下顎運動・EMGと咀嚼能力

The effect of mandibular movements and EMG during mastication on masticatory ability

町野 敦、川口 豊造、森 隆司、宇佐美博志、服部 正巳

瀬崎 靖之、大山 尚彦、前田 武文

Atsushi Machino, Toyozo Kawaguchi, Takashi Mori, Hiroshi Usami, Masami Hattori,
Yasuyuki Sezaki, Naohiko Ohya, Takefumi Maeda

愛知学院大学歯学部歯科補綴学第二講座

The Second Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Aichi-Gakuin University

I. 緒 言

咀嚼機能の評価を目的として、従来から咀嚼能力や咀嚼運動あるいは神経筋機構などについて、様々な観点から検討されてきた¹⁾。しかし、報告の多くはこれらを個々に追究しているに過ぎず、咀嚼機能を咀嚼時の下顎運動や筋活動などの運動要素と、その結果としての咀嚼能力とを総合的に関連づけて把握するまでには至っていない。したがって、日常の臨床でも現状では運動要素の測定結果を、咀嚼の能力と結び付けて捉えることは困難である。

著者らは、種々ある咀嚼能力の客観的な評価法のなかでも特に詳細に検討され、定量的な扱いが容易な篩分法²⁾に着目して、咀嚼能力と運動要素との関連を追究しようと考えた。しかし、篩分法はその術式において咀嚼回数の規定を必要とするが、この咀嚼回数の規定が下顎運動や筋活動に及ぼす影響については不明な点がある。さらに、精度の高い測定値を得るためには、咀嚼回数を規定した場合の下顎運動や筋活動の日差再現性についても検討する必要があると考えた。

そこで、健全有歯顎者を対象にして篩分法で咀嚼粉碎能力を測定し、その時の下顎運動と筋活動を同時に観測する操作を日を変えて繰り返し、まず咀嚼能力を測定する条件が運動要素である下顎運動と筋活動に及ぼす影響を検討し、次いで咀嚼能力と運動要素との関係を追究した。

II. 研究方法

1. 被験者と試験食品

被験者は臨床的に顎口腔系に異状がない、いわゆる健全有歯顎者で、咬頭嵌合位が明確かつ安定している23～30歳の男性11名である。

試験食品にはピーナッツ（Planters社製）を用い、これを半粒に分割して2.00gに調整し、1回の咀嚼量とした。

2. 測定方法

習慣性咀嚼側で自由に咀嚼して嚥下する任意咀嚼と、同じく咀嚼回数を規定した規定咀嚼とを行わせて、下顎運動と表面筋電図（EMG）を同時に記録し、規定咀嚼ではその時の咀嚼粉碎能力を測定した。この操作を日を変えて計5回行った。規定咀嚼の咀嚼回数は10・20・30回として、任意咀嚼と規定咀嚼とを無作為な順序で行わせた。

1) 下顎運動とEMGの測定

下顎運動は、Selspot system（Selcom社製）を用いて三次元的に観測した。測定点としての標点は前歯の唇面を覆う常温重合レジン製のシーネに設けたアームを介して、被験者の咬合平面（水平基準面）と正中矢状面とが交わる直線上で下顎切歯点前方20mmの位置に設けた。同時に、上顎にも標点を設けて頭部の動揺を電気的に補正した³⁾。標点の設定に用いたアームはシーネ内部のアクッチメントと接続しており、取り外すことができる⁴⁾。EMGは、両側の咬筋と側頭筋前腹相当部から表面電極で導出した

(RM-6000:日本光電社製)。

時間的計測項目は、運動とEMGの同時掃引波形上に設けた開口相(0p)・閉口相(C1)・三次元的にみて下顎が静止する期間の停止相⁵⁾(St)および周期(Cy)の各時間と、筋放電持続時間(D)と筋放電間隔時間(I)および筋放電終了後から停止相終了までの時間: I_A ⁵⁾とした。

運動経路については、閉口経路の滑走開始点と開口経路の滑走終了点および咬頭嵌合位から下方に3mmの位置と、ここから2mm間隔で下方17mmの位置までの開閉口経路上に計18の計測部位を設けて、前頭面投影図上で各計測部位から正中矢状面までの距離を側方移動量として計測し、これを計測項目とした。

