

針筋電図の基礎 (安静時活動を中心に)*

園生 雅弘**

Key Words : needle electromyography, spontaneous activity, fibrillation potential, positive sharp wave, fasciculation potential

(神経治療 31 : 130-133, 2014)

はじめに

針筋電図の修得には様々な側面がある。例えば、末梢神経支配や筋節支配に代表される神経筋解剖を知らないと針筋電図診断はできないし、実際の個々の筋の体表からの同定も大事な解剖学的基礎知識である。また本邦では運動単位電位 (motor unit potential : MUP) 形態の評価は定性的に行われていることが多いが、客観性を考慮すると定量診断も重要な手法であり、その原理と限界についての正確な理解も必要である¹⁾。これらのすべてを短時間で網羅することはできないので、本稿では筋電図活動、中でも安静時活動の認識と解釈に絞って、初心者の陥りがちな pitfall や誤解を中心に、どのようにしたら正しい筋電図診断の前提となる、安静時活動の正しい評価ができるようになるかについて論じて行きたい。

I. 安静時活動の重要性

針筋電図での評価対象は安静時活動と随意収縮時活動とに分けられる。随意収縮時活動はさらに個々の MUP の形態の評価と、動員パターンや干渉パターンのような MUP の集合としての波形の評価に分けられる。このうち卒前教育や多くの教科書においては、高振幅・長持続時間の MUP が神経原性、低振幅・短持続時間の MUP が筋原性という MUP の形態が、針筋電図による診断法として最もよく知られているかもしれない。しかし、MUP 形態による診断には多くの pitfall や限界がある²⁾。動員パターンの方が神経原性・筋原性の鑑別における信頼性は高いが³⁾、その評価にはやや熟練を要する。

これに対し、安静時活動、特に線維自発電位 (fibrillation

potential : Fib)・陽性鋭波 (positive sharp wave : PSW) の認識は比較的容易であり、その有無は信頼性高く判定できる。ただし、線維自発電位/陽性鋭波 (以下 Fib/PSW) が見られても、原因疾患が神経原性か筋原性かの鑑別は通常できない。もうひとつの代表的な安静時活動である線維束自発電位 (fasciculation potential : Fas) の正確な認識にはやや熟練を要するが、慣れればその有無は比較的信頼性高く診断できる。また、線維束自発電位は原則神経原性疾患でしか見られないので、神経原性・筋原性の鑑別診断にも寄与する。

以上まとめると、随意収縮時活動は神経原性・筋原性の鑑別には役立つが、その評価は熟練を要し、また異常の有無の判定の信頼性も高くない。これに対して安静時活動、なかでも Fib/PSW は、比較的容易に信頼性の高い結果を得ることができ、また正常異常の判定も確実に下すことができる。神経原性・筋原性の鑑別ができないことは欠点ではあるが、実際に針筋電図を行う場面においては、神経原性・筋原性の鑑別は不要で、異常であることのみがわかればよいケースも多い。これには、神経根症の診断、障害分布の検討による神経原性疾患 (脊椎脊髄 vs. 神経叢 vs. 末梢神経疾患) の鑑別、筋炎での筋障害の有無の検出⁴⁾ (amyopathic dermatomyositis⁵⁾ かどうか、生検部位の選択、治療後増悪の判定) などが挙げられる。このような場合には Fib/PSW の存在が確認できさえすれば検査目的を達成できるわけである。このことから、米国などではほとんど安静時活動のみを評価対象としているような施設も存在する。針筋電図検査においては、安静時活動の評価がまずは重要であり、特に Fib/PSW の正しい認識が第一目標であることを強調したい。

* Needle EMG Basics Focusing on Spontaneous Activities.

