

Title	食品性状の差異が咀嚼運動速度に及ぼす影響
Author(s)	井上, 敬介; 島村, 一郎; 岸, 正孝
Journal	歯科学報, 101(8): 739-753
URL	http://hdl.handle.net/10130/508
Right	

原 著

食品性状の差異が咀嚼運動速度に及ぼす影響

井 上 敬 介 嶋 村 一 郎 岸 正 孝

東京歯科大学歯科補綴学第三講座

(主任：岸 正孝 教授)

(2001年5月15日受付)

(2001年5月29日受理)

抄 録：本研究では、閉口筋と開口筋とのリズムカルな交代性収縮により行われる咀嚼運動において、食品性状の差異が運動速度に及ぼす影響について検討した。

1．切歯点垂直最大速度で開口相1，開口相2，閉口相1，閉口相2とに4区分した場合，経過時間は，開口相2および閉口相1においては，食品性状の相違による差異がなく，開口相1および閉口相2においては，一部に食品性状の相違による差異が認められた。また，切歯点垂直閉口運動は，チューインガムではすべての相において，グミゼリーとピーナッツでは開口相2および閉口相1においてのみ等加速度運動に類似した。

2．下顎位の変化で，前側方咬合期と側方咬合期とに2区分した場合，終末相の切歯点垂直閉口運動は，いずれの食品においても2つの期を通して等加速度運動に類似し，筋放電量は，作業側，均衡側いずれにおいても前側方咬合期と側方咬合期とがおよそ1：2の比率を示した。

キーワード：咀嚼運動速度，咀嚼筋活動，咀嚼運動

緒 言

咀嚼運動は，随意的要素の高い反射様運動であり，上位中枢の制御のもとにリズムカルな交代性収縮による円滑な運動を行っている。一方で，末梢からの感覚情報によってその運動が制御されている^{1)~5)}。

従来，咀嚼運動についての調査のほとんどは運動経路および咀嚼リズムあるいは，咀嚼筋群の活動の協調などについての報告が多い^{6)~20)}。しかしながら，咬合面間で生じる食品破壊，すなわち，食品の粉碎，展延，あるいは切断等による咀嚼運動時における運動速度に関する報告は少ない現状にある^{21)~30)}。

そこで，正常者における生理的な咀嚼運動の実態を明らかにすることを目的とし，リズムカルに

反復される咀嚼運動において，食品性状の差異が咀嚼運動速度に及ぼす影響についての検討を試みた。実験にあたっては，異なる被破壊特性を示す3種類の食品を用い，咀嚼時の切歯点垂直方向閉口運動を4つの時期に区分し検討した。また，咀嚼運動終末相を，下顎頭の位置により2つの時期に区分して，閉口運動を調査し，咀嚼筋活動と下顎運動速度との対応について検討を行った。

材料および方法

1．被験者

本実験における被験者は，以下の条件を基準として，東京歯科大学教職員および学生のなかから20歳代の男性10名を選定した。すなわち，天然歯列による個性正常咬合を有し，第3大臼歯以外の歯牙欠如を認めず，歯牙硬組織欠損に対して適正なる修復処置が施されていること，また臨床所見において歯周組織，顎関節，咀嚼筋群および顎運

別刷請求先：〒261 8502 千葉市美浜区真砂1-2-2
東京歯科大学歯科補綴学第三講座 井上敬介

動等に特記すべき異常を認めないこと、さらに後述する顎口腔機能統合検査装置(ジーシー社製 ナソヘキサグラフ)用のシーネが咀嚼運動を妨げることなく下顎前歯部に装着できることを選択基準とした。なお、実験はヘルシンキ宣言を遵守して行った。

2. 被験食品

被験食品には、性状の異なる数種類の被験食品を適量用いることが妥当であり^{12)~14) 26) 31)}、また、生理的な咀嚼運動における計測を行うことを前提に、容易に咀嚼しうる量とするため、典型的な被破壊特性を示す食品の中から展延性を示すチューインガム1枚(約2.5g)、展延性を示すが咀嚼時にチューインガムよりも大きな破壊所要力量を必要とするグミゼリー1個(約3.0g)および破砕性を示すピーナッツで胚芽をとったもの1粒(約1.0g)の3種類を選択した。なお、チューインガム咀嚼においては、重量や大きさを一定にすることにより、被験者固有のリズミカルな咀嚼運動を観察、記録することができ³²⁾、他の被験食品における咀嚼運動を観察する際の対照となり得るため、記録前1~2分間十分軟化させた後に計測することとした。

3. 咀嚼運動の計測

咀嚼運動の計測には顎口腔機能統合検査装置(ジーシー社製 ナソヘキサグラフ)を用いた。下顎位の計測標点として6個の赤外線発光ダイオード(LED)を被験者の前頭面内に設定し、このうち3個を固定標点として頭部に、残りの3個を移動標点として下顎歯列に固定して、頭蓋に対する下顎運動を計測した。移動標点の設定にあたっては、混和した即時重合レジンクラッチに盛り歯面に圧接し、硬化後、微量のシアノアクリレート系接着剤にて被験者の下顎前歯の唇側にクラッチを接着し固定した。接着が確認された後、フェイスボウに固定した。また、この際クラッチによる口唇の閉鎖を妨げないように留意した。さらに、計測点を設定するために、2個のLEDを利用して計測標点として記録した。計測点は、下顎切歯点と両側顆頭点とし、顆頭点に関しては、比較的

簡便で再現性のある平均的顆頭点を基準として、それより10mm内方を本実験の計測点として設定した。固定標点としてのヘッドフレームは、鼻骨部と左右後頭部のパットおよび頭頂部に渡したバンドにて、ヘッドフレームがフランクフルト平面にほぼ平行になるように固定した。計測時には、被験者にシーネを装着した状態で歯科用治療椅子に腰掛けさせ、安頭台は使用せず頭軸と体軸とをほぼ平行とし、頭部を固定せずに楽な姿勢をとらせた。その際、頭部の動揺をなるべく抑えるため、被験者に一点を注視するよう指示した。

4. 筋放電の計測

筋放電の誘導部位は、左右側の咬筋中央部(以下Mmと略す)および左右側の側頭筋前部筋束中央部(以下Taと略す)の合計4誘導部位とし、直径5.0mm、電極間距離8.0mmの双極表面電極⁶⁾を用いて筋放電を誘導した。電極貼付部位については、鈴木¹¹⁾の方法に準じ、Mmでは耳垂切痕と口角とを結ぶ直線と外眼角と下顎角とを結ぶ直線との交点とし、Taでは耳垂切痕と外眼角とを結ぶ直線上で外眼角より後方約20mmの点より垂直に約30mm上方の点とした。ただし、これらの解剖学的基準点に対する頭蓋顔面の個人差や左右側間の差を考慮し、咬合時の触診による筋束の走行状態の確認のもとに貼付部位を選定した。

筋放電の増幅には、生体電気現象増幅器(日本電気三菱社製 1253A)を用いた。設定としては、時定数を0.03s、ハム・フィルターを作動、ハイカットフィルターを3kHzとした。また増幅した筋放電をナソヘキサグラフに入力することにより、顎運動と筋放電とを同時記録した。

5. 観察項目

1) 計測対象

チューインガムにおいては、咀嚼開始後に下顎運動が安定した時点における連続5ストロークを計測対象として観察を行った。また、グミゼリーおよびピーナッツにおいては、一般的に咀嚼開始初期は咀嚼リズムが不安定であり、また意識的要素が加わることなどから分析区間から除外した報告が多い^{13) 17) 18) 25)}。しかし、咀嚼開始初期は、食品

