原 著

犬歯の舌面傾斜が咀嚼系に及ぼす影響について

篠ヶ谷 龍 哉

東京医科歯科大学歯学部第 1 歯科補綴学教室 (指導: 藍 稔教授)

(1984年12月20日 受付)

Effect of Experimental Cuspid Rise on Masticatory System

Tatsuya Shinogaya

The First Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University

(Director: Prof. Minoru Ai)

The five-week progressive changes in the canine displacement in two directions of bucco-lingual and axial and the masticatory movement during gum chewing in the frontal plane were measured using a non-contact sensor system and SAPHON VISI-TRAINER on six subjects with the lingual incline of the canine by overlay ten degrees steeper. The displacement of the canine in the bucco-apex direction was almost straight loading from the lingual side. In five of the six subjects, the length of the outward path gradually increased with time after the overlay insertion, reaching the peak in 1 or 2 weeks, and after the overlay removal returned to almost the same value as before the overlay insertion. The progressive changes in the horizontal width of the intercusp position showed a contrary tendency. Statistically, a close correlation between the canine displacement and the chewing cycle was found.

I. 結 言

下顎の滑走運動の際、歯列のどの部位がどのようにに接触し運動を誘導するかは顎口腔系の機能にとって重要であり、咬合診断や補綴による咬合再構成において大きな問題となるところである。側方滑走運動の場合、大臼歯部の強い接触は筋や顎関節また歯周組織にとって有害に働く咬頭干渉とされる¹⁻³⁾のに対して、犬歯や小臼歯の接触は下顎の誘導部として極めて妥当なものとされている。D'Amico⁴⁾は人類学的見地から犬歯の特異性を指摘し、Guichet⁵⁾は形態学的考察により犬歯誘導の妥当性を主張している。しかし、その根拠はあまり明確ではない。一方、下顎を誘導する

部位の傾斜の程度については全く解明されておらず、最近になってようやく機能面からの追究が行われるようになった^{6,7)}。

著者は、こうした下顎運動における歯の誘導のメカニズムを検討するものの一環として本研究を計画した。すなわち、犬歯誘導咬合および犬歯を含む group-functioned 咬合を有する被験者について上顎犬歯を対象としてその舌面傾斜を急にし、その時に生ずる反応として荷重時の歯の変位、咀嚼運動路の変化を経時的に測定し、考察を加えることにした。

II. 研究方法

1. 被験者および被験歯

表1 被験者および被験歯

被験者 年齢	側方位での歯の接触状態		口腔状態
	左側方位	右側方位	
A 27	$\begin{array}{ c } \hline 3 \\ \hline 3 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{ c } \hline \textcircled{3} \\ \hline 3 \\ \hline \end{array}$	特記事項なし
B 28	$\begin{array}{ c } \hline 3 \\ \hline 3 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{ c } \hline \textcircled{3} \\ \hline 3 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{ c } \hline \textcircled{5} \textcircled{6} \textcircled{7} : \text{Br} \\ \hline \textcircled{6} : \text{MT} \\ \hline \end{array}$
C 30	$\begin{array}{ c } \hline \textcircled{3} \\ \hline 3 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{ c } \hline 3 \\ \hline 3 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{ c } \hline \textcircled{5} \textcircled{6} \textcircled{7} : \text{Br} \\ \hline \end{array}$
D 23	$\begin{array}{ c } \hline \textcircled{3} \\ \hline 3 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{ c } \hline 3 \\ \hline 3 \\ \hline \end{array}$	特記事項なし
E 20	$\begin{array}{ c } \hline 3 \\ \hline 3 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{ c } \hline \textcircled{3} \\ \hline 3 \\ \hline \end{array}$	"
F 24	$\begin{array}{ c } \hline 5 \ 4 \ \textcircled{3} \\ \hline 4 \ 3 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{ c } \hline \textcircled{3} \ 4 \ 5 \\ \hline 3 \ 4 \\ \hline \end{array}$	"

○は被験歯

被験者は、顎口腔系に異常がみられず歯周組織も臨床的に健全な20～30歳の成人男子6名である(表1)。犬歯誘導咬合を有する被験者A～Eでは(図1)、習慣性咀嚼側の上顎犬歯を被験歯とし、反対側の上顎犬歯を対照歯として用いた。一方、group-functioned咬合を有する被験者Fでは両側上顎犬歯を被験歯とした。

2. 舌面装置の製作

各被験者の上下顎歯列模型を半調節性咬合器^{*1)}に装着してから、側方滑走運動させた時にその経路が切歯指導部で10度急になるように指導板の傾きを調整した。ついで、それに合わせて被験歯の舌面のレジンパターン^{*2)}を採り、これを白金加金^{*3)}で铸造して舌面装置とした。なお、舌面装置を口腔内に装着した時に咬頭嵌合位の位置は変わらないように調整した(図2)。

3. 実験装置

実験装置は歯の変位測定装置、荷重計、咬合力

図1 犬歯誘導咬合を有する被験者

a : 咬頭嵌合位

b : 側方位

計^{*4)}およびサホン・ビジトレナー^{*5)}より構成される(図3)。変位測定装置からの出力は交流ブリッジ回路と歪アンプ^{*6)}により増幅し、X-Yレコーダ^{*7)}上でモニターしつつデータレコーダ^{*8)}に、また荷重計と咬合力計からの出力は同歪アンプで増幅し同様にレコーダに収録した。

1) 歯の変位測定装置とその精度

歯の変位測定装置としてはうず電流効果を応用した非接触微小変位センサを用いた。このセンサは1mHのチョークコイル^{*9)}と直径5mmのベークライトコアからなるコイルセンサ(L)と、直径6mm、厚さ0.2mm、重量0.1gの鉄板のターゲット(T)により構成されている。

*4) ST 研究所 LM 8F-30

*5) 東京歯材社・佐藤医療電子製作所

*6) 三栄測器 動ひずみ増幅器 6M62

*7) 渡辺測器 X-Y レコーダ WX 441

*8) ソニーマグネスケール エルカセットデータレコーダ FE-3807W

*1) Denar Corp. Denar-Mark II System

*2) Kulzer 社 Palavit G

*3) 石福金属興業 PGA-III

図2 舌面装置

a : 頬側面観 b : 舌側面観(ミラー使用)

本測定ではこのセンサを直角に2個用いたが、その精度についてはつぎのようである。較正器*10)でターゲットをX方向、あるいはY方向にそれぞれ0から $25\mu\text{m}$ ずつ $150\mu\text{m}$ までくり返し10回移動させた時の出力誤差は2%以下(表2)、また変位と出力の関係は直線性を示すが、その誤差は1%以下であった(図4)。

また、ターゲットをX方向あるいはY方向へ移動させた時、2つのセンサからは各方向の出力と同時にY方向あるいはX方向の出力も生じる。そのため、X-Yレコーダ上に描かれる座標系には歪が生じ(図5)、X軸、Y軸はそれぞれ θ_x 、 θ_y 傾斜する。これらの値は平均約2度、約9度でその誤差はいずれも1%以下であった(表3)。

こうした座標系の歪によって図5における距離 ℓ 、X軸となす角度 θ の任意の経路OAは、距離 ℓ' 、角度 θ' のOA'となり、その場合の距離の絶対誤差は3~8%で、 θ が大きいほど誤差も大きくなり、また角度の絶対誤差は約10%であった。

