鑄造修復物合着時の加圧法とセメント被膜の厚さ

小 谷 野 英 一

東京医科歯科大学第 1 歯科保存学教室 (指導: 総山孝雄教授)

(昭和50年10月13日受付)

Pressing Technics for Cementing Cast Restorations and Resultant Cement Film Thickness

Eiichi Koyano

Department of Operative Dentistry, School of Dentistry,
Tokyo Medical and Dental University
(Director: Prof. Takao Fusayama)

要旨: 鑄造修復物をセメント合着する際に、なるべく薄いセメント被膜の厚さで正しく装着しうのような、もっとも有効な合着のための圧接法を知るために、2種類の直径と2種類の深さをもった臨床に近い大きさの真鍮製円柱形窩洞と、これに合わせて市販銅合金を用いて作られた鑄造物とを、リン酸セメントを用いて、静的並びに動的な各種の圧接法により合着し、その際窩底部および側壁部に生じたセメント被膜の厚さを測定した結果次のような知見を得た。

1. セメント被膜の通常の圧力で圧縮しうる限度の critical thickness は、平面板よりもインレー窩洞の底面の方が大きく、インレー窩洞では compressive pressure の働く底面よりも、shearing pressure の働く側壁面の方が小さかった。
2. 同じ深さで直径が異なる2種類の円柱形インレーの間では、直径の大きなインレーの方がセメント被膜の厚さが小さかった。同じ直径で深さが異なるインレーのあいだでは、窩洞の深いインレーの方がセメント被膜の厚さが大きかった。
3. 静的加圧や槌打よりも、振動加圧の方がセメント被膜を薄くした。同じ圧力で振動加圧を用いた場合には、垂直振動の方が水平振動よりもややセメント被膜を薄くした。しかし水平振動加圧には、患者の歯に対する衝撃や苦痛がほとんど感ぜられないので加圧力をさらに増すことが容易であると思われた。
4. 静的加圧で修復物をほぼ正しい位置まで圧入し、さらに動的加圧を加える併用加圧法は、各種の加圧法を個々に用いた場合よりもセメント被膜の厚さを著しく小さくした。
5. 実際の臨床では、まず手圧でもって修復物をできるだけ押しこんだのち、さらに水平振動を加えつつ圧接を追加する方法が最も適切であろうと判断された。

結 論

歯冠の保存修復や欠損部補綴のために、鑄造修復術は欠くことのできない重要な方法として広く行われているが、近年印象採得から鑄造までの一貫した精密鑄造法の研究¹⁻⁹⁾によってきわめて寸

法精度の高い鑄造修復物が得られるようになってきた。しかしこれら修復物を口腔内で最終的に形成歯にセメント合着する際に、セメントの流動抵抗による浮き上りを生じ¹⁰⁻²⁶⁾、せっかく得られた精密な鑄造修復物が正しく装着できず、そのため失敗に帰する場合がしばしばある。

セメントの抵抗を少なくして修復物のセメント合着による浮き上りを防止するための方法としては、合着前に鑄造冠の一部に穿孔して余剰のセメントの脱出を容易にする方法があり、Bassett²⁰⁾, Selberg¹³⁾, Jørgensen^{17,18)}, 吉田¹⁶⁾, その他^{10,11)}によりその効果が立証されているが、この方法は操作が複雑なだけでなく、冠の一部に穿孔して傷をつけるという不利がある。また穿孔する代りに冠の内面を削除したり^{11,16)}, 王水で溶かす striping を行ったり^{20,25-27)}, あるいは間接法模型面にラック類の層を塗布したりすることによって鑄造冠の内面にレリーフスペースを設ける方法^{19,22)}もあるが、この方法もまた手数を増加するのみならず、装着後の咬耗や咬合調節のための削除などによって冠が穿孔されやすくなる不利がある。従って止むをえない場合にはこれらの補助法によるにしても、出来上がった鑄造冠をできるだけ適確に正置しうような圧接法を考究することがいっそう重要であると考えられる。

かような合着のための圧接法に関する研究としてはアマルガム充填用コントラ型振動器の効果に関するものがあり、西村ら²⁸⁾が被膜の厚さや合着力に対する加圧力の影響を調べ、水川ら²⁹⁾はその振動数や加圧時間のセメント被膜の厚さに対する影響を検討したが、いずれもただちに臨床に応用しうような知見は得られなかった。

本研究は臨床的に応用しうようなもっとも有効な合着のための圧接法を発見する目的をもって、機械的振動に垂直動の他に水平動をも加えたのみならず、静加圧法、スプリング槌打法、重力槌打法、およびそれらの併用法をも加えて、セメ

