

フラビーティッシュの印象採得のための 各種印象材の硬化特性について

濱 野 徹

Hardening Characteristics of Various Impression Materials for Impression Making of Flabby Tissue

Tohru HAMANO

Keyword: Flabby tissue, Impression material, Hardening characteristics, Working time, Setting time, Relaxation modulus in shear

The hardening characteristics of zinc oxide eugenol (Ha, Me), polysulfide rubber (Su) and silicone rubber (Co, Xa, Ex, Pr, Si) as impression materials for ridges with flabby tissue, were measured at 23°C and 37°C, or only 23°C by loads using glass plates (0.5, 1.0, 1.5 kgf), a reciprocating rheometer and stress relaxation apparatus.

The measurements in three types of materials were different from each other, but those in the same typewere considerably similar to each other and indicated that Ha and Pr respectively were softer than the others.

So the measurements of Ha, Su and Pr were evaluated.

1. Hardness just after completion of mixing : Pr was softest.
2. Duration of softness : Ha>Su>Pr
3. Working time and setting time : Pr was shortest.
4. Rapidity of the hardening reaction : Ha>Pr>Su
5. Dependence on load just after completion of mixing : Ha>Pr>Su
6. Dependence on temperature : Ha>Su>Pr

The impression materials for flabby ridges should be selected with consideration of these hardening characteristics. The order of preference might be strongly influenced by the experience of the dental practitioner (e.g. : time required for impression procedure, settling force of impression tray).

キーワード: フラビーティッシュ, 印象材, 硬化特性, 操作時間, 硬化時間, 緩和ずり弾性率

フラビーティッシュを有する顎堤の印象採得に使用される印象材のうち, 酸化亜鉛ユージノール (Ha, Me), ポリスルファイドラバー (Su), シリコンラバー (Co, Xa, Ex, Pr, Si) について, 各種荷重負荷条件下において, また, レオメータならびに応力緩和試験機を用いて, 23°C と 37°C あるいは 23°C のみでの硬化特性を測定した。

原稿受付 1993年2月22日, 受理 1993年3月19日

鹿児島大学歯学部歯科補綴学第2講座 (主任:長岡英一教授) (〒890 鹿児島市桜ヶ丘8-35-1)

The Second Department of Prosthetic Dentistry, Kagoshima University Dental School (Chief: Prof. Eiichi NAGAOKA) (8-35-1, Sakuragaoka, Kagoshima 890)

その結果, 硬化特性は, 系列によって異なり, 同系列内では比較的類似しているが, Ha および Pr は他のものより軟らかかった。

そこで, Ha, Su および Pr の硬化特性を比較した。

1. 練和終了直後の硬さ: Pr が最小
2. 軟らかさの持続時間: Ha>Su>Pr
3. 操作時間と硬化時間: Pr が最小
4. 硬化反応の急速さ: Ha>Pr>Su
5. 練和終了直後の荷重依存性: Ha>Pr>Su
6. 温度依存性: Ha>Su>Pr

以上の結果から, 術者の臨床経験 (印象操作時間, 印象用トレーの圧接力など) が硬化特性に影響すると考えられた。したがって, flabby tissue の印象採得にあたってはこれらの硬化特性に留意して印象材を選択すべきである。

I. 緒 言

無歯顎における義歯を支持する組織の表現法すなわち印象法には, 粘膜をどのようにとらえるか種々の考え方があり, 多くの研究報告¹⁻⁷⁾がある。

また, flabby tissue が存在する顎堤は, コンニャク状顎堤とも呼ばれ, その被圧変位性が大きく, 力が加わると容易に形態変化する⁸⁾。そのために, 印象採得に際しては, flabby tissue の形態変化が生じないように, 印象材の選択ならびに個人トレーの作製法などに考慮が払われている⁹⁻¹⁵⁾。しかしながら, flabby tissue の形態変化を小さくとどめる印象方法については未だ十分に明らかにされていない。

そこで, flabby tissue を有する上顎無歯顎を想定したシミュレーションモデルを作製し, 個人トレーの設計 (スパーサーや通出孔の付与法), 印象採得時におけるトレーの圧接方向および印象材の種類が flabby tissue の形態変化に及ぼす影響について報告し

た^{16,17)}。すなわち, flabby tissue の形態変化は, トレーの設計や圧接方向によって小さくすることが可能であるが, 場合によってはかえって大きくなることもあることがわかった¹⁶⁾。さらに, flabby tissue の形態変化を小さくするためには, スパーサーよりも通出孔の効果の方が大きく, 通出孔については数ばかりでなくその設定位置が重要であり¹⁷⁾。また, 印象材の流動性についても, 詳細な検討が必要であることが示唆された^{16,17)}。

そこで, トレーの設計に関して通出孔の設定位置の影響について検討するとともに¹⁸⁾。印象材の流動性について検討することを計画した。

印象材の流動性については, 術者の臨床経験によってもたらされる印象採得操作の円滑さの違い, すなわち, 印象材の練和開始から口腔内圧接までの所要時間や, トレーの圧接力などにより大きく左右されると考えられる。また, 口腔内における印象採得操作を良好かつ安定化させるためには, 流動特性, 見かけ粘度,

Table 1 Materials

Material	Type	Code	Batch No.	Manufacturer	Mixing proportion (Base(g)/Catalyst(g))	Mixing time(s)
Impression Paste Hard	Zinc oxide eugenol	Ha	151021	G.C.	3.00	45
Impression Paste Medium		Me	271121	G.C.	3.00	45
Surflex F Injection	Polysulfide rubber	Su	211121	G.C.	0.67	45
Coltex Fine		Co	9208-056	Coltene	5.21	60
Xantopren Light Body		Xa	2737 U 5033 H	Bayer	24.81	30
Exaflex Injection	Silicone rubber	Ex	160922	G.C.	1.00	30
Provil Low Viscosity		Pr	3601 H 3634 H	Bayer	1.00	30
Silascon Injection		Si	KK 022209	Dow Corning	1.00	30

応力緩和などの印象材の粘弾性挙動を知ることが重要である¹⁹⁾。

そこで、flabby tissueを印象採得する観点から、補綴臨床でwash impression²¹⁾に用いられている8種類の印象材の硬化特性について検討した。