図3 実験装置ブロック図

a : 歯の変位側定 b : 下顎運動路の記録 L₁~L₄ : コイルセンサ T : ターゲット
LED : 受光素子 PSD : 発光素子

*9) T. D. K. チュークコイル CSL-0809-102K

*10) 三金工業 P. P. メタル

図4 変位と出力の関係
L_x: X方向用コイルセンサ
L_y: Y方向用コイルセンサ
T: ターゲット

表2 ターゲットの各移動量における出力の誤差

移動量 (μm)	25	50	75	100	125	150
X方向センサからの出力の誤差 (%)	1.57	1.31	1.81	1.53	1.59	1.14
Y方向センサからの出力の誤差 (%)	1.20	0.82	0.59	0.48	0.43	0.29

$$\text{百分率誤差} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n}} \times 100, \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\text{距離の絶対誤差} = \Delta l / l \times 100 (\%)$$

$$\text{角度の絶対誤差} = \Delta \theta / \theta \times 100 (\%)$$

図5 X軸, Y軸の歪に伴う誤差

X軸, Y軸の座標系の歪に伴い距離 l , 角度 θ の経路 OA は距離 l' , 角度 θ' の経路 OA' になる

表3 ターゲットの各移動量における X軸, Y軸の傾斜とその誤差

移動量 (μm)	25	50	75	100	125	150
θ_x (度)	1.86	2.14	2.14	2.13	2.11	2.10
誤差 (%)	0.74	0.69	0.84	0.51	0.67	0.89
θ_y (度)	9.17	8.84	8.63	8.50	8.41	8.31
誤差 (%)	0.91	0.76	0.94	0.81	0.63	0.87

2) 荷重計および咬合力計

荷重計は Haldex の Tension gauge の板バネにストレンゲージを貼付したものを用いた。荷重計の先端にはレジンによる直径 8mm の底面をもつ円錐状の加重部を付加し (図 6-a), これを被験歯舌面にあてて手指により 500~700 g の荷重量を加えた (以下, これを手指荷重とする)。また, 咬合力計の受圧部は直径 8 mm, 厚さ 2.5 mm であるが (図 6-b), これを 2~3 kg の出力が得ら

れるように被験者に咬みしめを行わせた（以下、これを咬合荷重とする）。本咬合力計は容量 30kg で、この時の直線性の誤差は 0.5%、ヒステリシス 1%、再現性 0.5%、温度特性 0.1% / °C である。

4. 装置の設定と固定

1) 設 定

犬歯の変位測定は頬舌および歯冠軸方向の 2 方向で行ったが、歯冠軸の方向は歯列模型上で決定し、頬舌方向は歯冠軸を含み犬歯の近遠心と直角をなす方向とした。まず一辺が 8mm の立方体の

図 6 荷重計 (a) および咬合力計 (b)

レジンブロックの直交する 2 面にターゲットをシアノアクリレート接着材を用いて貼付した。ついでターゲットを貼付した面が頬舌および歯冠軸方向と一致するよう模型上でレジンブロックを犬歯唇面の中央に即時重合レジンを用いて設定した（図 7）。なお、この位置は口腔内に常に正しく再現されなければならないので、そのためのジグとして両隣在歯を含む設定用コアをレジンで作り用いた。

歯の荷重には荷重計加重部および咬合力計受圧部が保持できるようにレジンでアダプタを制作した。これは犬歯の切縁を覆い、荷重計加重部および咬合力計受圧部を受けるもので、直径約 8mm、厚さ約 1.5mm とした（図 7-a, b）。

コイルセンサの設定には測定の対象となる歯と同側の中切歯から反対側の犬歯まで前歯 4 歯を固定源とする唇側メタルシーネを鋳造し^{*11)}、これにバーを介してセンサ用ハウジングを接続した。ハウジングのターゲットに対する位置関係は、厚さ 1.5mm の L 字型スペーサを用いて決定した。なお、メタルシーネについては側方滑走運動に対する障害やセンサに対する影響がないことをあらかじめ確認した。

図 7 装置の設定
a: 咬合荷重時 b: 手指荷重時

*11) CAULK 社 IRM

*12) 共和理研 マニピュレーター K116M

図8 口腔内に固定された変位測定装置

2) 口腔内への固定

口角鉤を用いて被験者の口唇、頬粘膜を排除した後、ターゲットの付いたレジンブロックを設定用コアを用いて被験歯唇面にシアノアクリレート接着材で貼付し、メタルシーネを固定源歯列に仮着用セメント^{*12)}で固定した。

ついで較正によってブリッジの平衡が得られた状態のコイルセンサをハウジング内に装着し、ブリッジの平衡がくずれないようにセンサの位置を調整した。ブリッジのバランスが $\pm 0\text{mV}$ となったところを原点とし、この状態から測定を開始した(図8)。

5. 較 正

口腔内に装置を固定する前に、較正のため口腔外で以下の操作を行った。

(1) 変位量に対する較正のため較正器上で、ターゲットをX方向あるいはY方向にそれぞれ0から $50\mu\text{m}$ まで往復移動させ、その出力をX-Yレコーダに記録する。

(2) 荷重量に対する較正のため荷重計、咬合力計に各500g、2kgの荷重量を加え、その出力をX-Yレコーダに記録する。

以上の操作を各10回反復し、記録された値の平均値をそれぞれCAL(X), CAL(Y), CAL(500g), CAL(2kg), として較正に供した。

6. 実験方法

1) 歯の変位測定

被験者を歯科用治療椅子に座らせ、頭部を安頭台で支え床面に対して約120度の後傾位をとらせ、以下の条件下での犬歯の変位測定を行った。

(1) 側方滑走運動時

下顎安静位から咬頭嵌合位へ閉口した後、任意の速度および力で犬歯の咬頭対咬頭位まで側方滑走運動し開口する動作を、約5秒間隔で10回ずつ行わせた。

(2) 荷重時

荷重用アダプタを仮着用セメントで固定し、荷重時の歯の変位測定を行った。

i) 手指荷重

500~700gの荷重を1~2秒間加えた後、ただちに除重する。

ii) 咬合荷重

咬合力計からの出力をデータレコーダ上でモニターしつつ、2~3kgの荷重が加わるように咬合力計の咬みしめを1~2秒間行わせた。

なお、双方の荷重とも10回ずつ行ったが、それぞれ除重後X-Yレコーダのペンが元の位置に復帰するのを待ってからつぎの荷重を行うようにした。

2) 下顎運動路の記録

歯の変位測定装置を口腔内より除去した後、サホン・ビジトレナーを用いて切歯点前方10mmに設けた測定点についてつぎの下顎運動を前頭面で記録した。

(1) 空口時の開閉および左右側方滑走運動

(2) チューインガム^{*13)}咀嚼運動

習慣性咀嚼側でチューインガム咀嚼を3回行わせたが、各回の咀嚼についてチューインガムが十分に軟化した時の15~20ストロークをブラウン管上でモニターしつつデータレコーダ^{*14)}に収録した。

7. 測定期間

測定は舌面装置装着前、装着中、除去後の5週間にわたり12~16回行った。

*13) ワーナー・ランバート K. K. A. トライデント

*14) 東京歯材社 サホンデジタルレコーダー model CMT-2

表 4 は各実験日およびその日に行った実験内容を被験者ごとに示したもので、○は犬歯の変位測定、●は切歯点の下顎運動路の記録である。なお、舌面装置装着直前 (BS) と装置装着直後 (SET)、および装置装着 21 日後 (S-21) と装置除去直後 (REM) はそれぞれ同一日である。実験を行った時刻は各被験者間では異なるが、同一被験者では各実験日ともほぼ同じである。