ント被膜の厚さをどこまで圧縮しうるかを、各種寸法形態の修復物について検討した。

実験材料と方法

1. 平面板による実験

単純な平面間におけるセメントの流動抵抗の影響を知るために、平均的な大きさのインレーの合着面積とほぼ等しい面積をもつ平面板2枚を重ね、各種の加圧法によってこれを合着し、セメント被膜の厚さを測定した。

a) 平面板試片

合着試験用平面板としては既製の厚さ3mmの真鍮板を縦横6.25mmの正方形に切り、2枚の真鍮板を両面が平行で均等な厚さになるよう製作した(図1)。

b) 合着加圧法

而至社製クラウン・ブリッジ・インレーセメント(B.N.BG 19, B×8)を粉1.4g:液0.5ml(A,D,A,の定める標準稠度)で1分30秒間練し、ただちに一枚の平板の表面全体にわたるよう塗布し、これにほかの平面板を重ねて合着台の上に置き、セメントの練和開始2分後から下記のような各種の方法で圧接加圧を行った。

実験はすべて室温 $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50\pm 10\%$ の室内で行われた。

(1) 静加圧法

鉛玉の入った荷重箱を先端につるした桿杆により0.5, 1.0, 1.5, もしくは2.0kgの静加圧を加え、15分後に荷重を除去した(図2)。

(2) 垂直振動加圧法

約1mmの振幅をもつ市販のコントラ型アマル

図1 平面板試片の寸法(mm)と合着台上の平面板

図 2 定荷重加圧装置
a. 加圧子, b. 合着台

ガム充填用振動器(図3)を使用し, 約8,000cpmの振動を与えつつ, 懸吊式定加圧装置(図4)上で15秒間加圧し, 以後上記の静加圧桿杆に移して15分後まで静加圧を加えた。この際の加圧力は0.5kg または1.0kg に規制した。

(3) 水平振動加圧法

50cps でごく小さな振幅の水平振動をする市販のアマルガム用充填器ユニバーサルプラグー(図3)を用いて振動を与えつつ, 懸吊式定加圧装置上で15秒間加圧し, 以後さらに静加圧を15分後まで加えた。その際の圧力は1.0kg または2.0kg とした。なおこの場合の振動器は手で執筆状に保持され, 試片には厳密にいえばやや斜めの振動が加わった。

図 3 ユニバーサルプラグー(上)とコントラ型垂直振動器(下)

図 4 懸吊式定加圧装置

c) セメント被膜の厚さの測定法

最小目盛 1μ のダイヤルゲージを用い, 合着前の平板2枚を重ね合わせた厚さを測定しておき, 合着時にはセメントを介在させた両板を同じ向きに重ねてセメント合着した。加圧終了30分後に再び厚さを測定し, 合着前の厚さとの差をもって被膜の厚さとした。計測にはいずれも平板の4カ所を測定し, その平均値を求めた。試片は各条件群ごとに5例ずつ作って測定した。

2. 窩洞模型による実験

実際のインレーやクラウンに近い形の鑄造修復物合着時のセメントの流動抵抗の影響を知るために, 2種類の深さと2種類の径を組合わせた3種類の寸法の円柱形窩洞にインレーを合着し, セメ

ント被膜の厚さを測定した。

a) 窩洞模型およびインレー試片

窩洞の側壁のテーパーをすべて10分の2（片側で10分の1）とし、窩洞入口の直径と深さをそれぞれ4.0mm—2.5mm（A型）、8.0mm—2.5mm（B型）、および8.0mm—5.0mm（C型）とした3種の形態の真鍮製窩洞模型を用いた（図5）。

蠟形成に際しては、これら窩洞上に真鍮の中間リングをのせて、ガイドで囲って位置を規制したのち、この中へ加温軟化したパラフィンワックスを入れてその上から真鍮製の圧子によって加圧成形した。蠟型に著しく厚みの大きい部分ができて鑄造時に鑄巣を生ずることがないように、圧子の中央部を蠟型中に凸出させて厚みを薄くした。窩洞面や圧子には分離材ドライウェルを塗布してワックスの粘着を防いだ。ワックス硬化後バリを除き、上縁の一侧外方に斜めに径2mmのスプルー線を立て円錐台に植立した。

この蠟型を総山の改良加熱膨張法^{3,4,5,7,8,9)}に従い、中型リングを用いて、石綿帯（松風社製）4枚で裏装し、その内面および縁にワゼリンを塗布し、混水比0.37³⁰⁾で松風クリストバライド埋没材（松風社製 B.N 87）を練和し、真空埋没機（Vacuum Mina-吉田製作所製）によって埋没し、鑄造収縮等の諸性質が合金に近似した市販銅合金（プロゴールド）を用いて鑄型温度600°Cで遠心鑄造した。鑄造体を超音波洗浄器（ソノクリーン）で洗浄した。

