

正中法Electroneurography (ENoG) による顔面神経麻痺の予後診断

和田 晋一*

香川県立保健医療大学保健医療学部臨床検査学科

Prognostic Diagnosis of Facial Nerve Paralysis
using the Midline Electroneurography Method

Shinichi Wada*

Department of Medical Technology, Faculty of Health Sciences, Kagawa Prefectural University of Health Sciences

要旨

電気生理検査の一つであるElectroneurography (ENoG) は顔面神経麻痺の予後診断に有用である。しかし、本邦において測定方法が標準化されていないのが現状である。本稿では我々が考案した正中法ENoGの測定方法や予後診断基準を解説した。

正中法の記録電極位置は基準電極 (+) をオトガイ隆起部に、導出電極 (-) を人中で設置する。刺激位置として陰極は茎乳突孔近傍で陽極は陰極と外眼角とを結ぶ延長線上に設置する。刺激強度は40mAを目安として刺激すると顔面神経本幹が刺激され、大きなCMAPが検出されやすくなる。アーチファクトに注意しながらENoG値を算出し、正中法予後推定診断基準により評価する。正中法予後推定基準はENoG値が40%以上では2ヵ月以内の治癒、20~40%未満では4ヵ月以内の治癒、10~20%未満では6ヵ月以内の治癒が見込まれ、10%以下になると6ヵ月以上の治癒、もしくは非治癒と推定した。

Abstract

Electroneurography (ENoG) values were used to assess the prognosis of hemifacial paralysis. The ENoG value is the ratio of facial nerve degeneration on the paralyzed side to that on the healthy side. The recording position is important for determining the exact ENoG value.

The recording of ENoG values was carried out using the midline ENoG method, where the anode was fixed to the mental protuberance and the cathode was placed on the philtrum. The midline ENoG method is considered to be a more accurate procedure for evaluating the prognosis of facial palsy than conventional methods due to the simplicity of its electrode settings and the largely reproducible biphasic compound muscle action potentials.

In this article, we propose the following preliminary ENoG value-based criteria for diagnosing and evaluating prognosis using the midline method: 1) an ENoG value $\geq 40\%$ predicts complete recovery from the palsy within 2 months; 2) an ENoG value $\geq 20\%$ and $< 40\%$ predicts recovery from the palsy within 4 months; 3) an ENoG value $\geq 10\%$ and $< 20\%$ predicts recovery from the palsy within 6 months; and 4) an ENoG value $< 10\%$ predicts, at best, a recovery period of 6 months or more, or in the worst case scenario, incomplete recovery.

Key Words: 顔面神経麻痺 (facial nerve paralysis), 正中法エレクトロニューログラフィー (midline electroneurography (ENoG) method), 複合筋活動電位 (compound muscle action potential)

*連絡先: 〒761-0123 香川県高松市牟礼町原 281-1 香川県立保健医療大学保健医療学部臨床検査学科 和田 晋一

*Correspondence to: Shinichi Wada, Department of Medical Technology, Faculty of Health Sciences, Kagawa Prefectural University of Health Sciences, 281-1 Hara, Mure-cho, Takamatsu, Kagawa 761-0123, Japan
E-mail: wada-s@chs.pref.kagawa.jp

はじめに

末梢性顔面神経麻痺（Bell麻痺，Hunt症候群等）は表情筋を支配する顔面神経が変性することにより，顔面運動の低下が生ずる疾患で多くは片側性におこる。

顔面神経麻痺の予後診断には顔面運動評価法，神経興奮検査，筋電図，Electroneurography（以下ENoG），瞬目反射などがあるが，その中でENoGが最も信頼性が高く汎用されている。ENoGは1973年にEsslen¹⁾によって提唱され，Fisch²⁾によって測定手技が紹介された。しかし，本邦において測定方法が標準化されていないのが現状である。本稿では我々が考案した正中法ENoGの測定方法や予後診断基準を中心に解説する。