8. 測定項目

データレコーダに収録された歯の変位についてのデータは X-Y レコーダに、下顎運動路のデータは X-Y プロッタ*15) に表示した。

(1) 歯の変位

歯の変位に関しては、頬舌方向を X 軸、歯冠軸方向を Y 軸として 2 次元表示した。一方、荷重と変位の関係については荷重計および咬合力計からの出力を X 軸、頬舌方向センサからの出力を Y 軸として表すことにした。

側方滑走運動時あるいは荷重時に生じる犬歯の変位は頬側、歯根方向へ直線的であることから (図 9) この変位経路をベクトル化し、その距離を変位量、頬舌方向の基準線に対する角を変位方向とした。X-Y レコーダ上に描記された頬舌および歯冠軸方向センサからの出力を読み取り、校正時に求めた CAL (X)、CAL (Y) を用いて各方向の移動距離に換算し (図 10、式-a, b)、これ

表 4 測定期間、実験日および実験内容

回数	実 験 日		被験者および実験内容					
			A	B	C	D	E	F
1	装 着 前	装着 7 日前 (BS-7)	○●	○●	○●	○●	○●	○●
2		装着 3 日前 (BS-3)	○	○	○			
3		装着 1 日前 (BS-1)	○	○	○	○●	○●	○●
4		装着 直 前 (BS)	○	○	○			
5	装 着 中	装着 直 後 (SET)	○	○●	○	○●	○●	○●
6		装着 1 日後 (S-1)	○●	○●	○●			○●
7		装着 3 日後 (S-3)	○	○●	○	○●	○●	○●
8		装着 7 日後 (S-7)	○●	○●	○●	○●	○●	○●
9		装着 10 日後 (S-10)	○	○	○	○●	○●	○
10		装着 14 日後 (S-14)	○●	○●	○●	○●	○●	○●
11		装着 17 日後 (S-17)	○	○	○	○●	○●	○●
12		装着 21 日後 (S-21)	○●	○●	○●	○●	○●	○●
13	除 去 後	除去 直 後 (REM)	○	○	○			
14		除去 1 日後 (R-1)	○	○	○			
15		除去 3 日後 (R-3)	○	○	○	○●	○●	○●
16		除去 7 日後 (R-7)	○●	○●	○●	○●	○●	○●

○ 歯の変位測定

● 下顎運動路の記録

*15) 渡辺測器 サーボプロット DA 8400

図9 犬歯の変位様相

- a : 側方滑走運動時 (L. E)
b : 咬合荷重時
c : 手指荷重時

M, A, Bはそれぞれ変位量, 変位方向, 頬側方向移動距離を示し, T. Pは変曲点を表す

より変位量および変位方向を算出した(図10, 式-c, d)。

なお, 荷重時の歯の変位量および変位方向については 500g, 2kg 荷重時, および 荷重一変位曲線から得られる変曲点に対応する荷重時を対象とした。すなわち, 荷重計あるいは咬合力計からの出力と頬舌方向センサからの出力とで描かれる荷重一変位曲線より 較正時に求めた CAL (500g) と CAL (2 kg) に対応する頬側方向の変位出力 (500g (B), 2kg (B)) を読み取り (図10), これを各変位経路上にあてはめて経路上での点を求め, それぞれの場合の変位量を算出し, さらにこの点

図10 荷重一変位曲線

- a : 手指荷重時 b : 咬合荷重時

<計算式>

式-a : 頬側方向移動距離=頬側方向センサからの出力/CAL (X) × 50 (μm)

式-b : 歯根方向移動距離=歯根方向センサからの出力/CAL (Y) × 50 (μm)

式-c : 変位量 = $\sqrt{(\text{頬側方向移動距離})^2 + (\text{歯根方向移動距離})^2}$ (μm)

式-d : 変位方向 = $\tan^{-1} (\text{歯根方向移動距離} / \text{頬側方向移動距離})$ (度)

式-e : 変曲点における荷重量 (T. P (F)) = T. P (f) / CAL (500g) × 500 (g)

と原点を結ぶ線の方法を算出して変位方向とした (図9-b, c)。

一方, 荷重一変位曲線は2相性を呈するので初期相および第2相の曲線に対する各接線の交わる角の2等分線と荷重一変位曲線との交点を変曲点 (T. P) とし, 手指荷重時についてのみこの点に相当する頬側方向の変位出力 (T. P (B)) および

荷重出力 (T. P (f)) を読み取り (図10-a), それよりこの点における歯の変位量 (T. P (M)) (図9-c), 荷重量 (T. P (F)) (図10, 式-e) を算出した。

上記の方法により以下の8項目について各10回の平均値を求めた。

- i 側方滑走運動時の変位量 (L. E (M))
- ii 500 g 荷重時の変位量 (500 g (M))
- iii 2k g 荷重時の変位量 (2kg (M))
- iv 変曲点における変位量 (T. P (M))
- v 側方滑走運動時の変位方向 (L. E (A))
- vi 500 g 荷重時の変位方向 (500 g (A))
- vii 2kg 荷重時の変位方向 (2kg (A))
- viii 変曲点における荷重量 (T. P (F))

(2) 下顎運動路

舌面装置を装着することにより側方滑走運動の前頭面投影経路の傾斜は急になる。これは図11に示すごとく、咬頭嵌合位により 3 mm 側方の滑走運動路上の点と咬頭嵌合位とを結んだ線が正中線となす角で表した (図11-a)。

チューインガム咀嚼運動路については咬頭嵌合位より 1mm 下方位, 3mm 下方位の左右幅径 (図11-b, c) を 30 ストロークについて測定し, その平均値を求めた。

なお, 角度の測定には分度器を, また長さの測定には 1/100 mm まで読み取れるデジタルノギス*16) を用いた。

Ⅲ. 研究結果

1. 犬歯の変位

Group-functioned 咬合を有する被験者Fは他の犬歯誘導咬合を有する被験者A～Eと条件が異なるので別に記した。

1) 変位量の変化 (被験者A～E)

図12, 13は被験者Aにおける被験歯, 対照歯の各変位量およびその傾側, 歯根方向の移動距離についての経時的变化を示したものである。舌面装置装着の影響を調べるため装置装着後の変位量を装着前のものと比較することにし, 装置装着前

図11 下顎運動路の記録 (前頭面)

- a : 側方滑走運動時の傾斜角
b : 1 mm 下方位の左右幅径
c : 3 mm 下方位の左右幅径

の実験日, BS-7, BS-3, BS-1, BS の変位量の平均値を基準値として (図12, a～h), 装置装着後の変位量を基準値からの差で表した。

表5～8は各被験者の被験歯, 対照歯の基準値, 図14, 15はそれぞれの舌面装置装着から除去後に至るまでの変位量の基準値からの差の変動を示したものである。

(1) 側方滑走運動時の変位量 (L. E (M))

被験者A～Eの被験歯および対照歯の側方滑走運動時の変位量 (L. E (M)) の基準値は 35～75 μm , 平均 54.7 μm であった (表5)。被験歯と対照歯の基準値を被験者ごとに比較すると被験者Cで両者間に有意差がみられた。

図14からは, 被験歯の変位量は対照歯に比べ舌面装置装着後徐々に増加した後減少し, 装着21日後 (S-21)には, 基準値にほとんど戻ることがうかがえる。そして装置除去後は大きな変化がみられない。変位量の増加が頂点に達する時期は被験者A, Cで装置装着7日後 (S-7), 被験者B, Dで装置装着10日後 (S-10), 被験者Eで装置装

