各種歯型材についての研究

鹿 沼 晶 夫

A Study on Die Materials for Indirect Dental Techniques.

Akio Kanuma

I. 緒 言

冠橋義歯の分野において補綴物、インレーなどを間接法を用いて製作する方法は、1800年の末頃から広く用いられ、今日におよんでおり、その間、使用された印象材は数多い。現在ではラバー・ペース、シリコン・ペースなどの弾性印象材の開発、印象方法の改良によつて正確な印象がとれるようになり、これに伴つて超硬石膏、電気メッキ法などによる歯型が開発されてきた。しかし、それらの歯型は主に蠟型を製作するためのもので、その上で鑄造体辺縁の研磨、あるいはポーセレン・ジャケット・クラウンを製作する場合のマトリックスの圧接などを行なうには、強さ硬さ、の点で満足しうものではない。

最近、ポーセレン・ジャケット・クラウンが一般臨床家の間でも多く用いられるようになり、従来用いられてきた、銅バンド、モデリング印象法にかわり、ラバー・ペース、シリコン・ペースなどの弾性印象材を応用した印象法になりつつある。しかし、これらの弾性印象材による印象には従来用いられて来たアマルガム歯型を製作することは不可能に近い。そこで、この目的にかなう、マトリックスの圧接、圧印に十分耐えられる磨耗の少ない、強さのある歯型材として、ダイヤモンド・ダイヤモンド材料等の歯型材が開発されてきたのも当然であると思われる。

歯型材の具備すべき性質として、寸法精度、表面の精

度、硬さ、強さ、操作性などが良好でなければならない。このため現在ある歯型材をいかに駆使し、またこれらの条件を満足する歯型材をいかに開発するかが重要と思われる。

私は現在歯型材として使用できると考えられる種々の材料を用い、印象材、トレーを変えた場合の歯型につき、寸法精度、機械的性質を実験し、あわせてポーセレン・ジャケット・クラウン製作使用時の優劣について検討を加えた。

II. 実験に使用した歯型材

主として歯科用材料の中から歯型材として使用可能と思われるものを選んで用いたが、歯科用でなくても歯型材として使用可能と思われたものも使用した。それらを便宜的に分類すると次の表1ようになる。

1. 石膏系 (1) ベルミックス・ストーンは米国 KERR 社の超硬石膏で混水比は0.22~0.25. (2) グラストーンは、同じく米国の Ransom & Randolph 社の超硬石膏であり混水比は0.24~0.26. (3) シュール・ストーンは而至社の超硬石膏で混水比は0.23. (4) ニュープラストーンは同じく而至社の硬石膏で混水比は0.24~0.33である。

2. 金属系 (1) 銀アマルガムは、而至社の「ルナーゼントアロイ」を使用した。(2) 銀メッキは、Hanau 社の「ジュニア」型電気メッキ装置を使用した。(3) ダイヤモンド・ダイヤモンド材料は米国の Surgident 社から間接法用歯型材として市販されているものであり、粉末と反応液から成っている。(4) 焼結歯型材は、本学医用器材研究所、無機部の試作によるものであり、ダイヤモンド・ダイヤモンドと類似のものである。

3. エポキシ樹脂系 (1) アラルダイト SV-416はス

Dept. of Prosthetic Dentistry, School of Dentistry,
Tokyo Medical and Dental University (Directors ;
Prof. Toshiro Ishiware and Isamu Nakazawa)
東京医科歯科大学歯学部 第2歯科補綴学教室(指導 :
石原寿郎教授, 中沢勇教授)
昭和44年11月15日受付

表 1 実験に使用した各種歯型材

	歯 型 材	会 社 名	練 和 比 (W/P)
石 膏 系	ベルミックス・ストーン	Kerr Mfg. Co.	0.22~0.25
	グラストーン	Ransom & Randolph Co.	0.24~0.26
	シュール・ストーン	而至化学工業株式会社	0.23
	ニュープラストーン	"	0.24~0.33
金 属 系	銀アマルガム	"	
	銀メッキ	Hanau Engineering Co.	
	ダイヤモンド・ダイマテリアル	Surgident Ltd.	
	焼結歯型材	本学, 医用器材研究所	
エ 脂 ポ キ シ 樹 系	アラルダイト・SV-416	CIBA Ltd.	1/10
	デブコン -B	日本デブコン株式会社	1/ 9
	プリダイ	J.F. Jelenko & Co.	
	エポキサール	AB. DENTALMATERIAL	1/ 4
メ リ 樹 脂 系	レペアジン-F	而至化学工業株式会社	
	メルドン-7	American Consolidated Mfg.Co.	
セ ト メ ン 系	カルミックス	三金化学工業株式会社	0.2/1.0
	モデルクリブテックス	S.S. White Dental Mfg. Co.	0.2/1.0

図 1 石膏系歯型材

1. ベルミックス・ストーン, 2. グラストーン, 3. シュール・ストーン, 4. ニュープラストーン

イス, CIBA 社の製品で, 主として工業用に用いられる。反応硬化剤と基剤とから成り, その混合比は, 重量比で 1 : 10 となっている。硬化時間は 14~16 時間である。(2) デブコン-B は, 日本デブコン株式会社で取扱っているもので, 主として工業用に用いられる。反応硬化剤と基剤の二成分からなり, 混合比は重量比で 1 : 9 となっている。硬化時間は室温 21°C~24°C で 1.5~2 時間となっているが, 実際には 3 時間を要した。(3) プリダイは米国, Jelenko 社から歯型材として市販されているもので, 一つのビニール, チューブの中に仕切りをして反応剤と基剤を規定の混合比に入れてあり, 使用に

図 2 金属系歯型材

1. 銀アマルガム, 2. 銀メッキ装置と電解液, 3. ダイヤモンド・ダイマテリアル, 4. 焼結歯型材

あたつて, 中の仕切りをはずして攪拌すればよいようになっている。硬化時間は 8~10 時間である。(4) エポキサールは, スエーデンで歯型材として市販されているもので反応剤, 基剤, 充填剤の三成分に分かれていて使用時に三者を一つのカップに滴下させ混合して用いる。混合比は重量比で, 反応剤 1, 基剤 4, 充填剤 4 である。硬化時間は約 3 時間である。

4. メタクリル樹脂系 (1) レペアジン-F は而至社製の筆積み用即時重合レジンで, 義歯床補修などに用いられるものである。(2) メルドン-7 は米国 Amco 社から市販されている充填用の即時重合レジンでフィラーと

図 3 エポキシ樹脂系歯型材

1. アラルダイト SV-416, 2. デブコン-B,
3. ブリダイ, 4. エポキサル

図 4 メタクリル樹脂系歯型材

1. レペアジン-F, 2. メルドン-7

図 5 セメント系歯型材

1. カルミックス, 2. モデルクリプテックス

してガラスのセインが混入されているものである。

5. セメント系 (1) カルミックスは本学理工学教室で開発され、三金化学工業で製造された水硬性磷酸塩セメントである。(2) モデルクリプテックスは米国 S. S. White 社から歯型材として市販されているもので硅磷酸セメントの一種と思われる。

III. 歯型の寸法変化について

歯型材に要求される条件の一つは、出来上った歯型の寸法が、なるべく原型に近い、ということである。したがって、第一に各種歯型材の歯型の寸法変化について、なるべく臨床で行なわれている方法に基づいて実験を行なった。

1. 実験方法

ステンレス鋼製の金属原型から臨床で行なっているように、一歯用の小型トレーを用いてラバー・ベース、シリコン・ベース、モデリングで印象をとり、その中に歯型材を注入し、出来た歯型の寸法変化をコンパレーターによって測定した。

1) 金属原型

金属原型は次の図6に示すように、ステンレス鋼製で全部被覆冠の支台形態を模型化したもので、その寸法は

図 6 金属原型とその寸法

歯頸部ショルダーの巾0.97mm、歯頸部の直径8.03mm、高さ5.99mm、テーパ 1/10 となっている。

2) 印象材およびトレー

使用した印象材はラバー・ベース、シリコン・ベース、モデリングの3種類で、いずれも而至社のもので、商品名「シュールフレックス」「フレキシコン」「モデリングコムパウンド」である。トレーは図7に見るような一歯用の小型トレーを作成して用いた。すなわちラバー・ベース、シリコン・ベースにはカップトレーを、モデリングにはカップバンドをリング状にしたものを用いた。歯型材のうち「シュールストーン」「ベルミックス・ストーン」「ダイヤモンド・ダイマテリアル」「エポキサル」の4種については、ラバー・ベース印象にレジントレーを使用した場合についても実験を行なった。ラバー・ベース用のカップトレーは、厚さ0.3mmのカップ