これら鑄造体を窩洞に嵌入する際、鑄造体側面の窩洞外面と中間リングとのあいだに生じやすいバリによって、やや収縮したインレーの窩洞内進入が障げられる恐れがあったので、鑄造後のインレーの頸部側面に約幅1.0mm、深さ0.5mmの溝を切りこんでこれらのバリを完全に除いておいた（図の黒染部）。

b) 合着加圧法

而至社製クラウン・ブリッジ・インレーセメント（B.N.VB 19, VY 19）を粉1.5g：液0.5ml（A, D, A, の定める標準稠度）で1分30秒間練和し、ただちに試片の窩洞部に満し、これにインレー試

片を適合させて下記のような各種の方法で圧接加圧を行った。（室温23±2°C、相対湿度50±10%）

（1）静加圧法

平面板による実験と同様の桿杆で加圧した。加圧の大きさは、A型試片では1.0kg, 2.0kg, 4.0kg, B型およびC型試片では4.0kgとした。

（2）重力槌打法

通常臨床で行われている手動槌打は加圧の大きさを規制できないために、台秤の上にヴィカー針の落下棒をある所定の高さから落した場合に、臨床で普段習慣的に行っている手動槌打の瞬間最大圧力に近い目盛を示すように、ヴィカー針の落下棒を落す高さを決定して常に同じ加圧が得られるようにし、これを手動槌打の代りとした。

A型試片ではヴィカー針の落下棒280gのものを1cmの高さから垂直に自然落下させた。これを20秒間に2連打10回（20打）行い、以後1.0kgの静加圧を15分後まで加えた。B型およびC型試片では落下距離を1cmおよび2cmとした。

（3）スプリング槌打法

スプリングの目盛を強に合わせた歯科用自動槌（オートマチックマレット）を用いて20秒間に2連打10回（20打）行い、以後ただちに1.0kgの静加圧を15分後まで加えた。

（4）垂直振動加圧法

平面板による実験と同様にアマルガム充填用垂直振動器を用いたが、振動数が大きすぎると臨床的に患者の苦痛や不快感を生ずる²⁹⁾ので、生体での予備実験を行った結果、苦痛不快感をできるだけ軽減するために最低振動数の2300cpmを採用した。これによりセメントの練和開始2分後より20秒間に5秒間ずつ3回断続的に懸吊式定加圧装置の上で加圧し、ついで15分後まで静加圧を加えた。

加圧の大きさはA型試片では1.0kg, 2.0kg, B型およびC型試片ではいずれも2.0kgとした。

（5）水平振動加圧法

平面板による実験と同様に水平振動のユニバーサルプラグーを用いた。

加圧の大きさはA型試片では2.0kg, 4.0kg, B

図 5 窩洞模型の設計、寸法 (mm) (上) と金属試片 (下)

型およびC型試片ではいずれも2.0kgとした。

(6) 静加圧・動加圧併用法

C型試片を用い、まず10秒間4.0kgの静加圧を

加え、これを除いてただちに下記の3種の動的加圧を加えたのち、再び15分後まで静加圧を加えた。

(イ) 重力槌打併用法

ヴィカー針の落下棒を2cmの高さから落し20秒間に2連打10回(20打)槌打して後1.0kgの静加圧を加えた。

(ロ) 垂直振動併用法

2.0kgの加圧を加えられるよう規制した懸吊式定加圧装置の上で、2300cpmの振動をするアマルガム充填用垂直振動器で約20秒間に5秒間ずつ断続的に3回加圧しのちに2.0kgの静加圧を加えた。

(ハ) 水平振動併用法

上記同様の懸吊式定加圧装置の上で、水平振動器ユニバーサルプラーガーを15秒間連続して使用したのちに2.0kgの静加圧を加えた。

c) セメント被膜の厚さの測定法

合着後のセメント被膜の厚さを知るために、鋳造したインレー試片を、中間リングを除いた真鍮窩洞にあらかじめ嵌入し、計測台上に横たえて鋳造体の頸部マーゼンと窩洞部マーゼンとのあいだの距離(中間リングの厚さに相当する部分)をコンパレーター(島津顕微測長器 SL-12型、最小目盛1 μ , 図6)で4カ所測定しておき、セメント合着後同じ4カ所を再び測定し、これらの値の平均値の差より生じたセメント被膜の厚さを算出した。そのうち窩底部に生じたセメントの厚さは、セメント介入によるインレー体と窩洞との距離の

図6 島津顕微測長器 SL-12型

図7 窩底部測定用試片(左)と側壁部測定用試片(右)との比較

変化そのものによって知ることができた。また側壁部のセメント被膜の厚さの測定に際しては、側壁部のセメントの流動抵抗の影響のみを純粹に知るために、インレーの頭面をわずかに(A, B型で約0.3mm, C型で約0.5mm, 図7)削除して余裕をつけることによって、合着時の窩底部の抵抗を軽減しておいて合着し、垂直方向のインレー体と窩洞との距離の変化にテーパー値(片側で $\frac{1}{10}$)を掛けることによって、生じているセメント被膜の厚さを算出した。

