全部床義歯装着者の咀嚼リズム

—機能的評価法による分析—

平井 敏博 又井 直也 安斎 隆
中澤 潤 長尾 正憲

Masticatory Rhythm of Complete Denture Wearers

Analysis by Functional Evaluation Method

Toshihiro Hirai, Naoya Matai, Takashi Anzai, Jun Nakazawa and Masanori Nagao

Abstract : Masticatory rhythms of complete denture wearer were examined on electromyograph (EMG) and mandibular kinesigraph (MKG). We developed a method for the analysis of EMG and MKG recordings. By this method it is possible to express the whole masticatory movement, namely from the beginning to the last chewing cycle, by two parameters, "r" and "E". Parameter "r" is correlation coefficient between the stroke number and the burst duration time of EMG recording divided by mandibular movement phase in one chewing cycle, through the whole mastication. Parameter "E" is a deviation from the regression line of the variables above mentioned.

The purposes of this study are as follows; 1) to establish the standard range of "r" and "E" in complete denture wearer and 2) to observe the changes of "r" and "E" in the experimental subject group, from the time of insertion of the new denture, to the end of their adjustment period in complete denture wearer.

The result was that the parameter "r" and "E" in each subjects came within the standard range after several adjustments of newly inserted denture in the experimental group.

This finding suggests that this masticatory analyzing method is very useful in evaluating the effect of prosthetic treatment.

Key words : masticatory rhythm analysis, electromyograph, mandibular movement, stomatognathic function, complete denture

I. 緒 言

咀嚼運動をいわゆる咀嚼リズムにより評価し、この評

東京医科歯科大学歯学部第三歯科補綴学教室（主任：長尾正憲教授）

The 3rd Dept. of Prosthetic Dentistry, Faculty of Dentistry, Tokyo Medical and Dental Univ. (Director : Prof. Masanori Nagao)

昭和60年7月16日受付

価結果を臨床的に顎口腔系機能異常の診断や補綴治療の効果判定などの指標として用いる目的で、種々の分析方法が検討されている^{1,2)}。

著者らは、咀嚼リズムを分析する場合には、下顎それ自体の開口、閉口、咬合という運動のリズムと、これに関与する咀嚼筋群の活動、休止という筋活動のリズムの両面を観察する必要がある³⁾と考え、筋放電持続時間を下顎運動相に基づいて分割した“筋放電持続時間分割分析法”を考案した⁴⁾。また、その表示方法は咀嚼の実体

表 1 咀嚼時期による周期 (T), 放電持続時間 (D), 放電持続時間比率 (D_2/T , D_3/T)

		正常有歯顎者群				全部床義歯装着者群			
		T(ms)	D(ms)	$D_2/T(\%)$	$D_3/T(\%)$	T(ms)	D(ms)	$D_2/T(\%)$	$D_3/T(\%)$
前期	Mean	604	312	*32.3	*6.4	740	432	*32.0	*15.5
	S.D.	80	56	6.1	4.3	169	126	7.0	6.5
中期	Mean	562	283	23.7	11.7	703	389	25.9	17.7
	S.D.	72	45	5.8	6.5	133	101	4.6	6.7
後期	Mean	596	295	*18.1	*17.2	711	386	*23.1	*20.5
	S.D.	70	44	4.8	6.4	108	76	4.3	6.7

*前期と後期との間に5%有意差あり

図 1 EMG, MKG (V.V.) の区分法

に可及的に即したものが望ましいと考え、咀嚼運動を咀嚼の開始から終了までの全ストロークを対象として分析し、咀嚼の進行に伴う変動を表示するパラメータを設定した⁵⁾。そして、正常有歯顎者群のこの値を等確率楕円にて表示することにより、顎口腔系機能異常の診断、治療効果判定の客観的指標として臨床応用を目指している^{6,7)}。

