原 著 論 文

咀嚼時の姿勢の相違が下顎運動ならびに頭頸部筋群の 筋活動に及ぼす影響

小澤美保子

Effects of Different Body Positions on Mandibular Movement and EMG Activities in Head and Neck Muscles during Chewing

Mihoko Ozawa

Abstract : The purpose of this study was to investigate effects of typical Japanese eating positions on mandibular movement and EMG activities in head and neck muscles during chewing.

10 males chewed gums of 3 different hardness (soft, medium and hard) in cross-legged sitting (CL), chair sitting (CS) and standing (S) positions. Mandibular movement and surface EMG signals were recorded. In each position during chewing, head movement (HM) and forward inclination of the head and body (FIH, FIB) were measured by photography.

The results were as follows :

1. Maximal vertical displacement was the largest in CL position in chewing of hard gum. Maximal opening velocity was the largest in S position in chewing of medium gum. Opening phase time, closing phase time and cycle time were the longest in CL position in chewing of medium and hard gum.

2. Burst duration was the longest in CL position in chewing of all gums. Muscle activities at anterior temporal, posterior temporal, masseter and nuchal region of the trapezius muscles were most increased in CL position in chewing of medium and hard gum.

3. HM was the largest in S position while FIH and FIB were the largest in CL position in chewing of all gums.

Key words : body position, head position, mandibular movement, electromyogram

I. 緒 言

朝日大学大学院歯学研究科局部床義歯学専攻(指導:長澤 亨教授)

Department of Removable Partial Denture Prosthodontics,
Asahi University Graduate School of Dentistry (Director :
Prof. Tooru Nagasawa)

平成4年2月4日受付

近年, わが国の生活環境の変化や食生活の多様化に伴い, 摂食時の姿勢も変化してきた。すなわち, わが国の生活様式は欧米の影響を強く受け, 畳に座るという純和式の生活に椅子に座るといふ洋式の生活が導入

され^{1,2)}、椅子・テーブル式の食卓で食事をする家庭が多くなった。最近では、家庭以外の公的な場で食事をする機会も多くなり、立食形式のパーティーがわが国にも取り入れられるようになった^{3,4)}。また、ハンバーガーやドーナツなどのいわゆるファーストフードの外資系企業が進出し^{5,6)}、立位で摂食する機会も増えてきている。

このような摂食時の姿勢や摂食様式に関して、青木ら⁷⁾は、食事中の頭部の動態を顔面の前方傾斜角度を計測することによって検討し、近江谷ら⁸⁻¹⁰⁾は食品の種類と摂食用具が、摂食時における頭部の前下方傾斜に影響を及ぼすことを報告している。摂食時の姿勢と咀嚼との関連については、高橋¹¹⁾が座位と仰臥位での咀嚼および嚥下のパターンの違いについて報告し、堀尾ら¹²⁾が寝たきり老人を想定して座位と仰臥位でのテクスチャーの異なる食品を用いた場合の咀嚼運動について報告している。以上の研究からも摂食時の姿勢と咀嚼運動とは密接な関係があるものと考えられるが、日常の一般的な咀嚼時の姿勢と下顎運動および筋活動との関連について検討した報告はほとんど認められない。また、下顎運動や筋活動を測定する際に、術者が頭位や軀幹の状態を規定しているため、日常における咀嚼機能時の状態が、得られた結果に十分反映されているとはいえない。

一方、河村¹³⁾、尾崎¹⁴⁾、Davies¹⁵⁾らが、咬合機能時に胸鎖乳突筋などの頸部の筋に筋活動が認められることを報告しており、姿勢と咀嚼運動との関連を詳細に調べるためには、咀嚼筋と互に関連しあっている活動する頭頸部の筋群についても検討を加える必要があると思われる。

そこで著者は、日本人の一般的な摂食時の姿勢であるあぐら位および座位と、最近増加しつつある立位での、食品咀嚼時における下顎運動ならびに頭頸部筋群の筋活動様相の違いを明らかにする目的で、特に指示を与えることなく自然な状態で、硬さの異なる3種の試作ガム¹⁶⁾を咀嚼させ、下顎運動および筋活動の同時記録を行った。また姿勢を客観的、定量的に把握するために頭部動揺、頭部傾斜および体軸傾斜の測定を行い、下顎運動および頭頸部筋群の筋活動との関連について検討を加えた。

II. 実験材料および方法

1. 被験者および被験食品

実験は、顎口腔系に異常がなく個性正常咬合を有する成人男子10名(年齢23~26歳、平均年齢24.3歳)の協力により行った。

被験食品には、糖分や香料を含まず、咀嚼に伴う硬さや重量の変化がほとんどない試作ガム¹⁶⁾(以下、ガムと略す)を用いた。ガムの硬さは3段階とし、市販のガムを1分間咀嚼した場合の硬さに近いものをミディアムガム、これよりも軟らかいものをソフトガム、硬いものをハードガムとした。

2. 被験姿勢

咀嚼時の姿勢としてあぐら位、座位(背もたれなしの椅子)および立位の3姿勢を用い、被験者が最も自然で無理がないと感じる姿勢をとらせた。なお、椅子の高さは座らせた状態で大腿部が床と平行になるように調節した。

3. 下顎運動および筋電図の測定

1) 記録方法

下顎運動の測定には、マンディブラーキネジオグラフ(マイオトロニクス社製K5AR、以下MKGと略す)とMKGアナライザー(マイオトロニクス社製)を用い、テープスピード9.5 cm/sでデータレコーダー(ティアック社製XR-510)に収録した。

