

치과용 레진 시멘트의 피막도에 관한 실험적 연구

전북대학교 치과대학 보철학교실
조국현 · 송창용 · 송광엽 · 박찬운

I. 서 론

최근에 다양한 종류의 레진 시멘트가 고정성 보철물의 접착에 이용되고 있으나, 레진을 시멘트로 사용하기 위한 시도는¹⁾ 레진 시멘트의 치수위해작용과 치은 하방에 있는 잔존 시멘트 제거의 어려움으로 성공적이지 못했으며, 레진-상아질 결합제와 입자 크기가 작은 무기 충전제의 개발로^{2,7)} 레진 시멘트에 대한 관심이 증가되어 새로운 시멘트로 상용화 되기에 이르렀고, 개선된 레진 시멘트는 상아질에 대한 유의한 결합강도, 만족할만한 피막도와 치수에 대한 위해작용이 적은 것으로 보고되고 있다⁸⁾.

시멘트의 피막도에 관해 Smith⁹⁾와 Fleck¹⁰⁾은 시멘트의 선택이 보철물의 장기적인 성공율에 직접적인 영향을 미치며, 사용된 시멘트의 종류에 관계없이 최소의 피막도를 얻는 것이 수복물 안착시의 목표라 하였고, Levine¹¹⁾은 고정성 보철물의 완전한 안착을 위해서는 낮은 점도와 미세한 크기의 입자를 갖는 레진 시멘트가 필요하다 하였다. 또한 시멘트의 피막도가 보철물의 완전한 안착에 영향을 미치므로 최소의 피막도를 갖는 시멘트의 개발이 요구된다. Smith⁹⁾와 Phillips¹²⁾는 보철물의 유지력 증진, 용해도 감소, 형성된 교합관계의 유지 등은 낮은 피막도와 연관이 있다 하였으며, White와 Yu¹³⁾는 구성성분, 입자크기, 점도, 충전제, 경화반응 등이 피막도에 영향을 미친다고 보고하였다.

피막도 측정을 위한 방법으로는 ADA 방법(ADA Specification No. 8)^{14,15)}과 보철물이 안착된 시편을 자른 후 travelling microscope를 이용하여 피막도를

측정하는 직접적인 방법¹⁶⁾, 보철물의 시멘트 접착 전후에 보철물의 변연과 지대치의 finishing line 사이의 거리를 재거나¹⁷⁾, 또는 보철물과 지대치의 참조표시 사이의 거리를 측정하므로써^{18,20)} 시멘트의 피막도를 결정하는 간접적인 측정방법이 있다.

ADA 방법에 의한 측정치들의 임상적 의의에 의문이 제기되었는데 Jorgensen과 Petersen¹²⁾은 이들 방법에 의한 측정이 정해진 시간동안 유리판 사이에 놓인 시멘트에 일정한 부하를 가하는 것으로 피막도 보다는 시멘트의 점도와 더 관련이 있으며 시멘트의 입자크기가 매우 거칠지만 않으면, ADA 방법에 따른 피막도 측정법^{14,15)}은 실제로는 시멘트의 점도를 측정하는 것이며 최소의 피막도를 나타내는 것은 아니라고 언급하였고, Jorgensen과 Esbensen²²⁾은 ADA 방법이 피막도보다는 점도와 더 관계가 있다 하였으며, Windeler²³⁾도 ADA 방법은 점도를 측정하는 것으로, 최소의 피막도를 나타내지는 않으며, 경사진 금속주형법은 시멘트의 입자크기 뿐 아니라 점도에도 영향을 받는다고 보고하였다. 또한 Phillips¹²⁾와 Porsche²⁴⁾는 시멘트의 최소 피막도는 시멘트의 입자크기에 의존한다고 보고하였다.

기존 시멘트의 피막도에 대한 비교는 문헌에 보고되고 있지만 레진 시멘트의 피막도에 대한 보고는 희소하여 본 연구에서는 현재 판매되고 있는 레진 시멘트의 피막도를 비교하기 위해 ADA 방법과 임상조건과 유사한 Windeler^{23,25)}에 의한 10° 경사진 금속주형을 이용한 방법, 그리고 2개의 금속주형을 연결하여 고정성 가공의치의 상태로 한 세가지 방법을 사용하여 현재 일반적으로 사용되는

5종의 레진 시멘트와 인산아연 시멘트, 글라스아이오노머 시멘트의 피막도를 측정하여 레진 시멘트의 선택에 다소의 도움이 되고자 하였으며, 세가지 피막도 측정방법간에 유의한 차이가 있는지와 주사전자현미경 사진에 의한 무기충전제 입자크기와 측정된 피막도간의 관계를 알아 보고자 하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

실험에 사용한 5종의 레진 시멘트는 Comspan (Caulk), Panavia Ex(Kuraray), Maryland bridge adhesive(Bisco), All-bond C & B cementation kit(Bisco)와 Super-bond C & B (Sun Medical)이며, 대조군으로는 C-dent zinc phosphate cement(Confi-Dental)와 HY-bond glass ionomer-C(Shofu)를 사용하였으며 Table 1에 표시하였다.

2. 실험방법

피막도 측정을 위한 방법으로는 인산아연 시멘트의 피막도 측정을 위한 ANSI/ADA Specification No. 8, Section 4.3.4.^{14,15)}에 기준한 표준화된 피막 측정법과 Windeler^{23,25)}에 의한 10° 경사진 금속주형법, 그리고 금속주형 2개를 연결하여 고정성 가

Table 1. Materials used in this study

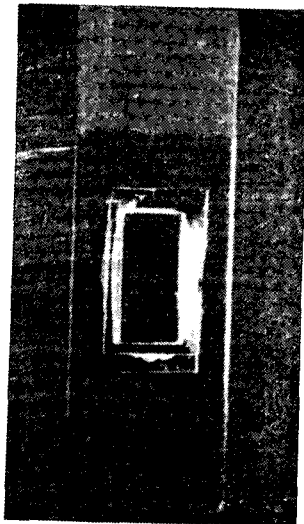
Material	Manufacturer
Comspan	L.D. Caulk, Milford, Del.
Panavia Ex	Kuraray Co., Ltd. Japan
Maryland bridge adhesive	Bisco, Inc., U.S.A.
All-bond C & B cementation kit	Bisco, Inc., U.S.A.
Super-bond C & B	Sun Medical Co., Ltd. Japan
C-dent zinc phosphate cement	Confi-Dental Products Co., U.S.A.
HY-bond glass ionomer-C	Shofu, Inc., Japan

공의치의 상태로 한 세가지 방법을 사용하였으며, 모든 재료는 제조자의 지시에 따라 조작하였다.