*16) 三豊製作所 デジマチックキャリパー 500-110

図12 各変量の経時的変化 (被験者A)

a : 被験歯の L. E (M) の基準値	e : 対照歯の L. E (M) の基準値
b : 被験歯の 500g (M) の基準値	f : 対照歯の 500g (M) の基準値
c : 被験歯の T. P (M) の基準値	g : 対照歯の T. P (M) の基準値
d : 被験歯の 2kg (M) の基準値	h : 対照歯の 2kg (M) の基準値

図13 変量を各方向の移動距離に分けた時の経時的変化 (被験者A—被験歯)

- a : 頬側方向移動距離
b : 歯根方向移動距離

着14日後（S-14）であった。また頂点に達した時の基準値に対する増加量は15～32 μm であった。

(2) 500 g 荷重時の変位量 (500 g (M))

各被験者の500 g 荷重時の基準値は22～57 μm , 平均37.9 μm で(表6), 被験者B, Cでは被験歯と対照歯との間に有意差が認められた。

図15は, 被験者Eを除き被験歯の変位量は対照歯と比較して舌面装置装着後緩やかに増加した後減少することを示している。変位量の増加が頂点に達する時期は装置装着7～14日後（S-7～14）で, その時の基準値に対する増加量は17～24 μm であった。また装着21日後（S-21）にはいずれも基準値に近い値を示し, 除去後も安定した値を

示した。

(3) 変曲点における変位量 (T. P (M))

変曲点における変位量の基準値は10～26 μm , 平均19.9 μm で, 被験者B, Cでは被験歯と対照歯との間に有意差がみられた(表7)。被験歯の変位量は500 g 荷重時と同様の増減傾向を示したが, 変位量の最大増加量は基準値に対し, 16～21 μm であった。

(4) 2 kg 荷重時の変位量 (2 kg (M))

2 kg 荷重時の変位量の基準値は65～89 μm , 平均77.8 μm で, 被験者B, Cでは被験歯と対照歯との間に有意差がみられた(表8)。

被験歯の変位量の変化傾向は他の場合とほぼ同様であるが, 変位量の増加が頂点に達する時期は

図14 側方滑走運動時の変位量 (L. E (M)) の基準値との差の経時的変化
A, B, C, D, E: それぞれ被験者を表す

表5 側方滑走運動時の変位量 (L. E (M)) の基準値

被 験 者	A	B	C	D	E
被 験 歯 ①	48.6 $\pm$ 3.7	69.9 $\pm$ 3.5	55.8 $\pm$ 4.4	54.4 $\pm$ 3.1	38.7 $\pm$ 5.5
対 照 歯 ②	47.2 $\pm$ 3.4	74.4 $\pm$ 5.0	73.8 $\pm$ 3.4	49.3 $\pm$ 7.6	35.2 $\pm$ 4.7
① - ②			*		

* 有意水準 1 %

単位 (μm)

図15 500 g 荷重時の変位量 (500 g (M)) の基準値との差の経時的変化
A, B, C, D, E : それぞれ被験者を表す

表 6 500 g 荷重時の変位量 (500 g (M)) の基準値

被 験 者	A	B	C	D	E
被 験 歯 ①	32.2±3.7	43.1±3.9	41.3±2.9	39.6±1.7	25.4±1.3
対 照 歯 ②	34.4±3.3	48.3±5.2	56.1±3.7	36.3±3.1	22.0±4.8
① - ②		*	*		

* 有意水準 1 % 単位 (μm)

装置装着10～14日後 (S-10～14) であり、その時の基準値に対する最大増加量は 15～30 μm であった。

(5) 被験歯と対照歯の変位量

被験歯と対照歯の変位量を比較するため、装置装着および除去後の各実験日における L. E (M), 500 g (M), T. P (M), 2kg (M) の値の基準値との差を被験歯および対照歯についてそれぞれ求め、その平均値を被験歯と対照歯との間で各実験日ごとに検定した (表 9)。

被験者 5 例中 4 例で舌面装置装着後 1～2 週後の間で被験歯の変位量は対照歯と比較して著明な増加を示した。しかし、装置装着 3 週後および装置除去後は被験歯と対照歯の間に差はなくなった。

(6) 各変位量との関係

変曲点における変位量 (T. P (M)) に対して、

側方滑走運動時の変位量 (L. E (M)) および 2kg 荷重時の変位量 (2kg (M)) との相関性を検討した (表10)。その結果、被験歯の変位量の変化が認められなかった被験者Eを除く他の例では高い相関性が認められた。

2) 変位方向の変化 (L. E (A), 500 g (A), 2 kg (A)) (被験者 A～E)

図16は被験者 A の被験歯の各変位方向の経時的変化を示したものである。同一実験日での L. E (A), 500 g (A), 2kg (A) の値は大差ない。これは他の被験者 B～E の被験歯、対照歯についても同様で同一実験日での L. E (A), 500 g (A), 2kg (A) の値の差は 5 度以下であった。そこで、この 3 者の値の平均値をその実験日の変位方向の値として、変位量の場合と同様に、舌面装置装着前の実験日, B S-7, B S-3, B S-1, B S に求めた変位方向の値の平均値を基準値として、装置

表7 変曲点における変位量 (T. P (M)) の基準値

被 験 者	A	B	C	D	E
被 験 歯 ①	18.1±3.6	19.4±3.3	24.3±3.1	17.5±1.9	13.0±3.4
対 照 歯 ②	19.1±2.3	24.5±3.1	36.1±3.5	16.4±2.3	10.8±3.6
① - ②		*	*		

*有意水準 1%

単位 (μm)

表8 2kg 荷重時の変位量 (2kg (M)) の基準値

被 験 者	A	B	C	D	E
被 験 歯 ①	70.3±5.3	82.0±2.9	65.2±4.0	83.3±6.3	76.1±4.2
対 照 歯 ②	71.0±6.5	88.4±6.3	88.1±3.6	81.9±9.2	71.4±4.6
① - ②		*	*		

*有意水準 1%

単位 (μm)

表9 被験歯と対照歯の変位量の変化の比較 (t-Test)

実験日 被験者	SET	S-1	S-3	S-7	S-10	S-14	S-17	S-21 REM	R-1	R-3	R-7
A	→	↗	** ↗	* ↗	* ↘	* ↘	* ↘	→	→	→	→
B	** ↘	→	↗	* ↗	* ↘	* ↘	* ↘	→	→	→	→
C	→	↗	* ↗	* ↘	* ↘	* ↘	* ↘	→	→	→	→
D	→	→	↗	* ↗	* ↘	* ↘	* ↘	→	→	→	→
E	** ↘	→	→	→	↗	* ↘	→	→	→	→	↗ *

** : 有意水準 5%

* : 有意水準 1%

↗ : 変位量の増加

↘ : 変位量の減少

→ : 変化なし

装着後の変位方向の値と比較することにした (表 11, 図17)。

被験歯および対照歯の変位方向の基準値は21～47度, 平均32.2度で, 被験歯と対照歯について比較すると, 被験者Bを除いて両者の間に有意差がみられた (表11)。

図17は舌面装置装着中および除去後の変位方向の値を基準値との差として表したものの経時的変化である。舌面装置装着期間中の変化を被験歯と

対照歯でみると, 被験者D, Eでは, 双方とも安定した値を示した。他の被験者では, 前項の変位量の変化の場合と同様緩やかに増加した後減少する変化がみられた。

変位方向の値の増加が頂点に達する時期は装置装着7～14日後 (S-7～14) で, その時の基準値に対する増加量は7～10度であった。

3) 変曲点における 荷重量の変化 (T. P (F)) (被験者A～E)

