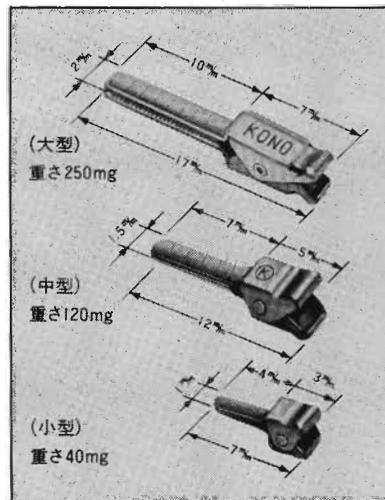


## マイクロサージャリー用クリップ

### ■血管縫合用ダブルクリップ



### ■シングルクリップ



▲主に直徑0.5%<sup>mm</sup>から1%<sup>mm</sup>の血管に使用し、自重量は600mg・270mg・100mgの3タイプあります。加圧保持力は60分以上不变で血管に対して損傷を与えることはございません。

## マイクロサージャリー用手技セット



### ■臨床用セット

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| マイクロ剪刀(直13cm)                               | 1本 |
| 〃(曲13cm)                                    | 1本 |
| セッシ(No.3)                                   | 3本 |
| 〃(No.5)                                     | 2本 |
| 持針器(ストッパー付、No.5)                            | 1本 |
| 剥離用モスキート鉗子(直)                               | 1本 |
| 〃(曲)                                        | 1本 |
| ダブル鉗子                                       | 1本 |
| シングルクリップ(No.11)                             | 6個 |
| ダブルクリップ(No.11-11)                           | 1個 |
| 臨床用セットケース(208×304×29%)<br>(ステンレス製・シリコンシート付) | 1  |

