

簡易型電子式皮膚感覚計の研究

迫 利 広*・今 井 春 雄**・立 川 厚 太 郎**・福 本 一 朗*

A Study of Portable Electrical Aesthesiometer

Toshihiro HASAMA, Haruo IMAI, Kotaro TACHIKAWA and Ichiro FUKUMOTO.

Portable electrical aesthesiometer (PEA) for measuring cutaneous pressure sensitivity is proposed. Semmes-Weinstein aesthesiometer (SWA) is a worldwide used instrument from 1960's for measuring cutaneous sensitivity. But it has several problems. In order to solve the problems of SWA, PEA was developed and was evaluated by comparing with the data of SWA. The result of study shows a possibility to apply PEA as a new evaluator of SWA.

Key words: Semmes Weinstein aesthesiometer / Portable Electrical Aesthesiometer / pressure threshold mechanoreceptors / Merkel disk

1. はじめに

整形外科領域における肘部管症候群などの神経障害の術後の神経回復度評価のために広く使用されている検査器に Semmes-Weinstein 皮膚感覚計 (Semmes-Weinstein Aesthesiometer) がある¹⁾ (Fig. 1)。これは1960年にアメリカの Semmes. J および Weinstein. S らによって考案されたもので、皮膚感覚閾値検査器のなかでは最も再現性、客観性の高い検査器である。この検査器はプラスチック棒の先端に直角に固定された、太さの異なるナイロンフィラメント20本から構成されており、最も細いフィラメントから順に刺激部位に対し直角に当て、被験者がどのフィラメントで刺激したときに感覚を生じたかで圧覚機能の半定量的診断を行う¹⁾ (Fig. 2)。各フィラメントのプラスチック棒部分には1.65から6.65までの数字がそれぞれ刻印されているが、これは統計処理上の便利のためであり、フィラメントによって加えられる荷重値を示すものではない³⁾。験者はこの数字から閾値空間分布をマッピングすることにより障害神経部位の同定、および障害の程度を調べることができる¹⁾ (Fig. 3)。この感覚計の優れている点は世界的に認可されている評価基準が設定されていることであり (Table 1)、これは他の同様の検

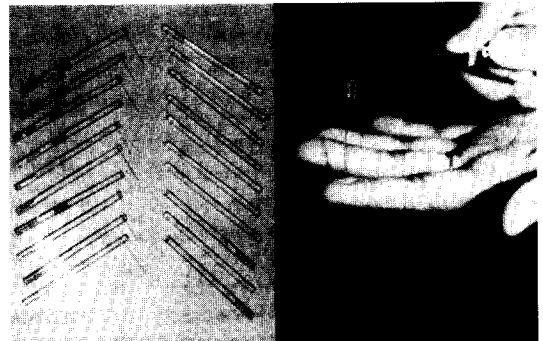


Fig. 1 Semmes-Weinstein Aesthesiometer. The unit contains 20 filaments.¹⁾



Fig. 2 Screen used for sensibility testing instruments and ork sheets to make patient's view blind.

原稿受付：平成6年6月16日

*長岡技術科学大学生物系

**立川総合病院リハビリセンター

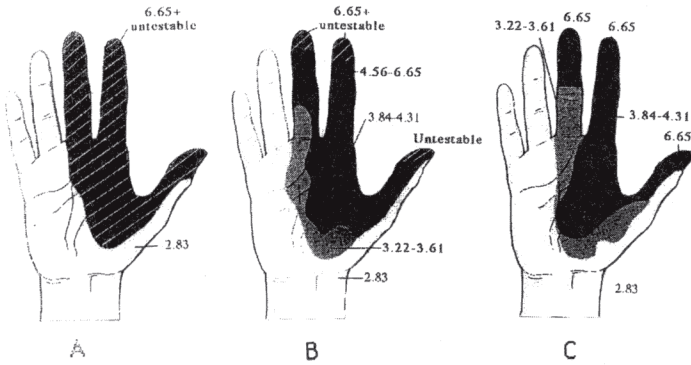


Fig. 3 The example of mapping. Examiner draws a map to estimate the degree of recovery easily. This map is obtained from right hand of a patient who has a median nerve laceration. A, before surgery, B, 3 months after surgery, C, 7 months, after surgery.¹⁾