表10 L. E (M) および 2kg (M) と T. P (M) との相関係数

被 験 者	A	B	C	D	E	F	
						咀 嚼 側	非咀嚼側
L. E (M)	0. 891	0. 906	0. 903	0. 912	0. 695	0. 881	0. 936
2kg (M)	0. 896	0. 841	0. 950	0. 911	0. 764	0. 893	0. 956

図16 各変位方向の経時的変化 (被験者A—被験歯)

荷重—変位曲線の初期相と第2相との境を変曲点としたが、被験歯および対照歯の各実験日での変曲点における荷重量 (T. P (F)) を求め、その違いを経時的に観察するため、変位量、変位方向の場合と同様の方法で基準値を求め、舌面装置装着後の値と比較検討した (表12, 図18)。

T. P (F) の基準値は51~70 g, 平均 61.1 g で、被験歯と対照歯との間に有意差はなかった (表12)。

図18から、被験歯の T. P (F) には対照歯同様比較的安定した状態がみられ、基準値との差は-11.0~+16.0 g の範囲内に収まっていた。

4) 被験者 F の左右上顎犬歯の変位状況

被験者 F では左右上顎犬歯に舌面装置を装着して両歯を被験歯としたが、習慣性咀嚼側は右側であった。他の被験者の場合と同様に、変位量、変位方向および変曲点における荷重量の基準値を求め (表13, 14), それに対して舌面装置装着後に得られた値を比較検討した (図19, 20)。

各変位量 (L. E (M), 500 g (M), T. P (M), 2kg (M)) の基準値は左右上顎犬歯とも他の被験者とはほぼ同様の値を示し、左右側の差は有意でなかった (表13)。

図19は舌面装置装着中および除去後の各変位量

の基準値との差の経時的変化である。左右犬歯とも変位量の増減傾向は他の被験者 A~D の被験歯の場合と同様で、変位量の増加が頂点に達する時期は右側 (咀嚼側) が装置装着3日後 (S-3), 左側 (非咀嚼側) が装着14日後 (S-14) であった。またその時期の変位量の基準値に対する最大増加量は右側犬歯が14~20 μm , 左側犬歯が10~18 μm であった。

各変位方向 (L. E (A), 500 g (A), 2kg (A)) の基準値は右側犬歯が約24度, 左側犬歯が約29度で左右差がみられた (表14)。

図20-a は舌面装置装着中および除去後の各変位方向の値を基準値との差として表したものの経時的変化であるが、同一実験日での各変位方向の値には左右犬歯とも大差なく、他の被験者 A~E と同様であった。右側 (咀嚼側) 犬歯の変位方向の値は舌面装置装着後緩やかに増加し、装着3日後 (S-3) で頂点に達しその時の基準値に対する増加量は11~14度であった。その後徐々に減少し装着21日後 (S-21) には基準値に戻り、除去後も安定していた。一方、左側 (非咀嚼側) 犬歯は装置装着中および除去後でわずかな増減傾向はあるものの比較的安定した値を示した。

変曲点における荷重量 (T. P (F)) の基準値は

図17 変位方向の基準値との差の経時的変化
A, B, C, D, E: それぞれ被験者を表す

表11 変位方向の基準値

被 験 者	A	B	C	D	E
被 験 歯 ①	25.7±3.6	21.1±1.4	31.6±2.0	39.9±2.9	40.6±4.0
対 照 歯 ②	29.4±2.9	22.0±3.2	29.2±2.3	46.8±2.8	45.3±2.9
① - ②	*		*	*	*

*有意水準 1%

単位 (度)

左右犬歯とも他の被験者とはほぼ同様の値を示し、左右差はみられなかった (表14)。

図20-bは舌面装置装着中および除去後の T. P (F) を基準値との差として表したものの経時的変化である。左右犬歯とも他の被験者同様大きな変化はみられず、基準値との差は-6.7~+9.5gの範囲内であった。

2. 下顎運動路

1) 側方滑走運動路の変化

側方滑走運動路の前頭面投影傾斜角は舌面装置装着により急になり、装置装着中において傾斜角の値に変化はみられなかった (図21)。

表15は舌面装置未装着時と装着時との傾斜角の差を示したもので、7.8~12.8度、平均10.26度、標準偏差は1.95度となった。

2) チューインガム咀嚼運動路の変化

被験者A, B, D, Fでは左右幅径は1mm下方位、3mm下方位とも舌面装置装着後徐々に減少し、装置装着7~14日後で最小値を示した (図22)。被験者A, B, Fの左右幅径は1mm下方位で約0.5mm、3mm下方位で約0.9mm減少し、被験者Dでは1mm下方位で0.8mm、3mm下方位で1.3mm減少して最小値に達した。その後左右幅径は徐々に増加し、装着21日後 (S-21)

図18 変曲点における荷重量 (T.P (F)) の基準値との差の経時的変化
A, B, C, D, E:それぞれ被験者を表す

表12 変曲点における荷重量 (T.P (F)) の基準値

被 験 者	A	B	C	D	E
被 験 歯	60.7±3.7	62.7±4.5	70.0±6.4	58.4±4.5	51.9±6.4
対 照 歯	58.8±3.8	65.3±5.4	68.6±3.9	59.0±10.6	61.8±8.1

単位 (g)

図19 各変位量の基準値との差の経時的変化 (被験者 F)

表13 各変位量の基準値 (被験者 F)

被 験 歯	L. E (M)	500 g (M)	T. P (M)	2kg (M)
3 (咀 嚼 側)	46.7±3.8	28.9±2.6	13.2±1.8	64.2±3.9
3 (非 咀 嚼 側)	48.7±2.3	26.4±2.0	14.0±1.4	66.1±2.5

単位 (μm)

図20 各変位方向，変曲点における荷重量の基準値との差の経時的変化（被験者F）

表14 各変位方向，変曲点における荷重量の基準値

被 験 歯	L. E (A)	500 g (A)	2kg (A)	T. P (F)
3 (咀 嚼 側) ①	23.7±1.0	24.7±2.7	24.7±2.3	58.9±5.8
3 (非咀嚼側) ②	29.3±1.3	28.5±1.7	30.8±1.0	61.9±4.6
① — ②	*	*	*	

* 有意水準 1%

単位 (度)

単位 (g)

および除去後には装置装着前の値に戻り，全体として凹型の変化傾向を示した。被験者Cについてはほぼ同様の凹型の変化傾向を示したがあまり明瞭ではない。被験者Eは他と異なりほとんど変化を示さなかった。

IV. 総括および考察

1. 研究方法

本研究は下顎運動を誘導する歯の誘導面を急にした場合に当該歯および下顎運動にいかなる影響が生ずるかを調べるため，上顎犬歯が誘導に参与している被験者についてその犬歯の舌面傾斜を約10度急にさせ，歯の変位の変化，チューインガム咀嚼時の運動経路の変化を5週間にわたって経時的に観察し検討したものである。

歯の変位測定については，従来より歯周組織の機能状態を表す1つの指標として行われてきたが，Mühlemann⁸⁾，石橋⁹⁾らの研究以来急速に進展し，2次元的^{10~13)}さらには3次元的¹⁴⁾な測定

も試みられるようになってきた。

犬歯の変位測定に関しては，Curilović¹⁵⁾は12名の被験者に overlay を装着し実験的犬歯誘導咬合を作り10日間にわたってその変位量を観察し，O'Leary ら¹⁶⁾は group-functioned 咬合を有する者と犬歯誘導咬合を有する者の上顎片側中切歯から第2大臼歯までの各歯の変位量を測定している。また，Hofmann¹⁷⁾は犬歯誘導咬合を有する10名について荷重時および機能時の上顎犬歯の変位量を測定している。

