

## 食品の硬さが咀嚼時の頭部運動に及ぼす影響

牧野 英明

### Influence of Food Hardness on Head Movements during Mastication

Hideaki MAKINO

To investigate the relationship between head and jaw movements during mastication, Gnathohexagraph and EMG recordings of 10 subjects were taken by focusing on the hardness of masticatory materials. Head and jaw movements in the early phase of jaw closing were quantified in terms of masseter and sternocleidomastoid, muscle activities and in the maximum velocity for jaw closing.

The results were as the follows :

1. The ratio of the range of the head movement to that of the jaw movement was constant independent of the hardness of the chewing materials.
2. The ratio of the range of the head movement to that of the jaw closing velocity increased in accordance with the hardness of the materials.
3. During mastication, the masseter and sternocleidomastoid muscle activities proportionally increased in accordance with the hardness of the materials.

Key words : jaw movement, head movement, jaw closing velocity, mastication, hardness of chewing materials

### 緒 言

近年、咬合が全身の健康状態に深く関わっている<sup>1)</sup>ことが注目されるようになってきた。小林ら<sup>2)</sup>は咬合と全身の機能との関係を調べた研究データの分析から、咬合異常による下顎頭偏位が、筋神経的に中耳伝音系機能を変化させて聴覚系の異常を発症させる機序の一端を提示することができたとしている。特に咬頭嵌合位における小さな咬合干渉は、bruxismを誘発するばかりでなく持続的に増大させて顎関節症を発症させ、ひいては自律神経系の機能変化、情動ストレス、睡眠障害を惹起させる事が確認されたと報告している。咬合は、上下顎の歯の咬み合わせを意味するだけでなく、顎関節や筋神経系の形態や機能を含んでおり、こ

れらが密接に関連し合うことにより、会話、咀嚼、嚥下などの生理的に調和した顎機能を担っている。すなわち口腔諸機能が円滑に行われるためには、咬合に関係する要素のバランスが重要であるとされている。一方で食品の違いが咀嚼運動に与える影響が様々な角度から研究され、中枢性の制御機構とともに、食品の大きさおよびテクスチャーに応じた歯根膜や筋紡錘からの求心性の刺激がその運動調節に深く関与する事が明らかになってきている<sup>3-10)</sup>。

近年、計測機器の発達とともに微細な頭部運動の計測が可能となり、咀嚼時の下顎運動に伴う頭部運動の協調的な関係が報告されている<sup>11-18)</sup>。しかしながら、これまでの研究では、タッピング運動やガム咀嚼運動など、比較的単純な下顎運動

受付：平成16年2月18日，受理：平成16年4月12日  
奥羽大学大学院歯学研究科歯科補綴学専攻  
(指導：丸井隆之教授)

Ohu University Graduate School of Dentistry,  
Prosthetic Dentistry Major  
(Director : Prof. Takayuki MARUI)

時における頭部運動の解析が主であった。食品の性状によっては咀嚼時における頭部運動の様相が異なることも考えられるので、咀嚼運動に伴う頭部運動の解析を行うためには、食品の種類を変えて検討する必要がある。食品の物理的性状には硬さや凝集性、弾力性など様々な要素があるが、食品の物性と咀嚼運動の関係を調べた過去の研究では“硬さ”に焦点を当てているものが多い<sup>3-5,8,10</sup>。そこで本研究ではまず“硬さ”に関わる既知のデータをより詳細に比較検討することを考え、硬さの異なる被験食品の咀嚼時における頭部運動への影響について検討することを試みた。

## 研究方法

### 1. 被験者

被験者として、顎口腔系および全身の運動系に異常を認めず、第三大臼歯以外に歯の欠損のない個性正常咬合を有する男性10名（年齢25～30歳、平均27.2歳）を選択した。なお被験者には本研究の趣旨を十分に説明し、同意を得た。

### 2. 被験食品と被験運動

被験食品の選択にあたっては、1) 口腔内で保持した場合に開口量が一定になりやすく、2) 硬さおよび大きさの変化が経時的に緩やかな食品を基準とした。この条件に合うものとして、マッシュマロ、ガム、シリコーン栓、スルメを採用した。この4種の試験食品をTexture Profile<sup>19</sup>に基づいて硬さによる分類を行い、被験者5名にランダムな順に咬ませ、硬さの順に並び替えてもらった結果、すべて、マッシュマロ、ガム、シリコーン栓、スルメの順になることを確かめた。ガムについては測定前に十分に軟化したものを用い、シリコーン栓については開口量をそろえる目的で、高さ7mm直径15mmの円柱形に切断したものを使用した。

被験運動は、左側臼歯部にて食品を保持した状態、つまり一定量の開口状態からの閉口運動とし、ランダムな間隔の音刺激により、閉口運動を開始するよう被験者に指示した。咀嚼回数は、ガム、シリコーン栓およびタッピングについては10回、マッシュマロ、スルメについては物性的な変化を考慮し5回とした。また比較のためタッピング運動についても測定した。

### 3. 下顎運動と頭部運動の測定法

実験には、顎機能統合検査装置（ナソヘキサグラフJM-1000；小野測器、以下G H Gと略記）を用いて下顎運動と頭部運動の同時測定を行った。この装置は被験者の頭部に装着したヘッドフレームおよび下顎に装着したフェイスボウに、各々3個ずつ付けられた、合計6個のLight Emitting Diode(以下L E Dと略記)の光軌跡を、2台の高速CCDカメラで前方より捉え、三角測量法により測定する6自由度下顎運動測定装置である。

