重度手根管症候群に対する治療成績の予測因子 —手掌部刺激による神経伝導検査の有用性—

Clinical Predictors of the Surgical Outcome of Severe Carpal Tunnel Syndrome : The Utility of Palmar Stimulation in a Nerve Conduction Study

佐々木 雄一^{*1} 寺 尾 亨^{*1} 齋藤 江美子^{*1} 中山 陽 介^{*1}
府 賀 道 康^{*1} 加 藤 直 樹^{*2} 谷 諭^{*2} 村 山 雄 一^{*2}

Yuichi Sasaki, M.D.^{*1}, Tohru Terao, M.D.^{*1}, Emiko Saito^{*1}, Yosuke Nakayama, M.D.^{*1},
Michiyasu Fuga, M.D.^{*1}, Naoki Kato, M.D.^{*2}, Satoshi Tani, M.D.^{*2}, Yuichi Murayama, M.D.^{*2}

Abstract

Objective : Carpal tunnel syndrome (CTS) is the most common entrapment neuropathy and can be effectively treated via surgery. However, the predictors for outcomes after surgery require further elucidation. CTS was diagnosed by nerve conduction study (NCS), and its severity was classified using a scale from 0 to 6 (Bland's classification). This study aimed to identify the utility of the palmar stimulation in a nerve conduction study in patients with severe CTS (Grades 5 and 6) and the relationship between Bland's grading score and the clinical outcome.

Methods : A total of 67 patients (96 hands) diagnosed with CTS (Grade 3 and more) between April 2014 and April 2018 underwent surgery at our hospital, among which 33 patients (47 hands) were diagnosed with severe CTS (Grade 5 and 6) and were included in this study. NCS was performed initially and 6 months after the surgery, particularly focusing on the median palmar compound muscle action potential (CMAP) amplitude and the sensory nerve action potential (SNAP) amplitude; furthermore, axonal degeneration was evaluated using the palmar CMAP/SNAP amplitudes. A simple questionnaire with a five-point rating scale was also administered 6 months after surgery, and improvements in the grading scale score were compared with the clinical outcome.

Result : Among the 47 hands (85%), 40 demonstrated a significantly improved grading scale score (Grade 1 to 4 after surgery), while the remaining (7 hands, 15%) did not (Grade 5 or 6 after surgery). The palmar CMAP/SNAP amplitudes of the non-improvement group had reduced considerably or had disappeared completely compared with those of the improvement group ($p < 0.05$, Wilcoxon rank-sum test), and the five-point rating scale was poorer in the non-improvement group than in the improvement group.

Conclusion : In this study, the median palmar CMAP/SNAP amplitudes were associated with axonal degeneration, with the most important factors being related to an improvement in the grading scale score and prediction of the clinical outcomes.

(Received : March 20, 2019 ; accepted : July 16, 2019)

Key words

carpal tunnel syndrome, nerve conduction study, Bland's classification, surgical treatment, axonal degeneration

^{*1} 厚木市立病院脳神経外科 / Department of Neurosurgery, Atsugi City Hospital

連絡先 : 〒243-8588 厚木市水引 1-16-36 厚木市立病院脳神経外科 佐々木雄一 [Address reprint requests to : Yuichi Sasaki, M.D., Department of Neurosurgery, Atsugi City Hospital, 1-16-36 Mizuhiki, Atsugi-shi, Kanagawa 243-8588, Japan]

^{*2} 東京慈恵会医科大学脳神経外科 / Department of Neurosurgery, The Jikei University Hospital

Fig. 1 Nerve conduction study (NCS) in carpal tunnel syndrome

- ① : The motor NCS results are recorded with a surface electrode on abductor pollicis brevis (APB) by stimulating the median nerve at the wrist and elbow.
- ② : The sensory nerve conduction study (SCS) outcomes are recorded with a surface electrode from the second finger by stimulating the median nerve at the wrist and elbow.
- ③ : The compound muscle action potential (CMAP) is recorded with a surface electrode from the second lumbrical and the first palmar interosseous by stimulating the median nerve and the ulnar nerve.
- ④ : The sensory nerve action potential (SNAP) is recorded with a surface electrode on the fourth finger by stimulating the median nerve and ulnar nerve.
- ⑤ : The CMAP is recorded with a surface electrode on APB by stimulating the median nerve at the wrist and the palmar region.
- ⑥ : The SNAP is recorded with a surface electrode on the third finger by stimulating the median nerve at the wrist and the palmar region.