ここでは非接触微小変位センサを用いて頬舌，歯冠軸方向の2方向から犬歯の変位測定を行った。測定は犬歯唇面のほぼ中央に固定されたレジブロックの2面に貼付したターゲットについて行っており，歯面あるいは歯冠軸上の点からはずれているため歯そのものの変位を表したものではない。しかし，舌面傾斜を変えたことにより生じる変位の変化を経時的に観察し比較するにはさほど問題ではなく，むしろその再現性がより重要と

図21 側方滑走運動路前頭面投影傾斜角の経時的変化
A, B, C, D, E, F : それぞれ被験者を表す

表15 舌面装置装着による側方滑走運動路の前頭面投影傾斜角の差

被 験 者	A	B	C	D	E	F	
						咀 嚼 側	非咀嚼側
角 度 の 差	8.8	7.8	10.4	10.7	8.7	12.6	12.8

単位 (度)

図22 チューインガム咀嚼運動路の左右幅径の経時的変化 (1mm 下方位)
A, B, C, D, E, F : それぞれ被験者を表す

考えてこの方法を採用した。

変位測定装置の設定に際しての犬歯・ターゲット・コイルセンサの位置関係の再現性に関してはターゲットブロック設定のためのコアの使用により可及的に同一条件が得られるように努めた。その結果は対照歯の変位量の安定性からみて(図 14, 15-b) 各被験者とも再現性は満足されていると考えられた。

この他に実験の精度に影響を及ぼす要因としては唇側メタルシーネの動きや固定源とした上顎前歯 4 歯の動きが挙げられる。とくに、前歯が咬頭嵌合位で接触する被験者では下顎運動時に固定が不完全になる恐れがある。しかし実際には、メタルシーネの緩みや咬頭嵌合位付近での前歯の強い接触によると考えられる犬歯の変位経路の乱れは実験中において認められなかった。

2. 研究結果

1) 歯の変位

(1) 変位量の変化

6 被験者の犬歯の変位量は側方滑走運動時で $54 \pm 12.9 \mu\text{m}$, 500 g 荷重時で $36 \pm 10.1 \mu\text{m}$, 2kg 荷重時で $75 \pm 9.2 \mu\text{m}$ ($n=12$) の値を示し、正常な犬歯について側方滑走運動時の変位測定をした Hofmann¹⁷⁾, 五十嵐¹⁸⁾, 500 g 荷重を加えた Curilović¹⁵⁾, O'Leary¹⁶⁾, 五十嵐¹⁸⁾, 2~3kg の荷重を加えた Behrend¹⁹⁾ の値とそれぞれほぼ一致する。

習慣性咀嚼側と非咀嚼側の上顎犬歯の変位量を舌面装置装着前の状態で比較したところ、被験者 B, C では有意差がみられ、双方とも非咀嚼側の犬歯の方が $5 \sim 20 \mu\text{m}$ 大きい変位量を示した。この左右差については他の被験者では全歯が整っているのに対し、被験者 B では非咀嚼側の下顎第 1 大臼歯が欠損しており、被験者 C では非咀嚼側の上顎臼歯部に橋義歯が装着されているため、咀嚼時の機能的要請が左右側で異なり、それが変位量の差として表れたものと考えられる。

被験者 E を除く他の被験者では、舌面装置を装着すると被験歯の変位量は対照歯に比較して徐々に増加し、装置装着 7~14 日後で頂点に達し、そ

の後徐々に減少して装着 21 日後および除去後には大きな変化がなく装置装着前とほぼ同じ値を示した。これについて、被験歯と対照歯の変位量の差として検討したところでは、4 例において被験歯の変位量の明らかな増加減少が認められ(表 9), 歯周組織の機能に一時的な変化が生じたことがわかる。被験者 F については対照歯がないためこのような検討はできないが、被験歯の変化の傾向が他の被験者の被験歯と同様であることからそれぞれの歯周組織に同じような機能的変化が起こったものと推測される。

歯の変位量は初期動揺の大きさによってほぼ決定されるといわれる²⁰⁾。L. E (M), 2kg (M) と T. P (M) との相関係数は、被験者 E 以外では高い値が得られており(表 10), T. P (M) の変化が他の二者の変化と密接に関係していることを示している。これは舌面装置装着後の被験歯の変位量の変化が初期動揺量の変化、すなわち歯根膜の粘弾性の変化に起因するものと考えられる。Curilović¹⁵⁾ は同様の実験を行い、変位量の多少の変動は認められたがそれは生理的範囲内であり大きな変化はなかったと報告している。Mühlemann²¹⁾ は、歯周組織が病的な状態であっても動揺度は正常値を示すことがあり、正常な動揺度というのは加えられた力が規格化されていても 1 つの方法で表されるものではないと述べており、歯の変位量のみで生理的と病的の境界を決めることはできないとしている。本研究で被験歯の変位量の増加が認められた 5 例の 500 g (M) についてみると、500 g (M) の基準値に対する差は最大で $+17 \sim 24 \mu\text{m}$ であり、この変位量の増加が生理的範囲内に属するのかどうかは明らかではないが、臨床上用いられる動揺度の診査を行ったところでは測定期間中 6 例とも M_0 であった。

Mühlemann²²⁾, 石田²³⁾, 田中²⁴⁾ は、インレー、クラウンを用いて実験的咬合干渉を与えた時に変位量の増加を認めているが、Mühlemann は、増加した動揺量が減少し、最終的には実験前の状態および対照歯の値より小さくなったことを述べ、骨の改造、コラーゲン線維の機能構造の改変

の結果であると説明している。

今回、舌面傾斜を急にしたことにより変位量の変化がみられたが、舌面装置除去後の変位量の値は装置装着前の値とほとんど変わらず、また被験歯と対照歯との比較においても差がみられないことから歯周組織の機能構造には変化が起きていないと考えてよいであろう。

(2) 変位方向の変化

側方滑走運動、手指荷重、咬合荷重の3種の異なる荷重を加え、得られた変位方向の値 L. E (A), 500 g (A), 2 kg (A) は同一実験日では6被験者とも5度以内の小さなバラツキを示した。荷重方向と変位経路について Körber²⁵⁾、斉藤²⁶⁾は、荷重方向を変えても変位経路に差はないと報告しており、本測定でも荷重方向に関しては正確な規制を行ってないにもかかわらず、変位方向の値に大きな差異はみられなかった。そこで同一実験日での L. E (A), 500 g (A), 2 kg (A) の平均値を変位方向の値として経時的に観察したところ、7被験歯中4例で変位方向の値は舌面装置装着期間中緩やかに増加後減少し、装置除去後は安定していた。荷重方向の差異は変位経路に影響を及ぼさないと考えるなら、この変位方向の値の変化は歯周組織の機能状態の変化によるものかも知れない。

6被験者とも犬歯は、頬側、歯根方向へ直線的な変位経路を描いたが、Behrend¹⁹⁾は犬歯の変位について、犬歯舌面形態の傾斜が急な場合には、犬歯の変位は歯根長の根尖側 1/3 付近にある点を中心とする回転だけではなく、根尖方向への歯体移動をも含んだ移動により変位経路の傾斜も急になると推測している。ここでの犬歯の変位を頬側および歯根方向の移動距離に分けて観察すると、舌面装置装着後の被験歯の変位方向の変化がみられた被験者 A, B, C, F では、歯根方向の移動距離は頬側方向に比べ増加後減少する変化傾向はより著明であった(図13)。これは舌面装置装着により舌面の傾斜が急になり、根尖方向への歯体移動量が増加したことを意味しており Behrend の推測と一致している。

