筋電図分析におけるコンピューターの応用

第1報 咀嚼 rhythm と coordination 分析について

佐々木 元 岡根 秀明 長 沢 亨 津留 宏道

An Application of the Computer to the Analysis of the Electromyography

Part 1. Masticatory Rhythm and Coordination

Hajime Sasaki, Hideaki Okane, Tooru Nagasawa and Hiromichi Tsuru

1950年に Moyers¹⁾, Neumann²⁾ が咀嚼筋筋電図を咀嚼筋活動の解析に用いて以来、多くの研究者により咀嚼筋筋電図の分析が行われてきた。

現在では筋電図の分析方法も多様化し、咀嚼中の筋放電の rhythm³⁻¹⁷⁾, coordination^{12,18,19)} を分析する方法、積分筋電図を分析する方法^{13-15,18,20-24)}, 棘波数を計測する方法²⁵⁾, 筋電図を Fourier 変換し, power spectrum を分析する方法^{16,26,27)} などがある。これらのうち従来より咀嚼中の筋活動の分析に最も多く用いられているのは筋活動の rhythm と coordination を分析する方法である。

この分析法ではノギスと定規さえあれば分析が可能のため、多くの報告がなされ確立された手法となっている。しかしながらノギスと定規により 20 strokes の筋活動の rhythm, coordination を4つの閉口筋について分析しようとすれば、計測、記録、演算に要する時間は数時間にもおよび、日常の臨床診断に利用したり、膨大な咀嚼筋活動の分析を必要とする研究を行うには非常に大きな労力が必要となる。

分析に要する労力、時間が短縮されれば、筋電図分析の最終目標である日常の臨床応用、すなわち患者の咀嚼機能分析とその判定についても、一歩前進すると考えられる。

そこでわれわれは昨年本学に導入された GRADICON

(GRAPhic to DIgital CONverter, Instronics 社製) と Computer (DEC 社製 PDP 11/40) を用い、咀嚼筋活動の rhythm と coordination の分析用 software を開発し、筋電図分析の著しい省力化に成功したのでその詳細について報告する。

分析 方法

(A) 使用機器

- (1) GRADICON (GRAPhic to DIgital CONverter, Instronics 社製) (図1)

測定用 table, Cursor, Controller より構成され、測定用 table に固定された筋電図 chart の任意の X, Y 座標値を Cursor 上の input switch または foot pedal により 1/100 mm の精度で output することができる。

その他種々の機能があるが今回の software には上

図1 GRADICON

左にあるのが Controller 右の測定用 table の中央に Cursor がある

広島大学歯学部歯科補綴学第1講座 (主任: 津留宏道教授)
Dept. of Complete and Partial Denture Prosthodontics, Hiroshima University School of Dentistry
(Chief: Prof. Hiromichi Tsuru)

昭和52年4月20日受付

記の方法を用いた。

(2) Computer (DEC 社製 PDP 11/40) (図2)

記憶容量 16 K words の Computer であり, GRA-DICON により output された測定点の X, Y 座標値を読み込み, これらについて演算を行い, 結果を Type-writer に output する。

(B) Soft ware

Type writer に output を行う分析項目は以下のとおりである。

- (1) Duration (筋放電持続時間), Interval (筋放電間隔), Cycle (筋放電周期) の 20 strokes の値とそれらの平均値, 標準偏差
- (2) Duration, Interval, Cycle の平均変化量
たとえば Duration における平均変化量は次のように

図2 Computer (DEC, 社製 PDP 11/40)

なる。

$$\text{平均変化量} = \frac{\sum_{i=2}^{20} |D_i - D_{i-1}|}{19}$$

(D_i は i 番目の Duration の値)

(3) Duration, Interval, Cycle の変異係数

$$\text{変異係数} = \frac{S.D.}{\bar{X}} = \frac{\text{標準偏差}}{\text{平均値}}$$

(4) D/C (Duration per Cycle)

$$D/C = \frac{\sum_{i=1}^{20} D_i/C_i}{20}$$

(D_i, C_i は i 番目の stroke の Duration, Cycle)

