

# 原 著

## 前歯部開咬を伴う骨格性下顎前突症の舌位について ——無線テレメータシステムによる長時間解析——

金 高 弘 恭    河 内 満 彦    三 谷 英 夫

東北大学歯学部歯科矯正学講座

*Hiroyasu KANETAKA, Mitsuhiro KAWAUCHI and Hideo MITANI*

Department of Orthodontics, School of Dentistry, Tohoku University

**キーワード：**無線テレメータ，パラトグラフィ，舌接触領域，頭位，前歯部開咬症

不正咬合の原因の1つとして舌の関与があげられているが，舌の位置や機能を自然な状態で観察した研究は少なく，特に覚醒活動時における舌の動態を長時間にわたり観測した報告はない。

そこで本研究では，まず，活動時における舌の動態を頭位の変化と関連させて，可及的に自然な状態で長時間観測するために，エレクトロデントパラトグラフィとアナログ傾斜計を使用した無線テレメータシステムを開発した。次にそれを用いて個性正常咬合を有する者23名，前歯部開咬を伴う骨格性下顎前突症患者10名に対し，それぞれ座位での読書時および直立歩行時について，口蓋部および上下顎歯列歯槽部への舌接触部位および頭部の傾斜度を計測し，両群間で比較検討を行い，以下の結果を得た。

1. 開咬症患者群は正常咬合者群より，口蓋部および上下顎歯列歯槽部への舌接触領域が大きい傾向が認められた。

2. 頭部の平均傾斜度は，矢状面，前頭面どちらの場合においても両群間で差異は認められなかった。

3. 両群とも頭部が前傾するほど舌接触領域が大きくなる傾向が認められた。

以上より，本システムが，被験者の活動状態を限定せずに，より自然な状態で長時間にわたり活動時の舌位と頭位を同時観測するために有効であることが示された。そして，正常咬合者と前歯部開咬を伴う骨格性下顎前突症患者の頭部の姿勢に関わる舌位の特徴を明らかにすることができた。

(日矯歯誌 56(1) : 33~43, 1997)

## Analysis of the tongue position in mandibular prognathism with anterior openbite

### ——Long-time measurement by means of a wireless telemeter system——

Malposition of the tongue is recognized as a possible cause of malocclusions, yet there has been no optimal system to measure its position and movement for long hours during daily activities.

A wireless telemeter system was developed in order to measure the tongue position and head posture for long hours in natural condition by using Electro Dento-Palatography and Inclination meters.

The subjects were twenty three adults with Normal occlusion (N-group) and ten patients with mandibular prognathism with anterior Openbite (O-group). The contact position of tongue and the head posture were measured in both groups during reading and walking by using of this system. Data obtained from both groups were compared and the results were as follows :

1. The contact area of tongue of the O-group was larger than that of the N-group.

2. Average head inclinations in sagittal and frontal planes were not significantly different in two groups.

3. Great degree of head flexion corresponded to a larger contact area of the tongue.

4. This system was applicable to measure tongue position and head posture for long hours without interfering with the subjects' daily activities. Using this system, it was possible to demonstrate relationship between tongue position and head posture in

normal occlusion and mandibular prognathism with anterior openbite.

(J. Jpn. Orthod. Soc. 56(1):33~43, 1997)

## 緒 言

静的な咬合形態の形成やその維持には種々の因子が関連し、なかでも舌の動態は重要な要素の1つであると考えられている。そのため、舌の運動、舌位および舌圧に関する研究は従来から数多く行われ<sup>1~31)</sup>、特に開咬をはじめとする不正咬合との関連について多くの報告がなされてきた<sup>1~5)</sup>。

しかし、それらの多くは検査室内で意識的に嚥下や発音などを行わせ、その時点における舌運動を短時間評価したもの、もしくは、舌にいわゆる安静位をとらせた状態で静的に評価したものであり、データ採得の再現性や計測装置の器械的精度について問題があるという報告<sup>25,32~34)</sup>もなされている。一方、長時間にわたる観測としては、エレクトロパラトグラフィを用いて睡眠時に舌位の観測を行った報告<sup>35,36)</sup>もあるが、センサとデータ処理システムが有線で接続されており、それが被験者の行動範囲を限定するため活動時の観測には適していないと考えられる。

また、発音、嚥下などの機能時よりも、安静時の舌位の方が、より深く不正咬合の成因に関与しているとの報告<sup>3,26,27,37)</sup>もあり、より自然な状態で長時間にわたり舌の動態を観測することの必要性が高まりつつある。

一方、頭位に関しては、頭部の傾斜度が舌位または舌圧に影響を与えるという報告<sup>26,31,38,39)</sup>があるものの、長時間、詳細に観測した報告は認められない。

そこで本研究では無線システムを用いることにより、被験者の覚醒時における自由な活動を拘束せずに、舌位と頭位を関連させ、長時間にわたり同時観測できる装置の開発を試みた。

次いでこのシステムを利用し、個性正常咬合を有する者と前歯部開咬を伴う骨格性下顎前突症患者について、それぞれ座位での読書時、直立歩行時における口蓋部および上下顎歯列歯槽部への舌接触部位と頭部の傾斜度について計測を行い、両群間での差異および舌位と頭位の関連性を明らかにすることとした。

## 資料および方法

### I. 無線テレメータシステムの開発

#### 1. システムの概要

本システムは、可及的に被験者の自由な活動を拘束しないため、データ採得の際に被験者の居場所を限定しない無線テレメータを用いることにした。データ採得においては、エレクトロデントパラトグラフィセンサ(以下、EDPS と呼ぶ)とアナログ傾斜計を用いて、

舌接触部位およびそれに影響を及ぼすと考えられる頭部の矢状面および前頭面における傾斜度を同時に計測できることとした。システムの概要は、まず、EDPS から得られた舌接触部位のデータと、アナログ傾斜計(傾斜角センサ GM-60AIS, テクニカル・トライ㈱, 相模原)から得られた頭部の傾斜データを、一旦、携帯式の信号処理装置に取り込みデジタル化したのち、小型のテレメータ送信機(HRF-600, ヘルツ電子㈱, 浜松)により、無線を用いて受信機(HERCOM11 M101, ヘルツ電子㈱, 浜松)へ転送する。次に転送されたデータをパーソナルコンピュータ(PC-9801NS/L, 日本電気㈱, 東京)内のハードディスクに記録し、そこで処理、解析を行うものである。