記録したすべての咀嚼ストロークを計測し、咀嚼記録ごとに各計測項目の平均値および標準偏差と変異係数を求めて、実時間および運動量とそれぞれの安定性について検討した。安定性の分析には、時間的な計測項目では変異係数を、運動経路では標準偏差をそれぞれ用いた。

2) 咀嚼粉碎能力の測定

咀嚼粉碎能力は、増田⁶⁾の方法に準じて測定した。10・20・30回の各規定咀嚼では、下顎運動とEMGを記録した後に前歯部シーネに接続しているアーム部を取り外してから咀嚼後の粉碎食片を吐き出させ、さらに含嗽させた後に、探針とピンセットで残渣を採取した。

採取した試料は、呼び寸法(目の開き)が4.00・2.36・1.70・1.00・0.50・0.25mmの6種の標準篩を用いて篩分けし、110℃の恒温乾燥機内で24時間乾燥させた後に秤量(電子天秤AE260:メトラー社製)した。次いで、乾燥重量に対する各篩上の残留重量を測定し、順次累積して篩上%を求めた。秤量に用いた6種の篩径は、それぞれ従来の5・8・10・16・32・60 mesh篩径に相当するので、以後はmeshで記す。

III. 結 果

1. 下顎運動とEMGの様相

1) 時間的計測項目の平均値

図1は、周期(Cy)の測定結果を測定日ごと、および咀嚼回数別に全被験者の総平均で示したものである。

図1 時間的計測項目の平均値の様相(周期: Cy)

表1 時間的計測項目の平均値の分散分析結果

	下顎運動				EMG		
	0p	C1	St	Cy	D	I	I_A
測定日	**	**	-	**	**	**	-
咀嚼回数	**	**	-	**	**	**	-

(**: $p<0.01$)

測定日と咀嚼回数を要因とする二元配置分散分析の結果では、下顎運動のStとEMGの I_A を除くすべての計測項目で、いずれの要因にも有意($p<0.01$)な差を認めた(表1)。

咀嚼回数別では、Stと I_A を除くすべての計測項目で規定咀嚼は任意咀嚼より時間が延長し、咀嚼回数が少ないほど任意咀嚼との差が大きくなった。測定日別では、Stと I_A を除くすべての計測項目で、どの咀嚼回数でも、次第に値が減少し、3日目からは変動幅が小さくなり、咀嚼回数間の差も縮小した。

2) 時間的計測項目の変異係数

変異係数で、時間的計測項目の安定性を検討した。

図2は、周期(Cy)の測定結果を測定日ごとおよび咀嚼回数別に全被験者の総平均で示したものである。

測定日と咀嚼回数を要因とする二元配置分散分析の結果では、すべての項目で測定日あるいは咀嚼回数の要因に有意な差が認められた(表2)

図2 時間的計測項目の変異係数の様相 (周期: Cy)

表2 時間的計測項目の変異係数の分散分析結果

	下顎運動				E M G		
	Op	Cl	St	Cy	D	I	I _A
測定日	-	*	**	*	**	**	**
咀嚼回数	**	*	-	**	-	**	-

(*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

咀嚼回数別にみると、10回規定咀嚼は任意咀嚼より安定性が低く、20および30回規定咀嚼では任意咀嚼より安定性が高くなる傾向が認められた。測定日別では1日目の安定性が最も低く、測定を重ねると安定性は高くなる。

3) 側方移動量の平均値

図3は、測定の1日目と5日目における結果を咀嚼回数別に全被験者の総平均で示したものである。

測定日および咀嚼回数を要因とする二元配置分散分析の結果では、いずれの要因にも有意な差がみられなかった。

4) 側方移動量の標準偏差

標準偏差で側方移動量の安定性を検討した。

図4は、10回規定咀嚼における1日目・3日目および5日目の結果を全被験者の総平均で示したものである。

測定日と咀嚼回数を要因とする二元配置分散分析の結果では、すべての計測部位で、いずれの要因にも有意な差をみなかった。

図3 運動経路の平均値の様相

図4 運動経路の標準偏差の様相 (10回規定咀嚼)