測定にあたっては、まず被験者をフランクフルト平面（以下F H平面と略記）が水平となる様、頭部無拘束の楽な姿勢で測定用の椅子に座らせた。次にクラッチを $\alpha$ -シアノアクリレート系接着剤（デンタルシアノン；高压ガス工業）を用いて下顎前歯部唇側歯面に接着した後、フェイスボウをクラッチを介して装着した。クラッチは常温重合レジン（ユニファストII；ジーシー）にて被験者の下顎前歯部歯列に適合させ、咬合関係および下顎運動を阻害することのないようあらかじめ口腔内で十分に調整を行った。ヘッドフレームは鼻骨上の皮膚と左右後頭部および頭頂部の4点で支持することで頭部に装着した。またヘッドフレームとフェイスボウはF H平面に平行となるように設置した。

全てのL E Dが本装置にて測定可能な範囲、すなわちステレオカメラの視野である30cm<sup>2</sup>の範囲内にあることを確認した後、被験者に被験運動を行わせた。被験運動の測定はサンプリング周波数89.4Hzにて行ったが、測定中に各々のL E Dが視野内にあることも確認した。

得られた頭部運動と下顎運動のデータは光磁気ディスクに記録し、座標抽出用ソフトウェア（Jm2asc；小野測器）を用いてパーソナルコンピュータ（PC-MA40D；日本電気、以下P Cと略記）上で座標データに変換した後、光磁気ディスクに再び書き込んで運動解析に利用した。頭部運動軌跡の測定は、ヘッドフレームにおける中点（前額部）の動きを捉えることで行った（Fig. 1）。

### 4. 被験筋と筋電図導出方法

咀嚼運動に伴う筋活動の様相を調べるため、左側の咬筋、胸鎖乳突筋の筋電図を記録した。筋電

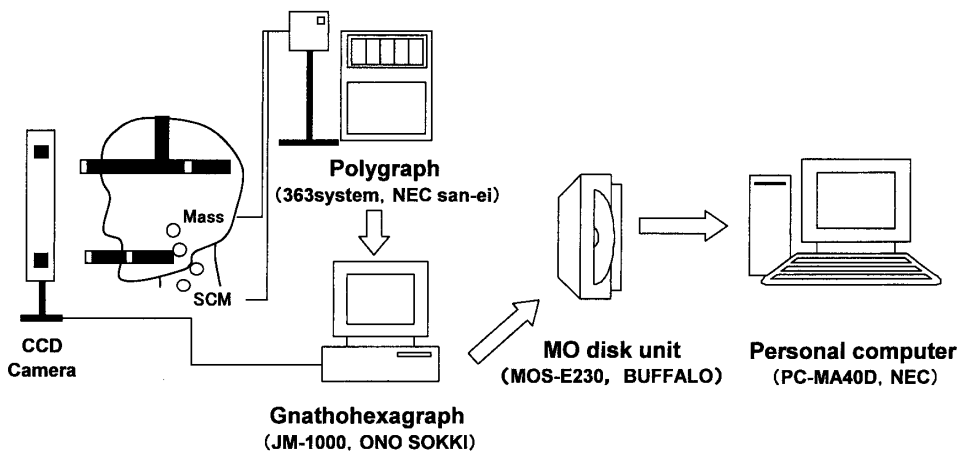


Fig. 1 Experimental set-up for recordings and analyses of movements of head and jaw. Head movements were simultaneously recorded with the mandibular movements and EMG on 3.5inch magneto optical disk.

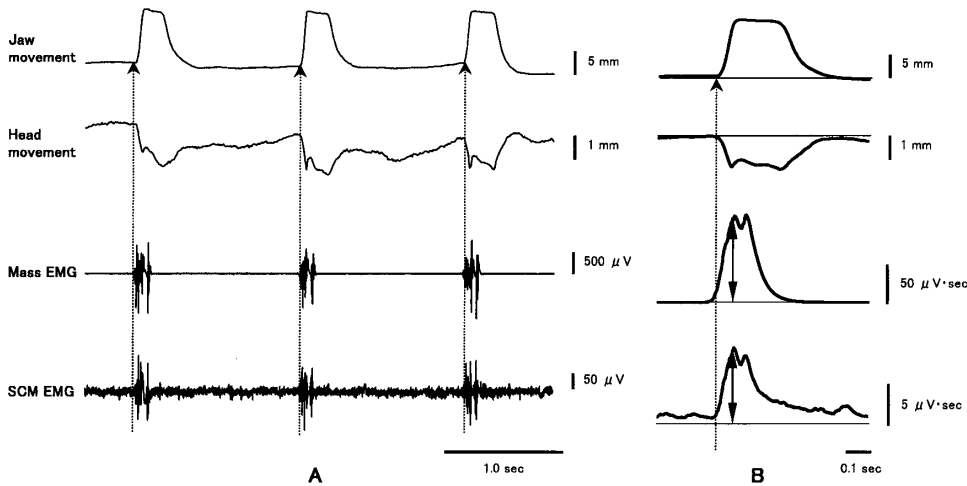


Fig. 2 A : Typical recording traces of jaw and head movement, and EMG of masseter and sternocleidomastoid muscles during tapping as a control.

