

特別寄稿： 末梢神経伝導検査についての問題事項

－ 手根管症候群の術前検査として両側の神経伝導検査が必要とされ、
その電気刺激により両側の神経障害性疼痛を来した自験例－

佐藤 暢

はじめに

人体で神経系の機能を試験するには、該当する神経系の生理的刺激での閾値測定するのが適切である。例えば、光刺激についての視力検査、音刺激についての聴覚検査などである。皮膚の触覚については、触毛検査や Aesthesiometer、2 点識別検査などもある¹⁾。一方で、非生理的な刺激ではあるが通電による疼痛検査は便利であるので普及している。これについては「人体に直接通電した時に感知する痛みの閾値では、角膜が一番に感度が良くて $20\mu\text{A}$ 、次に舌端が $40\mu\text{A}$ 、更に上腕皮膚上で 1mA である。(途中略) 電流の周波数が高くなると細胞膜にかかる電圧が減少するので刺激作用が減少し、電流は人体表面を流れやすくなり、皮膚での熱作用となる。」との記載がある²⁾。一方、 $50\sim 60\text{Hz}$ 辺りの交流感電が最も危険で、 10mA で我慢できないほどのビリビリ痛、 20mA で痙攣を起し呼吸困難、 50mA でも生命の危険があると一般に知られている。

そもそも、生体内の神経細胞における生理的な電気現象は、生きた細胞膜を隔てた内外での Na/K イオンなどの電解質濃淡電池によるもので、単一の神経細胞 (neuron) の軸索 (axon) における電気的情報伝導の特徴であり、これには自己への傷害性はない。他方で、人体に電流を人為的に流すことは、生理的ではなくて、電流が過剰になるとその刺激も過剰になり、障害を与えるが、それを予知させるのが通電時の独特なビリビリ疼痛である。

直流矩形波は刺激電流を一定電流に調節して行う便利な方法で、基礎・臨床医学での電気生理



写真 1 30ml の注射器の内筒基部を右手の手掌根部で力一杯押して微温湯で洗浄した様子を示すが、この写真では実際に押していない。

学検査で好んで用いられる。矩形波の電流刺激は、電位の時間的変化の割合 (変化率) が高いので、緩やかに増減する曲線波電流よりも刺激性が高くて痛い。電流には、直流、交流ともに無数の形があり、しかも生体内の通電では波形が速やかに変化するので、生体に及ぼす作用、副作用の詳細については未知の分野が多い。

ヒトの生体で皮膚の上から皮下にある末梢神経の生理的な活動の閾値を測ることは臨床では不可能なので、替わりに矩形波直流の電気刺激を用いて

神経伝導検査 (Nerve Conduction Study: NCS) を行い、末梢神経幹の伝導機能が正常か、どの程度、どの範囲で損傷されているのかを知ろうとする研究 (study) が行われてきて、神経内科を中心に実用化され、保険診療では「誘発筋電図 (神経伝導速度測定を含む)」として採用されている。これを著者に用いた結果、神経障害性疼痛を来したので、この事故について報告して、手根管症候群 (Carpal Tunnel Syndrome: CTS) の術前検査としての価値や安全性について疑問を提起し、問題事項を概説するので、諸賢のご批判を仰ぎ、かつ問題事項についてお教え願えるよう希望する。

エピソード (自験例)

2018 年 5 月に妻の右下肢に生じた下腿潰瘍の洗浄に 30ml 用のプラスチック製注射器を用いて 2 ヶ月余の間、連日微温湯を詰めては右手の手掌根部で内筒 (プランジャー) の基部を力一杯押し洗淨する操作 (写真 1) を毎度 15 回ほど繰り返した結果、右手掌根部に疼痛を伴う手根管症候群 (CTS) を来した。暫くは整形外科開業医のところまで右手に装具やステロイドの管内注射などの治療を受けたが、右母指球の萎縮も含めて改善が見られないので、正中神経の手根管内絞扼による後遺症を心配して早目に手根管開放術を希望し、総合病院 (以下当院という) の整形外科・手の外科専門医へ紹介してもらった。その折には右側手根管解放術による日帰り手術を予定しており、両側正中神経の神経伝導検査 (NCS) が必要になるとは予想もしていなかったし、また手根管開放術の予後についても心配していなかった。

ところが、7 月 23 日の予診医師から「ここでは NCS を含めて指定の検査をすべてやらねば手術をしないことになっている」と言われてから、専門医の初診を受けて 8 日後の手術日を決めて手術の同意書を書いた後で、翌日の午後に NCS を受けるために検査部に来るようと言われたので、なぜ CTS の診断が確定したのに NCS が必要なのか、統計をとるためかと質問したら、後遺症が出

た時に術前の神経障害の程度を記録に残しておくためだと言われたと記憶する。その場では NCS を筋電図のようと言われただけで、痛い検査であるなどの説明はなく、NCS 検査についての同意書もなかったが、手術をして貰うには止むを得ない雰囲気であった。

翌日の午後 3 時から 4 時の予定で、横手根靱帯切断の術前検査として両側上肢の正中神経について、運動神経伝導速度 (motor nerve conduction velocity: MCV) 検査と逆行性測定法による感覚神経伝導速度 (sensory nerve conduction velocity: SCV) 検査を受けた。電気刺激による苦痛は予想した以上であったが、冷静に耐えることができた。全てを一人で担当した臨床検査技師は熟練した様子で、終始円滑に動いていたが、MCV の測定を両側上肢に、SCV の測定も両側上肢に 2 回ずつで、計 8 回の測定結果をプリントした模様であった。しかし、SCV の測定のなかの右肘刺激では記録された波形の立ち上がりが不明瞭で判定不能として記録から削除されたことを後で知った。

その晩自宅で入浴して右手を温めると、前日までは手のこわ張りが取れてよい感じであったのに反して、異常な痛みが右手首に来て指が曲がらなくなった。これは局所が暖められて充血と腫れが増悪したからだと思った。翌朝からは右手の痛みが更に増悪して、次第に耐え難くなったので、その日の 4PM 頃当院の救急外来を受診してキシロカインの管内注射を受けたが、効果は一時的であった。その後も右手首の疼痛は増悪を続け、やっと手術日 (7 月 31 日) が来て、手根管を開放して貰うと楽になった。術者は、術中に正中神経が“赤く腫れている”と言っていた。その後も右手の第 1 指から第 4 指までの痛みと痺れ感が強くなり、パソコンのマウスが使えず、字も書けない日々が続いた。健側の左手は、10 日ほど遅れて同様に痺れ感を伴う疼痛がひどくなって、両手が使えない不便が続いたので、9 月 1 日に当院の院長と主治医宛てにメールで病状経過を述べて、その治療と再発防止を請願した。その結果、当院の医療安全推

進室で取り扱うことになった。著者は、病院側と弁護士を立てて争うよりも、病院側と協力して何故にこの様な後遺症、すなわち両側上肢の神経障害性疼痛 (neuropathic pain) が起きたのかを解明することが再発防止に役立つと提案して、NCSに関する勉強を始めるとともに、疼痛に対しては当院外来の麻酔科・ペインクリニックで治療を継続することになった。そして当院の医療安全推進室から医薬品医療機器法に基づく医療機器安全情報報告書を 独立行政法人 医薬品医療機器総合機構 (PMDA) に送り、後日メーカーから後述する筋電図・誘発電位検査装置の検査にきたが、装置には異常な点は発見されなかったとの報告を受けた。

