論文

Strength-Duration Curve--Meaning and Method

Ken Akashi, M. D.

Okayama University Hospital
Dept. of Physical Medicine and
Rehabilitation

強 さ 期 間 曲 線 の 実 際

明 石 謙*

低位運動ニューロンの損傷についての電気的な検査の方法は、もっとも古典的な Erb の法則をはじめとして筋電図にいたるまで、数多くのものが挙げられる。一般に低位運動ニューロンの損傷があった場合、一番に訴えとしてとりあげられるものは力の弱まりと場合によっては知覚異常であろう。しかし力の弱まりの程度は、徒手筋力テストを行なえば大抵のことはわかり、テストした各筋の神経支配とレベルを考えることにより、また知覚検査の結果や、他の理学所見も併せて考えれば、病像は大体はつきりしてくることが多い。したがって低位運動ニューロン損傷の電気的な検査方法は上述の理学所見の裏づけとして、より正確を期する場合に行なわれることが多く、電気的な検査それ自体が主役を演ずることは、限られた場合を除き、それほど多くないのが事実である。しかし、いかに理学所見をうまく取っても自ずからこれには限界はあり、ことにこれら電気的検査の結果が重要視される場合もある。例をあげれば、筋力が 0 か 1 かを知る必要があるときがある。1 度完全な denervation が起こった筋にわずかながら re-innervation がはじまったかどうかを知りたい場合、徒手筋力テストを含むいわゆる理学検査は無力であり、筋電図や強さ一期間 (S-D 曲線と省略する) がその真価を発揮する。ただしこれら以外の電気検査、すなわち電気変性反応や平流テタヌス比等はこの場合も全く役に立たず、現在これらの検査法が、あまりかえり見ら

れなくなった大きな理由の 1 つとなっている。現在よく用いられている電気検査法としては S-D 曲線、筋電図、神経刺激伝導速度等があげられる。この中で S-D 曲線は今まで、その重要性にもかかわらず測定用の器具の操作が複雑であり、検査自体もかなりの熟練と時間を要するという欠点から、臨床検査としては、後 2 者ほど用いられていなかったが、最近になりようやく取り扱いが比較的簡単な器械が作られ、我々の

図 1

ところでも以前にも増して用いられるようになった。手技に熟達してくると、その結果は初心者の行なった筋電図検査よりもはるかに信頼ができ、また筋電図の針電極がうまく挿入できないような小さい顔面の筋にも用い得るなどの利点もあり、熟練した技術者が行なえば、医師はその結果のみを見て判断が下せる点も便利がよい。(図 1)

1. 正常な S-D 曲線 (図 2)

正常な被検査筋の運動点に巾の広い直角波 (300 msec. またはそれ以上) の刺激を加え、次第に刺激を強くして行くと、ある電圧 (または

*岡山大学医学部附属病院中央物療部・講師
(原稿受付: 昭和 45 年 10 月 12 日)

(2)

図 2

電流の強さ)で筋が収縮を起こす。この電圧の高さを基電圧 (reobase) という。次に刺激の巾を少なくし、再び電圧を高めて行き収縮が起こった最少の電圧と刺激の巾を記録し、巾をさらに少なくし、筋の収縮する電圧を求める。刺激の巾を少なくすると電圧を高くしないと収縮が起こらないのが普通で、同様のことを刺激の巾を少なくしながらくりかえし、刺激の巾とそれに対応する電圧を軸とするグラフを作ると図 2 のような曲線となる。いわば直角双曲線であり Weis の実験式 $v = a + \frac{b}{t}$ がよくあてはまる。基電圧は上式の $t \rightarrow +\infty$ とおいたときの v の値、すなわち a である。クロナキシーは基電圧の 2 倍の電圧で刺激したときに被検筋の収縮をおこす最少の刺激の巾と定義づけられており、正常値は 0.7 msec. 以下とされている。

2. 異常な S-D 曲線 (図 3)

末梢神経が完全な損傷を受けた後、Waller 変

図 3

性が完成するころ、実際には受傷後 2 週間から 3 週間より、S-D 曲線は信頼できる情報を我々に提供してくれるようになる。この期間は筋電図とはほぼ同じである。グラフは正常なものと比較すると基電圧は高くなり軸よりはるか離れたものになる。神経支配がもどりは

じめるとグラフの形は途中で段をつくるようになり、次第に元の形に近くなってくる。この形の変化に特徴があり、恢復の程度 (あるいは損傷の程度) を知ることができる。ただし一度だけでなく、一定の期間 (普通 4 週間) で再検査をくりかえし、そのグラフの形の変化を比較すると、よりよい情報が得られるのは他のテストも同様である。クロナキシーが信頼できない理由として 1 例 (図 4) を挙げたが、グラフを見れば明らか、に恢復が進行しているのに、クロナキシー値は変化が無い場合もある。(図 4)

3. 手 技

我々のところでは、操作が簡単であり、刺激電圧も他に比較し大きい等の理由から、平和電子の Electrostimulator MX-9 B を使用してる。他にも誘発筋電図の刺激装置を用いることもいあるが、操作はやや複雑である。

a. 準 備

被検者は被検筋を検査しやすく、かつ被検者自体も楽でしかも被検筋を完全に弛緩しうるような体位および肢位をとらせ、被検筋がよく観察しうるように該当部を露出する。他の部位は、シートやタオルで蔽う方がよい。検者は、被検者にこのテストの意味をよく説明し、不愉快な電気刺激を感じることを前もって説明し、了解を得ておく方がよい。検者は楽な姿勢を取り、しかも筋の観察と器械の操作に都合のよい自分の位置、器械の位置さらに照明の位置も調整する。