筋電図は、作業側の側頭筋前部、側頭筋後部、咬筋、顎二腹筋前腹、胸鎖乳突筋停止部、僧帽筋後頭部、僧帽筋肩部および僧帽筋背部の計8カ所から銀・塩化銀製表面皿電極を用いて極間距離20 mmで双極誘導した(図1)。導出した表面筋電図を時定数0.03 ms、キャリブレーション200 μ V/10 mmの条件で、生体用多用途監視記録装置(日本光電社製RM-6000)に入力し、下顎運動と同時にデータレコーダーに収録した。

被験者にガムを任意に2分間咀嚼させた後、閉眼させて習慣性咀嚼側で41ストロークずつ各姿勢について3回咀嚼させて記録した。まず、あぐら位においてミディアムガムを咀嚼させ、次に座位、立位の順に行った。その後、同様の方法でソフトガム、ハードガムの順に記録した。

図 1 電極の貼付部位

図 2 下顎運動の分析方法

1 最大開口距離 2 最大前後移動距離 3 最大側方移動距離 4 最大開口速度 5 最大閉口速度 6 開口相時間 7 閉口相時間 8 咬合相時間 9 咀嚼周期

2) 分析方法

収録した下顎運動および筋電図は、サーマルアレイレコーダー（日本光電社製 WS-682 G）を用いてペーパースピード 50 mm/s で記録紙上に再生した。

(1) 下顎運動

再生した記録紙上で下顎運動の移動量パラメーター（最大開口距離，最大前後移動距離，最大側方移動距離），速度パラメーター（最大開口速度，最大閉口速度），時間的パラメーター（開口相時間，閉口相時間，咬合相時間，咀嚼周期）について図 2 に示した計測基準により分析した。

(2) 筋電図

再生した作業側咬筋の筋電図記録から咀嚼リズム（筋放電間隔，筋放電持続時間，咀嚼周期）¹⁷⁾ を求めた（図 3）。また，収録した筋電図を多用途積分ユニット（日本光電社製 E1-601 G）に通し，全波整

図 3 咀嚼リズムの分析方法

I：筋放電間隔
D：筋放電持続時間
C：咀嚼周期

図 4 筋活動量の分析方法

流・積分後に原波形とともに再生し，積分波形のリセット回数を数えることにより筋活動量を求めた（図 4）。

以上の分析は，いずれのパラメーターも第 2 ストロークから連続する 40 ストロークについて行い，1 ストローク当たりの平均値と標準偏差を求めた。ただし，胸鎖乳突筋停止部，僧帽筋後頸部，僧帽筋肩部および僧帽筋背部の筋活動はリズム性の放電を明確に示さないため，今回は第 2 ストローク開始点相当部からの 5 秒間の筋活動量を求めた。

4. 頭部動揺の測定

MKG のセンサーアレイ固定用メガネフレームの先端に光源を固定したものを被験者にかけさせ（図 5），暗室にて閉眼させたまま各姿勢で 3 種の硬さのガムを咀嚼させた。その時の光源の軌跡を被験者の側方から被写体距離 40 cm，露光時間 30 秒で各条件につき 3 回ずつ撮影した。

図 6 は各姿勢での典型的な頭部動揺の軌跡であるが，本実験では頭部の動揺を光源軌跡の外周によって囲まれた面積で表し，画像解析装置マジスキャン 2 A

図 5 頭部動揺測定装置を被験者に装着した状態

図 6 頭部動揺の計測方法

(ジョイスレーベル社製)を用いて面積を計測した。

5. 頭部および体軸の傾斜の測定

被験者に MKG のメガネフレームをかけさせて、被験者の矢状面と、鉛直線を引いた背板が平行になるように被験者を位置づけ、カメラが背板と直角になるようにして、被験者の全身が撮影できる位置にカメラを固定した (図 7)。その後、各条件につき被験者の全体像を 5 秒間隔で 4 回ずつ撮影した。

頭部の傾斜については、現像したネガフィルム上で、MKG のメガネフレームと鉛直線とのなす角度 α を万能投影機 (ニコン社製 V 12) を用いて計測した (図 8)。また、体軸の傾斜については第 7 頸椎 A 点と、ヤコビーの線 (左右の腸骨稜の最高点を結ぶ線) と脊椎との交点 B 点とを結んだ線を体軸の傾斜とし、これと鉛直線とのなす角度 β を計測した (図 8)。

6. 統計処理

得られた結果について、ガム硬さごとに姿勢および被験者を要因とする二元配置分散分析を行い、各群間の差を検定した。

図 7 頭部および体軸傾斜の測定風景

A : 第 7 頸椎

B : ヤコビーの線と脊椎との交点

図 8 頭部および体軸傾斜の計測方法

III. 結 果

1. 下顎運動

1) 移動量パラメーター

ハードガム咀嚼における最大開口距離は、あぐら位で 18.3 ± 2.3 mm (平均値 $\pm$ 標準偏差)、立位で 17.6 ± 2.6 mm であり、あぐら位が立位に比べて有意に大きな値を示した ($P < 0.05$)。しかし、ソフトガム咀嚼とミディアムガム咀嚼では有意差は認められなかった (図 9)。また最大前後移動距離および最大側方移動距離においても姿勢間に有意な変化は認められなかった。