2. 下顎運動およびE M Gと咀嚼粉砕能力との関係

時間的計測項目で日間の変動幅が減少する3日目以降の測定値を用いて、下顎運動およびE M Gと咀嚼粉砕能力との関係を検討した。

1) 時間的計測項目の平均値

図5は、開口相: Opの平均値と篩上%との関係を10meshの場合について示したものである。

Opでは、10と20回規定咀嚼で有意な負の相関(相関係数: $\gamma = -0.43^* \sim -0.48^{**}$)を認めた。また、Cyでは10回規定咀嚼で有意な負の相関($\gamma = -0.35^* \sim -0.37^*$)を認めた。ClとStでは、すべての篩径で有意な相関をみなかった。

E M GのIでは、10回規定咀嚼で有意な負の相関($\gamma = -0.37^* \sim -0.40^*$)を認めた。また、I_Aでは20および30回規定咀嚼で有意な正の相関($\gamma = 0.39^* \sim 0.45^{**}$)を認めた。しかし、Dではすべての規定咀嚼回数で有意な相関をみなかった。

Op、CyおよびIが長いほど、また、I_Aが短いほど咀嚼粉砕能力が高いことになる。

図5 時間的計測項目の平均値と篩上%との関係 (開口相: 0p, 10mesh)

図6 時間的計測項目の変異係数と篩上%との相関係数 (20回規定咀嚼)

2) 時間的計測項目の変異係数

下顎運動のStでは、20および30回規定咀嚼で有意な負の相関 (相関係数: $\gamma = -0.35^* \sim -0.45^{**}$) を、E.M.G.のIaでは、すべての規定咀嚼回数で有意な負の相関 ($\gamma = -0.34^* \sim -0.41^*$) をそれぞれ認めた (図6)。しかし、他の項目では、有意な相関がみられなかった。

StやIaの変化が大きいくほど、咀嚼粉碎能力が高いことになる。

3) 側方移動量の平均値

開口経路では、側方移動量と篩上%との間に、有意な相関をみなかった。しかし、開口経路では、すべての規定咀嚼回数で側方移動量の平均値と篩上%との間に有意な正の相関 ($\gamma = 0.34^* \sim 0.68^{**}$) を認めた (図7)。

開口経路が正中に近い位置を通過するほど、咀嚼粉碎能力が高いことになる。

4) 側方移動量の標準偏差

開閉口経路ともに、すべての規定咀嚼回数で有意な正の相関 (開口経路: $\gamma = 0.34^* \sim 0.45^{**}$, 閉口経路: $\gamma = 0.34^* \sim 0.46^{**}$) が認められた (図8)。

運動経路が安定しているほど、咀嚼粉碎能力が高いことになる。

図7 運動経路の平均値と篩上%との相関係数 (10回規定咀嚼, 10mesh)

図8 運動経路の標準偏差と篩上%との相関係数 (20回規定咀嚼, 10mesh)

IV. 考 察

1. 咀嚼能力の測定条件と下顎運動およびE.M.G.について

篩分法で咀嚼粉碎能力を測定する際に必要な咀嚼回数の規定が、下顎運動やE.M.G.に及ぼす影響と、その日差再現性とを検討するために、咀嚼回数を規定した規定咀嚼と、規定せずに嚙下まで自由に咀嚼する任意咀嚼とを行わせて、

その時の下顎運動とEMGを同時に測定する操作を日を変えて繰り返した。

咀嚼回数を規定すると、下顎運動とEMGの時間的計測項目の平均値および安定性（変異係数）は、ともに任意咀嚼とは異なった様相を示した。すなわち、StとI_Aを除く計測項目では規定咀嚼は任意咀嚼よりも時間が延長し、その程度は規定する咀嚼回数が少ないほど大きくなった。また、測定を重ねると、どの咀嚼回数でも次第に値が減少し、3日目からは変動幅が小さくなり、咀嚼回数間の差も縮小した。

