

수종 레진시멘트의 전단결합강도에 관한 연구

경희대학교 치과대학 치과보존학교실

양미영 · 박상진

Abstract

A STUDY ON THE SHEAR BOND STRENGTH OF RESIN CEMENTS

Mi-Young Yang, D.M.D., Sang-Jin Park, D.D.S., Ph.D.

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Kyung Hee University

Recently composite resin luting cement have been widely used according as esthetic requirement was increased. The purpose of this study was to evaluate of shear bond strength of four resin cements to bovine dentin. The materials used in this study were All-Bond 2(dentin bonding agent), Duolink cement, Bistite resin cement, Twinlook cement, Clearfil CR inlay cement. A total 40 acrylic cylinders with bovine dentin were divided into four groups. Four experimental groups were as follows;

Group 1(AB) : Specimens bonded with All-Bond 2 and Duolink Cement

Group 2(BT) : Specimens bonded with Bistite Resin Cement

Group 3(TL) : Specimens bonded with Twinlook Cement

Group 4(CR) : Specimens bonded with Clearfil CR Inlay Cement

After 1 hour of bonding, all specimens were stored for 24 hours in water at 37°C and tested with Instron universal testing machine between bovine dentin and resin cements. The data were evaluated statistically at the 95% confidence level with a one-way analysis of variance and Tukey's range statistics.

The following results obtained;

1. The group 1(AB) was highest shear bond strength and the group 3(TL) was lowest($p > 0.05$).
2. Group 2(BT), 4(CR) were similar shear bond strength and there was no significant difference($p < 0.05$).
3. Group 1(AB), 4(CR) with acid etching were showed resin tags on the opened dentinal tubules, but Group 2(BT), 3(TL) without acid etching were not showed resin tags.
4. Group 1(AB) was showed intimate adaptation than other groups.

I. 서 론

치과 수복물의 합착용으로서 각종 시멘트가 임상에서 사용되어 왔다. 오랜 기간 동안 인산아연 시멘트가 고정성 보철물, 인레이 등의 합착에 사용되어 왔는데 인산아연 시멘트는 구강용액에 잘 용해되고^{1,2)}, 재료가 갖는 산성의 자극성³⁾이 문제가 되며, 치과 수복물과는 접착력이 불충분하고 조각의 불편 등의 문제점이 있다. 한편 카복실레이트 시멘트와 글라스 아이오노머 시멘트는 인산아연 시멘트에 비하여 우수한 생체 적합성⁴⁾을 지니며 항우식성 불소를 유리하기^{5,6)} 때문에 이점이 있다. 그러나 강도와 용해성에 있어서는 인산아연 시멘트에 비해 아직까지 우수하지 못한 실정이다⁷⁾. 이와는 달리 레진시멘트는 치질이나 금속에 강하게 접착되며⁸⁾, 타액에 용해되지 않는 장점⁹⁾이 임상가에게 강조되어 등장한 시멘트이다. 레진시멘트를 새로이 개발된 레진-상아질 접착제와 함께 사용할 때, 기존의 접착체계보다 탁월한 우수성을 갖고 있다. Blair 등¹⁰⁾은 주조용 도재 수복물에서 레진시멘트와 함께 상아질 접착제를 병용하면 미세누출을 감소시킬 수 있다고 보고했다. 레진시멘트는 수복용 레진의 Bis-GMA나 urethane dimethacrylate의 성분이 있으며, 금속¹¹⁾, 세라믹 표면¹²⁾과 미세역학적 혹은 화학적 결합이 가능하다. 그러나, 레진시멘트는 금속에 대한 접착이 우수한 반면 치질 특히 상아질과의 접착력이나 안정성에 대한 내구성에 불안감이 있으며 조각이 번잡하다는 단점이 있다. 임상에서 시멘트 선택시 고려해야 할 사항¹³⁾으로는 접착강도, 생체적합성, 조작성, 방사선 투과성, 압축강도 및 피막도 등을 들 수 있다. 이중 접착강도는 수복물의 유지 및 변연봉쇄¹⁴⁾와 관계가 깊다.