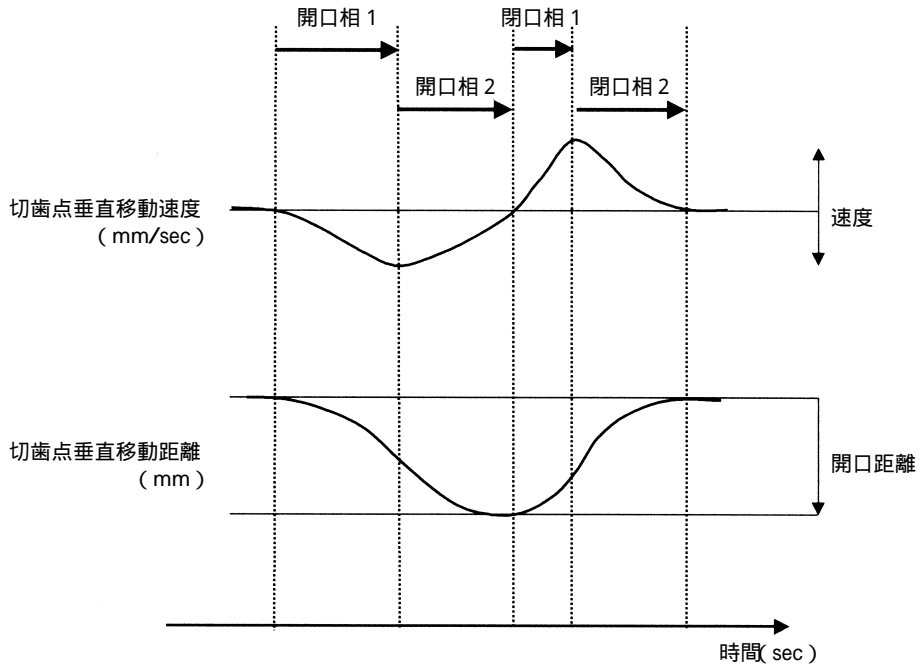


図1 咀嚼時の垂直最大速度を基準とした開閉口運動の計測区分(模式図)

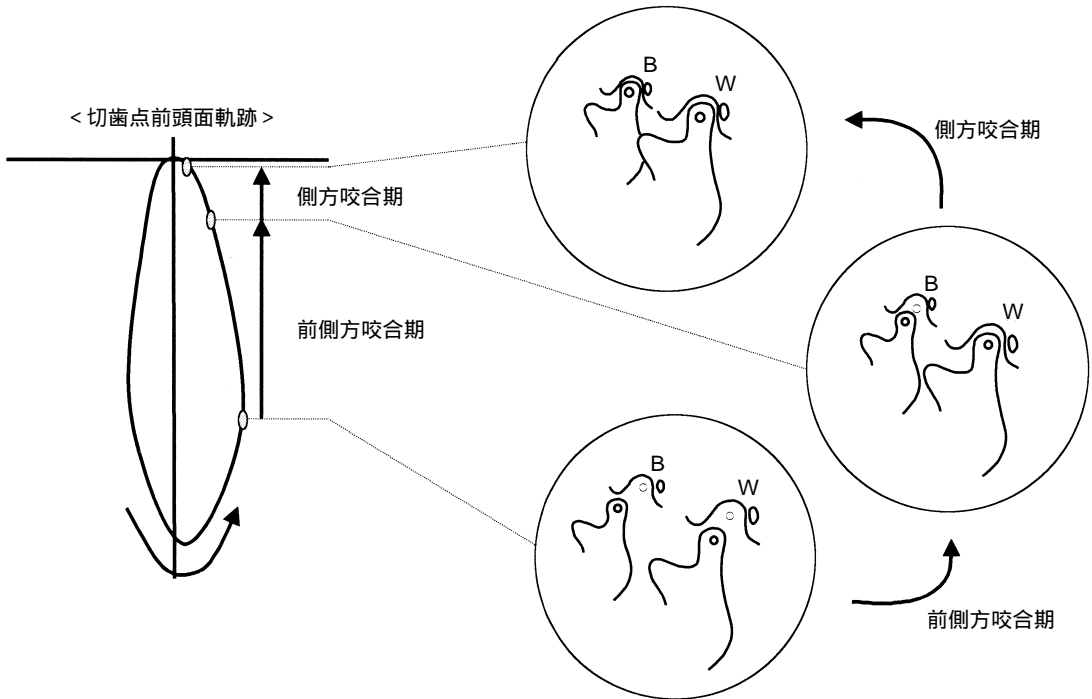


図2 咀嚼時の下顎位の変化を基準とした閉口運動の計測区分 (切歯点前頭面内軌跡に対応した顎関節部矢状面断模式図)

破壊所要力量が大きいことから咀嚼筋活動も活発であり, また, 咀嚼運動様相に食品の性状の差異を生じやすい環境にある⁷⁾。そこで, 咀嚼初期の5ストロークを対象とした。しかし, 食品を歯列上にのせる作業から咀嚼開始直後に咀嚼サイクル終末集束点に達することなく, 開口相に移行してしまうストロークを含んだ場合計測区分の設定が不可能となる。そのため, 咀嚼開始直後に切歯点における咀嚼ストロークの終末点が, 前頭面内において, 咀嚼サイクル終末集束点に対し垂直的, 水平的に1mm以内に達することなく開口相に移行してしまうストロークは除外した。

2) 計測区分および計測項目

(1) 咀嚼時の垂直最大速度を基準とした開閉口運動の計測区分

下顎切歯点における咀嚼時の開閉口運動について検討するため, 咀嚼サイクルにおける開口時最大速度および閉口時最大速度を各被験食品ごとに計測し, それを基準として, 咀嚼サイクルの開口から閉口に至るまでを4つの時期に区分した。すなわち, 図1に示すように, 開口直前の速度が0 mm/msの時点より開口して, 開口時最大速度に至るまでを開口相1, 最大速度から最大開口付近の速度が0 mm/msになるまでを開口相2, またそこから閉口する際の閉口時最大速度に至るまでを閉口相1, その後, 噛み締めに至り速度が0 mm/msになるまでを閉口相2とした。

a. 経過時間

開口相1, 開口相2, 閉口相1, 閉口相2における経過時間を計測した。

b. 切歯点垂直移動距離

開口相1, 開口相2, 閉口相1, 閉口相2における切歯点垂直移動距離を計測した。

c. 切歯点垂直平均加速度

開口相1, 開口相2, 閉口相1, 閉口相2における切歯点垂直平均加速度を計測した。

(2) 咀嚼時終末相の下顎位の変化を基準とした閉口運動の計測区分

咀嚼ストロークの終末相を作業側, 均衡側の下顎頭の位置により2つの時期に区分した。すなわ

ち, 図2に顎関節部矢状面断模式図として示すように, 作業側下顎頭が終末位に対して0.5mm以内の位置に達し, 均衡側下顎頭が前方位にある時点から下顎頭が終末位に達するまでの時間を計測した。そして, この時間を今回の計測区分における基準時間として側方咬合期とした。さらに, 側方咬合期に至る以前の作業側, 均衡側の下顎頭がいずれも前方位にある時期のうち, 側方咬合期と同じ時間を前側方咬合期とした。なお, ここでいう終末位とは開口直前の5ストロークにおける中間点とした。

a. 切歯点垂直移動距離

前側方咬合期および側方咬合期における切歯点垂直移動距離を計測した。

b. 切歯点垂直平均加速度

前側方咬合期および側方咬合期における切歯点垂直平均加速度, およびそれぞれを連続した運動として算出した場合の切歯点垂直平均加速度を計測した。

c. 筋放電量

図3に筋放電波形の一例を示すが, 咀嚼時終末相の閉口運動を下顎位の変化で区分した場合の前側方咬合期および側方咬合期の範囲における両側咬筋および両側側頭筋前部筋束の筋放電積分値の総和(筋放電量)を計測した。