St Median : stimulation of the median nerve

St Ulnar : stimulation of the ulnar nerve

はじめに

手根管症候群 (carpal tunnel syndrome : CTS) は、絞扼性末梢神経疾患の中で最も頻度が高く、これまで外科的治療の有用性が報告されているが^{1,2)}、外科的治療後の症状改善の予測因子に関して確立された見解はない。われわれは CTS の診断において神経伝導検査 (nerve conduction study : NCS) を行い、一般的な評価項目に加えて手掌の刺激による複合筋活動電位 (compound muscle action potential : CMAP)、複合感覚神経電位 (sensory nerve action potential : SNAP) を測定しており、手首と手掌の CMAP、SNAP の振幅の比較を行うことで伝導ブロックや軸索変性の程度を評価している。本評価を施行することは、重症 CTS 症例における臨床症状の改善の程度を術前に予測するうえで重要と考えたため報告する。

対象と方法

1 当院における CTS の診断と治療適応

われわれは臨床症状、誘発テストなどから CTS と疑診した症例に対して全例に NCS を施行している^{3,4)}。当院での NCS の手順は以下の通りである (Fig. 1)。検査方法①において CMAP の終末潜時 (terminal latency : TL) 4.0 ms 以上の遅延、②において感覚神経伝導速度 (sensory nerve conduction velocity : SCV) 50 m/s 以下、および③④において正中神経の運動および感覚神経の TL が尺骨神経に比べ 0.4 ms 以上の延長の際に CTS と診断としている。さらに、検査方法⑤⑥において正中神経の手掌部を刺激し CMAP、SNAP の振幅を測定して、手首および手掌の振幅の比較を行うことで、運動および感覚神経の脱髄の状態 (伝導ブロック)、残存軸索数の評価を行っている⁵⁾。同一検査技師 (E.S) が NCS を測定し、Bland の分類を用いて重症度分類を行っている (Table 1)⁶⁾。

Table 1 Bland's Classification (cited from reference 6)

Grade	Judge	Findings
0	Normal	Normal
1	Very mild	Abnormal only with most sensitive tests
2	Mild	DSL (W-F) or SCV (W-F) extended, DML normal
3	Moderate	DML ≤ 6.5 ms, SNAP preserved
4	Severe	DML ≤ 6.5 ms, SNAP absent
5	Very severe	DML > 6.5 ms
6	Extremely severe	CMAP < 0.2 mV

DSL (W-F) : distal sensory latency on finger/wrist, SCV (W-F) : sensory conduction velocity on finger/wrist, SNAP : sensory nerve action potential, DML : distal motor latency to abductor pollicis brevis, CMAP : compound muscle action potential

Table 2 Comparison of the pre-operative and post-operative grading scale scores in the Improvement group

Score : pre-op	Score : post-op	Number
5	1	1
	2	2
	3	22
	4	4
6	3	9
	4	2

Pre-op : pre-operation, Post-op : post-operation

保存的治療に対して改善を認めず、Bland 分類で運動神経に障害をきたしている Grade 3 以上の症例に対して当院では手術を施行している。特に Grade 5 および 6 の症例では短母指外転筋 (abductor pollicis brevis : APB) を支配する運動神経の重度の障害を認めており、保存的治療の継続で APB の萎縮をきたす可能性があるため、当方から手術を勧めている。

2 当院における CTS の手術方法

当院では全例拡大鏡下で手術を行っている。タニケットでの上腕締結後、1%エピネフリン入りリドカインの局所皮膚麻酔下で手術を開始する。皮膚切開として、35 mm 程度の遠位手根線を超えない正中縦切開および近位側で尺側に 10 mm 程度の横切開を追加している。長掌筋腱膜を左右に剝離し、その下の屈筋支帯を確認する。屈筋支帯の厚みや石灰化の有無を確認後、正中神経の損傷に注意し屈筋支帯を遠位側から近位側に向かって切開する。近位部では屈筋支帯が厚く石灰化を有することがあるため、近位側術野を十分に展開し屈筋支帯の近位側を切り残さないことに注意している。遠位側の切開の目安は神経周囲の脂肪組織までとしている。十分な正中神経の除圧を確認後、タニケットによる圧迫を解除し、周囲の止血を行い、4-0 ナイロン糸によるマットレス縫合で閉創する⁷⁾。