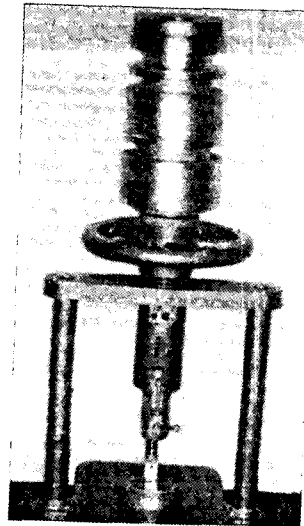
1) ADA 방법에 의한 측정(Method 1)

(1) 시편의 제작

시편은 각 시멘트를 제조자의 지시에 따라 혼합하여 0.0005inch(13 μ m) 두께의 silver plastic Shim stock strip(Artus Corp., Englewood, New Jersey)이 깔린 2cm \times 1cm(2cm) 크기의 균일한 두께를 갖는 두개의 유리판 사이에 위치시킨 후(Fig. 1A), 수직 방향으로 압축력을 가할 수 있도록 제작된 정하중압축장치(Constant Load Compression Test Appliance, Saiki A-100, Japan, Fig. 1B)를 사용하여 얇은 필름이 되도록 15kg의 부하를 10분간 유리판에 가하였다.



A



B

Fig. 1 A. Flat Glass Plate.

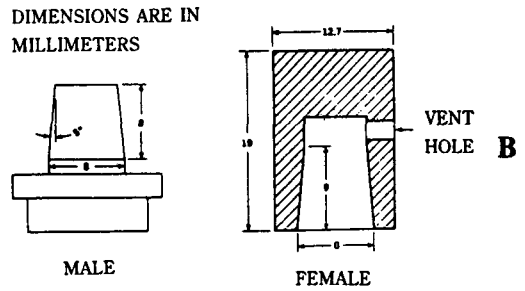
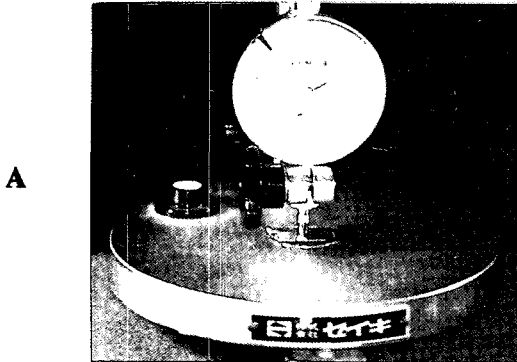
B. Constant Load Compression Test Appliance.

(2) 시편의 피막도 측정

2장의 Shim stock strip을 측정장치에 위치시켜 0점 조정을 한 후, 각 시멘트의 피막도는 1μm까지 측정 가능한 depth measuring dial gauge (Union Optical Co., Ltd. Tokyo, Japan, Fig. 2A)를

사용하여 시멘트당 10개의 시편에서 각 시편을 3부위에서 측정, 평균하여 각 시멘트의 피막도로 하였다.

2) 10° 경사진 금속주형을 사용한 측정(Method 2) 피막도를 측정하는 다른 방법으로 Windeler^{23,25)}



A tapered die pair used to measure film thickness

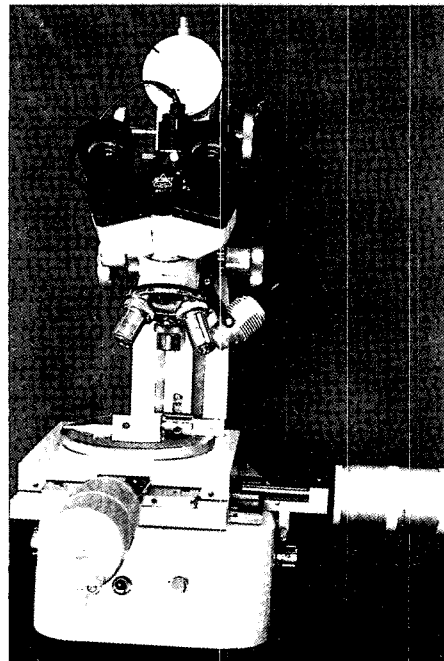
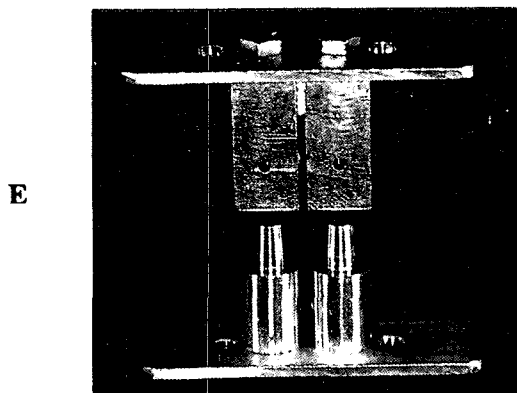
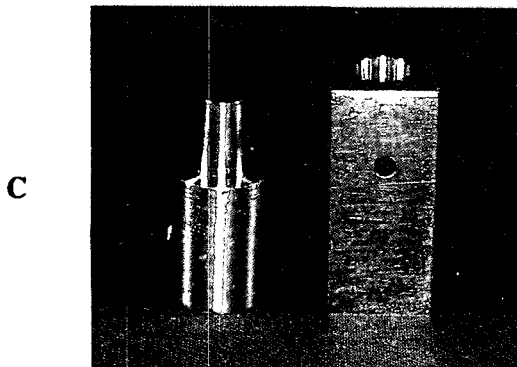


Fig. 2 A. Depth Measuring Dial Gauge.
 B. Schematic diagram of 10° Tapered-die pair.
 C. 10° Tapered-die pair
 D. Measuring Microscope TM & TMZ.
 E. Connected 10° Tapered-die pair

에 의한, 임상조건과 유사한 10° 경사진 금속주형에서 피막도를 측정하였다.

(1) 경사진 금속주형의 제작

2쌍의 10° 경사진 금속주형을 Windeler^{23,25)}에 의해 설명된 것처럼 제작하였다. male과 female 부분은 stainless steel stock으로 제작하였고 경사각은 10°로 하였으며 female die에는 통기공(Vent Hole)을 형성하였다(Fig. 2B, C).