▲ : Starting points of jaw closing

B : Each trace was averaged 10 times of each recording between the starting point of jaw closing and the end, which indicate the same traces in A.

↔ : The measuring ranges for muscle activities

図の記録には表面電極 (P-150 ; 日本光電) 2枚を用い、電極間距離30mmで双極導出した。電極張り付け部位は咬筋では中央部、胸鎖乳突筋に関しては乳様突起下方30mmとした。まず触診によって各筋の位置を確認した後、筋の走向に平行となるように電極を各2枚貼付した。なお接地電極は耳朶に設置した。電極の貼付に際しては、皮膚表面をアルコール綿で拭清し電極間抵抗が30kΩ以下になっていることを確かめた。

導出した筋活動はポリグラフの生体電気用増幅ユニット (363system ; 日本電気三栄) で増幅した。設定条件はhigh cut frequency 1kHz, 時定数0.03秒とした。増幅された筋電情報はGHG上で顎運動と同期させ光磁気ディスクに記録した。データは座標抽出用ソフトを用いてPC上でテキストファイルとして抽出し、解析用ソフトウェア (Chart 4 for Windows ; AD Instruments) で波形処理を行い、下顎運動および頭部運動軌跡とと

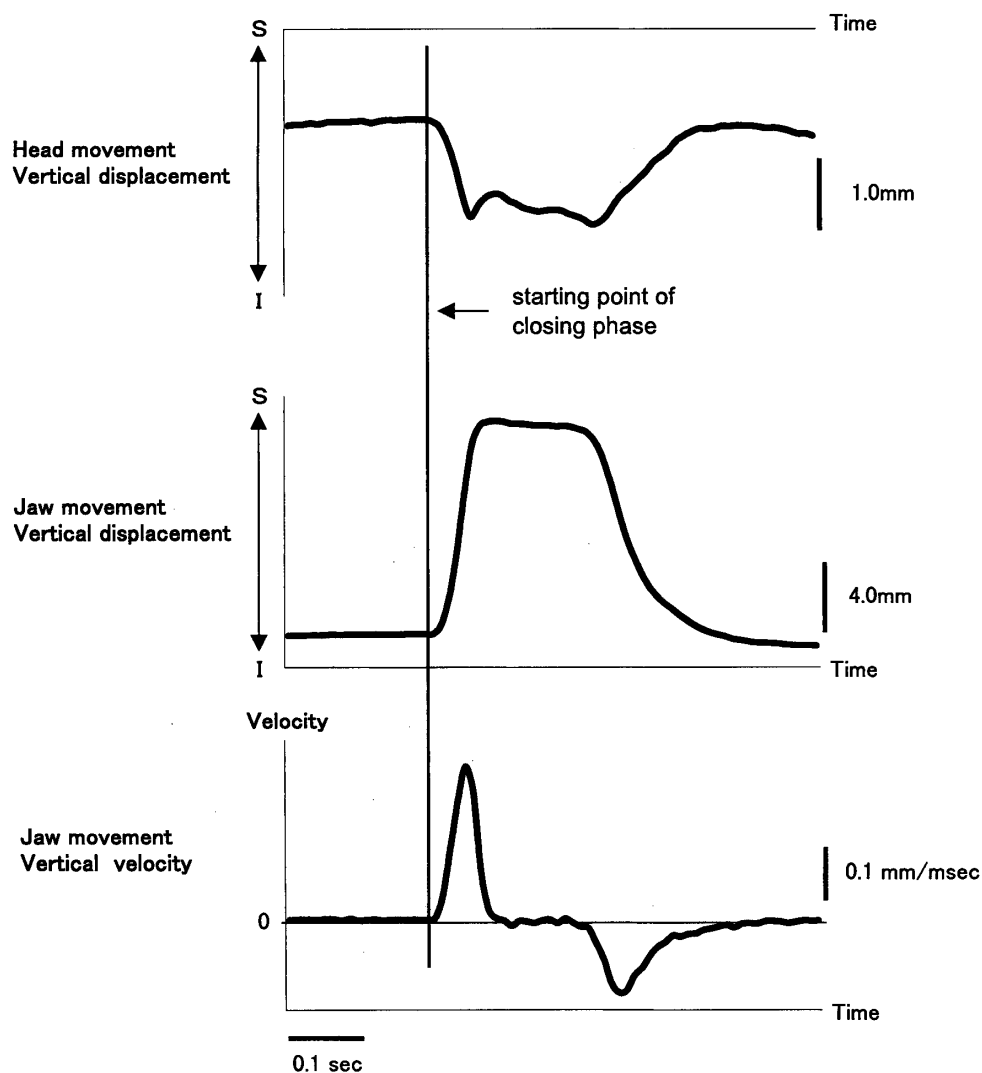


Fig. 3 Settlement of the starting point for closing phase.

The point was decided according to changes of the vertical velocity of jaw closing movement.