※ケースごと滅菌することもできます。

●カタログご希望の方は当社までご請求下さい。

株式会社 河野製作所

〒272 千葉県市川市曾谷2-11-10  
TEL: 0473 (72) 3281 (代)  
FAX: 0473 (73) 4515

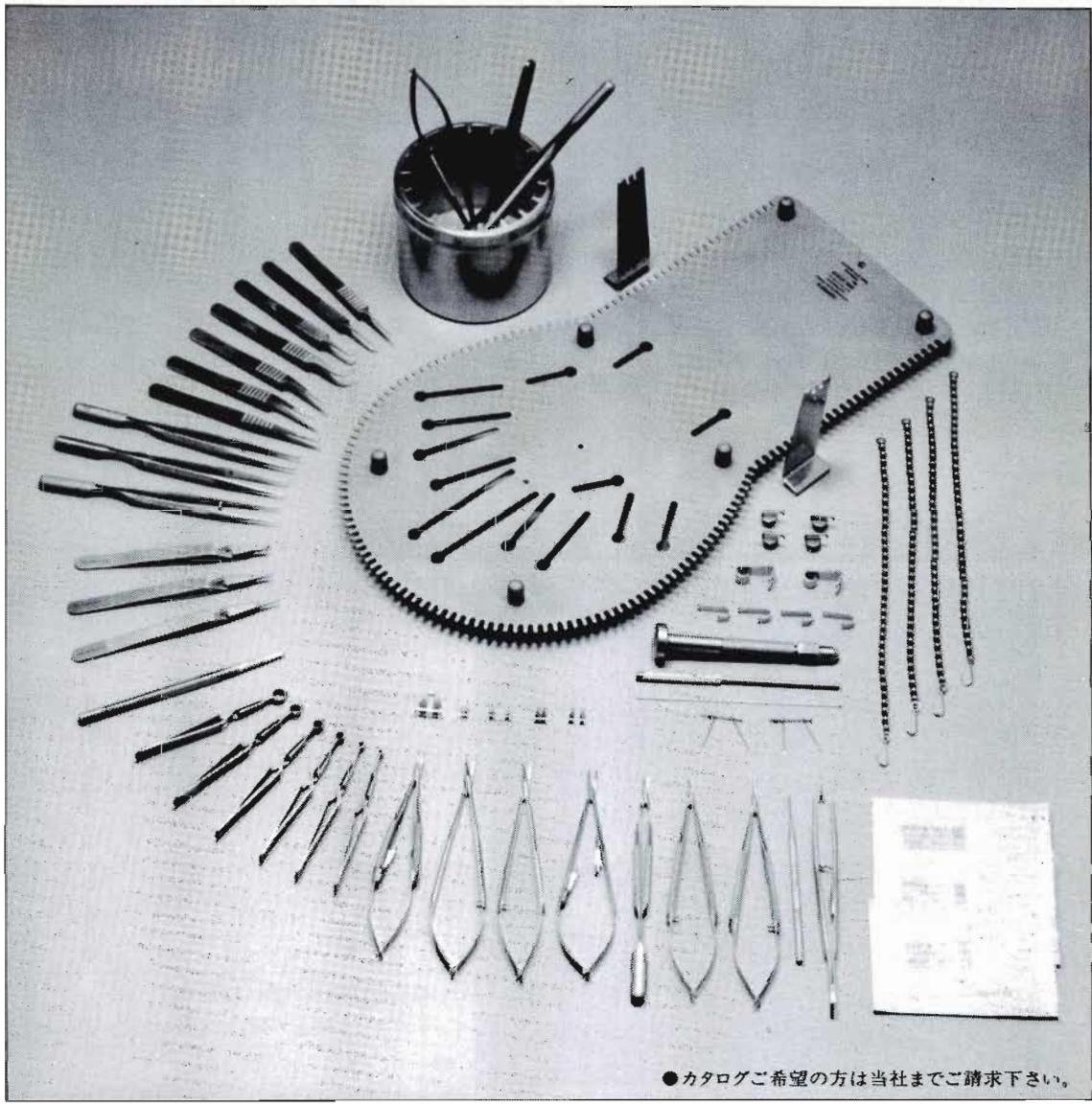
**SSC**

スイスSSC形成外科用マイクロ手術器械

# for Microsurgery

スイスSSC社製品

- マイクロ持針器
- 鋸子
- 剪刀
- 血管クランプ
- 手の外科手術台
- 小骨接合関節圧迫固定セット
- 末梢神経および腱切断セット
- 動脈切開クランプ
- 血管拡張器
- 固定鋸子
- カウンターループ
- カウンターブレッサー
- 器械ケース
- マイクロ針付縫合糸
- 未消毒マイクロ針付縫合糸(動物実験用)
- その他



●カタログご希望の方は当社までご請求下さい。

発売元 (株)カキヌマメディカル  
輸入元 リード貿易株式会社

〒113 東京都文京区本郷3-9-3  
TEL 03(3813)8485(代表)