その後も両手の疼痛は止まず、更に激しい疼痛が両肩・上腕部、両大腿、腰背部などへと次第に広範に及び、日常生活にも著しい支障を来した。

特に困ったのは、毎朝ベッドから起床するのに両側とも上肢が痛くて使えない上に、両下肢・腰も大変に痛いので起立するまでに大変な苦勞と苦痛を重ねたことである。夜間はプレガバリンの眠前服用により熟睡できたが、睡眠時間が長いほど翌朝のこわ張りと疼痛が強いと感じたので、休眠の長さが反って症状改善に反するように思われた。日々気分が浮沈したが疼痛箇所もあちこちと移動した。全身的な苦痛と体調不良は11月になっても続き、プレガバリン (25mg 朝夕, 75mg 眠前) を中心とし、ノルトリプチリン 10mg, ノイロトロピン 2錠 朝夕などの服用でも改善の兆しは一向に見られず、著者は線維筋痛症 (fibromyalgia: FM) の併発を疑った。ところが、11月20日の血液検査で CRP 3.31mg/dl, MMP-3 394ng/ml, 血沈 (ESR) 44mm/h と高かったのも、リウマチ性多発筋痛症 (polymyalgia rheumatica: PMR) と診断され、毎朝プレドニゾロン 10mg の服用を始めたところ1週間で全身痛が軽減して楽になった。後にプレドニゾロン漸減中の翌年5月9日の血液検査では、リウマチ因子定量 4.9u/ml 定性 (-), MMP-3 369ng/ml で PMR の診断を裏づけるものであったが、空腹時血糖 176mg/dl, HbA1c(NGSP) 6.7

%で糖尿病を併発していた。同年8月末にはプレドニゾロン 2mg/日まで減じたが、なお両手指の痺れ感と疼痛とむくみ・こわ張りが残っていた。つまり、PMRは去ったが、両側の正中神経伝導検査 (NCS) で受けた神経障害性疼痛は、主に交感神経障害の RSD(反射性交感神経性ジストロフィー) 型の後遺症として残っており、細かい書字やボタン掛け、ページ捲り、打診、触診などにはいまだに支障が残っている。

NCS を両上肢に受けてから3年足らず経過してこれ以上の治癒は難しいと思われる現状であるが、なぜ当事故が起きたのかについては、両側正中 NCS の電気刺激が当時 87 歳であった老人には強過ぎて、まず右手根管症候群による右正中神経の充血や浮腫などの絞扼性病変の悪化 (充血と浮腫の増悪) から急性正中神経障害性疼痛を招き、次いで左手の正中神経障害性疼痛をも来したが、それを契機に FM ないし PMR を併発したのは NCS による C 神経線維の障害が全身痛の契機となったのではないかと思われる。引いては、主に両側の正中神経に含まれる無髄神経線維と正中神経の周辺にも分布する交感神経系に障害が残って現在の両手全指に障害を来しているのではないかと考えるが、この件についてはこの事故に関する問題事項において後述する。

末梢神経伝導検査 (Peripheral NCS) について

検査装置と検査方法、及び検査結果と評価

著者に使用された定電流制御型直流刺激装置は、国内のメーカー製の筋電図・誘発電位検査装置 MEB-9404 形式 (最大電流 100mA, 最大電圧 350V) であったが、それに粘着ゲル付き銀/塩化銀の電極素子で 2.5x1.4cm の矩形状の電極板に付いた 20cm 長のリード線 (PVC 被覆の銅線 (+側と一側) 対を皮膚電極として装置に繋いで使った。また、直径 2.8cm の円盤状接地電極 (アース) を手掌に貼付した。これらの電極は、同社製の神経伝導検査電極のセットとして販売されているもの

で、一回限り使用のいわゆるディスポーザブル品である。

運動神経伝導検査について

まず、正中神経の運動神経伝導速度 (motor nerve conduction velocity: MCV) 検査から記載する。手根管症候群 (CTS) に際しては、手根管の中を貫通する正中神経が肘部から前腕、手掌にかけて皮下を浅く通る箇所、すなわち肘 (elbow) 部 [A] と手首 (wrist) 部 [B] の 2 レベルで刺激して測定するために、当該神経幹の上に当たる皮膚に、陰陽 1 対の刺激電極を約 3cm 離して、夫々 1 対ずつを 2 レベルの上肢皮膚に貼り付けた。記録用には、前記と同じ 1 対の電極を、筋腹一腱法 (belly-tendon method) により (一側) 記録電極を短母指外転筋の筋腹中央部の上に、(+側) 基準電極を約 3cm 離して第一指基部腱上の皮膚に貼付した [C]。その際、刺激電極の陰極と前述した (一側) 記録電極とが向き合うように、つまり陽極を間に挟まないように設置した (図 1)。その理由は、陽極側の過分極による伝導ブロックを避けるためという³⁾。

電気刺激の機器設定は、刺激頻度 (Rate) 1Hz、パルス幅 (Duration) 0.2msec の単一刺激であった。Intensity (刺激の強度、電流出力) を 0mA から次第に上げ、数回刺激を繰り返して正中神経に誘発される複合筋活動電位 (Compound muscle action potential: CMAP) の記録上に見られる M 波 (M wave) の振幅 (amplitude) がそれ以上に増加しないレベルの最大刺激 (maximal stimulation) を求め、更にそれから約 20 % 刺激強度を上げた最大上刺激 (supramaximal stimulation) を用いた時に導出された電圧を経時的に、縦枠：横枠を右 2、左 5mV: 2msec/div のスケールで記録した。その結果、正中神経の伝導速度 (MCV) として右 57.9、左 54.3m/sec、遠位運動潜時 (Distal motor latency: DML) として右 5.56、左 4.06msec を記録した。以上の設定や測定行為は、全て臨床検査技師一人によりなされた。

著者が受けた MCV では、右 Wrist で 41mA、Elbow で 21.6mA (証 1)、左 Wrist で 29.6mA、

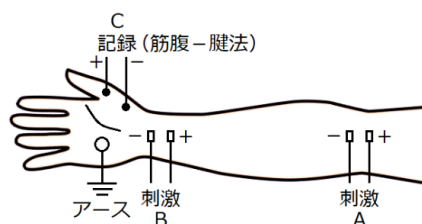


図 1 右上肢掌側で MCV 測定用の電極配置を示す。

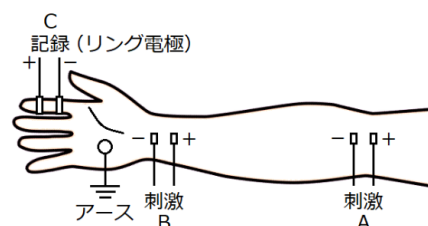
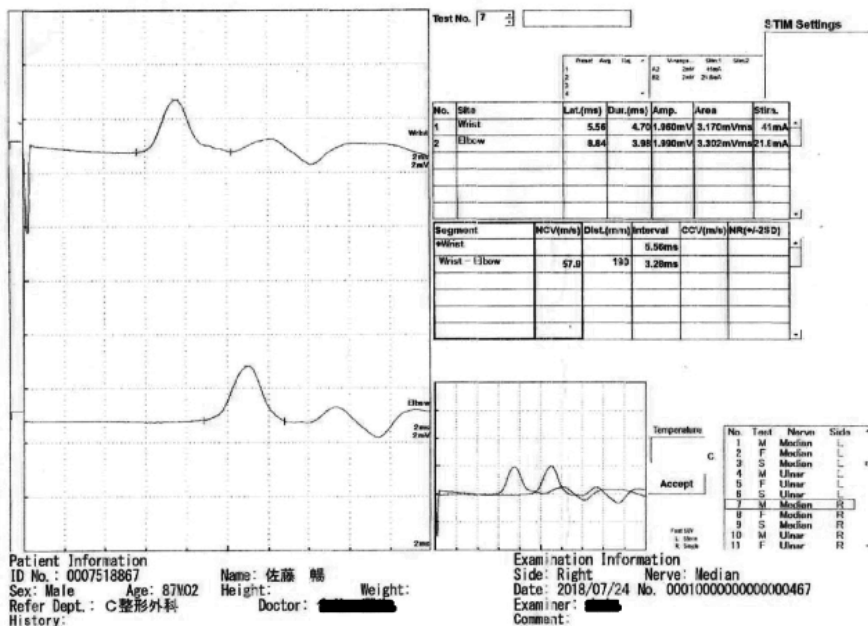