(3) 変曲点における荷重量の変化

荷重—変位曲線については X 軸は荷重量、Y 軸は頬舌方向センサからの出力あるいは歯冠軸方向センサからの出力とする2種類の表示方法がある。双方の荷重—変位曲線を描いて、それぞれから求めた変位量の値はほぼ一致することを確認しているが、歯冠軸方向センサからの出力を用いたものでは荷重—変位曲線の2相性があまり明確ではない。よってここでは2相性が明確な頬舌方向センサからの出力による荷重—変位曲線を用いた。

手指荷重、咬合荷重の荷重方法の違いにより多少異なった形の荷重—変位曲線が得られる(図10)。各荷重—変位曲線から求めた 500 g (M) の値はほぼ一致するが、変曲点を先に述べた方法で求めると T. P (M), T. P (F) は異なる値となる。手指荷重での荷重—変位曲線では荷重量 50~70 g の範囲に変曲点が存在するのに対し、咬合荷重では荷重量 200~300 g の範囲になる。これは荷重に用いた装置や加えた荷重量、荷重方法などの差異に起因すると考えられるが、変曲点を求めるに当たっては、歯の変位測定に際して従来より 500 g の荷重量が多く用いられていることから手指荷重による荷重—変位曲線を用いて変曲点を求めることにした。

歯に加えられた力は歯根膜を介して歯槽骨に伝達されるが、荷重—変位曲線の初期相は歯根膜の変形、第2相は歯槽骨の変形を表すとされている。本測定では初期相と第2相の境界を変曲点(T. P)としたが、従来より健全な歯周組織ではこの点は 100 g 以下で現れるとされている。6被験者とも T. P (F) は 50~70 g を示し、舌面装置装着中および除去後もこの値は大きく変化せず常に 100 g 以下であった。これは舌面傾斜の変化による影響が歯槽骨にまで及んでおらず、歯根膜から歯槽骨への力の伝達は滑らかに行われていることを示唆するものである。

2) チューインガム咀嚼時の運動経路の変化

(1) 舌面装置の影響

チューインガム咀嚼時の下顎運動路を前頭面で記録し、各ストロークの開口路、閉口路の左右幅

径を咬頭嵌合位から 1mm 下方位, 3mm 下方位で測定した。チューインガム咀嚼では下顎歯が上顎歯に対して滑走運動する率が高く, 切歯部での記録では 2mm 前後の滑走があるといわれている²⁷⁾。側方滑走運動路の傾斜は図21より40~60度であることから, 咬頭嵌合位の 1mm 下方位は閉口路が歯面に誘導されてちょうど滑走に移る部位に相当すると考えられる。また 3mm 下方位は下顎歯が上顎歯との間でチューインガムを押し潰しながら上昇する位置であり, また閉口位より歯の影響から離れて開口し始める位置でもある。舌面装置の装着により犬歯の舌面傾斜は急になるが, それによって下顎の運動は制約されることになる。片側で傾斜が10度急になったとすると, 1mm 下方位では正中線との間の距離が0.3~0.5mm程度狭くなるはずである。ここでは咀嚼運動路の左右幅径を測定したが, 舌面装置の装着により6被験者中5例でそれが小さくなり, 1~2週後には最小値を示し装置装着前との差では0.5mm前後小さくなっていった。これは明らかに犬歯舌面装置が咀嚼運動路に影響を与えたことを示すものである。

咀嚼運動は上位中枢の支配を受けると同時に局所からの刺激によっても制御されることはよく知られている²⁸⁾。よってここでの咀嚼運動路の変化も単に犬歯の舌面の接触によって機械的に強いられているだけではなく, 歯根膜を含む周辺受容器からの刺激による神経筋機構を介した自動的な運動の変化が起こったものと考えられる。このことは犬歯の舌面傾斜が関与しない3mm 下方位すでに運動路左右幅径の狭小が起こっていることから推測できる。つまり咀嚼運動路は犬歯舌面傾斜が急になったことによって経時的にその左右幅径が小さくなり, 側方要素の少ない, いわゆる chopper type の形に変化していくようである。しかし被験者Eではこうした左右幅径の変化がみられなかったが, これは装置装着前の咀嚼運動路それ自体が chopper type で舌面装置がほとんど関与しなかったためと考えられる。

以上のごとく咀嚼運動路は犬歯舌面傾斜が急に

なることによってその幅が狭くなったが, 装置装着 1~2 週後を境として再び徐々に幅径を増し, 約3週後には元の状態に戻ってしまう。この回復現象は前項で述べた歯の変位量の変化の場合と同様である。

(2) 咀嚼運動路および歯の変位量の変化

咀嚼運動路の左右幅径の変化と犬歯の変位量の変化とはほぼ同期しているようで, それぞれの頂点に達する時期も大体一致していた。そこで両者の関係をつぎのように検討してみた。まず, 変位量の代表として 500 g (M) を選び, その基準値を 100 として舌面装置装着中および除去後に得られた変位量の基準値との差の割合を求めた。一方, 1mm 下方位および 3mm 下方位の咀嚼運動路の左右幅径についても同様に, 舌面装置装着中および除去後に得られた左右幅径の基準値との差の割合を求めた。その結果は図23に示すように被験者 A, B, C, D, F では両者はほぼ平行し, 両者の間の相関係数を求めたところ高い相関性がみられ (表16), 変位量の変化と咀嚼運動路の変化の間には密接な関係があることがわかった。

また, 舌面装置装着 1~2 週後から咀嚼運動路および犬歯の変位量がともに回復する現象がみられたが, これに関与する因子として歯自体の傾斜, あるいは舌面装置や対咬歯の磨耗などがまず考えられる。歯の傾斜については実験中に記録した側方滑走運動路の形態, 傾斜にほとんど変化が認められなかったことから可能性は少ないであろう。また, 咬耗は当然起こると考えられ, 舌面装置によって 1mm 下方位で左右的に 0.2~0.5mm 狭くなったものがその分だけ徐々に磨耗するとすればこうした回復現象は起こりうる。これも各側方滑走運動路を比較すればわかることであるが, 明確な差異は認められなかった。そこで咀嚼運動路について考えると, 測定したのは開口路, 閉口路の左右幅径であるので, 舌面装置により閉口路が側方的に制約されたとしても開口路の側方要素がより大きくなれば両者間の距離, つまり左右幅径は大きくなるはずである。一般に咀嚼運動路は閉口路が咀嚼側に突弯した形を

図23 基準値との差の割合の経時的変化

表16 基準値との差の割合について、1mm 下方位および3mm 下方位での 左右幅径と 500g (M) との相関係数

被 験 者	A	B	C	D	E	F
1mm 下方位	0.973	0.950	0.921	0.962	0.390	0.863
3mm 下方位	0.934	0.978	0.874	0.948	0.226	0.944

描き、開口路は種々であるが側方要素は比較的少ない傾向がある。閉口路が制約されて chopper type に変わっていき、それまで上下的であった開口路が非咀嚼側に向かって突弯する形に変わっていったとすれば、左右幅径のある時点からの回復は説明がつくことになる。そこで、咀嚼運動路の左右幅径の最も大きな変化を示した被験者 D の各咀嚼ストロークを閉口路と開口路に分けて検討すると、舌面装置装着により開口路に変化はないが咀嚼側に突弯している閉口路が徐々に狭まり左右幅径は減少する。装置装着10日以降では閉口路はそのまま開口路が非咀嚼側へ徐々に広がり、装置除去後でも装着前と比べて運動路全体が平衡側へ傾いた感じになった(図24)。他の被験者では