本システムの構成を図1に示す。

#### 2. センサ部

##### 1) EDPS

本センサは、河内らが開発したエレクトロデントパラトグラフィ発音機能検査システム<sup>16,17)</sup>で使用されたセンサを改良したものである。本センサの製作は以下の手順によった。まず、バイオスター(ショイデンタル社, ドイツ)により歯列模型に圧接された厚さ 100  $\mu\text{m}$  のプラスチックプレート(プラッツフォイル, ショイデンタル社, ドイツ)に上顎 42 個, 下顎 20 個の送信用電極を規格化された部位に設置した(図2)。なお、アースとしての受信用電極は、上顎口蓋部および下顎歯槽部の粘膜に接するようにした。

送信用電極は、1本ずつウレタンコーティングにより絶縁された直径 120  $\mu\text{m}$  ウレメット線に連結し、口腔粘膜や歯と絶縁するため内側からさらにもう1枚のプラスチックプレートをシリコン系接着剤を用いて貼り合わせた。電極用金属には直径 2 mm, 厚さ 100  $\mu\text{m}$  に規格化された銀合金を使用し、プラスチックプレートとの接着にはシアノアクリレート系瞬間接着剤を用いた。ウレメット線は、上下左右4本に束ね、上下顎とも口角部から口腔外に出て送信機とコネクタにより接続した。

##### 2) 頭位の傾斜角センサ

頭位観測用のセンサとして、傾斜に比例した液面レベルの変化を静電容量の変化として検出し電気信号に変換するタイプのアナログ傾斜計を応用することとした。これを側頭部および後頭部の2カ所にフランクフルト平面を基準として装着することにより、頭部の矢状面と前頭面における傾斜度を記録することができるようにした。

なお、アナログ傾斜計の使用範囲は $\pm 60$ 度、分解能は0.3度である。

#### 3. データ入力用無線テレメータ部

データ入力用無線テレメータ部は、可搬性を考慮し

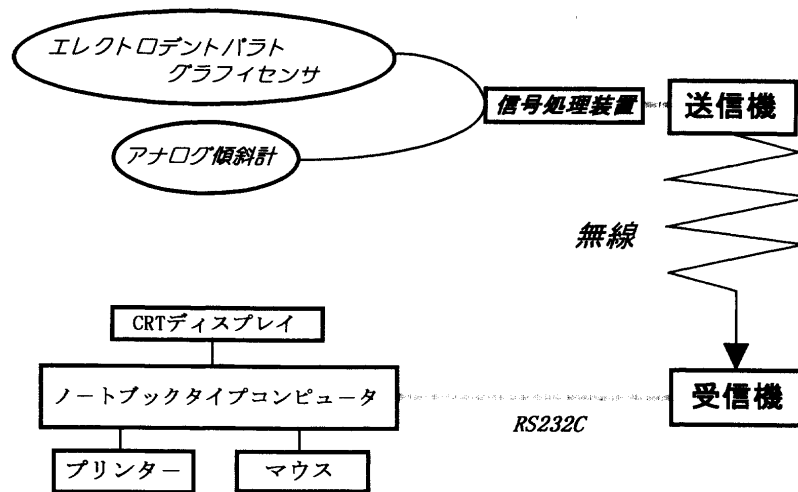


図1 本システムの構成

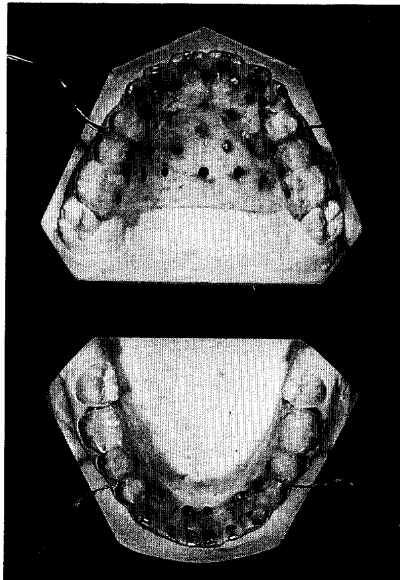


図2 本研究で使ったエレクトロデントパラトグラフィセンサ（石膏模型上に固定して撮影）

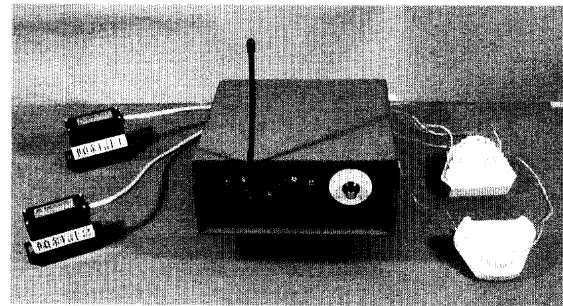
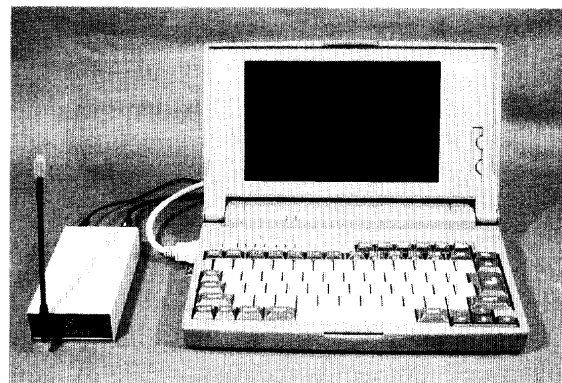


図3 センサおよび送信機

図4 受信システム  
(受信機とそれに接続されたパーソナルコンピュータ)

ウェストバックに収容可能とした送信機と、計測時の機動性を高めるために小型ノートブックタイプのパーソナルコンピュータに接続された受信機からなる（図3，4）。

データ処理の実際は、まず信号処理装置において、EDPS から得られた回路の電圧値と傾斜角センサから得られた頭部の傾斜データを16ビットでサンプリングされたデジタル値に変換する。それと同時に、データを無線により送信機から受信機に転送し、ケーブル（RS-232C）を経由して直接、パーソナルコンピュータ内のハードディスクに記録し、そこで同期をとった2つの信号の処理、解析を行うものとした。

信号処理装置と送信機の電源には充電可能な Ni-H

電池（NP-S1, ソニー(株), 東京）を使用し、生体への安全性を考慮して、フォトカップラによりセンサと電源との絶縁を行った。また、EDPS の送信用電極へ負荷される電流量は  $20\mu\text{A}$  であり、常にひとつの電極のみに回路が形成されるような走査を行った。なお、舌が送信用電極に接触すると受信用電極との間の抵抗値が低下し、この変化を電極に予めかけておいた電圧値（5V）の低下として検出する。