今回、著者らは全部床義歯装着者を対象として同様の分析を行い、有歯顎者群との比較および臨床応用における有用性に関して検討したので報告する。

II. 実験方法

1. 被験者

被験者は、全部床義歯装着者群として、本学歯学部附属病院補綴科にて上下全部床義歯を通法に従い製作、装着し、その後、臨床的に経過良好と判断された者15名を選んだ。なお、測定日までの装着期間は3カ月から1年である。

さらに、本法の臨床応用への有用性を検索するために、

補綴科および学生臨床実習において新たに上下全部床義歯を製作、装着した者6名を対象にして、装着時より調整完了までの咀嚼リズムの変化を経時的に観察した。

2. 咀嚼運動および筋電図記録

咀嚼運動記録および筋電図記録はシールドルーム内にて同時記録した。咀嚼運動は Myo-Tronics 社製 Mandibular Kinesigraph K5-056R, 筋電図記録は日本電気三栄社製生体電気用増幅ユニット 1253A を使い、TEAC 社製データレコーダー MR30 および、日本電気三栄社製インクレスレコーダーレクチホリー 8K23L にて記録した。記録条件は、感度調整 $500 \mu V/\text{div.}$ 、時定数 0.03 sec., ペーパースピード 50 mm/sec. とした。

被験筋には左右側頭筋前腹を選び、表面電極は筋線維の走行と平行に 2 cm の間隔で貼布した。試験食品はビーナッツとし、被験者には片側ずつ、できるだけ平常摂取に近い状況で咀嚼、嚥下するように指示した。

3. 計測項目

計測項目は、咀嚼周期 (T) と咀嚼側筋放電持続時間 (D) を咀嚼運動相との関連において3区分に分割したうちの D_2 , D_3 である。すなわち、下顎閉口相における最大速度発現時より速度0に至るまでの筋放電持続時間 (D_2)、咬合相における筋放電持続時間 (D_3) および開口、閉口、咬合相を合わせた咀嚼周期 (T) である (図1)。

そして第1回目の咀嚼ストロークから嚥下に至るまでの全ストロークについて計測し放電持続時間比率 D_2/T , D_3/T を算出した。なお、計測、演算処理には作業の簡便化、効率化をはかるために、パーソナルコンピュータ PC-9801F2 とデジタイザー OSCON GRADIMATE SQ-3000 を使用した。すなわち、記録紙上の波形をデジタイザー上でプロットすることによりデータを入力し、演算

表 2 全部床義歯装着者における r, E

被験者	右 側				左 側			
	D ₂ /T		D ₃ /T		D ₂ /T		D ₃ /T	
	r	E	r	E	r	E	r	E
1	-0.35	4.63	0.32	8.04	-0.32	6.04	0.34	4.41
2	-0.52	5.10	0.72	6.44	-0.49	5.99	0.30	5.82
3	-0.71	6.20	0.59	3.73	-0.58	5.34	0.49	4.33
4	-0.64	5.91	0.39	9.27	-0.58	4.73	0.30	6.49
5	-0.72	7.14	0.72	7.41	-0.38	7.54	0.33	6.50
6	-0.64	3.53	0.83	3.51	-0.43	4.27	0.42	4.68
7	-0.35	7.50	0.31	6.40	-0.41	7.10	0.41	6.53
8	-0.73	7.05	0.73	3.54	-0.74	6.51	0.72	5.67
9	-0.64	7.03	0.72	5.47	-0.73	6.04	0.51	8.94
10	-0.43	4.13	0.60	4.65	-0.61	4.59	0.66	5.03
11	-0.84	7.45	0.56	5.60	-0.78	8.52	0.59	5.90
12	-0.53	5.61	0.73	7.24	-0.55	5.84	0.67	5.41
13	-0.49	5.68	0.44	6.81	-0.53	6.30	0.62	6.04
14	-0.54	5.14	0.31	5.75	-0.65	6.29	0.51	4.94
15	-0.63	5.92	0.44	8.91	-0.46	7.63	0.67	3.52
Mean	-0.58	5.87	0.56	6.19	-0.55	6.18	0.50	5.61
S.D.	0.02	1.49	0.03	3.36	0.02	1.40	0.02	1.64

