原著論文

有床義歯装着に伴う口蓋粘膜温の 動態に関する実験的研究

瀬川 良

An Experimental Study on Changes of Temperature at Palatal Mucosa after Denture Wearing

Makoto Segawa

Abstract : The purpose of this study is to estimate objectively temperature changes of palatal mucosa after denture wearing.

Temperature at 7 measurement points of palatal mucosa in 10 normal dentate subjects were measured to determine the time constant by carrying out a least square approximation of the relation between temperature and time from the time of commencement of temperature measurement until the time of temperature elevation to a steady state. Changes in the time constant by thermal stimulation with cold and warm water and by wearing of an experimental palatal plate were studied.

It was found that if the time constant is obtained from values measured at 60-second intervals, the predicted and measured values of steady-state temperature are well approximated and that the time constant is significantly reduced from 3 days after wearing of an experimental palatal plate and is significantly increased (prolonged) from 3 days after thermal stimulation.

These results demonstrated that temperature changes of the palatal mucosa during the use of a removable denture can be subjectively and quantitatively estimated with accuracy on the basis of the time constant obtained by least square.

Key words : palatal mucosa, temperature, least square method, time constant, removable denture

I. 緒 言

有床義歯による補綴を行う場合には、十分な維持を得るために、義歯床によって口腔粘膜を広く被覆する結

果、口腔粘膜は非生理的状态下におかれることになる。この床被覆による床下粘膜への影響に関しては、組織学的研究^{1~4)}、組織化学的研究^{5~7)}、生理学的研究^{8~14)}等が行われてきている。

これらの影響の中では、有床義歯装着によって患者が

朝日大学大学院歯学研究科局部床義歯学専攻（指導：川野襄二教授）

The First Department of Prosthodontics, Asahi Univer-

sity, Graduate School of Dentistry (Director : Prof. Joji Kawano)

昭和63年12月26日受付

直接的に受ける、生理的な影響が補綴臨床上最も問題となると考えられ、これまで口腔粘膜の温度感覚⁸⁻¹¹⁾、床下粘膜の血流量¹³⁾、口腔内温度^{12,14)}等の生理学的変化について報告されている。

一方、日常飲食物の摂取に伴い口腔粘膜は温度刺激を受けるが、この際有床義歯装着者では床用材料の熱伝導性が悪い¹⁴⁾ことなどにより、温度刺激が口腔粘膜に十分に伝わらないことがいわれている¹⁵⁾。しかしながら、温度刺激に対する口腔粘膜温の動態に関する報告¹⁶⁾は少なく、特に有床義歯装着後の変化についての報告はほとんど認められない。

従来、口腔粘膜の温度測定の方法では、測定温度自体の増減によって検討している^{12,14,16-23)}ため、この分析方法では本研究の目的である、有床義歯装着に伴う床下粘膜温の動態変化を把握するには客観性に乏しいといえる。佐々木²⁴⁾は、生体において体温と時間の関係を最小自乗法によって近似することができると述べている。そこで著者はこの分析方法に着目し、これを用いて有床義歯装着後の床下粘膜温の動態に関して検討することにした。

本研究では、まず正常有歯顎者の口蓋粘膜を対象に測定条件、温度動態の分析方法、温度刺激後の温度動態の分析方法について検討を行った。そして得られた結果を基に、実際に実験的口蓋床を被験者に装着し、床被覆の床下粘膜への影響について先の分析方法を用いて検討を行った。その結果、本分析方法の妥当性が示されたので報告する。

II. 実験材料および方法

1. 被験者

被験者には口腔粘膜に炎症等の異常がなく、口蓋形態が類似している、年齢 23~25 歳 (平均年齢 23.4 歳) の正常有歯顎者男子 10 名を用いた。

2. 口腔粘膜温の測定方法

1) 測定機器

口腔粘膜の測定には、サーミスタ温度データ収録装置 (宝工業社、モデル K-923) およびサーミスタ温度センサー (宝工業社、SXX-67) を用いた。本機は分解能 0.01°C 、誤差 0.1°C 以内であり、同時に最高 30 点の計測が可能である。温度センサー先端部の直径は 1 mm、測定範囲は $0\sim100^{\circ}\text{C}$ である (図 1, 2)。

サーミスタ温度データ収録装置からの出力は、 GPIB

コネクタでパーソナルコンピュータ (NEC 社、PC 9801) に入力と同時に、フロッピーディスクドライブ (NEC 社、PC-9881) を通しフロッピーディスク (NEC 社、PC-8886) に記録した。実験時には、CRT ディスプレイ (NEC 社、PC-8853) に測定値を表示し、モニターした。測定および記録は、6 秒間隔で測定開始直後から行った。

図 1 サーミスタ温度集録装置

図 2 サーミスタ温度センサー

図 3 口蓋粘膜温の測定点

図 4 サーマスタ温度センサーを取りつけた測定用シーネ

記録した測定値は、フロッピーディスクから呼出し、プリンター (NEC 社, PC-8822) に打ち出した。

2) 測定部位および測定用シーネの製作

本研究では、上顎総義歯を想定して口腔粘膜温度の測定点は、口蓋正中部 3 点、正中部から約 1 cm 頬側よりの小臼歯部左右各 1 点、正中部から約 1 cm 頬側よりの大臼歯部左右各 1 点の計 7 点とした (図 3)。

測定に際しては、センサー固定用のシーネを各被験者ごとに製作した。各被験者の上顎模型を寒天印象により製作した。作業用模型上に厚さ 1.2 mm プラスティックシートをおき、真空加圧成型プレス (オムニデンタル社, オムニバック) で圧接し、外形を整えた。測定部位外の口蓋粘膜はシーネの材質による熱の拡散を防ぐため、可及的に被覆しない形態とした。