本無線システムによる送信可能範囲は 200 m であ

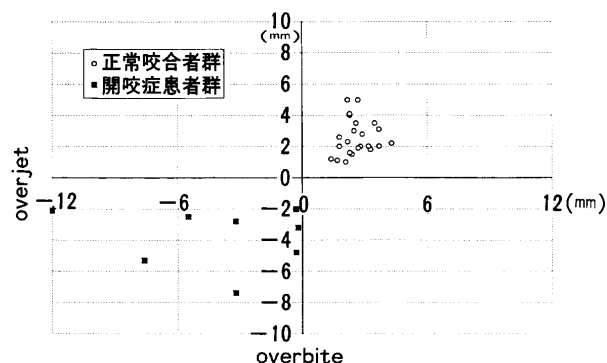


図 5 正常咬合者群および開咬症患者群のオーバー  
ジェット, オーバーバイト量

り, データの採得時間は連続約 8 時間, データ送信間  
隔は 1~10 秒で任意に設定できるようにした。

## II. 正常咬合者および前歯部開咬症患者の舌位および 頭位の解析

### 1. 被験者

被験者として個性正常咬合を有し, かつ, 口腔咽頭  
領域に器質的異常が認められない者 23 名 (19~27 歳,  
平均 21.8 歳; 正常咬合者群とする) と東北大学歯学部  
附属病院矯正科に通院する骨格性下顎前突症患者のう  
ち前歯部に開咬を有する者 10 名 (19~26 歳, 平均 23.6  
歳; 開咬症患者群とする) を用いた。開咬症患者は,  
前歯部の叢生の程度が大きくなり, オーバージェット  
が  $-0.2 \sim -12.0$  mm, オーバーバイトが  $-2.0 \sim -7.4$   
mm の範囲にあり, 左右的な非対称が認められないも  
のを被験者とした。図 5 に正常咬合者群および開咬症  
患者群のオーバージェット, オーバーバイト量を示す。

### 2. データ採得方法

データ採得は, 座位での読書時および直立歩行時  
に行い, データ採得時間は, 読書が約 2 時間, 直立歩行  
が約 15~30 分間とし, 計測データは 1 秒間隔で記録し  
た。図 6 にセンサを装着した状態を示す。

なお, 被験者の唾液分泌が旺盛な場合では, 漏電の  
可能性や舌の接触による電圧の変化が不明確になるな  
どの問題が生じるため, 検査開始 30 分前に, 副交感神  
経抑制剤の一種である臭化メチルオクタトロピン (パ  
ルピン錠, 三共㈱, 東京) を服用させ, 唾液分泌の一  
時的で緩やかな抑制を行うこととした。

### 3. 解析方法

本研究では, 舌接触領域を定量的に評価するために,  
舌の接触点数を, 上顎前歯部, 上顎歯列部, 上顎全体,  
下顎前歯部, 下顎全体, 上下顎全体, 上下顎前歯部の  
各部位ごとに算出することとした。図 7 に各測定部位  
における電極の設置部位を示す。

頭部の矢状面における傾斜度は, 鉛直方向に対し前  
方に傾斜した場合にはプラス (+), 後方に傾斜した場  
合にはマイナス (-) で表し, 前頭面における傾斜度

図 6 センサを装着した状態  
(直立歩行時)

送信機は可搬性を考慮し, ウ  
エストバックに収容されてい  
る。

は鉛直方向に対し右方に傾斜した場合はプラス (+),  
左方に傾斜した場合はマイナス (-) で表した。

データの解析は, 本研究で新たに開発した解析用プ  
ログラムを用い, 以下の 3 項目について行った。

① 測定部位ごとの平均舌接触点数

② 矢状面および前頭面における頭部の平均傾斜度

③ 矢状面および前頭面における頭部の傾斜度と舌  
接触点数との相関性

なお, 両群間の平均値の差の検定は Student-t-test  
もしくは Welch-t-test により行った。また, 相関係  
数は各群ごとに求め, 有意性の検定を行った。

従来のエレクトロパラトグラフィシステムでは舌接  
触の判定の際, 初期設定の段階ですべての電極におけ  
る on-off の境界を 1 つの閾値でしか設定できず, パラ  
トグラフィセンサの長時間装着による送信用電極表面  
での抵抗値の変化や送信用電極の設置部位による固有  
な抵抗値の相違に対する対応が不可能であった。そこ  
で本システムでは, 口腔内で広範囲にわたる長時間の  
データ採得にも十分対応できるように, 電圧の変化を  
デジタル値として記録し, on-off の境界をソフトウェ  
アにより経時的かつ各送信用電極ごとに設定すること  
を可能とした (図 8)。

なお, 本システムでは以上のような定量的な評価ば  
かりでなく, 定性的な評価も可能であり, 舌接触部位  
と頭部の傾斜度をコンピュータの画面上へ経時的に表  
示することができる (図 9)。これらにより, 舌位の変  
化様相を視覚的に把握することができるとともに, そ  
の様相を観察することによってデータの信頼性を確認  
することが可能となった。

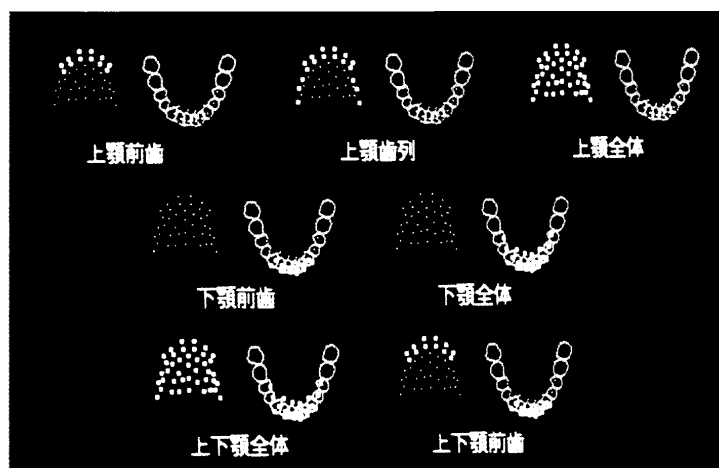


図 7 各測定部位における電極の設置部位  
(白点 (大) で示された点)