(5) Coordination

図3の模式図のように分析を行う4筋の筋電図中, 最初に入力した筋電図を基準として, 残り3筋の各 stroke における放電開始のずれと放電終了のずれを算出し, それらの平均値, 標準偏差とともに output する。

Coordination の算出には2種類の方法を用いる。すなわちそれぞれのずれの値のうち, 先行するものを正, 遅延するものを負としてそのまま平均値をとり, 20 strokes を通していずれの筋が先行または遅延しているかを見るための演算を行うものと, すべての値について絶対値をとり, Absolute coordination として 20 strokes の平均値, 標準偏差の演算を行うものの2とおりの方法を用いた。たとえば作業側側頭筋の放電開始 (WT_i) を

THE SEQUENCE OF INPUTS AND MEASUREMENT OF COORDINATION

図3 Cursorによる測定部位のinput順序とComputerによって計算される各strokeのCoordinationを示す模式図

まず1-1および1-2のcontrol pointを入力し, ついで2-1~2-41に示すWT, 以後, WM, BT, BMの順に筋電図burstの初期, 終了期を入力するとsoft wareに組み込まれた分析が自動的に行われる。

基準として、作業側咬筋の放電開始（WM_i）における Coordination, Absolute coordination の平均値を計算すると次のようになる。

Coordination=
$$\frac{\sum_{i=1}^{20} WT_i - WM_i}{20}$$

Absolute coordination=
$$\frac{\sum_{i=1}^{20} |WT_i - WM_i|}{20}$$

以上の分析に必要な GRADICON からの input は1筋につき 41 points, 4筋で合計 164 points の input が必要となる。それと同時に GRADICON 測定用 table に固定した筋電図 chart の歪みを修正し, 真の座標値を算出する (Rotation) ための control point が 2 points 必要となる。このため図3の、1-1, 1-2 のような control point をまず input し, ついで筋電図の放電開始, 放電終了を次々に input するという順序で測定を行う。

Block flow chart は右のとおりで、FORTRAN IV に従い Programming を行つた。

分析の省力化について

従来のノギスと定規による筋電図分析法に比べ、新しい GRADICON と Computer による分析法では労力、所要時間、精度の点で著しい向上が見られた。たとえば

表 1 ノギスによる分析法と、GRADICON、Computer による分析法の比較

手 法	筋電図分析 方 法	筋電図を直接 ノギスを用いて 計測する方法	GRADICON +COMPUTER
計測 point 数		560 points	164 points
所要時間		70 分	10 分
計測前の40本の 垂直線の記入		必 要	不 要
所要時間		4 分	
計測後に行うDataの 記録回数		611 回	4分間で全ての 記録が自動的に 行われる
所要時間		80 分	
Data処理に伴う演算	減 算 200回 加 算 80回 平均値の算出 30回 偏差値の算出 18回		Dataの記録と同 時に演算も行わ れるため、すべ て不要
所要時間		計60分	
以上の計測、演算、 記録に要する時間の 合計		合計 約3時間30分	合計 14分
測 定 精 度		1/20 mm	1/100 mm

ノギスでは2つの測定点を手指によつて動かし、それから値を読み取り、それを記録しなければならなかったが、GRADICONではCursorを動かしinput switchを押すだけで済むことになった。

これら2つの分析法を比較すると表1のとおり著しく省力化がなされたことがわかる。

ま と め

以上のごとく、今日まで最もpopularではあるが、従来非常に手間と時間を必要とした筋活動のrhythmとcoordinationの分析はGRADICONとComputerを用いることにより容易なものとなり、筋電図の一般臨床への応用も一歩前進したものと思われる。