図 2 咀嚼の進行に伴う D₂/T の変動の一例

図 3 咀嚼の進行に伴う D₃/T の変動の一例

処理結果を表示するようなオリジナルプログラムを製作し、計測、演算を行った。

III. 結 果

1. 咀嚼の進行に伴う咀嚼周期、筋放電持続時間および筋放電持続時間比率 (D₂/T, D₃/T) について
咀嚼の進行過程を前, 中, 後期の3期に区分し, 各期における T, D, D₂/T, D₃/T の平均値を算出し, それらの咀嚼進行に伴う増減傾向をみたところ, 正常有歯顎者群と同様に D₂/T および D₃/T について前期, 後期の間には有意差が認められた (表 1)。すなわち, D₂/T は前

期から中期, 後期にかけて減少傾向が, D₃/T は逆に増加傾向が認められた。なお, 左右咀嚼側による差は認められなかったので, この表を含め以下の資料は左右側をまとめたものを使用した。

2. 咀嚼の進行に伴う変動を表示するパラメータ “r” および “E”

全部床義歯装着者群においても正常有歯顎者群と同様に咀嚼の進行に伴い, D₂/T および D₃/T が増減傾向を示すことから, 又井が正常有歯顎者群に対して報告した方法⁷⁾に従い, 各被験者における r, E を算出した (表 2)。r および E は, 咀嚼の進行度を示すストローク番号

表 3 被験者 A~F の各時期における r , E (D_2/T)

被験者		装着直後		調整途中		調整完了時	
		r	E	r	E	r	E
A	右	-0.63	10.94	-0.63	5.78	-0.72	7.32
	左	-0.51	5.05	-0.63	6.28	-0.62	5.81
B	右	-0.25	3.18	-0.49	7.09	-0.45	6.56
	左	-0.66	4.75	-0.40	6.31	-0.53	6.46
C	右	-0.80	8.21	-0.76	6.99	-0.61	7.76
	左	-0.75	7.84	-0.68	6.03	-0.71	5.84
D	右	-0.68	6.80	-0.64	5.45	-0.55	5.13
	左	-0.64	7.58	-0.73	6.58	-0.63	5.32
E	右	-0.71	6.77	-0.61	5.33	-0.63	6.02
	左	-0.59	3.91	-0.67	5.26	-0.62	4.61
F	右	-0.10	6.65	-0.69	7.50	-0.63	5.18
	左	-0.18	7.12	-0.58	5.98	-0.79	4.54

表 4 被験者 A~F の各時期における r , E (D_3/T)

被験者		装着直後		調整途中		調整完了時	
		r	E	r	E	r	E
A	右	0.78	8.21	0.52	8.32	0.73	5.86
	左	0.87	3.59	0.39	9.28	0.40	5.78
B	右	0.50	4.60	0.69	5.65	0.56	6.13
	左	0.61	5.56	0.50	4.73	0.47	4.60
C	右	0.68	10.11	0.71	9.53	0.58	6.63
	左	0.79	9.70	0.67	8.57	0.76	6.44
D	右	0.73	10.92	0.66	9.29	0.65	6.49
	左	0.79	7.58	0.88	6.20	0.76	6.32
E	右	0.71	6.04	0.78	5.09	0.82	5.25
	左	0.37	5.62	0.73	5.93	0.51	5.15
F	右	0.66	2.92	0.79	6.36	0.84	3.67
	左	0.75	4.06	0.66	4.46	0.60	5.02

x に対する D_2/T または D_3/T の % 値 y の相関係数 r と、この一次回帰直線の回りの y の偏差 E である。

$$r = \{ \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \} / \sqrt{N \sigma_x \sigma_y}$$