サーミスタ温度センサーのシーネへの固定は、シーネに直径 1.5 mm の穴を開け、測定部位に対して温度センサーが垂直になるように、コンパウンド (而至歯科工業社, ペリコンパウンド) で固定した。温度センサーのリード線はシーネの前歯切端部に常温重合レジン (而至歯科工業社, ユニファースト) で固定した (図 4)。測定に際しては、測定 1 時間以内の食事や全身運動を禁止し、被験者を室温 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ の実験室内に 30 分以上滞在させてから行った。

3. 実験的口蓋床の製作

通常の総義歯製作を想定して、各被験者の上顎を個人トレーとポリサルファイドラバー印象材 (而至歯科工業社, シュールフレックス) で精密印象し、作業用模型を製作した。作業用模型上で総義歯を想定して、後縁は Ah ライン付近で、外側は歯牙の舌側最大豊隆部までとし、パラフィンワックス 1 枚の厚さでワックスアップした。これを透明加熱重合レジン (而至歯科工業社, アク

ロン) を用いて、低温長時間重合を行い完成した。ただし、口蓋床内面はバフ研磨まで行った。また、実験的口蓋床の維持は舌側歯頸部のアンダーカットを用いた。この実験的口蓋床は若干の粘膜の加圧はあるものの、被覆による影響のみをみるためのものであり、本研究では一応非加圧型口蓋床と呼ぶ。

つぎに、咬合時に床下粘膜を強く加圧させるため、非加圧型口蓋床での実験終了後に、臼歯部の口蓋床辺縁部に常温重合レジンを盛り上げ、中心咬合位で下顎臼歯部舌側咬頭頂が接触し、床下粘膜を強加圧するように調整した。本研究ではこれを加圧型口蓋床と呼ぶ。

4. 測定条件の検討

まず、口唇閉鎖の有無および温度センサーの粘膜面への圧入の有無による定常温度の安定性について検討を行った。温度センサーの粘膜面への圧入は、約 0.5 mm とした。測定値の分析は、各被験者毎に測定開始から 1 分間隔で 1 分間の測定値の平均値と標準偏差 (測定数 10) を求め、この値から変動係数を算出し、被験者平均を求め比較検討した。

つぎに、これらの条件の中で最も安定性の良かった条件で得られた定常温度の測定日時による再現性を 6 人の被験者について検討した。測定は同一日の午前 9 時、正午、午後 3 時の 3 回、3 日間連続で行った。測定値の分析は、定常温度に到達後 (10 分後) の 1 分間の測定値の全被験者の平均値と標準偏差を求め比較検討した。

5. 分析方法の検討

1) 最小自乗法による定常温度の分析

口腔粘膜に限らず生体の体温測定に際して、温度計の値 (y) はそのときの定常温度 (c) に向かって上昇する。その上昇速度 (dy/dt) は定常温度との差 ($c-y$) に比例 ($1/\tau$) すると考えるのが妥当である。このことは

$$\frac{dy}{dt} = \frac{1}{\tau}(c-y)$$

という微分方程式で表すことができる。これを y について解くと、

$$y = c - (c - y_0)e^{-\frac{t}{\tau}} = c - Ae^{-\frac{t}{\tau}}$$

という指数関数を含む式が得られる。ただし、 y_0 は測定開始時の温度計の値、 τ は時定数 (秒) である。この時定数は定常温度との差が、その $1/e$ すなわち 36.8% にまで減少するのに要する時間を示すものであって、この値が大きいかほど温度上昇がゆるやかであることを示すことに

なる。

ここで実験開始後の時刻 (t) とそのときの温度 (y) から定常温 (c) および時定数 (τ) が求められることになるのであるが、この式は指数関数を含んでいて、線形ではないので、これを線形化しなければならない。線形化の方法としては両辺の対数をとるのが一般に行われているが、この式は常数項を含むために、この方法は適用できない。

そこで佐々木²⁴⁾によって開発されたプログラムを使用することにした。このプログラムは、この式を Taylor 級数に展開して、2 次の項ならびにそれ以降を切り捨てることによって近似的に線形化し、A、C および τ の妥当な値を初期値として与えたあとで、最小自乗法によって A、C および τ の補正値を求めることを骨子としたもので、さらにこのようにして得られた A、C および τ の近似値をふたたび初期値とすることによって、よりよい近似値を求めるという手順を反復するものである (図 5)。

このプログラムでは測定の時間間隔は等間隔でなくてもよいのであるが、測定機器のサンプリングタイムが 6 秒であることから、それぞれ 12, 24, 36, 48 および 60 秒間隔で 5 点の測定値を用いて算出した。

得られた時定数について 10 名の被験者の平均値と標準誤差を求めた。以後の検討でも同様に全被験者の平均値と標準誤差により表した。

2) 温度刺激後の分析方法

つぎにこの最小自乗法による関数が、口腔粘膜に温度刺激を加えた際の温度動態を近似できるかについて検討を行った。

口腔粘膜への温度刺激には通常の飲食物による温度刺激を想定して、10°C の冷水および 60°C の温水を用いた。測定は、あらかじめ測定用シーネを口腔内に装着させ、定常温度が得られたことを確認してから行った。

図 5 最小自乗法による温度動態の分析方法

冷・温水の摂取量は 30 cc とし、一度に全量を嚥下させ、直ちに口唇を閉鎖させてから測定を開始した。温度刺激はまず冷水で行い、定常温度に到達後に、つぎの温水による刺激を加えた。

