

簡易な映像法を用いた咀嚼運動の研究 (Ⅱ)

— 方法の再現性並びに咬合力と咀嚼運動の関係 —

井川佳子

(1997年10月1日受理)

A Study of Masticatory Movement by Using the Simple Motion-Picture Method (Ⅱ)

— Reproducibility of the Method and Correlation between
Biting Force and Masticatory Movement —

Yoshiko Ikawa

Masticatory movement was investigated by using the simple motion-picture method for 134 students (aged 19-29 years) and 42 school children (aged 11-12 years). Test foods consisted of hard jelly, pectin jelly and agar gel. Biting force of the first permanent molar in each subject was measured at the same time. The results were as follows.

1. Mean chewing frequencies increased corresponding to hardness of the test foods.
2. Pectin jelly showed slower mean rate of masticatory cycle than that of the other foods because of the adhesive texture.
3. Masticatory movement of hard jelly showed significantly difference among male and female. These data and mean chewing frequencies demonstrated reproducibility of the method.
4. Sex differences did not appear in the masticatory movement for school children.
5. The biting force of the first permanent molar showed significant difference by sex and age.
6. There was no correlation between biting force of the first permanent molar and masticatory movement.

1. 緒言

咀嚼運動は、ヒトが口腔を介して食物を摂取する限り日常的に行われ、上位中枢と顎口腔系諸機関との複雑な協調によって営まれている生活上重要な機能の一つである。近年、高齢者の生活活動や小児の発達との関連で、咀嚼機能や咀嚼運動に関心が集まっている¹⁾。しかしこのような機能や運動は、もともと個人差が大きい上に、年齢や口腔の状態変化の影響を受けやすいため、十分な基礎データが得られにくい。咀嚼運動と食生活や健康との関係を探る上で、一般成人に関する基礎的或いは標準的なデータの蓄積が不可欠である。そのためにはデータ数を多くする必要があるが、主に

歯科学の分野で行われている比較的精密な測定を、この目的に利用することは無理がある。

以上のような背景から、筆者はビデオ映像を用いて咀嚼運動を測定するという、非常に簡易な方法を試みることとし、その有用性検討を含めた実験を行って、すでに報告した²⁾。即ち、ビデオによる映像から、一定の食品を咀嚼する回数や時間を測定することによって、咀嚼運動の概要を把握できることを示し、その応用として、食品のかたさや分割程度と咀嚼運動の関係を検討した。また咀嚼運動に表れる性差や個人差について言及した。このような差の表れる原因として、咬筋や下顎骨の差を考えた。一方、咬合力には比較的大きな性差があるとされており³⁾、咬合力と運動能力や高齢者の健全度との関係についてもいくつかの報告がある⁴⁻⁶⁾。

そこで今回の研究では、前報で得られた咀嚼運動に

表れるいくつかの現象を、データ数を増してその再現性を確認すること、同時に咬合力の測定を行い、咬合力と咀嚼運動との関連について調べることを主な目的とした。

2. 実験方法

1) 被験者

一般成人として19～29才の広島大学学生178名と、第一大臼歯が揃い、歯の状態が成人とほぼ同様と考えられる11～12才の小学6年生(東広島市立八本松小学校)64名に対して、測定等を実施した。測定時期は、1995年3月～1996年1月の間である。

収集したデータの内、映像の不備等でデータの一部分が欠ける場合、歯を治療中の者、また前報²⁾と同様に、ハードゼリーのデータ変動率が10%以上に該当する場合を除いた。その結果、咀嚼運動の解析対象とした被験者は、表1に示すとおり、大学生134、小学生42である。一方、食品のかたさ評価に関しては、上記のような理由で除外する必要がないと考え、回答が不備な場合のみを除き、男子大学生87、女子大学生78を解析した。

表1 解析対象とした被験者

グループ名	年齢(才)	人数(人)
男子大学生	19～29	69
女子大学生	"	65
男子小学生	11～12	21
女子小学生	"	21

ゼリーはやや粘着性を持つ点で他の食品と異なっていたが、圧縮応力値が両食品の中間値を示している点と、形状や体積を揃えやすいことから、試験用食品として選んだ。

ハードゼリーと果実ゼリーは、入手後個別包装状態でポリプロピレン製のシール容器(1～2ℓ)に入れ、湿度50% 温度20℃の条件下に保存した。寒天ゼリーは使用する1～3日前に、粉末寒天を用い一定の加熱方法で、最終濃度2%となるよう調製した。