図 7 各種トレー

1. モデリング用銅バンド、2. レジントレー、3. ラバーベース用銅バンド、4. シリコンベース用銅バンド

ーバンドを用い印象材の厚さが約0.5mm となるように作成し、その天井の部分に直径約1.0mm の孔をあけた。これは原型から印象をはずす際に陰圧による印象の変形¹⁾²⁾³⁾を防ぐため、この孔から注射器により水を注入して印象を撤去した。シリコン・ベース用の銅バンドトレーは、前述のラバー・ベース用のトレーに直径約1.0mm の孔を20～25コ位あけ、印象材とトレーの結合が強くなるようにした。モデリング印象用のトレーは同じく厚さ0.3mm の銅バンドを用いて印象材の厚さが約1.0mm となるようにした。レジントレーは原型の上に、厚さ0.3～0.4mm のアスベストリボンに水を濡らして巻き、その上に即重レジンを用いて筆積み法により作成した。レジントレーを用いた理由としては従来の銅バンド、モデリングの印象法では、印象採得時の歪みが起こりやすく⁴⁾、また、歯頸部ショルダーのある支台歯を印象する際にトレーがずれて、歯頸部の印象が良くとれない場合が多いことと、前重合の即重レジンがラバー・ベース印象材とよく接着⁵⁾⁶⁾し、トレーから印象材が剝離するのを防ぐことが出来るからである。レジントレーの厚さは強度保持のため約1.0mm とした。即重レジン硬化時に約0.2～0.4%の線収縮⁷⁾を示すが、印象採得時や採得後にもその影響があるのではないかと、ということが考えられたので、トレー自身の収縮がどの程度になっているのかを調べた。結果は次の表2、表3のようであった。表2は同一のトレーを30分間隔で測定した結果であり、表3は10コのトレーを1時間後と24時間後に測定したものの平均値をとったものである。

表2のように測定はトレー作成後30分から始めたのであるが、30分以降の1時間以内のトレーの収縮率は0.01

表 2 レジントレーの経時的収縮率(%)

時間 試料	30分後	1時間後	1.5時間後	2時間後	3時間後
No. 1	-0.065	-0.072	-0.073	-0.074	-0.077
No. 2	-0.096	-0.123	-0.163	-0.167	-0.179

表 3 レジントレーの収縮率(%)

( ) 内は標準偏差

	1時間後	24時間後
収 縮 率	-0.107 (0.038)	-0.168 (0.051)

～0.06%と、ごくわずかであり、トレー作成後30分以上経過したものを使用すれば実用にはほとんど差し支えないものと思われる。

3) 歯型の作成

(1) 印象採得

(i) ラバー・ベース印象材による印象採得は、前述の銅バンドトレーをまず印象材とトレーが良く接着⁸⁾⁹⁾、するようにトレーの内面および外面をカーボランダムポイントを用いて表面の汚れや、酸化膜を取り除き、銅バンドの新鮮な面を出す。次に、あらかじめ恒温槽内で、37℃に保温されていた金属原型を、とり出し、室温20～25℃中でラバー・ベース印象材をメーカーの指示通りに練和し、トレーに盛って原型の印象を行なった。ラバー・ベース印象材の使用にあたって促進剤、遅延剤は使用しなかった。印象は一応口腔内で行なう場合のことを仮定して37℃恒温槽内で15分間¹⁰⁾放置、硬化させたのち室温中にとり出し、トレー咬合面部の孔から注射器で注水しながら撤去した。

(ii) シリコン・ベース印象材による印象採得は、前記の孔をあけた銅バンドトレーに、さらに印象材とトレーの結合をより強固なものにするために、添付されている接着剤をトレーの全面に塗布乾燥させたものを使用した。金属原型はラバー・ベースの場合と同様37℃に保温されたものを使用して印象を行ない、同じく37℃恒温槽中で10分間放置¹¹⁾、硬化させたのち室温中にとり出し、注水しながら撤去した。シリコン・ベース印象材の練和はメーカーの指示通りに行なった。

(iii) モデリング印象は従来臨床で行なわれているのと同じように、モデリングを約60～70℃の温湯中で軟化させ、リング状のトレー内に盛り、37℃に保温されていた金属原型から印象を採った。印象は水で冷やし、

図 8 金属原型から採った各種の印象

1. レジントレー, ラバー・ベース印象, 2. カップパートレー, ラバー・ベース印象, 3. カップパートレー, シリコン・ベース印象, 4. モデリング印象

十分硬化させたのち撤去した。図8は各種印象材による金属原型の印象である。

(2) 歯型材の注入および硬化、完成

原型から撤去した印象を清掃し、内面の気泡など、印象に不備や欠陥のあるものは除外し、良好なものをえらび直ちに歯型材の注入を行なった。歯型材の混合、練和等は各歯型材のメーカーにより規定された方法によって行なった。

石膏系のものについては、各石膏に指示される混水比によりラバーボールおよび石膏スパチュラを用いて、手で練和した。指定混水比に巾がある時は水分が少ない方の混水比によって練和した。印象への注入は、パイプレーターを使用して行ない、相対湿度100%の容器の中で1時間放置²⁾したのち印象から取り出し、表面の気泡等の欠陥のないものをえらび、24時間後に測定を行なった。

アマルガムについては、モデリング印象にボクシングを行ない、練和したアマルガムを填入した。アマルガムの練和は乳鉢、乳棒を用いて、手で練和した。填入は過剰水銀を絞りながら手圧により行なった。填入後室温中に24時間放置したのち、モデリングを温湯にて軟化し歯型をとり出し直ちに測定を行なった。

ダイヤモンド・ダイマテリアル¹²⁾¹³⁾は添付されている計量器を用いて粉末と液を混合し、余分な水分をガーゼで拭つて、印象内に注入し、約45分後、硬化するのを待って取り出した。取り出したままでは強度が弱いので、約650℃ 8分間電気炉中で焼結して歯型とした。焼結歯型材¹⁴⁾の場合はダイヤモンド・ダイマテリアルの場合に順じて歯型を作成した。

メッキ歯型¹⁵⁾については、印象内面にシルバーゾルを塗布し、メッキされては困る部分をワックスで覆い、約

10～12時間、電解液中で小型トレー1コにつき10mAの割合で通電してメッキを行ない、芯に超硬石膏を注いで印象からとり出し歯型とした。

エポキシ樹脂系の場合は、ラバー・ベース印象材と接着してしまうので、印象内面にそれぞれの歯型材に添付されている分離剤を塗布した。基剤および反応剤を規定量に混和し、パイプレーター上で注入後室温に放置しそれぞれに要する硬化時間を経たのち印象からとり出し歯型とした。シリコン・ベース印象材には接着することはないが、エポキシ樹脂とシリコン・ベース印象材とは何らかの反応があり、面が荒れることがあった。デブコン-B¹⁶⁾¹⁷⁾については、シリコン・ベース印象材と強く反応してガスを発生するようであるので、シリコン・ベース印象材による歯型を作成するのは不可能であつた。エポキシ樹脂系のもは硬化時間がまちまちであるので歯型の寸法変化の測定は歯型材を注入し約24時間経た後に行なつた。

メタクリル樹脂系のものについては印象内に筆積み法によつて即時重合レジン盛り上げて歯型を作成し、盛り上げ終了後数分を経たのち印象から取り出し、24時間後に測定を行なった。

セメント系の場合、カルミックス¹⁸⁾・モデルクリプテックスともに室温20～25℃中で練板上で練りパイプレーターを用いて注入した。カルミックスの場合の粉液比は標準稠度で水0.2ccに対し粉末1.0gとし、モデルクリプテックスの場合はメーカーの指示はなかつたので注入しやすくするために粉末1.0gに対し液0.2ccとした。歯型材注入後30分に印象からとり出し歯型とした。

また、モデルクリプテックスについては注入後、空気に触れ硬化中にひび割れするのを防ぐために薄くワセリンを塗布した。

各歯型材による歯型は不備、欠陥のないもの10コ以上をえらび測定を行なった。

4) 歯型の測定

歯型材料のほとんどのものが、注入後24時間以内に十分使用に耐える程度に硬化するので歯型の測定は歯型材注入後、約24時間をもって測定時期とした。測定は各種歯型材とも10コ以上を作成し、その平均をもつてその歯型材の寸法変化とした。

寸法変化の測定法²⁾⁴⁾¹⁹⁾²⁰⁾²⁸⁾はいろいろとあるが、私は図9に示すように金属原型に対して約0.3%小さめに適合するステンレス鋼製の基準環を用い、それを歯型に約50gの指圧をもつて挿入し、その適合度を歯型の周囲で任意の10カ所をえらび、その位置で基準環下縁と歯型シ

a

b

図9 金属原型に基準環を挿入した図

図10 各種歯型材の寸法変化

ヨルダー部までの間隙を精度1/1000mmのコンパレーターで測定しその平均値をもつて寸法変化とした。すなわち、基準環を金属原型に入れた時の基準環下縁と原型のショルダー部までの間隙を H、同様に作成した歯型のショルダー部から基準環下縁までの距離を h、原型の歯頸部の直径を R、とすれば原型のテーパーが 1/10 であるから、次の $\frac{h-H}{10 \times R} \times 100$ の式によって、作成された歯型の原型に対する大きさを % で表わすことが出来る²⁾。また、歯型の収縮が大きくて基準環がゆるすぎ、これを用いては測定が不可能である場合は、日本光学製の精度1/1000mmのコンパレーターの付いた万能投影器を用いて直接測定した。

2. 実験結果

前項までに述べたような方法によって実験を行なった

結果、次の表4に見られるような寸法変化を得ることが出来た。

3. 小括および考察

前項の実験結果により、次のようなことがいえる。

1) 歯型材と印象材との関係： 16種類の歯型材の寸法変化は印象材の種類によって、ほぼ一定の傾向をしめして、ラバー・ベース印象材に対して離型のよい、石膏系、金属系、セメント系のものはラバー・ベース印象による歯型よりも、シリコン・ベース印象による歯型の方が0.08~0.30%程度大きい、離型の悪いエポキシ樹脂、メタクリル樹脂系のものは逆に0.07~1.2%程度小さくなっている。しかしこの中でもラバー・ベース印象