** 帝京大学医学部神経内科 Masahiro SONOO : Department of Neurology, Teikyo University School of Medicine

II. 刺入時活動と安静時活動

多くの成書では刺入時活動と安静時活動を別々に記載している。そして、安静時活動ではないが、刺入に引き続く活動が通常より長く見られる状態を「刺入時活動の亢進」と呼ぶこともしばしば行われている。しかし、筆者の考えはこれと異なる。安静時活動、特にFib/PSWの評価においては、筋内の少なくとも20カ所程度から活動を記録することが推奨されている⁶⁾。即ち、筋内で針を20回動かすことになるが、この1回1回の針の移動は刺入と等価である。そして、ほとんどのFib/PSWは、針を移動後じっと止めておくと、針の移動=刺入に引き続いて数秒~数十秒続いた後に停止する⁷⁾。停止せずに持続するのはごく一部のものだけである。なので、もし刺入に誘発された活動をすべて刺入時活動と呼ぶなら、これらはみな刺入時活動だということになってしまう。刺入する前から活動しているものを真の安静時活動と呼ぶなら、それに値するのはFas (表面筋電図によっても記録可能である) と上記のような一部のFibのみである。

真の刺入時活動とは、刺入と同時にブワッという音がして、200msぐらいまでの間、基線の揺れに重畳して複数のスパイクが出現するもので (Fig. 1), injury potential に対応するものである⁸⁾。この最初の刺入時活動と、それに引き続いて出現するFib/PSWとは別物であり、従って「刺入時活動の亢進」とは正しい用語ではない⁸⁾。筆者は刺入に誘発されたFib/PSWもすべて安静時活動に含めており、それがどれくらいの時間持続すれば病的ととらえるかというだけの問題である。およそ3秒程度以上続けば病的なものとして診断している。それより短いものでも、頻繁に見られるなら意味のある場合があり、そのような時には、持続の短いFib/PSWが見られたとして別記している。

III. Fib/PSWをどのように認識するか?

Fib/PSWの特徴として、振幅が随意収縮MUPに比べて小さいこと、形態が3相性で単純であることなどがしばしば書かれている。しかし、随意収縮MUPでも遠方にある場合やミオパチーでは100 μ V内外と小さい場合もあり、Fibでも1mVを越える場合もある。また、Fibでも形態が5相性などと複雑な場合 (linked fibrillation potential) もある。Fib/PSWと鑑別を要する活動は終板棘波 (end-plate spike) と随意収縮MUPの残存の2つであり、この両者とも健常者でも見られる活動である。終板棘波との鑑別については、終板棘波は陰性から始まる2相性だが、Fibは陽性から始まる3相性であると成書にはあるかもしれない。しかし、終板棘派も神経筋接合部から離れた場所で記録されれば3相性となり得るし、Fibも終板近辺では2相性となり得る。

これら相互の鑑別において最も重要なのは発火リズムである (Fig. 2)。Fib/PSWの第一の特徴は発火が正確に規則的

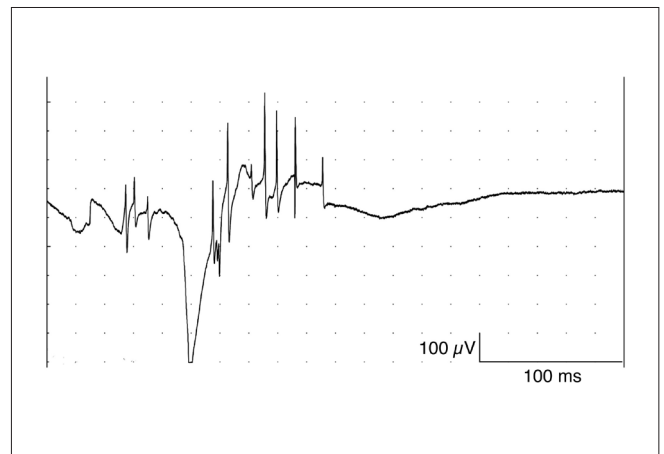


Fig. 1 Genuine insertional activity

A train of around 10 spikes are observed superimposed on the baseline drift due to needle insertion (= movement). They last less than 200ms and after that the muscle becomes silent again.