3) 咀嚼運動の測定

被験者には、固定ビデオカメラの正面に着席し、年齢や欠損歯の有無、運動習慣に関する簡単なアンケートに記入した後、前報²⁾と同様に注意事項を守って、3種の食品をそれぞれ2個ずつ、かたい順に食べるように指示した。試験用食品を食べ終わった後に、3つの食品のかたさ評価を、大学生には“非常にかたい”から“非常に柔らかい”まで7段階で、小学生には5段階で評価させた。

得られたビデオ映像から、食品1個の咀嚼に要した時間と回数を読みとった。また嚥下直前のリズムカルでない咀嚼の部分を除き、対応する時間で除して咀嚼サイクル(回/秒)を算出した。2回の測定値合計を2で割って、各被験者のデータとした。

4) 咬合力の測定

咀嚼運動測定後、第1大臼歯の咬合力を測定した。ヒトの咬合力中、第1大臼歯によるものが最大値を示すことが分かっている。実際の測定は次のように行っ

表2 試験用食品

食品名	圧縮応力 ($\times 10^6$ dyne/cm ²)	サイズ (mm)	原材料等
ハードゼリー	20.7	17×17×10	ゼラチン
果実ゼリー	5.7	18×20×8	ゼラチン、ペクチン
寒天ゼリー	2.1	20×20×10	2%寒天

2) 試験用食品

前報と同じハードゼリー(商品名チュービックゼリー、サンスター(株)製)と、果実ゼリー(飯田製菓(有)製)、2%寒天ゼリー(研究室で調製)の3種を用いた。これらのレオロメータ測定によるかたさは、表2のとおりである。ハードゼリーは他の2食品に比べ圧縮応力が3倍以上あり、かなりかたい食品であることが分かる。寒天ゼリーは圧縮応力がハードゼリーの1/10程度で、咬断に力を要しない食品に属している。果実

た。咬合力計(MPM-3000、日本光電(株)製)の前に被験者を着席させた。巾15mm程度の透明チューブ(プラスチック製、肉厚1mm)を被せたトランデューサー咬合部の凸部を上にして、中央の突起部分を第1大臼歯で噛むように指示した。第1大臼歯の位置は、図を示して確認させた。さらに鏡等を用いて、各自で第1大臼歯の咬合部に確実に挟み、咬合力計の指示メータを見ながら練習させた後、可能な限り強く噛むようにと指示した。左右の第1大臼歯の咬合力を測定し、最大値を被験者の咬合力とした。

3. 結果及び考察

1) 咀嚼運動と食品の性状

表3に3種の食品の咀嚼回数、咀嚼サイクルの平均値を、大学生と小学生に分けて示した。

ハードゼリーの咀嚼回数は、大学生で19.5~117.5、小学生で26~127.5の広い範囲に分布し、個人差の大きさを示した。大学生の平均値55.3回は、前報のデータ55.6回と非常に近い値であった。一方咀嚼サイクル平均値1.39は前報の1.23より有意に大きかった。今回の測定では映像からサイクルを算出する際に、嚥下前の極端に遅い咀嚼サイクルを除き、比較のリズミカルな咀嚼時をサイクル算出の基礎とした。そのため、全体に値が大きくなったことが前報との差の原因と考えられる。

食品の噛み始め及び噛み終わりに、咀嚼リズムの乱れが生じやすいことから、筋電図やキネジオグラフを用いた咀嚼サイクルの測定では、この部分を除外することが行われている⁷⁾。今回の実験ではこのような点に配慮し、5秒刻みの咀嚼回数を調べたところ、特に噛み終わり、つまり嚥下の直前に非常に遅い咀嚼リズムが表れる場合があった。そこでこの部分を除外して咀嚼サイクルを求めた。今回得られたハードゼリーの咀嚼サイクル時間は、0.719秒(1.39の逆数)となり、他の報告によるかたい食品のデータに近くなった⁸⁾。咀嚼運動の性質から考えて、今回のように嚥下前の咀嚼を分離して解析する方が、合理的である。