試片は各条件群ごとに10例ずつ作って測定した。

成 績

1. 平面板合着時のセメント被膜の厚さ

各種加圧法により平面板を合着した場合のセメント被膜の厚さについて次のような知見が得られた(表1)。

各条件群のセメント被膜の厚さの平均値は20~45 μ にわたって変化したが、同じ加圧荷重で比較すると、静加圧法よりは振動法がセメント被膜の厚さを薄く圧接し、振動法の中では垂直振動法が水平振動法よりも被膜の厚さをやや小さくした。

表1 平面板合着時のセメント被膜の厚さ(μ)

圧接荷重	加 圧 法 の 種 類		
	静的加圧	垂直振動	水平振動
0.5kg	45(5)	26(4)	
1.0kg	34(3)	20(1)	27(2)
1.5kg	30(3)		23(2)
2.0kg	26(2)		23(1)

数値は平均値(標準偏差)を示す

表 2 A型インレー合着時のセメント被膜の厚さ (μ)

測定部位	圧接荷重	加 圧 法 の 種 類				
		静的加圧	重力槌打(弱)	スプリング 槌 打	垂直振動	水平振動
窩 底 部	1 kg	94(24)	60(15)	47(17)	17 (5)	29 (4)
	2 kg	62(13)			14 (5)	
	4 kg	34 (6)				
側 壁 部	1 kg	30 (6)	16 (8)	19 (3)	9 (5)	14 (3)
	2 kg	17 (4)			10 (3)	
	4 kg	13 (3)				

数値は平均値(標準偏差)を示す

表 3 B型インレー合着時のセメント被膜の厚さ (μ)

測定部位	圧接荷重	加 圧 法 の 種 類					
		静的加圧	重力槌打 (弱)	重力槌打 (強)	スプリ ング槌打	垂直振動	水平振動
窩 底 部	1 kg	25 (9)	35(18)	48(12)	37(12)	20 (5)	26 (7)
	2 kg						
	4 kg						
側 壁 部	1 kg	8 (3)	8 (3)	8 (4)	10 (5)	6 (3)	7 (2)
	2 kg						
	4 kg						

数値は平均値(標準偏差)を示す

表 4 C型インレー合着時のセメント被膜の厚さ (μ)

測定部位	圧接荷重	加 圧 法 の 種 類					
		静的加圧	重力槌打 (弱)	重力槌打 (強)	スプリ ング槌打	垂直振動	水平振動
窩 底 部	1 kg	45(12)	164(100)	94(47)	262(123)	51(13)	55(24)
	2 kg						
	4 kg						
側 壁 部	1 kg	14(10)	42(17)	40(14)	58(16)	9 (4)	15 (7)
	2 kg						
	4 kg						

数値は平均値(標準偏差)を示す

いずれの加圧法でも、加圧荷重の増加に伴ってセメント被膜の厚さは減少した。しかし水平振動加圧法では加圧が1.5kgを越えて2.0kgになってもセメント被膜の厚さは変らなかった。

2. 円柱形インレー合着時のセメント被膜の厚さ

各種加圧法によって3種類の円柱形インレーを

合着した場合のセメント被膜の厚さについて、次のような知見が得られた(表2, 3, 4)。

頭部を削除しておいて測定された側壁部のセメント被膜の厚さは、一般に削除しない場合の窩底部に生じたセメント被膜の厚さよりもはるかに小さく、前者と後者とのあいだにはおおよそ1:2~1:3の比率が認められた。平面板を合着し

表 5 単独加圧法と併用加圧法とによるC型インレーのセメント被膜の厚さ

加 圧 法 の 種 類		セメント被膜の厚さ (μ)	
区 分		窩 底 部	側 壁 部
単一の加圧法による	静的加圧 (4kg)	45 (12)	14 (10)
	重力槌打(強: 280g—2cm)	94 (47)	40 (14)
	垂直振動 (2kg)	51 (13)	9 (4)
	水平振動 (2kg)	55 (24)	15 (7)
静的加圧と動的加圧 との併用	静的加圧 (4kg) + 重力槌打(強)	30 (11)	8 (5)
	静的加圧 (4kg) + 垂直振動(2kg)	27 (14)	4 (1)
	静的加圧 (4kg) + 水平振動(2kg)	37 (7)	7 (3)

数値は平均値(標準偏差)を示す

た場合のセメント被膜の厚さに比較すると、円柱形インレーのセメント被膜の厚さは、その窩底部では一般にそれよりも大きく、その側壁部ではそれよりも一般に小さくなっていた。