Table 1. Scale of interpretation of filaments

Number (marking)	interpretation
1~ 4(1.65-2.83)	Normal
5~ 6(3.22-3.61)	Diminished light touch
7~10(4.08-4.31)	Diminished protective sensation
11~20(4.56-6.65)	Loss of protective sensation

査器には見られない¹⁾。

しかし、1セット20万円と高価であること、ナイロンフィラメントのため脆弱で可搬性にかけること、経時変化が大きいこと、温度、湿度の変化により刺激荷重値が大きく変化することなど問題点も数多く存在するため²⁾、Semmes-Weinstein 皮膚感覚計にかわる新たな感覚計の開発が望まれている。本研究では Semmes-Weinstein 皮膚感覚計の欠点を改善した簡易型電子式皮膚感覚計の製作を行い、感覚計としての有効性を検討したので報告する。

2. 簡易型電子式皮膚感覚計の試作

感覚計を製作するにあたり、我々は次の開発方針を立てた。

1) 測定器の形状はペンシル型であること。

2) Semmes-Weinstein 皮膚感覚計の評価基準に対応できるものであること。

1) は臨床の医師から日常の診察活動において携帯可能な測定器が必要であるとの要望を受けたためである。2) は従来 Semmes-Weinstein 皮膚感覚計によって蓄積されてきたデータを有効利用するためには、Semmes-Weinstein 皮膚感覚計の診断基準に対応したものでなくてはならないためである。

Fig. 4 に簡易型電子式皮膚感覚計のシステムを示す。皮膚に加えた荷重をストレインゲージで計測する。

SUBJECT

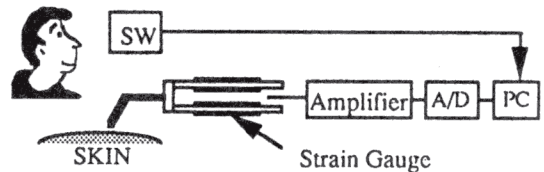


Fig. 4 The measuring system of Portable Electrical Aesthesiometer. Probe is held by the Examiner. When a patient perceives the touching stimulus, he/she makes a press on a switch, in order to record the force.

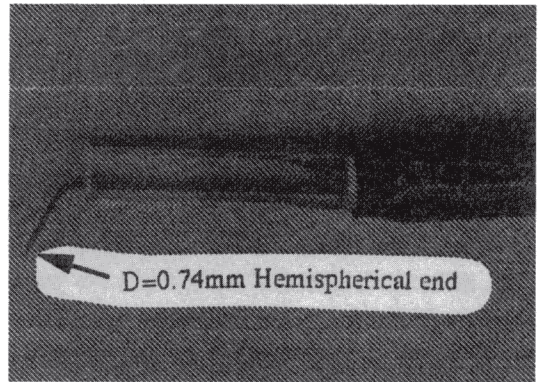


Fig. 5 Design of Probe.

被験者は感覚を生じた所で、スイッチを押してもらい、その時の荷重値をホールドし圧覚閾値[*gf*]とする。プローブ部は2枚のストレッチ樹脂の薄板(6mm×20mm)の表裏に貼り付けられた箔ストレインゲージにより、ブリッジを構成し、プローブにかかる荷重を計測する。プローブ先端の形状は直径0.74mmの半球状である。簡易型電子式皮膚感覚計には測定開始と同時にキャリブレーションが行われるオートキャリブレーション機能が付加されている。最大測定範囲は0.

0~6.0gf, 測定精度は±0.03gf(±0.5%F. S.)である。プローブ全体の形状は Fig. 5 のようにペンシル型とした²⁾。

3. 簡易型電子式皮膚感覚計による圧覚閾値測定

神経機能に異常の認められない22~24歳までの健常大学生10人を対象として Semmes-Weinswtein 皮膚感覚計と簡易型電子式皮膚感覚計で圧覚閾値の測定を行い、双方の測定器による測定値の相関を調べた。臨床で実際に測定の対象となるのは神経障害患者であるが、健常者の閾値は、神経障害患者と比べ一般的に低いことから高い測定精度が必要とされる為、もし両測定器のデータに相関が得られるならば、閾値の高い神経障害患者にも有効であろうと考えられる。刺激部位は両手人差し指と小指の各指節の中央部、計12個所である²⁾。始めに Semmes-Weinswtein 皮膚感覚計で測定し、その後簡易型電子式皮膚感覚計で測定した。被験者の指のぶれをおさえるために粘土で固定した。被験者は測定中は目を閉じるよう支持し、感覚を生じた時点でスイッチを押すよう指示した。刺激部位は常に同一点が刺激できるように、あらかじめ刺激部位をマークした。簡易型電子式皮膚感覚計では刺激部位1点につき5回測定し、その平均と標準偏差を求め、Semmes-Weinswtein 皮膚感覚計の測定データと比較した。測定時間は1人あたり平均約30分であった。