II. 材料と方法

1. 実験材料

実験に使用した8種類の印象材について、コード、製造番号、練和比および練和時間をTable 1に示した。練和条件は製造会社の指示に従った。

2. 測定方法

測定は室温(23°C±0.5°C)あるいは口腔内温度を想定した温度(37°C±0.5°C)で行った。以下、室温は23°C、口腔内温度は37°Cと表記する。

1) 操作時間と硬化時間²⁰⁻²²⁾の測定

レシプロケーティングレオメータを用いて、各種印象材の23°Cでの操作時間ならびに23°Cと37°Cでの硬化時間を測定した。本装置は、180 gfの力に対し0.1 mm変位するバネを介して、印象材に一定の振動変位を与え、印象材が硬化するに従ってその振幅が減少する様子を記録する装置である。操作時間と硬化時間の決定法はFig. 1に示した。

2) 各種の荷重負荷条件下で求める硬化特性

練和した各印象材をシリンジを用いてガラス板上の5ヵ所に一定量(0.5 cm³)ずつ抽出し(Fig. 2)、その上に練和開始から60, 90, 120, 150 sの各時間に0.5, 1.0, 1.5 kgfのガラス板をのせ、印象材を流動させた。荷重の負荷を開始する時間は、印象材の練和

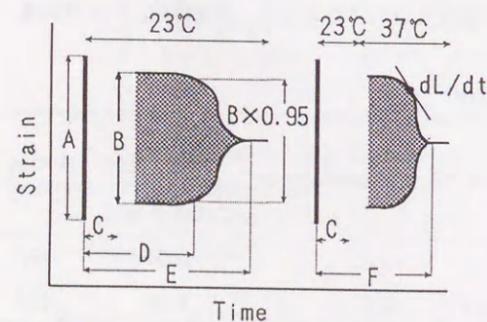


Fig. 1 A example of reciprocating rheometer

- A : Strain without impression material
- B : Initial strain with impresssion material
- C : Mixing time
- D : Working time
- E : Setting time (23°C)
- F : Setting time (37°C)
- dL/dt : Slope of tangential line

を開始してから口腔内に圧接するまでの所要時間を想定したものであり、荷重はトレー圧接時の圧接力を想定したものである。

それぞれの荷重負荷条件下における各印象材の経時的なひろがり、ビデオカメラ(CCD-V900, SONY)で撮影し、画像処理装置(nexus, 柏木研究所)にとりこみ、この再生画像上で印象材のひろがり直径(水平方向と垂直方向)をデジタイザを用いて計測した(Fig. 2)。計測時間は、荷重負荷開始後1, 5, 10, 15, 30, 60, 120, 180, 240, 300, 360, 420, 480 sの各時間とした。このひろがり直径の経時変化は、それぞれの印象材が練和完了から硬化終了までに変化する印象材の性質によって決まるものである。従って、本実験ではこの計測値を硬さの目安値とし、その硬化特性の経時的な変化を流動性の指標と考え、計測時間1 sの値を初期値、計測値の最大値を最終値、計測時間1 sから計測値が最終値に達するまでの時間を流動持続時間として評価した。実験は23°Cで

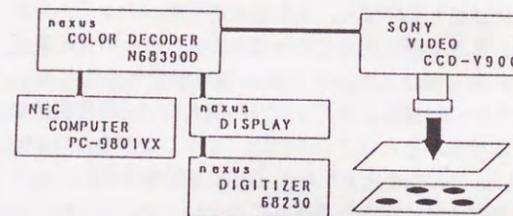


Fig. 2 Schematic diagram of measuring method of settling expansion

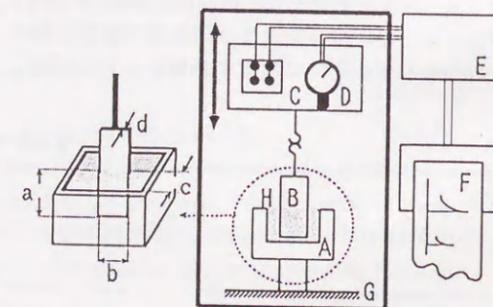


Fig. 3 Schematic representation of measuring apparatus for relaxation modulus in shear

- A : Sample case a : 1.530 cm
- B : Metal plate b : 1.510 cm
- C : Load cell c : 0.727 cm
- D : Dial gauge d : 0.032 cm
- E : Amplifier
- F : Recorder
- G : Thermal control unit
- H : Impression material

III. 結果

1. 操作時間ならびに硬化時間

23°Cにおける操作時間ならびに23°Cと37°Cにおける硬化時間をFig. 4に示した。どの印象材も硬化時間は温度依存性を示し、37°Cでは23°Cの1/2以下になった。操作時間は、Ha>Me>Su>Co>Pr≥Ex>Si>Xaの順に長く、とくに、Haの長さ(821 s)とXaならびにSiの長さ(各々81 sと112 s)は、他の印象材に比べて著しかった。硬化時間は、23°CではHa>Su>Co>Ex>Me>Si>Pr>Xaの順に長かったが(915 s~227 s)、37°CではSu>Co>Ex>Ha≥Me>Si≥Pr>Xaの順に長く(290 s~113 s)、特に、Haは温度依存性が高かった。さらに、23°Cにおける操作時間と硬化時間の差は、HaとMeでは他の印象材よりも著しく小さく、硬化反応がシャープなことを示した。

2. ひろがり直径により求めた硬化特性

各種荷重の負荷条件下における経時的なひろがり直径の計測結果を、印象材の系列ごとにFig. 5~7に示した。グラフの横軸は練和開始後の経過時間、縦軸は印象材のひろがり直径を示している。

グラフ中に表示した、0.5, 1.0, 1.5 kgfの各荷重、60, 90, 120, 150 sの各荷重負荷開始時間については、以下の本文中においては、L-0.5, L-1.0, L-1.5, およびLS-60, LS-90, LS-120, LS-150と略記する。

どの印象材においても、荷重負荷開始が遅いほど、また荷重が小さいほど、ひろがり速度は小さくなり、最終値も小さくなった。さらに、荷重負荷開始後のひろがり直径の増大率は経時的に小さくなった。