2) 速度パラメーター

ミディアムガム咀嚼における最大開口速度は、あぐら位で 110.3 ± 19.9 mm/s、座位で 113.0 ± 20.1 mm/s、立位で 118.3 ± 20.9 mm/s であり、立位が他の姿勢に比べて有意に大きな値を示した ($P < 0.05$)。し

図 9 最大開口距離

図 11 開口相時間

図 10 最大開口速度

図 12 閉口相時間

かし、ソフトガム咀嚼とハードガム咀嚼では有意差は認められなかった (図 10)。また最大閉口速度においても姿勢間に有意な変化は認められなかった。

3) 時間的パラメーター

ソフトガム咀嚼における開口相時間は、あぐら位で 238.0 ± 45.7 ms、座位で 234.6 ± 48.6 ms、立位で 225.4 ± 49.1 ms であり、あぐら位および座位が立位に比較して有意に延長した ($P<0.01$)。ミディアムガム咀嚼において、あぐら位では 267.8 ± 42.8 ms、座位で 255.6 ± 41.3 ms、立位で 241.1 ± 46.3 ms であり、あぐら位、座位、立位の順に有意に短縮した ($P<0.05$)。またハードガム咀嚼においてあぐら位では 236.9 ± 47.9 ms、座位で 227.4 ± 45.5 ms、立位で 222.4 ± 39.6 ms であり、あぐら位が他の姿勢に比べ

て有意に延長した ($P<0.05$) (図 11)。

ミディアムガム咀嚼における閉口相時間は、あぐら位で 264.2 ± 66.5 ms、座位で 257.5 ± 69.3 ms、立位で 246.8 ± 72.5 ms であり、あぐら位、座位、立位の順に有意に短縮した ($P<0.05$)。またハードガム咀嚼においてあぐら位では 294.5 ± 91.4 ms、座位で 275.8 ± 86.9 ms、立位で 265.7 ± 81.6 ms であり、あぐら位が他の姿勢に比べて有意に延長した ($P<0.01$)。しかし、ソフトガム咀嚼では有意差は認められなかった (図 12)。

ミディアムガム咀嚼における咀嚼周期は、あぐら位で 716.4 ± 149.4 ms、立位で 672.5 ± 189.0 ms であり、あぐら位が立位に比べて有意に延長した ($P<0.01$)。またハードガム咀嚼においてあぐら位では 702.8 ± 180.2 ms、座位で 672.9 ± 175.9 ms、立位で

659.8±165.1 ms であり、あぐら位が他の姿勢に比べて有意に延長した ($P<0.01$)。しかし、ソフトガム咀嚼では有意差は認められなかった (図 13)。

咬合相時間においては、姿勢間に有意な変化は認められなかった。

2. 筋電図

ハードガム咀嚼における 3 姿勢での筋電図記録例を図 14 に示した。姿勢が異なると、閉口筋および僧帽

図 13 咀嚼周期

筋後頸部の筋活動量に変化がみられた。

1) 咀嚼リズム

ソフトガム咀嚼における筋放電持続時間は、あぐら位で 281.0 ± 86.2 ms, 座位で 273.9 ± 82.1 ms, 立位で 272.3 ± 81.6 ms であった。またハードガム咀嚼においてあぐら位では 331.3 ± 96.0 ms, 座位で 315.0 ± 96.3 ms, 立位で 307.5 ± 92.5 ms であり、いずれの場合においてもあぐら位が他の姿勢に比べて有意に延長した ($P<0.05$)。またミディアムガム咀嚼においてあぐら位では 321.1 ± 80.5 ms, 立位で 295.7 ± 101.8 ms であり、あぐら位が立位に比べて有意に延長した ($P<0.05$) (図 15)。

筋放電間隔においては姿勢間に有意な変化は認められなかった。

2) 筋活動量

ミディアムガム咀嚼における側頭筋前部の筋活動量は、あぐら位で $17.4 \pm 4.5 \mu V \cdot s$, 立位で $14.9 \pm 5.2 \mu V \cdot s$ であり、あぐら位が立位に比べて有意に大きな値を示した ($P<0.05$)。またハードガム咀嚼においてあぐら位では $22.6 \pm 5.7 \mu V \cdot s$, 座位で $20.6 \pm 5.2 \mu V \cdot s$, 立位で $20.1 \pm 5.3 \mu V \cdot s$ であり、あぐら位が他の姿勢に比べて有意に大きな値を示した ($P<0.01$)。しかしソフトガム咀嚼では有意な変化は認め

a. あぐら位

b. 座位

c. 立位

図 14 3 姿勢での筋電図の記録例 (ハードガム咀嚼)

a. あぐら位 b. 座位 c. 立位

図 15 筋放電持続時間

図 17 筋活動量 (側頭筋後部)

図 16 筋活動量 (側頭筋前部)

図 18 筋活動量 (咬筋)

られなかった (図 16)。

ミディアムガム咀嚼における側頭筋後部の筋活動量は、あぐら位で $10.9 \pm 6.0 \mu V \cdot s$ 、立位で $9.5 \pm 6.0 \mu V \cdot s$ であり、あぐら位が立位に比べて有意に大きな値を示した ($P < 0.05$)。またハードガム咀嚼においてあぐら位では $14.1 \pm 6.6 \mu V \cdot s$ 、座位で $13.1 \pm 6.5 \mu V \cdot s$ 、立位で $12.7 \pm 6.4 \mu V \cdot s$ であり、あぐら位が他の姿勢に比べて有意に大きな値を示した ($P < 0.01$)。しかしソフトガム咀嚼では有意な変化は認められなかった (図 17)。

