リサージュ図形を応用した顎運動描記方法
Lissajous Pattern Method for Ascribing Masticatory Movements

* 熊井 敏文 * 増田 正 * 佐渡山 亜兵 * 永村 寧一
Kumai Toshifumi Masuda Tadashi Sadoyama Tsugutake Nagamura Neiichi

* 松本歯科大学 口腔生理学教室
Department of Oral Physiology, Matsumoto Dental College
* 製品科学研究所
Industrial Products Research Institute

〔はじめに〕

咀嚼運動の研究には古くから関連諸筋の筋電位に含まれる諸パラメーターをさまざまな角度から解析するという方法が行われてきた¹⁾。しかし概してこれらの解析的方法には咀嚼運動の動的側面を直感的に把握できないという傾向がある。これに対して咀嚼運動に伴う下顎の変位をなんらかのセンサーを用いて機械的にトレースする方法も各種考案されており、その軌跡は下顎運動を動的によく表現している²⁾。しかし実際の変位を記録するこれらの方法は等尺性収縮時の顎運動を表現できないという大きな欠点がある。更に、これらには装置や手順が複雑だったり自然な咀嚼運動を妨げたりするものも多い。

ところで山科等³⁾⁴⁾は咀嚼運動に関連した二筋の積分筋電位をブラウン管上でX軸とY軸にベクトル合成し、その描かれたリサージュ図形から顎運動を観察するという面白い方法を考案した。これは原理的には医学領域で実用化されているベクトル心電図と同じものだが彼らはそれをベクトル筋電図と呼んだ。この方法は顎運動の持つ動的側面を筋電位レベルより、よく表現していて、上記二方法のもつ欠点を相補うことができると思われる。そこで今回はコンピューターシステムを導入し、様々な食物を用いてこの方法の有用性を更に検討してみた。またこの方法には顎運動の時間的変化を観察しにくいという欠点があるが、これは得られたベクトル筋電図をソフト的に時分割するという方法で解決を試みた。

〔方法〕

正常な歯列を持った5名の健全な被験者に各種食品を咀嚼させ、左右咬筋の中央部より表面筋電位を両極性電極(4cm)を用いて導出した。得られた筋電位は増幅、整流された後、RC回路(時定数 0.5sec)で平滑化され、A/Dコンバーター(12ビット)を通してコンピューターシステム(PC-9801, NEC)に取込まれた。取込まれたデータは両チャンネルとも21sec間(1800ポイント、12msec間隔)である。導出電極の貼付部位やアナログ回路の増幅度には両チャンネル間で差が生じないように細心の注意を払った。コンピューターシステムで処理された左右の筋電位データはX/YプロッターのX軸とY軸にそれぞれプロットすることによりリサージュ図形として表現された。咀嚼運動の経時変化をみるため、必要な場合はリサージュ図形を時間経過に従って10個の部分に均等に分割した。用いた食品はチョコレート(4.7g)、ビスケット(3.5g)、

〔図 1〕 リサーチ筋電図を描く方法

ピーナツ（3個、約3g）、センベイ（2.5g）、キャンデー（4.3g）、スルメ（3.0g）、チューインガム（3.1g）の7種である。キャンデーは咀嚼の最初のストロークから粉碎された。チューインガムは口中で柔らかくなってからデーターをとった。一部の例外を除いて咀嚼過程は一般に裁断、粉碎、臼磨の三相に分類されるが、本実験では裁断過程は省略された。

〔結果と考察〕

図2-Aは一被験者のセンベイ咀嚼における左右咬筋の積分筋電位の例である。このような積分タイプの筋電位記録は咀嚼運動のリズム性や筋活動の大きさをよく表現している。しかしこの記録からは左右の筋活動の相互関連性をすぐには把握しづらい。図2-Bはこれをベクトル合成しリサーチ図形として表現したもののだが、これはセンベイの咀嚼運動における筋肉活動の左右の関連性を動的によく示している（以後これをリサーチ筋電図と略す）。リサーチ筋電図は個々の咀嚼ストロークが多数集ったものだが、センベイ咀嚼の場合全体としては遠心領域の膨らんだおおき形を示しほぼ傾きが45度の線対称となる（被験者や食品の種類により例外はかなり多く完全な対称形を示さなかったり、対称でも軸線が傾いたりした）。個々の咀嚼ストロークは様々な形をしているが、大まかには軸線の近傍にある比較的直線的な軌跡と、その両側にある先端の広がった軌跡とに分けることができる。前者は左右咬筋を同時に同じように活動させることを意味し明らかに下顎の上下運動に関係していて主に咀嚼前期の粉碎相に現れた。後者のパターンは咀嚼ストロークにおいて左右の筋力バランスが連続的に変化していくことを意味し下顎の側方運動に関係していると思われ、主に

咀嚼が臼磨運動になってくると出現してきた。これらはリサージュ筋電図を時分割し個々の咀嚼ストロークを観察できるようにしてやると、更にハッキリした。図2-CはBのパターンを時間経過に従って10等分したものだ、直線的な軌跡は咀嚼の初期に現れ(1-3)、先端が広がっているおおぎ形の軌跡がそれに続く(4-10)のがよく観察できる。(以後前者を粉碎パターン、後者を臼磨パターンとよぶ。)

