

特集「筋電図の覚醒：筋電図はもっと役に立つ！もっと使える！」



長谷川和重

筋電図はもっと役に立つ・もっと使える — 整形外科・手外科の立場から —

長谷川和重

要旨 整形外科医が神経伝導検査・針筋電図 (NCS/EMG) を必要とする4つの場面, 1) 神経縫合や神経再建術後の神経再支配の評価, 2) 機能再建術の必要性の判断の指標としての末梢神経麻痺の重症度判定, 3) 末梢神経麻痺の鑑別診断, 4) 軽症CTSのSNAP所見, について述べた。整形外科医がNCS/EMGを行う最大の利点は, 治療効果や重症度を治療者自身が評価, 判断できるという点であり, その情報がただちに患者の治療方針にフィードバックされるので極めて有用である。NCS/EMGは神経学的所見を裏付ける機能診断であり, 画像診断では得られない情報が得られるので, 整形外科医も積極的に活用すべきである。

はじめに

整形外科医・手外科医の中で末梢神経を扱うことが多い医師であっても, 自分で神経伝導検査・針筋電図 (以下NCS/EMG) を行う医師は決して多くはないと思われる。学会発表を聞いていると, 演者の多くは臨床検査技師や非整形外科医の行ったNCSを判読して (判読してもらって?) 診療に役立てている場合が多いのではないかと感じている。

筆者は整形外科専門医取得後に大学の神経筋外来を担当することになったことをきっかけに, 卒後10年目から電気生理学的検査への取り組みを本格的に開始した。また臨床神経生理学会関連のセミナーや, NCS/EMGを術者自らが行う先生方との出会いから大きな影響を受けた¹⁾。現在は月10~20件程度のNCS/EMGを行い, 自分の手術症例の検査はすべて自分で検査を行っている。以上を踏まえ, 整形外科医がNCS/EMGを必要とする場面4つについて, 自験症例を提示しながら述べる。

1. 神経縫合や神経再建術後の神経再支配の評価

閉鎖性外傷の場合は術前にもNCS/EMGを評価し

ておき, 術後の経過と対比する。手術後3か月頃より, 月1回程度針筋電図で麻痺筋の運動単位電位 (MUP) の出現の有無を観察する。MUPの出現 (神経再支配) を確認できた瞬間には, 患者さんと喜びを共有できる。経時的に評価を行うことで回復の状態を判定し, 回復不十分の際は機能再建術も考慮する。腕神経叢麻痺に対する肋間神経-筋皮神経の交叉縫合術では, 受傷から手術までの期間, 受傷から術後MUPが出現するまでの期間と最終筋力が関連することが報告されている²⁾。全型腕神経叢麻痺に肋間神経交叉縫合術を行った自験例を提示する。

症例1: 24歳男性

主訴: 右上肢の感覚がない, 動かない

現病歴: バイク運転中に交差点で乗用車と衝突受傷して搬送された。右上肢の血行障害と麻痺が明らかで, 緊急手術となり, 鎖骨下動脈断裂に対して人工血管を用いた血行再建術が行われた。緊急手術の途中から筆者も手術に参加し, C5-Th1 rootが椎間孔から引き抜かれ, 神経修復は不能であることを確認した (図1a)。