1) 酸化亜鉛ユーージノール (Fig. 5)

Haでは、初期値が21.8~28.8 mmであり、荷重の違いによる差が明確で、その後の流動持続時間は長かった。Haの最終値は27.3~34.9 mmとなり、最終値のうち大きいものは今回の8種の印象材のうちで最も大きかった。

これに対し、Meでは、初期値は20.3~27.2 mmで、流動持続時間が短く、荷重を負荷して約5 sでほぼ最終値に達し、これらは21.6~28.9 mmとなった。これら初期値と最終値はともに、荷重の違いによる差が大きかったが、荷重負荷開始時間の違いによる差は小さかった。

2) ポリサルファイドラバー (Fig. 6)

Suでは、初期値が21.4~25.1 mmであり、HaやMeとは異なり、荷重の違いによる差はほとんどなかった。一方、Suの荷重負荷開始時間の違いによる初期値の差は、HaやMeのものよりも大きい傾向を示した。また、Suでは、その流動持続時間はHaに次

行った。

なお、製造会社指示の練和時間に従うと、Ha, Me, SuおよびCoの各印象材については、練和開始後の経過時間60 sでは、練和終了から負荷開始までの準備時間が短すぎて、そのデータを採取することは不可能であった。

3) レオメータで求める硬化特性

レシプロケーティングレオメータによる時間経過に伴う振動変位の減少の割合は、硬化反応速度の尺度としてとらえることができる。従って、本実験では23°Cと37°Cにおける変位の時間に対する減少曲線を図上微分して、dL/dtを求め、このdL/dtを反応速度の指標として評価した。

また、23°Cにおいて、このレオメータで印象材を介在させた状態での測定開始直後における振れ幅(B)と介在させない状態での振れ幅(A)の大きさの比(B/A)を求めた(Fig. 1)。この値の大小は、それぞれの印象材が練和完了直後に有する性質によって決まるものであり、印象材の硬さを示している。従って、本実験ではこの値を練和完了直後の流動性の指標として評価した。

4) 応力緩和試験機で求める硬化特性

応力緩和試験機(Fig. 3)を用いて30 sごとに一定ひずみ(6.9%)を15 s間だけ与え、その間の応力緩和を23°Cで調べた。得られた応力緩和曲線より、ひずみを与えてから0 s, 15 s後の緩和ずり弾性率{Gr(0), Gr(15)}を次式により求めた²³⁾。

$$Gr(t) = P(t)H/Al$$

- P(t) : 荷重
- H : 印象材の厚み (0.727 cm)
- A : 金属板の表面積 (片面 2.38 cm²)
- l : 変位量 (0.05 cm)

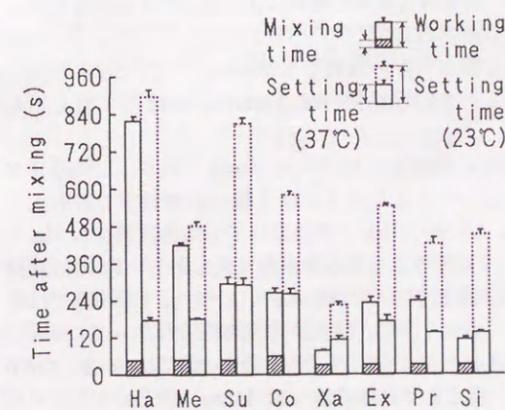
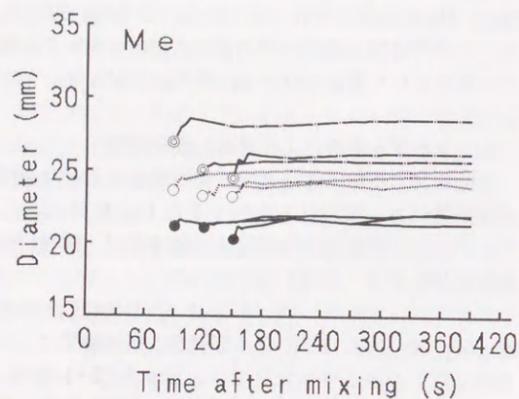
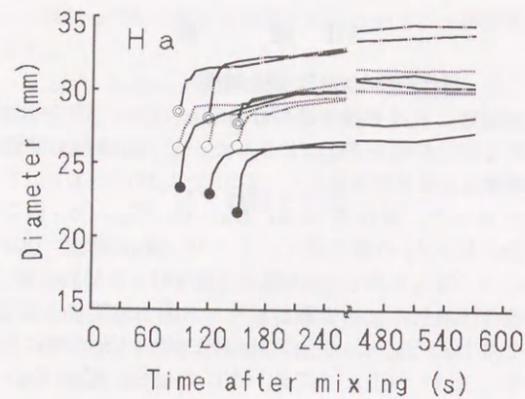


Fig. 4 Working time and setting time



Amount of load (kgf)
0.5 1.0 1.5

Fig. 6 Variation in diameter with time after mixing (Polysulfide rubber)

-1.5では荷重負荷開始時間が遅くなるにつれて直線的に小さくなったが、L-0.5ではLS-60, LS-90, LS-120での変化は小さかった。一方、Xaの流動持続時間はHa, SuおよびCoに比べ短く、荷重を負荷して約15sで最終値に達し、これらの値は22.3~30.8mmで、荷重負荷条件が同じであればHaやSuの最終値よりも小さかった。さらに、Xaの初期値ならびに最終値はともにLS-150では小さかった。

Exの初期値は20.3~24.6mmであり、いずれもCoの初期値に次いで小さく、また、L-1.0とL-1.5の初期値はほぼ同じ大きさを示し、荷重負荷開始時間の違いによる初期値の差は小さかった。また、Exの流動持続時間はXaと同様に短く、荷重を負荷して約15sで最終値に達し、これらの値は23.7~28.8mmで、荷重負荷条件の違いによる差は5.1mmとなり、この差はSuに次いで小さかった。しかし、Exにおける最も大きい最終値(28.8mm)は、Suにおける最も小さい最終値(28.3mm)とほぼ同じ値を示した。