1. ENoGの目的

顔面神経は側頭骨内耳道底部で骨性の細い顔面神経管に入り，膝神経節部，第二膝部でそれぞれ屈曲し，茎乳突孔から側頭骨を出て，耳下腺内を走行したのちに各顔面表情筋へ到達する。麻痺の多くは膝神経節部周辺での炎症，浮腫により顔面神経管内で神経の絞厄がおこり発症する。障害が強くと神経はWaller変性に陥り，7～10日かけて末梢側へと進行する。変性した顔面神経は電気的興奮性が低下するため，支配されていた筋線維は電気刺激をしても収縮を行わず複合筋活動電位（compound muscle action potential：以下CMAPと記す）の振幅は低下する。そこで，左右の顔面神経本幹を電気刺激し，得られたCMAPの振幅を計測することで変性を免れた神経の程度を数量化することができる。ENoGは健側の振幅に対し患側の振幅の割合を%で表し，重症度や回復までの期間を予測する目的で行われる。従って，左右の振幅を正確に測定することが予後を予測する上で極めて重要である。

2. 正中法ENoGの測定方法

(1) 記録電極位置

小池ら³⁾，稲村⁴⁾は口輪筋上の設置位置について検討を行い，基準電極（+）を鼻唇溝に，導出電極（-）を口唇斜め上部に設置（以下一般法と記す）するとFischらの方法²⁾よりも綺麗な二相性の波形が左右個人差なく得られるとしている。しかし，この方法では基準電極が口輪筋や鼻翼筋に近いと，それらの運動の影響を受けやすく，導出電極との距離も短いことからCMAPの振幅が小さく，二相性の波形が得られないこともしばしばである。さらに顔面神経麻痺患者では鼻唇溝が不明瞭な例も多く，左右対称の設置に難渋することもある。そこで我々は2005年から記録電極位置について検討を始め，基準電極（+）をオトガイ隆起部に，導出電極（-）を人中に設置する正中法を考案した⁵⁻⁸⁾（図1）。この方法は一般法よりも高率に二相性の波形が出現し，CMAPの振幅が有意に大きく，健常人では左右差も少な

いことが証明されている^{9, 10)}（図2）。また，両電極とも鼻唇溝に設置しないため，鼻唇溝が消失した高度な麻痺患者においても設置が明確で検者間の誤差が最小限に抑えられる利点がある。さらに正中法ENoG値は眼輪筋，鼻筋，口輪筋，口角下制筋の各ENoGと高い相関性を示し，顔面神経全体の変性程度を反映していると考えられた^{11, 12)}。



図1 記録電極の設置位置（文献8より引用）

電極は銀皿電極を用い，基準電極はオトガイ隆起部に，導出電極は人中に，アースは正中前頭極（Fpz）にペーストを用い設置する。顔面の正中に位置するため，わかりやすく左右付け替える必要がない利点がある。

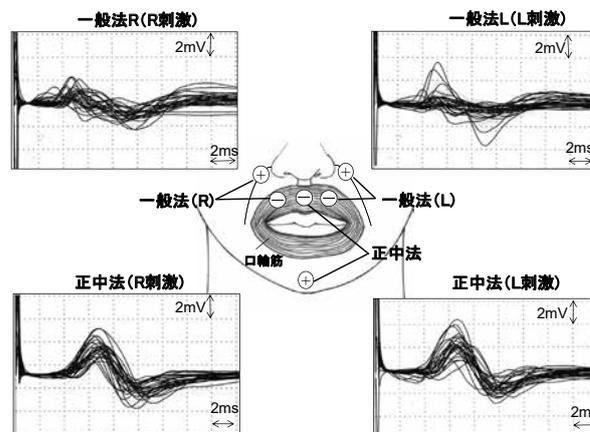


図2 健常人による正中法ならびに一般法の左右別CMAP波形（文献9より引用改変）

(2) 刺激部位

一般的な骨格筋の神経伝導検査において刺激電極位置は，陰極，陽極ともに神経上に設置するのが原則である。刺激時に陽極から陰極に電流が流れると，陰極と神経表面との間に集積した陰極電荷は神経を脱分極するように作用する。逆に陽極部での神経は過分極になる。この際，伝播インパルスの陽極遮断が最小限となるよう，神経上の記録部位に近い方に陰極を，遠い方に陽極を当てるようにして刺激する¹³⁾。一方，顔面神経は図3-Bに示すように茎乳突孔から側頭骨外へ出たのち，直ちに耳下腺内を穿通し分枝するため，ENoGでは陰極，陽極とも顔面神経本幹上に設置させるだけの距離がなく，解剖学的