ミディアムガム咀嚼における咬筋の筋活動量は、あぐら位で $15.8 \pm 4.9 \mu V \cdot s$ 、座位で $13.9 \pm 4.5 \mu V \cdot s$ 、立位で $13.2 \pm 4.4 \mu V \cdot s$ であった。またハードガム咀嚼においてあぐら位では $21.6 \pm 6.2 \mu V \cdot s$ 、座位で $19.8 \pm 5.9 \mu V \cdot s$ 、立位で $19.3 \pm 5.8 \mu V \cdot s$ であり、いずれの場合においてもあぐら位が、座位および立位に

比べて有意に大きな値を示した ($P < 0.01$)。しかしソフトガム咀嚼では有意な変化は認められなかった (図 18)。

ソフトガム咀嚼における僧帽筋後頸部の筋活動量は、あぐら位で $23.8 \pm 9.3 \mu V \cdot s$ 、座位で $22.5 \pm 9.8 \mu V \cdot s$ 、立位で $16.2 \pm 6.2 \mu V \cdot s$ であり、ミディアムガム咀嚼においてあぐら位では $22.7 \pm 9.6 \mu V \cdot s$ 、座位で $22.1 \pm 12.7 \mu V \cdot s$ 、立位で $17.7 \pm 7.0 \mu V \cdot s$ であった。またハードガム咀嚼においてあぐら位では $23.8 \pm 9.7 \mu V \cdot s$ 、座位で $22.0 \pm 9.7 \mu V \cdot s$ 、立位で $16.7 \pm 5.5 \mu V \cdot s$ であり、いずれの硬さのガムにおいてもあぐら位および座位が立位に比較して有意に大きな値を示した ($P < 0.05$) (図 19)。

頸二腹筋前腹、胸鎖乳突筋停止部、僧帽筋肩部および僧帽筋背部の筋活動量は、いずれの硬さのガムにお

図 19 筋活動量 (僧帽筋後頭部)

図 21 頭部動揺

図 20 1秒あたりの咬筋の筋活動量

図 22 頭部傾斜

いても姿勢間に有意な変化は認められなかった。

3) 1秒あたりの咬筋の筋活動量 (咬筋の筋活動量 $\mu V \cdot s$ / 筋放電持続時間 s)

ミディアムガム咀嚼における1秒あたりの咬筋の筋活動量は、あぐら位で $51.0 \pm 18.3 \mu V \cdot s/s$ 、座位で $47.7 \pm 18.2 \mu V \cdot s/s$ 、立位で $47.3 \pm 18.5 \mu V \cdot s/s$ であった。またハードガム咀嚼において、あぐら位では $68.2 \pm 22.6 \mu V \cdot s/s$ 、座位で $65.9 \pm 22.0 \mu V \cdot s/s$ 、立位で $65.6 \pm 21.8 \mu V \cdot s/s$ であり、いずれの場合においてもあぐら位が、他の姿勢に比べて有意に大きな値を示した ($P < 0.05$)。しかしソフトガム咀嚼では、有意差は認められなかった (図 20)。

3. 頭部動揺

ソフトガム咀嚼における頭部動揺はあぐら位で

$16.0 \pm 4.7 \text{ mm}^2$ 、座位で $17.6 \pm 4.6 \text{ mm}^2$ 、立位で $106.1 \pm 24.7 \text{ mm}^2$ であり、ミディアムガム咀嚼においてあぐら位では $14.8 \pm 6.2 \text{ mm}^2$ 、座位で $16.4 \pm 4.0 \text{ mm}^2$ 、立位で $95.8 \pm 23.7 \text{ mm}^2$ であった。またハードガム咀嚼においてあぐら位では $18.7 \pm 6.0 \text{ mm}^2$ 、座位で $20.5 \pm 8.1 \text{ mm}^2$ 、立位で $119.6 \pm 25.7 \text{ mm}^2$ であり、すべての硬さのガムにおいて立位が他の姿勢に比べて有意に大きな値を示した ($P < 0.01$) (図 21)。

4. 頭部および体軸の傾斜

ソフトガム咀嚼における頭部傾斜は、あぐら位で 95.3 ± 3.6 度、座位で 93.9 ± 2.8 度、立位で 91.5 ± 2.1 度であり、ミディアムガム咀嚼においてあぐら位では 95.3 ± 4.2 度、座位で 94.4 ± 3.7 度、立位で

図 23 体軸傾斜

91.8±2.4 度であった。またハードガム咀嚼においてあぐら位では 94.9±5.0 度、座位で 94.2±4.5 度、立位で 92.0±2.7 度であり、すべての硬さのガムにおいてあぐら位および座位が立位に比べて有意に大きな値を示した ($P<0.05$) (図 22)。

ソフトガム咀嚼における体軸傾斜は、あぐら位で 14.0±3.6 度、座位で 11.0±4.2 度、立位で 2.0±1.0 度であり、あぐら位、座位、立位の順に有意に減少した ($P<0.01$)。ミディアムガム咀嚼においてあぐら位では 14.0±5.1 度、座位で 11.9±4.7 度、立位で 1.9±0.9 度であった。またハードガム咀嚼ではあぐら位で 13.4±4.6 度、座位で 11.0±5.1 度、立位で 2.0±1.2 度であり、いずれの場合もあぐら位および座位が立位に比べて有意に大きな値を示した ($P<0.01$) (図 23)。