S : Superior, I : Inferior

もに時系列解析を行った。

### 5. 統計処理

多群間の平均値の差の検定は一元配置分散分析 (one-way ANOVA) およびTukeyの多重比較を用いて行った。

### 結 果

タッピング運動時に記録された原波形をFig. 2Aに示す。上段から下顎運動, 頭部運動, 咬筋筋電図, 胸鎖乳突筋筋電図の各波形である。下顎

運動波形では上方が閉口方向であり, 矢印は閉口運動の開始時点を示す。頭部運動波形では下方が前屈方向で, 下顎の閉口運動に同期した頭部前屈運動が観察される。Fig. 2Bは下顎運動の閉口開始時を基準に $-0.2\text{sec}$ から $+0.6\text{sec}$ までの合計 $0.8\text{sec}$ 間を10回加算平均して得られた波形を示す。筋電図は, 波形の絶対値を時定数 $0.1\text{sec}$ で積分処理して加算平均した波形を示す。本実験では, 図中の矢印で示す積分波形の閉口相におけるピークの単位時間あたりの面積を咀嚼時の筋活動量とし

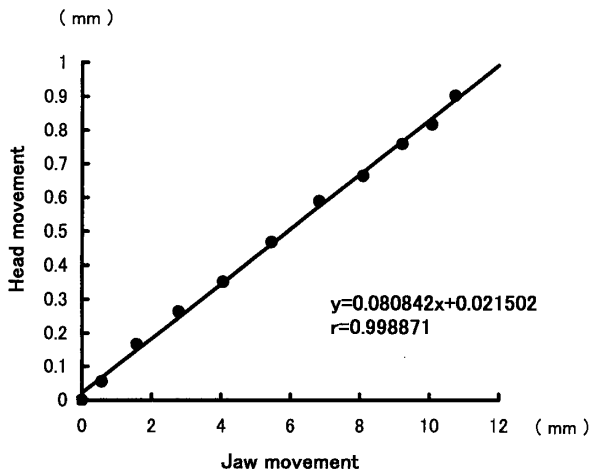


Fig. 4 The relation of the head movement to the lower jaw one, which is fit on a linear regression line.

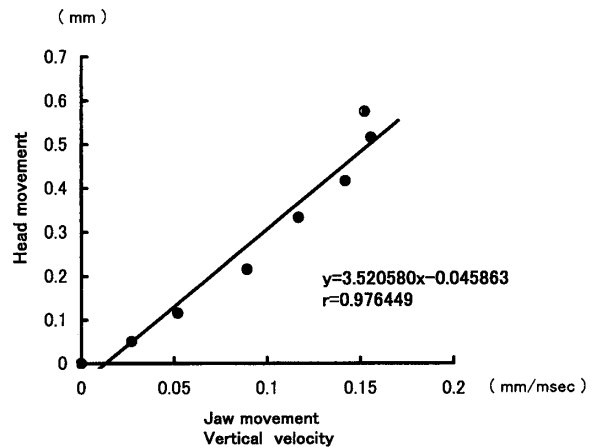


Fig. 6 The relation of the amount of head movement to that of jaw closing velocity, which is also fit on a linear regression line.

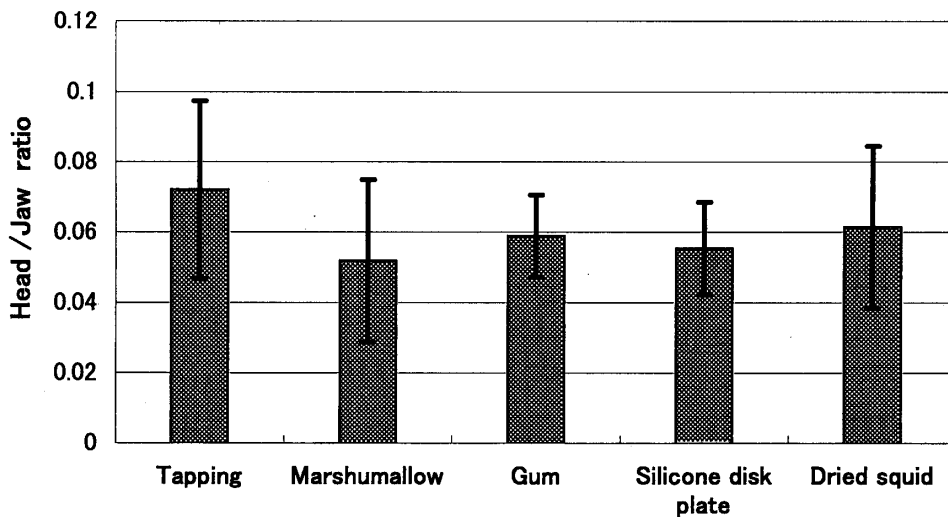


Fig. 5 The ratio of the amount of head movement to that of lower jaw one in each chewing material.

て計測した。

加算平均後の頭部運動と下顎運動の時系列データに、その時点の閉口速度を加えるため、GHGで測定された11.2msecごとの垂直方向の下顎運動量のデータをPCに入力し、微分処理することで垂直方向の速度成分を求めた (Fig. 3)。以後、この時系列上の閉口開始時から閉口速度が最大となる時点までの区間で、下顎運動量に対する頭部運動量、閉口速度に対する頭部運動量の比較を行った。

1. 下顎運動量に対する頭部運動量の関係

得られた下顎運動と頭部運動の加算平均データから、経時的な運動の様相を調べる目的で、被験食品ごとに下顎運動量に対する頭部運動量の回帰直線を求めた。タッピング運動時の下顎運動量と頭部運動量の関係の一例をFig. 4に示す。下顎運動量の増大に伴い頭部運動量も増大する傾向が見られた。回帰の有意性の検定を行った結果、すべての被験者およびすべての被験食品について、有意な相関 ( $p < 0.01$ ) が認められた。