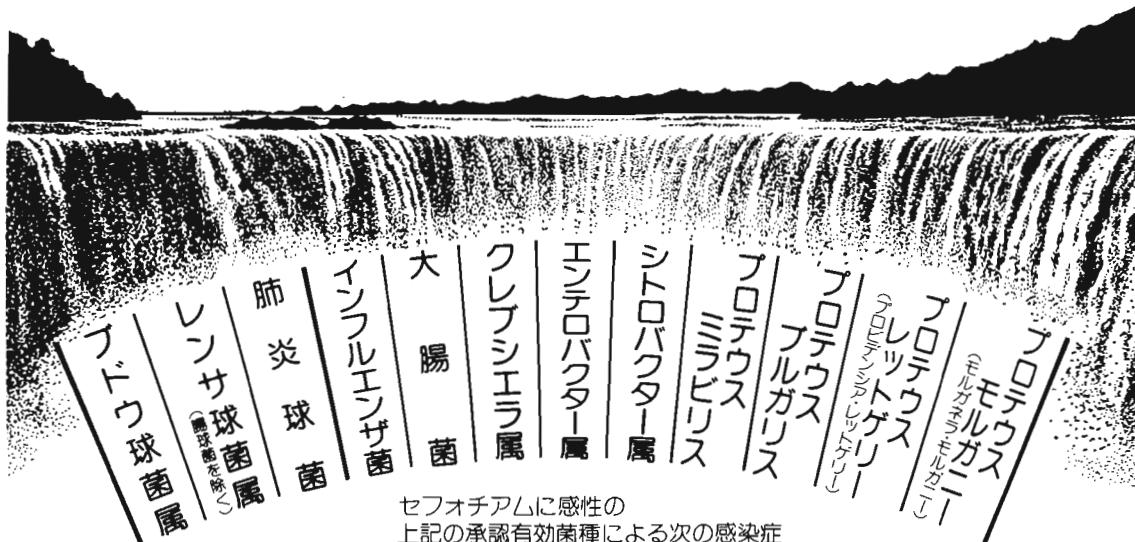
# 注射用セフェム系抗生物質製剤

要指

① パンスボリン®

**静注用**0.25g·0.5g·1g／**筋注用**0.25g

(旧抗基:注射用塩酸セフオチアム)「タケダ」



- 敗血症 ●術後創・火傷後感染、皮下膿瘍、よう、癲、癰腫症
  - 骨髄炎、化膿性関節炎
  - 扁桃炎(扁桃周囲炎、扁桃周囲膿瘍)、気管支炎、気管支拡張症の感染時、肺炎
  - 肺化膿症、膿胸 ●胆管炎、胆のう炎
  - 腹膜炎 ●腎孟腎炎、膀胱炎、尿道炎、前立腺炎、
  - 髓膜炎 ●子宮内感染、骨盤死腔炎、子宮旁結合織炎、子宮付属器炎、パルトリノン腺炎
  - 中耳炎、副鼻腔炎

## 使用上の注意（静注用）

## 1.一般的注意

(1)ショックがあらわれるおそれがあるので、十分な問診を行うこと。なお、事前に皮膚反応を実施することが望ましい。(2)ショック発現時に救急処置のとれる準備をしておくこと。また、投与後患者を安静の状態に保たせ、十分な観察を行うこと。

## 2. 次の患者には投与しないこと

本剤の成分によるショックの既往歴のある患者。  
3.次の患者には投与しないことを原則とするが、  
特に必要とする場合には慎重に投与すること  
本剤の成分又はセフェム系抗生素質に対し  
過敏症の既往歴のある患者。

#### 4. 次の愚者には慎重に投与すること

(1)ハニシリソ系抗生物質に対し過敏症の既往歴のある患者。(2)本人又は両親、兄弟に気管支喘息、発疹、蕁麻疹等のアレルギー症状を起こしやすい体质を有する患者。(3)高度の腎臓病のある患者。(4)蛋白攝取の不良な患者又は非経口栄養の患者、糖尿病者、全身状態の悪い患者(ビタミン欠乏症があらわれることがあるので観察を十分に行うこと。)

#### 5. 次の副作用があらわれることがある

(1)ショック：まれにショックを起こすことがあるので、観察を十分に行い、不快感、口内異常感、喘鳴、眩暈、便意、耳鳴、発汗等の異常が認められた場合には投与を中止し、適切な処置を行うこと。(2)過敏症：発疹、荨麻疹、紅斑、瘙痒、発熱、リンパ腺腫脹、関節痛等があらわれた場合には投与を中止し、適切な処置を行うこと。(3)腎臓：まれに急性腎不全等の重篤な腎障害。定期的に検査を行うなど観察を十分に行い、異常が認められた場合には、投与を中止し、適切な処置を行うこと。(4)血液：ときに貧血、顆粒球減少、好酸球增多、血小板減少、また、まれに溶血性貧血等。(5)肝臓：ときにGOT、GPT、AL-Pの上昇、また、まれに黄疸、LDH、 $\gamma$ -GTPの上昇等。(6)消化器：まれに偽膜性大腸炎等の血便を伴う重篤な大腸炎。腹痛、頻回の下痢があらわれた場合には直ちに投与を中止するなど適切な処置を行うこと。また、ときに悪心、下痢が、また、まれに嘔吐、食欲不振、腹痛等。(7)呼吸器：まれに発熱、咳嗽、呼吸困難、胸部X線異常、好酸球增多等を伴う間質性肺炎、PIE症候群等。

このような症状があらわれた場合には投与を中止し、副腎皮質ホルモン剤の投与等の適切な処置を行うこと。(8)中枢神経系：腎不全の患者に大量投与すると痙攣等を起こすことがある。