IV. 考 察

近年、わが国も国際化が進み生活環境が変化してきた。すなわち社会生活が次第に洋風化し、座式の伝統をもつ日本の住宅のなかに椅子式の起居様式が浸透し、椅子・テーブルで生活することが多くなった¹⁸⁾。また食品工業の拡大、加工食品の増加、食品の流通の拡大および外食産業の増加は、食生活の変化も引き起こすこととなった¹⁹⁾。このような社会生活の変化に伴って、摂食時の姿勢も変化してきていると考えられる。そこで日常われわれが一般にとる摂食時の姿勢として、畳を想定したあぐら位および椅子・テーブルを想定した椅子における座位を、また最近ファースト

フードの進出^{5,6)}により立位で摂食する機会も増えたため立位も被験姿勢として本研究を行った。摂食時の姿勢に関しては青木ら⁷⁾、近江谷ら⁸⁻¹⁰⁾が咀嚼中の頭部の動態について報告しているが、具体的に頭部動態などの姿勢因子が咀嚼時の下顎運動や筋活動にどのような影響を及ぼしているのかについてはあまり検討されていない。そこで本研究では各姿勢における頭部動揺、頭部傾斜および体軸の傾斜を調べることによって、姿勢を客観的、定量的にとらえ、さらに下顎運動および筋活動にどのような影響を与えているのかについても検討を加えた。

測定に際しては、日常における咀嚼機能時の状態が十分反映されるように頭部や上体の姿勢を特に規制せず、被験者が最もリラックスした状態で測定できるようにした。立位では閉眼開始後 10 秒間にまず大きな体動がみられ (初期閉眼効果) やがて前庭反射、深部知覚反射および体表反射によって安定状態に戻るという報告²⁰⁾がなされている。この初期閉眼効果をさけるため、測定は閉眼 30 秒後から開始した。また頭部の動揺は、暗室内で頭部に装着した点光源の軌跡を撮影することにより検討した。暗い所で閉眼させた場合と、明るい所で閉眼させた場合での重心動揺を比較すると、明るい所で閉眼した方が動揺は大きくなることが報告されている²¹⁾。したがって撮影時の部屋の明るさが頭部動揺に影響を与えているものと考えられるが、同一被験者においては部屋の明るさは一定しているので、3 姿勢における頭部動揺のデータを比較するのには問題ないものと思われる。

頭部は、咀嚼筋、舌骨上筋群および舌骨下筋群が、後頸部および背部の筋群と平衡を保つことにより保持されると考えられている²²⁾。また頭頸部の運動には、後頭下筋群、後頸筋、胸鎖乳突筋および僧帽筋が関与する²³⁾。その中でも胸鎖乳突筋は、咀嚼時やクレンジングなどの咬合機能時に閉口筋活動に同期した筋活動が筋停止部にみられ、咬合機能との関連が深いことが報告されている^{24,25)}。これらのことから、姿勢と咀嚼運動との関連を詳細に調べるためには、咀嚼筋と互いに関連しあって活動する頭頸部の筋群についても検討を加える必要があると思われる。そこで本研究では、咀嚼筋から側頭筋前部、側頭筋後部および咬筋を、舌骨上筋群から顎二腹筋前腹を、側頸部の筋から咬合機能と関連が深い胸鎖乳突筋停止部 (頭蓋の乳様突起の 2 cm 下方) を、背部の筋から僧帽筋を被験筋として選択した。また僧帽筋には停止部位が 3 カ所あり、各

部はそれぞれ機能を異にするため²³⁾、僧帽筋後頸部、僧帽筋肩部および僧帽筋背部の3カ所から筋電図を導出した。

一方、咀嚼運動は食品の硬さ^{16,26,27)}、大きさ²⁸⁾、味²⁹⁾などにより影響を受ける。そこで本実験では食品による影響をできるだけ避けるため、組成が均一で糖分や香料を含まず、咀嚼に伴う硬さ、粘着性および重量の変化のほとんどない試作ガム¹⁶⁾を用いた。

一般に、ある一定の咀嚼リズムは脳幹に存在するリズムジェネレーターの働きによって形成される³⁰⁻³²⁾ことが知られている。しかし、本実験から咀嚼時の姿勢という末梢の因子が影響して、下顎運動および筋電図の時間的パラメーターが変化することが判明した。すなわち、あぐら位や座位では立位に比べて、下顎運動の開口相時間、閉口相時間および咀嚼周期、筋電図の筋放電持続時間が延長し、ゆっくり咀嚼することが判った。さらにあぐら位や座位の頭部傾斜は立位よりも大きく、前傾姿勢をとることも明らかとなった。この頭部傾斜に関して林³³⁾は、座位で頭部を前傾させると下顎は咬頭嵌合位より前方で接触し、後傾時には後方で接触することを報告している。また頭位と下顎位あるいは頭位と下顎運動との関連については種々の研究³⁴⁻⁴⁰⁾がなされており、頭位を変化させるとタッピングポイントや歯牙接触位が変化する^{33,41-44)}ことが報告されている。したがってあぐら位や座位では前傾姿勢をとるため咬頭嵌合位よりも前方で歯牙接触が生じ、そこから滑走して咬頭嵌合位に到達することが予想される。また立位での頭位は今回の結果からも直立に近く、あぐら位や座位と比較して歯はほとんど滑走することなく咬頭嵌合位に到達すると考えられる。したがってこれらの姿勢による咬合位の微妙な変化が下顎運動ならびに筋電図の時間的パラメーターに影響を及ぼしている可能性が考えられる。