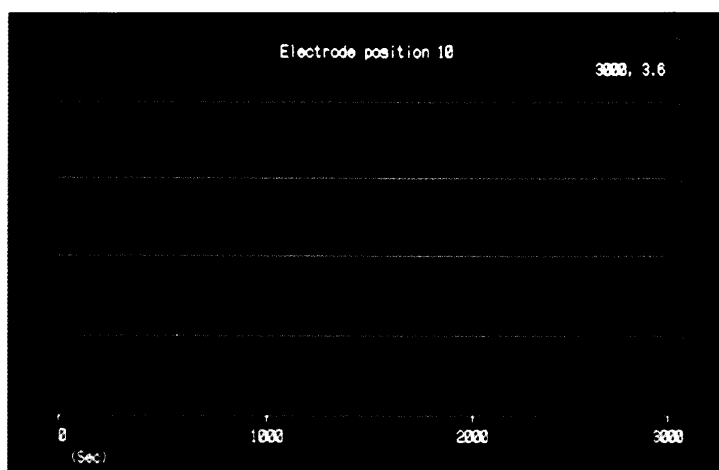


図 8 ある電極における電圧値の変化の一例  
縦軸が電圧(V), 横軸が時間(秒)を表す。赤点が電圧値を示し、青横線により on-off 閾値の設定を行う。

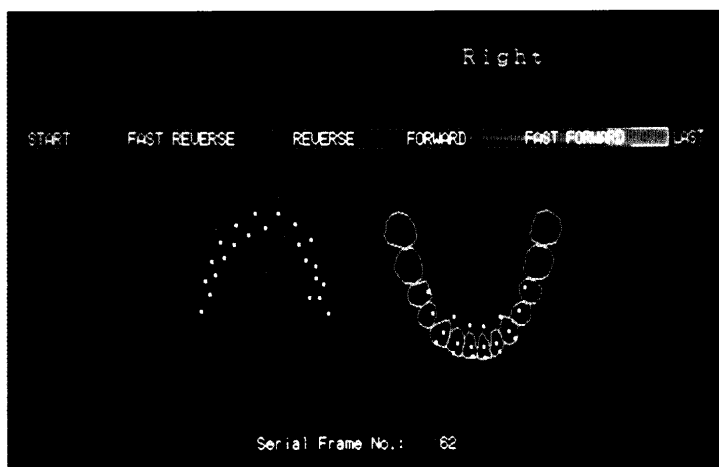


図 9 舌接触部位と頭部の傾斜度をコンピュータの画面上に表示した例

白点 (大) が接触点を示し、白点 (小) は接触していない電極を示す。また、上部の値は前方へ26度、右方へ3度、頭部が傾斜していることを示し、その下のバーをマウスで操作することにより、任意の時間における舌接触部位および頭部の傾斜度を画面上に表示することができる。

表 1-a 読書時での各測定部位における平均舌接触点数

|        | 上顎前歯部<br>Norm Open |      | 上顎歯列部<br>Norm Open |      | 上顎全体<br>Norm Ppen |       | 下顎前歯部<br>Norm Open |       | 下顎全体<br>Norm Open |       | 上下顎全体<br>Norm Open |       | 上下顎前歯部<br>Norm Open |       |
|--------|--------------------|------|--------------------|------|-------------------|-------|--------------------|-------|-------------------|-------|--------------------|-------|---------------------|-------|
| 被験者数   | 23                 | 10   | 23                 | 10   | 23                | 10    | 23                 | 10    | 23                | 10    | 23                 | 10    | 23                  | 10    |
| 平均接触点数 | 3.80               | 4.36 | 8.28               | 9.52 | 21.76             | 27.33 | 8.51               | 11.12 | 14.70             | 17.94 | 36.46              | 45.30 | 12.32               | 15.51 |
| 標準偏差   | 1.53               | 1.27 | 2.36               | 1.99 | 7.83              | 5.57  | 2.09               | 0.77  | 2.44              | 1.56  | 9.10               | 6.17  | 3.15                | 1.72  |
| 有意差    | N.S.               |      | N.S.               |      | *                 |       | **                 |       | **                |       | **                 |       | **                  |       |

Norm: 正常咬合者群, Open: 開咬症患者群 N.S.: Not Significant, \*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$

表 1-b 歩行時での各測定部位における平均舌接触点数

|        | 上顎前歯部<br>Norm Open |      | 上顎歯列部<br>Norm Open |      | 上顎全体<br>Norm Ppen |       | 下顎前歯部<br>Norm Open |       | 下顎全体<br>Norm Open |       | 上下顎全体<br>Norm Open |       | 上下顎前歯部<br>Norm Open |       |
|--------|--------------------|------|--------------------|------|-------------------|-------|--------------------|-------|-------------------|-------|--------------------|-------|---------------------|-------|
| 被験者数   | 23                 | 10   | 23                 | 10   | 23                | 10    | 23                 | 10    | 23                | 10    | 23                 | 10    | 23                  | 10    |
| 平均接触点数 | 3.78               | 4.35 | 8.22               | 9.64 | 22.03             | 26.34 | 8.48               | 11.08 | 14.52             | 18.01 | 36.57              | 44.38 | 12.25               | 15.45 |
| 標準偏差   | 1.29               | 1.42 | 2.29               | 1.57 | 8.38              | 6.08  | 1.76               | 0.61  | 2.58              | 0.97  | 10.05              | 6.35  | 2.81                | 1.77  |
| 有意差    | N.S.               |      | *                  |      | N.S.              |       | **                 |       | **                |       | **                 |       | **                  |       |

Norm: 正常咬合者群, Open: 開咬症患者群 N.S.: Not Significant, \*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$

## 結 果

### I. 本システムの機能

本研究に先立ち、生理食塩水の寒天を用いた口腔外での予備実験を行い、さらにデータ採得の前には毎回必ず、装置を装着した状態で舌接触および頭部傾斜度の確認試験を行っているため、本システムの精度、信頼性は確認済みである。

本システムでは、上顎前歯部切縁に設置された電極に口唇が接触した場合にも、舌の場合と同様な電圧値の変化が認められたため、データ処理の際に電圧値の変化が口唇との接触によるものか舌との接触によるものかを正確に区別することが不可能であった。そのため、解析の際には、これら上顎前歯部切縁に設置された6カ所の電極については除外し、総電極数を上顎36カ所、下顎20カ所の計56カ所とした。なお、下顎前歯部切縁については上唇との接触の可能性も考えられるが、舌接触パターンに不自然な点が認められなかったため計測点として使用した。

また、本EDPSでは違和感をできるだけ小さくするために直径120  $\mu\text{m}$ の細い導線を使用した。そのため、長時間にわたる検査中に断線が認められた箇所もあったが、データとしては断線箇所が2カ所以下のものを選択した。なお、その際には、まず各測定部位ごとの接触率を求め、それに各部位における電極総数を乗じることによって得られた値をその部位での接触点数とする補正を行った。