3) 粘膜厚径と時定数との関連について

粘膜温度測定部の粘膜厚径と粘膜の温度動態との関係を検討するため、全被験者の粘膜温度測定部位の粘膜厚径の測定を行った。粘膜厚径の測定は粘膜に表面麻酔を施し、22 ゲージの浸潤麻酔注射針を刺入し、刺入量をその部の粘膜厚径とした。

6. 実験的口蓋床装着による影響

測定はまず非加圧型口蓋床について、口蓋床装着前、装着 3 日後、1, 2, 3, 4 週後、除去 1 週後および 2 週後に行った。その後約 1 カ月の期間をあげ、加圧型口蓋床を装着し同様に測定を行った。ただし、加圧型口蓋床では 5 名の被験者について 2 週間装着させ、除去 2 週後まで測定を行った。

装着前の時定数と装着後および除去後の時定数について、平均値の差の検定を t 検定を用いて行った。また、

図 6 各測定点における測定温度の変異係数の時間的経過

いずれの口蓋床も装着した 5 名の各測定日における固有および冷・温水摂取後の各口蓋床の時定数について、平均値の差の検定を t 検定を用いて行った。

III. 実験結果

1. 測定条件について

閉口状態で測定した粘膜温度の変動係数の経時的变化では、変動係数が大きく定常状態は得にくかったが、閉口状態で測定では、温度センサーを粘膜へ圧入しない方が、変動係数は 8~10 分で小さくなり定常に達したと判断された (図 6)。

この結果から、以後の測定は閉口状態で、温度センサーを粘膜へ圧入せずに行うことにした。また、このような条件で測定開始から 10 分以上経過した粘膜温度を定常温度とした。

上記の条件での測定値の再現性を各測定時刻の 3 日間

図 7 測定時刻における定常温度の再現性

の平均値と標準偏差でみると、第 4~第 7 点では測定時刻による変動は少なかったが、第 1~第 3 点では測定時刻による変動が多かった。しかし、変動の大きい第 1~第 3 点でも午後 3 時の測定値の標準偏差は小さく、午後 3 時を測定時刻とすれば再現性が高かった (図 7)。

図 8 定常温度予測値と実測定常温度との比較

図 9 温度刺激後の定常温度予測値と実測定常温度との比較

図 10 各測定点における固有および冷・温水摂取後の時定数の平均値と標準誤差

表 1 被験者の粘膜厚径

Subject	Age	Thickness of the palatal mucosa						
		1	2	3	4	5	6	7
	25	1.3	1.8	1.5	2.0	2.2	2.0	2.3
	24	1.8	1.2	1.6	2.7	2.4	2.6	2.3
	23	1.9	1.3	1.4	2.7	2.8	2.5	2.7
	23	1.4	1.2	1.7	2.2	2.9	2.1	2.4
	23	1.2	1.4	1.6	3.0	3.3	2.9	3.2
	23	1.8	1.5	1.0	2.6	2.8	2.1	2.7
	23	1.3	1.1	1.5	2.3	2.7	2.2	2.8
	23	1.4	1.3	1.1	2.7	2.6	3.0	3.1
	23	1.2	1.0	0.8	2.1	2.8	2.3	2.6
	24	2.6	2.0	1.5	3.0	2.6	3.2	2.8
Mean		1.59	1.38	1.09	2.53	2.71	2.49	2.69

図 11 粘膜厚径と時定数の関連

図 12 非加圧型口蓋床装着に伴う固有時定数の平均値と標準誤差の経時的変化

2. 分析方法の検討

1) 最小自乗法による定常温度の分析

最小自乗法による温度動態の近似では、全測定点とも 60 秒間隔毎の 5 点を代入すると、定常温度に最も近く、この場合の各指数で近似した関数が実際の温度動態を最も良く近似しており、この時の時定数を定常温度へ到達する際の時定数（固有時定数）とした（図 8）。

2) 温度刺激後の分析

温度刺激直後から、12, 24, 36, 48 および 60 秒間毎の 5 点の入力によって得られた定常温度予測値については、定常温度での動態に比較して、入力間隔は短く、第 1 点については温水摂取時には 36 秒間が最も適当な入力間隔であったが、それ以外では温水摂取に関してはおおむね 48 秒、冷水摂取に関してはおおむね 60 秒間毎入力すれば実測定常温度に近い定常温度予測値が得られることが判明した（図 9）。

したがって、冷・温水摂取後の温度動態の分析では、48 秒間毎あるいは 60 秒間毎に入力して求めた定常温度

図 13 非加圧型口蓋床装着に伴う冷水摂取後の時定数の平均値と標準誤差の経時的変化

図 14 非加圧型口蓋床装着に伴う温水摂取後の時定数の平均値と標準誤差の経時的変化

予測値のうち、実測定常温度に近い値をとった時の時定数を用いることにした。

このような条件で得られた各測定点の時定数についてみると、固有時定数では第2点が最も長く、冷・温水摂取後の時定数は固有時定数よりも長かった。また、冷水摂取後の時定数は温水摂取後の時定数の約2倍の値であった(図10)。

3) 粘膜厚径と時定数との関連について

粘膜厚径は、第1点～第3点は1～1.5mmであり、第4点～第7点は2.5～2.7mmと第1点～第3点に比べ厚かった(表1)。粘膜厚径と時定数との関連についてみると、固有時定数では測定部位による差が少ないのに対し、冷・温水摂取後の時定数では第5点および第7点を除いて粘膜厚径の厚い測定点の時定数が大きかった(図11)。