材に対して、よく効く分離剤を使用しているブリダイ、エポキシサルではシリコン・ベース印象によるものの方がやはり約0.3%程度大きくなっている。これは樹脂系のものはラバー・ベース印象材に接着しやすいのでラバー・ベースの収縮に影響されるためであろうと思われ、印象材自体の収縮の程度の差が歯型に現われたものでシリコン・ベース印象材よりもラバー・ベース印象材の方が寸法的によりことになる。

2) 最大歯型および最小歯型： 使用した16種の歯型材のうち、最も大きくなる歯型は、カップパートレー、シリコン・ベース印象で作ったニュープラスストーン歯型で+0.73%、最も小さくなる歯型はカップパートレー、シリコン・ベース印象より作った即重レジン歯型で、-3.09%になりその範囲は約4%に及んでいる。しかし収縮率

表 4 各種歯型材の寸法変化(%)

( ) 内は標準偏差

歯型材	トレー 印象材		カ ッ パ ー ト レ ー		レジントレー
			ラバー・ベース	シリコン・ベース	ラバー・ベース
ベルミックス・ストーン			0.13 (0.08)	0.25 (0.03)	0.12 (0.06)
グラストーン			0.16 (0.07)	0.24 (0.11)	
シュールストーン			0.18 (0.06)	0.35 (0.12)	0.09 (0.05)
ニュープラストーン			0.52 (0.05)	0.73 (0.12)	
銀アマルガム			0.56	(0.17)	モデリング印象による
銀メッキ			0.28 (0.09)	0.69 (0.08)	
ダイヤモンド・ダイマテリアル			-0.12 (0.10)	-0.03 (0.06)	-0.15 (0.08)
焼結歯型材			-1.29 (0.46)	-0.70 (0.05)	
アラルダイト-SV-416			-0.12 (0.06)	-0.19 (0.13)	
デブコン-B			0.21 (0.09)	/	
プリダイ			0.03 (0.04)	0.43 (0.04)	
エポキシサル			-0.17 (0.12)	0.14 (0.18)	0.11 (0.13)
レペアジン-F			-1.96 (0.15)	-3.09 (0.11)	
メルドン-7			-2.13 (0.15)	-2.91 (0.13)	
カルミックス			-1.14 (0.03)	-0.29 (0.03)	
モデルクリプテックス			-0.33 (0.13)	-0.04 (0.15)	

が-1.0%より大きいものは歯型材16種中、焼結歯型材、レペアジン-F、メルドン-7、およびカルミックスの4種のみで、なかでもメタクリル樹脂系のレペアジン-Fとメルドン-7とはびぬけて収縮が大きい。上記の4種を除く12種のは、すべて+0.73%~-1.0%以内に入っておりその範囲は2%である。

3) 原型に近い大きさの歯型：原型に対して歯型の寸法変化が±0.1%以内になるものは、即重レジントレー、ラバー・ベース印象より作ったシュールストーン歯型+0.09%、カップートレー、シリコン・ベース印象より作ったダイヤモンド・ダイマテリアル歯型-0.03%、カップートレー、ラバー・ベース印象より作ったプリダイ歯型+0.03%、カップートレー、シリコン・ベース印象から作ったモデルクリプテックス歯型-0.04%の4種のみであった。

4) +0.1~0.15%の寸法変化を示す歯型：吉田氏は、本方法による寸法変化の測定の結果+0.1~0.15%の膨脹を示した歯型からは frictional fit の合金金鑄造体が得られる、と述べている²⁾。本実験により+0.1%~0.15%に入る歯型は、カップートレー、ラバー・ベース印象によるベルミックス・ストーン歯型+0.13%、即重レジントレー、ラバー・ベース印象から作った同じくベルミックス・ストーン歯型+0.12%、カップートレー、シリコン・ベース印象から作ったエポキシサル歯型+0.14

%、即重レジントレー、ラバー・ベース印象から作った同じくエポキシサル歯型+0.11%、の4種であった。

5) 銀アマルガム歯型：従来ポーセレン・ジャケット・クラウンの製作に用いられている、カップバンド、モデリング印象による銀アマルガム歯型は+0.56%であった。

6) ポーセレン・ジャケット・クラウン用歯型：ポーセレン・ジャケット・クラウンの焼成は、マトリックスを圧接して行なうのであるから、もし装着時のセメント・ラインのことを考慮に入れなければ、理論的にはマトリックスの厚さの分だけ小さい歯型よりも大きい歯型によって焼成したポーセレン・ジャケット・クラウンならば原型に入ると考えられる。しかし、あまり大きすぎても原型に対して不適合となり、セメントの流出等が起こってくるので思わしくない。総山氏によれば²⁴⁾、セメントラインの厚さは5~30 μ の場合がセメントの合着力が最も良い、とされている。したがって、これをポーセレン・ジャケット・クラウンの場合について考えるならば、マトリックスの厚さを25 μ 、前歯部ジャケット・クラウン支台の中で最も大きいと考えられる支台形成された、上顎犬歯歯頸部の長径を約6.0mm²⁵⁾とすれば、理論上では-0.6%~+0.17%の範囲にあるものならば一応適合のよいものが得られると考えられる。この範囲に入るものは表4に見られるように、かなりのものがある

が、臨床的にはいろいろな因子が加わってくるので必ずしも理論通りにはいかないであろう。

7) 樹脂系の歯型材： ラバーベース印象より製作した樹脂系の歯型は、いずれも離型が悪く、トレーを破壊しなければ歯型を取り出すことが出来なかつた。また、シリコン・ベース印象に注入した樹脂系の歯型材のうちデブコン-Bは印象材と反応して印象面からガスを発生した。また、アラルダイト SV-416の歯型は反応して印象から取り出した時は表面がべたつく、などして一般にシリコン・ベース印象に対しての使用は不適と思われる。しかし寸法的には最も大きいものでも+0.43%、最も小さいものでも-0.19%となつていて、かなり良い寸法精度を示している。

8) 焼結歯型材： 本学医用器材研究所試作の焼結歯型材については、目下のところ収縮が大きく、また、ラバー・ベース印象材の表面に接着し離型がやや良くない、ということはあるが、改良によつては将来を期待することの出来る歯型材と思われる。

IV. 歯型材の機械的性質について

歯型材料に要求される条件として前に述べた寸法変化が少なく、出来上つた歯型が原型に近い、というのみでなく、実際に応用された場合に技工操作に耐える強度を保持していなくてはならないということも重要な条件の一つである。そこで前項において使用した歯型材がどのような機械的性質を有しているかを、次の4項目について調べてみた。

1. 「曲げ強さ」について

曲げ強さは、歯型材の縁端強度を知ることが出来、特にポーセレン・ジャケット・クラウン用の歯型として使用した場合にマトリックスの圧接に耐えうるか否かを知ることが出来る。

1) 実験方法

(1) 実験に使用した歯型材

本実験において使用した歯型材は先の寸法変化の実験において使用したものと全く同じであるが、次の3種は除外した。すなわち、銀メッキ、焼結歯型材、およびエポキサールの3種である。これら3種を除いた理由は、銀メッキの場合は、メッキ操作によつては本実験に用いるための試験片が作れなかつたことと、メッキは薄い銀の膜となり、その中に硬石膏を芯として注入するので、これは硬石膏とほぼ同様の値を示すと思われるからである。焼結歯型材については焼結前に試験片を金枠から取り出す時に強度が不十分で試験片を取り出すことが出来なかつたためであり、エポキサールは本実験を行なつた

際に入手出来なかつたためと、他のエポキシ樹脂系のものがすべて同様な値を示しているので、この材料についてもほぼ同様な値が得られると推定出来たからである。

(2) 試験片の作成

試験片の作成は次の図11に示すように、内径が長さ30mm、巾10.0mm、厚さ4.0mmの真鍮製の金枠を作り、それをガラス面を印象したラバー・ベースの上に置き、その中へ前記の歯型材をそれぞれの指示に従つて練和し、パイプレーターを用いて注入し硬化させた。硬化させるまでの条件は前項、寸法変化の実験において行なつたのと同様である。試験片は各種歯型材について、それぞれ5~10コとした。

図 11 「曲げ強さ」試験片，作成用金枠，および作成した試験片

(3) 測定方法

測定は、原則として歯型材注入後24時間とし、各種歯型材について5コ以上について行ないその平均をとつて曲げ強さとした。

測定には図12に見るような、本学医用器材研究所無機部、加藤一男教授の考案になる「曲げ強さ」試験機を使用した。同試験機はスライド式荷重により支点間10mm、

図 12 「曲げ強さ」試験機

a. 試験片切断部， b. スライド式荷重

または20mm の台上においた試験片を刃角60° の鋼鉄製の刃先で加重し、試験片の破折した時の荷重を読みとるものである。この試験機によつて得られた数値を次の式によつて1cm² 当りの曲げ強さを算出して、「曲げ強さ」とした。破折までの最大荷重を W, 両支点間の距離を I, 試験片の巾を b, 厚さを d, とすれば「曲げ強さ」: S, は次の式によつて表わされる⁷⁾。

$$S = \frac{3WI}{2bd^2} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

2) 実験結果

上記のようにして得た実験結果は、表5に示す通りである。

表 5 各種歯型材の曲げ強さ (kg/cm²)
( ) 内は標準偏差

歯 型 材	曲 げ 強 さ
ベルミックス・ストーン	219.9 (20.6)
グラストーン	233.6 (26.0)
シュールストーン	197.2 (16.4)
ニュープラストーン	175.5 (15.6)
銀アマルガム	773.7 (99.6)
銀メッキ	/
ダイヤモンド・ダイマテリアル	414.1 (41.1)
焼結歯型材	/
アラルダイト・SV-416	667.6 (11.5)
デブコン-B	729.9 (33.8)
ブリダイ	675.2 (47.9)
エポキサール	/
レベアジン-F	745.5 (81.6)
メルドン-7	625.5 (34.4)
カルミックス	141.9 (18.0)
モデルクリプテックス	157.9 (38.5)

