

内喉頭筋の強さ時間曲線の自動測定

金苗修一郎, 笠誠一, 広戸幾一郎, 井え口昭, 渡辺宏,
小宮山荘太郎 (九州大学耳鼻咽喉科)

はじめに: 喉頭の筋電図学的検査法には、筋電図、誘発筋電図、強さ時間曲線検査などがある。これらの検査法はそれぞれ独自の意義を持つもので、ひとつの検査法をもって他の検査にかえることができないことはいうまでもない。強さ時間曲線(Intensity-Duration curve: 以下I-D曲線と略す)は、異なるdurationの電気刺激に対する興奮閾値の変化のしかたが神経と筋で異なっていることを利用した検査法である。図-IにI-D曲線検査によって得られる定形的な曲線を示した。部分的脱神経筋では特徴的な「折れ曲り」が認められ、曲線全体の形の経時的変化を追うことによって脱神経の進行あるいは神経再支配についての情報を得ることができる。特定のdurationの刺激に対する収縮閾値は、刺激装置の出力インピーダンスや電極抵抗、電極の位置によって変化するので、収縮閾値そのものに判定基準を求めることは適当ではないとされている。喉頭筋のI-D曲線の測定については大野がすでに報告しているが、今回我々はこのI-D曲線の測定を短時間で精密に行なうことのできる装置を開発したので報告する。

ハードウェア: 喉頭筋のI-D曲線を測定するに当たって最大の問題は喉頭が狭くて深い場所にあるという解剖学的な位置の特殊性である。また検査は経過を追ってくり返し実施しなくてはならないので患者に与える苦痛を最小限にとどめる必要があり、この点では短時間に測定を終了させることが要求される。よってI-D曲線を正確に測定する条件は①刺激による筋収縮の有無を正確に観測できること、②時間軸上での測定点を十分に多くとることができること、③電極の接触状態が安定しており、それをつねに監視できることなどである。これらの問題点を解決するため、電極の

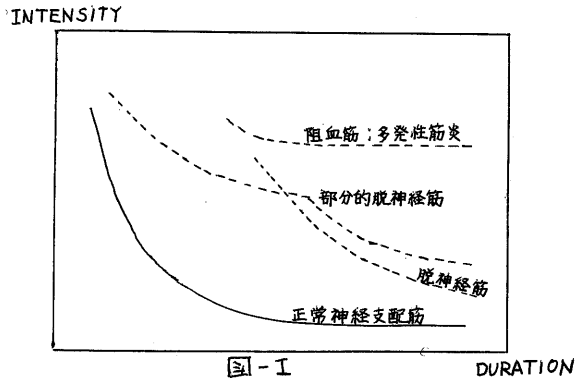


図-I

設定と筋収縮の観測にファイバースコープを利用し、刺激のintensityとdurationの制御をマイクロコンピュータを用いて自動化するという方法を考案した。

図-IIは本装置のブロックダイヤグラムである。筋収縮の有無の判定は刺激による筋収縮の際に発生する電位(M波)を検出し自動化することなども可能である。しかし、測定

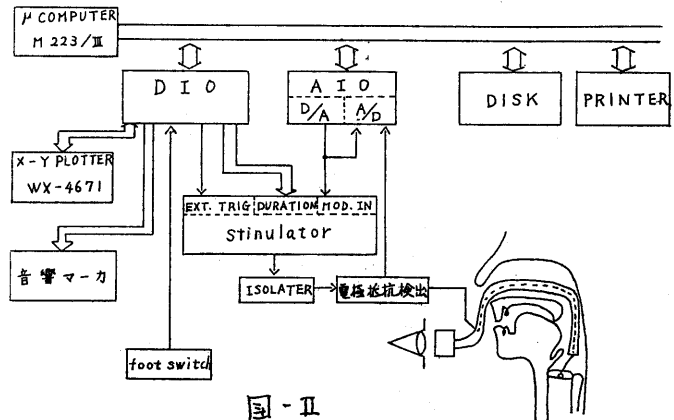


図-II

値の安定性に不安があること、装置が複雑化すること、複雑化による安全性の低下が避けがたいことなどのために今回試作した装置では測定者に筋収縮の判定を行なわせた。ブロックダイアグラム中、音響マーカおよびフットスイッチが測定者とマイクロコンピュータとのインターフェイスである。音響マーカにはプログラマブルノイズゼネレータを用い、多くの特徴的なマーカ音をプログラムで制御することができるようにした。測定中、測定音の判断を要求する部分にくると、マイクロコンピュータはマーカ音によって測定者にそれを知らせ、測定者はマーカ音の種類から質問の意味を解釈してフットスイッチのON、OFFによって回答を与える。

電気刺激装置とのインターフェイスには、14Bitのデジタル出力と8Bit D-Aコンバータの出力1chを用いている。デジタル出力のうち8BitはBCD2桁のdurationの信号、5Bitはdurationの単位を出力するのに用いており、残り1Bitは刺激出力のトリガとして用いている。アナログ出力は電気刺激装置の変調入力に接続されIntensityの制御を行なう。intensity出力の誤りは、火傷や心停止などの重大な障害を患者に与える危険性を伴うので、アナログ入力を並列に接続して出力電圧の監視を行なっている。インターフェイスのための電気刺激装置本体の改造は不要だが、これは安全性確保のためにも必要な条件である。