(3) 計測結果に対する統計学的評価

各被験食品間の差異を客観的に評価するにあた

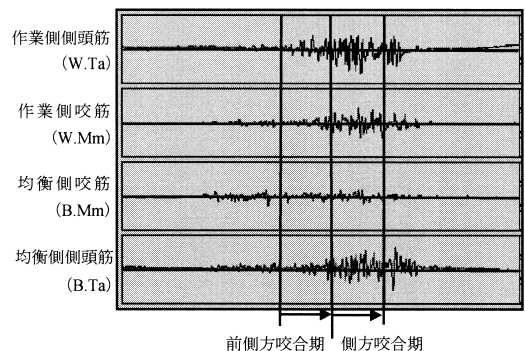


図3 咀嚼時の閉口運動を下顎位の変化で区分した場合の筋放電区分の一例

り、それぞれの計測結果に対し一対の標本を使った paired t test(危険率5%)を用いて検定を行った。

結 果

1. 咀嚼時の開閉口運動を垂直最大速度で区分した場合

1) 開閉口時最大速度

咀嚼サイクルにおける開口時最大速度はチューインガムで 130.5 ± 36.0 mm/sec, グミゼリーで 146.9 ± 29.4 mm/sec, ピーナッツで 142.4 ± 38.6 mm/secを示し、閉口時最大速度は、チューインガムで 150.1 ± 40.0 mm/sec, グミゼリーで 165.7 ± 31.1 mm/sec, ピーナッツで 139.7 ± 55.0 mm/secを示した。

開口時最大速度においては、チューインガムとグミゼリーとの間にのみ有意差が認められ、他の食品間に有意差は認められなかった。閉口時最大速度においては、いずれの食品間にも有意差は認められなかった。

2) 各計測区間の経過時間

4区分した計測区間の経過時間を表1に示す。開口相1, 開口相2, 閉口相1, 閉口相2において、チューインガムでそれぞれ147ms, 145ms, 92ms, 175msを、グミゼリーでそれぞれ125ms, 146ms, 98ms, 207msを、ピーナッツでそれぞれ105ms, 134ms, 87ms, 211msを示した。

開口相1において、グミゼリーはピーナッツより有意な延長が認められ、他の食品間の有意差は認められなかった。また、開口相2および閉口相

表1 咀嚼時の開閉口運動を切歯点垂直最大速度で区分した場合の経過時間

単位(ms)

	開口相1	開口相2	閉口相1	閉口相2
チューインガム	147 ± 70	145 ± 35	92 ± 16	175 ± 53
グミゼリー	125 ± 35	146 ± 30	98 ± 25	207 ± 35
ピーナッツ	105 ± 29	134 ± 27	87 ± 15	211 ± 40

* : p < 0.05

表2 咀嚼時の開閉口運動を切歯点垂直最大速度で区分した場合の移動距離

単位(mm)

	開口相1	開口相2	閉口相1	閉口相2
チューインガム	8.6 ± 2.9	9.0 ± 2.5	7.2 ± 2.0	10.5 ± 1.8
グミゼリー	7.9 ± 1.5	9.7 ± 2.4	7.9 ± 1.9	9.8 ± 1.6
ピーナッツ	6.1 ± 2.2	8.8 ± 1.4	6.2 ± 1.8	9.0 ± 2.1

* : p < 0.05

表3 咀嚼時の開閉口運動を切歯点垂直最大速度で区分した場合の平均加速度

単位(×10⁻⁴mm/ms²)

	開口相1	開口相2	閉口相1	閉口相2
チューインガム	12.9 ± 8.3	-10.2 ± 3.6	17.4 ± 4.8	-10.2 ± 5.1
グミゼリー	14.0 ± 6.4	-11.4 ± 2.7	19.5 ± 5.8	-8.5 ± 2.4
ピーナッツ	15.5 ± 6.7	-12.2 ± 4.7	18.1 ± 10.5	-7.3 ± 3.8

* : p < 0.05

1)においては、いずれの食品間においても有意差は認められなかった。さらに、閉口相2において、グミゼリーはチューインガムより有意な延長が認められたが、他の食品間に有意差は認められなかった。

3) 各計測区間における移動距離

4区分した計測区間の移動距離を表2に示す。開口相1, 開口相2, 閉口相1, 閉口相2において、チューインガムでそれぞれ8.6mm, 9.0mm, 7.2mm, 10.5mmを、グミゼリーでそれぞれ7.9mm, 9.7mm, 7.9mm, 9.8mmを、ピーナッツでそれぞれ6.1mm, 8.8mm, 6.2mm, 9.0mmを示した。

開口相1においてチューインガムとグミゼリーには有意差は認められず、チューインガム、グミゼリーはピーナッツより有意に大きいことが認められた。また、開口相2においては、いずれの食品間においても有意差は認められず、閉口相1においてグミゼリーはピーナッツより有意に大きい

ことが認められたが、他の食品間に有意差は認められなかった。さらに、閉口相2においてチューインガムはピーナッツより有意に大きいことが認められたが、他の食品間に有意差は認められなかった。

4) 各計測区間における平均加速度

4区分した計測区間の平均加速度を表3に示す。いずれの食品間においても有意差は認められず、3食品を平均すると、開口相1, 開口相2, 閉口相1, 閉口相2でそれぞれ、 $14.1 \times 10^{-4} \text{mm} / \text{ms}^2$, $-11.3 \times 10^{-4} \text{mm} / \text{ms}^2$, $18.3 \times 10^{-4} \text{mm} / \text{ms}^2$, $-8.7 \times 10^{-4} \text{mm} / \text{ms}^2$ を示した。

2. 咀嚼時終末相の閉口運動を下顎位の変化で区分した場合

1) 側方咬合期の時間

計測の基準とした側方咬合期の時間を各被験例、各被験食品において抽出した5サイクルの平均値を図4に示す。

これらの側方咬合期の時間は、被験例および被

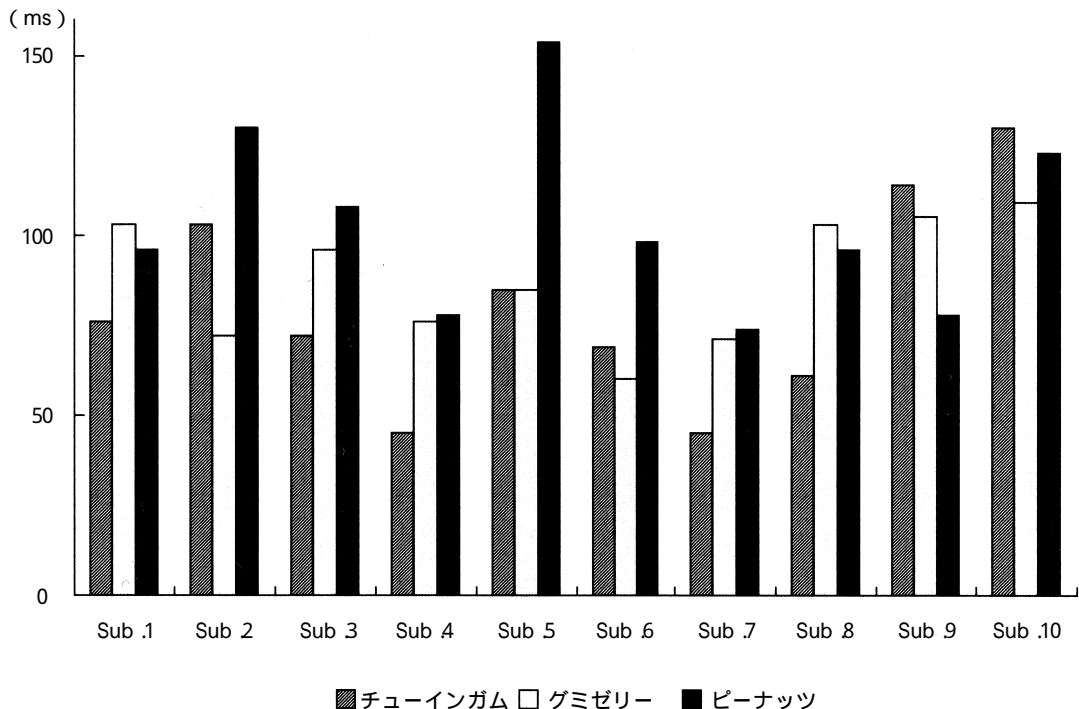


図4 咀嚼時の閉口運動を下顎位の変化で区分した側方咬合期の時間

験食品により異なり、特定の傾向は認められなかった。

各被験食品ごとに平均すると、チューインガムにおいて 80 ± 27 ms, グミゼリーにおいて 88 ± 17 ms およびピーナッツにおいて 104 ± 24 ms を示した。

