

—— 高橋記念賞受賞記念講演 ——

2018年5月26日：勝山館

## 手の巧緻性障害を伴う上肢末梢神経麻痺の 電気生理学的診断と治療に関する研究

東北労災病院 整形外科

信 田 進 吾



### 略 歴

- |         |                         |
|---------|-------------------------|
| 1983年3月 | 東北大学医学部卒業               |
| 4月      | 国立水戸病院臨床研修医             |
| 1988年9月 | 東北大学医学部整形外科医員           |
| 1992年7月 | 東北労災病院整形外科              |
| 1993年9月 | 米国テネシー大学キャンベルクリニック留学    |
| 1994年8月 | 塩釜掖済会病院整形外科部長           |
| 1997年9月 | 東北労災病院整形外科副部長           |
| 2004年4月 | 同 関節外科部長                |
| 2009年4月 | 同 整形外科部長                |
| 2012年4月 | 東北大学医学部臨床教授（外科 整形外科 担当） |

# 手の巧緻性障害を伴う上肢末梢神経麻痺の 電気生理学的診断と治療に関する研究

## Electrophysiological Diagnosis and Treatment for Peripheral Nerve Lesions in Upper Extremity with Damaged Hand Function

信 田 進 吾

東北労災病院 整形外科

### 1. 手の巧緻性障害とは

日常生活動作において手の巧緻運動は極めて重要である。食事で箸を使う、衣服の着脱時のボタンの付け外し、書字でペンを持つ、鍵を持つ、ビンやペットボトルの蓋の開閉、等は手の巧緻運動によって可能な動作である。これらの動作がし難く、または出来なくなることを手の巧緻性障害という。手の巧緻性障害が生じる疾患として、神経内科疾患、頸椎症性脊髄症・神経根症が挙げられるが、日常診療において最も多いのが上肢の末梢神経麻痺である。近年は外傷性腕神経叢麻痺が減少する一方で、正中神経麻痺・手根管症候群と尺骨神経麻痺・肘部管症候群は多くみられ、つまみ動作が障害される前骨間神経麻痺も時にみられる。筆者はこれらの末梢神経麻痺に対して、電気生理学的診断と治療法の研究を行って来た。

### 2. 手根管症候群の電気生理学的診断と治療

手根管症候群 (carpal tunnel syndrome: CTS) は日常診療上最も多い絞扼性神経障害であり、成人女性の3%が罹患すると言われる。手関節部の手根骨と屈筋支帯で構成される手根管内で手管内圧の上昇により正中神経が圧迫されて発症する。手の使い過ぎ、外傷、内分泌環境 (糖尿病、人工透析、妊娠、関節リウマチ等) により手管内での髄鞘滑膜炎から内圧が上昇する。正中神経支配領域のしびれと痛み、知覚障害が生じ、進行すると母指球筋 (短母指外転筋, abductor pollicis brevis: APB) の萎縮、母指対立運動障害から手の巧緻性障害となり QOL を著しく障害する (図 1)。CTS の正確な診断と治療方針の決定には電気生理学的診断が必須である。正中神経を手関節部で刺激し、

APB より複合筋活動電位 (compound muscle action potential: CMAP) を導出して、手根管部における伝導遅延 (遠位潜時: distal latency: DL の遅れ) を捉えることにより確定診断される。これは Simpson<sup>1)</sup> が初めて報告し、米国神経学会・電気診断学会による CTS の電気診断基準<sup>2)</sup> は APB-CMAP の DL > 4.4 ms (millisecond) である。重症例で APB-CMAP が導出不能ならば第 2 虫様筋 (second lumbrical: SL) より CMAP を導出して DL から確定診断できる<sup>3)</sup> (図 2)。CTS の重症度分類<sup>4)</sup> は、手のしびれと知覚障害のみ: Grade 1 (軽症)、母指球筋萎縮を伴う: Grade 2 (中等症)、母指対立運動障害を呈する: Grade 3 (重症) とする。