窩洞の深さが同じでその直径が異なる2種類の円柱形インレーの窩底部および側壁部のセメント被膜の厚さを比べると、一般に直径の大きなインレーの方がその被膜の厚さは小さかった。ただし圧接荷重が2.0kgの垂直振動法の窩底部では例外的に逆になっていた。窩洞の直径が同じで深さの異なる2種類の円柱形インレーでは、その窩底部および側壁部のセメント被膜の厚さは、窩洞の深いインレーの方がはるかに大きかった。

各種の加圧法で合着した場合のセメント被膜の厚さを比べると、窩底部および側壁部とも垂直振動法による場合がもっとも小さく、水平振動法によるものがこれについだ。スプリング槌打と重力槌打とのあいだには一般に大した差はなかったが、インレーが大型のCになるとスプリング槌打の方がセメント被膜の厚さを大きくした。重力槌打の強と弱とのあいだにも小型インレーでは差があまりなく、大型インレーの窩底部でのみ強の方が被膜を薄くした。静的加圧のみによるものはほかのいずれよりも常に大きな被膜厚を生じていた。水平振動法により合着した場合は、同じ圧力で静加圧法の $1/2$ 程度の被膜の厚さが得られた。

加圧荷重の増加に伴い、静加圧法では、窩底部および側壁部のセメント被膜の厚さはかなり減少

したが、振動法では顕著な差を生じなかった。

3. 静・動両種加圧法併用によるC型インレー合着時のセメント被膜の厚さ

一般に臨床でよく行われる方法は、最初に手圧を用いたのち、種々の圧接法を併用するので、それに従って2種類の加圧法を併用してC型インレーを合着した場合のセメント被膜の厚さを、単独の加圧法による場合と比較し、次のような知見が得られた(表5)。

4.0kgの静的加圧に振動加圧を加えた3種類の併用加圧法では、いずれの場合でも単独加圧法よりも窩底部、側壁部ともにはるかにセメント被膜の厚さを小さくした。併用加圧法の中では、窩底部では垂直振動を加えた場合の被膜の厚さがもっとも小さく、ついで重力槌打(強)を加えた場合、水平振動を加えた場合の順となった。また側壁部でも垂直振動を加えた場合がもっとも少なかったが、水平振動と重力槌力打(強)のあいだには差はみられなかった。

考 察

1. 垂直加圧 (compressive pressure) と平行加圧 (shearing pressure) について

鑄造修復物をセメントで合着しようとするとき、インレーの窩底面やクラウンの咬合面では、面に対して垂直に加わる compressive pressure によってセメント被膜が圧縮されることになる。これに対して側壁面では、面に対して平行に加わる

shearing pressure によってセメント被膜が圧縮されることになる。本研究ではこの 2 つの圧縮方法に対するセメントの流動抵抗が分析的に検討せられた。

本研究では、また底面に加わる compressive pressure の影響をもっとも純粋な形で見るために、実験に用いられたもっとも小型のインレー窩洞の内面積 (約 39mm^2) に等しい合着面積をもつ平板を合着し、その場合のセメント被膜の厚さをインレー体を合着した場合のそれと比較した。

その結果、セメント被膜の厚さは平板に比べてインレーの底面の方が大きかった。インレー窩洞の内面積は平板の合着面と同じであっても、複雑な曲面を有するので底面部のセメントが側壁部を通して流出するためには大きな抵抗があり、このようになかば閉鎖された底面部のセメントが compressive pressure に対して特別に大きな抵抗を示したものと考えられる。

そこで側壁面における shearing pressure に対するセメントの流動抵抗をなるべく独立した形で知るため、インレーの頭面を若干削除して余裕をつけ、窩底部におけるセメントの抵抗を軽くして合着実験を行ったところ、側壁部のセメント被膜の厚さは平板のそれよりもかなり小さくなっていた。これは明らかに shearing pressure に対するセメントの抵抗が compressive pressure に対してよりは少ないことを意味しているものと思われる。

先に岩本は、セメントの被膜厚を圧接力の増加によってある程度まで減少することは容易であるが、それ以上に圧縮することはきわめて困難であると報告した³¹⁾、このような critical thickness (限界的な厚さ) は compressive pressure の働く底面では大きく、shearing pressure の働く側壁では小さいことが、上記の成績から推察される。したがって実際の臨床で、インレーやクラウンの保持力や辺縁封鎖を損うことなくできるだけ密にそれらを形成歯上に圧接するためには、インレーの頭面あるいはクラウン支台歯の頭面を合着前にわずかに削って、compressive pressure に対する

セメントの抵抗を軽減してやることは、実際的で有効な一方策であると思われる。

2. 窩洞の形態について

窩洞の深さが同じである場合に、直径の大きなインレーの方がかえってセメント被膜の厚さが小さかったのは意外であったが、これは金属の鑄造収縮のパーセンテージが一定であっても、直径が大きいインレーでは鑄造収縮の絶対量が大きくなり、それだけ多くの隙間を窩壁とのあいだに生じてセメントが流出しやすくなり、この影響が底面積の増大の影響よりも大きかったためと思われる。