図 2 右上腕掌側で逆行性 SCV 測定用の電極配置を示す。

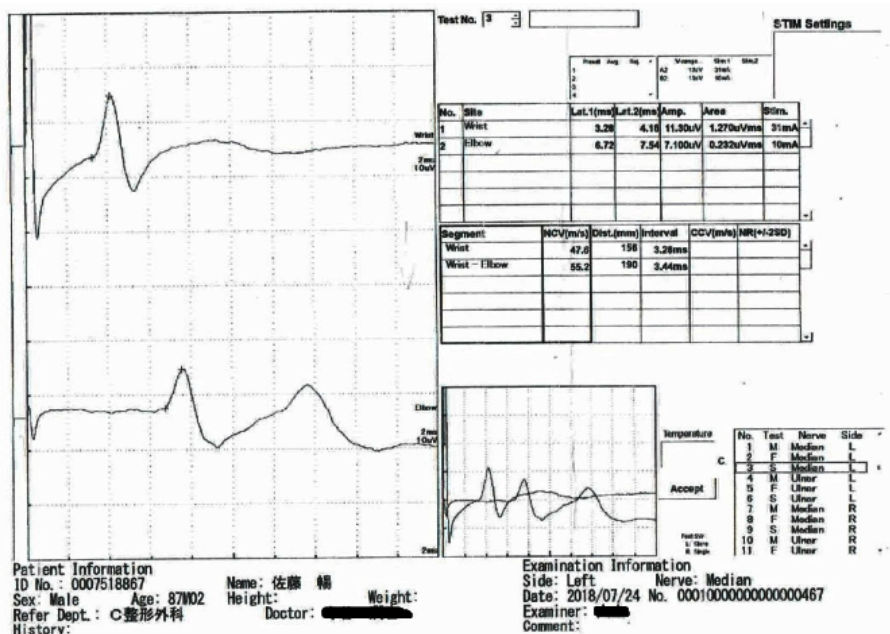
Elbow で 24.2mA の刺激の設定値 (STIM Settings) との測定記録がある。なお、右が CTS の病側で、左は健側で対比するために要求された検査であるが、当院での手根管症候群の診断基準として使われたのは、DML が 4.3msec 以上だけであった。そこで、右正中神経の CMAP の M 波の立ち上がりのまでの時間 (DML) が 5.56msec であったのが、異常に長いと判定された (表 1)。

感覚神経伝導検査について

次に、正中神経の感覚神経伝導速度 (sensory nerve conduction velocity: SCV) 検査について述べる。CTS では、感覚神経の生理的な伝導方向通りに遠位部に電気刺激を与えて近位部から感覚神経電位 (sensory nerve action potential: SNAP) を導出する順行性測定法 (orthodromic method) と、反対に近位部を刺激して遠位部から SNAP を導出する逆行性測定法 (antidromic method) とがあるが、著者に施行されたのは後者のみであった。その理由は、前者が痛い割には SNAP の振幅が小さい傾向があり加算平均を要するが、後者は非生理的であっても SNAP 波形の振幅が比較的に大きく導出しやすいからとされている。具体的に



証1 右 wrist での MCV 測定時に STIM Setting は 41mA であったことを示す。



証2 左 wrist での SCV 測定時に Stim Setting は 31mA であったことを示す。

は、刺激電極は肘部 [A]、手首部 [B] とともに運動神経伝導検査と同様であるが、正中神経が指ではほぼ感覚神経だけになるのを利用してその導出には第2指近位部に陰極を、同じ指の遠位部に陽極を

装着した [C]。また、アースは手掌に貼られた (図2)。刺激頻度 (Rate) は 1Hz, Duration は 0.2msec で、加算刺激を 20 回計測して平均化した結果を、1 枠の縦:横を右 2, 左 10μV: 2msec/div のスケー

表 1 NCS(正中神経) における CTS の診断基準と測定値

印刷日時: 2018/09/04(火)07:22		控え印刷		1/1	
利用者: [REDACTED]		患者: 佐藤 暢(0007518667)		端末: K2033D2D(C型)	

【プログレスノート】 2018/07/24(火) 15:19				C型 外来	
01版: 2018/07/24(火) 15:19 検査技師: [REDACTED]				後富館本	
作成: 2018/07/24(火) 15:19 作成者: 検査技師: [REDACTED]					

神経伝導検査(正中神経)

	右		左	
遠位潜時	5.56	ms	4.06	ms
MCV	57.9	m/s	54.3	m/s
SCV	33.5	m/s	47.6	m/s

手根管症候群の診断基準は、
遠位潜時が4.3ms以上、SCVが45m/s未満です。

ルで記録した。その結果、右 Wrist に 25mA で、左 Wrist に 31mA(証 2)、左 Elbow に 10mA の STIM Settings と記録されている。なお、右 Elbow での測定も実施されたが、記録された波形の立ち上がり不明瞭で判定不能として検査技師により記録から廃棄された。SCV での電気刺激の強度についても、MCV 測定時に設定された最大上刺激を参考に設定されたが、このように刺激の強度を上げて明瞭な立ち上がりが見られなかった場合には安全限度をどこに置き、実際には何処まで上げて測定したのか確認できなかった。当院での手根管症候群の診断基準としては SCV が 45m/sec 未満とだけ決められており、左の SCV は 47.6m/sec で正常、右の SCV の 33.5m/sec が異常に遅いと判定された(表 1)。

NCS についての評価

健側左上肢での測定結果は、上記の診断基準による右上肢での判定とは関係なく、左右の測定値を対比して評価した事実もなく、また文献上も両側上肢の測定値を比較評価した例を見ないので、左健側の測定の意義については疑問があるが、これについては問題事項として後述する。また NCS の結果で判るとされる正中神経の病理的変化、すなわち脱髄と軸索変性や診断上の価値についての説明は全く専門医からなされなかった。

「現在の NCS では、有髄神経のうち、直径 10 μ m 以上の A α 運動線維や Ia 群の感覚線維のみが対

象になっている。その理由は、速度の遅い細径線維ほど同期性を欠くため、可視的振幅を形成しないからである。」^{4 p1)}と記されているように、触覚や鋭い痛覚、温冷覚、圧覚等を伝える細い有髄神経線維、及びじんじんと重くて長く続く疼痛を伝える細い感覚神経と節後交感神経よりなる無髄神経線維(C 神経線維)をも一緒に刺激して複合活動電位(compound action potential: CAP)として導出・記録されるが、直径 10 μ m よりも細い神経線維についての測定結果は埋没されて、窺いようもないのは根本的な欠点である。この点についても問題事項として後述する。

また、NCS で測定の対象になる末梢神経は、皮下に浅在する神経幹を 2 カ所刺激して測定・記録した時間差(msec)とその間の距離(mm)から伝導速度(NCV)mm/msec = m/sec を算出できるものに限られるので、上肢では主に正中、橈骨、尺骨の 3 神経について施行され、A α 運動線維と Ia 群の感覚線維の脱髄(demyelination)の程度、軸索(axon)の変性・再生の様子を反映する数値化をもって客観的にまた定量的に神経障害を診断して記録できる価値があるとされている¹⁾。