電極抵抗測定回路は電極の接触状態を監視するもので、電極抵抗が正常値(本器では約10kΩ)から規定量以上変化すると刺激出力は停止するようにした。使用した刺激電極はファイバースコープの処置用チャンネルを通過する絶縁導線の先端にステンレスボールを設けたものである。不関電極は前頸部においた。

ソフトウェア: ソフトウェアの体系図を図-Ⅲに示した。ソフトウェアは4つのブロックからなっている。第1のブロックは、電気刺激装置のキャリブレーションを行なうためのものである。直流電圧が出力され、電極が挿入されたままでは危険なので安全のため独立したプログラムとなっている。第2のブロックは測定手順の制御条件を設定する部分である。intensityの初期値、上昇幅、上限値、再確認やdurationを変化させたときの下降幅、durationの変化率、同一intensityのくり返し回数、フットスイッチ入力の待ち時間をあらかじめ設定しディスク上に記録す

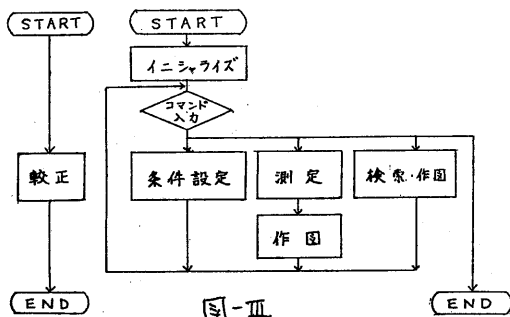


図-Ⅲ

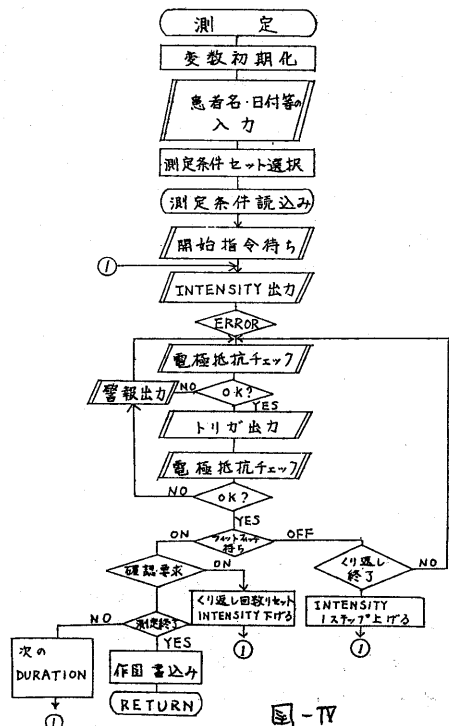


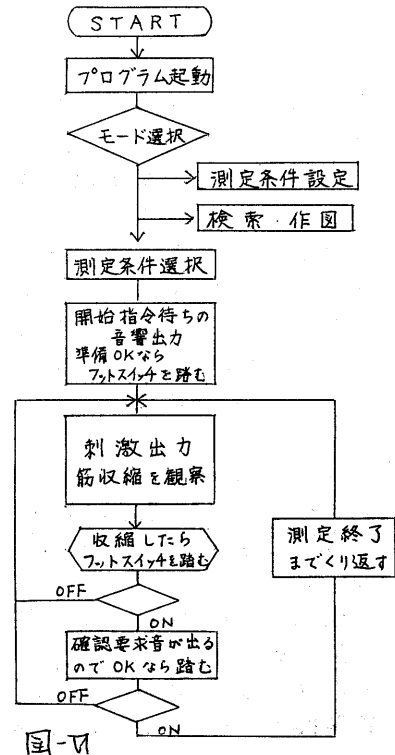
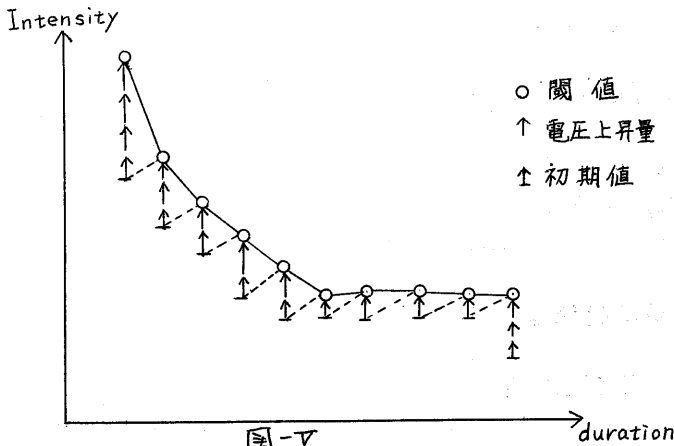
図-Ⅳ