に困難である。したがって、まず陰極を乳様突起と茎状突起の間、すなわち茎乳突孔付近の顔面神経本幹を狙って当てるのが適切である。

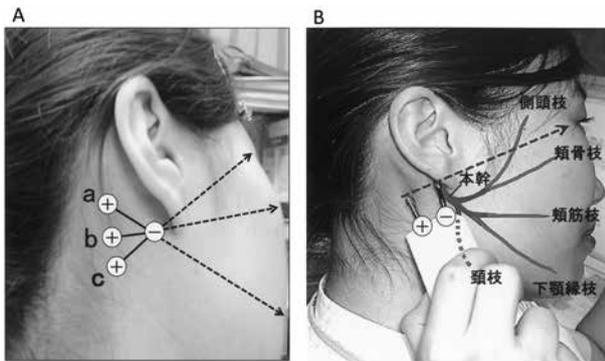


図3 刺激方法 (文献14を引用改変)

刺激電極は棒型電極を用い、陰極 (-) を茎乳突孔近傍 (乳様突起と茎状突起の間) に陽極 (+) を外眼角と陰極を結ぶ延長線上に当て、下から突き上げるように顔面神経本幹を刺激する。

次に陽極の位置に関し、図3-Aに示すように陽極電極をa~cの3種類の方向に角度を変えて検討した。その結果、c方向が最も大きなCMAPを得ることができた。すなわち陰極は茎乳突孔近傍 (乳様突起と茎状突起の間) で陽極は陰極と外眼角とを結ぶ延長線上に設置し、棒型電極を用い、下から突き上げるようにしながら刺激すると本幹が刺激されやすくなると考えられる¹⁴⁾ (図3-B)。

(3) 刺激強度 (図4)

電気生理学的検査において刺激強度は最大上刺激が原則である。最大上刺激とはCMAPの振幅が最大になった電流量にさらに10%上乗せた電流量まで上げ、神経線維すべてを確実に刺激する方法のことである。正中法に関しても同様であるが、我々は20mAから50mAまで5mAごとに電流を上げCMAPの振幅を検討したが、最大CMAPには至らなかった。その要因として、顔面神経は骨格筋以上に支配筋数が多いため、より強い刺激を与えないと全ての顔面筋が興奮しない可能性がある。しかし、疼痛の問題や検査の標準化の観点から刺激電流量の目安が必要である。刺激電流量が50mA以下ではCMAPは最大にはならないが、35mAと40mAのCMAPの振幅を比較したところ、有意な増加はなかった。したがって、35mAに10%を加えた38.5mA、実際の検査においては40mA以上での刺激が適切と考えられた¹⁵⁾。

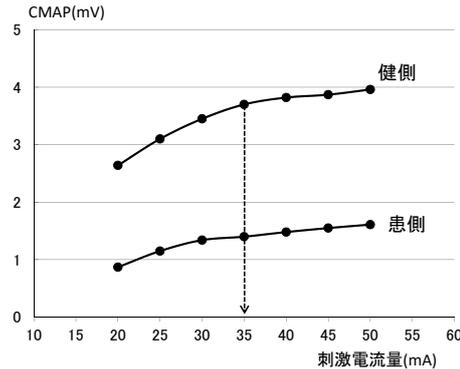


図4 正中法による刺激電流量の増加とCMAPの振幅の変化 (文献15を引用改変)