4. 結果

Fig. 6 に被験者全員についての両測定器による測定データの相関を示す。平均値を中心として標準偏差をエラーバーに示した。標準偏差には測定器自体の誤差、ならびに個体差が含まれている。図中の横軸は Semmes-Weinswtein 皮膚感覚計による測定結果であるが、便宜上、細いフィラメントから順に No. 4~8 までの番号をふった。相関係数は+0.939となり、相関係数の有意性を検討した結果、危険率5%以下で有意であった。

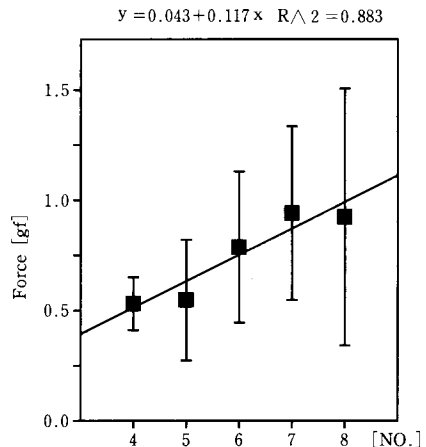
Semmes-Weinswtein 皮膚感覚計を用いた検査では特に No. 4~8 が使用頻度が高く、また測定精度の高いことが要求される。その理由として以下の2つがあげられる。

- 1) No. 4~8 には Table 1 で示したように3つの境界のうちの2つが含まれている。
- 2) Semmes-Weinswtein 皮膚感覚計検査の目的の

1つに、患者自身に回復度の認知してもらうということがあるが、これは通常のリハビリ中には No. 4~8 のレベルにおいて行われる。

そこで、このレベルにおいて簡易型電子式皮膚感覚計の測定値で有意差が認められるかどうかを、No. 4~5 に対する電子式皮膚感覚計の測定値の平均値と標準偏差、No. 6~8 に対する電子式皮膚感覚計の測定値の平均値と標準偏差を求め、両者の間に有意差が認められるかどうかを調べた。その結果を Fig. 7 に示す。t 検定を行った結果、危険率1%以下で有意であった。

Fig. 6 においては、圧覚閾値が高い点では、低い点に比べばらつきが大きくなる傾向にあることがわかる。そのことを確認するために F 検定をおこない、そのば



Level of Semmes-Weinswtein Acsthesiometer
Fig. 6 Relationship of SWA and PEA (No. 4 to 8). SWA's numbers are refer to the markings of SWA 2.83, 3.22, 3.61, 3.84. Correlation coefficient was +0.939 (P<0.05).

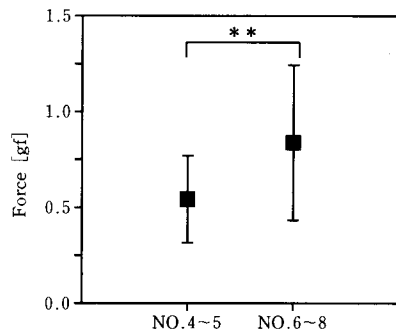


Fig. 7 Comparison of 2 groups. Average threshold of group 6 to 8 was higher than group 4 to 5 (t<0.01).

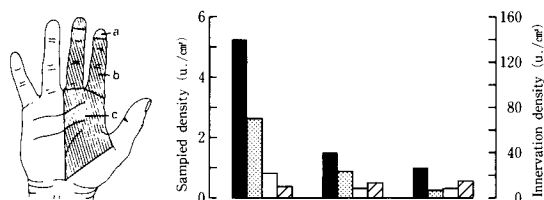


Fig. 8 Distribution of mechanoreceptors which are innervated to median nerve. Filled, stippled, hollow and hatched blocks refer to Meissner corpuscle, Merkel disk, Pacini corpuscle, Ruffini neurite ends. Right ordinate indicates an estimate of the absolute number of units per cm^2 .⁴⁾

Table 2. The result of F test of variance

No.	4	5	6	7	8
4	—	**	**	**	**
5	**	—	×	×	*
6	**	×	—	×	*
7	**	×	×	—	×
8	**	*	*	×	—