CTS における NCS の診断上の位置は、日本整形外科学会と日本神経治療学会では共に補助検査とされており、一般的には「夜間早朝に増悪する手のしびれ感と痛み、その手を使う時の増悪、手を振ることによる軽快、正中神経の支配領域に一

致する感覚障害, Phalen 徴候, Tinel 徴候, 母指球筋萎縮等の特徴的症候が揃っている場合には CTS の診断はほぼ確実である。」と日本神経治療学会の標準的診断基準に記されている⁵⁾ように、初診の段階では臨床症状と臨床的検査から CTS と診断して治療を進め、万一その経過中に問題があれば NCS により鑑別診断や予後判定の助けとするというのが妥当な方法であると考える。この点に関しては「臨床的診察を充分に行えば (患者の訴え履歴, 夜の疼痛, 単一ヒラメント試験での異常感覚, Durkan 試験の 4 件が+ならば), NCS を加えても CTS の診断価値は変わらない。」と結論付けた論文が米国手の外科専門誌に掲載されている⁶⁾。

また、療養担当規則には、第 20 条第 1 号ホに「各種の検査は、診療上必要な場合に行う。」とあるので、病因も病状も複雑ではなかった著者が経験したように初診で CTS の診断が確定し、患者が希望した手術の予定日まで決まったのに、その術前検査として NCS を全例一律に、しかも健側にも強要するべきものでは無いことは明らかである (後述: 問題事項参照)。

この際、何よりも NCS の施行が患者に与える苦痛は並々ならぬものであることを念頭に置かねばならないはずなのに、その苦痛の程度や後遺症に言及した成書や論文が見られないのは、誠に理解に苦しむ所である。NCS に関する文献を通読すると、技術的に複雑・困難で問題の多い NCS でも、色々と工夫すれば此処まで判るというような分野に傾注してきた研究 (study) であり、まだまだ判っていない部分が多くて、それに伴う苦痛や副作用、後遺症、危険性までに触れる配慮がない、または好まない傾向であるのではないかと痛感している。これ程の疼痛を患者に与える臨床検査を著者は他に知らないが、もしあったらどうかご教示願います。

ちなみに、当誘発電位検査装置 MEB-9404 での副作用については、添付文書にも取扱説明書にも触れてないので、文書でメーカーに質問したとこ

ろ、メーカーの医療機器事業本部から 2019 年 6 月 7 日付けの回答の中で「副作用 (痛みの程度) としては、検査中に刺激部に軽度の痛みがでることがあります。」とあった。著者は「検査中には刺激部を中心に走る疼痛はかなり激しいものであり、パニックに陥ることもありますので、心配になったら早めに検査の中止を申し出て下さい。」の方が余程真実に近く、安全な検査のために適切な注意書きになると考える。

最大上刺激について

NCS の特徴は最大上刺激 (supramaximal stimulation) を基準として用いることにある。「最大上刺激が必要な理由は、M 波の潜時は刺激を強くすることで漸次短縮することにより MCV の最大伝導速度を測定するために用いられる。」との記載がある^{7 p1667}。つまり、最大上刺激によって神経幹内の全運動神経線維を残らず一斉に興奮させて、最大で最速の神経線維の反応の波に揃えるように最大刺激を超えて十二分な電気刺激を与えることになる。しかし、その上限を決めてないのは、安全第一を旨とする臨床生理検査としては根本的な欠陥であると考える。

最大上刺激については測定手技上の問題点として、次のような記載が目される。「NCS で最も基本的な分析は最大上刺激による記録で行われる。しかし、刺激位置が神経幹直上を外れると、いくら強い電気刺激を与えても最大上刺激にはならない。むやみに強い刺激を与え続けると、患者の緊張は極度に高まり、筋電図の混入で記録がめちゃめちゃになる。それを避けるための基本的手法としては、M 波記録の際であっても 5~10mV をターゲットにした感度ではなく、その 10~20 倍の感度、すなわち ① 画面の縦を 0.1mV~0.5mV/div の感度にして弱刺激から観察を始め、② 基線がわずかに振れる程度の反応、すなわち 1, 2 個の運動単位が見えた時点で刺激強度を上げるのをやめ、そこで ③ 刺激電極をわずかに動かしながら弱刺激のままでもっと多数の運動単位が誘発される点、すなわち最も大きな M 波が得られる部位を同

定し、その部位で④刺激電極を神経幹に強く押し付けて刺激を上げれば最弱電流で最大上刺激が得られる。この操作をしないと、数 mA で最大上刺激が得られるような上肢神経の検査であっても、10 数 mA が場合によっては 20~30mA を与えないと最大上刺激にならないなど、患者の緊張と不安は極度に増悪する。その状態に至っては、不要な筋電図が多発・混入するなど、検査に支障を来す事態が避けられない」^{4 p27-8)}と記載しているので、20mA 余で十二分な電流となり、20 回の加算刺激をも含めて電気刺激量が大きすぎたのではないと思われる。従って、当時 87 歳の高齢患者にとって相当過剰な電流が繰り返し流れて、両側上肢の急性神経障害性疼痛を招いたと推定する。そこで、高齢者における末梢神経の脱髄と NCS との危険な関係について以下の問題事項の最初に詳述する。

NCS についての疑問と問題事項

1) 老齢における危険性：

NCS では老齢による影響がよく知られている。**文献 7(p1667)**には、神経伝導速度 (NCV) に影響する因子である年齢については 20 歳迄がピークで「40 歳を過ぎると低下するが、低下の程度は 80 歳までは 10m/秒以下である。」と記載している。日本での正中神経における NCS 研究の年齢分布を見ると、**文献 4**では高齢者群が 75 歳から 84 歳まで、**文献 8**では 60 歳から 78 歳までで、それ以上の高齢者は含まれていない。**文献 9**では「年齢からみた神経伝導検査の正常参考値」と題した特別ページを設けて主な末梢神経における NCS の測定値を示している中で、正中神経の複合筋活動電位 (CMAP) の振幅、前腕 MCV、末梢潜時、持続時間と年齢との相関関係、および逆行性感覚神経活動電位 (SNAP) の振幅、手首遠位の SCV、前腕近位の SVC と年齢との相関関係を夫々の図で示しているが、ここでの対象年齢も 85 歳までである。つまり測定当時 87 歳であった著者の年齢での NCS の記録は、今のところ国内では見当たらない。国外では、高齢者における NCS の研

究の中に、103 歳を最高齢者とした報告もあるが、80 歳を境としてそれ以上を最高齢者群として区別するのが常識的としている¹⁰⁾。

加齢に伴い髄鞘の変性・脱落 (脱髄, demyelination) が進行して MCV の低下と振幅 (amplitude) の低下を見るが¹¹⁾、それは myelin 鞘による絶縁・保護機能が劣ってきて通電刺激により神経線維が障害されやすに通じる筈なのに、高齢者に対する NCS での電気刺激の強さについての注意書きを見たことがない。それ故に、年齢を考慮せずに行われた NCS では、当時 87 歳の脱髄が進んだ有髄神経線維で波形が出難く、加算平均化を含めて良い波形を得るように努力した結果、過剰な刺激となって急性の神経障害性疼痛を来したと考える。