今後は多くの症例を分析し、筋電図分析の正常値を求めるとともに、新しい筋電図分析用Soft wareの開発を進める予定である。

文 献

- 1) Moyers, R.E.: An electromyographic analysis of certain muscles involved in temporomandibular movement, Amer. J. Orthodont., 36: 481~515, 1950.
- 2) Neumann, H.H.: Electrical action current during mastication, J. Dent. Res., 29: 463~468, 1950.
- 3) 延原通夫: 不正咬合者の咀嚼機能に関する研究. 1. 筋電図による咀嚼筋活動の分析, 阪大歯学誌, 3: 63~73, 1958.
- 4) 津留宏道: 義歯機能に関する生理学的研究. II. 咬合面形態と義歯機能との関係, 阪大歯学誌, 6: 353~366, 1961.
- 5) 津留宏道, 他: 義歯機能に関する研究. III. 義歯の維持と咀嚼機能との関係, 補綴誌, 7: 26~31, 1963.
- 6) 津留宏道, 他: 各種食品咀嚼時における咀嚼筋活動の筋電図学的研究. 第1報 正常咬合者について, 補綴誌, 10: 163~172, 1966.
- 7) 関 秀孝: 顎関節症の補綴学的研究, 口病誌, 35: 228~264, 1968.
- 8) 長沢 亨, 津留宏道: 白歯部欠損者の補綴処置による咀嚼機能変化に関する研究, 広大歯誌, 2: 30~36, 1970.
- 9) 長沢 亨, 他: 各種食品咀嚼時における咀嚼筋活動の筋電図学的研究. II. 総義歯使用者について, 補綴誌, 14: 120~126, 1970.
- 10) Nagasawa, T. and Tsuru, H.: A comparative evaluation of masticatory efficiency of fixed and removable restorations replacing mandibular first molars, J. Prosthet. Dent., 30: 263~273, 1973.
- 11) 宇賀村吉亮: 咀嚼リズムの筋電図学的研究, 補綴誌, 16: 275~292, 1973.
- 12) 小坂 肇: 下顎前突患者における手術前後の筋電図学的研究, 歯科学報, 73: 715~748, 1973.
- 13) 豊岡博夫, 他: 咀嚼筋筋電図の規格化に関する実験的研究, 広大歯誌, 6: 17~24, 1974.
- 14) 長沢 亨, 他: 咬筋および側頭筋活動と咀嚼能率との関係に関する実験的研究, 補綴誌, 18: 319~322, 1975.
- 15) Sasaki, H. et al.: Effect of the form of the complete denture on masticatory function, Abstracts of I.A.D.R., 1976.
- 16) 松尾純一, 他: パーシャルデンチャーの設計の差による咀嚼機能と口腔感覚の相違に関する臨床的研究, 広大歯誌, 8: 140~148, 1976.
- 17) 今井基泰: 咀嚼リズムからみた全部床義歯の嵌合位に関する研究, 補綴誌, 20: 651~671, 1977.
- 18) 多和伸浩: 咀嚼時の閉口筋のEMG Co-ordination Patternについて, 補綴誌, 15: 48~66, 1971.
- 19) 高橋禎生: 実験的咬合障害に関するEMG. 歯学, 62: 58~90, 1974.
- 20) Angelone, L. et al.: An approach to quantitative electromyography of the masseter muscle, J. Dent. Res., 39: 17~23, 1960.
- 21) 六車寿男: 咀嚼筋筋電図の補綴学的分析に関する研究, 歯科医学, 28: 615~649, 1965.
- 22) 橋本猛伸: 白歯補綴の効果に関する筋電図学的研究, 歯科医学, 32: 58~92, 1969.
- 23) 川畑 衛: 各種食品咀嚼時の咀嚼筋筋電図の積分筋電図について, 歯科医学, 32: 453~486, 1969.
- 24) 高橋篤生: 麻酔下における実験的咬合障害のEMG, 歯学, 62: 91~105, 1974.
- 25) 北総征男: 筋電図棘波数計測, 電位累積装置による咀嚼筋の機能判定に関する研究, 歯科学報, 72: 189~206, 1972.
- 26) 三谷春保: 咀嚼筋の筋電図, 神経研究の進歩, 18: 118~127, 1974.
- 27) 小泉 猛: 実験的咬合挙上床の影響に関する筋電図学的研究, 歯科医学, 38: 267~288, 1975.