### II. 舌位および頭位の解析

#### 1. 各測定部位ごとの平均舌接触点数

読書時には、上顎全体、下顎前歯部、下顎全体、上下顎全体、上下顎前歯部において開咬症患者群が正常咬合者群に比べ、接触点数が有意に多かった(表1-a)。

また、歩行時には上顎歯列部、下顎前歯部、下顎全体、上下顎全体、上下顎前歯部において開咬症患者群が正常咬合者群に比べ、接触点数が有意に多かった(表1-b)。

#### 2. 頭部の平均傾斜度

矢状面においては、読書時で正常咬合者群、開咬症患者群ともに前方への傾斜が認められ、歩行時で両群とも傾斜度は0に近い値を示した。読書時、歩行時とも両群間で有意差は認められなかった(表2-a)。

前頭面においては、読書時で両群ともにわずかな右方への傾斜が認められ、歩行時で両群とも傾斜度は0に近い値を示した。読書時、歩行時とも両群間で有意差は認められなかった(表2-b)。

#### 3. 矢状面および前頭面における頭部の傾斜度と舌接触点数との相関性

矢状面における頭部の傾斜度と舌接触点数との間には、正常咬合者群と開咬症患者群のいずれにおいても相関係数は低い有意性が認められ、頭部の前方への傾斜度が大きくなるほど舌接触点数が多くなる傾向が認められた(表3-a)。また、前頭面においては明らかな関連性は認められなかった(表3-b)。

## 考 察

### I. 本システムの開発について

歯列弓の維持安定には、口腔周囲の軟組織から受ける圧力が重要であるとされ、Tomes<sup>40)</sup>、Brodie<sup>41,42)</sup>、

表 2-a 矢状面における頭部の平均傾斜度

|         | 読 書 時  |        | 歩 行 時  |        |
|---------|--------|--------|--------|--------|
|         | 正常咬合者群 | 開咬症患者群 | 正常咬合者群 | 開咬症患者群 |
| 被 験 者 数 | 22     | 10     | 23     | 10     |
| 平均傾斜度   | +22.4  | +19.6  | +2.2   | +1.4   |
| 標準偏差    | 14.0   | 8.6    | 9.2    | 12.5   |
| 有意差     | N.S.   |        | N.S.   |        |

傾斜度の単位：度，N.S.：Not Significant

頭部が前傾している場合を+，後傾している場合を-で表示

表 2-b 前頭面における頭部の平均傾斜度

|         | 読 書 時  |        | 歩 行 時  |        |
|---------|--------|--------|--------|--------|
|         | 正常咬合者群 | 開咬症患者群 | 正常咬合者群 | 開咬症患者群 |
| 被 験 者 数 | 21     | 10     | 22     | 10     |
| 平均傾斜度   | +7.1   | +5.8   | +4.1   | +4.1   |
| 標準偏差    | 7.3    | 5.5    | 4.2    | 4.6    |
| 有意差     | N.S.   |        | N.S.   |        |

傾斜度の単位：度，N.S.：Not Significant

頭部が右傾している場合を+，左傾している場合を-で表示

表 3-a 矢状面における頭部の傾斜度と舌接触点数との相関係数

|       | 上顎前歯部<br>Norm Open |      | 上顎歯列部<br>Norm Open |       | 上 顎 全 体<br>Norm Ppen |       | 下顎前歯部<br>Norm Open |        | 下 顎 全 体<br>Norm Open |      | 上下顎全体<br>Norm Open |      | 上下顎前歯部<br>Norm Open |      |
|-------|--------------------|------|--------------------|-------|----------------------|-------|--------------------|--------|----------------------|------|--------------------|------|---------------------|------|
| 読 書 時 | 0.1*               | 0.1* | 0.2*               | 0.2*  | 0 N.S.               | 0.2*  | 0.2*               | 0 N.S. | 0.2*                 | 0.1* | 0.1*               | 0.2* | 0.1*                | 0.1* |
| 歩 行 時 | 0.2*               | 0.3* | 0.2*               | 0.4** | 0.1*                 | 0.4** | 0.3*               | 0.2*   | 0.2*                 | 0.3* | 0.2*               | 0.1* | 0.2*                | 0.2* |

Norm：正常咬合者群，Open：開咬症患者群 N.S.：Not Significant，\*：p&lt;0.05，\*\*：p&lt;0.01

表 3-b 前頭面における頭部の傾斜度と舌接触点数との相関係数

|       | 上顎前歯部<br>Norm Open |        | 上顎歯列部<br>Norm Open |        | 上 顎 全 体<br>Norm Ppen |        | 下顎前歯部<br>Norm Open |        | 下 顎 全 体<br>Norm Open |        | 上下顎全体<br>Norm Open |        | 上下顎前歯部<br>Norm Open |        |
|-------|--------------------|--------|--------------------|--------|----------------------|--------|--------------------|--------|----------------------|--------|--------------------|--------|---------------------|--------|
| 読 書 時 | 0 N.S.             | 0 N.S. | 0 N.S.             | 0 N.S. | -0.1*                | 0 N.S. | 0 N.S.             | 0 N.S. | 0 N.S.               | 0 N.S. | 0 N.S.             | 0 N.S. | 0 N.S.              | 0 N.S. |
| 歩 行 時 | 0 N.S.             | 0 N.S. | 0 N.S.             | -0.1*  | 0 N.S.               | 0 N.S. | 0 N.S.             | 0 N.S. | 0 N.S.               | 0 N.S. | 0 N.S.             | 0 N.S. | 0 N.S.              | -0.1*  |

Norm：正常咬合者群，Open：開咬症患者群 N.S.：Not Significant，\*：p&lt;0.05，\*\*：p&lt;0.01

Weinsteinら<sup>43)</sup>，Moyers<sup>44)</sup>は，口唇および頬の筋圧と舌の筋圧とが平衡のとれた位置に歯列は安定するという，いわゆる平衡説を提唱した。それに対し，Scott<sup>45)</sup>，Winders<sup>46)</sup>は平衡説を疑問視する立場をとっている。

その後，平衡説に関し，その真偽を実験的に検証するため発音，嚥下などの機能時や安静時における口唇，頬，舌などの圧力計測が行われるようになり，数多くの研究が報告されてきたが<sup>18-27)</sup>，計測値や歯列弓内外の筋圧のバランスは報告によってさまざまであり，統一的な見解は得られていない。また，より正確に安静時の口腔周囲軟組織の筋圧を計測することを目的とし，長時間にわたる口唇圧および舌圧の計測も行われ<sup>26,27,31,39)</sup>，吉田，加藤はその圧力はわずかに数グラムで