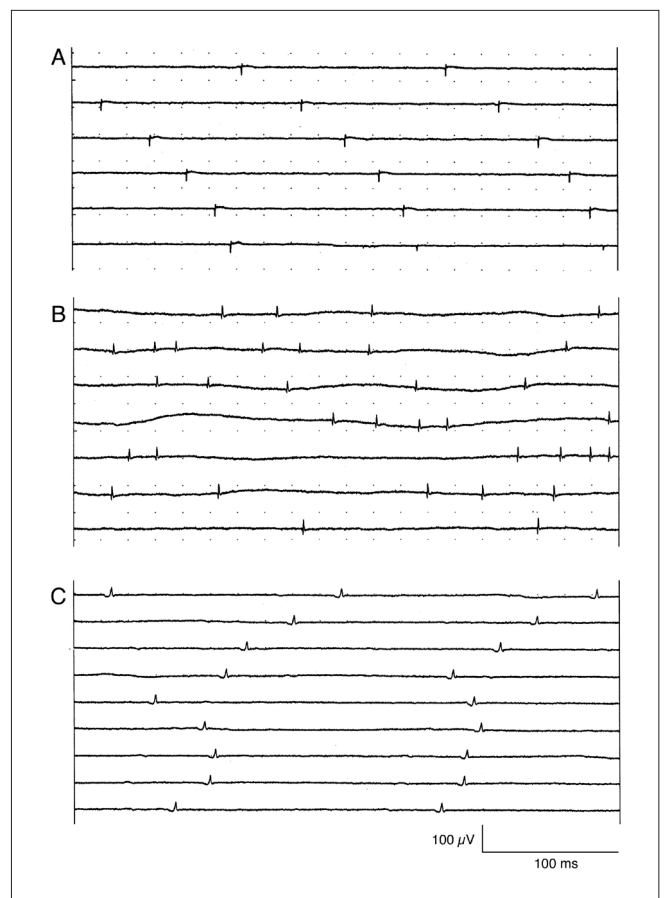


Fig. 2 Comparison of the rhythm of spontaneous activities

A: Fibrillation potentials firing in an accurately regular rhythm.
 B: Endplate spikes firing highly irregularly with a high frequency. The potential has three phases with a positive onset, and their shape cannot be discriminated from fibrillation potentials.
 C: Persistent voluntary MUPs firing semi-regularly. The amplitude of this remote MUP is low.

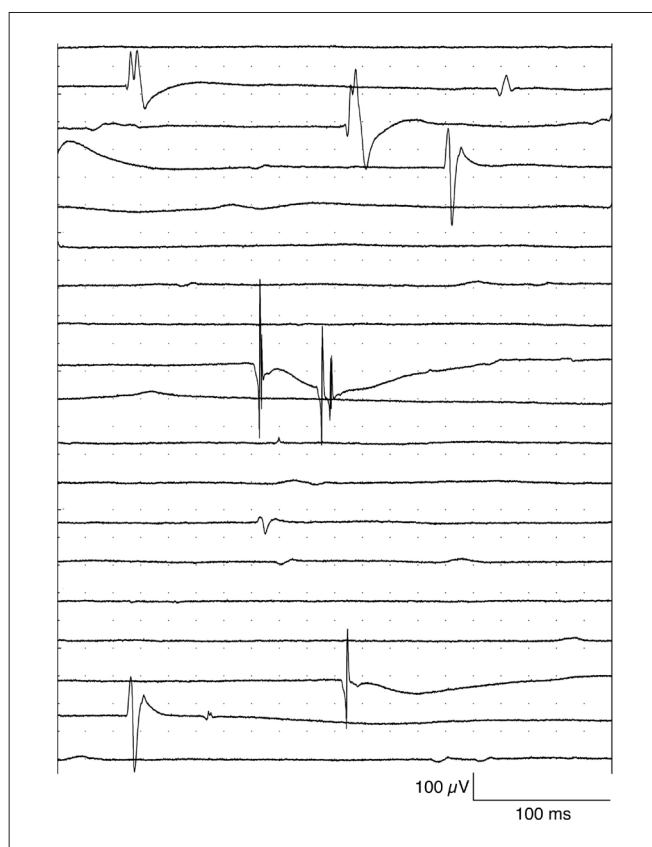


Fig. 3 Fasciculation potentials observed in the vastus medialis muscle of an ALS patient

Several different fasciculation potentials are firing in a low-frequency and highly irregular rhythm. Clustered firing of different MUPs is observed.