(2) 접착 전에 경사진 금속주형의 안착 측정

10° 경사진 금속주형의 두 모서리를 접착 전후, 주형의 높이차를 결정하는 참조기준으로 사용하였으며 접착 전에 완전히 안착된 금속주형을 정하중압축 장치를 이용하여 10분동안 15kg의 정하중 상태로 유지한 후 접착 전의 거리를 측정하기 위하여 5μm까지 측정가능한 measuring microscope TM & TMZ(Union Optical Co., Ltd. Tokyo, Japan, Fig. 2D)로 옮겨 두 모서리 사이의 거리를 3회 반복측정하였으며 그 값을 평균하였다.

(3) 경사진 금속주형의 접착

시멘트를 제조자의 지시에 따라 혼합하여 금속주형에 바른 후, 손으로 눌러 결합시키고 정하중 압축장치로 옮겨 15kg의 정하중을 10분간 가했다.

(4) 접착 후 경사진 금속주형의 안착 측정 및 피막도 계산

접착 후 3회 반복 측정하고 그 값을 평균하여 결정하였으며, 접착 전의 측정치에서 접착 후의 측정치를 뺀 금속주형의 거리차이를 시멘트에 의한 수직고경의 차이로 하였다.

이 수직고경의 차에 의한 시멘트의 피막도 계산은 Jorgensen²⁶⁾과 Windeler²³⁾에 의한 식을 이용하였으며, 거리차리를 이 식에 적용하여 계산된 값을 각 시멘트의 피막도로 하였다.

$$\text{교합측 수직고경의 변화} = \frac{\text{경사면에서의 피막도}}{\sin(1/2 \text{ 경사각})}$$

이 금속주형에서 경사각은 10°이며 sin 5°는 0.087이다.

측정 후 금속주형은 재료시험기(Instron, Model 4201)를 이용하여 분리하였으며 경사면에 부착된 잔존 시멘트는 제거하고 금속주형은 다시 사용하였다.

3) 연결된 금속주형을 이용한 측정(Method 3)*

두개의 경사진 금속주형을 연결하여 고정성 가공의치의 상태로 한 후(Fig. 2E), 방법 2에서와 같은 방법으로 두 금속주형의 수직고경차를 측정 계산하여 각 시멘트의 피막도로 하였다.

4) 주사전자현미경을 이용한 관찰

각 시멘트에서 무기 충전제의 입자크기를 관찰하기 위하여 시멘트를 제조자의 지시에 따라 혼합하여 경화시킨 후, 표면을 연마하고 인산으로 처리하여, 주사전자현미경 (Scanning Electron Microscope, Hitachi X-650) 사진을 촬영하였다.

III. 실험성적

1. 각 방법에 의한 시멘트의 피막도

각 방법에 따라 측정된 시멘트의 평균 피막도와 표준편차를 구하여 Table 2에 표시하였으며, 그 결과를 Fig. 3에 도시하였다.

Table 2. Comparison of means and standard deviations* of film thicknesses in microns

Material	Film thickness(μm)		
	Method 1*	Method 2**	Method 3***
Comspan	5.3(3.0)	5.0(0.5)	5.5(2.3)
Panavia Ex	33.8(9.3)	10.7(2.3)	13.7(1.8)
Maryland	51.8(3.6)	21.9(2.2)	25.7(2.2)
All-bond	57.4(2.5)	21.3(3.0)	26.5(5.3)
Super-bond	25.6(3.0)	12.7(3.4)	15.1(3.3)
Zinc-phosphate	33.8(1.9)	7.2(3.0)	14.5(3.9)
Glass-ionomer	13.8(2.4)	7.9(1.6)	10.8(1.3)

* Values in parentheses

* ADA method

** 10° Tapered-Die

*** Connected Tapered-Die

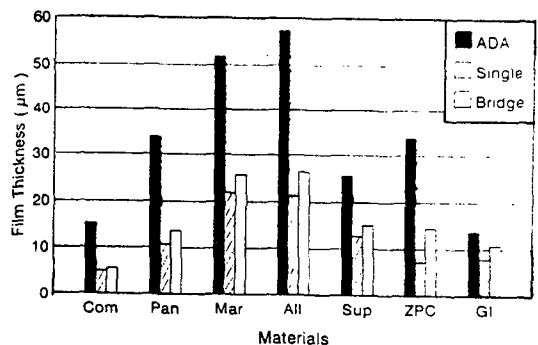


Fig. 3. Film thickness of luting cements.

ADA 방법에 의한 각 시멘트의 평균 피막도에서 Comspan은 15.3 μ m, Panavia Ex는 33.8 μ m, Maryland Br. adhesive는 51.8 μ m, All-bond C & B는 57.4 μ m, Super-bond C & B는 25.6 μ m, 인산아연 시멘트는 33.8 μ m이며 글라스아이오노머 시멘트는 13.8 μ m이었다.

10° 경사진 금속주형을 사용한 경우의 각 시멘트의 평균 피막도에서 Comspan은 5.0 μ m, Panavia Ex는 10.7 μ m, Maryland Br. adhesive는 21.9 μ m, All-bond C & B는 21.3 μ m, Super-bond C & B는 12.7 μ m, 인산아연 시멘트는 7.2 μ m이며 글라스아이오노머 시멘트는 7.9 μ m이었다.

또한, 연결된 금속주형에 의한 각 시멘트의 평균 피막도에서 Comspan는 5.5 μ m, Panavia Ex는 13.7 μ m, Maryland Br. adhesive는 25.7 μ m, All-bond C & B는 26.5 μ m, Super-bond C & B는 15.1 μ m, 인산아연 시멘트는 14.5 μ m이며 글라스아이오노머 시멘트는 10.8 μ m를 보였다.

측정자료의 통계분석을 위해 Schéffe test한 결과를 Table 3, 4에 표시하였다.

각 측정방법에서 시멘트간에 유의성이 나타났으며($p < 0.01$), 방법 1에서 글라스아이오노머 시멘트, Comspan군과 Super-bond C & B, Panavia Ex, 인산아연 시멘트군, 그리고 Maryland Br. adhesive, All-bond C & B군 사이에서 유의한 피막도 차이가 나타났다($p < 0.01$).

방법 2에서는 Comspan, 인산아연 시멘트, 글라스아이오노머 시멘트군과 인산아연 시멘트, 글라스아이오노머 시멘트, Panvia Ex군, 글라스아이오노머 시멘트, Panavia Ex, Super-bond C & B군, 그리고 Maryland Br. adhesive, All-bond C & B군 사이에서 유의한 피막도 차이가 나타났다($p < 0.01$).