2. 「圧縮強さ」について

歯型材をポーセレン・ジャケット・クラウン用の歯型製作に用いた場合にはマトリックスの圧接、圧印という操作をすることになるので、「圧縮強さ」についても考慮せねばならない。

1) 実験方法

(1) 実験に使用した歯型材

前項の曲げ試験において使用したものと全く同じ13種のものを使用した。

(2) 試験片の作成

試験片の作成は、ほぼ A.D.A. 規格²⁶⁾に従い、図13に示すような、直径6.0mm, 長さ12.0mm の円柱状の内部を有する真鍮製の割り型を用い、下面にガラス板を敷

図 13 「圧縮強さ」試験片、作成年金型、および作成した試験片

表 6 各種歯型材の圧縮強さ (kg/cm²)
( ) 内は標準偏差

歯 型 材	圧 縮 強 さ
ベルミックス・ストーン	816 (91.6)
グラストーン	802 (72.8)
シュールストーン	505 (51.8)
ニュープラストーン	688 (28.8)
銀アマルガム	3,373 (137)
銀メッキ	/
ダイヤモンド・ダイマテリアル	991 (22.9)
焼結歯型材	/
アラルダイト・SV-416	980 (26.0)
デブコン-B	990 (39.0)
ブリダイ	974 (59.9)
エポキサール	/
レベアジン-F	886 (55.4)
メルドン-7	944 (22.5)
カルミックス	1,016 (63.1)
モデルクリプテックス	2,132 (147)

きパイプレーターを用いて練和された歯型材を注入し、上面を、同じくガラス板で押えて、室温20～25℃ 中に放置し十分硬化した後に取り出し試験片とした。なお歯型材注入にあたって、割り型の内面にはワセリンを薄く塗布した。また、エポキシ樹脂系のものはガラスと接着してしまうのでガラス面に分離剤を塗布した。試験片は各歯型材について 5 コ以上を 作成しその平均をもつて「圧縮強さ」とした

(3) 測定方法

測定は原則として歯型材注入24時間後に行なつた。試験機は本学、理工学教室所有の碎頭速度0.5mm/min, の桿杆式圧縮試験機を使用した。

2) 実験結果

前記のようにして実験した結果は、表6に見られる通りである。「圧縮強さ」の単位は kg/cm^2 とした。

3. 「表面硬さ」について

種々の技工操作中に彫刻刀などの器具によつて歯型表面を擦過することが多いが、これに対する強さについて実験を行なつた。

1) 実験方法

(1) 実験に使用した 歯型材料は前述の曲げ試験、および圧縮試験において使用した13種のものとした。

(2) 試験片の作成

試験片は先の曲げ試験の試験片を作るために使用した金枠を用い、試験片の一つの面にラバー・ベース印象の面に接する部分とシリコン・ベース印象の面に接する部分が出来るようにして歯型材の注入を行ない、注入後、各歯型材に合った条件を保ち、十分硬化するのを待つて金枠から取り出し試験片とした。

試験片は各種歯型材について5コ以上作成し、歯型材注入24時間後に測定を行なつた。

(3) 測定方法

「表面硬さ」の測定はヴィッカース、ヌープ、ロックウェル等のように、押込硬度試験機によるものと、マルテンスのような引掻硬度試験機による場合がある。押込硬度試験機による実験は今までにかなりある²⁸⁾²⁷⁾²⁸⁾²⁹⁾が、引掻試験機によるものは少ない。今回は押込硬度試験として、ヴィッカース硬度計を用い、引掻硬度試験としてマルテンス式引掻硬度計を用いた。

(i) 「ヴィッカース硬さ」の測定

ヴィッカース硬さは本学理工学教室所有の明石製作所製、微小硬度計を用いて試験片1コについて任意の10カ所を測り、その平均をとつて試験片1コの硬度とし、各歯型材について5コ以上の試験片について測定を行ない、その平均をとつて歯型材の「ヴィッカース硬さ」とした。

(ii) 「引掻硬さ」の測定

大谷氏は総山氏、考案の引掻試験機を用いて実験⁴⁰⁾を行なっているが、これは対象がほとんど硬石膏と同じ程度のものには有効と思われるが、本実験のように対象が広範囲にわたっている場合には不向と思われたので、本実験には、本学理工学教室所有の今井試験機株式会社製のマルテンス式引掻硬さ試験機を用いた。測定方法は、荷重を5g、および45g、引掻速度2mm/sec³¹⁾の場合の引掻き傷の巾を精度1/1000mmのコムパレータを用いて測定した。硬さの表示はマルテンス、マイヤー方式により⁷⁾、次式 $8g/\pi d^2$ により行なつた。gは荷重、dはその時の引掻傷の巾mm、である。測定は歯型材注入24

表 7 各種歯型材のヴィッカース硬さ

( ) 内は標準偏差

歯型材	印象面 ラバー・ベースに接する面	シリコン・ベースに接する面
ベルミックス・ストーン	27.5(4.16)	22.5(0.64)
グラストーン	26.4(3.35)	24.4(2.71)
シュールストーン	《33.3》	《28.4》
ニューブラストーン	《17.5》	《19.7》
銀アマルガム	59.6(10.8)	モデリングに接している面
銀メッキ	/	/
ダイヤモンド・ダイヤモンドリアル	14.9 (19.9)	13.7 (16.7)
焼結歯型材	/	/
アララダイト・SV-416	10.3 (1.55)	22.9 (2.09)
デブコン-B	10.9 (0.41)	/
ブリダイ	3.84(1.64)	6.80(2.46)
エポキサール	/	/
レベアジン-F	8.39(0.58)	10.4 (0.82)
メルドン-7	4.22(1.29)	6.80(1.37)
カルミックス	31.3 (1.90)	36.5 (2.42)
モデルクリプテックス	50.6 (2.32)	38.5 (3.07)

時間後に行ない各試験片につき任意の5カ所を測定し各種歯型材につき5コ以上について測定し、その平均をもつて「引掻硬さ」とした。

2) 実験結果

上記のようにして得た実験結果は表7、8に示す通りである。ヴィッカース硬さの測定において、シュール・ストーン、およびニューブラストーンの場合はダイヤモンド圧子の圧痕が判然とせず正確な値を得ることが出来なかつたので、参考までに表7中に(( ))を付して記入した。一般に石膏系のもの、および表面が粗雑なものは測定が困難であつた。

4. 小括および考察

1) 「曲げ強さ」について

「曲げ強さ」において、最も強度の大きいものは銀アマルガムで $773.7\text{kg}/\text{cm}^2$ であつた。最も小さい値を示したのはカルミックスで、 $141.9\text{kg}/\text{cm}^2$ である。樹脂系のものは一般に「曲げ強さ」は大きく、レベアジン-Fは、 $745.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 、デブコン-Bは $729.9\text{kg}/\text{cm}^2$ 、ブリダイは $675.2\text{kg}/\text{cm}^2$ 、アララダイト SV-416は $667.6\text{kg}/\text{cm}^2$ 、メルドン-7は $627.5\text{kg}/\text{cm}^2$ とすべてのものが $600\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上となつている。しかし樹脂系のものの特徴として力を加えた場合に破折にいたる前に撓みを起こしてくるから、この点を考慮せねばならない。最近、臨床において

表 8 各種歯型材のマルテンス・マイヤー引掻硬さ

歯型材	荷 重 印象材	5 g		45 g	
		ラバー・ベース	シリコン・ベース	ラバー・ベース	シリコン・ベース
ベルミックス・ストーン		152	80	393	329
グラストーン		163	84	329	255
シュール・ストーン		240	204	248	162
ニュー・プラストーン		187	188	204	179
銀アマルガム		1,062 ← モデリング印象による → 1,462			
銀メッキ		/	/	/	/
ダイヤモンド・ダイマテリアル		14,154	7,962	4,514	3,176
焼結歯型材		/	/	/	/
アラルダイト・SV-416		754	441	329	280
デブコン-B		441	/	353	/
ブリダイ		353	393	298	263
エポキサール		/	/	/	/
レベアジン-F		93	133	184	366
メルドン-7		88	88	188	353
カルミックス		175	142	227	209
モデルクリプテックス		1,053	498	498	459

ポーセレン・ジャケット・クラウンの歯型用として利用されているダイヤモンド・ダイマテリアルは石膏系のものの約2倍位の414.1kg/cm²の強さがあるが、アマルガムの大よそ1/2位である。石膏系のものはベルミックス・ストーンが219.9kg/cm²、グラストーン233.6kg/cm²、シュールストーン197.2kg/cm²、ニュープラストーンは175.5kg/cm²、とほぼ200kg/cm² 付近の強さを有している。