であることである。これに対して、終板棘波は、高頻度の極めて不規則に発火を示す。また、残存随意収縮MUPの発火はsemiregularである。実は不規則なFib/PSW（主にFib）もあるのだが、これを間違いなく認識するには高度の熟練を要する。すなわち、随意収縮MUPでも、終板棘波でも、Fasでもないと言い切れて初めて、irregular fibrillation potentialであると診断することができる。

IV. 線維束自発電位 (Fas)

Fasは完全に力を抜いた状態で出現する、下位運動ニューロンの自発発火であり、このため、その形態は通常のMUP = その被検者で出現するMUPと大きな差はない。従って一番の鑑別対象は随意収縮MUPの残存であり、その鑑別のキーもやはり発火パターンである。Fasは極めて低頻度、非常に不規則で、時にクラスターをするという発火パターンを呈する (Fig. 3)⁹⁾。これに対して、随意収縮MUPは、ある程度高い、5 Hz程度以上などの発火頻度を有し、semiregularに発火して、しばらく続けて出たと思うとあと出なくなると

いう発火パターンをとる。迷う場合には、拮抗筋を軽く収縮させると、随意収縮MUPは発火が抑制されるが、Fasの発火リズムは不変であることが参考となる。

V. 安静時活動の観察方法

針の筋腹内への刺入後、単にしばらく筋を安静にさせて観察するのが安静時活動の見方と思っている人がいるかもしれないが、上記で見て来たようにそれは間違いである。安静時活動の正しい検査方法は以下のようなものである。まず、表示ゲインを100 μ V/div程度に拡大する。筋内で20回以上針移動を行って、そのうち2回以上、病的な（3秒以上続く）Fib/PSWが出現すれば異常と判定する⁶⁾。この針移動を終えたあとで、今度は筋内の1ヵ所で針を止めたままとし、力を抜いてもらう努力を十分に行って、完全に力が抜けた状態で、少なくとも30秒～1分程度観察して、Fas出現がないかを観察する。Fib/PSWの検出が主目的の場合にはFasの観察は省略する場合もある。

VI. 安静時活動と疾患の関係

各種安静時活動の出現する疾患について理解することは、筋電図を診断に用いるための基礎知識となる。まずFib/PSWは、神経原性、筋原性疾患のいずれでも出現し、また、脳梗塞などの中枢性麻痺でも出現が見られる¹⁰⁾。従って、その筋が正常か異常かの判定には有用だが、中枢/神経原性/筋原性の麻痺の原因レベルの鑑別にはそれだけでは役立たない。Fib/PSWが出たから神経原性というのは完全な間違いである。特に、多発/皮膚筋炎^{4,11)}、封入体筋炎^{12,13)}、縁取り空胞を伴う遠位型ミオパチーなどでは、Fib/PSWは必発である。Fib/PSWがなくて、随意収縮時筋電図から筋炎の変化があると診断することはあり得ない。

Fasの出現は神経原性疾患をまず示唆するが、神経原性疾患の中でも筋萎縮性側索硬化症 (amyotrophic lateral sclerosis: ALS) にかかなり特異的所見であり、ALS以外の疾患での出現はかなり限定される¹⁴⁾。多巣性運動ニューロパチー、慢性炎症性脱髄性多発根ニューロパチー、放射線性神経叢障害など伝導ブロックを呈する疾患では出現し得る。Benign fasciculationがしばしば記載されているが、筆者はほとんど経験しない。文献で言われているのが何を指しているのか筆者はわからない。

最後に

まず、筋電図検査において、安静時活動を見る習慣をつけることが重要である。筋電図とはMUPの形態を見ることだけでは決してない。定期的に発火するFib/PSWが認識できて、終板棘波と随意MUPと鑑別できるようになることが第一、及び、最大の目標である。Fasの認識はその次の目標となるが、これは相当に難しい、これが随意MUPと確実に鑑別できるよ

うになるなら、もう上級の筋電図医と言える。そのようなレベルに達した人は、ぜひ神経筋電気診断全般についての専門医としての自覚を持って、日本臨床神経生理学会の認定医(筋電図・神経伝導分野)の資格も取得していただきたい。