臨床経過: 肘屈曲と知覚再建を目的として, 肋間神経交叉縫合術を受傷後3か月で行った。第3, 4肋間神経を剥離挙上して, 顕微鏡下に筋皮神経に縫合した

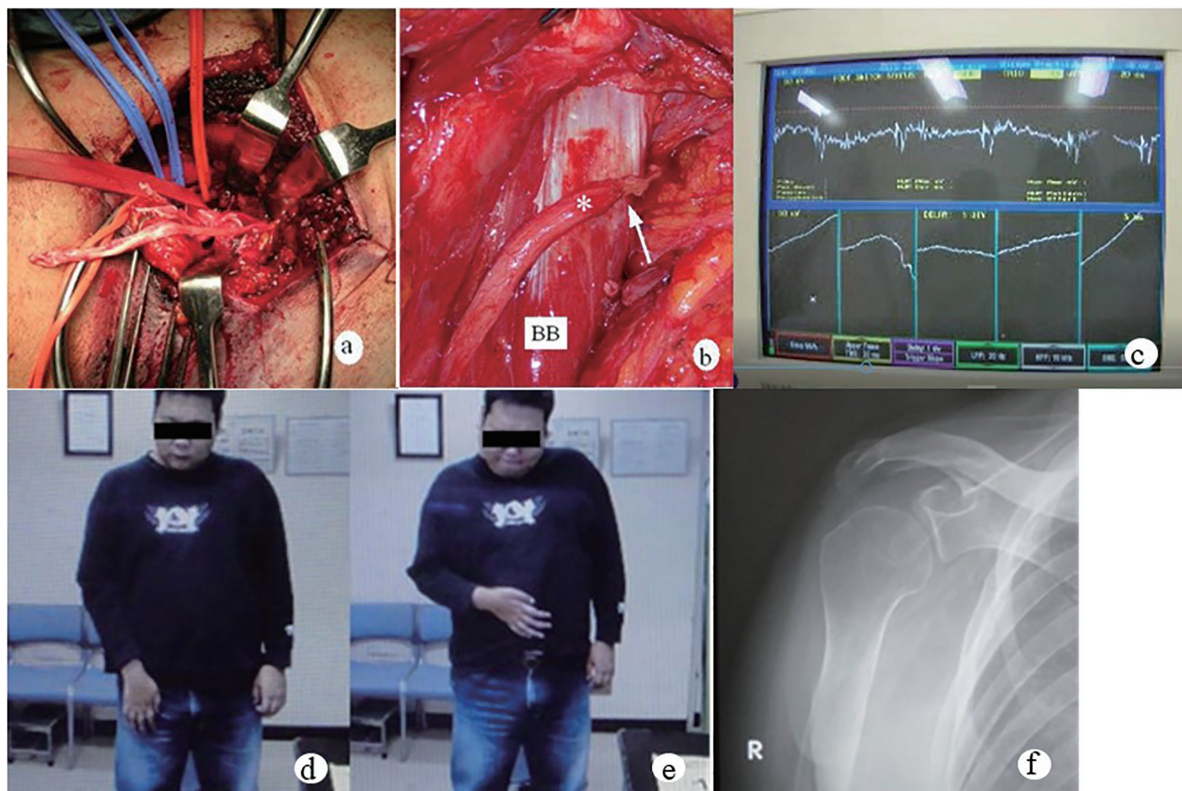


図1 症例1 全型腕神経叢損傷 (28歳男性)

- 受傷時手術所見。C5~Th1 根の引き抜き損傷が確認された。
- 肋間神経交叉縫合術。第3, 4 肋間神経内側枝と筋皮神経を縫合した。白矢印: 肋間神経との縫合部, * 筋皮神経, BB: 上腕二頭筋。
- 術後10か月の上腕二頭筋 (肘屈曲時) のMUP。
- e. 術後4年の肘自動屈曲の状態。
- 術後4年の単純X線肩関節正面像。

(図1b)。術後8か月で上腕二頭筋から針筋電図で再支配電位が出現した (図1c)。表面筋電図を用いたBio-feedbackを併用してリハビリテーションを行った。肘関節自動屈曲は術後2年で50°, 3年で80°, 4年で90°まで可能になった (図1d, e)。前腕外側の知覚が獲得され, 上腕二頭筋が効いているので肩関節の下垂, 亜脱臼はない (図1f)。

考察: 血管損傷を伴う全型節前損傷である本症例は腕神経叢損傷の中でも再建が最も困難であり, 肋間神経交叉縫合術による肘屈曲再建術がほぼ唯一の再建法と考えられる。本例は15年位前の, 私の肋間神経交叉縫合術第1例目の症例である。肘が曲がるようになっても有用な上肢になるわけではないが, 少しでも動きと知覚を持たせて安定化した上肢にしようということで手術を行った。術後3か月から月1回, 針筋電図検査を行い再支配電位の有無を確認した。術後6か月の

時点でも神経再支配が確認できなかった。以後の検査時には, 患者さんに回復しなかったといつ宣告すべきかを考えながら検査を行っていたので, 再支配電位が確認できた時の気持ちは感無量であった。神経再建を行い筋電図で再支配を確認するという末梢神経外科の醍醐味を経験することができた症例であった。

2. 機能再建術の必要性の判断の指標としての末梢神経麻痺の重症度判定

絞扼性神経障害 (手根管症候群: CTS, 肘部管症候群: CuTS) は手術による圧迫の解除で改善する場合が多い疾患であるが, 時に回復不良な症例を経験する。2L (第2虫様筋)-CMAP (複合筋活動電位) はAPB (短母指外転筋)-CMAP 導出不能の重症CTSにおいても高率に導出可能で, 診断や術後予後予測に有用とされている^{3,4)}。Nobutaら⁴⁾は術前の2L-CMAPの遠位潜時