방법 3에서는 Comspan, 글라스아이오노머 시멘트군과 글라스아이오노머 시멘트, Panavia Ex, 인산아연 시멘트, Super-bond C & B군, 그리고 Maryland Br. adhesive, All-bond C & B군 사이에서 유의한 피막도 차이를 보였다($p < 0.01$).

각 시멘트에서 3가지 측정방법간에 유의성이 나타났으며($p < 0.01$), 모든 레진 시멘트에서 방법 1과 방법 2, 3 사이에서 유의한 피막도 차이가 있었고($p < 0.01$), 인산아연 시멘트, 글라스아이오노머 시멘트에서는 각 방법사이에 유의한 피막도 차이가 나타났다($p < 0.01$).

Table 3. Schéffe's grouping of luting agents for each method

Method 1		Method 2		Method 3	
GI	A	Com	A	Com	A
Com	A	ZP	A B	GI	A B
Sup	B	GI	A B C	Pan	B
Pan	B	Pan	B C	ZP	B
ZP	B	Sup	C	Sup	B
Mar	C	Mar	D	Mar	C
All	C	All	D	All	C

GI : Glass-ionomer ZP : Zinc-phosphate
 Com : Comspan Mar : Maryland
 Sup : Super-bond All : All-bond
 Pan : Panavia Ex

Table 4. Schéffe's grouping of methods for luting agent

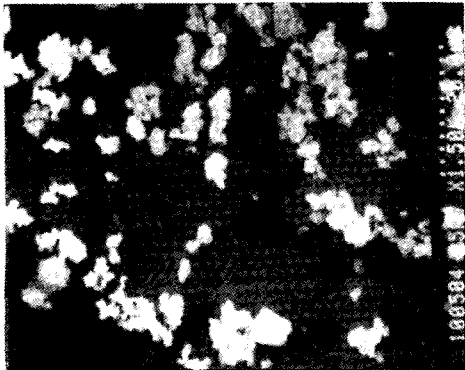
	Com	Pan	Sup	Mar	All	ZP	GI
Method1	A	A	A	A	A	A	A
Method2	B	B	B	B	B	B	B
Method3	B	B	B	B	B	C	C

GI : Glass-ionomer ZP : Zinc-phosphate
 Com : Comspan Mar : Maryland
 Sup : Super-bond All : All-bond
 Pan : Panavia Ex

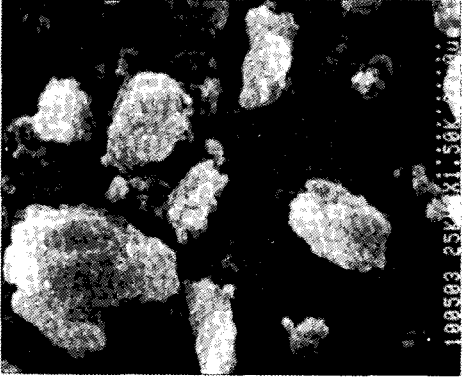
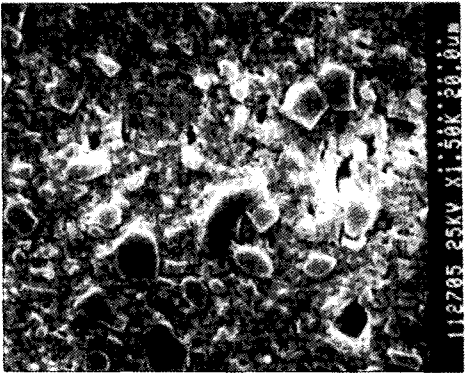
2. 주사전자현미경 사진조건

주사전자현미경 사진(Fig. 4)을 이용하여 관찰한 레진 시멘트는 고도로 충전되어 있었으며, 각 레진 시멘트에서 무기 충전제의 입자크기를 측정하여 피막도와의 관계를 조사한 결과, 전반적으로 입자크기가 큰 시멘트에서 피막도가 크게 나타나는 경향을 보였다.

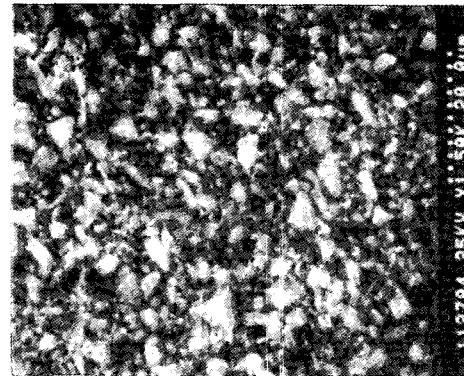
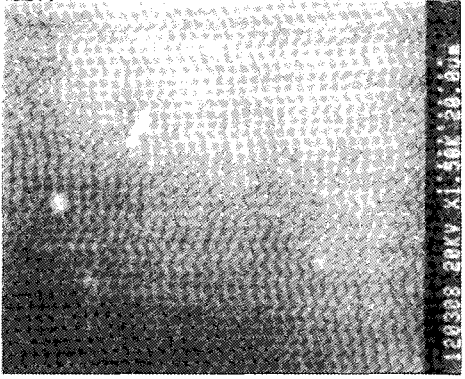
주사전자현미경 사진상에서 인산 ester계 콤포지트 레진 시멘트인 Panavia Ex와 Bis-GMA계 콤포지트 레진 시멘트인 Comspan, All-bond C & B, Maryland Br. adhesive의 무기 충전제 입자크기는 Comspan, Panavia Ex, All-bond C & B, Maryland Br. adhesive의 순으로 크게 나타났으며, modified acrylic계 4-META 접착성 레진 시멘트인 Super-bond C & B는 무기 충전제가 없는 unfilled acrylic 레진 시멘트로서 경화 후 균질한 PMMA 덩어리를 이루는 것이 관찰되었다.