健側、患側とも35mAまで有意な増加を続けたが、35mA以降は隣り合う電流量に対し有意な振幅の上昇はなかった。

(4) 計測方法とアーチファクトとの鑑別

左右のCMAPの振幅及び頂点までの潜時 (ms) を計測記録する。振幅は陰性頂点から陽性頂点までのCMAPの電圧 (mV) を計測する (図5)。

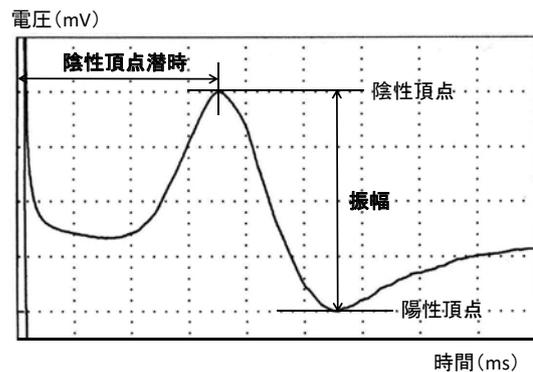


図5 CMAP波形の計測法

CMAPの振幅及び陰性頂点までの潜時 (ms) を計測記録する。振幅は陰性頂点から陽性頂点までの電圧 (mV) を計測する。

測定値を以下の計算式に当てはめ求める。

$$\text{ENoG値 (\%)} = \frac{\text{患側CMAPの振幅 (mV)}}{\text{健側CMAPの振幅 (mV)}} \times 100$$

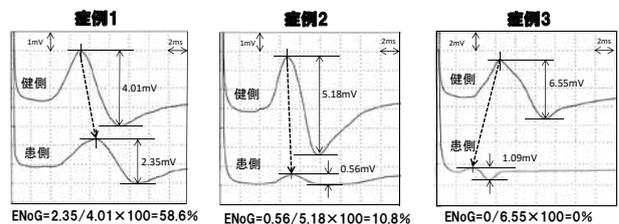


図6 計測方法とアーチファクトとの鑑別

症例1, 2は患側のCMAPの頂点潜時は健側に比較し、同等か遅延しているが、症例3は早期に出現している。

図6の症例1は麻痺スコア (柳原法) が10/40点と中等症と診断された症例である。健側のCMAPの振幅が4.01mV、患側の振幅が2.35mVであり、計算式に当てはめ

るとENoG値は58.6%となる。症例2は麻痺スコアが6/40点の重症例であるが、患側の振幅が小さくENoG値は10.8%と低値を示した。このように左右の電圧値を計算式に当てはめるだけであるが、共通しているのは患側のCMAPの頂点潜時が健側に比べ遅延していることである。

その理由としてBell麻痺は、膝神経節周辺の虚血と浮腫による圧迫によって麻痺がおこるとされ、圧迫に弱い太い有髄線維から障害を受ける。顔面神経はほとんどが有髄神経であり、伝導速度の速い有髄神経から障害を受け、その結果として遅い神経が残存し電気伝導が延長する^{16, 17)}。

症例3は麻痺スコアが4/40点の重症例であるが、単純に計算するとENoGは $1.09/6.55 \times 100 = 16.6\%$ となる。しかし、患側の陰性頂点潜時が健側よりも早期に出現していることがわかる。ある一定以上の刺激強度から咬筋由来の活動電位が口輪筋よりも短い潜時で混入する¹⁸⁾ ことがありアーチファクトと考えられる。症例3の患側には健側の潜時より遅い波形は確認できないため、患側の電圧は0mVすなわちENoGは0%と考えるが妥当である。次の章で解説するが16.6%と0%では治療経過、治療方針が大きく変わるので注意を要する。

(5) 正中法における予後診断基準

小池ら³⁾、稲村⁴⁾はENoG(%)が40%以上で1ヶ月以内、20~40%で2ヶ月以内、10~20%で4ヶ月以内に治癒は見込めるが、10%未満では半数が治癒までに6ヶ月以上を要し、0%になると治癒は見込めないとされている。正中法の評価基準として山田ら¹⁹⁾はENoG値が12%未満で治癒例がなく、非治癒の基準を12%未満と提案している。我々は2006年⁶⁾、2008年²⁰⁾、2010年²¹⁾に治癒期間との関係を報告したが、2015年に累積治癒率から新しい推定基準を発表した²²⁾。正中法による顔面神経麻痺の予後推定基準はENoG値が40%以上では2ヶ月以内の治癒、20~40%未満では4ヶ月以内の治癒、10~20%未満では6ヶ月以内の治癒が見込まれ、10%以下になると6か月以上の治癒、もしくは非治癒と推定した(図7)。