Fig. 5に各被験食品咀嚼時における回帰直線の傾きの平均値を示す。この値が大きいことは下顎

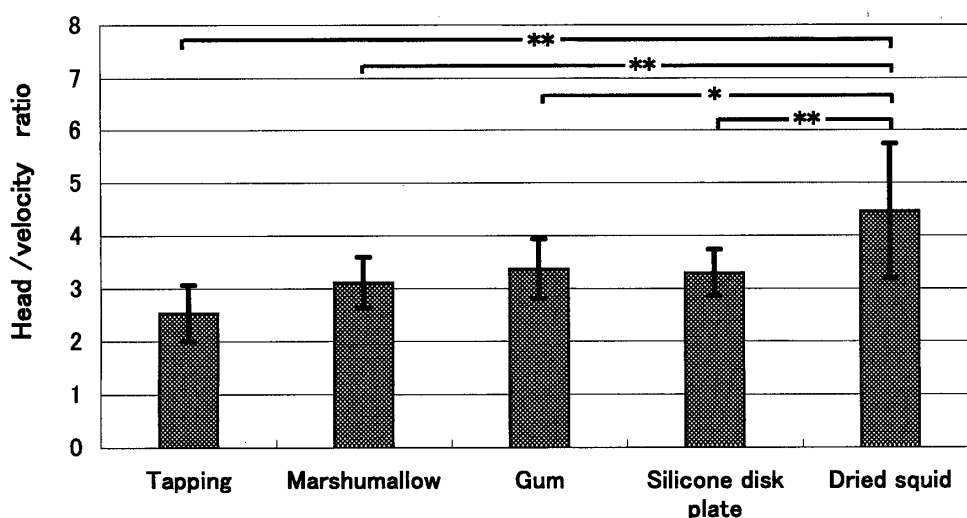


Fig. 7 The rate of the amount of head movement to that of jaw closing velocity in each chewing material.

\*\* :  $P < 0.01$ , \* :  $P < 0.05$

運動量に対し頭部運動量の割合が大きいことを現している。例えばタッピング運動では0.07, すなわち10mm開口した場合, 頭部は0.7mm移動したことを現す。被験食品を要因とした一元配置分散分析 (one-way ANOVA) を行った結果, 有意性が認められなかった ( $p > 0.05$ )。つまり, 下顎運動量に対する頭部運動量の割合は, 食品の硬さにかかわらずほぼ一定であった。

## 2. 閉口速度に対する頭部運動量の関係

同様に, 各被験食品ごとに閉口速度と頭部運動量の回帰直線を求めた。シリコン栓咀嚼時の閉口速度と頭部運動量の関係の一例をFig. 6に示す。閉口速度が速くなるに従って頭部運動量が増大する傾向が見られた。回帰の有意性の検定を行った結果, すべての被験者およびすべての被験食品について, 有意な相関 ( $p < 0.01$ ) が認められた。すなわち, 閉口速度が速くなるとともに頭部運動量が増加することが判明した。

Fig. 7に各被験食品咀嚼時における回帰直線の傾きの平均値で示す。被験食品の硬さが硬くなるに伴って, 閉口速度に対する頭部運動量の割合が増加する傾向がみられた。被験食品を要因とした一元配置分散分析を行った結果, 有意性が認められ ( $p < 0.01$ ), Tukeyの多重比較では, タッピングとスルメ, マッシュマロとスルメ, ゴム栓とスル

メの間において統計的に有意な差 ( $p < 0.01$ ) を認めた。ガムとスルメの間においても統計的に有意な差 ( $p < 0.05$ ) を認め, それ以外の組み合わせでは統計的に有意な差は認められなかった (Fig. 7)。

## 3. 咬筋と胸鎖乳突筋の筋活動量の割合

Fig. 8A, Bに各被験食品咀嚼時の咬筋および胸鎖乳突筋の筋活動量を, 各被験者ごとにコントロールとして記録した咬筋の随意性最大収縮 (MVC, Maximum Voluntary Contraction) を1.0とした場合の比率で示す。咬筋について被験食品を要因とした一元配置分散分析を行った結果, 有意性が認められ ( $p < 0.01$ ), Tukeyの多重比較では, タッピングとガム, タッピングとシリコン栓, タッピングとスルメ, マッシュマロとスルメ, ガムとスルメの間において有意差 ( $p < 0.01$ ) を認めた。タッピングとマッシュマロ, マッシュマロとシリコン栓の間においても統計的に有意な差 ( $p < 0.05$ ) を認め, それ以外の組み合わせでは有意差が認められなかった。胸鎖乳突筋については咬筋と同様の傾向を示したが, 統計的に有意な差は認められなかった (Fig. 8A, B)。