2) 「圧縮強さ」について

「圧縮強さ」のうちで、最も大きい値を示したのは、やはり銀アマルガムで3,370kg/cm²、と、とびぬけて大きな値であつた。次に目立つたものはセメント系でモデルクリプテックスの2,132kg/cm² とカルミックスの1,016kg/cm²、であり、他のものはすべて1,000kg/cm²、以下である。しかし、このセメント系のものは先の「曲げ強さ」では13種中で最も小さい値を示しているのは興味ある事実である。

最も小さい値を示したのはシュールストーンの505kg/cm² である。このように最大値を示した銀アマルガムと最小値を示したシュールストーンとの差は約2,900kg/cm² に及んでいるが、銀アマルガムとセメント系の2種の計3種を除けば、他の10種はすべて500~1,000kg/cm²、の間に入り、その差は約500kg/cm²、となる。

エポキシ樹脂系のものはすべて900kg/cm² 台であり、

かなり大きい値を示していてダイヤモンド・ダイマテリアルの991kg/cm²、とほぼ同等の値である。石膏系のものは一般に小さくシュールストーンは505kg/cm²、で最小であり、ニュープラストーンは688kg/cm²、である。しかしベルミックス・ストーン、グラストーン、は816kg/cm²、802kg/cm²、であり、かなりの値を示している。ベルミックス・ストーンとシュールストーンとの差は311kg/cm² であるが、ベルミックス・ストーンとダイヤモンド・ダイマテリアルとの差は175kg/cm² であつた。

3) 「表面硬さ」について

(1) ヴィッカース硬さについて

ヴィッカース硬さにおいて、最も大きい値を示したのはラバー・ベース印象面に接したダイヤモンド・ダイマテリアルで149、であり、最も小さい値を示したのは、やはりラバー・ベース印象面に接したブリダイで3.84であつた。最大と最小との差は約145である。しかし、13種の歯型材のうち50以上の値を示したのは、銀アマルガムの59.6、ダイヤモンド・ダイマテリアル137、149、およびラバー・ベース印象面に接した、モデルクリプテックス50.6の3種類であり、そのうちでも100以上を示したのはダイヤモンド・ダイマテリアルの一種のみであつた。実際に臨床で歯型として使用した感じでは、アマルガムの方がダイヤモンド・ダイマテリアルよりも硬い感じがするのであるが、実験の結果では後者の方が約2倍位強

かったのは意外な感じがした。

樹脂系のものは先の「曲げ強さ」「圧縮強さ」においては、かなり大きな値を示したのであるが表面硬さについては一般にかなり小さい値を示しアラルダイト SV-416 の22.9 が最大で、ブリダインは13種中最小の3.84を示した。これは石膏系のベルミックス・ストーンがラバー・ベース印象に接する面の27.5、グラストーンがラバー・ベース印象に接する面の26.4などより小さい値である。しかし臨床に使用した感じでは石膏系のものよりも、欠け落ちたりなどせず、かなり強度のあるもののような感じがする。これは樹脂系のものは粘性があり彫刻刀などでこすつても削れてしまうことがないことと、硬化するのに時間がかかるためではないかと思われる。また、樹脂系以外のものでカルミックスを除く7種、すべてのものが、ラバー・ベース印象に接した面の方がシリコン・ベース印象に接した面より表面硬度が大きい。しかし樹脂系のものはすべてシリコン・ベース印象に接した面の表面硬度が、ラバー・ベース印象に接した面よりも大きくなっている。特にエポキシ樹脂系のアラルダイト SV-416 は、ラバー・ベース印象に接している面が10.3、シリコン・ベース印象に接している面は22.9、また、ブリダインはラバー・ベース印象に接している面は3.84、シリコン・ベース印象に接している面が6.81とほぼ2倍位シリコン・ベース印象に接している面の方が大きい値を示している。しかし印象から撤去した直後ではラバー・ベース印象に接した面の方が、シリコン・ベース印象に接していた面より硬い感じであるが、時間が経つに従つてシリコン・ベース印象に接していた面の方が硬くなつて来る。

(2) 「引掻硬さ」について

「引掻硬さ」の場合には、印象材と歯型材の間に一定の傾向を示し、メタクリル樹脂系のものを除いては、すべてラバー・ベース印象に接した面の方が、シリコン・ベース印象に接した面より硬度が大である。「ヴィッカーズ硬さ」においてはエポキシ樹脂系のものも、ラバー・ベース印象に接した面より、シリコン・ベース印象に接した面の方が大であつた。

石膏系のほとんどのものが「ヴィッカーズ硬さ」においては、エポキシ樹脂系のものより硬度が大であつたが、「引掻硬さ」においては逆にエポキシ樹脂系のものの方が石膏系のものより大となつている。特に、荷重5g時の「引掻硬さ」に顕著になつている。これは明らかに測定方法の性質の違いが出たものであろう。

13種の歯型材のうちで最も硬度が大であつたのはダイ

アモンド・ダイマテリアルで全くとび抜けた存在となつている。次いで大きな値を示したのは銀アマルガムで、5g 荷重時のモデルクリプテックスを除けば硬度1,000以上を示しているものは全くなく、この2種類だけがきわめて大きな値であり、金属系のものであつた。

メタクリル樹脂系のものはシリコン・ベース印象に接した面の方が、ラバー・ベース印象に接した面よりも大となつていて、これは「ヴィッカーズ硬さ」の場合と同じである。

石膏系のシュールストーン、ニュープラストーン、は5g 荷重の時はベルミックス・ストーン、グラストーンよりも大となつているが45g 荷重では逆にベルミックス・ストーン、グラストーンの方が硬度は大となる。

臨床において、ポーセレン・ジャケット・クラウン用の歯型としてダイヤモンド・ダイマテリアルを使用した場合に、しばしば、みられるように技工操作中に彫刻刀などの器具により表面が擦過されて、茶褐色の粉末が出来ることが多い。このようなことからみると、ダイヤモンド・ダイマテリアルの「引掻硬さ」が大きいとは思われないのであるが、実験結果では13種中で引掻硬さが最も大きいという結果が出ているのは矛盾しているように思われる。しかし、これは引掻試験機の針が頂角90°のダイヤモンド針であり、臨床で使われている彫刻刀の刃などのように鋭角でなく、しかも巾と長さがないので、このような結果となつたのではないだろうか。臨床において使用する場合は、実験で計測を行なうような小範囲でなく、もつと広い範囲にわたつていること、および支台歯の形や表面の状態なども実験用原型と異なるので、再現された歯型の面も均等なものではなくなるためであらう。

このように、表面の硬さについては、「ヴィッカーズ硬さ」、「引掻硬さ」のみではなく、Östlund³²⁾、Toreskog²³⁾などのような特殊な方法による実験も必要となつてくるのではないだろうか。

V. 歯型材の臨床的優劣 (ポーセレン・ジャケット・クラウンを対象とした)

先の実験において使用した16種の歯型材のなかから、寸法精度、機械的性質からみて、使用出来ると思われる歯型材4種をえらび、それらを用いて歯型を作成し、それを用いてポーセレン・ジャケット・クラウンを焼成した。焼成したポーセレン・ジャケット・クラウンは、もとの天然歯支台に戻され、セメント合着された場合どの程度の適合度が得られ、セメント層はどの程度になるのかを実験し、同時に臨床的意義を考察した。

1. 実験方法

1) 歯型の作成

(1) 歯型の作成に使用した歯型材

使用した歯型材は次の4種である。すなわちベルミックス・ストーン、銀アマルガム、ダイヤモンド・ダイマテリアルである。上記4種を選んだ理由は、ベルミックス・ストーンの場合は、現在歯型材として最も多く用いられており、操作性の最も容易な石膏系歯型材のなかでも、寸法的にも、機械的にも優れているからであり、銀アマルガムは、従来ポーセレン・ジャケット・クラウンの製作に用いられてきたもので、比較の基準とする意味からであり、ダイヤモンド・ダイマテリアルは機械的性質が優れていて、現在臨床において、かなり用いられているものであるためであり、エポキシサルを用いたのは、石膏系、金属系のものとは全く異なった性質のものであり、操作性、硬化時間、等にやや難点があるが、寸法的にも、機械的性質にもよいものであり、今後の改良によっては優れた歯型材になると思われるエポキシ樹脂系のものうち最も操作性の容易なものであったからである。

(2) 天然歯の支台形成

支台形成に用いた歯牙は抜去した上顎犬歯で各歯型材について10本ずつ、計40本を用いた。支台形態は杉浦²⁵⁾ Tylman³⁸⁾に基づき解剖的歯頸線に沿って巾約1.0mmのショルダーを有し近遠心側、約3°のテーパを有する全部被覆冠型の支台形成を行なった。

(3) 印象採得

印象は本学の臨床において主として行なわれている、一歯用、即重レジントレーと、ラバー・ベース印象材による方法で行なった。すなわち即重レジントレーの内面に即重レジンの粉末と液を混ぜ泥状になったものを内面に塗り直ちにラバー・ベース印象材の練和したものを塗りつけるように盛り上げて印象を採る方法である。印象の採得は37°C恒温槽中で行なった。ラバー・ベース印象材の練和開始後15分に恒温槽から印象をとり出し撤去した。撤去後直ちに歯型材の注入を行なった。アマルガムの場合には銅バンドにモデリングを軟化して印象し、冷水にて冷却硬化させたのち撤去した。

(4) 歯型材の注入完成

支台歯より撤去した印象は欠陥の有無を点検し、分離剤を必要とする場合にはこれを塗布して、寸法変化の項で述べたように、各歯型材メーカーの指示に従って練和あるいは混和した歯型材をパイプレーターを用いて注入し、後の操作が容易となるようにダウエルピンを立て硬化するのを待つて印象から取り出した。アマルガム歯型