チューインガムとピーナッツとの間においては、有意差が認められたものの、他の食品間に有意差は認められなかった。

2) 各計測区間における移動距離

前側方咬合期と側方咬合期における切歯点の垂直方向の移動距離を表4に示す。チューインガムで 7.45 mm および 2.59 mm, グミゼリーで 9.08 mm および 2.86 mm, ピーナッツで 7.63 mm および 2.49 mm を示した。

前側方咬合期および側方咬合期においていずれの食品間においても、有意差は認められなかった。

3) 各計測区間における平均加速度

前側方咬合期と側方咬合期における平均加速度と、それぞれを連続した運動として平均加速度を算出した結果を表5に示す。連続した運動として算出すると、チューインガムで -8.1×10^{-4} mm/ms², グミゼリーで -6.5×10^{-4} mm/ms², ピーナッツで -4.2×10^{-4} mm/ms²を示した。

各被験食品間の有意差は、連続した運動として算出した平均加速度において、チューインガムとピーナッツ, グミゼリーとピーナッツとの間に有意差が認められたが、チューインガムとグミゼリーとの間に有意差は認められなかった。

表4 前側方咬合期および側方咬合期における切歯点垂直方向の移動距離
単位(mm)

	前側方咬合期	側方咬合期
チューインガム	7.45 ± 3.48	2.59 ± 1.39
グミゼリー	9.08 ± 3.39	2.86 ± 1.20
ピーナッツ	7.63 ± 2.61	2.49 ± 0.74

* : p < 0.05

表5 前側方咬合期と側方咬合期の平均加速度とそれぞれを連続した運動とした場合の平均加速度
単位($\times 10^{-4}$ mm/ms²)

	前側方咬合期	側方咬合期	連続
チューインガム	-6.0 ± 7.4	-7.1 ± 4.3	-8.1 ± 5.0
グミゼリー	-7.9 ± 5.8	-4.9 ± 1.4	-6.5 ± 1.7
ピーナッツ	-5.1 ± 4.6	-3.5 ± 1.3	-4.2 ± 1.2

* : p < 0.05

表6 前側方咬合期および側方咬合期における筋放電量(作業側, 均衡側)

単位(mV·s)

	前側方咬合期(作業側, 均衡側)	側方咬合期(作業側, 均衡側)
チューインガム	7.1 ± 2.4 ($4.3 \pm 1.6, 2.8 \pm 0.9$)	13.5 ± 7.4 ($7.8 \pm 4.0, 5.7 \pm 3.6$)
グミゼリー	10.3 ± 3.0 ($6.0 \pm 2.1, 4.4 \pm 1.4$)	20.7 ± 6.6 ($11.5 \pm 4.5, 9.1 \pm 2.9$)
ピーナッツ	9.8 ± 4.0 ($5.3 \pm 1.9, 4.5 \pm 2.5$)	18.8 ± 4.0 ($10.9 \pm 2.9, 7.9 \pm 1.6$)

* : p < 0.05

4) 各計測区間における筋放電量

前側方咬合期および側方咬合期における両側の咬筋および側頭筋の筋放電量の総和を表6に示す。チューインガムで7.1mV・sおよび13.5mV・s, グミゼリーで10.3mV・sおよび20.7mV・s, ピーナッツで9.8mV・sおよび18.8mV・sを示した。いずれの期においても, チューインガムに比較し, グミゼリー, ピーナッツは大きい値を示し, 食品間に有意差が認められた。

また, 作業側, 均衡側と分けた場合の筋放電量は, それぞれチューインガムにおいて前側方咬合期で4.3mV・sおよび2.8mV・s, 側方咬合期で7.8mV・sおよび5.7mV・s, グミゼリーにおいて前側方咬合期で6.0mV・sおよび4.4mV・s, 側方咬合期で11.5mV・sおよび9.1mV・s, ピーナッツにおいて前側方咬合期で5.3mV・sおよび4.5mV・s, 側方咬合期で10.9mV・sおよび7.9mV・sを示した。

考 察

1. 咀嚼時開閉口運動を切歯点垂直最大速度で区分した場合

1) 計測区分について

開閉口時最大速度は, 咀嚼運動評価のパラメータとして重要視され, 高梨³³⁾は, osseointegrated implant 症例の咀嚼能力の評価等のパラメータとして, 河原ら³⁴⁾は, 下顎遊離端義歯症例における咀嚼運動様相の評価のパラメータとして利用しており, また, 佐藤ら²⁹⁾も, 咀嚼機能の客観的評価のための定量的指標として開閉口時最大速度の有用性の高いことを報告している。本研究においては, 切歯点開閉口時最大速度を基準として, 開口相, 閉口相をより細分化することを試みた。

ここで, チューインガム咀嚼時における開閉口時最大速度は, 桑原ら²⁷⁾, 佐藤ら²⁹⁾の報告によれば, 開口時が 148.2 ± 38.8 mm/sec, 149.4 ± 33.5 mm/sec, 閉口時が 163.0 ± 37.7 mm/sec, 149.6 ± 39.9 mm/secであり, また, 埴ら²⁶⁾は開口時と閉口時とが, ほぼ同じであったと報告している。

本研究の結果では, 開口時が 130.5 ± 36.0 mm

/sec, 閉口時が 150.1 ± 40.0 mm/secを示し, 標準偏差が比較的広範囲を示し個人差が認められた。この標準偏差は, 桑原ら²⁷⁾, 佐藤ら²⁹⁾のものと, 近似しており, 佐藤ら²⁹⁾の報告と同様に, 正常者の開閉口時最大速度は比較的広い範囲の個人差があるものと考えられる。よって, 本研究における開閉口時最大速度は, 正常値の範囲にあるものと考えられ, 開口相, 閉口相を開閉口時最大速度を基準として区分しても支障がないと判断した。

2) 各計測区間の経過時間について

咀嚼運動を切歯点垂直最大速度を基準として, 計測区分を開口相1, 開口相2, 閉口相1, 閉口相2とに4区分し, 経過時間について比較したものを表1に示した。ここで, 絶対量で比較している咀嚼周期を, 相対的に比較するため, それぞれの食品における咀嚼周期を一致させ, 各計測区分の経過時間を, 咀嚼周期の経過時間に対する比率として表したものを図5に示す。開口相1において, チューインガムはピーナッツより有意に大きいことが認められ, 他の食品間に有意差は認められなかった。また, 開口相2および閉口相1においては, いずれの食品においても有意差は認められず, 開口相2と閉口相1を合わせた時間を全体の時間に対する比率として表し比較すると, チューインガムで42%, グミゼリーで42%およびピーナッツで41%とほぼ一致した。さらに, 閉口相2においては, グミゼリー, ピーナッツはチューインガムより, 有意に大きいことが認められ, グミゼリーとピーナッツでは有意差は認められなかった。これらのことより, 絶対量で比較した場合も, 相対的に比較した場合においても, 時間的要素は, 開口相1および閉口相2において, 食品の性状による差が現れやすい部分であることが認められ, 開口相2および閉口相1においては, 食品の性状による差が現れにくい部分であることが認められた。