레진시멘트에 관하여 Wiltshire 등¹³⁾이 산부식된 상아질면에 대한 레진시멘트의 인장결합강도에 대해 연구하였고, Diaz-Arnold 등¹¹⁾이 저장시간과 온도변화에 따른 레진시멘트의 인장결합강도에 대해 연구하였으며, Rubo와 Pegoraro¹⁵⁾는 수중 치과용 합금에 대한 레진시멘트의 인장결합강도에 대해 연구했고 Latta와 Barkmeier¹⁶⁾는 인레이면 처리에 따른 레진시멘트의 접착강도에

대해 연구했다. 또한 Cooley 등⁸⁾, Yoshida 등¹⁷⁾, Tam과 McComb¹⁸⁾는 레진시멘트의 전단접착강도에 대해 연구했고, 손 등¹⁹⁾이 상아질 표면의 건조에 따른 습윤상태가 레진시멘트의 접착에 미치는 영향에 대하여 보고하였다. 상아질 접착제에 대한 접착강도 연구로 Retief 등²⁰⁾, Øilo와 Olsson²¹⁾이 인장결합강도에 대해 보고하였고, Sorensen과 Dixit²²⁾, Tao와 Pashley²³⁾가 전단결합강도에 대해 관찰하였다.

최근 심미수복에 대한 요구가 높아짐에 따라 레진인레이, porcelain laminate veneer 등의 심미수복재료가 임상에 보급되고 또한 CAD/CAM을 응용한 새로운 수복시스템도 등장하고 있다. 이들 수복재료는 치질에 가까운 색조의 재현이 가능한 반면 종래의 금속재료에 비해 기계적 강도가 낮기 때문에 무기 시멘트를 이용한 종래의 합착 방법으로는 구강내에 장기간 안전하게 유지될 수 없다. 따라서 심미수복 재료를 와동에 합착할 때는 접착성 레진시멘트가 이용되고 이에 따라 수복물과 치질의 강고한 접착을 측정하고 수복재료의 기계적 강도를 보완하는 것이 필요하다. Aboush와 Jenkins²⁴⁾는 법랑질과 복합레진에 대한 레진시멘트의 접착강도는 높으나 상아질, 아말감 및 글라스 아이오노머 시멘트에는 낮다고 했으며, Nakamichi 등²⁵⁾은 소의 치아에 대한 레진시멘트의 접착강도가 사람의 치아에서 나타난 접착강도와는 차이가 없다고 보고한 바 있다.

이상과 같은 선행들의 연구보고를 토대로 레진시멘트의 상아질에 대한 전단결합강도와 파단면의 관찰이 미흡하여 저자는 소의 하악 전치 상아질에 레진인레이를 레진시멘트로 접착시킨 후 전단결합강도를 측정하고 파단면을 관찰하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

냉동보관된 소의 하악 전치 40개를 실험 직전 해동하여 실험에 사용하였고 레진시멘트로는 Duolink Inlay luting composite(Bisco Co.,

U.S.A.), Bistite resin cement(Tokuyama Co., Japan), Twinlook cement(Kulzer, Germany), Clearfil CR inlay cement(Kuraray Co., Japan)을 사용하였으며 Duolink cement사용시에는 상아질 접착제인 All-Bond 2(Bisco Co., U.S.A.)를 같이 사용하였다. 레진인레이는 Clearfil CR inlay, Shade UL(Kuraray Co., Japan)를 사용하였다(Table 1).

2. 실험방법

1) 시편제작

저속의 diamond disc(Shofu, 601D, regular Double)로 소의 하악 전치 치관부를 절단하여 에폭시 레진(EponsTM, Epon Chemical Co., Korea)에 포매하여 상아질면이 노출되도록 경조직 연마기(Grinder-polisher, Buehler Ltd., England)에서 320번, 400번, 600번 SiC로 주수하에 순차 연마하여 평활한 표면을 얻어 실험에 사용하였다. 레진인레이 시편은 직경 3mm, 높이

6mm의 Teflon mold에 Clearfil CR inlay를 충전하여 상하면에서 각각 40초간 광조사(Heliomat Type H2, Vivadent Co., Austria)한 후 100℃ (212°F), 15분간(KL-100 heat curing oven, Kuraray Co., Japan) 가열중합하여 인레이 시편으로 사용하였다. 인레이 시편을 4종의 레진시멘트로 200g의 하중하에 상아질면에 접착시킨 후 4방향에서 20초간 광조사하였다.

2) 실험군의 분류

제작된 상아질 시편을 레진시멘트의 종류에 따라 각 군당 10개씩 4개군으로 분류하여 실험을 실시하였다(Table 2).