3 対象と方法

当院で 2014 年 4 月～2018 年 4 月の間に手根管開放術を行った CTS 患者 67 例 (男性 : 女性 = 18 : 49, 平均年齢 67.0 ± 12.3 歳), 96 手 (右 : 左 = 55 : 41) のうち、術前 Bland 分類 Grade 5, 6 で、手術 6 カ月後に NCS を施行した 33 例 (男性 : 女性 = 9 : 24, 平均年齢 66.2 ± 12.5 歳), 47 手 (右 : 左 = 29 : 18) を対象とした。同一術者 (T.T) が手術を行い、手術 6 カ月後に NCS を施行し、術前後の Bland 分類の変化を評価した。術前の Bland 分類 Grade 5, 6 のうち、術後 Grade 1～4 へとスコアの改善を認めたものをスコア改善群、一方で術後のスコアが Grade 5, 6 のままで改善に乏しい症例をスコア非改善群と定義し、それぞれの術前の手掌の CMAP および SNAP の振幅を比較した。また、本研究では術前に手指のしびれの程度、APB の萎縮の有無、母指対立運動障害の有無を評価し、術後患者に臨床症状の変化に関するアンケート調査を行い⁸⁾、患者の症状が術前と比較して 5 つの項目 (Cured, Much better, Better, Unchanged, Worse) のいずれに該当するかを手術後 6 カ月の時点で回答していただいた。これらをもとに、術前後の Bland 分類の変化と臨床症状改善の程度の相関を検討した。統計学的解析として、Wilcoxon rank sum test を用いた。p 値が 0.05 未満を統計学的有意とし、数値は平均 ± 標準偏差で記載した。

結 果

全例で手指のしびれは改善したが、その程度は術前の Bland 分類の重症度により個人差を認めた。手術による合併症は認めなかった。Bland 分類 Grade 5, 6 のうち術後 Grade 1～4 へと改善を認めたスコア改善群は 40/47 手 (男性 : 女性 = 6 : 23, 平均年齢 64.8 ± 12.3 歳) であった (Table 2)。一方、術後のスコアが Grade 5, 6 と改善に乏しいスコア非改善群は 7/47 手 (男性 : 女性 = 3 : 3, 平

Table 3 Comparison of the pre-operative and post-operative grading scale scores in the Non-improvement group

Case	Score pre-op	Wrist amp pre-op		Palmar amp pre-op		Score post-op
		CMAP	(mV)/SNAP (μ V)	CMAP	(mV)/SNAP (μ V)	
74 y M	5		0.38/null		0.36/null	5
81 y M	6		Null/null		Null/null	5
81 y M	6		Null/null		Null/4.5	5
62 y F	6		Null/null		1.8/null	6
61 y F	6		0.09/null		2.8/null	5
91 y F	6		Null/null		Null/null	6
68 y M	6		Null/null		3.6/null	6

M : male, F : female, mV : millivolts, μ V : microvolts, pre-op : pre-operation, post-op : post-operation, amp : amplitude, CMAP : compound muscle action potential, SNAP : sensory nerve action potential

Fig. 2 Comparison of compound muscle action potential (CMAP)/sensory nerve action potential (SNAP) amplitudes recorded by stimulating the palmar region before surgery between the Improvement group and the Non-improvement group

The palmar CMAP/SNAP amplitudes of the Non-improvement group are severely reduced or have disappeared compared with those of the Improvement group ($p < 0.05$, Wilcoxon rank-sum test).

Table 4 Result of the questionnaire with a five-point rating scale after surgery

	Cured	Much better	Better	Unchanged	Worse
Improvement group (n = 40)	21 (53%)	11 (27%)	8 (20%)	0	0
Non-improvement group (n = 7)	0	0	7 (100%)	0	0

均年齢 74.0 ± 10.3 歳)であり, Grade 6→6 (3手), Grade 6→5 (3手), Grade 5→5 (1手)であった. これらのスコア非改善群の7手の術前の手掌の CMAP, SNAP の振幅の評価では, CMAP に関して3手で測定不能であり, 4手で極度に低下していた. また, SNAP に関して6手で測定不能であり, 1手で極度に低下していた (Table 3). スコア改善群とスコア非改善群の術前の手掌の CMAP および SNAP の振幅を比較すると, スコア改善群では有意差をもって CMAP および SNAP の振幅が高値で

あった ($p < 0.05$) (Fig. 2).

また, 臨床症状のアンケート調査の結果を Table 4 に提示する. スコア改善群では 80% の症例で症状消失, あるいは著明な改善が得られた. 一方, スコア非改善群では, ある程度の症状の改善が得られるものの症状改善に乏しい結果であり, スコア改善の程度と臨床症状改善の程度は相関していた. スコア改善群では, 17/40 手 (43%) で APB の萎縮, 母指対立運動障害を伴っていたのに対して, スコア非改善群では, 5/7 手 (71%) で APB

の萎縮，母指対立運動障害を伴っていた。

■ 考 察

外科的治療後の臨床症状の改善に関する予測因子につき検討した報告として，Katz ら⁹⁾は喫煙歴，飲酒歴，高齢，長期の罹患期間，男性，夜間の症状がある，複数の症状を有している，などが症状改善の不良因子であると報告しており，Conzen ら¹⁰⁾は，術前からの母指球筋の萎縮の有無を CTS 手術後の臨床症状改善の予測因子として挙げている。また，Jansen ら¹¹⁾は，ばね指の合併，尺骨神経の neuropathy の合併，母指手根中手関節症や手首の関節症の合併は，症状改善の予測因子になり得るとしている。上述したように，術後の症状改善の予測因子を検討する報告においては一定の見解を得ておらず客観性に乏しいものであり，本研究のように，単一因子での症状改善の予測因子を検討する報告は，渉猟する限りでは存在しなかった。

