

非侵襲的な定量筋電図検査法：Clustering Index 法の創案

上杉 春雄¹⁾ 園生 雅弘²⁾ 東原 真奈³⁾ Erik Stalberg⁴⁾ 斉藤 久寿⁵⁾

(臨床神経 2012;52:1249-1251)

Key words : Clustering Index, 表面筋電図, 針筋電図, 定量筋電図, 運動単位数推定

針筋電図検査は日常診療において、神経筋疾患の診断・評価に非常に有用な検査で広くもちいられている。しかし、同検査は侵襲性が高く患者に苦痛を与えることから、follow up study などくりかえし検査をするばあいや、小児に対する検査などには限界があり、表面電極をもちいた非侵襲的な筋電図検査が可能であれば理想的である。しかし、表面電極をもちいた神経筋疾患の評価法としては、これまで motor number estimation (MUNE) 法、多チャンネル電極を使用した表面筋電図検査法などが考案されているが、一般臨床場面で広くもちいられるにはいたっていない¹⁾²⁾。近年 Nandedkar らが考案した motor unit number index (MUNIX) が、非侵襲的な定量検査法として一部施設でも臨床的に使用されている³⁾。しかし、原理に仮定が多く指標の生理的意義の理解が難しい点に加え、原理的に筋原性変化の評価をおこなうことが困難であることは、同法の広い臨床応用においては欠点になりうると考えられる。

これらの手法の限界は、第一に表面電極は針電極よりも広い uptake area を持ち、そのために MUP の overlap が大きく、解析が困難であるためと考えられる。また、MUP の overlap を小さくするために、特殊な器具をもちいたり、複雑な手法を使用することも、広い臨床応用の妨げとなると考えられる。その点についてわれわれは、1. MUP の overlap を小さくするような電極配置をもちいる 2. 個々の MUP の分離を要求される MUP パラメータ解析ではなく、波形の定性印象を定量化する新たな指標を考案する という 2 つの工夫によって、有用な解析法を創案した^{4)~6)}。

第一の研究では、前脛骨筋 (TA) を対象とした。まず、基準電極を脛骨前縁、探査電極を基準電極近傍の筋腹上、電極間距離 2.5cm として配置することにより、通常の筋一腱の電極配置とことなり、短い電極間距離によって波形の overlap を少なくすることに成功した。次に、新しい定量的解析法として、以下の方法を考えた。随意収縮時の筋力に対応する指標として 1 秒間の表面筋電図波形の total area を考えると、神経原性では total area は少数の MUP に集中 (clustering) し、逆

に筋原性変化ではより多くの MUP に分散する。したがって、個々の MUP への total area の集中度を表わす Clustering Index (CI) というパラメータを考案した。収縮強度が増し干涉波形となると、CI は低い値となる。そこで、収縮強度の指標として、total area と CI の二次元プロットをもちいて相関を検討した。このような解析法を Clustering Index 法 (CI 法) と名付けた。健常者 66 名、神経原性患者 13 名、筋原性患者 18 名を対象に、TA において CI 法を施行した。上記の電極配置をもちいて、前脛骨筋から収縮強度のことなる 20~40 個の波形を採取、それらを CI-total area の二次元プロットに乗せた (Fig. 1)。正常群にくらべ、神経原性変化群ではプロットは上方に、筋原性変化群では下方にシフトしている。正常群の平均と標準偏差から、各患者の Z-score を計算した。Z-score ± 2.5 をカットオフ値としたばあ、TA では特異度 97%、感度は神経原性変化群で 100%、筋原性変化群で 61% と良好な結果がえられた (Fig. 2)。神経原性変化群と筋原性変化群の間には、overlap がみられなかった。また、検者間での再現性は良好であった。

第二の研究は、小指球筋でおこなった⁷⁾。小指外転筋 (ADM) 筋腹上の探査電極の 2cm 近位に基準電極を置くことで MUP の良好な分離をえた。この電極配置をもちいて、球脊髄性筋萎縮症患者 29 名と age-matched の健常者 27 名を対象に、ADM での CI 法と、他の非侵襲的検査である複合筋活動電位、motor unit number estimation (MUNE) 法とを比較した。おのおのの感度は 100%、72%、93% であり、CI 法はすぐれた診断感度を示した。MUNE も良好な感度を示していたが、群内分散を比較したところ、CI 法では 0.13、CMAP も 0.17 と CI 法には劣るもののほぼ同程度であったのに対し、MUNE では -0.28 と大きく、ばらつきの大い手法であると考えられた。また、CI 法は ADM においても検者間での再現性は良好だった。これらの検討の結果、CI 法は感度、再現性ともにすぐれていると考えられる。

