—原 著—

Microsurgical technique による指神経縫合術 に関する臨床的研究

術後評価法を中心として

宇佐美 文章

日本医科大学整形外科科学教室 (主任: 白井康正教授)

Clinical investigations concerning the digital nerve suture using the microsurgical technique

With special reference to the evaluation of post-operative results

Fumiaki Usami

Department of Orthopedics, Nippon Medical School

During the four year and three month period between October, 1975 and January, 1980, the author at the Department of Orthopedics, Nippon Medical School studied the post-operative results achieved in patients with digital nerve injuries.

Forty-one patients had undergone microsurgical suture in digital nerve injuries, with 57 nerves and 62 digital pulps having been operated on.

There are seven methods available for assessing the recovery of sensation after an operation. These are: the von Frey hair test, two-point discrimination test (2PD), moving two-point discrimination test (m2PD), ridge test, letter test, self-assessment test by patient and the finger volume test. With the above methods of evaluation, the results described below were obtained, allowing the following conclusions to be drawn:

- 1) It was possible to measure the 2PD on 50 nerves, but no 2PD measurement was possible on 12 nerves. As far as the cases of sutured nerves were concerned, 15 nerves (62.5%) out of 24 showed 2PD lower than 8mm.

- 2) All the patients aged 15 years or less showed a complete recovery with a full return to normalcy.

- 3) Concerning those in whom it was possible to measure the 2PD response, it was found that there was a significant correlative relationship between ① the 2PD results and von Frey hair test, ② the 2PD results and the ridge test, ③ the 2PD results and the m2PD values, ④ the 2PD results and the finger volume test, respectively.

However, including the cases in which it was impossible to measure the 2PD, the von Frey hair test, the ridge test and the letter test were not suitable for assessing post-operative recovery of the digital nerves.

- 4) The finger volume test devised by the author was considered to be the only quantitative evaluation method among the techniques purporting to provide an objective assessment of sensory perception.

- 5) In the 2PD evaluation tests, it was possible to ascertain, though only in a small number of patients, that those patients who had shown favorable 2PD assessment results included a very few with a poor self-assessment of their recovery of sensation.

6) It is the author's contention that the recovery of the digital nerves should be assessed on the basis of an evaluation system integrating the following four test procedures: 2PD, m2 PD, patient's self-assessment and the finger volume test.

Key words: digital nerve injury, microsurgery, neurotaphy, nerve graft, evaluation of sensory recovery

緒 言

Jacobson¹⁾ により microsurgical technique が提唱され、Smith²⁾ によりそれを末梢神経修復へ応用する可能性が示されて以来、末梢神経損傷に対する修復方法は現在のところ従来までの macroscopic technique に代わって microsurgical technique を応用する方向に変わりつつある。手術用顕微鏡、微細な縫合針および縫合糸の開発により微小血管縫合も可能となり、この技術は末梢神経外科へと導入された³⁻⁵⁾。神経縫合術は epineurial suture から一步進んで、funicular pattern を正確に適合させる perineurial suture と interfascicular nerve graft の実施が可能となった⁶⁾。これらの術技の改良、進歩が良好な術後成績をもたらすかどうかは興味ある問題であろう。

術後成績の評価法としては、英国の Medical Research Council Report (M.R.C.R)⁷⁾ と米国手の外科学会の基準⁸⁾とがあり、microsurgical technique を用いて修復した正中神経、尺骨神経および橈骨神経損傷の治療成績では、運動および知覚回復ともに良い成績が報告されている⁹⁻¹¹⁾。しかし運動機能の回復の評価方法には患者の応答に頼らない客観的な方法があるが、前述した評価基準での知覚の評価方法は患者の応答に頼る two-point discrimination¹²⁾ (以下 2PD と略す) のみによって行われているのが現状である。術技の向上によって当然起こっていると考えられる知覚回復の質的向上を正しく評価する検査方法が要請される。

そこで著者は純粹の知覚神経である指神経損傷例に対して、microsurgical technique を用いて修復し、その術後成績の評価、分析を行った。方法は 2PD を含めた従来法に加えて、著者が新たに考案した finger volume test を取り入れた。その結果、finger volume test は知覚回復能の客観的検査法として有用であるとする興味ある知見を得たのでここに報告する。