3. 実験的口蓋床装着による影響

1) 非加圧型口蓋床による影響

(1) 固有時定数の経時的変化

固有時定数は、全測定点において口蓋床装着に伴い、装着3日後より短縮を示し、装着1週間から装着4週間にかけて有意に短縮していた。しかし、口蓋床除去直後より装着前の値に回復していき、除去1週間には第2点を除いて有意差は認められず、除去2週間にはほぼ装着前の値にまで回復していた(図12)。

(2) 冷水摂取後の時定数の経時的変化

冷水摂取後の時定数は、全測定点において固有時定数の経時的変化とは逆に装着3日後から装着4週間まで有意に増延していた。口蓋床除去後には装着前の値に回復してきたが、第2点を除いて除去1週間でも有意な増延を示していた。しかし、除去2週間には装着前の値に回復し、全測定点において有意差は認められなかった(図13)。

(3) 温水摂取後の時定数の経時的変化

図 15 加圧型口蓋床装着に伴う固有時定数の
平均値と標準偏差の経時的変化

温水摂取後の時定数は、全測定点において冷水摂取後の時定数と同様、装着3日後から装着4週後にかけて有意な増延を示していた。口蓋床除去に伴い装着前の値に回復していたが、除去1週後でも有意な増延を示していた。しかし、除去2週後には装着前の値にまで回復し有意差は認められなかった(図14)。

2) 加圧型口蓋床による影響

(1) 固有時定数の経時的変化

固有時定数は加圧型口蓋床装着に伴い、非加圧型口蓋床と同様に全測定点で短縮していき、装着3日後では第2点、第3点および第6点を除いて有意に短縮し、装着1週後から装着2週後まで有意に短縮していた。口蓋床除去後には装着前の値に回復してきたが非加圧型に比べ回復が遅く、除去1週後でも第1点、第3点および第6点を除いて有意に短縮していた。しかし、除去2週後には全測定点で装着前の値に回復し有意差は認められなかった(図15)。

図 16 加圧型口蓋床装着に伴う冷水摂取後の時
定数の平均値と標準偏差の経時的変化

(2) 冷水摂取後の時定数の経時的変化

冷水摂取後の時定数は加圧型口蓋床装着に伴い、全測定点で増延していき装着3日後から装着2週後まで有意に増延していた。また、非加圧型口蓋床に比べ装着3日後での増延が大きく、増延が早期に現れた。口蓋床除去後には装着前の値に回復してきたが、除去2週後でも装着前の値までには回復せず、除去1週後では全測定点で有意に増延していた(図16)。

(3) 温水摂取後の時定数の経時的変化

温水摂取後の時定数は加圧型口蓋床装着に伴い、全測定点で増延していき装着3日後から装着2週後まで有意に増延していた。また、非加圧型口蓋床に比べ装着3日後での増延が大きく、増延が早期に現れた。口蓋床除去後には装着前の値に回復してきたが、除去2週後でも装着前の値までには回復せず、除去1週後では全測定点で有意に増延していた(図17)。

さらに、口蓋床形態の相違による時定数への影響を比較した場合、固有時定数では第6点、温水摂取後の時定数では第6点と第7点で、加圧型口蓋床が非加圧型口蓋

図 17 加圧型口蓋床装着に伴う温水摂取後の時定数の平均値と標準偏差の経時的変化

床よりも有意に増延していた。

IV. 考 察

有床義歯装着後の床下粘膜の受ける生理学的な影響を明らかにする目的で、口腔感覚⁸⁻¹¹⁾、粘膜の血流量¹³⁾あるいは粘膜温度の測定^{12,14)}等が行われているが、この中で口腔感覚は被験者の自覚的判断に基づいているため客観性に欠けるきらいがある。歯肉を含めた粘膜の血流量の測定には、インピーダンスプレステモグラフィー^{13, 25-29)}、電解式組織血流計³⁰⁾、レーザードップラー血流計³¹⁾、交叉熱電対法³²⁾等が用いられている。また、粘膜温度の測定自体も粘膜の血流量を間接的に測定しようとするものと考えられる²⁶⁾。しかし、これらの報告のほとんどは、ある期間での変化の比較であって、同一部位における経時的変化の比較を行っているものは少ない¹³⁾。

このように口腔粘膜の生理的動態変化を測定する際には、人への適応を考えた場合、非観血的で、生体に侵襲

を加えることがなく、口腔内へ適用しやすく、生理的な状態で測定が可能で、再現性に優れ多数点を同時に測定できることなどが条件となる。さらに、得られた測定値の分析方法が生理的な変化を客観的に表すものでなければならない。

このような条件を満足するものとして佐藤¹³⁾、鳥居²⁵⁾、滝²⁶⁾、榎本²⁷⁾、難波²⁸⁾、曾根崎²⁹⁾はインピーダンスプレステモグラフィーを用いている。しかし、これらの報告では1ないし2点の同時測定しかできず、この点の改善が必要である。

そこで著者は、このような条件を満足するものとして、サーミスタ温度センサーによる口腔粘膜温度の同時多点測定を行った。口腔粘膜温度測定に関するこれまでの報告^{12,14,16-23)}では、粘膜温度自体を指標としており、温度動態を客観的にとらえることができなかった。著者は粘膜温度をより客観的に把握するため、佐々木²⁴⁾がホルモンの分泌や体温変化等の生体反応を時間的にとらえるため用いている最小自乗法に着目し、この分析方法の有床義歯装着に伴う口蓋粘膜温度の動態分析への応用を試みた。