本論文はCOI報告書の提出があり、開示すべき項目はありません。

文 献

- 1) 園生雅弘：筋電図随意収縮時活動の診断とは？ 臨床脳波 49 : 554-561, 2007
- 2) 園生雅弘：針筋電図の電位. 神経内科 65 Suppl 4 : 118-127, 2006
- 3) 園生雅弘：神経原性変化と筋原性変化(レベル診断). 神経内科 65 Suppl 4 : 128-138, 2006
- 4) Wilbourn AJ : The electrodiagnostic examination with myopathies. J Clin Neurophysiol 10 : 132-148, 1993
- 5) Gerami P, Schope JM, McDonald L et al : A systematic review of adult-onset clinically amyopathic dermatomyositis (dermatomyositis sine myositis) : a missing link within the spectrum of the idiopathic inflammatory myopathies. J Am Acad Dermatol 54 : 597-613, 2008
- 6) Buchthal F, Rosenfalck P : Spontaneous electrical activity of human muscle. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 20 : 321-336, 1966
- 7) Sherman HB, Walker FO, Donofrio PD : Sensitivity for detecting fibrillation potentials : a comparison between concentric and monopolar needle electrodes. Muscle Nerve 13 : 1023-1026, 1990
- 8) Wiechers DO : Mechanically provoked insertional activity before and after nerve section in rats. Arch Phys Med Rehabil 58 : 402-405, 1977
- 9) 園生雅弘：Fasciculationの起源と筋電図上の問題点. 神経進歩 40 : 75-83, 1996
- 10) Johnson EW, Denny ST, Kelley JP : Sequence of electromyographic abnormalities in stroke syndrome. Arch Phys Med Rehabil 56 : 468-473, 1975
- 11) Streib EW, Wilbourn AJ, Mitsumoto H : Spontaneous electrical muscle fiber activity in polymyositis and dermatomyositis. Muscle Nerve 2 : 14-18, 1979
- 12) Lotz BP, Engel AG, Nishino H et al : Inclusion body myositis. Observations in 40 patients. Brain 112 : 727-747, 1989
- 13) Beyenburg S, Zierz S, Jerusalem F : Inclusion body myositis ; clinical and histopathological features of 36 patients. Clin Invest 71 : 351-361, 1993
- 14) Higashihara M, Sonoo M, Imafuku I et al : Fasciculation potentials in ALS and the diagnostic yield of the Awaji algorithm. Muscle Nerve 45 : 175-182, 2012

Needle EMG Basics Focusing on Spontaneous Activities

Masahiro SONOO

Department of Neurology, Teikyo University School of Medicine

Evaluation of spontaneous activities is an important aspect of needle EMG, probably more important than that of voluntary motor unit potentials (MUPs). Fibrillation potentials and positive sharp waves (Fib/PSWs) are identified rather easily and reliably, and can be used as a reliable marker of abnormality. Neurogenic and myogenic disorders cannot be differentiated by Fib/PSWs. However, their discrimination is not required in many clinical questions. Discrimination between neurogenic and myogenic disorders is achieved by voluntary activities. However, there are many pitfalls, especially in the evaluation of MUP shapes, and a high expertise is required. Furthermore, reliable judgment of abnormality is often difficult in subtle changes of voluntary activities. Genuine insertional activity is an injury potential lasting up to 200 ms following the needle insertion (movement). I do not use the term of "increased insertional activity". Most Fib/PSWs are insertional activities in the strict sense that they are evoked by the needle movement,

which cease to fire in several tens of seconds after insertion. Every activity following the genuine insertional activity should be termed as spontaneous activities, as well as the "genuine spontaneous activity" such as fasciculation potentials. Fib/PSWs should be identified by their regular firing rhythm, and not by their amplitude or number of phases. They should be discriminated from endplate spikes firing in a high-frequency and highly irregular rhythm, and from persistent voluntary MUPs firing semi-regularly. Fasciculation potentials are identified by their highly irregular and low-frequency rhythm, with clustering of discharges from different motor units. To observe spontaneous activity, the needle should be moved within the muscle at least 20 times, and Fib/PSWs following each insertion are explored. Two different Fib/PSWs lasting more than 3 s are considered pathological. After that, the needle is held still and the muscle in complete relaxation is observed up to 30 or 60 s watching for fasciculation potentials.