研究対象および方法

(1) 研究対象

昭和 50 年 10 月～55 年 1 月までの 4 年 3 ヶ月間に、日本医科大学付属病院において指神経損傷の修復を行った症例中、直接検診により術後成績を調査しえた 41 例 57 神経を対象とした。術後経過期間は最短 13 ヶ月、最長 72 ヶ月で平均 36.8 ヶ月であり、男性 33 名、女性 8 名、手術時年齢は 5～67 歳で平均 30.6 歳であった。修復神経は固有掌側指神経 42 神経、総掌側指神経 15 神経である。総掌側指神経のうち末梢側で 1 本の固有掌側指神経と縫合したもの 10 神経、2 本の固有掌側指神経と縫合したもの 5 神経である。この 5 神経の詳細は正中神経終枝第 2 枝 1 例、第 3 枝 3 例、尺骨神経浅枝桡側枝 1 例で、それぞれ示指・中指、中指・環指ならびに環指・小指の対向側を支配する。したがって調査した桡側および尺側の指腹部の総数は修復総神経数より 5 ヶ所増えて 62 ヶ所となる。神経修復術の内容は縫合術 24 神経、移植術 33 神経で屈筋腱損傷を合併したものは 29 指であった。

(2) 修復方法

Zeiss 7 型手術用顕微鏡を使用し、6 ないし 10 倍の拡大下で指神経損傷部を展開した後、最小限度の神経剝離を行い損傷神経断端を新鮮化して健常な funiculus が出現する部位まで新鮮化を繰り返す。ここで遠位・近位指節間関節および中手指節関節伸展位で新鮮化した両側の神経断端を接近させる。縫合部に無理な緊張が加わる場合は神経縫合を断念して、後述する神経移植術に変更する。緊張なく神経断端が接近する条件下では、断面にある funicular pattern を正確に一致させるようにして、9-0 または 10-0 針付ナイロン糸で epineurium および perineurium に糸を通して、2 ないし 4 針の結節縫合を行う。手指を伸展位とし神経断端間の距離が 10 mm 以上の場合、原則として神経移植術を行う。移植神経は前腕内側皮神経を採取しこれを用いた。術後は肘関節 90° 屈曲位、手関節・中手指節関節軽度屈曲位、遠位・近位指節間関節伸展位で上腕から指尖までギプス固定を 3 週間行う¹³⁾。

(3) 検査方法

1) 既存の検査法

知覚回復能を評価するに当たり、従来法はいずれも

患者の主観的判断に基づいて行われた。これらの中から現在高い頻度で実施され、最も信頼されていると考えられる6項目の検査を実施した。

i. 触覚

von Frey hair (Semmes-Weinstein monofilament)¹⁴⁾を使用した。

ii. 2PD

津山の知覚計を使用した。

iii. Moving two-point discrimination (m2PD)

Dellon¹⁵⁾ の提唱した紙クリップを使用せず、2PDに使用した知覚計を使用した。

iv. Ridge test

Poppen¹⁶⁾ の使用した Aesthesiometer (Howmedica) は試作品であり入手不可能のため、Renfrew¹⁷⁾ の original ridge device を製作して使用した。

v. Letter test

Porter¹⁸⁾ の方法による。

vi. 自己評価

患者自身に損傷指を健側指と比較させ知覚回復の度を百分率で表現させ、日常生活上の機能障害の程度を記録した。

2) Finger volume test

正中神経損傷例では示指に、尺骨神経損傷例では小指に顕著な指の細小化、指腹部の萎縮が起こることは、従来から経験的事実として指摘されてきた。著者は指神経縫合術後、回復の良好な例では指腹部萎縮にも改善がみられる事実に着目し、以下に述べる finger volume test を施行した¹⁹⁾。方法は神経縫合術を行った指の指尖部の体積を計測し、健側指との体積比で示す。これによって知覚回復の表現の定量化を目指すものである。

i. 器具

内径 25×25×40 mm と内径 5×5×40 mm の透明なプラスチック製の容器を底面で内径 5×5×5 mm のプラスチック製の連絡路で交通するサイフォンを製作した。

ii. 計測法

被検指の指尖から distal finger crease までの距離をノギスで計測し、指尖を大きいほうの容器の底面に押しつけるように固定し、小さいほうの容器に付けた目盛りで計測距離に達するまでピペットで水を注入して finger volume を計測する。これを患指および健指でそれぞれ3回ずつ計測して、その平均値を計測値とし健側比を百分率で表した (Fig. 1)。