1. 研究方法について

本研究では上顎総義歯装着を想定して実験を行ったため、被験者としては粘膜の炎症による口腔粘膜温度の変動³³⁾を避けるために口腔粘膜に炎症等の異常がなく、サーミスタ温度センサーの取り付け位置をできるだけ一定にするため、口蓋形態の類似した正常有歯顎者を選んだ。また、女性においては月経周期によって体温が変動する³⁴⁾ため男性を被験者として用いた。

従来より、生体の温度測定用機器としては、熱電対^{12,16,19-21)}やサーミスタ温度センサー^{14,22,23)}が用いられている。本研究では、先端部の直径が1mmと小さく、測定点の小範囲を正確に測定できるサーミスタ温度センサーと分解能が高く、多数点の同時測定が可能なサーミスタ温度測定装置を組合せて用いることにより、より測定精度を高めた。

測定用シーネは、冷温水摂取時に材質自体による熱の吸収や拡散を最小とするため、金属は用いず、プラスチックを用いた。また、口蓋粘膜の被覆も最小にし、直接測定用シーネが測定部位に接しないように配慮した。

口腔粘膜温度測定に際しては、食事や全身運動³⁴⁾あるいは室温による影響²³⁾を避けるため、測定1時間以内の食事や全身運動を禁止し、室温 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ の室内で30分以上滞在させてから測定を行った。

実験的口蓋床は、臨床上用材料として使用頻度の高いアクリリックレジンを用い、総義歯形態に準じて製作した。アクリリックレジンの残留モノマーは床下粘膜を刺激し、発赤、腫脹等を惹起する³⁵⁾ことから低温長時間重合³⁶⁾を行いできるだけ残留モノマーが生じないようにした。さらに、床内面はパフ研磨まで行いできるだけ滑沢な面とし、表面粗さによる機械的な影響を排除した。実験的口蓋床装着に際してはシリコン被膜法による適合性試験³⁷⁾を行い、非加圧型では適正と思われる被膜厚さになるように口腔内で調整した。加圧型では、同様に調べたが加圧されていたのは歯頸部歯肉であった。

口腔粘膜に温度刺激を加える方法として、温度刺激装置による刺激方法^{10,11,26,38)}や被験者に一定温度の飲食物を摂取させる方法¹⁶⁾があるが、日常生活の摂食動作を考慮して、冷水および温水摂取による刺激方法を用いた。冷水および温水の摂取量は吉田¹⁶⁾の報告から30 ccとした。温水の温度は、吉田¹⁶⁾が60°Cであれば飲食物の温度としては不快感もなく、至適温度であると述べていることからこの温度を用いた。冷水の温度については、温水の温度と口腔内温度の差が約25°Cであるため、同程度の温度差を持たせるため10°Cとした。冷温水の摂取については、すべての温度測定部位を同時に刺激するため、全量を1度に嚥下させ、嚥下後直ちに口唇を閉鎖させた。

2. 実験結果について

1) 測定条件について

実験に際して、口唇を閉鎖しセンサーを加圧しない状態が最も定常温度が安定していた。同様に口腔粘膜温度測定時の測定条件を検討した西川²³⁾は、口腔粘膜温度は著者の結果と同じく口唇を閉鎖すれば安定することを報告しているが、粘膜への加圧では、0.5 mm 加圧する方が安定することを報告している。この結果の相違は、西川²³⁾の報告では被験者が1名での測定であり、かつ平均値の大小で比較しており、著者の用いたばらつきを表す指標である変動係数³⁹⁾で比較していないためと考えられ、測定時には粘膜へ加圧しない方が測定値は安定すると思われる。

開口状態での測定値の変動が大きいののは、被験者自身の呼吸や室内の気流の影響によるものと考えられる。粘膜への加圧による変動は、加圧により粘膜の毛細血管の血流循環が阻害され鬱血状態となり、熱発散が均一でなくなったことにより測定値にばらつきがでたものと考えられる。

また、口唇を閉鎖し、温度センサーを粘膜へ圧入しない条件で得られた定常温度の測定時間および測定日時の再現性の検討では、午後3時が最も再現性が高く、経時的な測定に問題のないことが示された。生体の体温リズムは午後2時から午後4時の間が最も安定している⁴⁰⁾といわれており、この体温リズムの安定性のためと考えられる。鈴木⁴¹⁾も歯肉のインピーダンス測定では午後2時以降最小値に安定すると報告している。

滝²⁶⁾は熱電対またはサーミスターによる粘膜温の測定では外気温の影響をうけやすく、熱電対またはサーミスターそのものの応答特性が悪いため血流の早い変化に追従できない欠点を有していると述べている。今回の結果から口腔粘膜温の測定に際して、口唇を閉鎖し、温度センサーを粘膜へ圧入せず測定を行えば安定した測定を得ることができ、かつ本実験の目的は温度動態の全体的な把握であり、微小な温度動態の解析を目的としていないため、粘膜温測定にはなんら問題はないと思われる。さらに、午後3時ごろに測定を行えば再現性の高い測定値が得られることも分かった。