次に咀嚼時の姿勢の違いが側頭筋、咬筋および僧帽筋後頸部の筋活動量にも影響を及ぼし、あぐら位で立位に比較して筋活動量が大きくなることが明らかとなった。筋活動量が大きくなる原因として、筋放電持続時間の延長や筋放電の振幅あるいは頻度の増加が考えられる。筋放電持続時間があぐら位において立位よりも延長することはすでに述べた。そこで筋放電量すなわち筋放電の振幅や頻度が増加しているのかどうかを調べる目的で、咀嚼リズムを分析した咬筋について単位時間あたり(1秒あたり)の筋活動量を求めた。その結果、ミディアムガムとハードガムにおいてあぐ

ら位の1秒あたりの筋活動量が座位と立位に比較して有意に大きくなった。このことから筋放電持続時間の延長だけでなく、筋放電量も増加するためにあぐら位における咬筋の筋活動量が大きくなることが判明した。船越⁴⁵⁾は、ラットにおいて上顎切歯を舌側から唇側に向けて機械的に圧迫したときに、咬筋の活動が増加することを報告している。そしてこの反応はヒトにおいても同様に観察されている。あぐら位では前述のように他の姿勢よりも前傾姿勢をとるため、咬頭嵌合位よりも前方で歯牙接触が起こると考えられる。したがって咬頭嵌合位まで滑走する間、下顎切歯切端が上顎切歯舌面に対して舌側から唇側に向けて圧迫し、その結果、歯根膜の機械的受容器に対する刺激が増加し、咬筋の筋活動量が大きくなったものと推察される。

高橋¹¹⁾は、側頭筋後部の筋活動量が座位では仰臥位よりも大きくなることを報告しており、その機序として閉口筋中の筋紡錘活動の変化をあげている。本研究においても、筋紡錘が多く存在するといわれる閉口筋⁴⁶⁾および僧帽筋後頸部⁴⁷⁾の筋活動量が姿勢により変化した。そこで、この筋活動量に影響を及ぼす要因として頭部動揺、頭部傾斜および体軸傾斜に着目して検討したところ、頭部動揺は立位で、頭部および体軸傾斜はあぐら位および座位でそれぞれ大きくなり、姿勢によってその傾向が異なることが判明した。これらのことから頭部動揺、頭部傾斜および体軸傾斜が、筋中に存在する筋紡錘の活動に影響を与え、閉口筋および僧帽筋後頸部の筋活動量に差が生じたのではないかと考えられる。

また頭部の後屈動作筋である僧帽筋後頸部は²³⁾、あぐら位や座位において頭部が前方に傾斜することに拮抗し、そのために筋活動量が大きくなったものと思われる。

さらに本実験からあぐら位および座位では、立位よりも前傾姿勢をとることが明らかとなっており、骨盤傾斜角が体軸傾斜に伴って変化することも予想される。このことに関して長沢⁴⁸⁾は、座位と立位における僧帽筋活動について検討し、立位よりも座位で僧帽筋の緊張が増加する被験者が多く、脊柱の状態によっても僧帽筋活動が変化したことを報告している。そしてこの結果は、姿勢変化による骨盤傾斜角の変化が深部受容器を刺激し、その興奮により惹起された姿勢反射の一種であろうと考察している。したがってあぐら位や座位で僧帽筋後頸部の筋活動量が増加したことにも

姿勢反射が関与している可能性が示唆された。

一方、ソフトガムに比べてハードガムを咀嚼したときに、あぐら位では他の姿勢よりも閉口相時間と咀嚼周期が延長し、閉口筋の筋活動量が増加するという傾向が顕著にあらわれた。このことは、ソフトガムを咀嚼する場合にはあまり咀嚼力を必要としないため姿勢による歯牙接触位の変化の影響が明確にあらわれなかったものと思われる。しかしハードガムを咀嚼する場合には、ソフトガムに比べて咀嚼力を要するため姿勢による歯牙接触位の変化の影響が大きくあらわれたのではないかと考えられる。

今後は、さらに性状の異なる食品を咀嚼させた場合での姿勢の違いが、下顎運動や筋活動に及ぼす影響について検討する必要があると思われる。

V. 結 論

日本人の一般的な摂食時の姿勢であるあぐら位および座位と、最近増加しつつある立位での食品咀嚼時における下顎運動ならびに頭頸部筋群の筋活動様相の違いを明らかにする目的で、硬さの異なる3種のガムを咀嚼させ、下顎運動および筋電図の記録・分析を行った。また姿勢を客観的、定量的に把握するために頭部動揺、頭部傾斜および体軸傾斜の測定を行ったところ以下の結論を得た。

1. 下顎運動

移動量パラメーターのうち最大開口距離は、ハードガム咀嚼時にあぐら位が立位に比べて有意に大きな値を示した。しかし、最大前後移動距離および最大側方移動距離には姿勢間に有意な変化は認められなかった。

速度パラメーターのうち最大開口速度は、ミディウムガム咀嚼時に立位で他の姿勢に比べて有意に大きな値を示したが、最大閉口速度には姿勢間に有意差は認められなかった。

時間的パラメーターのうち開口相時間は、いずれの硬さのガムにおいても、あぐら位が立位に比較して有意に延長した。閉口相時間および咀嚼周期は、ソフトガムにおいて姿勢間に有意差が認められなかったが、ミディウムガムとハードガムでは開口相時間と同様の結果を示した。咬合相時間には姿勢による有意な差は認められなかった。