Fig. 8Cは同じく各被験食品咀嚼時の咬筋筋活動量に対する胸鎖乳突筋筋活動量の割合を示す。今回使用したどの被験食品を咀嚼した場合でも,

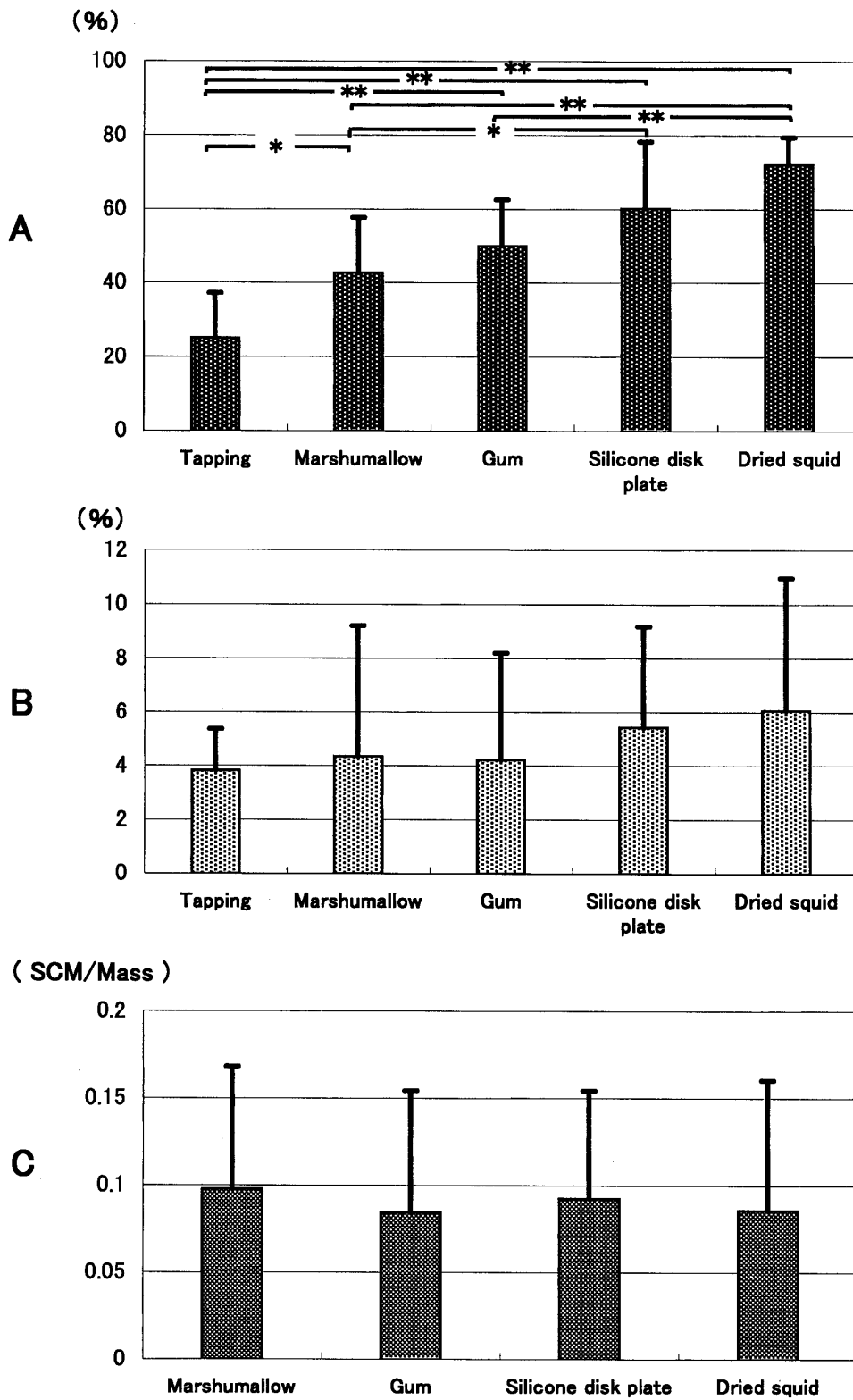


Fig. 8 A, B : A comparison of the amount of muscle activities as a standard of 100%MVC.

■ : Mass    ▨ : SCM    \*\* : P<0.01, \* : P<0.05

C : The rate of SCM/Mass in each chewing material.

咬筋と胸鎖乳突筋の筋活動量の比率に有意差は認められなかった (Fig. 8C)。

## 考 察

### 1. 実験方法について

従来から、咀嚼機能を客観的に評価するために、咀嚼運動の分析による運動機能の評価が試みられている<sup>20-26)</sup>。咀嚼機能を客観的に評価するための被験食品については、量の変化が少ないチューインガムが推奨されている。本実験では、微細な頭部運動を加算平均波形によって捉えるため、咀嚼の進行による硬さや大きさの変化が少ない食品が望ましいと考えた。被験食品の硬さについては、中村の<sup>3)</sup>方法を参考として、Texture Profile<sup>19)</sup>による分類を基に、マシュマロ、ガム、シリコーン栓、スルメの4種類を選択した。本実験では、1) 被験食品はいずれも咀嚼の進行による性状の変化が少ないこと、2) 開口量をできるだけ一定にして咀嚼運動を行わせたこと、さらに3) その運動の加算平均処理を行うことにより、被験食品の性状による咀嚼時の頭部運動の変化を捉えることができたものと考えている。