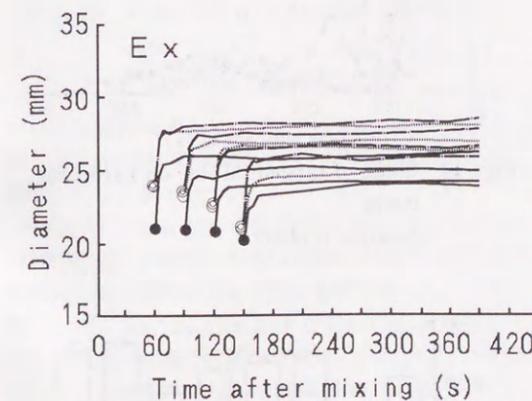
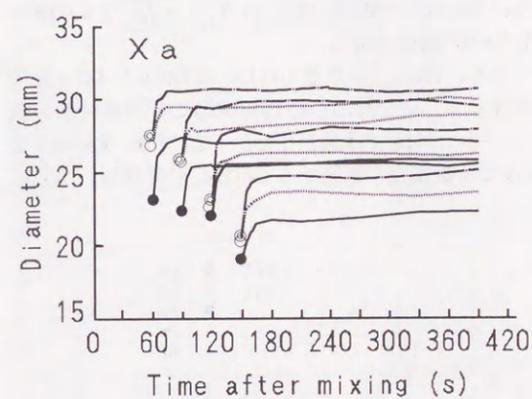
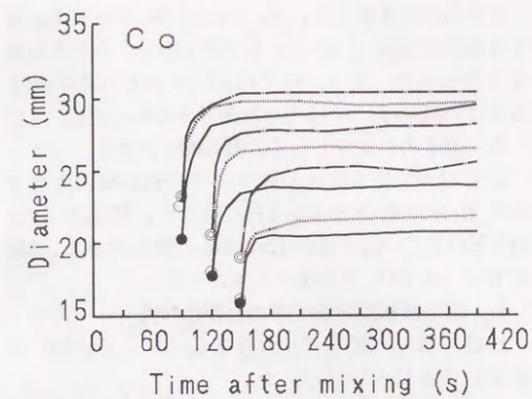
Prの初期値は19.5~30.0mmであり、LS-60におけるL-1.0とL-1.5では8種の印象材中で最も大きく、LS-90とLS-120においても条件次第ではHaやSuの初期値よりも大きかった。しかし、Prの流動持続時間は約10sでMeに次いで短く、LS-150では著しく小さくなり、荷重負荷開始時間の違いによる差が大きかった。また、Prの最終値は20.3~32.3mmで、最も大きい最終値(32.3mm)はHaに次いで大きかったが、最も小さい最終値(20.3mm)は8印象

いで長く、最終値は28.3~31.4mmとなり、これら最終値についての負荷条件の違いによる差は3.1mmで8印象材中最も小さかった。

3) シリコンラバー (Fig. 7)

Coでは、初期値が16.2~22.8mmであり、すべての印象材中最も小さかった。また、Coの流動持続時間はHaならびにSuに次いで長く、Coの最終値は20.8~30.2mmとなった。これら最終値は、負荷条件が同じであればHaやSuの最終値よりも小さく、負荷条件の違いによる最終値の差は9.4mmと大きかった。以上のCoにおけるひろがり直径の経時変化は、以下に示すシリコンラバー印象材とSuの中間の様相を示していた。

Xaの初期値は19.1~27.7mmであり、L-1.0とL

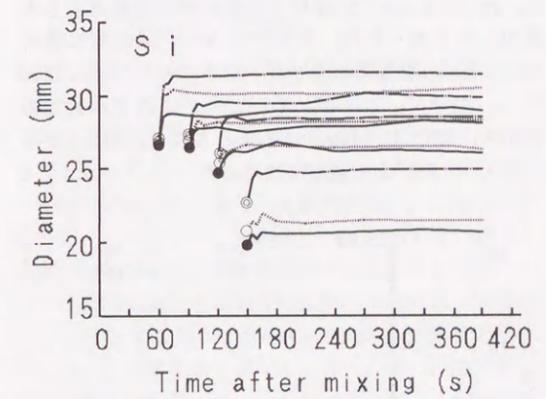
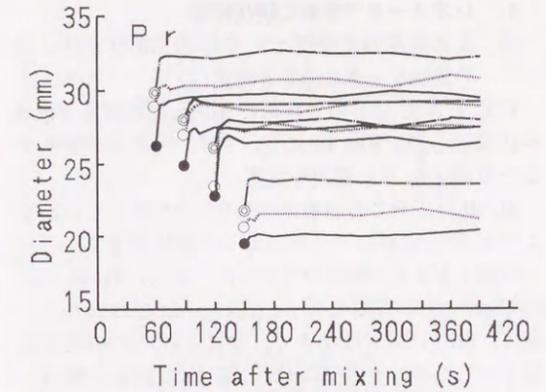


Amount of load (kgf)
0.5 1.0 1.5

Fig. 7 Variation in diameter with time after mixing (Silicone rubber)

材中最も小さく、最大値と最小値の差が大きかった。

Siの初期値は19.9~27.3mmであり、荷重負荷開始時間の違いによる差が大きく、LS-150では著しく小さかったが、荷重の違いによる初期値の差はSuに次いで小さかった。一方、Siの流動持続時間(約10s)ならびに最終値(20.8~31.3mm)はPrと類似



した値を示した。

以上の結果において、8印象材の初期値と最終値についての最大値はL-1.5のものであり、初期値はPr>Ha>Xa>Si>Me>Su>Ex>Coの順に大きく、最終値はHa>Pr>Su>Si>Xa>Co>Me>Exの順に大きかった。

3. レオメータで求めた硬化特性

1) 反応速度の目安値としての dL/dt ならびにその値がピークに達する時間

23°C と 37°C において求めた dL/dt の結果を Fig. 8 ~ 10 に示した. Fig. 10 については, 判別しやすくするため Fig. 8, 9 と縮尺を変更した.

dL/dt は, 全ての印象材で温度依存性を示し, 23°C よりも 37°C において, そのピーク値は大きく, ピークに達するまでの時間が短かった. また, dL/dt は, 23°C ならびに 37°C ともに, Ha と Me では大きく, 逆に, Su と Co では小さく, 他はこれらの中間的な値を示したが, 室温での Ex の値は Co の値と類似していた. また, dL/dt がピークに達するまでの時間は, Ha では 23°C と 37°C との差が他の印象材よりも著明に大きかったが, 37°C では Me とほぼ同じ値を示し, Ha の温度依存性が高いことを示した. これに対し, Su と Co での dL/dt がピークに達するまでの時間は, 37°C では Ha や Me よりも長く, 特に Co では 23°C と 37°C との差が小さかった.