なお、**文献 9**の本文の中では Q&A 第 2 部の「Q5 高齢者の神経伝導検査で注意すべき点は？」(p182-3)において「神経伝導速度は 80 歳以上でも 10m/s 以内の低下にとどまり、余り大きなものではない。これに対して振幅の低下、殊に感覚神経での振幅低下は著しく、80 歳以後では若年成人の半分以下となり、持続時間も延長する。感覚神経での振幅低下がより著明なのは、筋肉で記録する運動神経に比べて加齢による時間的分散の影響が出やすいためと考えられる。」の記載があるが、その原因については「Q6 脱髄が起こると、何故伝導遅延や伝導ブロックが起きるのか？」の答えに「脱髄を生じると薄く壊れた髄鞘部分では絶縁不良となり、軸索内から外向きの電流の散逸を生じ絞輪部での脱分極が起こりにくくなる。脱髄の軽いときは伝導の遅延を生じ、強くなると活動電位の発生は不可能となる。」とあり、これは末梢神経の老化現象に該当する。

最後に「脱髄がある場合には外部からの電流刺激に対する刺激閾値の上昇も生じるので、実際の記録においては最大上刺激になっているかに十分注意しながら検査を行う必要がある。」との記載がある。これでは、測定者側に立った技術上の都合で、脱髄した神経では閾値が高いので刺激をより強くするように注意していることになる。むし

ろ反対に脱髄により電気抵抗の弱くなった高齢者の末梢神経への電気刺激は弱めに加減しなければ危険な筈であるので、NCSの安全性の確保についての配慮が欠けていると憂慮せざるをえない。この際、80歳以上のCTS患者については神経伝導検査(NCS)を原則禁忌とすべきと警告するが、諸賢のご見解をぜひ承りたい。

2) 上限規制のない電気刺激と、特に交感神経障害:

NCSでの電気刺激に、特に最大上刺激の上限が決められていないのは根本的な欠陥である。最大刺激が既に神経や筋肉の能力を最大に発揮している刺激であり、その約20%(10~30%)を更に上積みするレベルの最大上(supramaximal)刺激を繰り返し与えると、当の神経幹内にある無髄神経線維(unmyelinated nerve fiber)に障害を与えることは当然危惧される。特に交感神経節後線維は、正中神経幹内にあるだけでなく、周りの皮膚、筋、血管壁などにも分布しているが、絶縁作用のあるmyelin sheathを欠くので電気刺激に対して弱い筈である。しかし、その詳細についての文献はなかった。自律神経の調和は微妙なバランスの上に成り立っており、交感神経の失調は微細な刺激や事故でも予想外に大きくなることがあり、しかも治癒し難いことは(慢性神経障害性疼痛は反射性交感神経ジストロフィー:RSDと呼ばれたように)良く知られている。現在の後遺症は、主に左右の全10指でほぼ平等に感じている痺れ痛とこわ張り、指先の発赤した皺なし膨隆(血管性浮腫)などであり、正中神経の支配領域とは一部で一致していないので、主に損傷した交感神経系の不調によるものと推定されるが、これに関する文献やご意見があればぜひ教えて戴きたいと切望する。

3) 後遺症としての全身症状:

著者が受けた両側の正中神経障害性疼痛は急性で、まず右手の手根管症候群として現れた右正中神経の手根管内絞扼による浮腫がNCSの通電による過剰な刺激によって急に増悪したに始まり、エピソードとして前述したような経過をたどって、

現在(2年半後)の訴えは、各指の痺れ痛と、細かい書字(字体が変わった)の不便、ボタン掛け・外し、ページ捲り、細かい物の摘み上げ、打診、触診などにいまだに支障がある。

その長い経過の初期に2018年9月中旬から全身病状として多発性筋痛を主とする線維筋痛症(fibromyalgia:FM)の発症と思われた激しい筋痛が体幹部を中心に起こり、特に起床時とその後数時間は大変苦しんだが、11月中旬の血液検査でCRP、MMP-3、ESRの高値などからリウマチ性多発筋痛症(polymyalgia rheumatica:PMR)と診断されてプレドニゾロン10mg/日の1週間毎朝連用で急に全身症状が楽になった。PMRの期間は4か月程であったが、毎日のように変動する筋肉痛は筆舌に尽くし難い苦痛であった。

FMとPMRの症状は関節リウマチ(急性期)と類似している点では共通であり、違いは血液検査の所見によると理解している。共に病因は不明とされているが、誘因に神経障害性疼痛から来た強いストレスの連続や交感神経系の障害を挙げても矛盾は無いと考える。いずれにしても、両側のNCSの後遺症として過激な電気刺激による両側の正中神経障害性疼痛を来したが、更に無髄神経線維であるdorsal root C線維と交感神経節後線維などの障害による激しい疼痛とストレスが自律神経系の不調を更に悪化したと推察する。

全身の神経系は全体がつながっており、訓練により互いに影響しあって、素晴らしく鋭敏な能力に育てることができる。優れたピアニストの指の感覚と動作などはその良い例である。それには神経系の機能に少しの不調も許されないので、NCSによる強い電気刺激は禁忌となる。他方、末梢神経が障害された疼痛の強いストレスの連続により自律神経系から内分泌系、更には心因性に大きな全身の変調を来して、原因が不明とされている病気の誘因となりうると考え、著者には、両上肢に受けたNCSによる正中神経障害がFMないしPMRの症状として現れて塗炭の苦しみを受けた誘因となったとしか思えない。

但し、幸いにして全身症状による悪影響はもう残っていないと判断して、現状では両手指に見られる痺れ痛・こわ張りや細かい書字やボタン掛けなどの不便などに限ってNCSによる正中神経障害が直接関係した後遺症に当たると整理して考えることにする。

4) 「Safety Mode」はどんな安全装置か：

著者に使われた刺激装置MEB-9404では、最大電流100mA、最大電圧350Vまでの出力があるが、「研究目的などで可能な限り自由な条件で刺激を使いたい場合を除き、通常は必ず電気刺激の出力電流、パルス幅、刺激周期の値を被検者の安全を考慮して一定の状態を設定範囲に制限する「Safety Mode」を「ON」に設定する」ことをメーカーは取扱説明書で求めているが、その詳細については不明である。

著者は、本装置が臨床検査機器である以上「Safety Mode」を「OFF」にできる機構を廃止すべきと考えるが、少なくとも「OFF」にすると警告灯で明示する工夫が必要と考える。現状では安全を確保する上で十分な対策になっているか不明なので、メーカーに具体的な説明するように2020年3月5日付当院からの文書で求めてから1年にもなるが、回答がない。厚労省(PMDA)の形式認証が本装置に与えられた際に、電気刺激の上限規制の明示がないまま通った由縁かとも考えて、詳しい事情の説明を求めている次第である。

「Safety Mode」が「ON」の状態では、最大電流100mA、最大電圧350Vまでの出力がある以上、その範囲内で最大刺激の2割余増までのIntensityを持つ最大上刺激を繰り返し通電して87歳の正中神経を過剰に刺激し、当該神経に障害性疼痛を残したことは間違いないと考える。もしここでメーカーの言う「Safety」が不十分で、数回の刺激での感電により直ちに人体に危険を及ぼすことのない程度だとすれば、それは論外に危険なことだと懸念せざるをえない。更に、何かの間違いで「OFF」になるリスクを完全に排除する機構が備わっているのか。Human errorは何時か必ず起こるものな

ので、何よりも安全を旨とする臨床検査機器として不完全と云わざるを得ない。

5) 定電流制御型装置における Intensity と刺激効果：

当該刺激装置は「Output Limit」として、電気刺激強度(Intensity)の出力可能な最大値を10mA、50mA、100mAの3段階で設定できるようになっている」と取扱説明書にある定電流制御型である。この型式は、生体に流す電氣量を制御して神経に与える刺激量を調節するとの考えから普及しているが、神経や筋の活動にはすべて不応期があるように時間(Duration)にも限度があり、与えられる電流とその刺激効果がそのまま比例関係にあるほど単純ではない。