2) 分析方法について

測定開始から定常温度へ至る温度動態の分析方法の検討では、60秒間毎の5点を入力した場合、実際の温度動態を最も忠実に近似できることが判明した。佐々木²⁴⁾は、測定開始から定常温度へ至るまでの過程で、最初の1/3~1/2を入力区間とすると最小自乗法による関数が実際の温度動態を最も良く近似できると述べている。今回の実験では定常温度到達時間が約10分であり、入力区間は佐々木²⁴⁾の述べているものとほぼ一致していた。温度刺激後の分析方法の検討では、固有時定数を求める場合に比較して、温度刺激後の時定数では入力間隔は短かった。このような温度刺激後の変化が定常温度へ達する変化よりも急激に起こることについて以下のようなことが考えられる。すなわち、定常温度到達時間は血流によって運ばれてくる生体自身の熱が、末梢血管で産生と喪失の平衡状態に達する時間⁴²⁾であり、より長時間を要するのに対し、温度刺激後の定常温度へ復帰する時間は、温度刺激によって末梢毛細血管の血流量が増加²⁶⁾し、粘膜への熱放散が増加したことにより、定常温度への到達時間が早くなったものと考えられる。Brill¹²⁾も、義歯装着者の床下粘膜温は有歯顎者に比べ高く、この温度上昇は床下粘膜の血流量を増加させると報告しており、実際に有床義歯を装着した場合でも、この結果が生じるものと思われる。

温度刺激後の定常温度到達時間に関しては、滝²⁶⁾はブ

レスチモグラフィーを用いた実験で、0°C の水を接触させた場合血流量が増加し約 1 分後にもとのレベルに復帰し、60°C の水を接触させた場合でも血流量が増加し、1 分 40 秒後にもとのレベルに復帰したと報告している。また、吉田¹⁰⁾は、熱電対を用いた実験で 60°C の温水、くず湯、豆腐摂取後の歯肉温度の基準温度までの復帰時間は、口を閉じた状態で約 2~8 分を要すると述べ、著者の結果と同様、滝²⁶⁾の報告と時間的なずれがあるが、血流量の増加により産生した熱が組織を伝導する時間的なずれのためではないかと思われる。

3) 粘膜厚径と時定数との関連

固有時定数では、口蓋正中部の第 2 点が最も長かったが、温度刺激後の時定数では粘膜厚径の薄い口蓋正中部の 3 点はむしろ短い傾向を示した。口蓋粘膜の毛細血管分布では、粘膜厚径の薄い部分には分布が少なく、粘膜厚径の厚い部分には毛細血管の分布が豊富なことが報告⁴³⁾されている。このため、毛細血管の分布は少なく、粘膜の薄い口蓋正中部では、血管からの熱が拡散しやすく、不安定なため定常温度への変化に長時間を要したと考えられる。温度刺激後には毛細血管の分布が豊富な粘膜の厚い測定部位の方が、血流量増加により産生した熱が組織を伝導する時間的なずれのため、かえって長時間を要したのではないかと考えられる。

4) 実験的口蓋床装着による影響

実験的口蓋床装着に伴い、固有時定数では、非加圧型の場合装着 3 日後より 4 週間にかけて装着前に比べて有意に短縮し、加圧型では、非加圧型より変化はやや早期に現れ、その程度も大きかった。冷・温水摂取後の時定数では、非加圧型の場合装着 3 日後より除去 1 週間にかけて、装着前に比べて有意に増延した。これらの変化は、加圧型において著明であり、除去 2 週間でも装着前の値には回復しなかった。すなわち、実験的口蓋床装着により、測定開始から定常温度への動態は急激になり、温度刺激後の定常温度への動態は緩慢になることを意味している。

大原¹¹⁾は、犬を用いた実験で、口蓋組織をレジン床で被覆しただけの場合 10 日頃まではほとんど変化を起こさないが、15 日以上になると上皮下結合組織に中等度の炎症性変化がみられ、口蓋組織に力に加わるようなレジン床を装着した場合、3~5 日の早期に明らかな上皮の増殖、肥厚ならびに結合組織の炎症性反応が認められ、これらの変化は 10~15 日でさらに顕著となったと報告しており、著者の非加圧および加圧型口蓋床装着による時定数の経時変化とも一致し、加圧による影響が時定数に

より客観的に把握できることが分かった。一方、加圧による口腔粘膜の血流量の変化に関して、榎本²⁷⁾は粘膜加圧と同時に血液および組織液の加圧部への移動が認められ、荷重量の大きい方が除重後の回復が早かったと報告しており、難波²⁸⁾は血液と組織液の移動量は荷重量の増加に伴い急激に高くなることを報告している。これらの報告と著者の結果を考えあわせると、加圧により血液がその部に貯留し、そのため口蓋床装着により固有時定数が装着前の固有時定数よりも短縮し、かつ加圧した方が血流量の増加が大きいためより短縮したものと考えられる。

冷・温水摂取後の時定数の増延については、口蓋床装着により床下粘膜の血流量はすでに増加しているため、冷・温水による刺激が加わってもそれ以上の血流量の増加が起こらず、冷・温水摂取後に時定数が増延したものと考えられる。

また、口蓋床形態の相違による影響を比較した場合、加圧型口蓋床では実際に加圧が行われていた測定点の内第 6 点と第 7 点で、固有および温水摂取後の時定数が、非加圧型口蓋床よりも有意に増延していた。このことは、多数歯欠損で床下粘膜が咀嚼圧を負担する、いわゆる粘膜支持型の義歯を装着した場合には、今回の結果以上の変化が生じることを示唆しているものと思われる。

以上今回の結果から、有床義歯を装着した場合のこれまでの組織学的、組織化学的、血流量変化等の生理学的変化と同様に、最小自乗法による時定数を用いれば、床下粘膜温の動態分析によってもその影響を鋭敏に把握できることが判明した。ただし、本研究は正常有歯顎者における検討であるため、今後有床義歯装着者についても検討を加える必要がある。