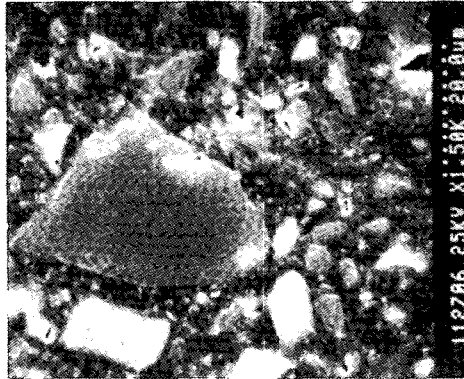
Panavia Ex [Lt.: Powder, Rt.: after Setting]



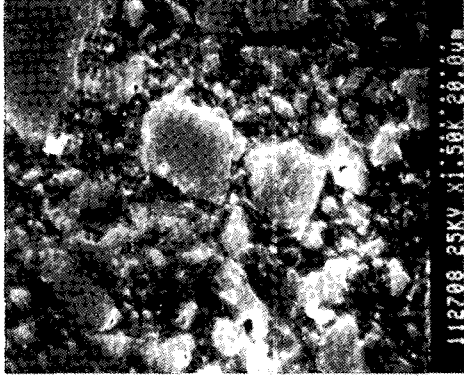
Super-bond C&B [Lt.: Powder, Rt.: after Setting]



Comspan [after Setting]

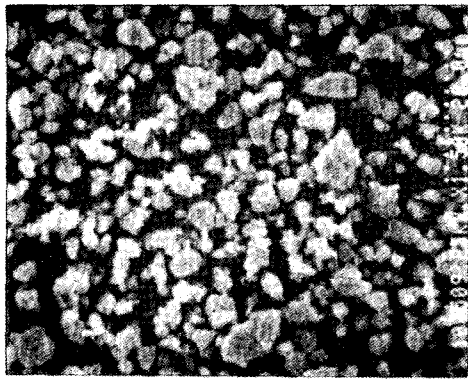
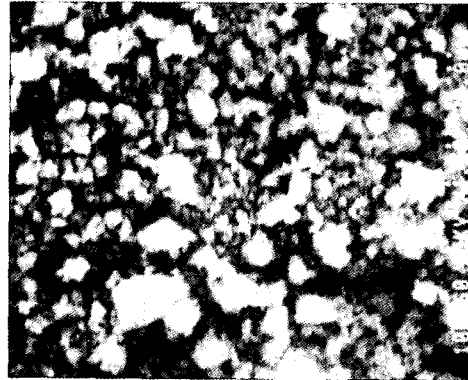
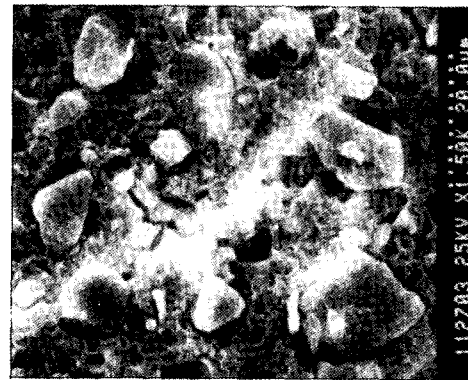


Maryland Br. adhesive [after Setting]



All-bond C&B [after Setting]

Fig. 4. SEM photograph of cements. ($\times 1,500$)



Glass-ionomer cement [Lt.: Powder, Rt.: after Setting]

Zinc-phosphate cement [Lt.: Powder, Rt.: after Setting]

Fig. 4. SEM photograph of cements. (× 1,500)

대조군에서 인산아연 시멘트는 경화 후 3차 인산아연 기질로 둘러싸인 용해되지 않은 산화아연 분말인 코어가 관찰되었으며, 글라스아이오노머 시멘트에서는 용해된 실리카겔 내에서 글라스 코어의 모습이 관찰되었다.

IV. 총괄 및 고안

치과용 시멘트는 치아에 수복물을 접착시키는 접착제로, 수복물을 위한 기초와 치수보호를 위한 와동 이상제로, 그리고 또한 충전제로도 사용되기 때문에 임상에서 가장 중요한 재료중의 하나이다²⁰.

레진 시멘트의 경우, 1950년대 중반에 PMMA의 개발로 acrylic 레진 시멘트가 사용되기 시작했으나, 이 재료를 시멘트로 사용하기에는 접착성의 부족, 미세누출, 치수독성 같은 제한이 있었고²⁰, 1970년대 초기에 열팽창 계수와 중합수축을 감소시키기 위해 미세한 무기 충전제를 포함한¹², Bis-GMA와 다른 dimethacrylate monomer cements 같은 콤포지트 레진 시멘트가 도입되어 수복물의 접착을 위한 다양한 형태로 이용되어 왔으며²⁰, 1986년부터 레진 시멘트가 porcelain laminate veneer와 cast ceramic crown의 접착에 사용되면서 대중성을 얻게 되었다¹¹.

최근에는 접착성 단량체를 갖는 유사한 시멘트가 가공의치의 접착을 위해 판매되고 있으며²⁰, 이들은 methacryloxyethylphenylphosphate로 구성된 인산 ester계와 4-methacryloxyethyl-trimellitic anhydride (4-META)로 구성된 4-META계로 나뉜다¹¹.

본 연구에서는 5종의 레진 시멘트와 인산아연 시멘트, 글라스아이오노머 시멘트를 이용하였고, 피막도 측정방법으로는 ADA 방법^{14,15}에 의한 flat glass plate법과 Windeler^{23,25}에 의한 10° 경사진 금속주형에서 참조표시 사이의 거리를 측정하는 간접측정법을 사용하여 시멘트의 피막도를 측정함으로써^{18,20}, ADA 방법에 의한 피막도와 실제 임상상태에서의 피막도 관계를 예측하는데 다소의 도움이 되고자 하였다.

이상적으로는 낮은 피막도를 갖는 시멘트가 보철물의 완전한 안착을 가능하게 하므로²⁰, 임상적으로 가능한 낮은 피막도를 갖는 시멘트를 사용하여 보철물을 접착시키는 것이 좋다. 그러나, 낮은 피막도를 갖는 시멘트를 사용한다 할지라도 형성된

지대치 모양, 접착 방법, 혼합된 시멘트의 점도, 사용한 시멘트의 종류 등 여러가지 요소에 의해^{26,29}, 높은 피막도를 형성할 수 있으며, 이로 인해 보철물의 조기접착이 일어나며³⁰, 인접치와의 접촉 부위가 변하고³⁰ 보철물의 유지력이 19~32% 감소하며²⁹, 또한 보철물의 변연 불일치에 의해서³⁰ 변연부위의 시멘트가 씻겨나가³¹ 변연미세누출이 발생하고³² 세균과 치태침착이 증가된다³³.