CI 法は TA、ADM のいずれにおいても検者間の再現性も良好であった。CI 法は、非侵襲的であり、特殊な器具・装置

¹⁾ 札幌麻生脳神経外科病院神経内科 [〒065-0022 札幌市東区東 22 条北 1 丁目 1-40]

²⁾ 帝京大学神経内科

³⁾ 防衛医科大学内科 3

⁴⁾ ウプサラ大学臨床神経生理部門

⁵⁾ 札幌麻生脳神経外科病院脳神経外科

(受付日：2012 年 5 月 25 日)

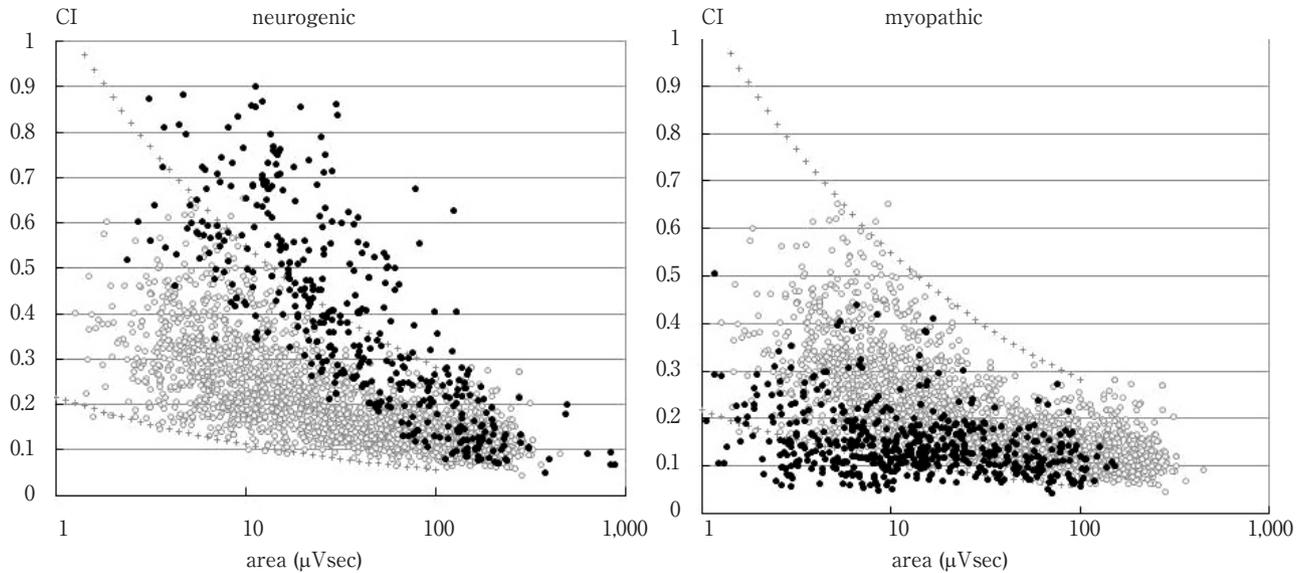


Fig. 1 CI-area plots of the patients.

All epochs from neurogenic and myopathic patients are plotted over the CI-area space superimposed upon the epochs from control subjects. Many epochs from neurogenic patients fell above the normal range, whereas many epochs from myopathic patients fell below the normal range.

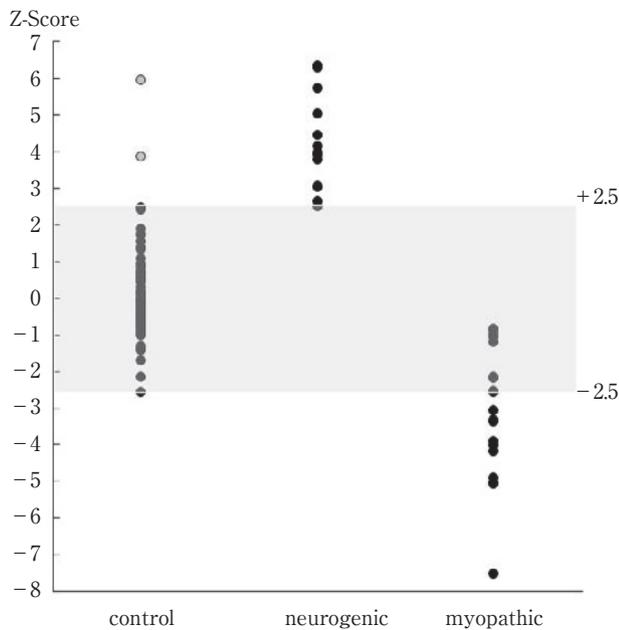


Fig. 2 Z-scored for each subject group.