生体での静止細胞膜電位や活動電位(action potential: AP)を始め、測定の結果が記録されたM波などの振幅(amplitude)はすべて電圧(μV , mV, V単位)で表示されており、神経への刺激効果は、電流よりもむしろ電圧(電位の差)の変化によると考えられる。電位の変化こそ神経の情報伝達の本質なのである。しかし、CNS検査で著者の身体に流れた電気刺激の電圧の程度を担当臨床検査技師に尋ねても全く認識してなかった。メーカーからは、「本装置では出力を100mAまでの範囲で設定することができ、内部電圧は最高で350V程度になるので、被検者の接触インピーダンスにより電圧はオームの法則に従って変動します」との返答があった。

ここでオームの法則とは、線状導体の2点間を流れる定常電流 I は2点間の電圧 V に比例するという法則、すなわち $I=V/R$ 、 $V=IR$ で、 R は電気抵抗(理化学辞典 第3版)とある。ところが生体内での神経は、空間に孤立した導線とは違って不均一な導体である組織内にあるので、皮膚電極から神経幹に流入する電流にオームの法則を適用するには無理がある(次項参照)。また、皮膚の電気抵抗は通電によって急激に減少するように、生体の電気抵抗は一定でなくて素早く変動するので、本来は交流での用語である impedance を使っ

たと思われる。実際には矩形波の直流 (陰圧を上方へ記録) を生体の皮膚上にある刺激電極から流して記録電極から検出される電圧は不規則な陽陰相の波形になっていたと記憶する。そこでの電圧波形の陽陰 peak-peak 間の中 (電位差) を時間で割る変化率が刺激の大きさを決める最大の因子となると考える。

実際の測定記録を見ると、左端の記録開始時点 (0msec) から急峻な山の一部が見えることがある (証 2) が、これが刺激電流の一部が記録電極を通り抜けた証拠である。しかし、通常は artifact として無視されてきた。そこで、この刺激電流の実態を知るには、デジタルプリンターの記録開始時点 (0msec) の直前からもっと早くてかつ $\pm 400V$ 位まで広範囲で直接にアナログの電圧波形が見えるオシロスコープを別に設けることを要するが、これで刺激電流の一部が漏れて記録電極から導出した電圧とその波形を知ることができる筈である。

人体は全体として良導体であるが、皮下の構造には、目標の正中神経の他に、動静脈、リンパ管などが走り、結締式や筋肉・筋膜 (fascia) などもあるので複雑であり、電気抵抗も均一ではない。電気は抵抗の少ない方へ別れ流れるので、目標の神経軸索だけに皮膚電極からの刺激電流が流れて影響する筈がない。そこで、神経幹だけを導線に見立ててオームの法則を生体に適用する考え方には無理があるが、実際に生体内での電流分布に関する詳しい研究はまだ成されていないと思われる。メーカーからの回答には「外部から経皮的に刺激電流を与えると、生体内に電位の変化を人工的に与えることになる。しかし、生体内の組織は電位の伝導率が不均一であるため、その電流分布は複雑となり、体外から正確に同定することは困難です。検査者が意図した通りの刺激が行われているかは、特定部位の筋肉の動きや筋電図、神経電位が観測されているかで判断します。」とあったが、そこには無髄鞘で細い C 線維や周辺の交感神経節後線維などに与える障害についての配慮が欠け

ている。かくして最大上刺激を上げ過ぎて、未知の状態のまま事実上の安全限界を超えてしまったのが、両側 NCS の後遺症として神経障害性疼痛 (特に無髄の交感神経節後線維を含む C 線維の障害) を両上肢に招いた原因であると思うが、納得されますか？ 異論があれば、どうかお教えねがいます。なお、末梢神経と比べて、それを囲む動脈、静脈、リンパ管、結締式、筋肉・筋膜などの電気抵抗に関する資料をご存知の方はぜひお教えください。

著者としては、以上のように不明確な問題が大きく、また刺激強度を 50mA 以上にセットするのは危険すぎるので、100mA までを廃止すべきと勧告する。

ちなみに、50mA は、冒頭で述べた文献 2 の上腕皮膚での通電時痛みの閾値 1mA の 50 倍に当たり、また文献 7 では、定電流用刺激装置の「刺激出力電圧は最大で 300V、電流は 50mA 程度までの間を変化できるようになっている」との記載がある。

6) 心臓ペースメーカーへの影響：

著者に移植されていた心臓ペースメーカー (VDD) に関しては、術後の 2018 年 9 月 21 日に受けた定期検査において機能上の異常はなかったが、ペースメーカーに残っていた履歴を読み出したなかに、AT/AF; 誘導筋電計のノイズを指摘されていた。これは電気刺激装置からの漏れ電流の影響かと考えられるので、ペースメーカー手帳にある注意事項に従って、他の医療用通電機器は併用禁止にすべきであったと考える。

MEB-9404 の添付文書 (#後述) には「取扱説明書を必ずご参照下さい」とあり、取扱説明書には「心臓ペースメーカーの患者への刺激は、専門の医師の指導監督の元で行って下さい。」と警告にある。ここでの専門の医師とは、心臓ペースメーカーに詳しい循環器内科の専門医を指すものと考ええるが、果たして NCS の実施時に指導監督のために立ちあってくれるであろうか。保険請求の上から考えても無理な話であり、電気刺激装置のメー

カーが架空の「専門の医師」に責任を負わせるように取れるが、医療安全上の適切な指示とは思われないので、特に注意しておく。なお、これに関しても当電気刺激装置のメーカーからの回答がまだないことを付け加えておく。

7) 右手の CTS の術前検査として、何故に患側の NCS 検査だけでなく、健側の左手にも NCS を施行する必要があったのか：

担当の手の外科医師は、担当の臨床検査技師を通じて「右手の測定結果と対比する必要があるから」と指示されたと理解する。しかし、左手の測定結果は、右手の CTS の診断基準(表1)とは無関係である。一方、MCVでの健側の 54.3m/sec よりも病側で 57.9m/sec と早いのは誤差範囲内ということであった。つまり、右手と左手の測定結果を対比する意味がないほど感度と特異度が劣り、どちらが利き手であるかも絡まって、NCS は不安定な検査である。著者の知る範囲でも、統計上で健側と病側を対比する研究は多く見られたが、健側にも異常値が出る偽陽性の率が高くて⁵⁾、個々の症例で両側の測定値を比較して病側を診断した報告は見当たらなかった。しかも、基準値は施設ごとに設定することになっている。この問題については文献 12 が詳しく解説しているが、その冒頭に「American Association of Neuromuscular Electrodiagnostic Medicine (AANEM) の guideline として「単純な CTS において、CTS の症状が片側だけの際に、反対側の NCS を行うことを推奨しない。CTS の症状が両側にあるか、広範な場合には、反対側の NCS をも行う価値がある。」と記載している。

それでは、正中神経での NCS 測定値を何と比較するかというと、CTS の症状がある同じ手で正中神経と隣接して平行に走るが手根管内を貫通しない尺骨神経について同様に測定した NCS 測定値と比較する。その際、第4指内側の感覚支配は正中神経、外側は尺骨神経であるので、記録電極を第4指に置き、手首の各刺激電極からの距離を等しくすると、高い感度と特異度が得られる。それら

を逆行性に感覚神経について行うのが Standard (標準)、運動神経について行うのは Guideline (推奨) と、AANEM (旧名 AAEM) では CTS の診断基準として 1993 年以来決めている^{13,14)}。本邦でも、日本神経治療学会が AANEM の推奨レベルに準拠したガイドラインを公表している(但し、後者(運動神経遠位潜時測定)を Standard に変えている)^{14,5)}。