(3)

図 4

図 5 上より、不感電極（普通は⊕その逆の場合もある）、刺激電極（普通は⊖その逆の場合もある）および取り替え部分、固定用バンド（不感電極）

b. 不感導子の設置 (図5)

不感導子は前もってよく水にひたしておき適当な部位にとりつける。ぬれているため、着衣につかぬよう、ビニールのシートなどを使用して工夫をすればよい。不感導子をとりつける部位は、下肢であれば大腿部とか腰部、上肢であれば肩などにとりつけるが、刺激導子の操作に不便を来さないように注意する。

c. 器械の準備 (図6)

差し込みや、アースの異常の有無をたしかめ同時に刺激電極が被検者の体にふれていないか、または電極から何かを通し電流が流れることのないよう確認した後、Powerのスイッチを入れる。スイッチ板には縦4列のスイッチやダイヤルが並んでいる。第2列はFREQCPSと記されている。1秒間の刺激回数であり、上のダイヤルを1、下のダイヤルを1に合わせると1

秒間に1回の刺激が自動的に行なわれる。下のダイヤルを2に合わせると1秒間に $1 \times 2 = 2$ 回の刺激が出るようになる。普通は1秒1回で行なうことがほとんどであり、これは1度定めると変える必要はない。

第3列のダイヤルは刺激の巾を調節するためにあり、第2列と同様、上のダイヤルが示している数と下のダイヤルの数を掛け合わせたものが、millisecond (msec.) の単位で示される。

第4列上のスイッチは、刺激をするときは上へ、刺激の強さを測るときは下に向けて、隣のボルトメーターの目盛を読む。下のダイヤルは刺激の強さの調節を行なうためのもので、時計の針と同じ方向にまわすと刺激が強くなる。

図 6

d. 運動点を探す

古くはErbの図もあり成書にも示されている運動点の図を参考にするといいが、多くの場合位置は多少ずれている。刺激電極をいろいろ動かして自分で探さねばならない。小さい筋について行なうときは、刺激電極をいつのまにか他の筋の上へ移動させてしまっていることもあり、筋の動きをよくたしかめることが大切である。運動点を探すときは、刺激の巾(DURATION)は100 msec. または200 msec. (上のダイヤルを100, 下のダイヤルを1または2に合わせる)に調節し、電圧は筋が少し収縮するていどに調節し、刺激電極を少しずつ動かして、一番強く反応するところを探す。これが運動点であり、見つけ次第、肉筆かマジックインキで印をつける。次に刺激電圧を0にする (INTEN-

(4)

SITY のダイヤルを左一杯にまわす). 運動点をうまく探しだすことが、このテストの一つのポイントであり、慎重にこれを決定することが大切である。なお我々は初心者には矢谷、小川らの翻訳による Quiring, Warfel 著「図説 筋の機能解剖」を参照するようすすめている。

図 7

e. 測定 (図 7)

運動点に刺激導子を固定し、第 3 列の刺激の巾 (DURATION) を 300 msec. (上を 100, 下を 3 に合わせる) にし、次に第 4 列のスイッチを STIMULATE に合わせ、INTENSITY のダイヤルを少しずつ右へまわし、刺激電圧を次第にあげて行く。筋が収縮する最少の電圧がきまると、第 4 列のスイッチを下 (MEASURE) におろし、ボルトメーターの数値を読み、これを記録する。同時に電圧のダイヤルを 0 にする。次に DURATION のダイヤル (第 3 列) を 100 msec. (上のダイヤルは 100, 下のダイヤルを 1) に合わせ、次第に電圧を上げ、筋の収縮に必要な最少の電圧の値を測定し記録する。同様のことを 30 msec. (上のダイヤルを 10, 下のダイヤルを 3), 10 msec. (上のダイヤルを 10,

下のダイヤルを 1), 3 msec. (上のダイヤルを 1, 下のダイヤルを 3), 1 msec., 0.3 msec., 0.1 msec., 0.03 msec., 0.01 msec., について行ない、その値を記録し、これをグラフに書く。刺激の巾を表わすのには、対数目盛を用いるとよい。

グラフには被検者の姓名、性、年令、診断、検者の認印および施行年月日を必らず記入するように習慣づける。

4. 結 び

以上、S-D 曲線の持つ意義とその測定および作図法について述べたが、前に触れたこと以外にも、このテストに問題点がないわけではない。つまり、検査中、被検者の発汗による皮膚のインピーダンスの変化、肉眼で素早い筋の収縮の観察を行なうため、見落す可能性のあること等である。前者については procain, adrenalin の皮内注射により、後者については筋電計を利用し、ブラウン管で活動電位を観察する等の解決策も出されているが実際に行なってみて、それほど障害になることはなく、結果も充分信頼できるものである。

参 考 文 献

1. 三木, 他: 筋電図入門, 南山堂 1960.
2. 矢谷, 他訳, Quiring, D., Warfel, J., 著: 図説筋の機能解剖, 医学書院, 1968.
3. Krusen, F., Kottke, F., Ellwood, P.,: Hand Book of Physical Medicine and Rehabilitation, W. B. Saunders Co. 1965.
4. Watkins, A.,: A Manual of Electrotherapy 2 nd. Ed., Lea & Febiger, 1962.