果実ゼリーと寒天ゼリーの咀嚼回数は、ハードゼリーの1/2強となり、大きな差が見られた。果実ゼリーと寒天ゼリーの咀嚼回数平均値間には、大学生に統計的有意差が見られたが、小学生には見られなかった。咀嚼サイクルに関しては、果実ゼリーと寒天ゼリーの間にいずれのグループにおいても、統計的有意差が認められ、果実ゼリーの方をよりゆっくりと噛むことが示さ

れた。果実ゼリーはゼラチン以外にペクチンと糖類を含むため、粘着性を有している。食品の中でも粘着性のあるものは、咀嚼リズムが遅い傾向にあると報告されており⁹⁾、歯から引き剥がす等の動作が咀嚼中に生じるため、咀嚼サイクル値が小さくなると推察できる。寒天ゼリーは粘着性の点で果実ゼリーとは異なっており、このような性状の違いが、咀嚼サイクルの差として明瞭に表れたと解釈できる。

ほぼ同体積であれば、咀嚼回数はかたい食品で多くなること、また1回の咀嚼に要する時間が延長することが報告されている⁸⁻¹³⁾。表3のデータは、咀嚼回数のかたさに対応した増加を示している。またハードゼリーと寒天ゼリーの咀嚼サイクルは、より柔らかい寒天ゼリーの方が大きく、咀嚼のリズムが速いことを示すが、先に述べたように果実ゼリーはその粘着性ゆえに3つの食品中最も咀嚼サイクルが小さくなった。このように、咀嚼回数はほぼかたさに対応して増減すると考えられるが、咀嚼サイクルは食品のかたさ以外の性質にかなり影響を受けると考えられる。

2) 咀嚼運動等の性状

グループ別の咀嚼運動データを表4に示した。ハードゼリーの咀嚼回数は、男子大学生が最も少なく、続いて男子小学生、女子大学生、女子小学生の順に増加した。統計的有意差は、男子大学生と、女子大学生及び女子小学生の間に見られた。咀嚼サイクルは、女子大学生と男子小学生が小さく、男子大学生と女子小学生はほぼ同じ値を示した。統計的有意差は、男女大学生間のみ表れた。果実ゼリーと寒天ゼリーの咀嚼回数及び咀嚼サイクルには、いずれのグループ間にも統計的な差が見られなかった。

前報においても、ハードゼリーの咀嚼回数と咀嚼サイクルに男女差が表れており²⁾、比較のかたい食品に対する咀嚼運動には性差があること、本研究のような簡

表3 食品による咀嚼運動データの違い

	大学生		小学生	
	咀嚼回数 (回)	咀嚼サイクル (回/秒)	咀嚼回数 (回)	咀嚼サイクル (回/秒)
ハードゼリー	55.3 ^{***} **	1.39 ^{**} ***	59.2 ^{***} ***	1.39 ^{**}
果実ゼリー	30.4 [*]	1.28 ^{***}	31.6	1.33 ^{***}
寒天ゼリー	27.4	1.47	30.8	1.51

注) 表内の線は数値間にt検定による有意差があることを示し、*は有意水準を表している。(*=P<0.05, **=*P<0.01, ***=P<0.001)

易な方法によっても検出可能なことが認められた。しかし小学生にはこのような差は表れず、咀嚼に関わる骨や筋の発達に伴って、性差が見られるようになると思われる。

咀嚼運動における性差は、咬筋活動の筋電図学的特性¹⁴⁾、チューインガム法による咀嚼能力に表れること¹⁵⁾が報告されている。しかし、被験者数が少ない研究では性差が表れない場合も多い。本研究の方法は精度の点で劣るものの、サンプル数を多くできる利点があり、性差の検出にも有用であると考えられる。