しかし圧接荷重が 2.0kg の垂直振動を与えた場合の窩底部では、2 種類の直径のインレーのあいだにセメント被膜の厚さの有意差が見られなかった。これは垂直振動の加圧力が大きく、そのためセメント被膜の厚さがすでに圧縮の限界値に達していたためと思われる。

窩洞の直径が同じである場合に、深いインレーは浅いインレーよりも厚いセメント被膜を作ったが、これは深い窩洞では、セメント泥の流出距離が大きくなるので、それだけセメントの流出が困難になったためと考えられる。

3. 各種の加圧法について

静的加圧と動的加圧：静的加圧によっても、大きな力を長時間加えれば、セメント被膜の厚さをかなり小さくすることができるが、実際の臨床では、強い力で長時間圧接を持続することが困難であり、そのため静的加圧だけでは、インレーやクラウンを十分に圧接しきれないことが多い。そこで槌打による動的加圧を用いたところ、静的加圧の場合よりはセメント被膜の厚さを薄くすることができた。これは動的エネルギーによって、圧接力が瞬間的にかなり強くなったためと思われる。

槌打法のうち、重力槌打 (弱) とスプリング槌打の両者のあいだには、小さいインレーではセメント被膜の厚さの有意差が現れなかったが、大きな C 型インレーになると、セメント被膜の厚さはスプリング槌打よりも重力槌打の方がやや小さく、加圧を倍にした場合には、さらにはるかに小

さくなっていた。これは大型の修復物の圧接にはスプリングによる自動槌打の能力に限界があり、力を自由に増しうる手動槌打の方が有効であることを示すものである。また実際の臨床では、手動槌打ならば、槌打の方向の規制が容易であって、いっそう有効な圧力を加えられる利益もあると思われる。

重力槌打の強と弱を比較すると、セメント泥の多い大きなインレーでは、明らかに強の方がセメント被膜の厚さを薄くした。しかし小さなインレーでは、かような差が明瞭に出なかったが、これはセメント被膜の厚さがすでに上述の critical thickness に近づいていたためであろう。これに対して、大型インレーに対しては、実験に用いられた槌打力では、セメント被膜の厚さが critical thickness 近くまで圧縮されておらず、さらに力を強めればいっそう圧縮しえたものと考えられる。

しかしながら実際の臨床の槌打では、一回に著しく大きな槌打力を加えることは困難であるから、それほど大きくない槌打力を反復して加えることになる。セメントの流体力学的な粘弾性を考えると、このような反復槌打は細かく数多く反復するほど、セメントの流出を容易ならしめ³²⁾、比較的小さな力で有効に圧接しうることが推測される。

振動加圧法：上記のような反復槌打をもっとも細かく連続的に行うのが振動加圧法である。本実験において振動加圧法は、静加圧法よりはもちろん、槌打法よりも明らかにセメント被膜の厚さを薄くし、きわめて効果的であることを示していた。

このうちもっとも効果的なものは、垂直振動を加えた場合であり、実験した各例のほとんど大部分がセメントの圧縮の限界に近い値を示していた。これは静荷重的な加圧を加えながら、振幅約 1.0mm で 1 分間 2,000 回以上の速さで垂直に連打するために、この運動のエネルギーが大きなものとなり、非常に大きな総合圧接力が加わるためである。またこの際の振動がセメント泥の流動を促進して膜厚を薄くする効果もあるものと推測され

る。

しかし今回用いた垂直振動器は、元来削片型アマルガム填塞用に作られたコントラ型振動充填器であって、振幅が 1 mm に及んでいたために、これを硬い鑄造修復物にあてがって振動させると、連打の衝撃がかなり大きく、エンジンの回転を少し速くするとその衝撃が異状に大きくなって、患者にかなり大きな苦痛と恐怖を与えるようなものであった。

ユニバーサルプラーgerを用いた水平振動加圧による場合でも、静的加圧や槌打で加圧する場合よりは、セメント被膜の厚さははるかに減少しえた。このユニバーサルプラーgerには垂直振動がないので、修復物を連打圧入するような運動エネルギーは生じない。また水平方向にも振幅が目に見えないほど小さいが、1 分間に 3,000 回細かく振動するので、これがセメントの流動を容易ならしめ、わずかな圧力で容易に鑄造体を沈下させたものと考えられる。

しかしこの水平振動加圧では、同様に 2.0kg の手圧を加えつつ用いた場合には、垂直振動加圧よりもセメント被膜の厚さがやや厚くなった。しかしながらこの水平振動は患歯に対して垂直振動の衝撃がまったくなく、水平振動も振幅がきわめて小さいので、患者に対してはまったく苦痛や恐怖を与えない利益があり、したがって患者の口内ではこの水平振動にいっそう強い加圧力を併用することが容易であると考えられる。