The shaded area is the pre-defined normal range within ± 2.5 of the Z-score value. 2 control subjects who were excluded by Smirnov test are also plotted. Using this cut-off value, these 2 pre-excluded subjects were outside of the normal range (97% specificity), whereas 13/13 neurogenic and 11/18 myopathic patients were outside the range (100% and 61% sensitivity, respectively). Notably, there was no overlap of the Z-score values between the neurogenic and myopathic patients.

を必要としない、電極設置後の波形採取も短時間で済むことなどから、神経原性・筋原性鑑別の初期評価、follow up study, 小児の検査など広い臨床場面で有用であることが期待される。

※本論文に関連し、開示すべきCOI状態にある企業、組織、団体はいずれも有りません。

文 献

- 1) Pullman SI, Goodin DS, Marquez AI, et al. Clinical utility of surface EMG; report of the therapeutics and technology assessment subcommittee of the American academy of neurology. *Neurology* 2000;55:171-177.
- 2) Meekins GD, So Y, Quan D. American association of neuromuscular & electrodiagnostic medicine evidence-based review: use of surface electromyography in the diagnosis and study of neuromuscular disorders. *Muscle Nerve* 2008;38:1219-1224.
- 3) Nandedkar SD, Nandedkar DS, Barkhaus PE, et al. Motor unit number index (MINX). *IEEE Trans Biomed Eng* 2005;51:2209-2211.
- 4) Uesugi H, Sonoo M, Stalberg E, et al. A new technique of analyzing surface EMG on voluntary contraction which can differentiate between neurogenic and myopathic changes: a proposal of "Clustering Index". *Clin Neurophysiol* 2000;111:2343.
- 5) Uesugi H, Sonoo M, Stalberg E, et al. "Clustering Index method": A new technique for differentiation between neurogenic and myopathic changes using surface EMG.

- Clin Neurophysiol 2011;122:1032-1041.
- 6) 園生雅弘, 上杉春雄, 東原真奈ら. 針を刺さない筋電図の可能性：Clustering Index (CI) 法について. Annual Review 神経 2011;318-327.
- 7) Higashihara M, Sonoo M, Yamamoto T, et al. Evaluation of spinal and bulbar muscular atrophy by the clustering index method. Muscle Nerve 2011;44:539-546.

Abstract

Non-invasive quantitative EMG: invention of the “Clustering Index (CI)” method

Haruo Uesugi, M.D.¹⁾, Masahiro Sonoo, M.D.²⁾, Mana Higashihara, M.D.³⁾,
Erik Stalberg, M.D.⁴⁾ and Hisatoshi Saito, M.D.⁵⁾

¹⁾Department of Neurology, Sapporo Azabu Neurosurgery Hospital

²⁾Department of Neurology, Teikyo University School of Medicine

³⁾Department of Internal Medicine 3, National Defense Medical College

⁴⁾Department of Clinical Neurophysiology, Uppsala University Hospital

⁵⁾Department of Neurosurgery, Sapporo Azabu Neurosurgical Hospital

There have been few previous studies trying to evaluate neuromuscular disorders using surface electromyography (SEMG). The greatest obstacle to such an approach must be the difficulty in identifying individual motor unit potentials (MUPs) on the SEMG signal under voluntary contraction because of their dense overlap. We tried to solve this problem by reducing the overlap of MUPs using appropriate electrode setting, as well as by developing a new method of interference pattern analysis.

The tibialis anterior muscle was examined in our first study. A new method to analyse SEMG signal, the Clustering Index (CI) method, achieved 100% and 61% sensitivities for neurogenic and myopathic patients, and 97% specificity for control subjects.

In the second study, the abductor digiti minimi muscle was examined. Subjects were 29 spinal and bulbar muscular atrophy patients and 27 controls. The CI method was compared with the motor unit number estimation, and the amplitude of compound muscle action potential. As results, the CI method achieved the best sensitivity and among these three techniques.

The CI method is a novel, simple, and quantitative analysis method without using any special equipments, and is promising as a non-invasive complement to needle EMG.

(Clin Neurol 2012;52:1249-1251)

Key words: Clustering Index, surface EMG, needle EMG, quantitative EMG, motor unit number estimation