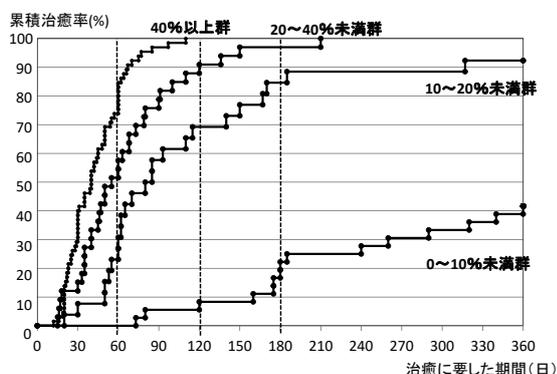


図7 正中法ENoG値と累積治癒率(文献22より引用改変)

図6の症例1のENoG値58.6%をこの基準に当てはめると2ヶ月以内の治癒、症例2のENoG値10.8%は6ヶ月以内の治癒と推定される。症例3においては0%なので6か月以上の治癒、もしくは非治癒となり、かなり重症であると判断される。しかし、もし症例3のアーチファクトを計測してしまうと16.6%となり6ヶ月以内の治癒が見込まれると判断され、減荷術などの外科的治療の選択が除外される可能性がある。

後遺症に関して萩森²³⁾はENoG値が40%以上の症例では発症4ヶ月以降に病的共同運動が出現しないとしている。また、仲野ら^{24, 25)}は正中法ENoG値と病的共同運動の関係について、10%未満群では10~20%群と比較して病的共同運動の出現率が高く重度になることを報告している。今後、正中法予後診断基準に病的共同運動を織り込んだ評価基準の作成が望まれる。

おわりに

2011年に日本顔面神経研究会発行の「顔面神経麻痺診療の手引」²⁶⁾の中で予後との相関性が高い正中法ENoGについて紹介された。正中法ENoGは予後を推定するだけでなく、後遺症の出現率もより正確に推定できる可能性が期待できる。

文献

- 1) Esslen E. Electrodiagnosis of facial palsy. "Surgery of the Facial Nerve" (ed by Miehleke A), WB Saunders, Philadelphia, 45-51, 1973.
- 2) Fisch U. Maximal nerve excitability testing vs electroneurography. Arch Otolaryngol 106 : 352-357. 1980.
- 3) 小池吉郎, 戸島 均. 目でみる耳鼻咽喉科検査 顔面神経麻痺の検査. JOHNS 7 : 1547-1558, 1991.
- 4) 稲村博雄. Electroneurography (ENoG) の測定手技とその予後診断的意義. Facial N Res Jpn 17 : 16-18. 1997.
- 5) 和田晋一, 萩森 伸一, 長谷川 敦子, 野中 隆三郎, ほか. ENoG測定に適した口輪筋上の電極設置位置について. Facial N Res Jpn 25 : 55-57, 2005.
- 6) 和田晋一, 萩森 伸一, 長谷川 敦子, 野中 隆三郎, ほか. ENoG測定に適した口輪筋上の電極設置位置について(第2報). Facial N Res Jpn 26 : 68-70, 2006.
- 7) Haginomori S, Wada S, Takamaki A, Nonaka R, et al. A new method for measuring compound muscle action potentials in facial palsy : a preliminary study. Muscle Nerve 37 : 764-769, 2008.
- 8) 和田晋一, 萩森伸一, 森京子, 金沢敦子, ほか. 正中法Electroneurographyの測定手技—顔面神経麻