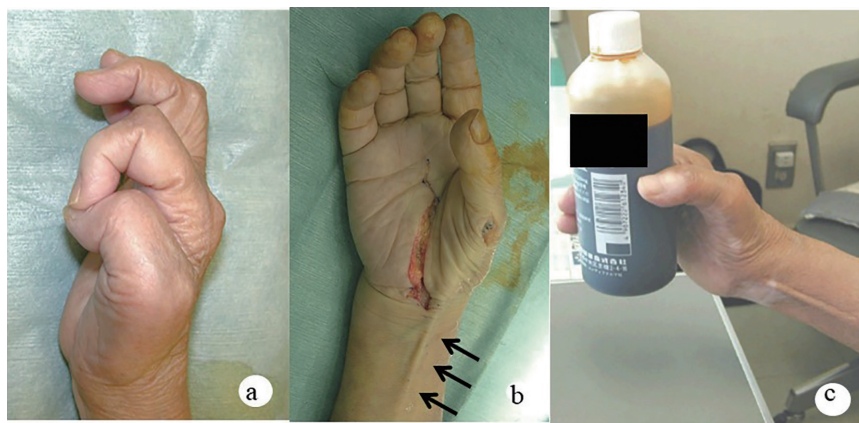


図2 母指対立障害と機能再建術

- a. 重度手根管症候群による母指対立障害。母指球筋の萎縮が高度である。
- b. 長掌筋腱移行による母指対立機能再建術（Camitz法）。移行腱（黒矢印）で母指対立機能を再建した。
- c. 術後の状態。つまみ、把持動作が可能になった。

が10 ms以上の症例は予後不良と報告した。自験例では70歳以上のAPB-CMAP導出不能の重度CTS 25例において2L-CMAPの振幅が0.5 mV未満の症例の術後12か月時のAPB筋力のMMTは全例が4以下で回復が不良であった⁵⁾。また、2L-CMAP導出不能の超重症CTS 20例の術後12か月時のAPB-CMAP振幅の平均は0.7 mVであり、有用な筋力と考えられる2 mV³⁾に達したものはわずか3例（15%）で、8例（40%）で全く回復しなかった⁶⁾。

母指球筋麻痺に対する母指対立機能再建手術は整形外科では一般的な手術であり有用である（図2 a-c）手根管開放手術と同時に（1期的に）母指対立機能再建手術を行う基準に関しては、母指対立障害を伴い、APB-CMAPが導出不能の重症例に行うことが考慮されるが、APB筋力が回復する場合も結構あるので必要性が少ないと考える医師もいる。NCSからみた1期的母指対立機能再建術の適応については前述のような議論があるが、臨床経過が長く、特に高齢者の場合、CTSにおいては2L-CMAP導出不能、CuTSにおいてもADM-CMAP導出不能であれば1年後の回復が不良の場合が多く、神経の手術と同時に母指対立機能再建手術を考慮している。

重度CTS（図2 a）については長掌筋腱を用いた母指対立機能再建術（図2 b）、重度CuTSに対しては長母指外転筋腱を用いた示指外転機能再建術（Neviaser法）を行っている。

3. 末梢神経麻痺の鑑別診断

片側上肢の疼痛、しびれ（+麻痺）は整形外科外来で日常的に出会う症候である。頸椎疾患と考えて対応することが多いが、CTS、CuTSも結構多い。これまでに手根管症候群であるのに頸椎を手術された例、その逆の例を診療する機会があり、患者への説明に苦慮するとともにどうすればよかったのかという思いを強く持った。以来、頸椎疾患と末梢神経疾患との鑑別に対して積極的に取り組んでいる。

しびれ、疼痛のみの場合は臨床診断で障害部位を特定しにくい場合がある。誘発テストが参考になるが、これのみで手術の適応とするのは個人的には躊躇してしまう。誘発テストの手技、陽性とする基準が医師によって幅があることが1つの理由である。一方、明らかな麻痺がある場合には、不可逆性になる前に整形外科的に手術の適応を検討すべき場合が多いと考えられる。