V. 結 論

有床義歯装着に伴う床下粘膜温の動態変化を知る目的で、正常有歯顎者 10 名の口蓋粘膜の 7 測定点を対象に、まず測定条件について検討を行った。つぎに得られた最適な測定条件で、口腔粘膜温の動態を客観的に把握するため、温度測定開始から定常温度へ到達する際の、温度と時間との関係を最小自乗法を用いて近似することを試みた。また、冷・温水による温度刺激後の口腔粘膜温の動態についても最小自乗法を用いて近似することを試みた。なお、口蓋粘膜厚径と時定数との関連についても検討を加えた。さらに、以上のような方法で求めた時定数を用いて、実験的口蓋床（非加圧型、加圧型）装着によ

る口腔粘膜温の動態変化に関して検討を加えた。

得られた結論は以下の通りである。

1. 測定に際しては口唇を閉鎖し、温度センサーを粘膜に圧入せず測定を行えば安定した測定値が得られた。

2. 測定時刻としては午後3時頃が最適であり、経時的にも再現性が高かった。

3. 測定開始から定常温度への動態を最小自乗法で近似する場合、60秒間毎の測定値を入力して時定数(固有時定数)を求めれば、定常温度予測値と実測定常温度とは良く近似していた。

4. 冷・温水摂取後の定常温度への動態を最小自乗法で近似する場合、48秒間毎あるいは60秒間毎の測定値を入力して時定数を求めれば、定常温度予測値と実測定常温度とは良く近似していた。

5. 粘膜厚径との関連では、固有時定数においては差はなかったが、冷・温水摂取後の時定数は粘膜厚径の厚い部位ほど大きかった。

6. 実験的口蓋床装着に伴い、固有時定数は装着3日後から有意に短縮したが、除去後には装着前の値に回復していった。しかし、加圧型口蓋床では、除去1週後も有意な短縮を示す測定点が多かった。

7. 実験的口蓋床装着に伴い、冷・温水摂取時の時定数は装着3日後から有意に増延し、この増延は加圧型口蓋床に著明に現れた。除去後には装着前の値に回復していったが、除去1週後も全測定点で有意な増延を示していた。また、口蓋床形態による影響では固有および温水摂取時の時定数において、加圧型が有意な増延を示す測定点が認められた。

以上の結果から、最小自乗法による時定数を用いれば、有床義歯装着に伴う口蓋粘膜温度の動態を客観的にかつ鋭敏に把握できることが判明した。

本論文の要旨の一部は第75回(昭和61年6月14日、大阪)、第76回(昭和61年10月24日、東京)、第77回(昭和62年5月30日、盛岡)の日本補綴歯科学会学術大会および日本ME学会専門別研究会通回第25回顎口腔機能研究会(昭和62年11月1日、東京)において発表した。また、本論文の要旨の全部は第58回岐阜歯科学会例会(昭和62年9月19日、岐阜)において発表した。

稿を終えるに当たり、終始ご懇篤なるご指導とご校閲を賜りました川野襄二教授に深謝致します。また、温度分析についてのご指導とご校閲を賜りました熊本大学医学部遺伝医学研究施設生体制御部門佐々木隆教授に心より感謝致します。

さらに本研究の遂行に当たって終始ご協力、ご助言を頂きました山内六男講師に感謝の意を表すとともに、実験に協力頂いた

被験者各位に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 大原 靖：有床義歯の咬合状態による床下組織の変化に関する実験的研究，補綴誌，10：114～125，1966。
- 2) 松浦基一：口蓋部軟組織の加圧時の変化ならびにその組織学的研究，口病誌，46：323～362，1979。
- 3) Kydd, W.L. and Daly, C.H.：The biologic and mechanical effects of stress on oral mucosa, J Prosthet Dent, 47：317～329，1982。
- 4) 石川 輔：義歯床下粘膜の動態に関する実験的研究—圧迫床下のヒト口蓋粘膜の光学および電子顕微鏡的検索—，愛大院大歯誌，24：237～263，1986。
- 5) 小山栄三，岩崎 禎，大原 端：義歯床下粘膜の組織呼吸に関する実験的研究，補綴誌，15：316～321，1971。
- 6) Razeq, M.K.A. and Shaaban, N.A.：Histochemical and histopathologic studies of alveolar mucosa under complete dentures, J Prosthet Dent, 39：29～36，1978。
- 7) 三木基二：有床義歯装着に伴う床下粘膜の酸性ムコ多糖の変動に関する実験的研究，歯科医学，42：699～720，1979。
- 8) 川口隆彦：総義歯初装着前の口腔粘膜および総義歯床下粘膜の電気的刺激感覚に関する研究，補綴誌，16：59～90，1972。
- 9) 桑田晋作：口腔粘膜，特に総義歯床下粘膜の痛覚閾に関する研究，補綴誌，18：1～11，1974。
- 10) 稲葉俊介：総義歯床下粘膜の温度感覚閾に関する研究 第1報 不適合な総義歯の装着者について，補綴誌，16：107～137，1972。
- 11) 山本 均：総義歯床下粘膜の温度感覚閾に関する研究 第2報 総義歯再装着の前後間における床下粘膜の温度感覚閾の差異について，補綴誌，17：33～44，1973。
- 12) Maeda, T., Stoltze, K., User, A., Kroone, H., Jensen, K.E. and Brill, N.：Mucosal temperature rises following long-term use of full dentures, J Oral Rehabil, 6：159～166，1979。
- 13) 佐藤哲雄：総義歯装着前後の床下組織のインピーダンス変化，歯学，68：378～393，1980。
- 14) 長澤 亨，護得久朝保，西川信吉，岡根秀明，藤岡道治，津留宏道：各種床用材料の熱伝導性について，補綴誌，29：936～943，1985。
- 15) Wehner, P.J.：Heat transfer properties of denture base materials, M.S. Thesis, Univ. of Michigan School of Dent, 1959(長谷川二郎監訳，修復材料の歯科理工学クインテッセンス出版，東京より引用)。
- 16) 吉田匡俊：実験的加温食の摂取に伴う歯肉辺縁の温熱的変動に関する検討，名古屋市医学誌，25：41～64，1974。
- 17) 堀 莊平，黒山 巖：口腔内温計測に関する研究 第一報，