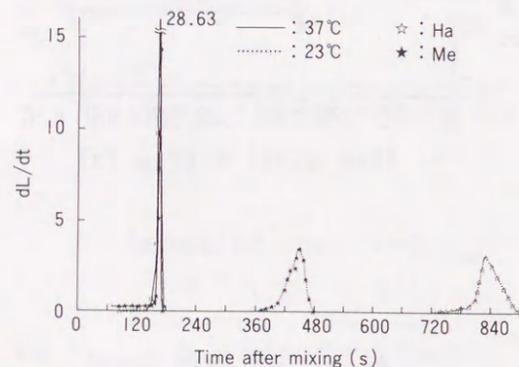


Fig. 8 Slope of tangential line on hardening curve (Zinc oxide eugenol)

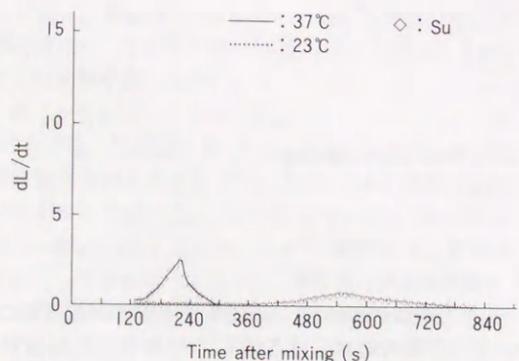


Fig. 9 Slope of tangential line on hardening curve (Polysulfide rubber)

その他の印象材では, Xa での dL/dt がピークに達する時間は 23°C と 37°C ともに最も短く, それらの差も小さかった. また, Si での dL/dt がピークに達するまでの時間は, 37°C では計測できなかった.

2) 硬さの目安値としての振幅の大きさ

23°C において求めたレオメータの振幅の大きさの比 B/A の結果を Fig. 11 に示した. B/A は $Pr > Si > Su > Co > Xa > Ha > Ex > Me$ の順に大きく, Me の B/A (0.792) は極端に小さかった.

4. 応力緩和試験機で求めた硬化特性

23°C で求めた緩和率 $Gr(0)$ と $Gr(15)$ の結果を Fig. 12 ~ 14 に示した.

$Gr(0)$ は, 練和完了直後では $Pr < Si < Ex \leq Ha < Xa < Su < Co < Me$ の順に小さかった ($1.4 \times 10^4 \sim 1.9 \times 10^5$ dyne/cm²).

また, Ha と Su では $Gr(15)$ は 840s と 420s まで発現せず, 完全に応力の緩和が起こる持続時間が長く, 特に, Ha では長かった. 一方, Me, Ex および Co では練和完了直後から $Gr(15)$ が発現し, 応力は

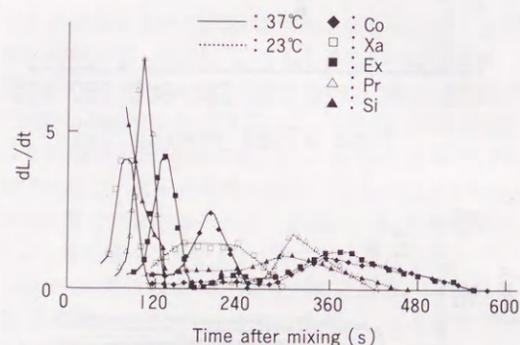


Fig. 10 Slope of tangential line on hardening curve (Silicone rubber)

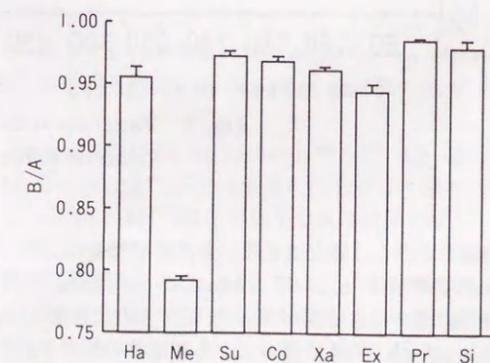


Fig. 11 Standard of hardness (B/A)

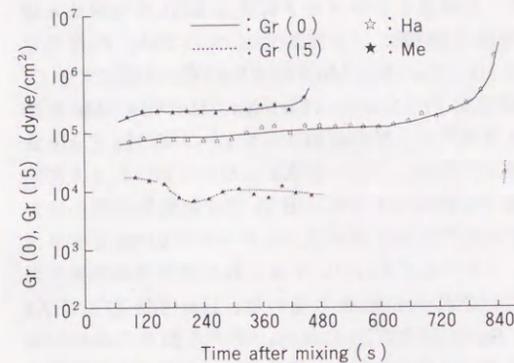


Fig. 12 Variation of relaxation modulus in shear (Zinc oxide eugenol)

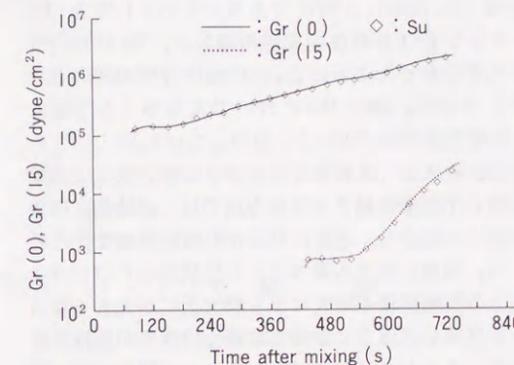


Fig. 13 Variation of relaxation modulus in shear (Polysulfide rubber)

完全には緩和せず, Xa, Pr では 120s 後に, Si では 90s 後に $Gr(15)$ が発現し, それぞれ応力が完全には緩和されなくなった.