제 1군 : All-Bond 2를 도포한 후 Duolink cement로 접착한 군

상아질면을 ALL-ETCH(10% H₃PO₄)로 15초간 산부식하고 수세, 건조한 후 Primer A & B를 혼합하여 5회 도포한 후 5~6초간 건조시킨다. 이면에 bonding resin인 D/E resin을 도포하고 20초간 광조사한다. 인레이면에는 Prebond를 도포

Table 1. Materials used in this study

Material	Product name		Batch No.	Manufacturer
Dentin bonding agent	All-Bond 2	All-Etch	069091	Bisco. Co., U.S.A.
		Primer A	069101	
		Primer B	069241	
		D/E resin	069271	
		Prebond		
Resin cement	Duolink		049086	Bisco. Co., U.S.A.
	Bistite	Primer A	008	Tokuyama Co., Japan
		Primer B	008	
		Paste A	121	
		Paste B	827	
	Twinlook	Adhesive bond II	51	Kulzer Co., Germany
		base	025	
		catalyst	025	
	CLEARFIL CR inlay cement	K-etchant	027	Kuraray Co., Japan
		powder	ID-1072	
liquid		001		
Composite resin	CLEARFIL CR inlay(UL)		1102	Kuraray Co., Japan

Table 2. Experimental groups

Group	Code	N	Resin cement
1	AB	10	All-Bond 2+Duolink cement
2	BT	10	Bistite resin cement
3	TL	10	Twinlook cement
4	CR	10	Clearfil CR inlay cement

(N=Number of specimens)

하고 Duolink cement의 base와 catalyst를 동량 혼합하여 인레이 시편을 상아질면에 합착시키고 즉시 margin부위에서 과도한 paste를 제거한 후 200g의 일정한 하중을 가하면서 40초간 광조사 하였다.

제 2군 : Bistite resin cement로 접착한 군 상아질면에 Primer A & B를 혼합하여 30초간 도포한 후 5~10초간 air로 건조시킨다. 인레이 면은 처리하지 않고 Bistite resin cement A & B를 혼합하여 상아질과 인레이면에 도포한 후 합착하였다.

제 3군 : Twinlook cement로 접착한 군 상아질면에 Adhesive bond II를 도포하고 20초간 광조사하고, 인레이면은 Adhesive bond II로 wetting한 후 Twinlook cement의 base와 catalyst를 1 : 1로 혼합하여 인레이 내면에 도포한 후 합착하였다.

제 4군 : Clearfil CR inlay cement로 접착한 군 상아질면은 K-etchant(40% H₃PO₄)로 40초간 산부식하고 수세, 건조한 후 Clearfil CR inlay cement liquid 한 방울과 powder 한 스푼을 혼합하여 합착하였다.

3) 전단결합강도 측정 및 분석

시편을 접착하고 1시간 경과 후 37°C±1°C의 water bath에 24시간 침지시킨 다음 전단결합강도를 측정하였다. 전단결합강도 측정은 만능시험기(Instron, 4467, U.S.A.)에서 분당 1mm속도로 하중을 가하여 시편이 분리되는 최대하중을 구한 다음 단위면적당 접착강도를 환산하였으며 군당 10개 시편의 평균을 각 실험군의 전단결합강도로 하였다. 각 군간의 통계적 유의성 검정은 ANOVA test와 Tukey's multiple range test를

이용하였으며, 0.05수준에서 유의차를 정하였다.

$$\text{Shear bond strength(Kgf/cm}^2\text{)} = \frac{T}{\pi r^2}$$

(T : Maximum load(Kgf), r : Radius of specimen(cm))

4) 주사전자현미경 관찰

전단결합강도 측정 후 분리된 시편의 파단면을 스테브에 고정된 후 금도금(IB-3 ION coater, Eiko Co., Japan)하고 전자현미경(S-2300, Hitachi Co., Japan)에서 20Kvp의 가속전압으로 표면을 관찰하였다.