1960년 Jorgensen²⁶은 보철물에서 시멘트의 피막도에 영향을 미치는 요소를 조사하였는데 그 요소로는 접착시 압축력, 힘의 지속시간, 혼합된 시멘트의 점도, 지대치의 경사각, 교합면을 통한 통기(Venting) 등이 있으며 이들 요소중 피막도의 감소를 위해 보철물의 교합면에 통기공을 형성하는 것이^{16,18,19,26,34} 가장 효과적이라는 것을 보고하였는데, 이 통기공은 압력하에서 시멘트가 흐를 거리를 감소시켜 보철물의 안착을 증진시킨다. 또한 시멘트의 분액비가 증가하거나 혼합 온도의 증가시, 보철물의 교합면에 통기공을 형성하지 않은 경우에 지대치의 경사각이 작을수록(10°이하), 시멘트의 피막도가 증가하였고, 유동성, 혼합, 시멘트를 담는 방법과 보철물을 안착시키는 방법도 피막도에 영향을 미침을 보고하여²⁶ 본 실험에서도 통기공이 형성된 10° 경사진 금속주형을 사용하여 가능한 가장 낮은 피막도를 측정할 수 있도록 하였다.

Jorgensen과 Petersen²¹은 작은 유리판에서 보다 원추형의 금속판에서 낮은 피막도를 얻었으며, 유사하게 Windeler²⁰도 접착된 금속판에서 보다 보철물 형태에서 낮은 피막도를 얻었음을 보고하였는데, 원추형의 금속판과 보철물 형태에서의 낮은 피막도는 유리판에서보다, 압력하에서 시멘트의 이동거리가 적기 때문이라 생각되며, 또한 Jorgensen³⁵은 원추형의 접착시 가해진 힘의 전단요소는 시멘트의 'spreading'에 효과적이며, 입자 덩어리를 부분적으로 붕괴시킨다 하였다. 본 실험에서도 ADA 방법에 의한 피막도보다 10° 경사진 금속주형을 이용하여 측정한 피막도에서 더 낮은 수치를 보여 위의 보고와 일치함을 알 수 있었다(Table 2).

Porsche²⁴는 시멘트 접착시 12kg 이상의 압축하중을 가했을 때 유리판 사이의 피막도가 유의하게 감소하지 않았으며, 과도한 하중이 피막도 감소와 무관함을 보고하였고, Fusayama 등³⁶은 시멘트 접

착시, 임상에서 일반적으로 사용하는 평균 압축하중인 15kg에서 최대 압축하중인 50kg으로 증가시켰을 때 압축하중에 따른 변연부의 시멘트 피막도에 유의한 차가 거의 없었으며, 15kg의 하중은 relief 하지 않은 보철물의 접착에 충분한 것으로 보고하였다. 이에 본 연구에서도 ADA 방법에서와 같은 15kg의 정적하중을 사용하여 각 방법에 따른 시멘트의 피막도를 측정하였다.

Kerby 등²⁰⁾의 실험결과에 의하면 Panavia Ex의 평균피막도는 30.8 μ m로 측정되었으며, Levine¹¹⁾은 대부분 상업적으로 유용한 레진 시멘트는 보철물을 성공적으로 안착시킬 정도로 충분히 얇은 피막도를 갖는다고 보고하였다.

Windeler²¹⁾와 Palermo 등²²⁾은 인산아연 시멘트를 통상의 방법으로 혼합했을 때 피막도가 높게 나타남을 보고하였고, Iwaku 등³⁰⁾의 실험결과에 의하면 인산아연 시멘트의 피막도는 37 μ m로 측정되었고, Newman³⁰⁾은 냉동 유리판에서 ADA 방법에 따라 측정시 인산아연 시멘트의 피막도가 22 \pm 3.1 μ m였음을 보고하였다. Kyrios 등⁴⁰⁾은 글라스아이오노머 시멘트를 이용한 피막도 측정에서 경사진 금속주형법에서 낮은 피막도가 관찰되며 피막도가 7.24-20.5 μ m임을 보고하였다. McComb 등⁴¹⁾은 글라스아이오노머 시멘트의 피막도가 혼합 2분 후에, 25.8-35 μ m였음을 보고하였고, Wilson 등⁴²⁾은 2-3분에 글라스아이오노머 시멘트의 피막도가 41 μ m 이상이 됨을 관찰하였다.

본 실험에서도 ADA 방법으로 측정된 경우 2개의 레진 시멘트와 글라스아이오노머 시멘트만이 type I cement(25 μ m 이하)¹²⁾ 준하는 피막도를 나타냈고 나머지 3개의 레진 시멘트와 인산아연 시멘트의 피막도는 33.8-57.4 μ m로 다양하였으며, 경사진 금속주형을 사용하여 측정된 경우에 실험에 사용한 5개의 레진 시멘트와 인산아연 시멘트, 글라스아이오노머 시멘트에서 type I cement를 만족시키는 결과를 나타냈다(Table 2).

Suthers와 Wise²⁰⁾는 시멘트의 피막도 범위가 넓게 관찰되는데 이는 내재된 실험실적 성상 때문이며, 시멘트의 혼합과 시멘트를 담는 방법, 보철물을 안착시키는 방법 등을 사용하여 과정을 표준화시키지만 경사진 금속주형이나 유리판으로 균일하게 누른다는 것은 불가능하며, 실온과 상대습도가 시

멘트의 작업특성과 점도에 영향을 미치기 때문에 피막도에도 영향을 미친다고 하였다. 따라서 이상적으로, 실험은 온도와 습도가 조절되는 곳에서 이루어져야 한다고 보고하였다. 본 실험에서도 특히, 인산아연 시멘트와 글라스아이오노머 시멘트에서 나머지 레진 시멘트군과 다르게 방법 2와 3 사이에 유의한 피막도 차이가 관찰되었는데 이는 경화시 이들 시멘트가 온도와 습도에 민감하기 때문이라 사료된다.

White와 Yu¹³⁾는 레진 시멘트의 피막도에 입자크기, 점도, 충전제 등이 영향을 미친다고 보고하였는데, 본 실험에서도 특히, All-bond C & B와 Maryland Br. adhesive에서 나머지 시멘트군과 다르게 유의하게 큰 피막도가 관찰되었는데 이는 주사전자현미경 사진 소견에서 나타난 것처럼 무기 충전제의 크기가 다른 시멘트에 비해 상대적으로 크기 때문이라 사료된다.