る。第3のブロックは測定手順の制御を行なう部分である。この部分のフローチャートを図-Vに示した。I-D曲線は、durationが短くなるにつれIntensityが上昇する形の曲線となるので、測定は最も長いdurationから始め、測定された閾値を参考にしてそれより1ステップ短いdurationの刺激電圧の初期値を決定するようにプログラムを組むと能率的に測定を進めることができる。この様子を図-Vに示した。測定結果は患者名、診断などのデータとともにディスク上に記録される。第4のブロックはディスク上のデータを条件検索して一枚のチャートに合成したり、不要データを消去した後ファイルの空きをつめたりする部分である。

このプログラムの構成は単純であるが患者に使用するので安全性の確保にもっとも留意した。重要な部分では変数を二重に定義し、それぞれについて演算を行なって誤りを互いに監視させた上、誤りが発生した場合には測定そのものを中止するようにした。

操作法と測定例: 測定操作のフローチャートを図-VIに示した。本器による測定操作はきわめて単純である。10μsecから300msecまでの間を対数的に10分割した場合、測定は2〜3分間で終了することができた。喉頭機能正常な雑種成犬(ネンブータル麻酔下)についての測定例を図-VIIに示した。本装置では、ファイバースコープによる電極の設定、筋収縮の観測が容易であり、しかも短時間で測定を行なうことができるため、測定値の再現性はきわめて良好であった。

討論: 頭初で述べたようにI-D曲線全体の形は脱神経の程度をよく反映しているので、同一筋に対して同一条件で検査をくり返すことにより、脱神経の進行や神経再支配についての情報を他の検査法よりも正確に得ることができる。神経再支配の徴候であるI-D曲線上の「折れ曲り」は微弱な随意運動が観察され初めるよりも数週間前に現れるとされており、特に主として運動神経だけから構成される神経の支配をうける筋(たとえば顔面神経)では12〜14週間前に神経再支配の徴候を検出できることさえあると報告されている。また神経が変性していく過程では、神経再支配の場合と同様な変化が逆方向に進行するのが観察される。神経が切断された場合に定形的な脱神経の



I-D 曲線が得られるまでに約14日を要するとされるが、圧迫などによりきわめて徐々に脱神経が進行してゆく場合には筋力の低下を認めるようになる以前に部分的脱神経を検出することができる。

今回開発された装置によって、喉頭筋のI-D 曲線検査を短時間で精密に測定することが可能となった。この装置による検査は患者にほとんど苦痛を与えず短時間で終了するので、頻回に検査をくり返すことが可能である。広戸らが報告している様に反回神経麻痺では神経再支配がほぼ正常に起っているにもかかわらず、*missdirected reinnervation* のために機能の回復がさまたげられている症例が少なからず存在する。こういった例では神経再支配の徴候をもってただちに予後判定を行なうことは、無理と思われるが反回神経麻痺の症例では以下のような情報を得ることができると考える。①発症後数週以内で脱神経の程度が軽ければ *missdirection reinnervation* がおこってもその比率は低く、予後はよい、この時期に脱神経高度のものでは、たとえ神経再支配がおこっても *missdirection reinnervation* により機能の回復がさまたげられる可能性があろう。②経過を追って神経再支配が進行するものは、*missdirection* が生じても声帯筋の萎縮は高度とならないので予後は悪くないと予測できる。また、たとえ側声帯による代償が不十分で音声機能の回復が起らないとしても手術的治療により回復を得ることができる。③経過を追って脱神経の進行するものでは、甲状腺腫瘍、縦隔腫瘍、大動脈瘤などの重大な原因疾患がかくされている可能性が指摘できる。

このように本装置の有用性は喉頭筋への応用という点に限定しても、かなり高いものと思われる。また、すでにI-D 曲線法が応用されている部位の検査も本装置を利用することにより、現在よりはるかに簡単なものとなるであろう。

参考文献

- 1) 大野敏二：反回神経麻痺の予後判定のための喉頭電気刺激検査法。耳鼻臨床 115 Sup.2, 1969.
- 2) 広戸幾一郎：発声機構の面よりみた喉頭の病態生理。耳鼻臨床 39: 229, 1966.
- 3) 広戸幾一郎：反回神経麻痺における麻痺側声帯は果して不動か？耳鼻 21: 107, 1975.
- 4) 佐藤意生：反回神経再生後の内喉頭筋の機能。日耳鼻 77: 444, 1974.
- 5) J. A. R. LENMAN et al: *Clinical Electromyography* 1970.
- 6) E. Schleier et al: Beziehungen zwischen diagnostischer Aussage und therapeutischem Ergebnis bei Rekurrenzlähmung. *Folia phoniat* 32: 323, 1980.
- 7) 佐藤意生：喉頭における誘発筋電図検査。日耳鼻 80: 344, 1977.
- 8) 平野実：反回神経麻痺における筋電図所見。耳鼻臨床 67: 231, 1974.

本研究は文部省科学研究費試験研究、課題番号587096の補助によるものである。