× not significant
 * significant ($p < 0.05$)
 ** significant ($p < 0.005$)

らつき度合いを調べた。その結果を Table 2 に示す。No. 4 と No. 5, 6, 7, 8 間には危険率 0.5% 以下で有意差が認められた。また No. 5 と No. 8 間, No. 6 と No. 8 間において危険率 5% 以下で有意であった。参考のために Fig. 8 に R. S. Johansson と A. B. Vallbo らが測定したマーケル板の密度分布図を示す⁵⁾。この図から受容器分布は均一ではなく、示指先端においては圧覚受容器の密度が高く、手掌部分に近づくに従って低くなっていることがわかる⁵⁾。Fig. 9 に刺激部位別の圧覚閾値を示した。Fig. 8 と比較すると受容器密度の高い部位 1, 4, 7, 10 は他の部位よりも平均閾値が低いことがわかる。

以上の結果より今回製作した簡易型電子式皮膚感覚計は Semmes-Weinstein 皮膚感覚計の評価基準に対応できる可能性があるということが出来る。

5. 考 察

Fig. 6 は圧覚閾値が高くなるに従いばらつきが大きくなることを示している。この理由は次のように考えられる。無毛皮膚に分布している機械受容器群は自由神経終末、マイスナー小体、パッチーニ小体、メルケ

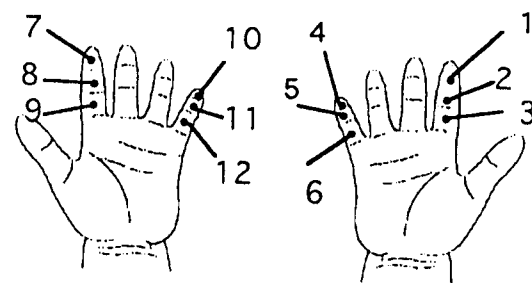
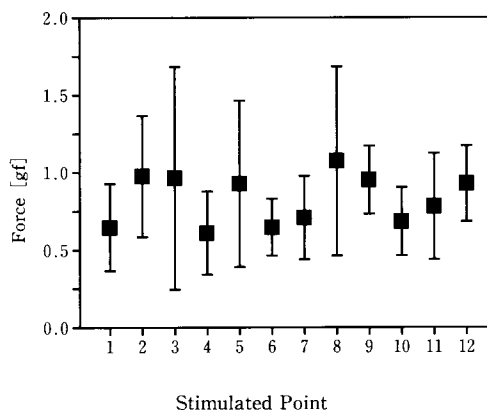


Fig. 9 Pressure threshold of each point. Comparing to the map of distribution of receptors, high density point's threshold is higher than low density points.

ル板、ルフィーニ終末に分類されているが⁴⁾、圧覚閾値検査器による測定では、静圧力などの周波数の低い機械的刺激によく反応する Merkel 板の閾値を測定していると一般的に言われている⁴⁾。

等面積刺激に対する圧覚閾値 [gf] は、発火する受容器の数に反比例すると考えられることから、受容器密度の高い所では、受容器密度の低い所よりも、毎時刺激における発火受容器数は確率的に増減が少ないことが結果に現れていると考えられる。

今回は 22~24 歳までの健常人大学生を対象としたが今後は、高齢層や中年層の男女についても、また神経障害を持つ患者に対して臨床検査を行い、本感覚計の有効性を確認する予定である。

参考文献

1) James M. Hunter, Lawrence H. Schneider, Evelyn J. Mackin, Anne D. Callahan; Rehabilitation of the Hand second edition, Part VII, Mosby Company, 1984
 2) 迫利広, 高橋直之, 柏田耕志, 今井春雄, 立川厚太郎; 医用

簡易型電子式皮膚感覚計の研究

電子と生体工学, 第32巻, 特別号, pp.202, 1994

- 3) Judith Bell-Krotoski, Elizabeth Tomancik; The repeatability of testing with Semmes-Weinstein monofilaments, J of Hand Surgery, Vol.12A, No. 1, pp.155-161, January, 1987
- 4) ゴードン M, シェパード; ニューロバイオロジー第2版, 第12章学会出版センター
- 5) R. S. Johansson, A. B. Vollbo; Tactile sensibility in the Human hand: Relative and absolute densities of four types of mechanoreceptive units in glabrous skin, J. of physiology, 286, pp.283-300, 1979