末梢神経麻痺の鑑別診断において、臨床所見では徒手筋力テスト（MMT）が最重要と考えている。筋力低下を判定し、その分布が、髄節性であるのか、特定の末梢神経に沿っているのか、を検討することが頸椎疾患と末梢神経疾患との鑑別の本質と考えるからである。一方、MMTによる筋力低下は特に手指の場合には熟練が必要である。MMTがBrake testであることを理解し、手指の場合は指先に力を加えると筋力正常であっても動いてしまうので、指では基節部、母指ではMP関節部に力を加えて評価することがポイントであ

る^{7,8)}。MMTを丁寧に正確に行い、臨床所見と神経解剖学に照らし合わせて検討することで、臨床的に頸椎疾患とCTS、CuTSとの鑑別は可能である(表1)。

頸椎疾患とCTS、CuTSとの鑑別には知覚神経活動電位(sensory nerve action potential: SNAP)が有用である。末梢神経は、脊髓前根と後根が合して椎間孔を出たあとに神経根となるが、知覚神経細胞は椎間孔より近位の後根神経節(dorsal root ganglion: DRG)に存在する。頸椎疾患はDRGより近位の障害(節前障害)であり、DRGが温存されているため、SNAPが正常に導出される。一方、椎間孔より遠位の病変(末梢神経障害: 節後障害)はDRGより遠位の障害で知覚神経線維も障害されるため、SNAPは低下~消失する。このことを利用して、頸椎疾患とCTS、CuTSの鑑別が

表1 CTS, CuTSと頸椎症(C8根症)との鑑別(文献7)から引用

	CTS	CuTS	C8 root lesion
● EDC	N	N	↓
● ADM	N	↓	↓
● FDI	N	↓	↓
● APB	↓	N	↓
● FDP	NNNN	NNN ↓	↓↓↓↓↓
・ Median SNAP	↓	正常	正常
・ Ulnar SNAP	正常	↓	正常

CTSでは手関節以遠の正中神経支配筋、CuTSでは肘部以遠の尺骨神経支配筋、C8神経根障害ではC8髄節支配筋の筋力低下を確認する。CTS、CuTSでは当該神経のSNAPが低下~消失する。C8神経根障害は節前障害であるのでSNAPは保たれる。N:正常(MMT5)。

明瞭となる(表1)。ただし、SNAPはCMAPに比べて小さな波形で技術的な影響も受けやすく、解釈にはその点を加味した判断が必要である。

4. 軽症CTSのSNAP所見について

環指橈側半分は正中神経支配、尺側半分は尺骨神経支配である。臨床的な環指知覚の橈尺側分離(ring finger splitting: RFS)は頸椎症由来の髄節性の障害では理論的に起こらず、RFSは末梢神経障害の所見であり極めて重要な所見である。CTSでは環指の正中神経SNAPが低下するが、尺骨神経のSNAPは正常であり、SNAPでRFSを客観的に示すことができる。CTSの神経障害は正中神経の辺縁から中心へ進行することを示唆する報告¹⁰⁻¹²⁾があり、このことが環指法の有用性と関連する。また重度CTSにおいて、APB-CMAPに比べて2L-CMAPが保たれやすいことが知られており^{4,13,14)}、このこともCTSの神経障害が辺縁から中心と進行することを支持すると考える。

自験例の中指環指のしびれのみを訴えるCTS症例のNCS波形を示す。正中神経SNAPは前述の考察のごとく環指で最も低下し、中指、示指の順に保たれていることがわかる(図3)。本症例ではAPB-DLの遅延が5.0msで軽度のCTSであるが、環指法でのSNAP波形は橈尺側の差が明瞭である。環指法は正中神経の最も早期に障害される部位と正常な尺骨神経との差を見る検査と考えられ、軽症CTSの診断に非常に有用である。