図 14 作成した4種の歯型、左から 1. 支台形成した天然歯、2. ベルミックス・ストーン歯型、3. 銀アマルガム歯型、4. ダイヤモンド・ダイマテリアル歯型、5. エポキシサル歯型

図 15 実験に使用した圧印器

の場合はモデリング印象にボクシングを行ない、乳鉢、乳棒を用いて、手で練和したアマルガムを過剰水銀を絞り出しながら手圧により充填し、ダウエルピンを立てて硬化させた。印象から撤去した歯型は次のマトリックスの圧接操作の邪魔にならないように歯頸部の不要部分を削除、整理し歯型を完成させた。

2) ポーセレン・ジャケット・クラウンの焼成

(1) マトリックスの圧接、圧印

ポーセレン・ジャケット・クラウンの焼成のためのマトリックスは厚さ25μのパラジウム箔を用い隣接面でティンナー・ジョイントして圧接し、図15のような圧印器を用いて圧印を行なった。

(2) 焼成に使用した陶材と電気炉

焼成に使用した陶材は米国 S. S. White 社の大気焼成用、中溶陶材の一種類を用いた。電気炉は中央科学精機株式会社製のものを使用した。

(3) 陶材の盛り上げと焼成

図 16 セメント合着のために石膏に植立した支台歯

図 17 セメント合着用装置

a. 可動部, b. 固定部, c. 加重部
d. 生ゴム片

図 18 支台歯にセメント合着したポーセレン・ジャケット・クラウンの一部

図 19 セメント合着された、ポーセレン・ジャケット・クラウンの断面試料の一部

陶材の盛り上げは2回に分けて行ない、第1回目は歯頸部と支台全面に約0.5mm位の厚さに盛り上げ約1,220°Cまで焼成し、歯頸部の修正を行ない、次に歯冠全体の形態を付与するように盛り上げ1,260°Cで1分間係留したのち徐冷して焼成完了とした。

3) セメント合着

焼成の完了したポーセレン・ジャケット・クラウンのマトリックスを剥がして支台歯に試適したのちセメント合着を行なった。セメントは而至社のエリートセメントを使用し、室温20°~24°C中で標準稠度に練和し図16に見られるように石膏ブロック中に植立した天然歯に図17のような装置で10kg、10分間加重を行なつて、セメント合着した。図18はセメント合着したポーセレン・ジャケット・クラウンの一部である。

4) 断面試料の作成

セメント合着した天然歯とポーセレン・ジャケット・クラウンを室温20°~24°C中に24時間放置したのち歯根根部1/2を含めて歯冠部全体を即重レジンで包埋した。これは試料を切断するときにポーセレン・ジャケット・クラウンが支台歯から剥がれないようにするためである。包埋した試料はダイヤモンド・ディスクを用いて、まず頬舌的に正中線を通つて矢状断し、次にその片一方を近遠心的に前頭断した。切断面は砥石を用いて研磨しセメント層がはつきり見えるようにした。図19はその一部である。

5) セメント層の厚さの測定

縦断した試料を次の図20に示したように7カ所、すなわち①唇側ショルダー部、②唇側中央部、③歯冠頂部、④舌側面部、⑤舌側基底結節部、⑥舌側ショルダー部、⑦隣接面ショルダー部のセメント層の厚さを測定した。

測定は精度1/1000mmのコムパレーターを用いて測定した。測定は1カ所について3回測定し、その平均を

図 20 セメント層の厚さを測定した部位

1. 唇側ショルダー部, 2. 唇側中央部, 3. 歯冠頂部, 4. 舌側面部, 5. 舌側基底結節部, 6. 舌側ショルダー部, 7. 隣接面ショルダー部

とつてその場所のセメント層の厚さとした。4種の歯型材について、それぞれに10例ずつ行ない、その平均をとつて、その歯型材より製作した、ポーセレン・ジャケット・クラウンのセメント層の厚さとした。

2. 実験結果

上記のようにして実験した結果は表9および図21に示す通りであつた。

3. 小括および考察

前項の実験結果から次のことが考えられる。

セメント層の厚さは使用した歯型材の種類に関係なく、ほぼ同じような傾向を示し、最も厚い部分は表9、図21からも、わかるように歯冠頂部であり、最も薄い部分は隣接面ショルダー部であつた。セメント層の厚さが平均している所は歯軸面の部分であつた。この傾向は、横塚、渡辺、等による一連の実験結果³⁴⁾³⁵⁾³⁶⁾と同様であつた。さらにやや詳しく各部分についてみれば次のようである。

唇側ショルダー部で、最も少ないセメント層を示したのはベルミックス・ストーン歯型によるもので41 μ であ

図 21 ポーセレン・ジャケット・クラウンのセメント層の厚さ

り、次いでエポキシサル歯型の43 μ 、ダイヤモンド・ダイマテリアル歯型による50 μ で、最も厚い値を示したのはアマルガム歯型によるもので58 μ であつた。最厚と最少の差は17 μ であつた。図22は4種の歯型から作成したポーセレン・ジャケット・クラウンの唇側ショルダー部での拡大図であるが、アマルガムによるもののみが他のものに比してセメント層が厚いのが判然としている。しかし他の3者間の差はあまり認められない。

唇側中央部において、最も少ないセメント層を示しているのは、ベルミックス・ストーン歯型によるもので、

表 9 4種歯型によるポーセレン・ジャケット・クラウンのセメント層の厚さ μ 。

( ) 内は標準偏差

歯型材	測定部位	唇側ショルダー部	唇側中央部	歯冠頂部	舌側面部	舌側基底結節部	舌側ショルダー部	隣接面ショルダー部
ベルミックスストーン		41 (14)	48 (9)	188 (63)	51 (16)	50 (20)	42 (14)	32 (13)
ダイヤモンド・ダイマテリアル		50 (24)	52 (13)	145 (60)	58 (18)	49 (13)	50 (14)	37 (15)
銀アマルガム		58 (17)	69 (26)	140 (30)	67 (13)	56 (27)	54 (23)	57 (30)
エポキシサル		43 (21)	54 (22)	158 (68)	43 (24)	48 (14)	60 (26)	44 (25)

図 22 唇側ショルダー部のセメント層

A. アマルガム歯型によるもの, V. ベルミックス・ストーン歯型によるもの, D. ダイアモンド・ダイマテリアル歯型によるもの, E. エポキシサル歯型によるもの

48 μ , 最も厚いものはアマルガム歯型より作ったもので 69 μ であり, その差は 21 μ であつた. 次に少ない値を示したのは, ダイアモンド・ダイマテリアル歯型によるもので 52 μ , 次いで, エポキシサル歯型によるもの, 54 μ , であつた. 図 23 は 4 種の歯型より作成したジャケット・クラウンの唇側中央部におけるセメント層の厚さを示すものである.

歯冠頂部のセメント層については, 少し様子が異なってくる. すなわち, マトリックスを圧接して行くとこの部分にマトリックスが重なり合つたり, 皺になつたりするのでセメント層は非常に厚くなつてくる. 一応, 平均値を示せば表 9 のようになる. 最も少ないセメント層を示したのは, アマルガム歯型によるもので 140 μ であり, 次いで, ダイアモンド・ダイマテリアル歯型によるもの,

図 23 唇側中央部のセメント層

A. アマルガム歯型によるもの, V. ペルミックス・ストーン歯型によるもの, D. ダイアモンド・ダイヤモンド歯型によるもの, E. エポキシサル歯型によるもの

145 μ エポキシサル歯型によるもの158 μ , となつている。最も厚いものはペルミックス・ストーン歯型によるもので188 μ となつていて, 最厚と最少の差は48 μ となつて

いる。
ペルミックス・ストーン歯型によるものが最大の値を示した理由として考えられることは, まずジャケット・

クラウンと支台歯との隙間が最少であるため, セメント合着による浮上りが最も大きいということ, および石膏歯型表面の摩擦が他の3者よりも大きくて, 陶材を盛り上げてマトリックスを抜き出す時に摩擦によつて, マトリックスが多少, 上下的に引きのばされたようになるためと考えられる。図24は4種の歯型によるものであるが,

図 24 歯冠頂部のセメント層

A. アマルガム歯型によるもの, V. ベルミックス・ストーン歯型によるもの, D. ダイアモンド・ダイヤモンド・ダイマテリアルによるもの, E. エポキサル歯型によるもの

各歯型, 歯牙によつて, ばらつきが大きく, この図に関する限り平均値を示したものではない。

舌側面部のセメント層の厚さで最も少ない値を示したのは 43μ のエポキサル歯型によるものである。次は 51μ のベルミックス・ストーン歯型によるものであり, 次いでダイヤモンド・ダイマテリアル歯型による 58μ で,

最も厚いものはアマルガム歯型によるもので 67μ であつた。最厚と最少の差は 24μ である。図25は4種歯型によるものの舌側面部におけるセメント層を示したものであるが, 平均値のものを示したものではない。