安定性についてみると、10回規定咀嚼は任意咀嚼よりも安定性が低く、20および30回規定咀嚼では任意咀嚼より安定性が高い傾向が認められた。また、測定を重ねると、どの咀嚼回数でも安定性は向上した。

長沢ら⁷⁾は、咀嚼速度を規定すると咀嚼能力が低下する理由を咀嚼動作が意識的になるためであると考察している。本研究の規定咀嚼では、咀嚼回数を数えるという意識的あるいは随機的な要素が咀嚼時の下顎運動やEMGに関与するために、任意咀嚼よりも運動時間が延長したものと考える。また、延長の程度と安定性の度合は規定する咀嚼回数の大小で異なり、10回規定咀嚼が最も随機的な要素の影響を受けると推察する。

森ら⁵⁾は、咀嚼時の下顎運動とEMGの日差再現性について、第1回目の測定では2回目以降より時間的計測項目の値が大きくなる理由を、実験の環境や条件が通常の咀嚼動作を営む場合とは異なるために生じる現象であると考察している。咀嚼回数を規定すると、実時間および安定性ともに1～2日目の測定値が3日目以降の測定値より大きく、3日目からは変動幅が小さくなったが、時間が延長する期間は任意咀嚼に比して増大した。これは、環境の変化に加えて、回数を確認しながら咀嚼するという意識的な要素が影響した結果と考える。

StとI_Aは測定日および咀嚼回数の規定という条件の影響が極めて小さく、環境の変化や随意性が関与しにくい計測項目だと言える。また、咀嚼運動経路は測定日や咀嚼回数が異なっても変化が極めて少なく、恒常性が高い。

以上から、篩分法で咀嚼粉碎能力を測定する際には、少なくとも計2日の練習日を設けてか

ら3日目以降の値を用いるべきであり、さらに10回規定咀嚼では随機的要素が大きく関与するので日常の咀嚼動作が反映されにくいことを配慮すべきであると言える。

2. 下顎運動およびEMGと咀嚼粉碎能力との関係について

咀嚼時の下顎運動やEMGは、患者の咀嚼機能を判定する有効な手段として用いられてきた¹⁾。著者らは測定結果の評価に当って、測定値が咀嚼の能力を反映する必要があることを条件の一つに考えている。そこで、まず下顎運動やEMGと咀嚼能力との関連性を知るために、咀嚼時の下顎運動とEMGおよび咀嚼粉碎能力とを同時に測定した。

時間的計測項目では、開口相(0p)・周期(Cy)・筋放電間隔時間(I)・I_Aの平均値、およびSt・I_Aの安定性（変異係数）と、咀嚼粉碎能力との間に有意な相関が認められた。

筋放電間隔時間が長いほど咀嚼能力が高くなることは他の報告^{8, 9, 10)}と一致しており、長沢ら⁸⁾は、咀嚼能力のよい人は頬側や舌側に落ちた食品を丁寧に咬合面上に拾い上げてから、次の動作に移るためであると考察している。このような観点からみると、舌や頬あるいは口唇の機能は、下顎が開口する期間で咀嚼粉碎能力に最も関与すると考える。

I_Aについては、その時間が短いほど咀嚼粉碎能力が高かった。著者らは、この期間を閉口筋群にとって生理的に必要な安静期間^{4, 5)}と考えており、I_Aが消失すると咀嚼能力は最大になるということではなくて、安静期間は必要であるが、これが短くても円滑に次の開口動作に移行できる人は咀嚼粉碎能力が良好であると推察する。

時間的要素の安定性については、従来から咀嚼機能を捉える有効な指標として用いられている¹⁾が、多くは安定性の向上を咀嚼機能の向上として解釈している傾向がみられる。

本研究では、StとI_Aの変化が大きいほど咀嚼能力が高く、時間的な安定性の向上と咀嚼能力の向上とが結び付かなかった。下顎が咬頭嵌合位に位置する期間のStやI_Aで、咀嚼中に開閉口の動作の切り替えが行われており、咀嚼の進行状況に対応してこの期間を調節できるほど、咀