Fig. 1 Instruments and measuring techniques for the finger volume test

iii. 試作した器具の精度

金属円柱 1,570 mm³ に対し finger volume を計測すると同様の方法で10回計測を行い、測定値 1,580 ± 13.85 mm³ ($\bar{X} \pm SE$) を得た。指などの不定形物体の体積を生体で計測する方法としては満足しうる精度と考えられる。

iv. 健康人手指の finger volume

健康な成人男女 20 名について、それぞれ 10 指の finger volume を計測し、その左右差を調査した。20 名中 17 名は右利きで、3 名は両手利きであった。調査結果は健康人では対応する指の体積比を百分率で表すと、左/右では正常値 96.28 ± 14.20%，右/左では 104.42 ± 15.06% を得た。このことから非利き手側損傷では 82.08% 以下が、利き手側損傷では 89.36% 以下が不十分な回復と判定された。

v. 除外症例

遠位指節間関節の屈曲拘縮を合併した 13 指は計測が不正確であることから対象から除外した。

3) 指神経 block の併用

複数の検者による表現のパラツキを防止するため検者は著者一人に限定した。

触覚, 2PD, m2PD, ridge test では検査後, 両側固有指神経損傷例を除く全症例に対して, 健側指神経を 0.5% カルボカイン 1ml で基節骨基部を背側から掌側まで block して再検査した。これは健側からの sprouting, 神経の破格による影響を除外することによって修復神経の術後成績を正しく評価する目的であり, 上記の 4 項目の検査の数値は block 後のものを使用した。

結 果

1. 受傷から手術までの期間と 2PD の関係

受傷から手術までの期間と 2PD の可能な症例との間には Fig. 2 に示すごとく有意の相関関係は認められなかった。

2. 術後経過期間と 2PD の関係

いつごろ成績が固定化するかを調べる目的で, 術後経過期間と 2PD の可能な症例との関係について検討した。その結果は Fig. 3 に示すごとく有意の相関関係を認めなかった。しかし 2PD の成績良好例と成績不良例が術後 13~24 カ月の間に集中している事実を認めた。

3. 手術時年齢と 2PD の関係

手術時年齢と 2PD の可能な症例との間に Fig. 4

Fig. 2 The relationship between the period from the time of injury to the time of operation and the threshold value for two-point discrimination

に示すごとく有意の相関関係を認めた ($p < 0.01$).

15 歳以下の 5 症例の中で神経縫合を行った 4 症例では全例正常にまで回復しており, 残る 1 例の移植例でも 2PD が 6 mm と良好で若年者の回復が極めて良い事実を示した。16~39 歳までの症例群についてみると, 2PD が 10 mm 以下は 35 神経のうち縫合 9 神経, 移植 8 神経とほぼ半数を占めた。また 2PD が 11~14 mm を示したのは 11 神経で, この群の 80% が 2PD 14 mm 以下となり, 15 歳以下の症例群に次ぐ成績を示した。しかし 40 歳以上の症例群では 56 歳で 2PD が 4 mm を示した縫合例は例外的であって, 中高年者では成績は極めて悪かった。

Fig. 3 The relationship between the time elapsed after the operation and the threshold value for two-point discrimination

Fig. 4 The relationship between the patient's age at the time of operation and the threshold value for two-point discrimination

Fig. 5 The relationship between the presence/absence of concurrent flexor tendon injuries and the threshold value for two-point discrimination

Fig. 6 The relationship between the number of hairs in the von Frey hair test and the threshold value for two-point discrimination

4. 屈筋腱損傷の有無と 2PD の関係

当該指に屈筋腱損傷を合併した場合、術後成績に影響を及ぼすことが考えられる。そこで屈筋腱損傷の有無と 2PD の可能な症例との関係について検討した。その結果は Fig. 5 に示すごとく 2PD の平均値に有意の差を認めなかった ($p < 0.05$)。

5. Von Frey hair と 2PD の関係

Fig. 7 The relationship between ridge test results and the threshold value for two-point discrimination

von Frey hair と 2PD の可能な症例との間に Fig. 6 に示すごとく有意の相関関係が認められた ($p < 0.01$)。von Frey hair で No. 4 以下で 2PD が 5 mm 以下の正常範囲まで回復したのは小児の縫合 2 神経のみであった。しかし 2PD が 30 mm 以上の成績不良を示す 12 神経でも von Frey hair では No. 7 から No. 10 の回復を示している事実を認めた。

6. Ridge test と 2PD の関係

ridge の識別が可能な症例と 2PD の可能な症例との間に Fig. 7 に示すごとく有意の相関関係が認められた ($p < 0.01$)。ridge test で 25 mm 以下、2PD が 5 mm 以下を示した 6 神経は正常に近い回復と判定された。しかし 2PD が 6 mm から 10 mm の回復を示した 7 神経では ridge の識別が不可能である事実を認めた。

7. m2PD と 2PD の関係

m2PD の可能な症例と 2PD の可能な症例との間に Fig. 8 に示すごとく有意の相関関係が認められた ($p < 0.01$)。m2PD の値は 2PD の値の 1/2 から 1/3 の値を示した。また m2PD が不可能な症例はいずれも 2PD が 14 mm 以上の成績不良の症例であった。

8. Letter test と 2PD の関係

letter test と 2PD の可能な症例との間に Fig. 9 に示すごとく有意の相関関係が認められた ($p <$

Fig. 8 The relationship between moving two-point discrimination and the threshold value for two-point discrimination