治療方針は手管内圧を下げることであり、Grade 1 と Grade 2 に対しては保存的治療 (消炎鎮痛薬、ビタミン剤、局所の挙上、ステロイド薬注射、手関節装具療法) が選択され、Grade 3 に対しては手術療法 (手根管開放術) が適応とされてきた。筆者は CTS の軽症・中等症を対象に手関節装具療法を行い、167 例 214 手の治療成績と電気生理学的所見を検討した。治療開始前の APB-DL が 8 ms 未満ならば 79% の症例 (110/140) に優・良の成績 (症状が完治、または気にならない程度のしびれの残存) を得たが、DL が 8 ms 以上ならば優・良の成績の比率は 62% (40/65) に有意に低下し、APB-DL が 8 ms 未満ならば手関節装具療法が奏効すると報告した<sup>5)</sup>。また、Grade 3 の重症例 46 例 50 手を対象に手根管開放術の成績と電気生理学的所見を検討した。術前に SL-DL が 10 ms 未満ならば手根管開放術により 65% の症例 (26/40) が完治し、母指対立運動の回復 (母指掌側外転角 40° 以上) は 88% (44/50) に得られたが、回復までに術後平均 7.4 カ月を要していた<sup>6)</sup>。従って術後早期に母指対立運動の回復を望む

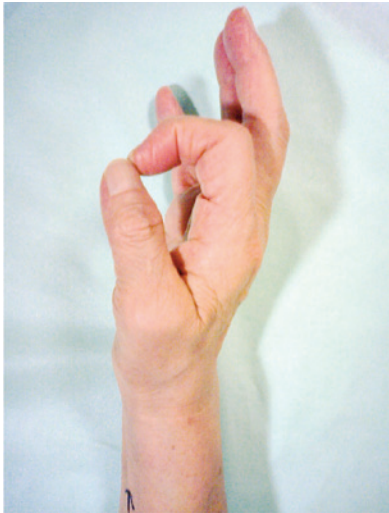


図1. 重度手根管症候群における母指対立運動障害を示す。  
母指掌側外転角は25度である。

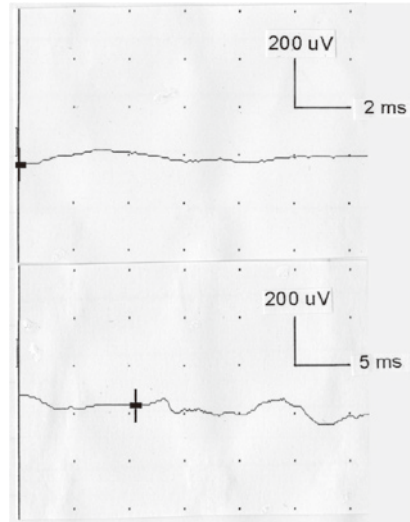
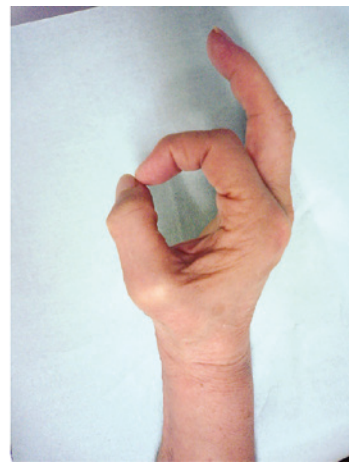


図2. 重度手根管症候群において、APB-CMAP（上段）は導出不能であるが、SL-CMAP（下段）が導出され、遠位潜時10.5 msと遅延し、振幅0.05 mVと低下を示す。



A



B

図3. A. 母指対立再建術（Camitz 変法：長掌筋腱を切離した屈筋支帯の孔を通して短母指外転筋腱へ移行・縫合する）  
B. 術後3カ月時、母指掌側外転角40度を獲得した。