$$E = \sigma_x \sqrt{1 - r^2}$$

x_i : ストローク番号 $\bar{x}$: x_i の平均値

y_i : % 値 $\bar{y}$: y_i の平均値

N : 全ストローク数

σ_x, σ_y : x_i, y_i の標準偏差

なお、図 2, 3 に咀嚼の進行に伴う変動と一次回帰直線の一例を示す。

図 4, 5 は表 2 をもとに全部床義歯装着者群における r, E の 2 変量の分布を 2 次的に示したものであり、楕

図 4 r, E の等確率楕円: D_2/T 図 5 r, E の等確率楕円: D_3/T

円は 95% 信頼限界をもつ等確率楕円を示したものである。楕円の式は

$$d^2 = \frac{1}{1 - R^2} \left\{ \frac{(r - \bar{r})^2}{\sigma_r^2} + \frac{(E - \bar{E})^2}{\sigma_E^2} - 2R \frac{(r - \bar{r})(E - \bar{E})}{\sigma_r \sigma_E} \right\}$$

R : r と E の相関係数

$\bar{r}, \bar{E}$: r, E の平均値

σ_r, σ_E : r, E の標準偏差

d : マハラノビス汎距離

で示される。点線で示した正常有歯顎者群の楕円に比べて、全部床義歯装着者群の楕円は大きく、楕円の重心の位置は、後者のほうが r の絶対値が小さく E が大きかつ

図 6 調整による r , E の推移: D_2/T

た。

3. 全部床義歯装着時よりの r , E の経日的変化

表 3, 4 は, 本学補綴科および学生臨床実習において, 上下全部床義歯を製作した 6 症例について装着時より経時的に同様な記録を採取し, 分析した結果である。図 6, 7 は, これらをもとに全部床義歯装着者群の楕円にプロットしたものである。

調整は各症例において回数が異なるが, これは臨床的にみて調整完了と判断されるまで行われた。各症例において r , E の経日的な推移は一定傾向を示さないが, 総合的にみると楕円の重心方向への移動としてみられた。

IV. 考 察

1. 研究目的および研究方法

咀嚼機能は口腔における主要な機能の 1 つであり, 歯が喪失するとこの機能が失われるが, その機能回復は補綴臨床における大きな目的の 1 つである。また, この機能回復のために製作, 装着された補綴装置によって得られる治療効果を, 客観的に評価する基準の確立は, 補綴学における主要な目的の 1 つとされている。

咀嚼とは, 食物を摂取してこれを噛み砕き, 唾液と混じ, 嚥下に適した食塊に形成するための一連の過程であり, 顎口腔系の多くの器官や組織の複雑な機能が, 巧妙に協調して行われるものである⁸⁾。すなわち, 顎関節, 歯根膜, 口腔粘膜の各種感覚受容器, 咀嚼筋の各種伸張受容器が刺激されることによって生じる反射活動を基礎として, 咀嚼運動が円滑に進行していくが, 同時に上位中枢によるリズム発生器からの指令に従い, 自動的にこれが遂行されている⁹⁾。この結果, 規則的なリズムをもつ下顎開閉運動が行われると考えられる。

このリズムカルな運動の規則性に注目して, 臨床的には顎口腔系異常の診断や補綴処置による効果判定等の指標として応用する試みが数多く報告されているが, 従来より一般的に行われている咀嚼リズムの分析法は, 主に咀嚼筋筋電図の burst 波形出現の規則性をみているものであり, 一連の咀嚼過程のなかで安定していると推測される中間の何ストロークかを分析対象としているものが多い¹⁰⁻¹²⁾。すなわち, 筋放電持続時間, 間隔, 周期について, 連続した何ストロークかの変異係数, 平均変化量を算出し, これをパラメータとして咀嚼リズムの安定度を評価し, 咀嚼機能の判定の一助とするものである。