Fig. 9 The relationship between the number of letters correctly identified by palpation and the threshold value for two-point discrimination

Fig. 10 The relationship between the patients' own self-assessment results and the threshold value for two-point discrimination

Fig. 11 The relationship between finger volume and the presence/absence of concurrent flexor tendon lesions in patients with digital nerve injury in the dominant hand digits

Fig. 12 The relationship between finger volume and the presence/absence of concurrent flexor tendon lesions in patients with digital nerve injury in the non-dominant hand digits

0.01). 両側固有指神経損傷例の中で 2PD が可能な症例では全例で letter test の正解率が零である事実を認めた。

9. 自己評価と 2PD の関係

自己評価と 2PD の可能な症例との間に Fig. 10 に示すごとく有意の相関関係が認められた ($p < 0.01$)。しかし 2PD が 6 mm 以下の成績良好と考えられる 14 神経の中で、寒冷時のシビレ感と不快な疼

Fig. 13 The relationship between the finger volume of patients with digital nerve injuries in the dominant hand digits and the threshold values for two-point discrimination

痛を訴えて自己評価が 60% 以下であった 6 神経が含まれていた。

10. Finger volume test について

(1) 屈筋腱損傷の有無と finger volume の関係

当該指に屈筋腱損傷を合併した場合、finger volume に影響を及ぼすことが考えられる。そこで屈筋腱損傷の有無と finger volume の関係について検討した。その結果は Fig. 11, 12 に示すごとく、利き手側損傷および非利き手側損傷の両群で finger volume の平均値に有意の差を認めなかった ($p < 0.05$)。

(2) Finger volume と 2PD の関係

finger volume と 2PD の可能な症例との間には利き手側損傷および非利き手側損傷の両群で Fig. 13, 14 に示すごとく有意の相関関係を認めた ($p < 0.05$)。なお利き手側損傷で 2PD が 30 mm 以上の成績不良症例で finger volume が 95% 以上を示した 2 症例は、letter test が全問正解の症例と指神経 block 前に 2PD が 10 mm を示した症例であった。

考 察

1. 従来の方法による治療成績とその評価法について

Bunnell²⁰⁾ は指神経縫合の治療成績を最初に報告している。その評価方法は cotton wool 法と pin-prick 法であった。その後 Shaffer ら²¹⁾、Larsen ら²²⁾ は 2 PD を加え、Stromberg ら²³⁾ はさらに発汗テスト、picking up test を追加し合計 5 項目の検査で評価を

Fig. 14 The relationship between the finger volume of patients with digital nerve injuries in the non-dominant hand digits and the threshold values for two-point discrimination

行った。Önne²⁴⁾ は症例を両側指神経損傷に限定し、さらに背側からの神経支配による overlap を除外する目的で、局麻剤による block を行って評価を行った。評価方法は 2PD、発汗テスト、自己評価、von Frey hair, five objective test の 5 項目であった。Honner ら²⁵⁾ は 74 例の指神経損傷に対し同意の得られた 28 神経に block を行い 2PD、自己評価、触覚、粗滑識別覚、letter test の 5 項目の検査を実施し、この結果を scoring system で評価し 27% の症例に good の成績を得ている。Poppen ら¹⁶⁾ は von Frey hair, 2 PD, ridge test を行い ridge test の有用性を報告した。

block を行って検査を実施した Önne²⁴⁾ と Poppen ら¹⁶⁾ の成績についてみると、2PD が 8 mm 以下となった症例数は Önne²⁴⁾ の 44 神経中 18 神経 (40.9%)、Poppen ら¹⁶⁾ の 74 神経中 15 神経 (20.3%) と成績差が大きい。しかしこの成績差は手術手技の優劣によるものではなく、諸家によって指摘され²²⁻²⁵⁾、本研究によっても認められているように、小児例に好成績が多い事実から、症例中に含まれる小児の症例数の差によるものと考えられる。

2. Microsurgical technique による治療成績について

Buncke²⁶⁾ は microsurgical technique を応用しての指神経修復の治療成績を報告している。方法は 2PD のみで健側指神経の block 併用例はない。2 例の移植例を含む 20 神経の修復中 2PD が 8 mm 以下を示

したものは 14 神経 (70%), 10 mm 以下では 17 神経 (85%) と極めて良い成績を発表している。

自験例での 2PD が可能なものは 50 神経, 不可能なものは 12 神経であった。このうち 2PD が 8 mm 以下は 19 神経 (30.6%), 2PD が 10 mm 以下は 25 神経 (40.3%) であった。神経縫合例にかぎれば 24 神経のうち 2PD が 8 mm 以下を示した例は 10 歳以下の 4 神経を含めて 15 神経 (62.5%) となり, 従来の方法による修復成績と比較して極めて良好な結果である。