### 2. 被験食品の硬さが下顎運動量と頭部運動量の関係に及ぼす影響について

頭部運動の制御機構が解明されていく中で、五十嵐ら<sup>15)</sup>はウサギを用いて咀嚼時の頭部運動と頸筋活動を解析し、下顎運動に協調した頭部運動の存在を立証するとともに、咀嚼時の頭部運動が、外乱に対して起こる反射性の姿勢維持機構もしくは中枢でプログラミングされた運動である可能性を示唆した。松山<sup>11)</sup>はタッピング運動時における頭部運動の周期性を調べ、下顎運動と同じ周期のリズミカルな頭部運動を観察した。またErikssonら<sup>17)</sup>はタッピングとガムを使用した実験から、下顎の垂直運動量は頭部の垂直運動量と比例すると報告している。本実験でも、下顎運動量の増大に伴い頭部運動量が比例的に増大した点で、これまでの多くの報告と一致した結果が得られた。しかしながらこれまではタッピング運動時やガム咀嚼運動時における頭部運動について言及されるのみで、食品の硬さが頭部運動と下顎運動の協調的な関係に、どのような影響を及ぼすのかについて

は殆ど検討されていない。そこで今回、硬さの異なる被験食品間で、下顎運動量に対する頭部運動量の割合を比較したところ、有意性が認められなかった。これは、下顎運動に対する頭部運動の協調的な関係が、硬さの異なる食品を咀嚼した場合でも、運動量で見た場合には一定に保たれていることを示している。これは、咀嚼運動時頭蓋に対し下顎から上向きの力が作用することにより、その反作用として胸鎖乳突筋が活動して頭蓋が前屈しようとする力が働き、二つの力が均衡したためではないかと考えられる。

### 3. 被験食品の硬さが閉口速度と頭部運動量の関係に及ぼす影響について

近年、リズミカルな咀嚼運動の制御機構の解明にあたり、閉口速度に着目した報告が見られるようになった<sup>8-10, 21)</sup>。しかしながら閉口速度と頭部運動の関係について検討した報告は見られない。本実験では硬さの異なる食品を咀嚼した場合の閉口速度に着目し、閉口運動時の閉口速度と頭部運動量との関係を検討した。その結果、すべての被験者およびすべての被験食品について、閉口速度と頭部運動量との間に強い相関が認められた。すなわち、咀嚼時の下顎と頭部の協調的な運動は、閉口速度と頭部運動量の関係においても成立しているといえる。

次に、食品の硬さと閉口速度の関係については、井上ら<sup>10)</sup>の報告によると、ガム、グミゼリー、ピーナッツを被験食品とした場合には、閉口相前半の閉口速度は3種の食品間で有意差が見られず、閉口相前半において食品の抵抗が小さいうちは、閉口速度に変化が現れにくいという。今回の実験では閉口速度が一定と仮定し、頭部運動量を被験食品間で比較してみたが、硬い食品ほど頭部運動量が大きくなる傾向が示された。これは硬い食品ほど物理的に咬みにくく、閉口速度が遅くなり、相対的に頭部運動量が大きくなったものと考えられる。

一方、筋活動についてみると、咀嚼時の胸鎖乳突筋の活動は閉口筋である咬筋の活動にほぼ比例して変化し、咬筋と胸鎖乳突筋との間に反射機構が存在する可能性が報告されている<sup>27, 28)</sup>。本実験においても、胸鎖乳突筋に対する咬筋の比率がほ



ば一定な結果が得られ、被験食品の硬さが硬くなるとともに咬筋活動量が増大し、それに比例して胸鎖乳突筋活動量も増大することが示された。閉口運動時に硬い食品ほど閉口速度に対する頭部運動量の割合が大きくなった理由として、咬筋活動量の増大に伴い、頭部の前後方向への屈曲時の胸鎖乳突筋の筋活動量が増大し、頭部運動量が増加したものと考えられる。

本実験結果では、硬い食品を強く咬むほど頭部が前屈し、閉口運動時にはこれと協調した下顎運動が観察された。このことから、咀嚼運動に伴う頭部運動の機能的な役割の一つとして、食品の硬さに応じて上下顎の力学的な関係を調節していることが考えられ、この調節が下顎と頭部の協調的な運動によって行われている可能性が示唆された。

## 結 論

下顎運動に随伴する頭部運動の機能的な役割を明らかにする目的で、硬さの異なる被験食品を用い、咀嚼時の下顎運動と頭部運動との関係を解析し、以下の結果を得た。

1. 咀嚼運動時にはすべての被験食品で、頭部と下顎が互いに向き合う方向で咬頭嵌合位に収まる協調的な運動が観察された。
2. 閉口運動初期では、閉口速度に比例して頭部運動量が大きくなる相関関係が認められた。この割合は食品により異なり、同じ閉口速度で比較すると硬い食品ほど頭部運動量が増加した。
3. 咀嚼時の咬筋および胸鎖乳突筋活動量は、食品の硬さが硬くなるのに伴い増大した。また咬筋活動量に対する胸鎖乳突筋活動量の割合は、被験食品間で差が見られなかった。
4. 食品を咀嚼する際の咬筋活動量が胸鎖乳突筋を介し頭部運動に影響を与えていることが推察された。

## 謝 辞

稿を終えるに臨み、本研究にあたり終始ご懇篤なるご指導を賜った奥羽大学歯学部口腔生理学講座丸井隆之教授、また貴重な御助言をいただきました歯科補綴学第Ⅰ講座嶋倉道郎教授、ならびに歯科補綴学第Ⅱ講座清野和夫教授