咀嚼サイクルの時間を調査した瑞森ら¹²⁾は開口相時間, 閉口相時間および咬合相時間とに分け, 食品の大きさ, 硬さが咀嚼運動に与える影響を調

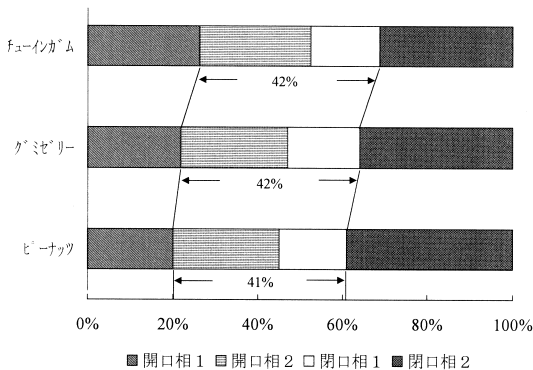


図5 咀嚼時期閉口運動を切歯点垂直最大速度で区分した場合の咀嚼周期の経過時間に対する各計測区分の経過時間の比率

査しており、食品の硬さにより閉口相時間に変化がみられたと報告している。また、桑原ら¹³⁾はチューインガムのように粘着性を有し、性状が安定している食品では、開口相時間は、他の食品に比べ長かったと報告している。今回の実験においては、切歯点垂直最大速度を利用して、計測区分をより細分化し検討した結果、時間的要素は、開口相時間のうち開口相1および閉口相時間のうち閉口相2において食品の性状による差が現れ、開口相2および閉口相1において食品による差が現れにくいことが認められた。

3) 各計測区間の移動距離について

咀嚼運動を切歯点垂直最大速度を基準として、計測区分を開口相1、開口相2、閉口相1、閉口相2とに4区分し、移動距離について比較したものを表2に示した。今回細分化した4つの計測区間をさらにそれぞれの時間で前半と後半とに2等分し、全体で8つの区間に区分し、移動距離について比較したものを表7に示す。これより、開口相1、開口相2、閉口相1、閉口相2におけるそれぞれの移動距離の比率を算出することにより、速度変化について検討した。すなわち、加速運動である開口相1および閉口相1においては、それぞれの前半に対する後半の距離の比率、減速運動である開口相2および閉口相2においては、それぞれの後半に対する前半の距離の比率を計測し比

較した。その結果、開口相1、開口相2、閉口相1、閉口相2でそれぞれ、チューインガムにおいて2.7, 2.4, 2.9, 3.4, グミゼリーにおいて3.9, 2.6, 2.6, 7.6, ピーナッツにおいて4.0, 2.5, 2.5, 3.8を示した。開口相1においては、チューインガムとグミゼリー、ピーナッツに有意差が認められたが、グミゼリーとピーナッツには、有意差が認められなかった。また、開口相2および閉口相1においては、閉口相1のチューインガムとピーナッツにのみ有意差が認められるものの、他の食品間に、有意差が認められず、しかも、移動距離の比率は3.0に近似した数値を示し、標準偏差は他に比べ小さい値を示した。さらに、閉口相2においては、チューインガムとグミゼリー、グミゼリーとピーナッツに有意差が認められたが、チューインガムとピーナッツには有意差が認められなかった。このことより、絶対量により移動距離を比較した場合、瑞森ら¹²⁾の報告にあるように、食品の大きさ、固さが影響を及ぼしているものと考えられるが、各計測区分において、食品の性状による特定の傾向は認められなかった。しかし移動距離の比率については、時間的要素同様、開口相1と閉口相2では、食品による差が現れやすいことが認められ、開口相2と閉口相1では個人差が小さく食品による差が現れにくいことが認められた。また、いずれの食品においても開口相2の前半と後半の移動距離の比率はおよそ3:1を示し、閉口相1の前半と後半の移動距離の比率はおよそ1:3を示している。このことは、下顎が垂直方向にほぼ等加速度運動を行っているものと推察された。また、チューインガムにおいては、開口相1および閉口相2における移動距離の比率も他の食品に比べ、3.0に近い数値を示しており、開口相、閉口相ともに、ほぼ等加速度運動の組み合わせにより運動していると考えられる。

4) 各計測区間の平均加速度について

咀嚼運動を切歯点垂直最大速度を基準として開口相1、開口相2、閉口相1、閉口相2とに計測区分を4区分し、平均加速度について比較したも

表7 咀嚼時の開閉口運動を切歯点垂直最大速度で8つの区間に区分した場合の移動距離

(mm)

	開口相1		開口相2		閉口相1		閉口相2	
	前半	後半	前半	後半	前半	後半	前半	後半
チューインガム	2.32	6.28	6.35	2.68	1.84	5.32	8.16	2.37
グミゼリー	1.61	6.34	7.05	2.70	2.19	5.72	8.70	1.14
ピーナッツ	1.21	4.90	6.27	2.54	1.79	4.39	7.14	1.90

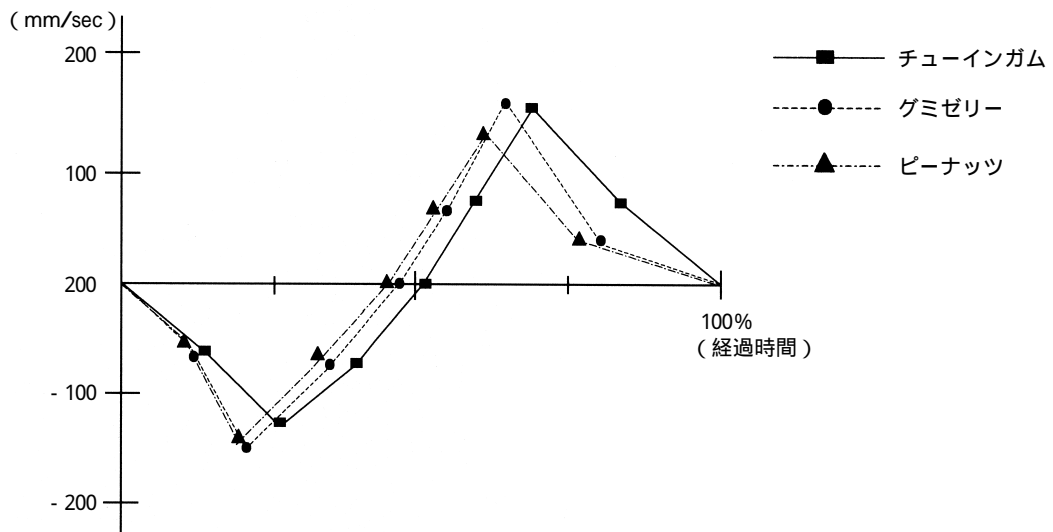


図6 咀嚼時開閉口運動を切歯点垂直最大速度で区分した場合の各計測区分の経過時間の比率に対する速度

のを表3に示した。勝田ら³⁰⁾は、咀嚼時の開閉口時最大速度は、食品が硬くなるにしたがって速くなると報告しているが、平均加速度に影響を及ぼすにはならず、いずれの計測区間においても食品による差が認められなかった。

そこで、横軸に経過時間、縦軸に速度を表し、4つの計測区間をそれぞれの経過時間にて前半と後半とに2等分して、全体で8つの時期に区分し、そのグラフ上で表される傾きにより加速度を比較した。また、横軸の経過時間に関しては、絶対量にて比較している咀嚼周期を、相対的に比較するため、それぞれの食品における咀嚼周期を一致させ、各計測区分の経過時間を咀嚼周期の経過時間に対する比率として表した(図6)。開口相1の部分は食品抵抗がないにも関わらず、グミゼリー、ピーナッツは、チューインガムに比較し開