4. 臨床的併用加圧法について

上記のように各種の加圧法を個々に用いた場合の成績を比較したが実際の臨床では、通常まず手圧でもってある程度迄修復物を窩洞内におちつけたのち槌打するなどの方法が追加されている。したがって本研究でも最後にそのような静的と動的の加圧法の併用法を試みたところ、単なる静的加圧、あるいは動的加圧による場合に比較して、セメント被膜の厚さが著しく減少した。

セメント被膜の厚さが十分厚いあいだは、静的加圧のような比較的弱い力でもある程度の被膜の厚さまでは、容易に圧接できるし、またその段階

では、修復物の方向や位置の規制をせねばならないので、このためには手圧の方が有利である。したがってまず手圧によってほぼ正しい位置まで修復物を迅速に圧入し、その上で動的加圧を加えれば、さらにセメント被膜を圧縮しうることが本実験で明らかになったわけである。

静的加圧に併用する動的加圧としては、槌打、垂直振動、水平振動の 3 法を試みたが、セメント被膜の厚さには、3 法のあいだにそれほど大きな差はなかったが、槌打や垂直加圧の力をこれ以上大きくすることは、歯に対して耐えられない衝撃を与えるのに対して、水平振動は患者に対してまったく苦痛を与えないので、さらに大きな圧力を加えてセメント被膜の厚さをさらに圧縮することが容易である。したがって臨床的には静加圧でまず圧入したのちさらに水平振動加圧を併用するのが最良の方法であると思われる。

総括ならびに結論

鑄造修復物をセメント合着する際に、なるべく薄いセメント被膜の厚さでもって正しく装着しようとするような合着時の圧接法を知るために、2 種類の直径と 2 種類の深さをもった、臨床の実際に近い大きさの円柱形の窩洞と、これに合せて作られた鑄造物とをリン酸セメントで合着し、その際静的並びに動的な各種の圧接法を応用して窩底部および側壁部に生じたセメント被膜の厚さを測定した結果、次のような知見を得た。

1. セメント被膜の通常の圧力で圧縮しうる限度の critical thickness は、単なる平板よりも立体構造のインレー窩洞の底面の方が大きく、インレー窩洞では compressive pressure の働く底面よりも shearing pressure の働く側壁面の方が小さかった。

2. 窩洞の深さが同じで直径の異なる 2 種類の円柱形インレーのあいだでは、金属の鑄造収縮によって、隙間が大きくなる直径の大きなインレーの方が、セメント被膜の厚さが小さかった。窩洞の直径が同じで深さの異なる 2 種類の円柱形インレーのあいだでは、深いインレーの方がセメント

被膜の厚さが大きかった。

3. 静的加圧だけでインレーやクラウンを圧接する場合に比較して、槌打による動的加圧を加えた方が、セメントの厚さをさらに薄くすることができた。動的加圧の中では槌打よりも振動加圧の方がセメント被膜を薄くし、用いた 2 種類の振動加圧器の間では垂直振動（エンジン用アマルガム充填器）の方が水平振動（ユニバーサルプラー）よりもややセメント被膜を薄くした。しかし水平振動加圧には患者の歯に対する衝撃や苦痛がほとんど感ぜられないので、加圧力をさらに増すことが容易であった。

4. 静的加圧で修復物をほぼ正しい位置まで圧入し、さらにその上から動的加圧を加える併用加圧法は、各種の加圧法を個々に用いた場合よりもセメント被膜の厚さを著るしく減少した。

5. 実際の臨床では、まず手圧をもって修復物をできるだけ押しこんだ後、さらに水平振動を加えつつ圧接を追加する方法がもっとも適切であろうと判断された。

謝 辞

稿の終りに際し、終始御懇篤な御指導、御校閲をいただきました東京医科歯科大学第 1 歯科保存学教室の総山孝雄教授に謹んで感謝の意を表します。また絶えず御助言、御協力をいただいた岩久正明助教授および教員各位に心からお礼申し上げます。

また本研究開始にあたり懇切なる御助言をいただいた東京医科歯科大学第 1 理工学教室の野本直教授、西村文夫助教授、ならびに試片作製に御援助をいただいた山口重雄先生に心からお礼申し上げます。

文 献

- 1) 総山孝雄, 岩本次男, 黒須一夫: アルジネート間接法, 歯科時報, 8: 536-543, 1954.
- 2) Fusayama, T.: Indirect Inlay and Crown Technic Using Alginate, J. Amer. Dent. Ass., 54: 74-77, 1957.
- 3) Fusayama, T.: Technical Procedure of Precision Casting, J. Pros. Dent., 9: 1037-1048, 1959.
- 4) Fusayama, T.: Factor and Technique of Precision Casting, Part I and Part II, J. Pros. Dent., 9: 468-485, 486-497, 1959.