に謹んで感謝の意を表します。さらに専門の立場からご指導をいただきました口腔生理学講座宗形芳英助教授に深謝いたします。最後に、本研究に御協力下さいました被験者の皆様、および歯科補綴学第Ⅰ講座、口腔生理学講座の諸先生方に厚く御礼申し上げます。

本論文の要旨は奥羽大学歯学会第36回例会（平成15年11月 郡山市）において発表した。

## 文 献

- 1) 丸山剛郎：咬合と全身の健康—臨床生理咬合に立脚して—。医歯薬出版 東京；1-17 2000.
- 2) 小林義典，松本敏彦，石上惠一，平井敏博：咬合と全身の機能との関係。補綴誌 **40**；1-23 1996.
- 3) 中村隆志：咀嚼運動調節機構の生理学的特性に関する研究。阪大歯学誌 **32**；36-55 1987.
- 4) 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.
- 5) 成田紀之，松本敏彦，矢代享一，安斎晃徳ほか：食品固さの変化に対応する咀嚼の生理学的機能特性。日大口腔科学 **17**；270-278 1991.
- 6) 新井映子，山田好秋，西坂 剛：摂取食品の形状が咀嚼運動に与える影響。歯基礎誌 **34**；221-229 1992.
- 7) 神山かおる，島山英子，小林知子，関 哲哉ほか：昆布の咀嚼筋電図と咀嚼能力。日咀嚼会誌 **10**；41-49 2000.
- 8) 道脇幸博，衣松令恵，横山美加，角 保徳ほか：食品の大きさとテクスチャーによる咀嚼運動の変化。口科誌 **50**；70-75 2001.
- 9) 道脇幸博，衣松令恵，横山美加，道 健一ほか：ヒトの咀嚼運動速度からみた食物の物性の測定条件。日摂食嚥下リハ会誌 **5**；20-24 2001.
- 10) 井上敬介，嶋村一郎，岸 正孝：食品性状の差異が咀嚼運動速度に及ぼす影響。歯科学報 **101**；739-753 2001.
- 11) 松山剛士：タッピング運動時に観察される頭部の協調運動。補綴誌 **40**；535-543 1996.
- 12) 松山剛士，河野正司，荒井良昭，池田圭介ほか：咀嚼時に観察される下顎運動と協調した頭部運動。顎機能誌 **2**；159-165 1996.
- 13) 山辺芳久，鳥巢哲朗，吉松 正，橋本信行ほか：開・閉口運動時にみられる頭部動揺の観察。補綴誌 **41**；463-467 1997.
- 14) 河野世佳，土田幸弘，河野正司，荒井良明ほか：下顎のタッピング運動に協調した頭部運動の多点解析の試み。顎機能誌 **5**；49-56 1998.
- 15) 五十嵐直子，山村健介，山田好秋，河野正司：咀嚼運動時に観察されるウサギ頸筋の活動。顎機能誌 **4**；191-196 1998.

- 16) 蔵本 誠, 松山剛士, 河野正司, 河野世佳: タッピング運動時に観察される頭部矢状面内協調運動. 補綴誌 **43**; 575-581 1999.
- 17) Eriksson, P. -O. Haggman-Henrikson, B., Nordh, E. and Zafar, H.: Coordinated mandibular and head-neck movements during rhythmic jaw activities in man. *J Dent Res* **79**; 1378-1384 2000.
- 18) 佐々康仁: 咀嚼運動の開口初期における頭部運動の解析. 奥羽大歯学誌 **28**; 145-156 2001.
- 19) Sherman, P.: A texture profile based upon well-defined rheological properties. *J Food Sci* **34**; 458-462 1969.
- 20) 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. 補綴誌 **34**; 1112-1126 1990.
- 21) 多田充裕: 咀嚼運動速度に関する診断学的研究. 日口診誌 **5**; 299-310 1992.
- 22) 沼澤孝典: 咀嚼運動に影響する諸因子に関する研究. 歯科学報 **93**; 1-17 1993.
- 23) 佐藤和朗: 咀嚼のパターンと咀嚼筋機能との関連性からみた顎顔面形態の特徴について. 岩医大歯誌 **19**; 30-46 1994.
- 24) 山村義治, 倉知正和, 木村拓郎, 山田早苗: 咀嚼運動における経路と筋活動の相関関係について. 補綴誌 **38**; 649-654 1994.
- 25) 竹中 誠, 伊藤 裕, 佐久間重光, 向田吉範ほか: 咬合接触の客観的評価に関する研究. 補綴誌 **41**; 822-829 1997.
- 26) 横山正起, 志賀 博, 小林義典: 咀嚼運動の機能分析—下顎切歯点の運動パターンと運動の安定性との関係—. 補綴誌 **42**; 790-802 1998.
- 27) 河野正司, 吉田恵一: 咬合機能時にみられる胸鎖乳突筋の活動様相. 補綴誌 **31**; 764-769 1987.
- 28) 吉田恵一: 咬合機能時における胸鎖乳突筋の機能に関する筋電図学的解析. 口病誌 **55**; 53-70 1988.

著者への連絡先: 牧野英明, (〒963-8611) 郡山市富田町字三角堂31-1 奥羽大学歯学部歯科補綴学講座  
 Reprint requests: Hideaki MAKINO, Department of Prosthetic Dentistry, Ohu University, School of Dentistry 31-1 Misumido, Tomita, Koriyama, 963-8611, Japan