3. 修復の時期と評価の時期について

primary suture と early secondary suture のいずれを選択すべきか論議の多い点である²⁷⁻³¹⁾。本研究では受傷から手術までの期間と 2PD の可能な症例との間には有意の相関関係は認められなかった。したがって primary suture に固執することなく, early secondary suture で良好な成績を期待しうるものと考えられた。

次に指神経修復後のいつごろ知覚の評価を行うのが適当かが問題となる。本研究では術後経過期間と 2PD の可能な症例との間に有意な相関関係は認められなかった。しかし 2PD の成績良好例と成績不良例が術後 13~24 カ月の間に集中し, それ以後に 2PD が著しく改善される傾向はないことから, 術後 1~2 年で回復は固定化すると考えられ評価の時期は術後 2 年以降が適当であると考えられた。

4. 既存の評価方法について

指神経修復の治療成績を評価する方法は, 検査時に被験者の応答に頼らない客観的な方法と応答に頼る方法とに分けることができる。前者には picking up test, five objective test, 発汗テスト, shrivelling test³²⁾, nerve conduction velocity が挙げられる。後者には 2PD, m2PD, von Frey hair, ridge test, letter test, vibration, 自己評価が含まれる。応答に頼らない検査方法の中で picking up test および five objective test は正中神経のみの運動と知覚回復の程度を知る有用な方法であるが, 正中神経以外の神経損傷の術後評価には適さない。また発汗テスト, shrivelling test, nerve conduction velocity は術後の知覚回復と関連しないことが知られている^{24, 33, 34)}。

一方, 応答に頼る検査方法の中で 2PD は Weber¹²⁾ が発表した古典的な方法であるが現在なお最も信頼さ

れている検査法で, Moberg²⁵⁾ によれば 2PD が 12 mm あるいは 15 mm 以下では tactile gnosis の存在する可能性が指摘されている。しかし最近では 2PD は指腹部の 10~20% を占める slowly-adapting mechanoreceptor の回復状態を反映するに過ぎないとの見解が一般的である³⁶⁾。

Dellon¹³⁾ は m2PD の有用性を提唱した。この検査方法は指腹部の 80~90% を占めている quickly-adapting mechanoreceptor の回復を反映する検査方法と考えられ, その測定値も従来の 2PD 値の 1/2 から 1/3 の低値を示し, しかも 2PD に先行して回復を示すことが指摘されている。本研究でも m2PD については Dellon¹³⁾ の指摘した事実が認められ有用な方法であると考えられた。

von Frey hair test は Weinstein¹⁴⁾ により改良された方法で slowly-adapting mechanoreceptor の回復を調べる方法である。本研究では 2PD の可能な症例との間に有意の相関関係を認めてはいるが, 2PD が 30 mm 以上の成績不良例でも von Frey hair で No. 7~10 の値を示す例が 12 神経もあり, tactile gnosis の存否の識別には不適當と考えられた。

ridge test は quickly-adapting mechanoreceptor の回復を評価する方法である。Poppen ら¹⁶⁾ は 2PD が 8~12 mm の値を示す症例での tactile gnosis の有無の判定に有用であると述べ, 本研究でも 2PD の可能な症例との間に有意の相関関係を認めた。しかし 2PD が良好な 5~10 mm を示した 25 神経のうち, 7 神経が ridge test で不良を示した事実は患者の主観に頼る検査方法での限界を示したものとといえよう。

letter test は Porter¹⁵⁾ により発表された quickly-adapting mechanoreceptor の回復を評価する方法とされている。Porter¹⁵⁾ によればこの test は 2PD と良く相関するとされ, 本研究でも有意の相関関係を認めた。ただし, 実施方法は原法に従って, 健側指神経の block をしないで行った。ところが block を施行してから letter test を行くと全例が正解率零を示した。この事実は片側の指神経が健常であれば, 患側の知覚能を補う機能を有すると考えられる。したがって本法は術後評価法として相対的, 実際の検査法であるが, 厳密な意味における知覚回復能の検査法ではないと解釈された。

vibration test については全例に実施したが, vibration を感知しえなかった症例は 1 例もなかった。指神経の固有知覚領野は狭く vibration は他の非損傷神経

によって感知される可能性が強い。したがって知覚回復を評価する方法としては不適当であると考えられた。

自己評価は Ötne²⁴⁾, Honner ら²⁵⁾によって採用された評価方法である。本研究では自己評価と 2PD の可能な症例とは有意の相関関係を示した。2PD での成績良好症例でも患者自身による評価が低いものが少数ながら存在する。その理由として寒冷時の疼痛を挙げるものが大部分を占めていた。また 2PD が 6mm と良好な症例で痛覚過敏を遺した症例が 1 例あり、自己評価を評価方法の中に含めるべきであると考えた。