さらに, Ha と Me では $Gr(0)$ ならびに $Gr(15)$ の経時的変化が非常に小さい状態が硬化時間近くまで持続し, その傾向は Ha で特に著明であった. これに対し, Pr, Xa, Si, Ex および Co では $Gr(0)$ ならびに $Gr(15)$ の経時的変化が大きく, その変化が早期に生じ, その傾向は Xa で特に著明であったが, Co の変化はこれらの中では小さく, 次に示す Su の変化に類似していた. 一方, Su の $Gr(0)$ ならびに $Gr(15)$ はこれらの中間的な値を示し, $Gr(0)$ と $Gr(15)$ の経時的変化が生じる時期にずれがあり, $Gr(15)$ の発現する時間そのものが遅かった.

IV. 考 察

筆者らは, 被圧変位性の大きい flabby tissue を有する顎堤の印象方法に関して, トレーの設計ならびに圧接方向について検討した¹⁶⁻¹⁸⁾が, その結果は, 印

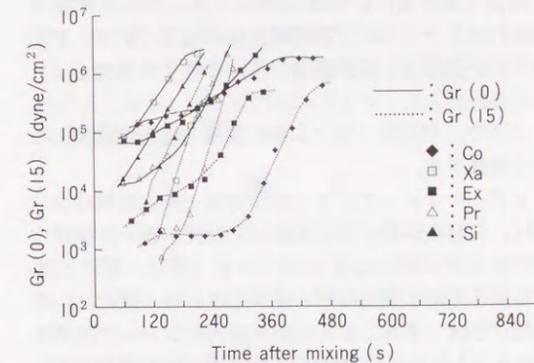


Fig. 14 Variation of relaxation modulus in shear (Silicone rubber)

象材の流動性についても検討する必要性のあることを示していた.

印象採得時における flabby tissue の形態変化を小さくとどめるためには, 変化を起こす原因となるトレー圧接時における印象材の流動性が高く, 変化した形態が復元する大きさに影響するトレー圧接完了後の印象材の弾性が小さいことが必要である. すなわち, トレー圧接時における印象材の流動性が高ければ高いほど, そのときに生じる flabby tissue の形態変化自体を小さくおさえることができ, また, トレー圧接完了後の印象材の弾性が小さければ小さいほど, 圧接時に変化した flabby tissue の形態は復元する可能性が高いからである.

また, 印象材の圧接時の流動性は, トレーを圧接する力や, 印象材の練和を開始してトレーを口腔内に圧接するまでに要する時間によって影響を受け, その影響の強さは術者の臨床経験によって異なるものと考えられる.

一方, 印象材の性状に関して硬化特性などについての多くの研究報告²⁴⁻³¹⁾があるが, 臨床におけるトレーによる印象圧接の状況と類似した条件下での研究³²⁾は少なく, 印象圧接開始時間や圧接力が硬化特性に及ぼす影響についての報告もない.

そこで, 本実験では, 臨床における印象採得時に起こり得る状況をシミュレートし, 各種の荷重荷条件を設定したガラス板圧接によるひろがり直径の経時変化を測定し, さらに, レオメータならびに応力緩和試験機を用いて印象材の硬さを測定することにより, 印象材 (3 系列 8 種類) の硬化特性を 23°C あるいは 37°C において調べた.

ひろがり直径測定におけるガラス板の圧接は, 臨床におけるトレーの圧接に相当し, 荷重はトレー圧接時の圧接力に相当し, また, 荷重荷開始時間は印象材の練和開始後からトレーの圧接開始までに要する時間

に相当する。また、温度に関しては、23°Cは印象材の練和からトレーの圧接開始直後の温度であり、37°Cはトレー圧接後の時間経過によって達する温度を示している。

ここで、本実験における各計測値の臨床的意義について考察する。

まず、レオメータによる操作時間と硬化時間については、これらが長いほど印象材の硬化が遅く、操作性にゆとりがあることを示している。また、23°Cにおける操作時間と硬化時間の差が小さいほど硬化反応の進行が急速であることすなわち反応がシャープであることを示している。さらに、硬化反応の速度の尺度としてのdL/dtについてのグラフ上の図形からは、硬化反応の速さ、硬化反応が進行して完了するまでの時期、反応が最も急速に起こる時期などが分かる。図形の高さが高く幅が小さいほど硬化がシャープで、逆に、図形の高さが低く幅が大きいほど硬化が緩慢であることを示している。この点は、臨床的には、硬化が緩慢であれば、変化した被印象体の形態が復元しやすいことを示している。

次に、練和完了直後における印象材の硬さを示すひろがり直径の初期値とレオメータによるB/Aは、これらの値が大きいほど軟らかいことを意味し、このような印象材は、トレー圧接時において流動しやすく、被印象体の形態変化を起こしにくいことを示している。

一方、緩和率のGr(0)ならびにGr(15)からは印象材の硬さと応力緩和の状態が分かる。すなわち、Gr(0)については、この値が大きいほど、印象材が硬く、力が加わった時の印象材の変形は小さいことを意味し、これを臨床的に考えると、印象材が流れるときに被印象体に与える力が大きく、被印象体の形態変化が大きく起こることを意味している。また、Gr(15)については、この値が0でないことは応力緩和が完全に起こらなかったことを意味し、この値が大きいほど硬いことを示しており、臨床的には変化した形態が復元しにくいことを示している。

以上のように、被印象体の形態変化は印象材の硬化特性に影響されることを考慮に入れて、本実験結果を以下に考察する。

各測定法による印象材の硬化特性は、測定法の違いによって若干の違いはあったが、それらの実験結果は良く一致し、系列によって異なるが、同系列内では比較的類似していた。このような同系列での結果の類似性は硬化の機構が同じである点を考えれば当然の結果と言える。