それぞれの食品のかたさを感覚的に7段階で評価し、“非常にかたい”を7点とし、以下6～1点を各段階にあてはめ、数値化して得た評点平均値と男女間のt検定結果を表5に示した。いずれの食品でも、女子の方がよりかたいと感じていることが、評点平均値と検定によって分かる。食品のかたさをどの程度と判断するかについてもこのように性差が表れたことは、咀嚼運動に関わる筋力や骨格などの生理的な差が、日常的な食品判別にも影響を与えることを示している。なお、同様の処理をした小学生の評点平均値には、ほとんど差が見られなかったためデータは省略した。

3) 咬合力と咀嚼運動

表6にグループ別の咬合力平均値を示した。男子小学生と女子小学生の間以外には、相互に統計的有意差が見られ、性差及び年齢差を確認した。

1989年に6～79才までの男女3276名に咬合力の測定

を実施した研究報告¹⁶⁾によると、20代の第一大臼歯の咬合力平均値は、男子59.4、女子は37.1であり、12才では男子36.7、女子30.3となり、相対的な大きさに違いはないが、表6の値より10kg以上大きかった。使用した咬合力測定器はほぼ同じであることから、このような差は咬合力測定時の歯科学的な条件の相違によると思われる。従って、個々の被験者にとって最適な咬合力発現条件を整えることで、もっと高い咬合力値が得られる場合が多いと推察される。

男女大学生のそれぞれの咬合力平均値を基準として、+6.2以上と-8.8以下の咬合力を示した被験者を選び、それらの咀嚼運動のデータを表7に示した。男子では、咬合力の大きいグループの方が咀嚼回数が少なく、果実ゼリーを除き咀嚼サイクルが小さい傾向を示したが、統計的な有意差は見られなかった。女子では咬合力の大小による咀嚼運動上の差は、ほとんど現れなかった。

咬合力を生じる際には、歯、顎関節、顎筋の3要素と脳神経系が複雑に関与していると言われており¹⁷⁾、これらのどの部分に障害があっても咬合力の低下を招くと考えられている。従って咬合力の異動が何に由来するのかを推定することは難しい。一方年齢や性別によって表6のように明らかな違いが見られることも事実であり、特に成人男女間の差は古くからよく知られている³⁾。

小学6年生は第1大臼歯が永久歯として揃うという点で、ほぼ成人と同等の歯列を持つ。しかし表6に示したように、この年齢では男女間の差が統計的に表れ

表4 グループ別の咀嚼運動

	ハードゼリー		果実ゼリー		寒天ゼリー	
	咀嚼回数 (回)	咀嚼サイクル (回/秒)	咀嚼回数 (回)	咀嚼サイクル (回/秒)	咀嚼回数 (回)	咀嚼サイクル (回/秒)
男子大学生	50.9 [*]	1.43	29.5	1.31	26.6	1.49
女子大学生	60.9	1.34 ^{**}	31.4	1.26	28.2	1.44
男子小学生	55.9	1.36	30.0	1.32	30.7	1.54
女子小学生	62.5	1.43	33.2	1.34	30.9	1.47

注) 表3と同じ

表5 大学生によるかたさ評点の男女差

	かたさ評点平均値		
	ハードゼリー	果実ゼリー	寒天ゼリー
男子大学生	5.49	3.61	2.31
女子大学生	5.92	4.04	2.96
t 検定結果	P < 0.01	P < 0.01	P < 0.01

表6 咬合力平均値

	咬合力 (kg)	
	男	女
大学生	38.8	28.8
小学生	21.8	18.2

注) 表内の直線は平均値間に有意差 (P < 0.001) のあることを示す。

ない。従って咬合力の性差発現には、顎関節や顎筋の影響が比較的大きいと推察される。

データは省略したが、咬合力と、性差の現れたハードゼリー或いは咀嚼サイクルの間には、ほとんど相関が見られなかった。また咬合力の違いによって抽出した2群間には、統計的有意差が見られなかった。以上のことから、咬合力の大小と咀嚼運動の間には、直接

と判断できた。

以上のことから、ビデオ映像法のような簡易な方法であっても、ハードゼリーの咀嚼運動にはかなりの再現性が得られること、咬合力に見られる性差は、咀嚼回数や咀嚼サイクルと直接の関係がないと結論した。