5. Finger volume test について

末梢神経損傷後に手指あるいは足指の指腹部の萎縮³⁷⁾と爪の変形³⁸⁾が起こることが知られており、その形態および大きさの点で手指に著明である。正中神経損傷では示指の指腹部の萎縮が、尺骨神経損傷では小指の指腹部の萎縮が顕著となる。この理由として Doupe³⁹⁾は脱神経部の低温が組織の代謝を低下させることを挙げている。Sunderland³⁷⁾は正中神経損傷時に示指の指腹部の萎縮が目立つ理由として、拇指と中指にも萎縮は起こるが示指の形態がそれを強調すると述べている。Omer⁴⁰⁾は術後機能の評価方法の一つとして手部の体積を計測し、その浮腫の経時的変化によって治療効果を判定する方法を発表しているが具体的な数値の記載はない。臨床的に指腹部の萎縮を計測したのは Davis ら⁴¹⁾のみで 3 例の上肢末梢神経損傷患者の finger volume を術前に測定している。その計測方法は水を入れたメスシリンダーの中に患指の distal finger crease まで指を挿入させて、その前後の水位の変化から指腹部の体積を算出している。この計測方法を著者も追試したが誤差が多く正確な finger volume は得られなかった。著者は指神経修復症例の中の成績不良症例にも指腹部の萎縮が多く認められる事実に着目し、finger volume と 2PD との関係を前述した方法により調査した。

指神経損傷と同側の指動脈損傷を合併した場合、指尖部の血流量が減少し指腹部の萎縮と知覚回復の不良が予測される。Gelberman ら⁸⁾は切断指再接着術を実施した症例の指神経の知覚回復について報告している。この中で指尖部の血流量と 2PD について論じているが、指神経損傷と同側の指動脈損傷を合併している症例と 2PD との間には相関はなく、2PD は指全

体の血流量と相関することを指摘している。著者は解剖的な位置関係から屈筋腱損傷を合併した症例では当然指動脈損傷を伴うと考え、屈筋腱損傷の有無と 2PD の可能な症例との関係および屈筋腱損傷の有無と finger volume との関係を検討したが、2PD の平均値および finger volume の平均値に有意の差を認めなかった。このことから片側の指動脈損傷を合併しても指腹部の萎縮を惹起しないと判断した。本研究では finger volume は 2PD の可能な症例と有意の相関関係を示した。したがってこの検査方法は客観的知覚評価法の中で唯一の定量的表現法であると考えられた。

以上の結果から指神経修復の術後評価方法として slowly-adapting mechanoreceptor の回復状態を評価する方法としては 2PD が最適であり、quickly-adapting mechanoreceptor の回復状態の評価には m2PD が最適であると考えられ、客観的な検査方法としては finger volume test が唯一の方法と考えられた。しかし 2PD, m2PD, finger volume test での成績良好例でも寒冷時の疼痛や痛覚過敏を訴える症例が少ないながらも存在する事実を考慮して、術後評価方法に自己評価を加える必要があり、これらの 4 項目を総合して評価すべきであると考察された。

結 論

microsurgical technique により修復した指神経損傷 41 例 57 神経（神経縫合 24 神経、神経移植 33 神経）62 指腹部に対し、平均 36.8 ヶ月の術後経過時に直接検診によって術後評価を行った。評価方法は von Frey hair, 2PD, m2PD, ridge test, letter test, 自己評価, finger volume test の 7 項目である。なお上記 7 項目の検査のうち von Frey hair, 2PD, m2PD, ridge test は両側固有指神経損傷症例を除く全症例で、健側指神経を局麻剤で block して検査を行い次のような結論を得た。

1) 自験例の成績を 2PD で評価すると、これが可能なものは 50 神経、不可能なものは 12 神経であった。2PD 8mm 以下を示した神経数は神経縫合症例では 24 神経中 15 神経 (62.5%) となり、従来の macroscopic technique による成績と比較して極めて良好な結果が得られた。

2) 受傷から手術までの期間と 2PD の可能な症例との間には有意の相関関係は認められなかった。したがって primary suture を強調する根拠はなく early secondary suture で十分に良好な成績が得られると考

えられた。

3) 術後経過期間と 2PD の可能な症例との間には有意の相関関係は認められなかった。しかし成績良好例と不良例が術後13~24 ヶ月の間に集中し、それ以後に 2PD が著明に改善される傾向がないことから、術後評価の時期は術後2年以降が適当であると判断した。