左右幅径の変化が僅小であるため(0.3~0.5mm)判断し難いが、同様の傾向を示すものと推測される。

こうした運動路の変化が犬歯の変位に影響を及ぼし、舌面装置を介して加えられる犬歯への側方力が軽減するため歯の変位量もこれと平行して減少したものと考えられるが、詳細はさらに検討が必要である。

V. 結 論

下顎運動の誘導に関する検討の1つとして、犬歯誘導咬合、group-functioned 咬合を有する被験者の上顎犬歯に舌面装置を装着して傾斜を急にし、それによる犬歯の荷重時の変位および咀嚼運

図24 チューインガム咀嚼運動路の推移 (被験者D)

動路に及ぼす影響を経時的に記録し検討した結果、以下の結論を得た。

1. 舌側から荷重した際犬歯は頰側、歯根方向へ直線的な変位経路を示した。そこでこの変位経路をベクトル化し距離を変位量、頰側方向となす角を変位方向とした。

2. 被験歯の変位量は6被験者中5例で、舌面装置装着後徐々に増加し装置装着1～2週後で頂点に達しその後徐々に減少し、装置装着3週後および除去後では装置装着前とほぼ同じ値にまで回復した。

3. 変位量の経時的变化を被験歯と対照歯と比較すると、上記の被験者では舌面装置装着1～2週後の間で明らかに有意差がみられた。

4. 被験歯の変位量にみられた増加後減少する変化傾向は初期動揺量の変化傾向と密接な関係があった。

5. 荷重方向に関しては正確な規制を行わなかったにもかかわらず、変位方向の値に大きな差異はみられなかった。

6. 変位量の変化がみられた5被験者中4例で変位方向の値も変位量と同様の变化を示し、変位量を頰側方向と歯根方向の移動距離に分けてその

経時的变化を観察すると、歯根方向移動距離は頰側方向に比べ著明な変化傾向を示した。

7. 変曲点における荷重量は全被験者とも変化しなかった。

8. チューインガム咀嚼時の運動経路の咬頭嵌合位より1mmおよび3mm下方位の左右幅径は、変位量の変化がみられた5被験者で舌面装置装着後徐々に減少し、装着1～2週後で最小値を示しその後徐々に増加し、装置装着3週後および除去後では装着前とほぼ同じ値を示した。

9. 舌面装置装着後にみられた被験歯の変位量の変化と咀嚼運動路左右幅径の変化との間には密接な関係があった。

謝 辞

稿を終えるにあたり、ご懇篤な指導とご校閲を賜りました藍 稔教授に謹んで感謝の意を表します。

また本研究に際し、ご援助、ご協力をいただきました第1歯科補綴学教室の諸先生方、ならびに被験者の皆様に心からお礼申し上げます。

本研究の一部は昭和58,59年度文部省科学研究費補助金 No.57480361, No.59480379 によった。

文 献

- 1) Schuyler, C. H. : Factors contributing to traumatic occlusion. J. Prosthet. Dent. 11 : 708-715, 1961.
- 2) Ramfjord, S. P. : Dysfunctional temporomandibular joint and muscle pain. J. Prosthet. Dent. 11 : 353-374, 1961.
- 3) 藍 稔 : 顎機能異常, 咬合からのアプローチ. 東京, 1983, 医歯薬出版, 159-189.
- 4) D'Amico, A. : Functional occlusion of the natural teeth of man. J. Prosthet. Dent. 11 : 899-915, 1961.
- 5) Guichet, N. F. (保母須弥也, 大矢 政男, 永海弘和訳) : Occlusion, 東京, 1973, 医歯薬出版, 23-31.
- 6) Hannam, A. G., Wood, W. W., De Cou, R. E. and Scott, J. D. : The effects of working-side occlusal interferences on muscle activity and associated jaw movements in man. Archs. oral Biol. 26 : 387-392, 1981.
- 7) 土居 勲, 三谷春保 : 実験的犬歯誘導咬合が正常顎機能者の咀嚼運動に及ぼす影響について. (講演抄録) 補綴誌 26 : 178-179, 1982.

- 8) Mühlemann, H. R. : 10 years of tooth-mobility measurements. J. Periodontol. 31 : 110-122, 1960.
- 9) 石橋真澄 : 歯牙の動揺に関する実験的研究 (第1報), 荷重と動揺との関係について. 口腔誌 20 : 187-191, 1953.
- 10) Heners, M. : Syndesmotic limiting movement of the periodontal ligament. Int. Dent. J. 24 : 319-327, 1974.
- 11) 加藤 均 : 歯周組織の機能状態に関する研究, 第1報, 2次元微小変位計. 補綴誌 25 : 733-745, 1981.
- 12) 五十嵐順正, 藍 稔 : 非接触微小変位センサーによる歯の動態観察, 第1報, 装置の概要と測定方法. 補綴誌 24 : 457-469, 1980.
- 13) Behrend, D. A. : A method of studying patterns of tooth displacement in simulated chewing cycle in man. Archs. oral Biol. 19 : 23-27, 1974.
- 14) 荻田訓久 : 非接触型三次元微小変位測定装置の試作について. (講演抄録) 補綴誌 26 : 866, 1982.
- 15) Curilović, Z. : Einfluss der experimentellen Eckzahnführung auf die Zahnbeweglichkeit. SMfZ/RMSO 81 : 413-433, 1971.
- 16) O'Leary, T. J., Shanley, D. B. and Drake, R. B. : Tooth mobility in cuspid guidance and groupe-function occlusion. J. Prosthes. Dent. 27 : 21-25, 1972.
- 17) Hofmann, M. : Eckzahnführung und paradontale Reaction. Dtsch. Zahnärztl. Z. 29 : 823-826, 1974.
- 18) 五十嵐順正, 齊藤良一, 藍 稔 : 非接触微小変位センサーによる歯の動態観察, 第2報, 種々の観察例. 補綴誌 25 : 295-303, 1981.
- 19) Behrend, D. A. : Patterns of tooth displacement in simulated chewing cycle in man. Archs. oral Biol. 23 : 1089-1093, 1978.
- 20) Mühlemann, H. R. : Tooth mobility (IV), Tooth mobility changes through artificial alterations of the periodontium. J. Periodontol. 25 : 198-202, 1954.
- 21) Mühlemann, H. R., Savdir, S. and Rateitschak, K. H. : Tooth mobility—It's causes and significance. J. Periodontol. 36 : 58-63, 1965.
- 22) Mühlemann, H. R. and Herzog, H. : Tooth mobility and microscopic tissue changes produced by experimental occlusal trauma. Helv. Odont. Acta. 5 : 33-39, 1961.
- 23) 石田哲彦, 加藤 潤, 本間 博, 池野直人, 石川 純 : 外傷性咬合とくに早期接触による歯の動揺度の変化に関する研究, (I) サルにおける人工的早期接触の影響. (講演抄録) 日歯周誌 18 : 130-131, 1976.
- 24) 田中伐平 : 咬頭嵌合位における補綴物の高さが顎口腔系に及ぼす影響. 補綴誌 19 : 666-692, 1976.
- 25) Körber, K. : Elektronisches Messen der Zahnbeweglichkeit. Dtsch. Zahnärztl. Z. 16 : 605-613, 1962.
- 26) 齊藤良一 : 荷重時における歯の動態に関する研究. 口病誌 50 : 568-587, 1983.
- 27) 藍 稔 : 切歯点部における咀嚼運動の解析. 補綴誌 6 : 164-200, 1962.
- 28) Thexton, A. J. : To what extent is mastication programmed and independent of peripheral feedback? ed. Anderson, D. J. and Matthews, B., Mastication, Bristol, 1976, Wright, 213-220.