口相1の前半の傾きに対し後半の傾きが明らかに異なり、加速度が急激に大きくなり、食品の性状による差が認められた。また、開口相2および閉口相1の部分はいずれの食品においても、類似しており、経過時間的要素、移動距離の比率からわかるように、食品による差が現れにくい部分であることが認められた。さらに、閉口相2において、グミゼリー、ピーナッツは、チューインガムに比較し直線の傾きが閉口相2の前半に対し後半で明らかに異なり、加速度が急激に小さくなり、食品の性状による差が認められた。これは、閉口相2の部分は食品抵抗があり、チューインガムに比較してグミゼリー、ピーナッツが硬い食品であるためと考えられた。

以上のことより、食品の抵抗が小さいチューインガムは、食品の破壊を行う部分である閉口相2

において、速度曲線がほぼ直線的であり、また、閉口相 1 においても速度曲線は直線的となることより、ほぼ等加速度運動の組み合わせにより構成されている。このことは、チューインガムは、他の被験食品に比較して、食品抵抗が非常に小さく、反復再現性がある食品であるため、その運動は、食品破壊様運動であり、食品破壊運動とは異なるものであると思われる、このような等加速度運動の組み合わせとなると考えられる。それに対し、食品抵抗の大きな、グミゼリーやピーナッツは、食品の破壊を行う部分である閉口相 2 において、速度曲線が直線的ではなく、等加速度運動に類似しておらず、閉口相 1 においても速度曲線は直線的ではなく等加速度運動に類似していないことが認められた。このことは、咀嚼運動経路に及ぼす食品の影響は、閉口運動経路より閉口運動経路に強く現れ、その影響は咬頭嵌合位に近い位置ほど大きいという報告¹⁰⁾にあるように、食品による影響が、咀嚼経路に影響を及ぼし、それにより、速度に影響が現れたとも考えられる。あるいは、閉口相 2 における、食品破壊により加速度の急激な変化が occur、急激な運動の変化に感覚情報が反映して、各咀嚼ストロークの開始直後に相当する閉口相 1 の速度に変化を及ぼしていると考えられる。このことは、咀嚼リズムを一定に保つための、何らかの調節機構とも考えられるが、この点に関してはさらなる検討を要すると思われる。

2. 咀嚼時閉口運動を下顎位の変化で区分した場合

1) 計測区分について

咀嚼運動の評価にあたって、顎運動と下顎位との関係を調査した研究は少ない。顎運動は末梢の感覚情報によって制御されていると考えられることから、咀嚼時の感覚情報として重要であると思われる食品抵抗の差が下顎位との関連性において、どのように影響しているかについて不明な点が多いのが現状である。そこで、食品破壊がきわめて短時間に行われる咀嚼時の閉口経路を下顎位と運動速度および咀嚼筋活動との関連性の調査

を行った。武田の報告¹⁹⁾において食品性状の相違により最も多く差異が認められた付近を、下顎頭の位置により 2 つの時期に区分し、動力源である咀嚼筋活動を下顎位に対応させ検討した。すなわち、基準とした側方咬合期は、食品破壊の際の重要な時期であると考えられている、いわゆるチューイングサイクルの第 4 相に相当する付近を下顎頭の位置により、作業側顎頭が終末位に入った時期より、均衡側顎頭が終末位に入るまでの時間とした。また、側方咬合期と比較するため、側方咬合期に至る以前の作業側、均衡側の下顎頭がいずれも前方位にある時期のうち、側方咬合期と同じ時間を前側方咬合期とした。ここで、作業側顎頭の運動量は小さいため、高い分解能を持った高精度の解析装置が必要となるが、作業側顎路に関しての正確かつ詳細な報告は少ないため²⁵⁾⁻³⁷⁾、作業側顎頭に関しては移動距離が小さいことと、下顎窩内に位置してからの回転運動により顎頭位が安定しないことから、終末位に対し 0.5mm 以内の位置に入った時点で、顎頭が下顎窩内に位置しているものとした。また、均衡側顎頭に関しては、移動量が大きく、終末位が比較的明確であるため、ほぼ静止した時点で顎頭が下顎窩内に位置しているものとした。

2) 移動距離について

咀嚼運動を下顎頭の位置を基準として、前側方咬合期と側方咬合期とに 2 区分し、移動距離について比較したものを表 4 に示した。前側方咬合期および側方咬合期において、いずれの食品においても、性状による差異は認められなかった。そこで、各被験者ごとに移動距離の比率(側方咬合期の移動量に対する前側方咬合期の移動量の比率)として表し比較した場合、チューインガムにおいて 3.3 ± 1.2 、グミゼリーにおいて 3.4 ± 0.9 、ピーナッツにおいて 3.4 ± 1.8 を示し、いずれの食品も値が近似しており、食品性状の相違による差異は認められなかった。また、移動距離の比率が 3 に近いことより、垂直閉口移動距離は前側方咬合期と側方咬合期とがほぼ 3 : 1 の比率を示すことが認められた。このことは、前側方咬合期と側方咬

合期とは同じ時間であることより、咀嚼時閉口経路を下顎位の変化で区分した場合においても、前側方咬合期と側方咬合期を連続した運動としてみた場合、食品破壊時の閉口運動は垂直方向にほぼ等加速度運動を行っていることが推測される。

3) 平均加速度について

咀嚼運動を下顎頭の位置を基準として、前側方咬合期と側方咬合期とに2区分し、平均加速度について比較したものを表5に示した。平均加速度は、移動距離の比率から、垂直方向にほぼ等加速度運動を示すものと推測されるが、各被験食品ごとに前側方咬合期と側方咬合期それぞれを連続した運動として加速度を算出した場合、チューインガムとグミゼリーとの間に有意差は認められないものの、他の食品間に有意差が認められた。また、前側方咬合期と側方咬合期とのそれぞれについて平均加速度を算出した場合、チューインガムは、前側方咬合期と側方咬合期とが、ほぼ同じ加速度であるが、グミゼリー・およびピーナッツにおいて前側方咬合期より側方咬合期の方が明らかに小さな加速度を示すことが認められた。この現象は、チューインガムにおいて食品抵抗が小さく、前側方咬合期と側方咬合期が、ほぼ均一な食品抵抗であることに加え、今回の計測区分には、咬頭嵌合位付近、すなわち速度が急激に減速する部分が含まれていないため、終末相においても等加速度運動をしているものと考えられる。

すなわち、速度が急激に減速するとされる部分では、上顎の歯牙に対する、下顎の歯牙の急激な衝突が起きており、その衝突により、速度は急激に減速する。それに対し、グミゼリーとピーナッツにおいては、歯牙に対する急激な衝突は起こらないにも関わらず、急激な加速度の減少が起きていることより、前側方咬合期に比較して、側方咬合期では、食品の破壊抵抗が著しく増大しているものと判断された。

これらのことより、咀嚼時閉口運動を下顎位の変化で区分した場合、切歯点垂直閉口運動は、いずれの食品においても前側方咬合期と側方咬合期とを通じて等加速度運動に類似するが、それぞれ