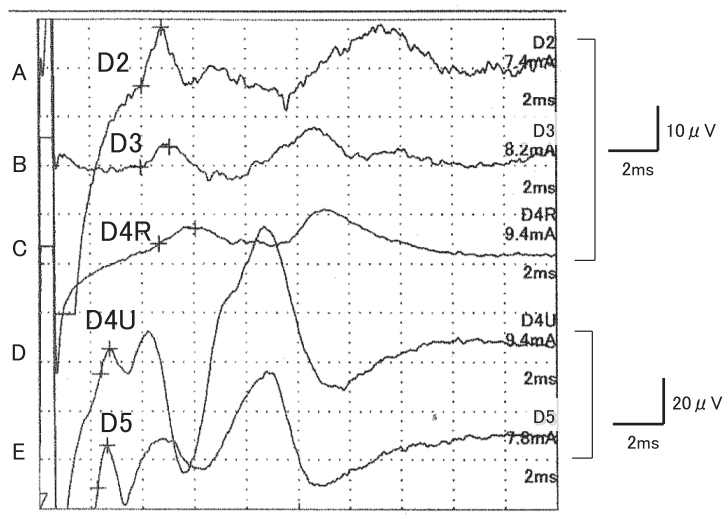


図3 CTS症例 59歳女性(文献9)から引用
中指環指しびれ感のみ

逆行性SNAP波形を示す。D2:示指, D3:中指, D4R:環指橈側, D4U:環指尺側, D5:小指。SCVはD2:35 m/s, D3:28 m/s, D4R:28 m/s, D4U:58 m/s, D5:61 m/sであった。環指において正中神経支配のD4Rの波形が著減し尺骨神経支配のD4Uは正常である(環指法)。また、自覚的しびれのないD2も低下しており、D3, D4R尺側ほど振幅の低下が著しい。

おわりに

整形外科医がNCS/EMGを行う最大の利点は、治療効果や重症度を治療者自身が評価、判断できるという点である。その情報はただちに患者の治療方針にフィードバックされる点で極めて有用である。また臨床所見や経過と常に照らし合わせることができるため、治療者の臨床能力も確実に向上する。MMTを中心とした臨床所見をとり、NCS/EMGも自分で行うことはやや手間はかかるが、患者さんとのコミュニケーションを含めて得るものは極めて多い。画像診断の偏重が叫ばれる昨今、整形外科医が機能診断であるNCS/EMGにもっと興味を持ち、使いこなして頂きたいと願う次第である。

文献

- 1) 乗上 啓：脊椎・末梢神経外科において電気生理検査が役立つ場面とは—針筋電図を中心に—。臨床脳波 49: 562-569, 2007.
- 2) Nagano A, Tsuyama N, Ochiai N, et al: Direct nerve crossing with the intercostal nerve to treat avulsion injuries of the brachial plexus. *J Hand Surg Am* 14: 980-985, 1989.
- 3) Kamiya H, Kimura M, Hoshino S, et al: Prognosis of severe carpal tunnel syndrome with absent compound muscle action potential. *Muscle Nerve* 54: 427-431, 2016.
- 4) Nobuta S, Sato K, Komatsu T, et al: Clinical results in severe carpal tunnel syndrome and motor nerve conduction studies. *J Orthop Sci* 10: 22-26, 2005.
- 5) 長谷川和重, 佐々木大蔵, 松原吉宏：70歳以上の重度手根管症候群に対する小皮切開放術の治療成績～第2虫様筋複合筋活動電位との関連性～。日手会誌 24: 716-719, 2008.
- 6) 長谷川和重, 松原吉宏, 林 耕宇ら：短母指外転筋 CMAP 導出不能の重度手根管症候群の術後成績～術前第2虫様筋 CMAP 所見との関連性～。日手会誌 36(1): P18-5, 2019.
- 7) 長谷川和重：頸椎疾患との鑑別を要した上肢絞扼性神経障害の臨床例～徒手筋力テストと神経伝導検査を用いた診療の実際～。脊椎脊髄ジャーナル 31: 97-105, 2018.
- 8) 園生雅弘：MMT・針筋電図ガイドブック。中外医学社, 東京, p 5, 2018.
- 9) 長谷川和重：上肢神経伝導検査の実際～末梢神経疾患と頸椎疾患の鑑別への応用のポイント～。脊椎脊髄ジャーナル 32: 509-517, 2019.
- 10) Hasegawa K, Matsubara Y, Miyasaka Y: Diversity of finger numbness in carpal tunnel syndrome: Incidence, distribution, and nerve conduction study. 日手会誌 23: 762-766, 2006.
- 11) 冲永修二, 柴田圭一, 山本精三ら：手根管症候群における知覚症状の発症過程—中指環指のシビレ感の診断的価値について—。日手会誌 6: 369-372, 1989.
- 12) Uncini A, Muzio DI, Awad J, et al: Sensitivity of three median-to-ulnar comparative tests in diagnosis of mild carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 16: 1366-1373. 1993.
- 13) Logigian EL, Busis NA, Berger AR, et al: Lumbrical sparing in carpal tunnel syndrome. *Neurology* 37: 1499-1505, 1987.
- 14) 白石仁志, 佐藤勤也, 鈴木孝宏ら：手根管症候群における第2虫様筋の電気生理学のおよび解剖学的検討。日手会誌 8: 269-272, 1991.