2. 筋電図

咀嚼リズムのうち筋放電持続時間は、いずれの硬さ

のガムにおいてもあぐら位が立位に比べて有意に延長した。筋放電間隔には姿勢間に有意差が認められなかった。

側頭筋前部、側頭筋後部および咬筋の筋活動量は、ミディウムガムとハードガム咀嚼時にあぐら位が立位に比べて有意に大きな値を示した。僧帽筋後頸部の筋活動量は、いずれの硬さのガムにおいてもあぐら位および座位が立位に比べて有意に大きな値を示した。顎二腹筋前腹、胸鎖乳突筋停止部、僧帽筋肩部および僧帽筋背部の筋活動量は、いずれの硬さのガムにおいても姿勢間に有意な変化は認められなかった。

3. 頭部動揺は、いずれの硬さのガムにおいても立位で有意に増加していた。

4. 頭部および体軸の傾斜角度は、すべての硬さのガムにおいてあぐら位および座位が、立位に比べて有意に大きな値を示した。

以上の結果から、あぐら位、座位および立位で硬い食品を咀嚼した場合の下顎運動および咀嚼筋筋電図の時間的パラメーターならびに閉口筋および僧帽筋後頸部の筋活動量を比較すると、あぐら位が最も咀嚼周期が長く、閉口筋および僧帽筋後頸部の筋活動量も大きく、かつ頭位と体軸が最も前傾していることが判明した。

本論文の要旨は、第83回岐阜歯科学会例会（平成3年11月16日、岐阜）において発表した。また、論文の一部は第2回顎頭蓋機能研究会学術大会（昭和63年9月10日、大阪）、第36回国際歯科学研究学会日本部会（JADR）総会（昭和63年12月3日、広島）、日本ME学会専門別研究会 通回第32回顎口腔機能研究会（平成元年10月17日、札幌）、第84回日本補綴歯科学会学術大会（平成2年10月27日、大阪）および第4回国際歯科補綴学会（平成3年9月22日、広島）において発表した。

稿を終えるにあたり、ご指導、ご校閲を賜りました朝日大学歯学部歯科補綴学第1講座長澤 亨教授、朝日大学歯学部歯科臨床研究所附属歯科診療所山内六男教授ならびに朝日大学川野 襄二名誉教授に深謝いたします。また、ご校閲を賜りました朝日大学船越正也学長、同小児歯科学講座吉田定宏教授ならびに同歯科補綴学第3講座藤井輝久教授に心より感謝いたします。

さらに、試作ガムの製作に快く協力して頂いた(株)ロッテ中央研究所の各位に心よりお礼申し上げますとともに、本研究の遂行にあたりご支援をいただきました歯科補綴学第1講座教室員各位に感謝の意を表します。