NCS における軸索変性の評価と機能予後に関して，Caetano¹²⁾が手首の刺激および手掌の刺激による SNAP の振幅を比較することで軸索変性の重症度を評価している。同報告の中では，手掌刺激による SNAP の振幅において 36.6 μ V 以上を正常，36.6 μ V 未満あるいは消失を異常とした場合，重症 CTS 症例では 100%が異常という結果であった。ただし，手掌での CMAP の測定に関しては技術的な煩雑さから施行されておらず，あくまで SNAP の軸索変性の程度と機能予後に関しての論述であった。本研究では SNAP および CMAP の評価も行い，外科的治療後の臨床症状の改善因子に関して考察した。結果として，スコア非改善群では術前の SNAP および CMAP の振幅の極度の低下，あるいは消失の程度が術後の臨床成績に相関していたため，術前の電気生理評価と術後の症状改善の相関性を証明することが可能であった。

また，Bland 分類では，NCS の評価項目に関して手首の刺激による評価のみで重症度を分類し手掌刺激の要素を含んでいない。しかし，手掌の刺激による CMAP，SNAP の振幅測定は，手掌より末梢の残存軸索数の指標となるため有用である。本研究から，スコア非改善群では手掌より末梢での残存軸索数が減少し術前より APB の萎縮を伴っている例が多く，このことが手術による除圧後も臨床症状の改善度が低い要因と考えた。一方で，手掌での CMAP，SNAP の振幅の低下がなければ手掌より末梢での軸索が残存しており，術後の運動・感覚神経線維の髄鞘再生，神経再支配による機能的および器質的

な回復により，Bland スコアおよび臨床症状の改善が期待できる。よって，手掌での CMAP，SNAP の振幅を評価することは，術前のインフォームドコンセントにおける術後の臨床症状の改善度や治療意義の提示などにも有用であると考えられた。

■ 結 語

本研究から，手掌の刺激による CMAP/SNAP の振幅は正中神経の残存軸索数を反映しており，手術による NCS のスコア改善，臨床所見の改善の予測因子になり得ると考えられた。

本論文の主旨は，第 33 回日本脊髄外科学会で発表した。

利益相反開示

著者全員は，日本脳神経外科学会への COI 自己申告を完了しています。

本論文に関して開示すべき COI はありません。

文 献

- 1) Gerritsen AA, de Vet HC, Scholten RJ, et al : Splinting vs surgery in the treatment of carpal tunnel syndrome : a randomized controlled trial. *JAMA* 288 : 1245-1251, 2002
- 2) Jarvik JG, Comstock BA, Kliot M, et al : Surgery versus non-surgical therapy for carpal tunnel syndrome : a randomised parallel-group trial. *Lancet* 374 : 1074-1081, 2009
- 3) 内藤貴文：絞扼性神経障害。平澤泰介（編）：新図説臨床整形外科講座 6 前腕，手。東京，メジカルビュー社，1995，pp90-99
- 4) Kwon BC, Jung KI, Baek GH : Comparison of sonography and electrodiagnostic testing in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg Am* 33 : 65-71, 2008
- 5) 木村 淳，幸原伸夫：神経伝導検査と筋電図を学ぶ人のために。東京，医学書院，2003，pp113-120
- 6) Bland JD : A neurophysiological grading scale for carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 23 : 1280-1283, 2000
- 7) 寺尾 亨，金 景成（編著）：外来で診る！手足のしびれ・痛み診療。東京，日本医事新報社，2017，pp67-75
- 8) Bland JD : Do nerve conduction studies predict the outcome of carpal tunnel decompression? *Muscle Nerve* 24 : 935-940, 2001
- 9) Katz JN, Keller RB, Fossel AH, et al : Predictors of return to work following carpal tunnel syndrome. *Am J Ind Med* 31 : 85-91, 1997
- 10) Conzen C, Conzen M, Rübsamen N, et al : Predictors of the patient-centered outcomes of surgical carpal tunnel release—a prospective cohort study. *BMC Musculoskelet Disord* 17 : 190, 2016
- 11) Jansen MC, Evers S, Slijper HP, et al : Predicting clinical outcome after surgical treatment in patients with carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg Am* 43 : 1098-1106, 2018
- 12) Caetano MR : Axonal degeneration in association with carpal tunnel syndrome. *Arq Neuropsiquiatr* 61 : 48-50, 2003