- 痺のより正確な予後診断のために一. *Facial N Res Jpn* 34 : 69-71, 2014.
- 9) 和田晋一, 萩森伸一, 高巻京子, 野中隆三郎, ほか. 健常人の口輪筋CMAP測定における左右差について—オトガイ法と一般法の比較—. *Facial N Res Jpn* 27 : 153-156, 2007.
- 10) 和田晋一, 萩森伸一, 高巻京子, 金沢敦子, ほか. 健常人の口輪筋CMAP測定における左右差と再現性—正中法と一般法の比較, 特に各被検者内の差について—. *Facial N Res Jpn* 28 : 85-87, 2008.
- 11) 和田晋一, 萩森伸一, 森京子, 金沢敦子, ほか. 正中法は各顔面表情筋におけるElectroneurogramを反映するか. *Facial Nerve Res Jpn* 31 : 61-63, 2011.
- 12) Wada S, Haginomori S, Mori A, Ichihara T, et al. The midline electroneurography method for facial palsy reflects total nerve degeneration. *Acta Otolaryngol* 133 : 327-333, 2013.
- 13) Kimura J. “Electrodiagnosis in Diseases of Nerve and Muscle -Principles and Practice-”, 1st ed., Oxford University Press, New York. [栢森良二訳 “神経・筋疾患の電気診断学—原理と実際—, 西村書店, 73-91, 1989.]
- 14) 和田晋一, 萩森伸一, 森京子, 金沢敦子, ほか. Electroneurography (ENoG)における神経刺激電極位置についての検討. *Facial Nerve Res Jpn* 32 : 122-124, 2012.
- 15) 和田晋一, 萩森伸一, 森京子, 金沢敦子, ほか. Electroneurographyにおける最大上刺激電流量について—正中法と一般法の比較—. *Facial N Res Jpn* 29 : 44-47, 2009.
- 16) 青柳優, 戸島均, 斎藤修. 顔面神経伝導速度分布. *臨床脳波* 33 : 605-608, 1990.
- 17) 新井顕, 山田卓也, 萩原明子, 宮崎東洋, ほか. 磁気刺激を用いた顔面神経伝導速度の検討. *Facial Nerve Res Jpn* 22 : 73-75, 2002.
- 18) Coker NJ, Salzer TA. The use of masseter electromyography with electroneurography in the evaluation of facial paralysis. *Otolaryngol Head Neck Surg* 103 : 391-395, 1990.
- 19) 山田浩之, 新田清一, 大石直樹. 正中法によるENoG値と末梢性顔面神経麻痺予後の検討. *Facial N Res Jpn* 29 : 48-50, 2009.
- 20) 萩森伸一, 和田晋一, 高巻京子, 金沢敦子, ほか. 正中法による顔面神経麻痺患者のENoG測定—ENoG値と治癒に要した期間の関係について—. *Facial N Res Jpn* 28 : 88-91, 2008.
- 21) Haginomori S, Wada S, Takamaki A, Kanazawa A, et al. A novel electroneurography method in facial palsy. *Acta Otolaryngol* 130 : 520-524, 2010.
- 22) 和田晋一, 萩森伸一, 仲野春樹, 櫛原崇宏, ほか. 正中法Electroneurography (ENoG)の予後推定基準の再検討—一般法ENoGとの比較をもとに—. *Facial N Res Jpn* 35 : 135-137, 2015.
- 23) 栢森良二. “顔面神経麻痺のリハビリテーション”, 医歯薬出版, 東京, 50-64, 2010.
- 24) 仲野春樹. 正中法によるENoG値と病的共同運動出現率の関係性. *Facial N Res Jpn* 34 : 149-151, 2014.
- 25) 仲野春樹, 和田晋一, 萩森伸一, 櫛原崇宏, ほか. 末梢性顔面神経麻痺におけるSunnybrook法スコアの経時的変化と正中法ENoG値との関係性. *Facial N Res Jpn* 35 : 132-134, 2015.
- 26) 青柳 優. ENoGやNETで何がわかるか?, “顔面神経麻痺診療の手引”(日本顔面神経研究会編), 第1版, 金原出版, 東京, 37-39, 2011.

受付日 2016年10月3日

受理日 2016年12月10日