- 5) 総山孝雄: 精密鑄造に関する研究, 齒材器誌, 7: 34-55, 1962.
- 6) 総山孝雄, 細田裕康, 井手喜美子: アルジネート間接法一塊鑄造による動揺歯永久固定の術式について, 日齒評論, 243: 33-38, 1963.
- 7) Fusayama, T.: Synthetic Study on Precision Dental Casting, Bul. Tokyo Med. & Dent. Univ, 11: 165-205, 1964.
- 8) 総山孝雄: 鑄造修復, 京都, 永末書店, pp. 104-110, 163-209, 246-258, 270-300.
- 9) 河野 篤, 岩久正明, 小野 勝: 真空埋没法, 齒科臨床技術講座, 東京, 1969, 医齒薬出版, pp. 613-626.
- 10) Jones, R. R.: A Full Gold Crown, Cast and Readapted, J. Amer. Dent. Ass., 34: 605-606, 1947.
- 11) Tylman, S. D.: Theory and Practice of Crown and Fixed Partial Prosthodontics (Bridge), St. Louis, 1970, The C. V. Mosby Co., pp. 714-715.
- 12) Sullivan, E. J.: Cementation and Esthetic Problems in Crown and Bridge Procedures, J. Amer. Dent. Ass., 54: 34-47, 1955.
- 13) Selberg, A.: A Full Cast Crown Technique, J. Pros. Dent., 7: 102-122, 1957.
- 14) 吉田恵夫: 齒科鑄造法の実用的精度について, 補綴学誌, 2: 55-78, 1958.
- 15) 石原寿郎: 鑄造冠, 東京, 1959, 而至化学工業株式会社, pp. 91-93.
- 16) 吉田恵夫, 佐藤 弘, 鹿沼晶夫, 田端恒雄: セメント合着による鑄造冠の浮き上りについて, 補綴学誌, 4: 157-161, 1960.
- 17) Jørgensen, K. D.: Factors Affecting the Film Thickness of Zinc Phosphate Cements, Acta. Odont. Scand., 18: 479-490, 1960.
- 18) Jørgensen, K. D.: Structure of the Film of Zinc Phosphate Cements, Acta. Odont. Scand., 18: 491-501, 1960.
- 19) 井手喜美子, 総山孝雄: セメント合着による全部鑄造冠の浮き上りを防止する一法について, 日保歯誌, 4: 118-126, 1961.
- 20) Bassett, R. W.: Solving the Problems of Cementing the Full Veneer Cast Gold Crown, J. Pros. Dent., 16: 740-747, 1966.
- 21) 和久本貞雄, 小野 喬, 久保田 稔: セメント合着による鑄造修復物の浮き上り防止対策, 齒界展望, 36: 958-965, 1970.
- 22) 小谷野英一, 佐藤剛太郎, 河野 篤: 間接法模型へのモデラック塗布による鑄造冠内面のレリーフ効果, 日保歯誌, 12: 305-310, 1970.
- 23) 松野 澁, 片桐保昭, 羽成 基, 細田裕康: 型ごと埋没材による全部鑄造冠の適合度について, 齒材器誌, 23: 124-129, 1971.
- 24) Mc Cune, R. J., Phillips, R. W., Swartz, M. L., Mumford, G.: The Effect of Occlusal Venting and Film Thickness on the Cementation of Full Cast Crowns, J. South. Calif. Dent. Ass., 39: 36-45, 1971.
- 25) 小野 喬, 久保田 稔, 山崎正隆, 中里迪彦, 奥田礼一, 和久本貞雄: 鑄造修復物のセメント合着による浮き上りを防止する方法について, その1. ADA 規格原型を用いての適合試験, 日保歯誌, 16: 295-299, 1973.
- 26) 久保田 稔, 小野 喬, 山崎正隆, 中里迪彦, 奥田礼一, 和久本貞雄: 鑄造修復物のセメント合着による浮き上りを防止する方法について, その2. 抜去歯牙を用いての適合試験, 日保歯誌, 17: 132-137, 1974.
- 27) Hollenback, G. M.: Science and Technic of the Cast Restoration, St. Louis, 1964, The C. V. Mosby Co., pp. 207-209.
- 28) 西村文夫, 宮治俊幸, 野本 直: セメント膜厚への振動の影響, 齒材器誌, 23: 29-34, 1971.
- 29) 水川一広, 大輪正昭, 横山松生, 片岡淳吉: 連続槌打法によるセメント合着, 齒界展望, 37: 840-846, 1971.
- 30) 小野 勝: 真空埋没に関する研究(その1), 真空埋没による埋没材の物理的性質の変化, 口病誌, 37: 287-294, 1970.
- 31) 岩本次男: 燐酸亜鉛セメントの被膜厚と合着力, 齒材器誌, 4: 98-106, 1959.
- 32) 岡 小天: レオロジー入門, 東京, 1974, 工業調査会, pp. 208-209.