4) 手術時年齢と 2PD の可能な症例との間には有意の相関関係を認めた。特に 15 歳以下で神経縫合を行った4症例は全例正常にまで回復し、若年者の回復が極めて良い事実を示した。

5) 片側指動脈損傷を伴っていると考えられる屈指腱損傷の合併の有無と 2PD の可能な症例および屈指腱損傷の合併の有無と finger volume との関係では、2PD および finger volume の平均値に有意の差を認めなかった。したがって片側指動脈損傷の合併は 2PD および finger volume に影響を及ぼさないと考えた。

6) 2PD が可能な症例では 2PD と von Frey hair, ridge test, m2PD, letter test, 自己評価, finger volume との間に有意の相関関係を認めた。しかしこれらの評価方法の中で、von Frey hair は 2PD が 30 mm 以上を示す 12 例の成績不良例でも No. 7~10 の値を示した。ridge test は 2PD で 5~10 mm の成績良好例と判定した 25 神経中 7 神経が成績不良を示した。letter test は非損傷側の指腹部を使用して文字の識別を行う例が大多数を占めていた。以上のことから von Frey hair, ridge test, letter test は指神経修復の術後評価法としては不適當であると考えた。

7) vibration を感知しえなかった症例は 1 例もなく、この検査法も術後評価法として不適當であると考えた。

8) 2PD は slowly-adapting mechanoreceptor の回復状態を、m2PD は quickly-adapting mechanoreceptor の回復状態を反映する極めて有用な評価法であると考えられた。

9) 著者が考案した finger volume test は客観的知覚評価法の中で唯一の定量的表現法であると考えられた。

10) 2PD, m2PD, finger volume test で良好な成績を示した症例でも、寒冷時の疼痛や痛覚過敏を後遺して、患者の知覚回復に対する自己評価が低い症例が少数ながら存在する事実を認めた。この点から自己評価を術後の評価方法に含めるべきであると考えた。

11) 2PD, m2PD, 自己評価, finger volume test

の4項目を総合して指神経修復の術後評価を行うべきであると考えた。

稿を終えるに際し、本研究に対し終始直接御指導頂きました池谷正之助教授に深謝いたします。また肥留川道雄講師をはじめ、御協力頂いた教職員各位に厚く御礼申し上げます。

なお、本論文の要旨は第 21, 25, 26 回日本手の外科学会総会(昭和 53, 57, 58 年)において発表した。

文 献

- 1) Jacobson, J.H.: Microsurgical technic in the repair of the traumatized extremity. Clin. Orthop., 29, 132~145, 1963.
- 2) Smith, J.W.: Microsurgery of peripheral nerves. Plast. Reconstr. Surg., 33, 317~329, 1964.
- 3) Edshage, S.: Peripheral nerve suture. Acta Chir. Scand. [Suppl.], 331, 1~104, 1964.
- 4) 石川文彦: 神経縫合法ことに Funicular suture 法に関する実験的研究。広島大医誌, 14, 359~384, 1966.
- 5) 後藤欣生: Funicular suture による自家神経移植の実験的研究。日外宝, 36, 478~494, 1967.
- 6) Millesi, H., Meissl, G., and Berger, A.: The interfascicular nerve-grafting of the median and ulnar nerves. J. Bone Joint Surg. [Am.], 54 A, 727~750, 1972.
- 7) Highet, W.B.: Peripheral nerve injuries. Nerve Injuries Committee of Medical Research Council. (Seddon, H.J. ed.), London, 1954.
- 8) Gelberman, R.H., Urbaniak, J.R., Bright, D.S., and Levin, L.S.: Digital sensibility following replantation. J. Hand Surg., 3, 313~319, 1978.
- 9) 伊藤鉄夫, 広谷速人, 後藤欣生, 田村清: Funicular suture による末梢神経損傷の治療。災害医学, 11, 16~27, 1967.
- 10) Millesi, H., Meissl, G., and Berger, A.: Further experience with interfascicular grafting of the median, ulnar and radial nerves. J. Bone Joint Surg. [Am.], 58 A, 209~218, 1976.
- 11) 宇佐美文章, 伊藤忠厚, 池谷正之, 肥留川道雄, 宮本久士, 古谷正博, 玉井健介: Microsurgical technique による上肢末梢神経縫合術の検討。整形外科, 29, 1514~1518, 1978.
- 12) Weber, E.: Ueber den Tastsinn. Arch. Anat. Physiol. Wissen. Med., 1, 152~159, 1835.
- 13) 池谷正之, 肥留川道雄, 宇佐美文章: 手指開放創における末梢神経。整外MOOK, 15, 139~148, 1980.
- 14) Weinstein, S.: Tactile sensitivity in the phalanges. Percept. Mot. Skills, 14, 351~354, 1962.
- 15) Dellon, A.L.: The moving two-point discrimination test; Clinical evaluation of the quickly adapting fiber/receptor system. J. Hand Surg., 3, 474~481, 1978.
- 16) Poppen, N.K., McCarroll, H.R., Doyle, J.R., and Niebauer, J.J.: Recovery of sensibility after suture of digital nerves. J. Hand Surg., 4, 212~226, 1979.
- 17) Renfrew, S.: Fingertip sensation; A routine neurological test. Lancet, I (7591), 396~397, 1969.
- 18) Porter, R.W.: New test for finger-tip sensation.