の食品抵抗の違いが影響を及ぼし、平均加速度は食品性状の相違によって異なり、チューインガムで $-8.1 \times 10^{-4} \text{mm/ms}^2$ 、グミゼリーで $-6.5 \times 10^{-4} \text{mm/ms}^2$ 、ピーナッツで $-4.2 \times 10^{-4} \text{mm/ms}^2$ を示した。これは、咀嚼時の開閉口運動を垂直最大速度で区分した場合における、咀嚼ストロークの終末相にあたる、閉口相1の範囲を含む閉口相2に及ぶ範囲である。そこで、表3における、閉口相2の平均加速度を参考とすると、チューインガムで $-10.2 \times 10^{-4} \text{mm/ms}^2$ 、グミゼリーで $-8.5 \times 10^{-4} \text{mm/ms}^2$ 、ピーナッツで $-7.3 \times 10^{-4} \text{mm/ms}^2$ を示し、咀嚼時閉口経路を下顎位の変化で区分した場合に表される平均加速度は、範囲が咀嚼ストローク終末相の範囲とは一致しないものの、それぞれの食品間の平均加速度の関係は、近似しているものと思われる。したがって、閉口筋の筋力によって閉口運動が生じるが、咀嚼ストローク終末相において、食品破壊を行うために、閉口運動には負の加速度が現れる。これは運動加速度を与える閉口筋筋力が、食品抵抗に相殺された結果であると思われる。

3) 筋放電の増大傾向について

咀嚼運動を下顎頭の位置を基準として、前側方咬合期と側方咬合期とに2区分し、筋放電量について比較したものを表6に示した。いずれの期においても、チューインガムに比較し、グミゼリー、ピーナッツは大きい値を示し、食品性状による差異を認めた。このことは、試料の硬度が増大するほど、咬筋、側頭筋 EMG の振幅が大きくなったという報告²⁾¹⁴⁾⁻¹⁶⁾²⁵⁾と一致し、堀尾ら¹⁴⁾は食品の物性のうち特に硬度、剪断性が感覚系を介して反射的に筋の収縮性に関与すると報告しており、食品の硬さの違いの影響を受けていることが推察される。そこで、前側方咬合期から側方咬合期に至る、筋放電量の増大比率(前側方咬合期の放電量に対する側方咬合期の放電量の比率)として表し比較した場合、チューインガムにおいて 1.9 ± 0.5 、グミゼリーにおいて 2.0 ± 0.4 、ピーナッツにおいて 2.1 ± 0.5 を示した。このことより、食品の性状の違いがあるにもかかわらず、い

ずれの食品においても、筋放電量増大比率は、食品性状の相違による差異は認められず、前側方咬合期に対する側方咬合期の筋放電積分値は、いずれの食品においても、およそ1:2の比率を示した。しかも、実験結果に示すように、この結果を、作業側(咀嚼側)、均衡側(非咀嚼側)に分け検討した結果、いずれの食品においても前側方咬合期に対する、側方咬合期の筋放電積分値が1:2の比率を示した。正常咀嚼運動において咬筋および側頭筋前部は左右同じタイミングで活動するとの報告²⁰⁾にあるように、食品の性状の差異に対する対応は、絶対量を調整することにより、対応しているのみであり、筋力の増大比率は作業側、均衡側に分けた場合において左右同じ増加率であり、不変である。このことは、咀嚼時における歯牙および両側の関節に対する負担の配分比においても不変であることを意味し、左右顎関節に対する負荷の比率も一定であると推測される。

4) 開閉口運動と筋放電との対応について

咀嚼時の切歯点垂直方向運動は、ほぼ等加速度運動の組み合わせによって構成されているものと思われる。しかし、咀嚼運動終末相においては、咬合面間距離の減少に伴って食品の破壊抵抗が著しく増大し、切歯点の垂直方向運動は等加速度運動でなくなるが、咀嚼運動のリズムは乱れることなく遂行される。このことは、武田¹⁹⁾は、咀嚼はある一定のリズム内で遂行され、区間(今回の実験の閉口相2に相当)における仕事量を調節することにより、食品性状の相違に対応していると報告している。また、森本⁴⁾は、歯根膜を圧迫する力の大きさや方向によってフィードバックされる反射の大きさや反射の現れる筋の種類が異なることから、歯根膜感覚が咀嚼筋の筋活動に関与し、下顎の位置や下顎運動の制御に深く関与していると述べている。今回の実験で咀嚼時の閉口運動のうち食品抵抗の発現する咀嚼運動終末相を、下顎位の変化により2区分して検討したところ、筋放電量の総和における期の増加率はいずれの食品においても1:2の比率を示した。このことは、咬合面間距離の減少に伴って咬合力が急激に

増大するという報告⁹⁾と同様に、前側方咬合期から側方咬合期になると、筋の仕事量が1:2の比率で増大する。また、この筋の仕事量により下顎の閉口運動が行われるが、咬合面に介在した食品の抵抗により仕事量は増すにもかかわらず、閉口速度は減少し、結果として移動量が3:1の比率を示すこと、すなわち、負の等加速度運動に近似した運動を示すものと思われた。

結 論

本研究では、閉口筋と開口筋とのリズムカルな交代性収縮により行われる咀嚼運動において、食品性状の差異が運動速度に及ぼす影響について検討した。実験方法として、20歳代男性10名に対し、異なる被破壊特性を示す3種類の食品を用い、咀嚼時の切歯点垂直方向開閉口運動について4つの時期に区分し検討した。また、咀嚼運動終末相を、下顎頭の位置により2つの時期に区分して、閉口運動を調査し、閉口筋筋活動と下顎運動速度との関係について検討を行った。

本研究によって得られた結果は以下のように要約される。

1. 咀嚼時の切歯点開閉口運動を垂直最大速度で開口相1, 開口相2, 閉口相1, 閉口相2とに4区分した場合

1) 経過時間は、平均すると開口相2において141 ms, 閉口相1において92 msを示し、食品性状の相違による差異がないことが認められた。しかし、開口相1と閉口相2においては、一部に食品性状の相違による差異が認められた。

2) 切歯点垂直開閉口運動は、チューインガムでは、すべての相において等加速度運動に類似した運動を示した。グミゼリーおよびピーナッツでは、開口相2と閉口相1においてのみ、等加速度運動に類似した運動を示した。

2. 咀嚼時終末相の切歯点閉口運動を下顎位の変化で前側方咬合期と側方咬合期とに2区分した場合

1) 切歯点垂直閉口運動は、いずれの食品においても前側方咬合期と側方咬合期とを通じて等加

速度運動に類似し, 等加速度運動として計算した場合の平均加速度は, チューインガムで $-8.1 \times 10^{-4} \text{mm/ms}^2$, グミゼリーで $-6.5 \times 10^{-4} \text{mm/ms}^2$, ピーナッツで $-4.2 \times 10^{-4} \text{mm/ms}^2$ を示した。

2) 筋放電量は, 前側方咬合期と側方咬合期とが, およそ 1:2 の比率を示し, さらに, 作業側と均衡側の筋放電量も前側方咬合期と側方咬合期とが, およそ 1:2 の比率を示すことが認められた。

本論文の要旨は, 第268回東京歯科大学学会総会(1999年11月6日, 千葉), 第103回日本補綴歯科学会(2000年6月10日, 大宮), 第269回東京歯科大学学会例会(2000年6月17日, 千葉), 第270回東京歯科大学学会総会(2000年11月4日, 千葉), において発表した。