ならば、一期的に母指対立再建術（図3）を行うことにより、術後3カ月の時点でピンチ力3 kg（平均値）と母指掌側外転40°が得られることを22例26手を対象として報告した<sup>7)</sup>。

### 3. 肘部管症候群の診断と治療

肘部管症候群は手根管症候群に次いで多い絞扼性神経障害であり、肘関節内側部で上腕骨内側上顆と肘頭間に張る絞扼靭帯（滑車上肘靭帯とOsborne靭帯）と腕尺関節内側部で構成される肘部管内を通過する尺骨神経が肘屈曲位で絞扼靭帯の緊張により圧迫されて

発症する。手の尺側のしびれと痛み、知覚障害、手内在筋萎縮と巧緻性障害により QOL を障害する。重症度分類は赤堀分類<sup>8)</sup>が有用であり、知覚障害のみ：1期、背側骨間筋萎縮あり：2期、筋力低下あり Froment 徴候陽性（紙を挟む動作で母指 IP 関節が屈曲する）：3期、小指の鉤爪変形あり：4期、小指の痛覚脱失：5期、と分類する。電気生理学的診断法は、インテンシング法により肘部周囲で尺骨神経を刺激して小指外転筋の CMAP を導出し、潜時の遅延により肘部管での伝導障害を捉えることで診断される<sup>9,10)</sup> (図 4)。重症例では小指外転筋-CMAP が導出不能となり、尺側手根屈筋より CMAP を導出し健側と比較して診断する<sup>3)</sup>。赤堀分類で 3 期以上の重症例には尺骨神経剥離術が適応であるが、変形性肘関節症<sup>11)</sup> や外傷性肘関節拘縮<sup>12)</sup> に伴うものはこれらの手術と併用して尺骨神経剥離術を行う。重症で小指外転筋-CMAP 導出不能例は尺骨神経剥離術後に 70% の症例で手内在筋筋力が回復せず、回復した症例も術後平均 19 カ月を要したので、重症例で術後早期に手内在筋筋力の回復を望むなら尺骨神経剥離術に加え一期的に示指外転機能再建術が適応であると報告した<sup>13)</sup>。手術は短母指伸筋腱を母指 MP 関節部で切離して第一背側骨間筋へ移行・縫合する Bruner 法を行った。重症例 16 例に対して Bruner 法を行い、術後平均 5 カ月で Froment 徴候が陰性となり (図 5)、術後早期につまみ筋力の回復が得られた<sup>14)</sup>。

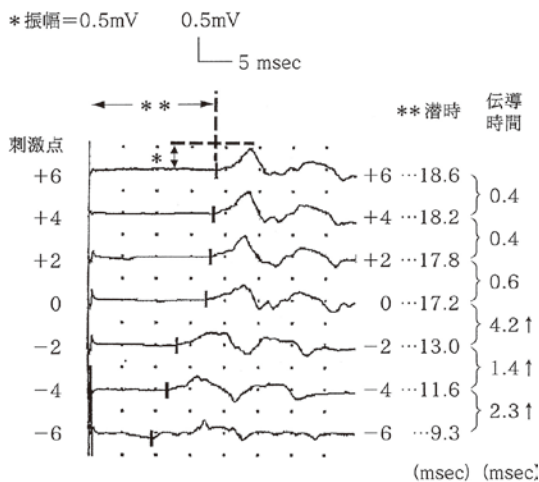


図 4. 肘部管症候群の電気生理学的診断法 (インテンシング法)。肘部周囲で尺骨神経を刺激して小指外転筋の CMAP を導出、0 点 (肘内側上顆部) から末梢 6 cm の肘部管部で伝導遅延を示す。