(9) 菌交代症：まれに口内炎、カンジダ症。

(II)ビタミン欠乏症：まれにビタミンK欠乏症（低プロトロンビン血症、出血傾向等）、ビタミンB群欠乏症（舌炎、口内炎、食欲不振、神経炎等）。(III)その他：まれにめまい、頭痛、倦怠感、しびれ感。

## 6. 妊婦への投与

妊娠中の投与に関する安全性は確立していないので、妊婦又は妊娠している可能性のある婦人には治療上の有益性が危険性を上まわると判断される場合にのみ投与すること。

## 7. 未熟児、新生児への投与

未熟児、新生児に対する安全性は確立していない。

### 8. 相互作用

類似化合物(他のセフェム系薬剤)とフロセミド等の利尿剤の併用による腎障害増強作用が報告されているので、併用する場合には腎機能に注意すること。

●用法・用量、その他の使用上の注意および筋注用の使用上の注意は、添付文書をご参照ください。



# PANSPORIN®



〔資料請求先〕  
**武田薬品工業株式会社**  
〒107-8356 東京都港区道後町2-3-3

大阪市中央区道修町2-3-6

(1991年7月作成:PAN 851-21)



実績が物語る。

合成セファロスポリン製剤 指<sup>要指</sup>  
**工ホセリn<sup>®</sup>**

静注用・筋注用・坐剤  
〈日抗基:セフチゾキシムナトリウム〉 ■健保適用

合成セファロスポリン 指<sup>要指</sup>  
**セファメジン<sup>®</sup>**

筋注用・注射用  
〈日抗基:注射用セファメジンナトリウム〉 ■健保適用

●功能・効果、用法・用量、使用上の注意は  
製品添付文書をご参照ください。

**フジサワ**  
大阪市中央区道修町3-4-7 〒541

資料請求先:藤沢薬品工業(株) 医薬事業本部

R.Z.B52

住友製薬



## 住友製薬の外用NSAIDシリーズ

# ⑯ インテバン<sup>®</sup> クリーム 外用液 貼付剤 カトレップ<sup>®</sup>

NSAID : nonsteroidal antiinflammatory drugs

### ●一般名 インドメタシン

### ●効能・効果

下記疾患並びに症状の鎮痛・消炎

筋肉痛、滑膜節周囲炎、外傷後の腫脹・疼痛、腱・腱鞘炎、腱周囲炎、上腕骨上顆炎（テニス肘等）、変形性関節症

### ●用法・用量

（インテバンクリーム）

症状により、適量を1日数回患部に塗擦する。

（インテバン外用液）

症状により、適量を1日数回患部に塗布する。

（カトレップ）

1日2回患部に貼付する。

### 使用上の注意

#### 1.一般的注意（インテバンクリーム・外用液・カトレップ）

(1)消炎鎮痛剤による治療は原因療法ではなく対症療法であることに留意すること。

(2)皮膚の感染症を不顕性化するおそれがあるので、感染を伴う炎症に対して用いる場合には適切な抗菌剤又は抗真菌剤を併用し、観察を十分行い慎重に投与すること。

(3)慢性疾患（変形性関節症等）に対し本剤を用いる場合には薬物療法以外の療法も考慮すること。

また患者の状態を十分観察し、副作用の発現に留意すること。

#### 2.次の患者には使用しないこと

（インテバンクリーム・外用液）

本剤に対して過敏症の既往歴のある患者

（カトレップ）

本剤又は他のインドメタシン製剤に対して過敏症の既往歴のある患者

#### 3.副作用

（インテバンクリーム・外用液）

皮膚：ときに瘙痒、発赤及び発疹が、また、まれに熱感、腫脹、乾燥感及びヒリヒリ感があらわれることがある。これらの症状が強い場合は使用を中止すること。

（カトレップ）

皮膚：ときに瘙痒、発赤、発疹、ヒリヒリ感及び腫脹があらわれることがある。これらの症状が強い場合は使用を中止すること。

■その他の使用上の注意、取扱い上の注意等については、添付文書をご一読ください。

カトレップ製造元 帝國製薬株式会社

### 薬価基準収載

資料請求先

住友製薬株式会社

〒541 大阪市中央区道修町2丁目2番8号