最後に、物心両面の支えとなってくれた両親に感謝します。

文 献

- 1) 石毛直道：住居と住生活，伊東俊太郎，井上光貞，梅棹忠夫ほか編，日本人の生活，13～16，研究社，東京，1976。
- 2) 石毛直道：衣と食と住と，祖父江孝男編，日本人はどう変わったのか 戦後から現代へ，34～37，日本放送出版協会，東京，1991。
- 3) 石毛直道：食事と酒，タバコ，伊東俊太郎，井上光貞，梅棹忠夫ほか編，日本人の生活，63～67，研究社，東京，1976。
- 4) 梅棹忠夫，多田道太郎，上田 篤ほか：日本人の生活空間，102～106，朝日新聞社，東京，1986。
- 5) 川名英子：これからの食生活，臨床栄養，70：36～40，1987。
- 6) 米川五郎：国際化時代と食生活，米川五郎，馬路泰蔵編，食生活論，6～12，有斐閣，東京，1990。
- 7) 青木宏和，陳 重成，藤澤国興ほか：咀嚼時の頭位に関する研究，神奈川歯学，21：387～395，1986。
- 8) 近江谷尚紀，酒井靖彦，田中義博ほか：咀嚼に関する研究 II 摂食時の顔面の動態—F.H.L.の傾斜角度（1報），補綴誌，29：1095～1112，1985。
- 9) 近江谷尚紀，和栗範幸，池田光男ほか：咀嚼に関する研究 IV 摂食時の顔面の動態—F.H.L.の傾斜角度（2報），補綴誌，29：1284～1300，1985。
- 10) 近江谷尚紀，佐藤克彦，和栗範幸ほか：咀嚼に関する研究 VI 摂食時の顔面の動態—F.H.L.の傾斜角度（3報），補綴誌，30：45～64，1986。
- 11) 高橋知敬：姿勢変化の咀嚼及び嚥下機能に及ぼす影響，歯基礎誌，24：133～145，1982。
- 12) 堀尾 強，河村洋二郎：姿勢の相違による咀嚼動作の変化とその機序に関する研究，歯基礎誌，30：524～532，1988。
- 13) 河村哲夫：下顎運動時における頸部の筋の活動性に関する筋電図学的検討，口病誌，50：94～115，1983。
- 14) 尾崎雅征：口輪筋と顎筋の間に存在する機能的相関に関する研究 I. ヒトの両筋の活動様式について，歯基礎誌，19：264～275，1977。
- 15) Davies, P.L. : Electromyographic study of superficial neck muscles in mandibular function, J Dent Res, 58 : 537～538, 1979.
- 16) 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，補綴誌，33：1301～1312，1989。
- 17) Nagasawa, T. and Tsuru, H. : A comparative evaluation of masticatory efficiency of fixed and removable restorations replacing mandibular first molars, J Prosthet Dent, 30 : 263～273, 1973.
- 18) 西山卯三：すまい考今学 現代日本住宅史，100～101，彰国社，東京，1989。
- 19) 馬路泰蔵：食文化の形成と変容，米川五郎，馬路泰蔵編，食生活論，43～48，有斐閣，東京，1990。
- 20) 田口喜一郎，依田美千穂：重心動揺軌跡距離測定法，日耳鼻，79：835～843，1976。
- 21) 大久保仁，渡辺 勲，小高修司ほか：明・暗所における開・閉眼時の視覚が重心動揺に及ぼす影響について—正常者及び先天性眼振症について—，Equilibrium Res, 38 : 29～35, 1979.
- 22) Brodie, A.G. : Anatomy and physiology of head and neck musculature, Am J Orthod, 36 : 831～844, 1950.
- 23) 藤原 知：運動解剖学，164～184，医歯薬出版，東京，1973。
- 24) 河野正司，吉田恵一，小林 博ほか：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。
- 25) 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。
- 26) Plesh, O., Bishop, B. and, McCall, W. : Effect of gum hardness on chewing pattern, Exp Neurol, 92 : 502～512, 1986.
- 27) Steiner, J.E., Michman, J. and Litman, A. : Time sequence of the activity of the temporal and masseter muscles in healthy young human adults during habitual chewing of different test foods, Arch Oral Biol, 19 : 29～34, 1974.
- 28) 瑞森崇弘，桑原隆男，西尾公一ほか：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—，補綴誌，29：1062～1069，1985。
- 29) 天野仁一朗，安東俊介，松岡弘毅ほか：成人の咀嚼リズムの経時的変化および味覚刺激による影響について，補綴誌，33：270～282，1989。
- 30) Dellow, P.G. and Lund, J.P. : Evidence for central timing of rhythmical mastication, J Physiol, 215 : 1～13, 1971.
- 31) Nakamura, Y., Kubo, Y., Nozaki, S., et al : Cortically induced masticatory rhythm and its modification by tonic peripheral inputs in immobilized cats, Bull Tokyo Med Dent Univ, 23 : 101～107, 1976.
- 32) 中村嘉男：咀嚼運動の大脳皮質性制御，日本生理誌，49：619～632，1987。
- 33) 林 甫：下顎の小開閉運動時の各種姿勢と開閉条件とが前後的な歯牙接触位に及ぼす影響に関する研究，歯科学報，80：1～31，1980。
- 34) Cohen, S. : A cephalometric study of rest position in edentulous persons. Influence of variations in head position, J Prosthet Dent, 7 : 467～472, 1957.
- 35) Goldstein, D.F., Kraus, S.L., Williams, W.B., et al : Influence of cervical posture on mandibular movement, J Prosthet Dent, 52 : 421～426, 1984.
- 36) Preiskel, H.W. : Some observations on the postural position of the mandible, J Prosthet Dent, 15 : 625～633, 1965.

- 37) Dombrady, L. : Investigation into the transient instability of the rest position, *J Prosth Dent*, 479~490, 1966.
- 38) Winnberg, A., Pancherz, H. and Westesson, P. : Head posture and hyo-mandibular function in man. A synchronized electromyographic and videofluorographic study of the open-close-clench cycle, *Am J Orthod*, 94 : 393~404, 1988.
- 39) 小室 智 : 頭部の側屈が下顎運動に及ぼす影響について, *歯科医学*, 43 : 359~385, 1980.
- 40) 藤田直輝 : 咀嚼筋緊張に関する筋電図学的研究, *補綴誌*, 17 : 259~274, 1973.
- 41) Silverman, M.M. : Centric occlusion and jaw relations and fallacies of current concepts, *J Prosth Dent*, 7 : 750~769, 1957.
- 42) Posselt, U. : Studies on the mobility of the human mandible, *Acta Odontol Scand*, 10 : 1~50, 1952.
- 43) 名波智章 : 咬合点に関する臨床実験的研究, *歯科学報*, 72 : 462~533, 1972.
- 44) 関根 弘 : 臨床解剖学の立場からみた咀嚼・嚥下運動時の顎・顔面・口腔粘膜の形態変化について一下顎の位置ないし運動を規制する因子について一, *歯科学報*, 74 : 1948~1951, 1974.
- 45) 船越正也 : 咬合の生理学, *補綴臨床別冊/咬合—診断・治療のために*, 7~19, 1984.
- 46) 窪田金次郎, 棚木利昭, 小山内謙太郎 : 咀嚼筋の筋紡錘, *東京医科歯科大学歯学部顎口腔総合研究施設編, 顎運動とそのメカニズム*, 13~23, 日本歯科評論社, 東京, 1981.
- 47) Olkowski, Z.L. and Manocha, S.L. : Muscle spindle, edited by Bourne, G.H., *The structure and function of muscle*, 375, Academic Press, New York, 1973.
- 48) 長沢信五 : 歯科診療と姿勢反射に関する研究 2. 診療姿勢と僧帽筋活動, *岐齒学誌*, 7 : 135~145, 1979.