- 日科誌, 5: 394~402, 1956.
- 18) 黒山 巖, 堀 莊平: 口腔内温計測に関する研究 第二報, 日科誌, 7: 227~234, 1958.
 - 19) Quigley, L.F., Cobb, C.M. and Hunt, E.E.: Measurement of oral and burning zone temperatures during conventional and reverse cigarette smoking, Archs Oral Biol, 10: 35~44, 1965.
 - 20) Brill, N., Maeda, T. and Stoltze, K.: Dose a temperature gradient exist across the mucogingival junction?, J Oral Rehabil, 5: 81~87, 1978.
 - 21) Maeda, T., Stoltze, K., User, A., Kroone, H. and Brill, N.: Oral temperatures in young and old people, J Oral Rehabil, 6: 159~166, 1979.
 - 22) 浅田英文, 野田憲一: ヒトの口腔における可測部の表面温度の分布, 福岡歯大誌, 6: 297~303, 1979.
 - 23) 西川梧郎, 角南昌治, 大島玲子, 青木孝朗, 河合泰洋, 尾形和彦, 佐藤隆志: 義歯床下粘膜の温度変化 第1報: 測定方法, 岡山歯学会雑誌, 4: 77~83, 1985.
 - 24) 佐々木隆: パーソナルコミュニケーション, 1985.
 - 25) 島居建吾: Impedance Plethysmography による上顎口腔粘膜血流量に関する研究, 歯学, 61: 788~799, 1973.
 - 26) 滝 伸之: 各種刺激に対する口蓋粘膜の血管反応に関する研究—インピーダンス・プレステモグラフィーと反射型光電プレステモグラフィーの併用による観察—歯学, 64: 589~611, 1976.
 - 27) 榎本善仁: 加圧に対する口蓋粘膜の生理学的反応に関する研究—インピーダンス・プレステモグラフィーと反射型光電プレステモグラフィーの併用による観察—, 歯学, 65: 230~254, 1977.
 - 28) 難波練久: 有歯顎ならびに無歯顎における加圧時の上顎口腔粘膜の変化に関する研究, 歯学, 66: 881~905, 1978.
 - 29) 曾根崎利雄: 粘膜加圧時におけるインピーダンス変化と粘膜変位に関する研究, 歯学, 69: 437~462, 1981.
 - 30) 江口芳美, 榎本友彦, 立浪 徹, 三木俊治, 小司利昭, 森田修己: 電解式組織血流量計による床下支持粘膜血流量測定
 - の検討, 歯学, 73: 1582~1585, 1986.
 - 31) 山倉久史, 岡田菜穂子, 戸塚明美, 大竹 徹, 宮下 元, 長谷川絃司: レーザー・ドップラー血流量計を用いた歯肉毛細血管血流量の基礎的研究, 日歯周誌, 28: 646~653, 1986.
 - 32) 松川英彦, 伊藤春生, 高橋和人: 交叉熱電対法の口蓋粘膜循環動態への応用, 神奈川歯学, 7: 53~60, 1972.
 - 33) 村松隆丸: 口腔領域に於ける急性炎症巣の局所熱に就て, 口病誌, 17: 155~163, 1943.
 - 34) 青木 健: 体温; 最新歯学生理学 (市岡正道, 斉藤忠義, 河村洋二郎, 覚道幸男, 坂田三弥編), 2 版, 538~540, 医歯薬出版, 東京, 1982.
 - 35) Smith, D.C. and Bains, M.E.D.: Residual methyl methacrylate in the denture base and its relation to denture sore mouth, Br Dent J, 18: 55~58, 1955.
 - 36) Weaver, R.G. and Gyge, G.: Advancements in processing techniques, J Am Dent Assoc, 56: 375~381, 1958.
 - 37) 細井紀雄: 義歯床の適合性試験法に関する研究, 鶴見歯学, 2: 111~134, 1976.
 - 38) 田村 武, 稲葉俊介, 間下成子: 電子冷却を応用した口腔内温・冷刺激装置の考案開発, 補綴誌, 11: 94~97, 1967.
 - 39) 田中恒男: 新・統計のまとめ方つかい方, 32, 医歯薬出版, 東京, 1975.
 - 40) 池田孝義, 吉田康久, 谷村久康, 小宮山泉: 体温の変動と体温測定部位の選択について, 京府医大誌, 54: 89~93, 1953.
 - 41) 鈴木 隆, 平 孝清, 松本範雄, 林謙一郎, 八幡文和: 歯肉のインピーダンス測定法の基礎的研究 第2報 口腔内組織, 特に歯肉インピーダンスの部位的変動について, 岩医大歯誌, 3: 145~159, 1978.
 - 42) 古本克磨, 田縁 昭, 井口次夫, 根本悦男: 口腔外科領域におけるサーミスタ温度計の応用について, 九州歯会誌, 22: 158~163, 1968.
 - 43) 上條雍彦: 口腔解剖学 第3巻, 506~510, アナトーム社, 東京, 1966.