結果が異なった点については、印象材のぬれ、変化する厚さとひろがりに依存する流動抵抗および力に依存する硬さの影響が考えられる。ひろがり測定

の初期値とレオメータによるB/Aから求めた硬化特性を指標にした流動性については、前者ではPr>Ha>Xa>Si>Me>Su>Ex>Coの順に大きく、後者ではPr>Si>Su>Co>Xa>Ha>Ex>Meの順に大きかった。酸化亜鉛ユーージノールのHaとMeおよびシリコンラバーのXaについては、L-1.5の初期値では流動しやすく、B/Aでは流動しにくかったのに対して、ポリサルファイドラバーのSuとシリコンラバーのCoについてはこれと全く逆の結果を示した。これらの結果の違いは、Ha、MeおよびXaは、SuならびにCoに比べ、ガラス板とのぬれが良いこと、あるいはこれら印象材の流れを良くするためにはより大きな力が必要であることを示している。この点は、L-1.0の初期値はXa>Si>Ha>Suの順であるのに、L-0.5ではXaおよびHaはSuよりも小さかったことから明かである。一方、L-0.5、L-1.0およびL-1.5の各初期値の違いが、SuにおいてほとんどなかったことはSuの荷重依存性が弱いことを示しており、逆にHaにおいて大きかったことはHaの荷重依存性が強いことを示している。

また、ひろがり直径のようにガラス板に挟んで荷重を負荷して流動を起こさせる方法では、経時的に印象材の厚さが減少し、逆に、ひろがり直径が増す。このことは、荷重に対する弾性による抵抗性ならびにガラス板との接触面積の増大による摩擦抵抗が大きくなることを意味し、厚さによって粘弾性的性質が複雑な影響を受けることを示している。この点に関しては、緩和率のGr(0)ならびにGr(15)の結果が重要な情報を提供している。まず、Gr(0)が練和開始直後ではPr<Si<Ex<Ha<Xa<Su<Co<Meの順に小さかったことは、この順に被印象体に及ぼす力の大きさが小さかったことを意味しており、この点ではCo以外のシリコンラバー印象材は、酸化亜鉛ユーージノールやポリサルファイドラバーよりも、流動時に被印象体を形態変化させにくいことを示している。

一方、Gr(15)の結果から、HaとSuのように完全に応力緩和が起こる持続時間が長いことは、この間に印象材に力が加わると印象材がずり変形することを意味している。この点は、臨床的にはこのような印象材は、硬化する間にトレーをしっかりと固定して保持する必要のあることを示す一方で、トレーの圧接時に変化した被印象体の形態が復元する可能性のあることを示している。

これに対し、練和終了直後からGr(15)が発現したMe、ExおよびCoや、練和終了後の初期にはGr(15)が発現しないがその後比較的早期にGr(15)が発現したXa、PrおよびSiでは、圧接時に変化した被印象体の形態が復元しにくいことを示している。

さらに、Gr(0)ならびにGr(15)の経時的変化が、

HaとMeでは硬化時間近くまで非常に小さく、Pr、Xa、Si、ExおよびCoでは大きく、その変化が早期に、しかもほぼ同時に生じた。一方、Suではこれらの中間的な値を示し、Gr(0)とGr(15)の経時的変化が生じる時期にずれがあり、Gr(15)の発現する時間そのものがHaに次いで遅かった。この点は、それぞれ、酸化亜鉛ユーージノール、シリコンラバー、ポリサルファイドラバーの硬化時の粘弾性的性質の特徴すなわち硬化機構の違いを示している。

これらの結果は、レオメータによる硬化時間およびdL/dtやそのピークがあらわれる時期の結果と良く一致している。すなわち、シリコンラバーでは、dL/dtおよびGr(0)のデータは練和完了後早期に硬化反応が始まることを示し、Gr(15)のデータは硬化反応の進行に比例して、弾性が発現したことを示している。また、ポリサルファイドラバーでは、dL/dtおよびGr(0)のデータは硬化反応が比較的遅く始まり、Gr(15)のデータは硬化反応の進行に伴う弾性の発現が遅いことを示している。一方、酸化亜鉛ユーージノールでは、dL/dtおよびGr(0)のデータは練和完了後硬化反応が進むまでの時間は長い、反応は急速に進むことを示し、Gr(15)のデータは硬化反応の進行に伴う弾性の発現が遅いことを示している。

V. 結 論

Flabby tissueを有する顎堤の印象採得に使用される印象材のうち、酸化亜鉛ユーージノール(Ha, Me)、ポリサルファイドラバー(Su)、シリコンラバー(Co, Xa, Ex, Pr, Si)について、各種荷重負荷条件下において、また、レオメータならびに応力緩和試験機を用いて、23°Cと37°Cあるいは23°Cのみでの硬化特性を測定した。

実験の結果、以下の結論を得た。

1. 硬化特性は、系列によって異なり、同系列内では比較的類似しているが、HaおよびPrは他のものよりも軟らかかった。
2. 練和完了直後にはPrが最も軟らかかったが、軟らかい状態の持続時間が短く、硬化時間と操作時間が最も短かった。
3. Haは軟らかい状態が最も長く持続し、操作時間および硬化時間(23°C)ともに最も長かったが、硬化が最も急速に進んだ。
4. Suは練和完了直後の軟らかさはPrほどではなかったが、軟らかい状態は比較的長く持続し、操作時間および硬化時間ともに比較的長く、反応の進み方は最も遅かった。
5. 温度依存性はHa>Su>Prの順に強く、練和終了直後の荷重依存性はHa>Pr>Suの順に強かった。

以上の結果から、flabby tissueの形態変化を小さくどめるためには、練和直後の軟らかさだけでなく、軟らかさの持続時間や温度ならびに荷重依存性などの点も考慮して、印象材を選択すべきであることが示唆された。

謝 辞

稿を終えるにあたり、終始懇篤なご指導ならびにご校閲を賜った鹿児島大学歯学部歯科補綴学第2講座長岡英一教授、ご助言を賜った歯科理工学講座井上勝一郎教授に深く感謝の意を表します。また、種々御協力頂いた歯科補綴学第2講座川畑直嗣助教授はじめ教室員の皆様に感謝の意を表します。