Kyrios 등⁴⁰⁾은 경사진 금속주형법은 임상적 상태와 유사하며 측정된 피막도는 이상적인 임상조건 하에서 얻어진 피막도로 평가될 수 있으며, 경사진 금속주형법은 항상 ADA 측정법에 비하여 낮은 피막도를 나타냈다고 보고하였는데, 본 실험에서도 같은 결과를 보였으며, 이 연구의 결과는 통상적 방법으로 혼합하였을 때 ADA 방법에서 허용하는 피막도보다 다소 높은 측정치를 보였는데 이는 2장의 유리판에 의한 측정이 점도를 측정하는 것으로 최소의 피막도를 나타내는 것이 아니었으며, 경사진 금속주형법이 시멘트의 입자크기 뿐 아니라 점도에도 영향을 받는다는 주장을 지지하는 결과를 나타냈다. 또한 Jorgensen과 Petersen²¹⁾, Fusayama와 Iwamoto⁴³⁾는 같은 압력하에서 면적의 감소가 보철물의 안착을 증진시킨다 하였는데, 이는 본 실험의 방법 2에서 측정된 피막도가 방법 3의 연결된 금속주형을 이용해 측정된 피막도보다 낮은 수치를 보이는 결과에서도 관찰되었다. 따라서 경사진 금속주형법은 보철물의 임상접착과 유사하며 이 측정법으로 측정된 피막도는 이상적인 임상조건하에서 얻어진 피막도와 유사하리라 믿어진다.

그러나, White 등⁴⁴⁾은 압축하중과 시멘트의 종류가 시멘트 피막도에 크게 영향을 미침을, Jorgensen²⁰⁾은 인산아연 시멘트에서 피막도는 압축하중에 영향을 받으나 5kg 이상의 하중에서는 유의한 피막도 감소가

없었음을 보고하였고, Fusayama와 Iwamoto^{43,45)}, Jorgensen⁴⁶⁾은 시멘트 접착시 가하는 압축하중과 피막도와와의 관계는 쌍곡선의 형태를 이루며, 쌍곡선의 임계점은 약 30 μ m로 시멘트가 정적하중에 의해 25~30 μ m까지 압축되면 압축하중의 증가로는 피막도 감소가 일어나며, 동적하중에 의해 더 얇은 피막도를 얻을 수 있음을 보고하였다⁴⁵⁾. 또한, Koyano 등¹⁷⁾은 정적하중법이 가장 두꺼운 피막도를 나타냈으며, 하중의 증가시 피막도가 유의하게 감소하였고, 정적하중보다는 동적하중시 얇은 피막도를 형성하며 특히 수직방향으로 진동을 준 경우에 가장 얇은 피막도를 형성하였음을 보고하였다. Diaz-Arnold⁴⁶⁾은 피막도와 인장강도의 관계를 조사하여 80 μ m에서 가장 높은 인장강도를 보임을 보고하였다.

본 연구의 결과 향후, 하중을 가하는 방법과 압축하중에 따른 피막도 차이, 피막도와 인장강도와의 관계, 레진 시멘트의 접착력과 장기간 사용시의 접착력 감소, 열변성에 따른 변연미세누출 등에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구에서는 레진 시멘트의 피막도에 대해 비교하기 위해, 현재 일반적으로 사용되는 5종의 레진 시멘트와 대조군으로 인산아연 시멘트, 글라스아이오노머 시멘트를 사용하여 ADA Specification No. 8에 설명된 방법과 임상조건과 유사한 10° 경사진 금속주형을 이용한 방법, 그리고 금속주형 2개를 연결하여 고정성 가공의치의 상태로 한 세가지 방법을 사용하여 측정된 피막도를 통계적으로 분석 검증하고, 주사전자현미경 사진에서 측정된 무기충전제의 입자크기와 피막도의 관계를 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 레진 시멘트의 피막도는 Comspan, Panavia Ex, Super-bond C & B, Maryland bridge adhesive, All-bond C & B cementation kit 순으로 크게 나타났다. Maryland bridge adhesive와 All-bond C & B cementation kit에서는 대조군보다 유의하게 높은 피막도가 관찰되었다($p < 0.01$).
2. 모든 레진 시멘트에서 ADA법과 경사진 금속주형법을 이용해 측정된 피막도 사이에 유의한 차이가 있었고, 전반적으로 경사진 금속주형법으로 측정된 피막도는 ADA법에 의해 측정된

피막도보다 낮은 수치를 보였다($p < 0.01$).

3. 경사진 금속주형과 연결된 금속주형을 이용해 측정된 피막도 사이에서는 모든 레진 시멘트에서 유의한 차이가 없었다($p < 0.01$).
4. 전자현미경 소견에서 전반적으로 무기충전제의 입자크기가 큰 시멘트에서 피막도가 크게 나타나는 경향을 보였다.

참고문헌

1. Craig R: Restorative Dental Materials. 8th ed. St. Louis, CV Mosby Co., pp 212, 1989.
2. Bowen RL, Cobb EN, Rapson JE: Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues: Improvement in bond strength to dentin. J. Dent Res 61: 1070, 1982.
3. Causton BE, Daymon M, Johnson NW: The influence of mineralizing solutions on the bonding of composite restorations to dentin: Pretreatment with N-phenyl-glycidyl methacrylate adduct. J Dent Res 60: 1321, 1981.
4. Causton BE, Johnson NW: The influence of mineralizing solutions on the bonding of composite restorations to dentin: Cyanoacrylate pretreatment. J Dent Res 60: 1315, 1981.
5. Jedrychowski JR, Caputo AA, Prola J: Influence of a ferric chloride mordant solution on resin-dentin retention. J Dent Res 60: 134, 1981.
6. Nordenvall KJ, Brannstrom M: Impregnation of ground acid etched dentin in vivo. using five commercial resins. Swed Dent J 4: 183, 1980.
7. Beech D: Adhesion in the oral environment: Biophysical and biochemical considerations. Int Dent J 28: 338, 1978.
8. Crown relining and cementation kit literature. Dent-Mat Corp., Santa Maria, Calif., 1982.
9. Smith D: Dental cements. Dent Clin North Am 15: 3, 1971.
10. Fleck H: The chemistry of oxyphosphates. Dent Items 24: 906, 1902.
11. Levine WA: An evaluation of the film thickness of resin luting agents. J Prosthet Dent 62: 175, 1989.