参 考 文 献

- 1) 河村洋二郎: 咀嚼の生理 口腔生理学. 158~163, 永末書店, 京都, 1979.
- 2) 中村隆志: 咀嚼運動調節機構の生理的特徴に関する研究. 阪大歯学誌, 32: 36~55, 1987.
- 3) 窪田金次郎: 咀嚼システムの概念 解剖学入門 咀嚼システム解明への道 第1版. 1~2, 日本歯科評論社, 東京, 1988.
- 4) 森本俊文: 咀嚼運動の反射性調節. 神経進歩, 37: 834~844, 1993.
- 5) 中村嘉男: はじめに 咀嚼運動に関する現在の概念 咀嚼運動の生理学 第1版. 1, 医歯薬出版, 東京, 1998.
- 6) 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: 615~650, 1965.
- 7) 津留宏道, 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. 正常咬合者について. 日補綴歯会誌, 10: 163~172, 1966.
- 8) 川畑 衛: 各種食品咀嚼時の咀嚼筋の積分筋電図について. 歯科医学, 32: 453~486, 1969.
- 9) 遠藤義弘: 臼歯部における咀嚼時の下顎運動と咀嚼力の発現様相との関係についての実験的研究. 歯科学報, 71: 1671~1711, 1971.
- 10) 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. 日補綴歯会誌, 26: 274~297, 1982.
- 11) 鈴木伸宏: 咬合力と咀嚼筋の筋放電との関係についての実験的研究 第1報 咬合点の前後的变化について. 歯科学報, 84: 253~300, 1984.
- 12) 瑞森崇弘, 桑原隆男, 西尾公一, 宮内修平, 丸山剛郎: 咀嚼運動に関する臨床的研究 食品の大きさ・固さの影響について. 日補綴歯会誌, 29: 1062~1069, 1985.
- 13) 桑原隆男, 高島史男, 宮内修平, 丸山剛郎: 各種食品が咀嚼運動に及ぼす影響に関する臨床的研究. 日補綴歯会誌, 31: 661~674, 1987.
- 14) 堀尾 強, 河村洋二郎: 咀嚼運動に及ぼす食品テクスチャーの影響. 歯基礎誌, 30: 481~488, 1988.
- 15) Appenteng, K., Conyers, L., Moore, J. A.: The monosynaptic excitatory connections of single trigeminal interneurons to the V motor nucleus of the rat. J Physiol, 417: 91~104, 1989.
- 16) 西塔 治: 歯根膜感覚による閉口筋活動の調節. 阪大歯学誌, 35: 268~286, 1990.
- 17) 志賀 博, 小林義典: 咀嚼運動の分析による咀嚼機能の客観的評価に関する研究. 日補綴歯会誌, 34: 1112~1126, 1990.
- 18) 住吉圭太, 小川隆広, 古谷野 潔, 築山能大, 末次恒夫: 正常者の咀嚼運動経路に関する研究. 日補綴歯会誌, 39: 535~541, 1995.
- 19) 武田康雄: 各種食品咀嚼時の咬筋活動に関する研究. 歯科学報, 96: 695~721, 1996.
- 20) 松本吉生: 咀嚼運動経路と咀嚼筋活動の関連性に関する臨床的研究. 阪大歯学誌, 42: 173~201, 1997.
- 21) Gibbs, C. H., Messerman, T., Reswick, J. B. and Derda, H. J.: Functional movements of the mandible. J Prosthet Dent, 26: 604~620, 1971.
- 22) McNamara, D. C.: Pathophysiology of occlusal balance. Aust Dent J, 21: 247~251, 1976.
- 23) McCall, W. D., Bailey, J. O. and Ash, M. M.: A quantitative measure of mandibular joint dysfunction: phase plane modelling of jaw movement in man. Archs oral Biol, 21: 685~689, 1976.
- 24) 加藤信次: 顎関節機能障害患者の切歯点における咀嚼運動について. 歯科医学, 41: 117~146, 1978.
- 25) 有住和浩: 食品の硬さが咀嚼運動に及ぼす影響に関する実験的研究. 日補綴歯会誌, 33: 1301~1312, 1989.
- 26) 埴 悦郎, 志賀 博, 児玉秀夫, 小林義典: 咀嚼運動の機能的分析 第27報 正常者における咀嚼運動の速度成分について. 歯学, 77: 1516~1517, 1989.
- 27) 桑原俊也, 吉岡慎郎, 小河弘枝, 瑞森崇弘, 宮内修平, 丸山剛郎: 顎関節異常が咀嚼運動に及ぼす影響に関する研究 咀嚼スピードについて. 日補綴歯会誌, 34: 728~738, 1990.
- 28) 上田龍太郎, 坂東永一, 中野雅徳, 鈴木 温, 藤村哲也, 山内英嗣: 顎口腔機能診断のための6自由度顎運動パラメータの検討. 日補綴歯会誌, 37: 761~768, 1993.
- 29) 佐藤泰彦, 志賀 博, 小林義典: 咀嚼運動の機能的分析 下顎切歯点の運動速度の定量的評価. 日補綴歯会誌, 44: 138~146, 2000.
- 30) 勝田吉美, 志賀 博, 小林義典, 伊能 暁, 小此木富美子: グミゼリー咀嚼時の咀嚼運動 硬さの違いによる運動速度の変化. 歯学, 87: 674, 2000.

- 31) 田中康隆, 虫本栄子, 三谷春保: 咀嚼運動のEMG的検査に用いる各種被検食品の適量について. 歯科医学, 48: 242~257, 1985.
- 32) 柴田考典: 下顎前突症における顎運動機能に関する研究. 歯科学報, 81: 241~265, 1981.
- 33) 高梨芳彰: 下顎臼歯部に適用されたOsseointegrated Implant症例の咀嚼能力の評価に関する研究. 歯科学報, 96: 783~809, 1996.
- 34) 河原俊朗, 山倉大紀, 岸 正孝: 下顎片側遊離端義歯症例における咀嚼運動様相の評価に関する研究. 歯科学報, 100: 541~557, 2000.
- 35) 塩澤恭郎: 下顎任意点の運動解析 第2報 下顎限界運動の立体的解析. 日補綴歯会誌, 26: 148~164, 1982.
- 36) 築山美和, 古谷野 潔, 築山能大, 水野幹生, 末次恒夫: 側方運動における顎頭部三次元動態に関する研究 第1報 側方運動解析のための新しい顎頭部基準点について. 日補綴歯会誌, 37: 159~171, 1993.
- 37) 松本 淳: アキシオグラフを用いた下顎側方運動時における下顎頭の移動経路に関する研究. 神奈川歯学, 30: 141~149, 1995.

The Influence of Texture of Foods on Chewing Movement Velocity

Keisuke INOUE, Ichiro SHIMAMURA, Masataka KISHI

Department of Removable Partial Prosthodontics, Tokyo Dental College

(Chairman : Prof. Masataka Kishi)

Key words : *Velocity of chewing movements* *EMG activities* *Masticatory movement*

In this study, the influence of the texture of foods on chewing movement velocity, which is controlled by rhythmical contraction of the closing and opening jaw - muscles was investigated. The following findings were obtained: the chewing cycle was divided into 4 phases by the maximum vertical velocities of opening and closing phases; opening 1, opening 2, closing 1 and closing 2. There was no significant difference in the durations for opening 2 and closing 1 according to the different texture of foods. However, the durations of closing 2 and opening 1 were influenced by the different texture of foods. Although the chewing movement of chewing - gum was closer to a uniformly accelerated motion in the 4 phases at the incisal point, the chewing movements of gummi - jelly and peanuts were similar to the uniformly accelerated motion in the opening 2 and closing 1 phases.

The closing phase of chewing movement was divided into 2 phases; the pre - terminal and terminal phases. The terminal phase is the period in which the working condyle within 0.5 mm of the centric position and shifts from a position of protrusion of the balancing condyle to the centric position. The pre - terminal phase is the period in which the working condyle shifts from a protrusive position to within 0.5 mm before the centric position, and the shifting time of the working condyle was estimated to take the same time as the balancing condyle shifted from the protrusive position to the centric position. The vertical closing movements of the chewing stroke at incisal point were similar to the uniformly accelerated motion for the total of the two phases in three types of foods. The EMG activities in the pre - terminal phase were approximately half the EMG activities in the terminal phase, both on the working side and balancing side.

(*The Shikwa Gakuho* , 101 : 739 ~ 753 , 2001)