なお本論文の要旨は平成4年度日本補綴歯科学会九州支部学術大会において発表した。

文 献

- 1) Woelfel, J.B.: Contour variations in impressions of one edentulous patient, *J Prosthet Dent*, **12**(2), 229-254, 1962
- 2) 平井泰征: 有床義歯における印象時の粘膜の被圧状態が印象面形態に及ぼす影響に関する実験的研究, *歯科学報*, **71**(8), 1835-1869, 1971
- 3) 関根 弘, 田島篤治, 海洲馨一, 遠藤義弘, 溝上隆男, 平井泰征: 有床義歯のための印象方法に関する基礎的ならびに臨床的研究 第1報 印象材の内圧および流動路の状態について, *補綴誌*, **10**(2), 107-113, 1966
- 4) Frank, R.P.: Analysis of pressures produced during maxillary edentulous impression procedures, *J Prosthet Dent*, **22**(4), 400-413, 1969
- 5) 関根 弘, 田島篤治, 海洲馨一, 溝上隆男, 遠藤義弘, 平井泰征, 武藤 巧: 有床義歯のための印象方法に関する基礎的ならびに臨床的研究 第2報 印象材の内圧とトレーの圧接速度および流動路との関係について, *歯科学報*, **71**(11), 2161-2166, 1971
- 6) 関根 弘, 田島篤治, 溝上隆男, 岡田京子, 平井泰征, 前田佳英, 大沢一博: 有床義歯のための印象方法に関する基礎的ならびに臨床的研究 第3報 粘弾性を有する印象体の印象時における変位状態について, *歯科学報*, **71**(11), 2167-2172, 1971
- 7) 木戸正人: 上顎無歯顎における印象圧について, *補綴誌*, **36**(4), 861-874, 1992
- 8) 林都志夫, 平沼謙二, 根本一男, 松本直之, 山縣健佑, 長尾正憲: 全部床義歯補綴学; 第1版, 医歯薬出版, 東京, 1982, 92-94
- 9) Osborne, J.: Two impression methods for mobile fibrous ridges, *Br Dent J*, **117**(3), 392-394, 1964
- 10) 西浦 洵: フラビーガムの無圧印象, 関根 弘, 田端恒雄, 羽賀通夫ほか編, *歯科補綴診療計画講座*, **1**, 医歯薬出版, 東京, 287-295, 1973
- 11) 小室 樹: 上顎前歯Flabby Gum歯槽堤の印象法, *日本歯科評論*, **364**, 90-95, 1973
- 12) 松本直之: フラビーガムの処置方針と補綴法, 関根 弘, 田端恒雄, 羽賀通夫ほか編, *歯科補綴診療計画講座*, **1**, 医歯薬出版, 東京, 297-308, 1973
- 13) 西浦 洵: フラビーガムを有する無歯顎の印象採得の要点, *日本医師会誌*, **37**(8), 793-799, 1984
- 14) 長尾正憲, 安斉 隆: 補綴処置による解決法, *歯界展望*,

- 66(4), 745-752, 1985
- 15) Newton, J.P., Quinn, D.M. and Sturrock, K.C.: An impression procedure for the mobile maxillary residual ridge, *Int J Prosthodont*, 1(3), 245-247, 1988
- 16) 濱野 徹, 西 恭宏, 川畑直嗣, 長岡英一, 廣安敬之, 濱田直光: Flabby tissue の印象採得法に関する研究: 補綴誌, 36(6), 1312-1323, 1992
- 17) 濱野 徹, 川畑直嗣, 西 恭宏, 是枝美行, 長岡英一, 廣安敬之, 迫田敏文: Flabby tissue の印象採得のためのトレーの設計, 適出孔の数とスペーサー量: 補綴誌, 37(2), 111-121, 1993
- 18) 濱野 徹, 木下智恵, 小野秀樹, 西 恭宏, 川畑直嗣, 長岡英一: Flabby tissue の印象採得法に関する研究, 個人トレーの設計について, 補綴誌, 36・88 回特別号, 147, 1992
- 19) 本多佳雅, 長谷川二郎: 口腔内用寒天印象材の粘性挙動について, 歯材器, 5(5), 653-659, 1986
- 20) Wilson, H.J.: Dental elastic impression Materials, Part 1. Elastic impression material, British Standard Institution, 1968, 1-17
- 21) Mansfield, M.A. and Wilson, H.J.: Elastic impression materials, A comparison of methods for determining working and setting time, *Brit Dent J*, 132, 106-110, 1972
- 22) Arikawa, H., Fujii, K., Jousin, K., Inoue, K., Onizuka, T., Jimi, T.: A method of the determination of setting characteristics of elastic impression materials, *Dent Mater J*, 1(1), 67-72, 1982
- 23) 蟹江隆人, 中村勇三, 寺尾隆治, 糸永昭二, 有川裕之, 藤井孝一, 井上勝一郎: 義歯床用軟性裏装材の緩和ずり弾性率, 歯材器, 11(6), 1013-1018, 1992
- 24) Fairhurt, C.W., Furman, T.C., Schallhorn, R.V. and Kirkpatrick, E.L.: Elastic properties of rubber base impressin materials, *J Prosth Dent*, 6(4), 534-542, 1956
- 25) Clark, R.J. and Phillips, R.W.: Flow studies of certain dental impression materials: *J Prosth Dent*, 7(2), 259-266, 1957
- 26) Myers, G.E. and Peyton, F.A.: Clinical and physical studies of the silicone rubber impression materials, *J Prosth Dent*, 9(2), 315-324, 1959
- 27) Mclean, J.W.: Physical properties influencing the accuracy of silicone and thiokol impression materials, *Brit. D.J.*, 110, 85-91, 1961
- 28) Wilson, H.J.: A method of assessing the setting characteristics of impression materials, *Br Dent J*, 117, 536-540, 1964
- 29) Braden, M.: Characterization of the setting process in dental polysulfide rubbers, *J Dent Res*, 45(2), 1065-1071, 1966
- 30) Goldberg, A.J.: Viscoelastic properties of silicone, polysulfide and polyether impression materials, *J Dent Res*, 53(5-II), 1033-1039, 1974
- 31) 荒木吉馬: エラストマー印象材の硬化反応に伴う動的粘弾性変化, 歯材器, 4(1), 49-66, 1985
- 32) 下山和宏, 安藤秀二, 長尾正憲: 無歯顎の印象採得に使用される最終印象材の流動性に関する研究, 補綴誌, 32(6), 1301-1305, 1988