NCS は刺激の強い大変痛い検査であり、特に後遺症で両手に神経障害性疼痛を来して両手が同時に使えない不便、例えば、一人では容易に立ち上がれない、着衣できないなどから、車のドアを開閉できない、シートベルトを掛けられないなどとあらゆる不便を経験した。従って、健側の NCS さえ受けなかったら左手は使えたのにと、両側の NCS を同時に受けたことを後悔した気持ちを理解して頂き、今後は漫然と左右両手を比較するために健側までも同日に NCS を強いる方針を改めるように勧告する。

8) 超音波検査の優位性：

近年、文献 8, 16-19 に見るように超音波検査法 (ultrasonic tomography, sonography) を CTS に採用して診断の助けにしている論文が多い。Spectral Doppler sonogram の画像診断法が進歩してきたことにもよる¹⁶⁾ が、NCS による検査結果と比較しても、見えるものが全く違うので、CTS の術前検査としては musculoskeletal sonography の優位は圧倒的であると考え。具体的にいえば、NCS が直径 10 μ m 以上の A α 運動神経線維や Ia 群感覚神経線維のみを対象にして、その脱髄や軸索変性による神経線維の障害程度を表すのに対して、超音波診断法では、手根管内の狭窄部を通る正中神経の絞扼状態(腫れ、縊れ、充血状態など)や屈筋支帯 (flexor retinaculum) の状態まで、正中神経を囲む皮下の状態を画像で術前に見える利点は大きいに違いない。更に、NCS の刺激がかなりの苦痛を患者に与えるのに対して、超音波検査法は痛くないし安全性に勝るので、「CTS の症状が明らかな患者では、NCS を省いて超音波検

査法で CTS の診断を補完するよう提案する」¹⁸⁾ に賛同するが、経験者のご意見を承りたい。

9) 米国では：

2014 年 4 月に連邦政府の Dept. of Health and Human Services (厚生省に当たる省) の Office of Inspector General (OIG) の Daniel R. Levinson が、連邦政府が全額負担する Medicare において、疑わしい electrodiagnostic testing (EDX:NCS に相当) の医療費請求が、vulnerable to fraud, waste and abuse (ごまかしで無駄な乱用との非難を受ける怖れがある) と警告した。35 ページの報告書²⁰⁾の中で、4901 人の医師が総額 1 億 3900 万ドルの疑わしい EDX 料を 2011 年中に請求したと判定し、その約 20 % の医師からの請求額が比較的高く、また New York, Los Angeles, Houston の 3 地区の医師が総額で疑わしい EDX 料を最高に請求したなどと解析している。

糖尿病と CTS を含む末梢神経障害の診断において特徴的なのは、皮膚電極を使う NCS のほかに、針電極による筋電図 (Needle EMG) を併用して、EDX 専門の医師が、針筋電図でないと得られない所見を組み合わせでより正確な診断に導くことを要求していることである。つまり、針筋電図無しの NCS の施行では、間違った診断となる場合があるので、良く訓練された NCS 専門の医師が両者を終始自ら施行することが重要であるとしたが、他方で「AANEM は、CTS の診断における Needle EMG を Optional としている」と脚注に書いている。

本邦でも健康保険に請求できる検査だからと言って一律に多くの検査を施行する傾向が見られるとすれば、同様の問題が起こると懸念するので、特に留意すべき問題ではあるまいか。

終わりに

麻酔科医は、全身麻酔中の筋弛緩モニターとして、NCS に近い誘発筋電図 (evoked EMG) を使うことがあるが、患者の苦痛を避けるために患者の意識がある間は禁忌とされている。それでも、

術後覚醒してから後で暫らくの間局所に疼痛を訴えた症例があったので、著者は 特別に必要とする場合を除いて、麻酔中の evoked EMG を推奨しない立場を取ってきた (これには異論が多いと考え、最近の事情を知りたくてあえて 40 年程前の経験を披露する)。臨床の生理学的検査として NCS を施行する際には、麻酔薬も鎮痛薬も使えないので、患者にかなりの苦痛を与える検査は出来るだけ避けるべきである。しかし、医師が NCS を指示する際に患者に与える苦痛を無視しているような傾向が一般的に強いのは、安全性と苦痛緩和を旨とする現在の医療界において如何なものであろうか。少なくとも、NCS に伴う苦痛については丁寧の説明し、明確に同意をとって記録に残すべきである (著者は乾電池を使う電気鍼などの経験から、CNS を甘く見て事故にあったと後悔している)。

NCS を専門に研究してきた神経内科医らの努力によって、色々なことが分かる奥深い研究 (study) がなされてきた。半面、基礎的な生体現象として様々な疑問や問題事項が浮かびあがってきた。前記の問題事項でも挙げたように、矩形波直流刺激にこだわる理由と刺激痛や神経障害との関係、定電流制御型直流刺激における生体内の電位の変化 (電圧) と疼痛の程度との、更には神経損傷との関係、皮下組織内にある神経幹と、その近くにある陰陽の皮膚電極間を流れる直流の一部が分流して神経幹を刺激する関係とその周辺の動静脈などにも流れる電流の様相、引いては、何故に各施設で診断基準を決めねばならないかなど、問題ある分野が余りにも多い。また、NCS では、太い有髄神経への刺激効果ばかりを研究して、細い無髄神経への影響を見逃がしているのではないか。これでは最大上刺激電流の安全域を決めようがないので、日常使う臨床検査機器として危険ではないか？ 老齢における注意事項などとともに、複作用である過剰な疼痛や後遺症を避けて安全を保障する上での条件を明示すべきではないだろうか。

そして、臨床現場では、このような危険性を周

知した上で、本装置の使用を真に必要な場合に限り、NCS 専門の有資格医師が直接の指示を出し、NCS に熟練した有資格の医師、または臨床検査技師が担当・施行する制度を作るべきである(近年、日本臨床神経生理学会の筋電図神経伝導分野専門医・専門技術師の導入にその兆しが見える)。また、安全性確保の一步として、施設ごとに本装置の副作用、後遺症を詳しく調べて集計表を作り、診断基準に加えて安全基準をも設ける必要がある。

最後に、電気生理は素人の著者が、俄か勉強して多くの疑問を抱えたまま本稿を公にする理由は、NCS の副作用・後遺症を無くして再発防止に役立ちたいとの一念から出たものである。その為にはまず回答を待つが、老齢で多病を抱える著者には時間が残っていないと感じ、論文に纏める力があるうちにと急いだためである。どうか諸賢にはそれぞれの知識を出し合って頂き、CNS の安全性向上にご協力頂けるよう懇願する次第である。