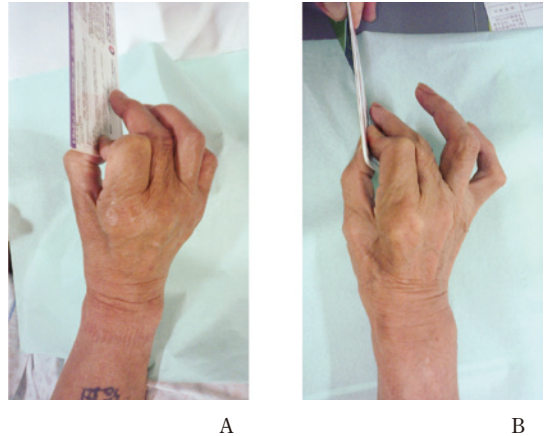


図 5. 80 歳男性、重度肘部管症候群。

A. 術前、Froment 徴候が陽性。

B. 示指外転機能再建術後 5 カ月、Froment 徴候が陰性化した。

#### 4. 前骨間神経麻痺の診断と治療

前骨間神経 (anterior interosseous nerve: AIN) 麻痺は母指・示指の屈曲が障害される稀な末梢神経麻痺である (図 6)。Parsonage ら<sup>15)</sup>、Kiloh ら<sup>16)</sup> が神経炎として報告して以来多くの症例報告がある。特発性の AIN 麻痺は発症の前駆症状として上肢痛を高頻度に認め、多くは 1 年後に自然回復が見込まれるが病態は未だに不明である。内因性の麻痺・mononeuritis と考えられているが、AIN は肘関節前方で浅指屈筋中枢の腱性アーチの背側に入る所で正中神経より分岐する運動神経束であり、アーチでの圧迫も原因といわれる。AIN 麻痺では知覚障害はなく長母指屈筋 (flexor pollicis longus: FPL)、示指深指屈筋、方形回内筋 (pronator



図 6. 右手の前骨間神経麻痺で、母指と示指の屈曲障害 (つまみ動作の障害) を示す。



quadratus: PQ) の麻痺が生じる。電気生理学的に AIN 支配筋 (PQ, FPL) の針筋電図検査で神経原性変化 (線維自発電位, 陽性鋭波) を確認することにより診断されるが, 針筋電図では AIN の伝導障害を確認できず, 針電極の刺入操作が神経血管損傷の危険を伴う。そこで筆者は AIN の神経伝導検査を行い, 麻痺の経過と電気生理学的所見の分析を行った。Mysiwr<sup>17)</sup>, Foley ら<sup>18)</sup> の報告した表面電極を用いた PQ-CMAP の導出と, Craft ら<sup>19)</sup>, Vucic ら<sup>20)</sup> の報告した表面電極による FPL-CMAP の導出を行った (図 7)。23 例の特発性 AIN 麻痺を対象とし, 20 例が麻痺の前駆症状として上肢の疼痛を伴っていた。1 例のみ展開手術を行い, 22 例は経過観察のみである。20 名の健常例の計測値から得た左右差の正常値をもとに潜時の遅延と振幅の低下を判定した。23 例全例に PQ-CMAP 及び, 又は FPL-CMAP の潜時の遅延又は振幅の低下を認め, 正常範囲は 1 例もなかった。PQ-及び FPL-CMAP の分析により本疾患の確定診断が 100% 可能であることを世界で初めて報告した<sup>21,22)</sup>。平均 13 カ月の経過観察の結果, 麻痺の完治が 11 例, 改善が 11 例, 不変が 1 例であった。完治又は改善の 22 例における麻痺の発症から回復徴候までの期間は平均 6 カ月 (2-13) であった。PQ-CMAP の振幅低下は PQ 筋力低下群 (12 例, -2.93 mV) が筋力正常群 (11 例, -1.56) と比べて有意に大きく (図 8), 潜時は差がなく, FPL 筋力と FPL-CMAP の関連も同様であった。神経生理学的に振幅低下は軸索変性を反映し, 麻痺の発症