しかしながら, 咀嚼の進行により食品の性状, 形状は

図 7 調整による r , E の推移: D_3/T

変化していくものであるから、咀嚼運動も経時的に変化していくものと思われ、咀嚼開始から終了に至るまでの変化が機能的な意味をもつものであると思われる。したがって、リズムの安定した箇所を分析することで咀嚼機能を代表させることには再考の余地があると考えた。

そこで著者らは、咀嚼筋の活動、休止という筋活動のリズムと同時に、開口、閉口、咬合という下顎運動のリズムを、咀嚼開始から終了までの全ストロークについて観察し、筋放電持続時間を下顎運動相により区分する“筋放電持続時間分割分析法”を用いて、咀嚼の進行に伴い増加していく区分と、減少していく区分があることを確認した。すなわち、下顎最大閉口速度発現時より速度 0 に至るまでの筋放電持続時間は初期、中期、末期へと咀嚼が進行するに従い短縮していくこと、咬合相における筋放電持続時間は咀嚼の進行に従い延長していくことが認められた。

つぎに、各咀嚼ストロークにおける筋活動はそれぞれその前のストロークにおける筋活動に影響を受けながら咀嚼が進行していくものと判断して、この“筋放電持続時間分割分析法”による新たな咀嚼リズム表示法としてつぎのパラメータを設定した。すなわち、ストローク進行度 x (ストローク番号) と増加あるいは減少傾向を

示す区分の%値 y (D_2/T , D_3/T) を 2 変量としたときの相関係数 r と、 x , y の一次回帰直線の回りの y の偏差 E である。 r は咀嚼の進行に伴う増加あるいは減少傾向の強さを示し、 E は各%値がどれだけばらついて変動しているかを示している。又井は、正常有歯顎者 50 例の r , E の分布を視覚的にも明解に表示するために等確率楕円を用いて 2 次元的に表示した⁷⁾。また同時に、 r , E の再現性(日差による変動)および試験食品(ピーナッツ、かまぼこ、かきのたね)による差についても検討し、ピーナッツを用いての r , E は再現性のあることも確認している。したがって本研究においても試験食品をピーナッツとした。

2. 全部床義歯装着者群における r , E 値について

図 4, 5 において全部床義歯装着者群における r , E の分布は正常有歯顎者群に比べて大きく、被験者間のばらつきが大きいことを示しているが、これは被験者間の年齢、筋力、咬合力の相違や義歯装着者に特有な口腔内条件、すなわち、残遺歯槽堤の吸収度、粘膜の被圧縮性、義歯負担域の大きさなどの相違、さらには義歯経験年数、義歯に対する順応性の相違などが表出したためと思われる。また、楕円の重心の位置を比較すると、義歯装着者

図 8 装着直後と調整完了後の比較: D_2/T 図 9 装着直後と調整完了後の比較: D_3/T

群においては r の絶対値が小さく、 E は大きい値を示したが、咀嚼リズムの観点からみると、咀嚼の進行とともに D_2/T 、 D_3/T が変化していく様相が有歯顎者群ほど著明ではなく、かつストローク間の変動が大きいことがうかがえる。これは、咀嚼運動の調節に関し、鋭敏なフィードバック機構を有すると思われる歯根膜が義歯装着者群では欠如しており、このかわりにより感受性の劣る床下組織内のレセプターにより咀嚼運動が調節されていることに起因するものと思われる。

3. 全部床義歯装着者における r 、 E の経日的変化について

一般的に、適正な補綴治療および咬合治療により咀嚼機能は回復され、その結果、咀嚼リズムも改善されると考えられる。図 8、9 は、表 3、4 をもとに被験者 6 名の装着直後の r 、 E と臨床的に調整段階が完了したと思われる時点の r 、 E のみをプロットしたものである。両者を比較すると調整完了後では装着直後に比べて楕円に対してばらつきが集約されたのが観察される。一方、装着直後のデータは必ずしも楕円の周辺もしくは外部にあるとは限らないことも観察される。調整完了後の r 、 E の値が相対的に楕円の重心方向への集約傾向を示したことから、数回の調整の結果、各被験者の咀嚼リズムが改善され、新義歯に適應したことをさし示すものと推察され