- Br. Med. J., 2 (5519), 927~928, 1966.
- 19) 宇佐美文章, 伊藤忠厚, 白井康正, 池谷正之, 肥留川道雄, 古谷正博, 武雅夫, 玉井健介, 菊地達之: 指神経損傷の治療成績: とくに術後評価法に関する検討. 整形外科, **33**, 1422~1426, 1982.
 - 20) Bunnell, S.: Surgery of the nerves of the hand. Surg. Gynecol. Obstet., **44**, 145~152, 1927.
 - 21) Shaffer, J.M., and Cleveland, F.: Delayed suture of sensory nerves of the hand. Ann. Surg., **131**, 556~563, 1950.
 - 22) Larsen, R.D., and Posh, J.L.: Nerve injuries in the upper extremity. Arch. Surg., **77**, 469~482, 1958.
 - 23) Stromberg, W.B., Mcfarlane, R.M., Bell, J.L., Koch, S.L., and Manson, M.L.: Injury of the median and ulnar nerves. J. Bone Joint Surg. [Am.], **43 A**, 717~730, 1961.
 - 24) Örne, L.: Recovery of sensibility and sudomotor activity in the hand after nerve suture. Acta. Chir. Scand. [Suppl.], **300**, 1~69, 1962.
 - 25) Honner, R., Fragiadakis, E.G., and Lamb, D.W.: An investigation of the factors affecting the results of digital nerve division. Hand, **2**, 21~30, 1970.
 - 26) Buncke, H.J.: Digital nerve repairs. Surg. Clin. North. Am., **52**, 1267~1285, 1972.
 - 27) Bristow, W.R.: Injuries of peripheral nerves in two World Wars. Br. J. Surg., **34**, 333~348, 1947.
 - 28) Sunderland, S.: Observations on the treatment of traumatic injuries of peripheral nerves. Br. J. Surg., **35**, 36~42, 1947.
 - 29) Grabb, W.C.: Median and ulnar nerve suture; An experimental study comparing primary and secondary repair in monkeys. J. Bone Joint Surg. [Am.], **50 A**, 964~972, 1968.
 - 30) Campbell, J.B.: Peripheral nerve repair. Clin. Neurosurg., **17**, 77~98, 1969.
 - 31) Omer, G.E.: Injuries to nerves of the upper extremity. J. Bone Joint Surg. [Am.], **56 A**, 1615~1624, 1974.
 - 32) O'Riain, S.: New and simple test of nerve function in hand. Br. Med. J., **3** (5881), 615~616, 1973.
 - 33) Phelps, P.E., and Walker, E.: Comparison of the finger wrinkling test results to established sensory test in peripheral nerve injury. Am. J. Occup. Ther., **31**, 565~572, 1977.
 - 34) Almquist, E., Washington, S., and Eeg-Olofsson, O.: Sensory-nerve-conduction velocity and two-point discrimination in sutured nerves. J. Bone Joint Surg. [Am.], **52 A**, 791~796, 1970.
 - 35) Moberg, E.: Criticism and study of method for examining sensibility in the hand. Neurology, **12**, 8~19, 1962.
 - 36) Dellon, A.L.: Evaluation of sensibility and re-education of sensation in the hand. p. 39, Williams & Wilkins, Baltimore, 1981.
 - 37) Sunderland, S.: Nerves and nerve injuries. 2nd ed., p. 476, Churchill Livingstone, Edinburgh, 1978.
 - 38) Sunderland, S., and Ray, L.J.: The effect of denervation on nail growth. J. Neurosurg. Psychiatr., **15**, 50~53, 1952.
 - 39) Doupe, J.: Studies in denervation; B-the circulation in denervated digits. J. Neurol. Psychiatr., **6**, 97~111, 1943.
 - 40) Omer, G.E.: Evaluation and reconstruction of the forearm and hand after acute traumatic peripheral nerve injuries. J. Bone Joint Surg. [Am.], **50 A**, 1454~1478, 1968.
 - 41) Davis, J., Pereyra, F., Mangano, V., and Guarino, O.: Objective test for evaluating hand sensation. Plast. Reconstr. Surg., **33**, 330~337, 1964.

(受付: 1983 年 11 月 12 日)