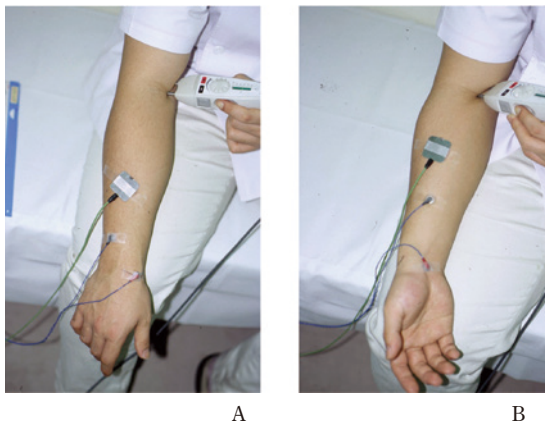


図 7. 前骨間神経麻痺の電気生理学的診断法。  
 A. PQ-CMAP の導出法。関電極を前腕背側・手関節部の中枢 5 cm に置き, 不関電極を手関節部に置いて, 肘部で正中神経に最大上刺激を加える。  
 B. FPL-CMAP の導出法。関電極を前腕掌側・遠位・橈側 2/3 の部位に置き, 不関電極を手関節部に置く。

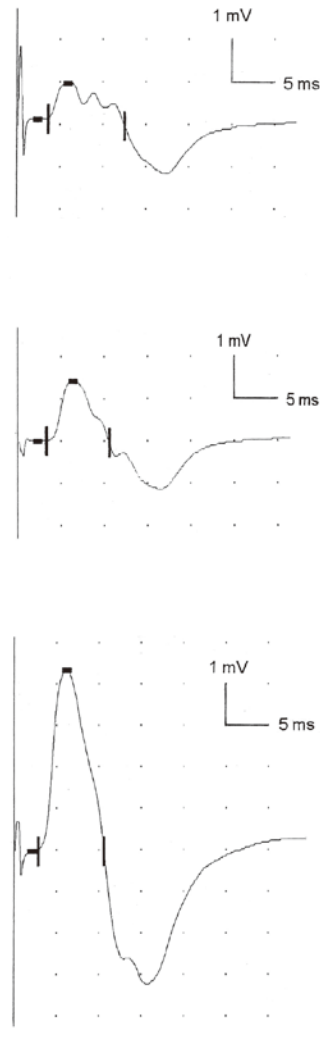


図 8. 69 歳女性, 前骨間神経麻痺の PQ-CMAP。  
 A. 初回検査で潜時 3.5 ms, 振幅 0.8 mV と低下していた。  
 B. 19 カ月後, 潜時 3.0 ms, 振幅 1.2 mV と改善した。  
 C. 健側は潜時 2.7 ms, 振幅 4.4 mV である。

から回復徴候までの期間 (2-13 カ月; 60-400 日) は軸索再生 (1 mm/日) に要した期間と考えられるので, AIN 麻痺は FPL の motor point (前腕中枢部) の中枢 6-40 cm, 即ち肘の中枢から腕神経叢での AIN 神経束の軸索変性が病態で Neuralgic Amyotrophy の 1 型と推定され, 多くは自然回復が見込まれるので手術適応はないと報告した<sup>21,22)</sup>。