今後は、このような簡易な咀嚼運動測定を応用して、発達段階と性差の関係、咀嚼運動と食生活や食事歴との関係等について、さらに検討していきたい。

本研究を進めるに当たり、被験者としてご協力いただいた方々、並びに八本松小学校の先生方に感謝いたします。咬合力計の使用に関しては、広島大学歯学部付属病院第一補綴科津賀一弘先生に便宜を図っていただき、多大なご助力をいただきました。また果実ゼリーは、飯田製菓(有)の飯田米蔵様からご恵与いただきました。本研究のデータ収集には、深尾志野さんの協力を得ました。合わせて深甚の謝意を表します。

表7 咬合力の大小と咀嚼運動データ

咬合力 (kg)	人数 (人)	ハードゼリー		果実ゼリー		寒天ゼリー	
		咀嚼回数 (回)	咀嚼サイクル (回/秒)	咀嚼回数 (回)	咀嚼サイクル (回/秒)	咀嚼回数 (回)	咀嚼サイクル (回/秒)
男子 45以上	16	49.4	1.42	29.1	1.30	24.3	1.49
大学生 30以下	23	59.5	1.47	33.7	1.28	30.0	1.44
女子 35以上	18	60.5	1.38	32.4	1.29	28.1	1.48
大学生 20以下	19	56.5	1.35	30.3	1.24	27.1	1.43

の関係はないと結論できた。

4. 結 語

前報に続き、ビデオ映像を用いた咀嚼運動の簡易な測定と、第1大臼歯の咬合力測定を行い、測定法の再現性等と、咬合力と咀嚼運動の関係を追求した。その結果、次のようなことが認められた。

- 1) 食品のかたさと咀嚼回数は対応しているが、咀嚼サイクルは食品の粘着性等の影響を受けていることが示された。
- 2) ハードゼリーの咀嚼運動には前報と同様に性差が表れたこと、及び咀嚼回数から、本方法によるデータの再現性を確認した。またより柔らかい果実ゼリーや寒天ゼリーの場合には性差が現れなかった。
- 3) 小学6年生の咀嚼運動には、性差が見られなかった。
- 4) 咬合力には明らかに成人における性差と、年齢差が見られたが、咀嚼運動との間に直接の関係はない

参考文献

- 1) 船越正也: 歯界展望 76, 45-49 (1990)
- 2) 井川佳子: 広島大学教育学部紀要第二部 第45号 199-206 (1996)
- 3) H.K.Worner: *Aust. Dent. J.*, 43, 381-393 (1939)
- 4) 前原潔: 日本歯科医師会雑誌 43, 1271-1279 (1991)
- 5) 村津和正, 藤野武彦, 堀江純司, 柴田周作, 吉川和利, 森岡俊夫: 健康科学 11, 57-64 (1989)
- 6) 吉川和利, 村津和正, 藤野武彦, 小宮秀一, 藤島和孝, 斉藤篤司: 健康科学 14, 49-57 (1992)
- 7) 天野仁一郎, 安東俊介, 松岡弘毅, 橋本元伸, 山内六男, 久保牧巳, 川野穰二: 補綴誌 33, 270-282 (1989)
- 8) 塩野幸一, 清水久喜, 小椋正, 規工川浩: 小児歯科誌 28, 1036-1047 (1990)
- 9) 田原邦昭: 歯科学報 74, 1810-1845 (1974)
- 10) J.E.Steiner, J.Michman and A.Litman: *Archs.*

oral. Biol., 19, 29-34 (1974)

- 11) 中村隆志：阪大歯学雑誌 32, 36-55 (1987)
- 12) 桑原隆雄, 高島史男, 宮内修平, 丸山剛郎：補綴誌 31, 661-674 (1987)
- 13) 堀尾強, 河村洋二郎：歯基礎誌 30, 481-488(1988)
- 14) 田部孝治：日矯歯誌 35, 239-254 (1976)
- 15) 広瀬寿秀, 伊藤学而：日矯歯誌 47, 746-756(1988)
- 16) 西川有：岐歯学誌 16(1), 1-15 (1989)
- 17) 丸山剛郎：臨床生理咬合—顎口腔機能の診断と治療— 医歯薬出版, 東京, p.2-4 (1988)