図3は別の被験者における6種の食品を咀嚼させた際の一連のリサージュ筋電図を示している。おおまかには、いずれの食品も左右対称となり正常な咀嚼においては固有の咀嚼サイドは有るにしても全体的には左右の咬筋をかなりバランスよく使っていることが推測される。(ただし被験者によってはどちらかの側に偏ったアンバランスなパターンもかなり見られ、この場合は筋活動のレベルでの本質的な違いなのか筋肉走行の不对称や記録電極に関連した要素が原因なのか不明な点があり、かなり検討の余地はある。)またいずれの食品のパターンも左右への広がりが見られ咀嚼が単なる下顎の上下運動ではないことがよく分かる。しかしこの広がりには被験者によりかなりの差が見られ、先端であまり広がらず軸線の付近に狭く集って全体ではかなり棒状のパターンを示す被験者もいた。

個々の食品パターンに関しては被験者間でかなりの相違があったが、一般的には次のような傾向がみられた。(1)硬い食品程全体のパターンが大きくなるとともに軌跡も複雑になる。例えばチョコレートやビスケットのような柔らかい食品はパターンも小さいがピーナツやキャンデーのようなものはパターンも大きく複雑になる傾向を示した。特にキャンディーの場合は被験者によっては軌跡が非常に複雑だった。(2)咀嚼しても形状の変化しにくい食品はパターンが左右二つの部分に分離する。これは特にチューインガムのパターンで顕著にみられた。チューインガムのパターンは小さいが左右に完全に分離ししかも個々のストロークの形にあまり変化がみられない。これは咀嚼によっても全く性状が変化せず、左右が時々切り換わるだけのこの食品の単調な咀嚼運動をよく反映している。この二つの部分に分離するパターンはやはり咀嚼により性状の変化しにくいスルメでもみられたが、この場合はリサージュ筋電図の全体の形は非常に大きく、個々のストロークの形にもかなりのバリエーションがみられるので、スルメの咀嚼がチューインガムのように単調ではないことがうかがえる。(3)ある種の食品では粉碎パターンと臼磨パターンが時間経過をおってかなりハッキリ変化していく。また臼磨パターンのストロークは一般的には咀嚼サイドに移動し軸線に寄りながら原点に戻るといった軌跡を描く(しかし、これも例外は多かった)。これは用いた食品ではビスケット、センベイ、ピーナツにみられ、このような食品は咀嚼の種々の相を調べる為の試験食品として通しているものと思われる。事実この三者のリサージュ筋電図は大小の違いはあるがかなり似たようなパターンを描き咀嚼過程の類似性が推測される。

ところで、ここに述べたような二つの筋電図を一つにベクトル合成する方法は他の筋肉システムにも適用できるとおもわれる。増田と佐渡山⁵⁾はこれを左右の耳を動かす筋肉に適用して運動学習における発達を調べこの方法がリハビリテーションやスポーツの分野に適用できることを示唆した。またこのような方法で動物のロコモーションのようなものを調べてみると面白いパターンが得られるかもしれない。今後は、パターンのもつ特徴を数量化していくとともに他の咀嚼筋も含めて様々なタイプの被験者で実験を重ねて、この方法の歯科臨床面での有用性を調べていく予定である。

図2 センベいを咀嚼した際の左右咬筋電位の3種類の表現方法。 A：積分タイプ
B：リサージュ筋電図 C：リサージュ筋電図の10個の剖分図

図3 6種類の食品における左右咬筋のリサージュ筋電図の例。データは一人の被験者から連続的にとられた。一連の図において増幅度は相対的だが固定されている。

[おわりに]

筋肉活動の相互関連性を直感的に把握できるようにする目的で、ベクトル筋電図の有用性をコンピューターシステムを使って検討してみた。方法は左右咬筋より筋電位を導出し、整流、積分した後マイクロコンピューターを通してX軸とY軸にベクトル合成し、リサーチタイプの筋電図として表現した。これは食品の違いにより様々なパターンを描き筋活動のレベルより咀嚼運動をよく表現していた。咀嚼筋の組合わせやパターンの定量化等を発展させていけば本方法は顎運動の解析にかなり有効と思われる。

[文献]

- 1) Moyers, R. E. (1950) : An electromyographic analysis of certain muscles involved in temporo-mandibular movement. Amer. J. Orthodont., 36, 481-515.
- 2) Bates, J. F. (1975) : Masticatory function - a review of the literature. J. Oral Rehab., 2, 281-301.
- 3) Yamashina, T., Arata, K., Munehisa, N., Nagasawa, T. and Tsuru, H. (1977): A new analysing method of the electromyogram - on the vectormyogram. J. Jap. Prothod. Soci., 21, 520-524.
- 4) Yamashina, T., Fuji, H., Munehisa, N., Nagasawa, T. and Tsuru, H. (1977): Effects of the oral sensory function on the activities of masticatory muscles. J. Jap. Prothod. Soci., 21, 525-532.
- 5) Sadoyama, T. and Masuda, T. (1982): A quantitative evaluation of myoelectric signals in motor learning. Nouha To Kindenzu, 10, 132-142.