稿を終えるにあたり, 東北大学整形外科・井樋栄二

教授, 東北労災病院・佐藤克巳名誉院長, 東北労災病院医局・武田浩美氏, 渡部由美氏に深謝します。

## 文 献

- 1) Simpson, J.A. (1956) Electrical signs in the diagnosis of carpal tunnel and related syndromes. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.*, **19**, 275-280.
- 2) Jablecki, C.K., Andary, M.T., Floeter, M.K., et al. (2002) Plactice parameter : Electrodiagnostic studies in carpal tunnel syndrome. Report of the American Association of Electrodiagnostic Medicine, American Academy of Neurology, and the American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation. *Neurology*, **58**, 1589-1592.
- 3) 信田進吾 (2008) 電気生理学一般. 整形・災害外科, **51**, 687-694.
- 4) 浜田良機, 井手隆俊, 山口利仁ほか (1986) 手根管症候群の治療法について. 日手会誌, **3**, 167-170.
- 5) Nobuta, S., Sato, K., Nakagawa, T., et al. (2008) Effects of wrist splinting for carpal tunnel syndrome and motor nerve conduction measurements. *Ups. J. Med. Sci.*, **113**(2), 181-192.
- 6) Nobuta, S., Sato, K., Komatsu, T., et al. (2005) Clinical results in severe carpal tunnel syndrome and motor nerve conduction studies. *J. Orthop. Sci.*, **10**, 22-26.
- 7) Nobuta, S., Sato, K. and Itoi, E. (2017) Effects of Modified Camitz Opponensplasty to Restore Thumb Opposition for Severe Carpal Tunnel Syndrome. *Int. J. Phys. Med. Rehabil.*, **5**, 444, open access journal.
- 8) 赤堀 治 (1986) 肘部管症候群. 整形・災害外科, **29**, 1745-1751.
- 9) 宮坂芳典, 桜井 実, 飯田 剛ほか (1990) INCHING 法による上肢の末梢神経局在病変の検索. 臨床整形外科, **25**, 137-144.
- 10) Nobuta, S., Sato, K., Komatsu, T., et al. (2001) Compound Muscle Action Potentials and Prognosis at Surgery in Cubital Tunnel Syndrome. *J. Jpn. Soc. Surg. Hand.*, **18**(5), 740-745.
- 11) Nobuta, S., Sato, K. and Itoi, E. (2016) Long-term Results of Ulnohumeral Arthroplasty for Symptomatic Elbow Osteoarthritis. *J. Arthritis.*, **5**, 196, open access journal.
- 12) Nobuta, S., Sato, K., Kasama, F., et al. (2008) Open elbow arthrolysis for post-traumatic elbow contracture. *Ups. J. Med. Sci.*, **113**(1), 95-102.
- 13) Nobuta, S., Sato, K., Kasama, F., et al. (2007) Clinical results of tendon transfer to restore abduction of the index finger for severe cubital tunnel syndrome. *Jpn. J. Occup. Med. Traumatol.*, **55** (2), 100-104.
- 14) Nobuta, S., Sato, K., Kanazawa, K., et al. (2009) Effects of tendon transfer to restore index finger abduction for severe cubital tunnel syndrome. *Ups. J. Med. Sci.*, **114**(2), 95-99.
- 15) Parsonage, M.J. and Turner, J.W. (1948) Neuralgic amyotrophy; the shoulder-girdle syndrome. *Lancet*, **1**, 973-978.
- 16) Kiloh, L.G. and Nevin, S. (1952) Isolated neuritis of the anterior interosseous nerve. *Br. Med. J.*, **1**, 850-851.
- 17) Mysiw, W.J. and Colachis, S.C. (1988) Electrophysiologic study of the anterior interosseous nerve. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.*, **67**, 50-54.
- 18) Foley, B.S., Roslonski, E.T. and Buschbacher, R.M. (2006) Reference values for median nerve conduction to the pronator quadratus. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, **87**, 88-91.
- 19) Craft, S., Currier, D.P. and Nelson, R.M. (1977) Motor conduction of the anterior interosseous nerve. *Phys. Ther.*, **57**, 1143-1147.
- 20) Vucic, S. and Yiannikas, C. (2007) Anterior interosseous nerve conduction study: Normative data. *Muscle Nerve*, **35**, 119-121.
- 21) Nobuta, S. (2010) Nerve conduction measurements for anterior interosseous nerve palsy. *Clin. Neurophysiol.*, **121**, Suppl 1, S291.
- 22) Nobuta, S., Sato, K. and Itoi, E. (2017) Retrospective Analysis of Anterior Interosseous Nerve Lesions and Motor Nerve Conduction Measurements. *J. Neurol. Neurophysiol.*, **8**, 411, open access journal.