あると報告している<sup>26,27)</sup>。しかし，そのような小さな値の計測には，圧力変換器の器械的精度自体に問題が生じてくるばかりでなく，計測方法，受圧装置の大きさや厚さ，装置の設置部位などにより計測値が異なるという報告<sup>25,32,34)</sup>もあり，データの信頼性に問題がある可能性が存在する。

そこで本研究では，現在のところ正確な計測が難しい圧力よりも，むしろ接触の有無という観点から舌位の観測を行う方が適切と考え，さらに従来の研究では，ある一平面を基準にしての評価しか行われていない頭位に関しても<sup>26,38,39)</sup>，矢状面と前頭面の二平面における評価を可能とすべく，本システムを開発することとした。

発音、嚥下などの機能時舌圧は安静時舌圧より大きいといわれているが、舌の機能的運動の主体とされる嚥下運動をとっても、その1回当たりの作用時間は1秒程度と短く<sup>23,24,27,37,47)</sup>、作用回数も1日当たり数百回程度とされているため<sup>26,48)</sup>、総作用時間を考えると機能時の舌が歯列に大きな影響を与えるとは考えにくい。また、Weinsteinら<sup>43)</sup>は弱い力(1.68 g 位)でも、作業時間が長ければ歯を移動させることができると報告し、Proffit<sup>37)</sup>もその著書の中で機能時に加えられる圧力よりも安静時に加えられる弱い持続的な力が歯の位置に影響を与えるはずだと述べている。

しかし、舌の影響を機能時と安静時に明確に区分することは困難であるため、長時間の観測を行うことが可能となれば、舌のさまざまな運動様相を一括して評価できる点で本システムの有効性は高いと考えられる。

## II. データ入力用システムについて

口蓋部および歯列歯槽部に対する舌接触様相の観察はスタティックパラトグラフィ<sup>12,13)</sup>に始まり、その後、経時的な舌接触パターンの観察を目的としてダイナミックパラトグラフィが開発された。以来、多くの研究者によって、人工口蓋の作成法、電極の配置、データの収集・処理方法などについて改良が加えられてきた<sup>14~17)</sup>。

また、パラトグラフィセンサの厚みは舌圧や舌接触様相に影響を及ぼすと考えられるが<sup>49~51)</sup>、本システムではその影響を小さくするため装置の厚みを従来のものの3~4分の1とした。また、口蓋および歯列歯槽部への密着性を歯列模型に圧接したプラスチックプレートを利用することにより高め、補助的手段としてシアノアクリレート系の瞬間接着剤を利用したため、装着時の離脱・ずれは認められず、クラスプ等の口腔内維持装置も必要としなかった。

さらに、舌接触部位を実時間で視覚的に観測できるように設計し、最大62個の送信用電極を組み込むことにより、舌の接触を単なる点としてではなく領域として認識できるようにした。また、センサを薄型化したことにより、上下顎前歯部切縁へ送信用電極を設置することができたが、本研究では上顎前歯部切縁での接触が、舌の接触か口唇の接触かを識別することが不可能であった。この点については何らかの工夫が必要と思われる。今後、口唇に絶縁性の被膜を形成するなどの処置を行えば、上顎前歯部切縁への舌接触の観測が可能であると考えている。

本システムで使用した傾斜角センサは、固定用ヘッドギアにより頭部にしっかりと固定され、頭部傾斜度の計測には支障がなかった。傾斜角センサの性能は±60度の範囲で計測が可能であり、これは頭部の生理的な運動範囲を十分に満たしているものと考えられた。

## III. 解析方法について

パラトグラフィを用いた従来の研究は、舌接触領域を定性的に評価したものに限られており、視覚的なイメージとしては理解しやすいが、統計学的な検討を加えるには適していなかった。

本研究では接触点数を上顎前歯部、上顎歯列部、上顎全体、下顎前歯部、下顎全体、上下顎全体、上下顎前歯部の各部位ごとに算出し、舌接触領域を定量的に評価することによって統計学的な検討を加えることを可能とした。

また、EDPSの長時間装着による電極表面への有機質付着や唾液性状の変化、さらに送信用電極の設置部位による固有な抵抗値の相違により、舌接触による電圧の変化様相が時間の経過に伴い変化したり、電極の設置部位によって異なることが認められた。しかし、本システムでは長時間にわたりデータの推移を検討することによって、このような変化や相違に対応でき、曖昧になりやすい舌接触の判定を、より明確に行うことが可能となったものと考えられる。なお、臭化メチルオクタトロピンの服用が、唾液量減少などの理由から舌運動に影響を及ぼす可能性も存在する。しかし、計測に先立ち被験者に発音、嚥下を行わせた際、特に違和感を訴えなかったことや弱い薬剤を使用しているため、本研究の結果には大きな影響を与えないと考えられる。

## IV. 解析結果について

### 1. 舌接触領域について

読書時および歩行時ともに、開咬症患者群は正常咬合者群に比べ舌接触領域が大きい傾向が認められた。このことは開咬症患者では舌が大きいのか、または前方位をとる可能性があることを意味していると考えられる。また、読書時、歩行時を通して両群間で有意差が認められた部位は、下顎前歯部、下顎全体、上下顎全体、上下顎前歯部であった。このことは、前歯部開咬症患者の舌位は低く前方位にある<sup>5~7,52)</sup>、という従来の研究結果とは別に、開咬症患者では全体として舌接触領域が大きい中で、特に下顎および前歯部での舌接触領域が大きいこと示している。また、本研究では上顎前歯部において、開咬症患者群の舌接触点数が多くなる傾向が認められたものの、明らかな有意差は認められなかった。これは、短時間の舌運動様相を観察した従来の研究結果、すなわち開咬症患者に嚥下や発音を行わせた場合、正常咬合者に比べ上顎前歯部における舌の接触領域は明らかに広いという結果<sup>16)</sup>とはやや異なる。しかし、機能時に認められる舌の運動様相は、あくまでもその機能を遂行するうえで必要となる形態的な不正を補償するための特殊な動きに過ぎず、多種多様にわたる活動時の舌運動様相を必ずしも代表しているとはいえない。したがって、本研究のような長時間にわたる活動時の舌運動様相を観察した結果とやや