舌側基底結節部におけるセメント層は最少がエポキサル歯型によるもので 48μ , 次いでダイヤモンド・ダイマ

図 25 舌側面部のセメント層

A. アマルガム歯型によるもの, V. ベルミックス・ストーン歯型によるもの, D. ダイヤモンド・ダイマテリアル歯型によるもの, E. エポキサール歯型によるもの

テリアル歯型によるもので 49μ , 次が 50μ のベルミックス・ストーン歯型によるものである。最も厚いのはアマルガム歯型によるもので 56μ であつた。

最厚と最少の差は 8μ であつた。図26はこの部分の拡大図である。

舌側ショルダー部のセメント層の厚さは、最少値を示

したのは、ベルミックス・ストーン歯型によるもので、 42μ , 次に少ないものはダイヤモンド・ダイマテリアル歯型による 50μ , 次いでアマルガム歯型による 54μ , 最も厚いのは、エポキサール歯型によるもので 60μ であつた。最厚と最少の差は 18μ であつた。エポキサール歯型によるものが、最も厚いセメント層を示したのは意外で

図 26 舌側基底結節部のセメント層

A. アマルガム歯型によるもの, V. ベルミックス・ストーン歯型によるもの, D. ダイアモンド・ダイマテリアル歯型によるもの, E. エポキシサル歯型によるもの

あつたが、基底結節部、および舌側面部のセメント層が薄くなっているところから見ると、ジャケット・クラウンをセメント合着する際にやや唇側に傾いたものと考えられる。図27はこの4種のものを拡大したものである。

隣接面ショルダー部におけるセメント層は、最も少ない値を示したものは、ベルミックス・ストーン歯型によ

るものであり、 32μ となつている。次はダイヤモンド・ダイマテリアル歯型によるもので 44μ 、最も厚いのはアマルガム歯型によるもので 57μ であつた。

最厚と最少の差は 25μ であつた。このように、一般に隣接面ショルダー部のセメント層は唇、舌側のショルダー部のそれよりも薄く適合がよいといえる。これは陶材

図 27 舌側ショルダー部のセメント層

A. アマルガム歯型によるもの, V. ベルミックス・ストーン歯型によるもの, D. ダイアモンド・ダイマテリアル歯型によるもの, E. エポキシサル歯型によるもの

の焼成時における収縮量の違いによるものであろうと考えられる。すなわち唇側、および舌側面の方が隣接面より長いので全体としての焼成時の陶材収縮量が大きくなり、マトリックスが引っぱられてセメント層の厚さが増すものと思われる。図28はこの部分の拡大図である。

歯型材別に考えた場合、前述のことからもわかるよう

に、全体にわたって厚いセメント層を示したのはアマルガム歯型によるものであり、これはアマルガム歯型の寸法変化が+0.56%とかなり大きな膨脹を示すことからみて当然といえる。また、アマルガム歯型を作成するためにはモデリング印象によるしかなく、銅パーバンド、モデリング印象法によつては図22、27に見るようにショ

図 28 隣接面ショルダー部のセメント層

A. アマルガム歯型によるもの, V. ベルミックス・ストーン歯型によるもの, D. ダイアモンド・ダイマテリアル歯型によるもの, E. エポキサル歯型によるもの

ルダール隅角部の印象が正確に採れず角がまるくなつてしまい、その部分のセメント層が著しく増大している。ベルミックス・ストーン、ダイヤモンド・ダイマテリアル、エポキサールの3者の歯型材による歯型から作成したポーセレン・ジャケット・クラウンのセメント層の厚さの間には著しい差異はみられなかった。このことは3

者の寸法変化が、ダイヤモンド・ダイマテリアル-0.15%、エポキサル+0.11%、ベルミックス・ストーン+0.12%であり、その最小と最大の差は0.27%である。この程度の差であるならば、臨床的に応用した場合にはほとんど差は出ないようである。

機械的強度に弱いとみられたベルミックス・ストーン

歯型によるポーセレン・ジャケット・クラウンの適合度がダイヤモンド・ダイマテリアル歯型によるものと大差がないのはやや意外であった。しかし、このベルミックス・ストーン歯型については、ショルダーの巾が1.0 mm、角度が90°に近いものであつたのでマトリックスの圧接、圧印に耐えられたようであり、もし実際に臨床でしばしばみられるように、角度が90°以下の鋭角となつたり、ショルダーの巾が1.0 mm 以下となつた場合になくなるかはさらに検討せねばならないであろう。

さらに、歯肉に対する為害作用という点から、適合度ということ考えた場合、最も問題となる点は、支台歯と補綴物の移行する部分であろう。この点を特にポーセレン・ジャケット・クラウンについて考えてみるならば、荒木の実験⁸⁷⁾にもみるように、適合度の歯肉に対する影響が大である以上、ジャケット・クラウンの辺縁部におけるセメント層が0に近くなることが理想的である。

少なくとも鑄造冠の辺縁部におけるセメント層、30～50 μ ⁸⁹⁾程度になつてほしいものである。しかし、ポーセレン・ジャケット・クラウンは、鑄造冠とは異なり、辺縁部の圧接ということは全く不可能であり、焼成したままのものとなる。

本実験においてみるように、焼成したままのジャケット・クラウンをセメント合着したものの辺縁部を拡大してみると、図22、27、28、のようになつていて、必ずしもよい適合状態であるとはいえない。大部分のものは図29 aのようにオーバーラップしており、また、あるものは図29 bのようにショルダー部より短くなつてきているもの、また、あるものは図29 cのように開いているものもある。これは単に歯型材の寸法変化等の性質によるものではなく、陶材を盛り上げて焼成する際、歯型のマージンが隠れてしまい、どこがマージンであるかが判然とせず、陶材をオーバーラップして盛り上げたまま焼成してしまつたり、少な目になつてしまつたりするためであろう。しかしこれは第1次、第2次焼成の過程である程度

修正出来ることであるが、それでも完全に適合させることは困難なことである。

このようにポーセレン・ジャケット・クラウンの適合度は歯型材の寸法変化のみでなく、機械的強度も影響し、さらにもつと大きく影響するものとして陶材の焼成による収縮、陶材の盛り上げ方、焼成の方法等があり、これらに影響されることが相当に多いと思われる。しかし少なくとも歯型一つでも良い条件の安定したものを作ることは必要であろう。

VI. 総括ならびに考察

16種の歯型材の寸法変化、および機械的強度について実験を行ない、そのうちの代表的な4種について実際にポーセレン・ジャケット・クラウンを焼成して、セメント合着を行ない、その適合度をセメント層の厚さから検討し歯型材の臨床的意義について検討した。

石膏系のものについて考えるならば、寸法変化は、ニューブラストーンのみが、かなり大きな膨脹を示し、ラバー・ベース印象の場合は+0.52%、シリコン・ベース印象の場合は+0.73%となつているほかは、すべて、ラバー・ベース印象の場合は+0.2%以下、シリコン・ベース印象では0.35%以下で寸法変化は少ない部類に入る。また、歯型を作成する操作も容易であり、硬化時間も短かく非常に有用な材料であるが、機械的強度が不十分である。

金属系のものについて考えると、銀アマルガムは機械的強度においては全く十分であるが、寸法変化が+0.56%とかかなり大きいことと表面が多少粗雑であること、および弾性印象材には使用不可能という短所がある。ダイヤモンド・ダイマテリアルは寸法変化についてはラバー・ベース印象で-0.12%、シリコン・ベース印象で-0.03%と収縮するが、かなり原型に近い歯型が得られ、また機械的性質も十分な強度を有している。しかし歯型を完成させる過程において焼結という操作を必要とし、焼結するまでは機械的強度は全く弱い。臨床に応用した場合、ラバー・ベース印象に直接ダイヤモンド・ダイマテリアルを注入するとラバー・ベース印象の内面に接着してしまい、硬化後歯型を取り出す時に歯型が壊れてしまうことが多い。このため印象内面に分離剤を塗布する方が良いと思われる。これは、ダイヤモンド・ダイマテリアルが、ラバー・ベース印象材と必ずしも化学的に反応して接着してしまふのではなく、形成された支台歯の表面のダイヤモンド・ポイント等の切削工具による切削傷や、わずかなアンダーカット等のために、機械的に結合して

図 29 ポーセレン・ジャケット・クラウンの
辺縁部の状態

いるものと思われる。また、焼結した歯型表面を彫刻刀で擦過すると表面が粗雑となり、褐色の粉末がはがれてきて一見「引掻強さ」や「表面硬度」が弱いように思われるが、実験結果では、反対に最も強いということになる。このような性質を知るには「ヴィッカース硬さ」試験および「引掻試験」のみでは不十分であつたものと思われる。銀メッキは歯型の表面はきれいになるが、印象を電解液中に10時間以上も浸けておかねばならぬため、寸法変化も大きくなり、操作も複雑となつて、優れた歯型材とは思われない。本学医用器材研究所試作の焼結歯型材は目下のところ収縮も大きく、実用的ではないが、今後の改良によつては将来を期待されるものと思われる。

エポキシ樹脂系のものは寸法変化は比較的小さく、優れている。機械的性質も表面のヴィッカース硬度こそ、やや小さいが、「曲げ強さ」「圧縮強さ」は十分であり、また、表面硬度も臨床的には、彫刻刀で擦過しても表面が削れてしまつたり、大きな傷になつたりすることもないので良い歯型材といえる。しかし、最も大きな欠点は、ラバー・ベース印象材に接着してしまうことで、印象に注入する際に分離剤を必要とし、印象から歯型を取り出すにはトレーを壊さねばならないことである。また、シリコン・ベース印象に対しても化学反応を起こして歯型の表面が荒れたり、べとついたりする。硬化時間が長く最も短いものでも3時間を要することもエポキシ樹脂系の欠点の一つである。また、この歯型材は長期間保存すると反応剤が変質して硬化時間が遅れてくること、および、粘性があるので使用する量が少ない場合（歯型材としてはほとんどの場合が少量であるが）は、秤量が困難であることも、この歯型材の欠点の一つといえる。