嚼の能力が高くなると推察する。

運動経路についてみると、開口経路が正中に近い位置を通過するほど咀嚼粉碎能力が高かった。側方滑走運動時の口腔底の動きは、下顎切歯点の動きに酷似することが指摘されており¹¹⁾、咀嚼時に下顎が大きく側方へ移動する者では舌が同側へ引かれ、同時にその緊張度が増して、運動範囲や運動能が減弱することが考えられる。したがって、開口経路が正中から遠くを通過する者は、舌の運動が抑制されて咀嚼粉碎能力が低下すると推察する。

一方、閉口経路の側方移動量と咀嚼粉碎能力との間に有意な相関がみられなかった。下顎が閉口動作を行っている期間には、舌は食塊を保持するだけに止まり、食片を運搬する作業は行わないことが考えられるので、咀嚼粉碎能力は閉口動作の位置的な要素に影響されにくいものとする。

運動経路の安定性については、開閉口経路ともにバラツキが少なく安定性が高いほど咀嚼粉碎能力は高かった。咀嚼の能力には、時間的要素の安定性よりも、位置的要素の安定性が大きく関与する。

以上は、咀嚼時の下顎運動およびEMGと、咀嚼粉碎能力とが関連することを示しており、運動要素から咀嚼能力を評価できることを示唆するものとする。

V. 結 論

1. 咀嚼能力の測定条件と下顎運動・EMG

1) 咀嚼回数を規定すると、StとI_Aを除く時間的計測項目では時間が延長し、その程度は規定する咀嚼回数が少ないほど大きい。しかし、測定を重ねるに伴い値は減少し、3日目以降から日間の変動が小さくなり、咀嚼回数の違いによる差も縮小した。

2) StとI_Aの実時間は、咀嚼回数の規定や測定日の影響を受けにくく、恒常性が高い。

3) 時間的計測項目の安定性は、10回規定咀嚼では任意咀嚼より低く、20・30回咀嚼では任意咀嚼よりも高い傾向がある。しかし、測定を重ねると安定性が向上する。

4) 咀嚼運動経路は、咀嚼回数の規定や測定日の影響を受けにくく、恒常性が高い。

2. 下顎運動・EMGと咀嚼能力との関係

1) OpおよびIの時間が長いほど、咀嚼粉碎能力は高い。

2) 下顎が咬頭嵌合位に位置する期間のStおよびI_Aの変化が大きいほど、咀嚼粉碎能力は高い。

3) 開口経路が正中に近い位置を通過するほど、咀嚼粉碎能力は高い。

4) バラツキの少ない安定した経路で咀嚼するほど、咀嚼粉碎能力は高い。

文 献

- 1) 石岡 靖：昭和59年度研究の現状，顎機能，2:193～204，1984。
- 2) 石原寿郎：篩分法による咀嚼能率の研究，口病誌，22:207～255，1955。
- 3) 森 隆司：咀嚼運動経路の研究—空口側方滑走運動路および食品の影響—，補綴誌，26:274～297，1982。
- 4) 町野 敦：咀嚼時の下顎運動機能と咀嚼能力に関する研究，補綴誌，36:1111～1124，1992。
- 5) 森 隆司，川口豊造，甲藤克彦ほか：咀嚼運動機能検査における時間的指標の信頼性，愛院大歯誌，29:421～433，1991。
- 6) 増田信式：人工臼歯の咀嚼能率に関する研究 第1報 基準値の算出について，補綴誌，17:164～173，1973。
- 7) 長沢 亨，岡根秀明，佐々木元：咀嚼速度が咀嚼機能に及ぼす影響について，歯基礎誌，21:1～8，1979。
- 8) 長沢 亨，佐々木元，棟久信宏ほか：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。
- 9) 中島昭彦：咀嚼機能に関する二、三の生理学的要因の分析，九州歯会誌，30:20～36，1976。
- 10) 羽田 勝：咀嚼能力に影響を及ぼす諸因子とそれらの関係の統計学的解析，広大歯誌，10:21～33，1978。
- 11) 石尾恵一：後—前方向X線映画法による口腔底の動きについて，補綴誌，21:541～562，1977。