異なるものになったと考えられる。

このように本研究の結果から、開咬症患者群は正常咬合者群に比べ舌接触領域が大きい傾向を示すことが確認されたが、この結果のみからは、開咬という形態が原因となって舌接触領域が大きくなっているのか、もしくは舌接触領域が大きいことが開咬という形態を作り出しているのかを判断することはできない。しかし、舌の機能と開咬という形態とが何らかの関連性を持っていることが示唆されたものと考えられる。

## 2. 頭部の平均傾斜度について

従来より、頭位とさまざまな顔面骨格形態との関連を示唆する報告が見受けられる。なかでも、鼻咽腔疾患による口呼吸が原因とみられるいわゆるアデノイド顔貌を伴う開咬症患者の頭位は気道確保のため上向きであるとの報告<sup>37,53)</sup>や、小顎症などを有する者の頭位は、自らの側貌をカモフラージュするために上向きで、その反対に下顎前突症を有する者の頭位は下向きであるともいわれている。しかし、本研究においては正常咬合者群、開咬症患者群間で読書時、歩行時とも明らかな頭位の差は認められなかった。このことは、頭部の姿勢が開咬症という咬合形態異常に直接的に関与するものではないことを示唆しているが、開咬症の成因によってはさらに検討することが必要であると思われる。

## 3. 矢状面および前頭面における頭部の傾斜度と舌接触点数との相関性について

矢状面における頭部の傾斜度と舌接触点数との相関性を求めたところ読書時、歩行時ともに両群で、頭部が前方に傾斜するほど舌接触領域が大きくなる傾向が認められた。この結果は、頭部の前傾に伴い舌が相対的に前上方に移動することを示唆しており、上下顎の後下方への回転による相対的な位置関係の変化や、頭部の前傾に伴う気道の狭窄に対する補償機構のひとつとして舌全体が前上方に移動したのと考えられる。

また、前頭面における頭部の傾斜度と舌接触点数との間には、明らかな相関性は認められなかった。なお、前頭面における左右の傾斜度を、その絶対値を用い左右重ね合わせて評価した場合にも、同様に明らかな相関性は認められなかった。以上のことより、読書や歩行時に日常認められる範囲においては、頭部の左右的な傾斜度と舌接触領域には大きな関連性は認められないことが確認された。

本研究で開発されたシステムは、今後、不正咬合を改善するうえで多面的に利用できるものと考えられる。特に外科的矯正治療の対象となるさまざまな骨格性不正咬合に対しては舌縮小術や筋機能訓練などについて何らかの客観的なデータの提供を可能にするものと思われる。さらには開咬症の成因や顎矯正外科手術後の後戻りに対する舌の関与など、機能と形態との関連を解明していくうえで有力な研究機器になるものと思われる。今後はそれらについても本システムを用いて

検討を加えていきたい。

稿を終えるにあたり、研究資料の提供など本研究の遂行に多大なるご協力を賜った歯科矯正学講座菅原準二助教授はじめ教室員各位に心から感謝いたします。また、本研究にご協力いただいた被験者各位に深く感謝いたします。

なお、本論文の要旨の一部は、第53回日本矯正歯科学会大会(1994年10月、郡山市)、および第6回日本顎変形症学会総会(1996年6月、仙台市)において発表した。

本研究の一部は、平成7年度文部省科学研究費(基盤研究C課題番号07672207)の補助を受けた。

## 文 献

- 1) Baker, R. E. and Minn, S. P. : The tongue and dental function, *Am J Orthod* 40 : 927-939, 1954.
- 2) Straub, W. J. : Malfunction of the tongue Part I. The abnormal swallowing habit : Its cause, effects, and results in relation to orthodontic treatment and speech therapy, *Am J Orthod* 46 : 404-427, 1960.
- 3) Proffit, W. R. : Equilibrium theory resisted : Factors influencing position of the teeth, *Angle Orthod* 48 : 175-186, 1978.
- 4) 滝本和男, 中後忠男, 尾関 哲, 他 : 開咬を伴う不正咬合者の舌の機能, 形態的考察, *日矯歯誌* 30 : 25-38, 1971.
- 5) 石川富士郎 : 高電圧X線撮影法(蓄電器放電式)による舌の位置に関する研究(正常咬合群における下顎安静時の舌について), *日矯歯誌* 17 : 3-20, 1958.
- 6) 中後忠男, 尾関 哲, 浅井保彦 : 頭部X線規格写真法を応用した舌の位置の検討, *日矯歯誌* 29 : 22-35, 1970.
- 7) Lowe, A. A., Takada, K., Yamagata, Y. and Sakuda, M. : Dentoskeletal and tongue soft tissue correlates : A cephalometric analysis of rest position, *Am J Orthod* 88 : 333-341, 1985.
- 8) 尾関 哲 : X線法による前歯部不正咬合患者の tongue thrust に関する研究, *日矯歯誌* 32 : 1-22, 1973.
- 9) Pancherz, H., Winnberg, A. and Westesson, P. : Masticatory muscle activity and hyoid bone behavior during cyclic jaw movements in man, *Am J Orthod* 89 : 122-131, 1986.
- 10) 秋吉正敏, 鈴木聖一, 川村雅俊, 他 : 嚥下時舌運動および舌と口蓋との接触様相に関する研究, *日矯歯誌* 54 : 102-112, 1995.
- 11) 岩本昇士, 鈴木聖一, 川村雅俊, 他 : 外舌筋筋活動とX線ビデオの同時記録による舌機能検査, *日矯歯誌* 55 : 64-71, 1996.
- 12) 山縣健佑, 積田正和, 谷口秀和, 他 : 歯列を含む