メタクリル樹脂系のものについては、寸法変化が著しく大きく、ラバー・ベース印象の場合で、ほぼ2%、シリコン・ベース印象の場合は3%で、全く実用的とはいえない。さらに歯型を筆積み法によつて盛り上げるにもかなりの時間を要する点などからみて、現在のままでは歯型材としては不適であると思われる。

セメント系のものにおいては、カルミックスは寸法変化においてラバー・ベース印象に対しては-1.14%と、かなり大きい値になつてゐるが、シリコン・ベース印象に対しては、-0.29%となつてゐるのは、シリコン・ベース印象材に対して、わずかではあるが接着するので歯型の収縮がおさえられたものと思われる。機械的性質は、「耐圧強度」は大きい、「曲げ強さ」はきわめて弱い、印象に注入する際に標準稠度に練つたものは粘性が高く、非常に注入し難い。モデルクリプテックスについては、

寸法変化はラバー・ベース印象に注入した場合は-0.33%とかなり寸法変化が大きく歯型はやや小さすぎると思われるが、シリコン・ベース印象に注入した場合には-0.04%とかなり原型に近い歯型が得られた。機械的性質は「耐圧強度」「表面硬さ」とも十分であるが「曲げ強さ」はやや小さい、と思われる。印象に注入する際に粘性が高いので注入し難いという欠点がある。

歯型材の優劣を判定する基準としては、本実験で行なつた、寸法変化、機械的性質のうち、「曲げ強さ」「圧縮強さ」「ヴィッカース硬さ」「引掻強さ」のみでは十分であるとは思われない、特に表面の状態、再現性、および耐磨耗性ということが重要な条件となつてくると思われる。

VII. 結 論

以上のように各種歯型材についての実験および考察の結果、以下のような結論が得られた。

現在使用されている歯型材のうち、すべての点において優れているものはない。したがつて歯型作成には使用目的に合つたものを選択すべきである。

現在使用されている歯型材の中で総合的にみて良いと思われるものは、寸法精度から考えるならば、ベルミックス・ストーン、グラストーン等の超硬石膏であり、機械的強度から考えるならば、エポキサール、プリダイ等のエポキシ樹脂系の歯型材、またはダイヤモンド・ダイヤモンド・ダイマテリアル歯型材である。

稿を終るに臨み、終始御懇篤な指導を戴いた、故石原寿郎教授に対し感謝すると共に深く哀悼の意を表します。また、石原教授亡き後、御指導、御校閲を賜つた中沢勇教授に感謝致します。また本研究に際し御協力下さつた、東北大学歯学部、吉田恵夫教授、本学医用器材研究所、増原英一教授、加藤一男教授、ならびに両教室の方々、および本学、第1、第2理工学教室の方々、第2補綴学教室の方々に心から御礼申し上げます。

文 献

- 1) 石原寿郎：鑄造冠，東京，昭和34(1959)，而至化学工業株式会社 p. 45-46.
- 2) 吉田恵夫：金属原型による弾性印象材の精度試験について，歯界展望，14：1140-1149，昭和32(1957)。
- 3) 内山洋一，他：弾性印象材の残留変形に関する一考察，補綴誌，3：4-8，昭和34(1959)。
- 4) 総山孝雄，他：間接法歯型の膨縮変形に関する総合的研究，口病誌，20：229-252，昭和28(1953)。
- 5) 吉田恵夫：継続歯の間接法について(その1)，

- 歯科時報, 20: 5, 21-24, 昭和41 (1966).
- 6) 増原英一, 他: メタクリル樹脂とチオコールラバー印象材の接着について, 歯理工誌, 7: 12, 32-36, 昭和41 (1966).
- 7) 金竹哲也: 歯科理工学通論, 京都, 昭和43, 永末書店, p. 322, 44-45, 28.
- 8) 石原寿郎, 他: 全部鑄造冠, 歯肉縁下の正確な印象法, 歯界展望, 18: 1365-1371, 昭和36 (1961).
- 9) 石井正敏, 他: チオコールラバー印象材と銅板の接着について, 歯理工誌, 7: 13, 4-6, 昭和41 (1966).
- 10) 大石忠雄, 他: チオコールラバー印象材の残留ひずみよりみた硬化時間について, 補綴誌, 10: 187-190, 昭和41 (1966).
- 11) 大石忠雄, 他: シリコン印象材の残留ひずみよりみた硬化時間について, 補綴誌, 10: 191-194, 昭和41 (1966).
- 12) 吉田恵夫: 新しい歯型材としてのダイヤモンドダイマテリアル, 歯科時報, 19: 6, 20, 昭和40 (1965).
- 13) Cowger, G. T & Dunkin, R. S.: A Non-metal Die for Porcelain Jacket Crown Fabrication J. Pros. Den., 17: 578-582, 1967.
- 14) 下河辺宏功: 強さかたさ及び耐熱性の優れた型材の研究(第1報) 結合材について, 歯理工誌, 6: 11, 11-16, 昭和41 (1966), 強さかたさ及び耐熱性の優れた型材の研究(第2報) 骨材について, 歯理工誌, 7: 13, 8-15, 昭和41 (1966).
- 15) Phillips, R. W, Schnell, R. J.: Electroformed Dies from Thiokol and Silicene Impressions. J. Pros. Den., 8: 992-1002, 1958.
- 16) Wasser, V. E.: New Die Material for Master Casts. J. Pros. Den., 11: 1122-1123, 1961.
- 17) Wasser, V. E.: New Die Material for Master Models. D. Digest., 68: 76-77, 1962.
- 18) 東節男: 水硬性りん酸塩セメントの過去, 現在および未来, 歯理工誌, 4: 7, 115-124, 昭和38 (1963).
- 19) Shwindling, R.: Die Abdruckgenauigkeit der Neuen Gummiartigen Abdruckmassen PERMAFLEX, PERMLASTIC und PLASTODENT in verbindung mit den Modelhartgipssen MOLDANO und DUROC, Z. R., 64: 219-225, 1955.
- 20) James, A.G.: Maintenance of Equilibrium in Reversible Hydrocolloid Impressions. I. Made with Stock Impression Materials, J. D. Res., 28: 108-118, 1949.
- 21) Thompson, M. J.: A Standerdized Indirect Technic for Reversible Hydrocolloid, J. A. D. A., 46: 1-18, 1953.
- 22) Phillips, R. W.: Factors Influencing the Accuracy of Reversible Hydrocolloid Impressions, J. A. D. A., 43: 1-17, 1951.
- 23) Toreskog, S., Philips, R. W: Properties of Die Materials: A Comparative Study. J. Pros. Den., 16: 119-131, 1966.
- 24) 総山孝雄: 鑄造修復, 東京, 昭和43, 永末書店, p. 252.
- 25) 杉浦英二: 有髄橋脚歯としての上顎犬歯形態の研究, 口病誌, 26: 1807-1829, 昭和34 (1959).
- 26) A. D. A.: Guide to Dental Material, 1962, 1963, Chicago, 1962.
- 27) Peyton, F. A., Leibold, J. P., and Ridgley, G. V.: Surface Hardness, Compressive Strength and Abrasion Resistance of Indirect Die Stones, J. Pros. Den., 2: 381-389, 1952.
- 28) Skinner, E. W and Gordon, C. C.: Some Experiment on the Surface Hardness of Dental Stone. J. Pros. Den., 6: 94-100, 1956.
- 29) 総山孝雄, 他: 硬石膏歯型の後処理による硬度膨縮の変化, 口病誌, 21: 135-140, 昭和29 (1954).
- 30) 大谷宏, 他: 硬石膏模型の表面硬度について, 歯材器誌, 5: 45-51, 昭和36 (1961).
- 31) 桂基嗣, 生野邦彦: 人及び動物の歯の引掻硬度について, 臨床歯科, 226: 1-5, 昭和34 (1959).
- 32) Östlund, S. G.: Cutting Resistance Tests of Die Materials, J. Pros. Den., 9: 461-467, 1959.
- 33) Tylman, S. D.: Theory and Practice of Crown and Bridge Prosthodontics: St. Louis, 1965, The C. V. Mosby Co., p. 626.
- 34) 横塚繁雄, 他: Porcelain Jacket Crown の寸法精度について, 歯理工誌, 5: 8, 10-14, 昭和39 (1964).
- 35) 横塚繁雄, 他: Porcelain Jacket Crown の寸法精度について, 補綴誌, 8: 72-76, 昭和39 (1964).
- 36) 渡辺嘉一, 他: Porcelain Jacket Crown の寸法精度について(第4報), 歯学, 52: 281-285, 昭和39 (1964).
- 37) 荒木啓之: 歯肉に対する全部鑄造冠の影響に関する実験的研究, 補綴誌, 13: 44-55, 昭和44 (1969).
- 38) 吉田恵夫, 他: 全部鑄造冠, $\frac{3}{4}$ 冠, Pinledge の臨床的適合度に関する一考察, 口病誌, 26: 1634-1637, 昭和34 (1959).
- 39) 内山洋一, 他: 全部鑄造冠の1臨床例における適合度の観察, 補綴誌, 9: 125-134, 昭和40, (1965).