る。全部床義歯装着者においては、義歯経験年数、年齢、義歯使用に関する巧緻性など多数の因子が治療効果に影響を及ぼすものと思われるので、さらに多くの判定基準を設ける必要があると考えられるが、本症例群において、おのののとする咀嚼リズムが対照群とする全部床義歯装着者群の示す範囲に集約されたことは、本法が客観的指標を与える一助となりうることを示唆するものと考え

V. 結 論

1. 筋放電持続時間分割分析法により全部床義歯装着者群について、その r 、 E の分布範囲を求めた。
2. 新たに全部床義歯を装着した症例について装着直後より臨床的に調整完了と判断されるまでの間、経時的に咀嚼リズムの推移を分析した。
3. 調整期間中、咀嚼リズムは各症例により種々の変化を示したが、調整完了時においては、対照群の重心方向への集約傾向がみられ、本法が補綴治療効果判定の一助となることが示唆された。

本研究の一部は、昭和 58 年度、および昭和 59 年度文部省科学研究費 (No. 58482007, No. 59480376) により行われた。

文 献

- 1) 関 秀孝：顎関節症の補綴学的研究 II 顎関節症患者の筋電図学的研究，口病誌，35：228～264，1968.
- 2) 都留宏道，広田賢徳，丸山剛郎，明石貴雄：各種食品咀嚼時における咀嚼筋活動の筋電図学的研究 I 正常咬合者について，補綴誌，10：163～172，1966.
- 3) Ahlgren, J. : Mechanism of Mastication, Acta Odont. Scand., 24 : Supple., 44 : 1～109, 1966.
- 4) 井上健彦，平井敏博，又井直也，安斎 隆，林都志夫，松本直之：咀嚼リズムに関する一考察，補綴誌，26：512～519，1982.
- 5) 又井直也，安斎 隆，平井敏博，林都志夫：咀嚼リズムに関する一考察 臨床応用を目指して（新潟大学歯学部歯科補綴学第一教室 石岡 靖，他編），下顎運動機能と EMG 論文集 昭和 58 年度，123～126，下顎運動機能と EMG 研究会，新潟，1984.
- 6) 安斎 隆，平井敏博，又井直也，金田 洌，長尾正憲：咀嚼リズムからみた筋機能訓練用装置の有効性に関する検討，顎顔面補綴誌，8：18～25，1985.
- 7) 又井直也：筋放電持続時間分割分析法からみた咀嚼リズム咀嚼の進行に伴う変動，補綴誌，28：1118～1128，1984.
- 8) 長谷川成夫：ヒトの咀嚼運動（東京医科歯科大学歯学部顎口腔総合研究施設編）咀嚼のはなし，163～207，日本歯科評論社，東京，1983.
- 9) 中村嘉男：咀嚼運動の神経・筋メカニズム，歯界展望，63：123～136，1984.
- 10) 長沢 亨：咀嚼筋活動と咀嚼リズム（新潟大学歯学部歯科補綴学第一教室 石岡 靖，他編），下顎運動機能と EMG 論文集 昭和57年度，99～104，下顎運動機能と EMG 研究会，新潟，1983.
- 11) 森田修巳，福成和幸，宮本重雄，都築正幸，小林 洋，林英俊：総義歯装着者の下唇部および頬粘膜の機能に関する EMG 学的研究，歯学，68：992～1001，1981.
- 12) 尾崎佳孝，高野直久，柴田孝典，中沢勝宏：顎関節症患者の咀嚼運動に関する研究（新潟大学歯学部歯科補綴学第一教室 石岡 靖，他編），下顎運動機能と EMG 論文集 昭和 57 年度，129～134，下顎運動機能と EMG 研究会，新潟，1983.