- パレートグラフ法, 昭歯誌 8:47-56, 1988.
- 13) 寺島多実子, 鈴木聖一, 天野光章, 他: 嚥下パターン解析のための簡易ペーストパラグラム法, 日矯歯誌 51:90-97, 1992.
  - 14) 鈴木規子: 軟口蓋ダイナミックパレートグラフィによる構音時舌運動様式の観察方法について, 日口外誌 30:44-54, 1983.
  - 15) 大木葉孝宣: 口蓋裂児の歯列弓拡大による嚥下運動の変化—エレクトロパレートグラフィ—, 頰圧, 筋電図による解析—, 日口蓋誌 8:1-35, 1983.
  - 16) 河内満彦: デントパレートグラフィ発音機能検査システムの開発とそれを用いた骨格型下顎前突者の調音運動および発声音の解析, 日矯歯誌 46:71-92, 1987.
  - 17) M. Kawauchi, Y. Kanamori, R. Sachdeva, *et al*: The dynamic dento-palatography system: a new approach for evaluating speech, J Biomed Eng 14:163-168, 1992.
  - 18) Proffit, W. R., Kydd W. L., Wilskie, G. H. and Taylor D. T.: Intraoral pressures in young adult group, J Dent Res 43:555-562, 1964.
  - 19) Proffit, W. R., Chastain, B. B. and Norton, L. A.: Linguopalatal pressure in children, Am J Orthod 55:154-166, 1969.
  - 20) 根津 浩: 正常咬合者と不正咬合者の上下前歯部における口腔筋圧の研究, 歯科学報 73:749-787, 1973.
  - 21) 分山英次: 歯列に加わる口唇圧, 舌圧と口腔内陰圧との関係, 九州歯会誌 32:50-64, 1978.
  - 22) Kydd, W. L.: Quantitative analysis of forces of the tongue, J Dent Res 35:171-174, 1956.
  - 23) Kydd, W. L., Akamine, J. S., Mendel, R. A. and Kraus, B. S.: Tongue and lip forces exerted during deglutition in subjects with and without an anterior open bite, J Dent Res 42:858-866, 1963.
  - 24) 窪田勝信: 顎の静止ならびに運動時における口腔筋圧について, 日矯歯誌 27:217-247, 1968.
  - 25) 柄 博治, 蔡 吉陽, 渡辺八十夫, 他: 前歯部反対咬合者の矯正治療に伴う上下顎中切歯に対する唇舌圧の変化, 日矯歯誌 44:103-112, 1985.
  - 26) 吉田恭彦: 正常咬合を有する成人の上顎中切歯部唇舌圧の長時間測定による研究, 歯科学報 75:1156-1184, 1975.
  - 27) 加藤嘉之: テレメータ方式による口腔内圧計測に関する研究, 口病誌 54:175-189, 1987.
  - 28) Lowe, A. A.: Correlations between orofacial muscle activity and craniofacial morphology in a sample of control and anterior open-bite subjects, Am J Orthod 78:89-98, 1980.
  - 29) 石嶋誠司, 佐藤祐二, 松田一雄, 他: 磁気センサを用いた舌運動計測法ならびに舌の運動特性に関する研究 第1法 舌運動計測装置について, 広歯誌 17:112-127, 1985.
  - 30) 梅田和宏, 山本隆昭, 今井 徹, 他: 小型磁気センサによる3次元舌運動計測システムの開発〔会〕, 第53回日本矯正歯科学会大会 抄録集:141, 1994.
  - 31) Lear, C. S. C., and Moorrees, C. F. A.: Buccolingual muscle forces and dental arch form, Am J Orthod 56:379-393, 1969.
  - 32) Graber, T. M.: Orthodontics: Principle and practice, Philadelphia and London, 1966, Saunders, W. B. Company, 138-145.
  - 33) 江俣和代: 骨格性下顎前突症に対する外科的矯正治療の影響—とくに軟組織側貌・咽頭部気道の形態および舌骨の位置変化について—, 日矯歯誌 42:69-84, 1983.
  - 34) 富田 滋, 高森 等, 小林隆太郎, 他: 下顎後退術後の舌圧と後戻りについて, 日口外誌 32:1173-1191, 1986.
  - 35) 香林正治, 出村 昇, 中川 真, 他: 睡眠時舌位の研究〔会〕, 第50回日本矯正歯科学会大会 抄録集:256, 1991.
  - 36) 小野修一, 大木雪子, 細田一也, 岩澤忠正: 睡眠時における舌の位置が前歯被蓋量に与える影響について〔会〕, 第52回日本矯正歯科学会大会 抄録集:165, 1993.
  - 37) Proffit, W. R.: Contemporary orthodontics, St. Louis, 1986, The C. V. Mosby Company, 95-120.
  - 38) Lear, C. S. C.: Variability of head posture during sleep and considerations relating to palate and dental arch form, Arch Oral Bio 12:1229-1240, 1967.
  - 39) Archer, S. Y. and Vig, P. S.: Effects of head position on intraoral pressures in Class I and Class II adults, Am J Orthod 87:311-318, 1985.
  - 40) Tomes, C. S.: The bearing of the development of the jaws on irregularities, Dent Cosmos 15:292-296, 1873.
  - 41) Brodie, A. G.: Considerations of musculature in diagnosis, treatment and retention, Am J Orthod 38:823-835, 1952.
  - 42) Brodie, A. G.: The forth dimension in orthodontia, Angle Orthod 24:15-30, 1954,
  - 43) Weinstein, S., Haack, D. C., Morris, L. Y., *et al*: On an equilibrium theory of tooth position, Angle Orthod 33:1-26, 1963.
  - 44) Moyers, R. E.: Handbook of Orthodontics, Chicago, 1958, Year book Medical Publishers, Inc., 106.
  - 45) Scott, J.: The role of Soft tissues in determin-

- ing normal and abnormal dental occlusion, Dent. practit. dent. Rec. 11 : 302-308, 1961.
- 46) Winders, R. V. : Recent findings in myometric research, Angle Orthod 32 : 38-43, 1962.
- 47) Hedges, R. B., Mclean, C. D. and thompson, F. A. : A cinefluorographic study of tongue patterns in function, Angle Orthod 35 : 253-268, 1965.
- 48) Lear, C. S. C. and Moorrees, C. F. A. : The frequency of deglutition in man, Arch Oral Bio 10 : 83-99, 1965.
- 49) Lear, C. S. C., Catz, J., Grossman R. C., *et al.* : Measurement of lateral muscle forces on the dental arches, Arch Oral Bio 10 : 669-689, 1965.
- 50) Gould, M. S. E. and Picton, D. C. A. : A method for measuring forces acting on the teeth from the lips, cheeks and tongue, Br Dent J 112 : 235-242, 1962.
- 51) Gould, M. S. E. and Picton, D. C. A. : An evaluation of a method of measuring forces exerted by the tongue on the teeth, Br Dent J 114 : 175-180, 1963.
- 52) 大木葉孝宣, 杉山道男, 朝日藤寿一, 他 : 顎変形症患者に対する筋機能療法の効果と評価判定法について, 日顎変形誌 1 : 169-170, 1991.
- 53) Behlfelt, K., Linder, A. S. and Neander, P. : Posture of the head, the hyoid bone, and the tongue in children with and without enlarged tonsils., Eur J Orthod 12 : 458-467, 1990.

---

主 任 : 三 谷 英 夫 教 授      1996 年 9 月 10 日 受 付

連絡先 : 金 高 弘 恭  
 東北大学歯学部歯科矯正学講座  
 〒 980-77    仙台市青葉区星陵町 4-1