引用文献

1. 内西兼一郎編著, 堀内行雄, 佐々木孝, 田崎憲一 共著: 末梢神経損傷診療マニュアル(初版). 金原出版 東京 1991.
2. 関 邦博 坂本和義 山崎昌廣 編 人間の許容限界ハンドブック(初版3刷) 電流による生体への影響とその限界, p516-519 朝倉書店 東京 1993.
3. 馬場正之 著: 臨床神経生理学 19 巻 5 章 末梢神経伝導 p96-104 新興交易 東京 1991.
4. 園生雅弘, 馬場正之 編集: 神経筋電気診断の実際(初版), 星和書店 東京 2004.
5. 日本神経治療学会 標準的神経治療:「手根管症候群」作成委員会 委員長 小林祥泰, 神経治療 25: 66-84, 2008.
6. Szabo RM, Slater RR Jr, Farver TB et al: The value of diagnostic testing in carpal tunnel syndrome, J Hand Surg 24: 704-714, 1999.
7. 金井正光監修: 臨床検査法提要(第33版), 19 神経・筋機能検査 (pp1653-1671) 金原出版 東京 2010.
8. 大栗聖由, 佐藤明美, その他3名: 健常者における正中神経を用いた超音波画像と神経伝導検査の比較検討, 医学検査 64: 85-90, 2015.
9. 木村淳, 幸原信夫 著 神経伝導検査と筋電図を学ぶ人のために(2版) 医学書院 東京 2010.
10. Bouche P, Cattelin F, Saint-Jean O, et al: Clinical and electrophysiological study of the peripheral nervous system in the elderly, J Neurol 240: 263-268, 1993.
11. 藤原哲司 著 筋電図・誘発電位マニュアル(改4版) 金芳堂 京都 2004.
12. Werner RA, Andary M: AANEM Monograph Electrodiagnostic Evaluation of Carpal Tunnel Syndrome, Muscle Nerve 44: 597-607, 2011.
13. AAEM: Practice Parameter for Electrodiagnostic Studies in Carpal Tunnel Syndrome: Summary Statement, Muscle Nerve 16: 1390-1391, 1993.
14. AANEM: Practice Parameter for Electrodiagnostic Studies in Carpal Tunnel Syndrome: Summary Statement. Muscle Nerve 25: 918-922, 2002.
15. 野寺 裕之: 手根管症候群の電気診断, 臨床神経生理学 41(3): 164-171, 2013.
16. Evans KD, Roll SC, Volz KR, Freimer M: Relationship between Intraneural Vascular Flow Measured With Sonography and Carpal Tunnel Syndrome Diagnosis Based on Electrodiagnostic Testing, J Ultrasound Med 31: 727-736 2012.
17. Nakamichi KI, Tachibana S: Enlarged median nerve in idiopathic carpal tunnel syndrome, Muscle Nerve 23:1713-1718,2000.
18. Sarria L et al: Carpal tunnel syndrome: usefulness of sonography, EurRadiol,10:1920-1925, 2000.
19. Ziswiller HR, Reichenbach S, Vogelin E et al: Diagnostic value of sonography in patients with suspected carpal tunnel syndrome: a prospective study. Arthritis Rheum 52: 304-311, 2005.
20. Dpt. of Health and Human Services, Office of Inspector General, Levinson DR: Questionable Billing for Medicare, Electrodiagnostic Tests, OEI-04-12-00420, Washington DC, 2014.

Key words:

神経伝導検査(NCS), 手根管症候群(CTS), 運動神経伝導速度(MCV), 感覚神経伝導速度(SCV), 複合活動電位(CAP), 最大刺激, 最大上刺激, 遠位運動潜時(DML), 順行性測定法, 逆行性測定法, 脱髄, 超音波検査法, 神経障害性疼痛, 誘発筋電図(evoked EMG)

補足

#添付文書

私が見た添付文書は、PMDA から最近検索した「筋電図・誘発電位検査 MEB-9400 シリーズ ニューロバック S1 2016 年 5 月改訂 (第 7 判) であるが、そこでは 2. 相互作用 (併用禁止) の表の中に心臓ペースメーカーはなく、1. 使用上の注意の 2) に、“植え込み (例えば、一心臓ペースメーカーなど) をされた患者への刺激は、専門の医師の指導監督の元で行なってください。”とある。しかし、本邦では、NCS 専門医師の認定制度は緒に就いたばかりであり (95 ページ左欄上部)、当院はもとより NCS 専門の医師が居ない施設が殆どであり、事実上専門医師の指導監督は不可能である。また、装置からの刺激電流の性状や上限値、電気刺激による疼痛などの副作用、「Safety Mode」などの安全に関する記載は、添付文書内に見当たらない。

追記

本原稿の校正が終わった後に、在米の麻酔科医 池田重政 St Louis 大学名誉教授から関連文献として、Sears ED et al: Diagnostic Testing Requested Before Surgical Evaluation for Carpal Tunnel Syndrome, J Hand Surg Am 42: 623-629, 2017. が届いたので紹介する。これは、引用文献 6 とともに、CTS の患者に手根管開放術 (carpal tunnel release: CTR) の前に行う electrodiagnostic study (EDS = NCS) の診断上の価値を問う論文である。その内容を結論から纏めると、ミシガン州において CTR を行うと確認された 134 人の外科医が指示する術前検査を調べた結果、大多数 (most surgeons) は初診の前に EDS を受けるように要求するのを慣例としており、診断の不明確な症例に絞るまで待たない実情が判明した。しかし、臨床上適切に関与しながら高価値の診療を追求する中において、CTS を診断するための EDS を行うことの利益が、費用、不便や迷惑、治療が遅滞する可能性等の損失よりも重要であるか否かを考慮しなければならない。と記している。米国では、自費診療が多く、しかも EDS と CTR を行う専門施設が別々であり、会計も夫々独立して居る上に、費用と効果の対比を常に重視する米国での論説である。

著者は、別の手の外科医から以下のようなメールを受けたことを思いだした。

「CTS の診断は、典型的な症状のみで、平均的な手の外科専門医の能力があれば、まず間違えることはない。NCS は、CTS が疑われる患者には 100% 行っている。国内の手の外科を専門とする施設でも状況は同

じです。一症状のみでほとんどの CTS は診断可能ですが、頸椎疾患、胸郭出口群など一いわず double lesion も稀ではない。年間 100 例ほどの CTS 手術の中に 2, 3 人は頸椎疾患を合併していることがあり、治療法を変更することがある。よって CTS の診断には NCS は必須と考えます。米国では、CTS の術前診断に NCS が不要という論文が一流雑誌にも掲載されている。しかし、米国では、保険会社が医療を支配しているため、高額な NCS を受けることを保険会社が認めないというバイアスがある。NCS 検査を行ったことによる神経損傷の可能性については、NCS 自体が神経損傷をきたすことは考えられず、本院でも年間 1000 件程度は行っているが、問題になったことは無い。」とあった。同様なことを、著者を手術した手の外科専門医からも聞いたが、整形外科の手の外科専門医からの指示により検査部でなされる NCS に手の外科専門医の指導監督は無く、専ら NCS を担当する臨床検査技師によってなされる実状については、手の外科専門医が知るところではないようです。実際には、検査の継続が不可能と判断した症例では NCS を中止することがあるとのことでした。

そこで、CTS の診断に影響が無かった 100 例中の残り 97-8 人にも全例一律に CTS を術前に行う必要が本当にあるのか？ 痛い上に費用と時間がかかるだけの症例となり、更には有害な検査となるリスクはないのか？ という問題が起こる。この問題の根底には「NCS 自体が神経損傷をきたすことは考えられず」という本質的な誤解にあることは、この論文で充分説明できていると思う。例えば、著者の右 Elbow からの逆行性感覚神経伝導検査において、記録された波形の立ち上がり不明瞭で判定不能として検査技師により記録から破棄されたと p 87 にあるが、この場合こそ 20 回の加算平均化刺激を含めて過剰な電気刺激を与えられても、老化による脱髄が進行していた上に、右正中神経手根部に強い圧力が毎日 2 か月間余も繰り返し加えられたエピソードにより発生した急性 CTS の絞扼により膨大していた正中神経が電流刺激に反応しなかったと捉えられる。そのために右側の正中神経障害性疼痛は刺激後すぐに始まり、左健側は 10 日ほど遅れて障害性疼痛が始まったという奇特な自験例を提供した。

ちなみに、米国における NCS の料金は、引用文献 20 (p3) によると 2011 年の Medicare で、\$46 から \$84 であった。著者が、2018 年 7 月に受けた NCS の料金は、両側の感覚+運動神経で、誘発筋電図 4 神経 650 点、と神経・筋検査判断料 180 点で、合計 830 点と診療明細書に記載されていた。

(2021 年 12 月 31 日改訂)