12. Phillips RW : Skinner's Science of Dental Materials. 8th ed. Philadelphia, WB Saunders Co., pp 452, 1982.
13. White SN, Yu Z : Film thickness of new adhesive luting agents. *J Prosthet Dent* 67 : 782, 1992.
14. Council on Dental Materials and Devices. Revised American National Standards Institute / American Dental Association Specification No. 8 for zinc phosphate cement. *J Am Dent Assoc* 96 : 121, 1978.
15. ANSI / ADA Specification No. 8 for zinc phosphate cement, February 1968. In Guide to Dental Materials and Devices, 5th ed. Chicago, 1970-1971, American Dental Association.
16. Dimashkieh MR, Davies EH, von Fraunhofer JA : Measurement of the cement film thickness beneath full crown restorations. *Br Dent J* 137 : 281, 1974.
17. Koyano E, Iwaku M, Fusayama T : Pressuring techniques and cement thickness for cast restorations. *J Prosthet Dent* 40 : 544, 1978.
18. Jones MD, Dykema RW, Klein AI : Television micromasurement of vented and non-vented cast crown marginal adaptation. *Dent Clin North Am* 15 : 663, 1971.
19. Van Nortwick WT, Gettleman L : Effect of internal relief, vibration, and venting on the vertical seating of cemented crowns. *J Prosthet Dent* 45 : 395, 1981.
20. Suthers MD, Wise MD : Influence of cementing medium on the accuracy of the remount procedure. *J Prosthet Dent* 47 : 377, 1982.
21. Jorgensen KD, Petersen GF : The grain size of zinc phosphate cements. *Acta Odontol Scand* 21 : 255, 1963.
22. Jorgensen KD, Esbensen AL : The relationship between the film thickness of zinc phosphate cement and the retention of veneer crowns. *Acta Odontol Scand* 26 : 169, 1968.
23. Windeler AS : Powder enrichment effects on film thickness of zinc phosphate cement. *J Prosthet Dent* 42 : 299, 1979.
24. Porsche A : Die eignung der zinc-oxyd-phosphat-zemente als befestigungsmittel. *Deutsche Zahn. Ztschr.* 16 : 87, 1961.
25. Windeler AS : The use of film thickness to measure working time of zinc phosphate cements. *J Dent Res* 57 : 697, 1978.
26. Jorgensen KD : Factors affecting the film thickness of zinc phosphate cements. *Acta Odontol Scand* 18 : 479, 1960.
27. O'Brien WJ : Dental Materials : Properties and Selection. Chicago, Quintessence Publishing Co., pp 213, 1989.
28. Kerby RE, McGlumphy EA, Holloway JA : Some physical properties of implant abutment luting cements. *Int J Prosthodont* 5 : 321, 1992.
29. Kaufman EG, Coelho DH, Colin L : Factors influencing the retention of cemented gold castings. *J Prosthet Dent* 11 : 487, 1961.
30. Pilo R, Cardash HS, Baharav H, Helft M : Incomplete seating of cemented crowns : A literature review. *J Prosthet Dent* 59 : 128, 1988.
31. Grieve AR, Jones JC : Marginal leakage associated with four inlay cementing materials. *Br Dent J* 151 : 331, 1981.
32. Schwartzman B, Caputo AA, Schein B : Antimicrobial action of dental cements. *J Prosthet Dent* 43 : 309, 1980.
33. Orstavik D, Orstavik J : In vitro attachment of *Streptococcus sanguis* to dental crown and bridge cements. *J Oral Rehabil* 3 : 139, 1976.
34. Ishikiriyama A, Oliveira JF, Vieira DF, Mondelli J : Influence of some factors on the fit of cemented crowns *J Prosthet Dent* 45 : 400, 1981.
35. Jorgensen KD : Structure of the film of zinc phosphate cements. *Acta Odontol Scand* 18 : 491, 1960.
36. Fusayama T, Ide K, Hosoda H : Relief of resistance of cement of full cast crowns. *J Prosthet Dent* 14 : 95, 1964.
37. Palermo JJ, Leinfelder KF, Holland GA : Evaluation of the frozen slab technique for cementing cast restorations. *J Prosthet Dent* 48 : 555, 1982.

38. Iwaku M, Takatsu T, Fusayama T : Comparison of three luting agents. *J Prosthet Dent* 43 : 423, 1980.
39. Newman SM : Frozen-salb technique for mixing zinc phosphate cement for cast restorations. *J Prosthet Dent* 43 : 46, 1980.
40. Kyrios DM, Duke ES, Windeler AS : Glass-ionomer cement film thickness and working time. *J Prosthet Dent* 62 : 533, 1989.
41. McComb D, Sirisko R, Brown J : Scientific comparison of physical properties of commercial glass ionomer luting cements. *Can Cent Assoc J* 50 : 699, 1984.
42. Wilson AD, Crisp S, Lewis BG, McLean JW : Experimental luting agents based on the glass ionomer cements. *Br Dent J* 142 : 117, 1977.
43. Fusayama T, Iwamoto T : Optimum cement film thickness for maximum shear resistance between teeth and restoration, *Bull. Tokyo M & D Univ.* 8 : 147, 1961.
44. White SN, Yu Z, Kipnis V : Effect of seating force on film thickness of new adhesive luting agents. *J Prosthet Dent* 68 : 476, 1992.
45. Fusayama T, Iwamoto T : Relationship between retaining force of inlays and film thickness of zinc oxyphosphate cement. *J Dent Res* 39 : 756, 1960.
46. Diaz-Arnold AM, Williams VD, Aquilino SA : The effect of film thickness on the tensile bond strength of a prosthetic adhesive. *J Prosthet Dent* 66 : 614, 1991.

AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE FILM THICKNESS OF RESIN LUTING CEMENTS

Kook-Hyeon Cho, D. D. S., Chang-Yong Song, D. D. S., M. S. D.,
Kwang-Yeob Song, D. D. S., M. S. D., Ph. D., Chan-Woon Park, D. D. S., Ph. D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Chonbuk National University

The purpose of this study was to evaluate and compare film thickness of five kinds of resin luting cements [Comspan, Panavia Ex, Maryland bridge adhesive, All-bond C & B cementation kit, and Super-bond C & B]. Zinc-phosphate cement and glass-ionomer cement were used as the control group.

In order to measure the film thickness, the methods used were in broad compliance with ADA Specification No. 8, a tapered-die system that simulates clinical conditions more closely, and the connected tapered-die system that simulates bridge conditions.

The inorganic filler size of resin cements was also examined with scanning electron micrographs.

The results were obtained as follows ;

1. The film thickness of resin cements was increased in the order of Comspan, Panavia Ex, Super-bond C & B, Maryland bridge adhesive, and All-bond C & B cementation kit. Maryland bridge adhesive and All-bond C & B cementation kit showed significantly higher film thickness than the control group($p < 0.01$).
2. For all resin cements, there was a significant difference of film thickness between the ADA method and the tapered-die system. Generally, the tapered-die system demonstrated lower film thickness than the ADA method($p < 0.01$).
3. There was no significant difference in film thickness between the tapered-die system and the tapered-die bridge system in all resin cements($p < 0.01$).
4. The scanning electron microscope showed that the cement with larger filler had a tendency to be higher in film thickness.