III. 실험성적

1. 전단결합강도

Bovine dentin에 4종류의 레진시멘트를 이용하여 레진인레이 시편을 접착한 후 37°C±1°C water bath에 24시간 저장한 후 측정된 전단결합강도는 Table 3과 같다. 상아질 접착제인 All-Bond 2와 Duolink cement를 사용하여 접착한 1군은 24.98MPa, Bistite resin cement를 사용

Table 3. Shear bond strengths(MPa) measured in four groups

Group	Code	N	Mean	S.D.
1	AB	10	24.98	2.79
2	BT	10	12.01	2.77
3	TL	10	2.51	1.59
4	CR	10	11.25	1.94

(N=Number of specimens)

Table 4. Multiple comparison test by Tukey method

	AB	BT	TL	CR
AB				
BT	*			
TL	*	*		
CR	*	*	*	

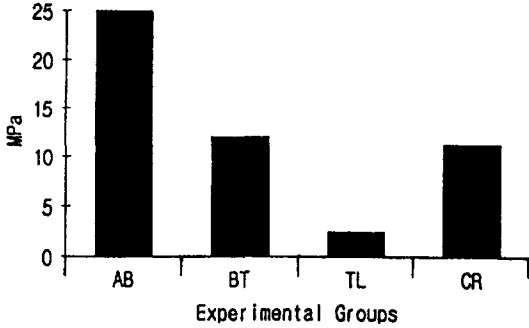


Fig. 1. Shear bond strength of four resin cements to bovine dentin.

한 2군은 12.01MPa, Twinlook cement를 사용한 3군은 2.51MPa, Clearfil CR inlay cement를 사용한 4군은 11.25MPa의 전단결합강도를 나타내었다. Table 4는 Tukey 방법에 의해 0.05%수준에서 검증한 결과이며, Fig. 1은 각 군의 접착강도를 나타낸 그래프로 1군에서 가장 높았으며, 3군이 가장 낮은 전단결합강도를 나타내었다.

2. 주사전자현미경 소견

산부식을 시행한 1군과 4군에서는 상아세관이 개방되어 있었으며 개방된 상아세관 내로 파절된 resin tags를 관찰하였으나, 산부식을 시행하지 않은 2군과 3군에서는 상아세관이 개방되어 있지 않았고 smear layer를 관찰할 수 있었다.

1군: 150배 관찰 소견에서는 혼합파괴 양상을 나타내었다. 하방은 상아질층으로 접착파괴를, 상방은 레진층으로 응집파괴를 보였다. 상아질층의 3000배 확대사진에서는 상아세관 내로 부러진 resin tags를 볼 수 있었다.

2군: 상아세관의 흔적을 볼 수 있고 상아질과

레진시멘트 사이의 접착파괴를 나타내며 smear layer를 볼 수 있었다.

3군: 2군과 유사한 접착파괴 양상을 나타내며 몇개의 상아세관이 보이거나 특이한 양상은 보이지 않았다.

4군: 개방된 상아세관 내로 파절된 resin tags가 관찰되었다.

IV. 총괄 및 고안

최근 치과임상에서 레진인레이, 도재인레이, 도재 라미네이트 베니아 및 도재 전장관 등의 심미적 수복물의 사용이 증가함에 따라 레진시멘트의 활용범위가 넓어져 가고 있다. 합착제로서 레진의 초기 사용은 치수자극²⁶⁾, 과잉충전시 제거의 어려움 및 두꺼운 피막도²⁷⁾로 인하여 만족한 결과를 얻지 못했다. 그러나 레진 상아질 결합제와 작은 입자 크기의 무기 filler에 대한 연구는 레진시멘트에 대한 흥미를 다시 갖게 하였다²⁸⁾. 또한 각종 conditioner와 primer의 개발로 인하여 범랑질 뿐만 아니라 상아질에도 높은 접착성을 가지게 되었다. 그러나 실제 임상에서 레진시멘트의 범랑질에 대한 접착은 대체로 만족할 만한 접착강도를 나타내고 있으나 상아질에 대한 접착강도는 충분하지 못한 수준이다. 따라서 현재 시판되고 있는 레진시멘트 중 널리 사용되는 4종의 이원 중합형 레진시멘트를 선택하여 상아질에 대한 접착강도를 측정하고 파단면을 관찰하여 임상에 응용하는 것은 의의있다고 할 수 있다. 레진인레이와 치아와의 결합에 관여하는 요소로는 치질과 시멘트와의 결합력 및 시멘트와 인레이와의 결합력을 들 수 있다. Thor-drup 등¹²⁾과 Scott 등²⁹⁾이 레진인레이의 접착실패는 치질과 시멘트사이의 표면 접착불량에 기인된다고 하였다. 본 실험에서는 이와같은 시멘트와 레진인레이 사이에서 접착파괴가 발생할 수 있는 가능성을 최소화하기 위하여 레진인레이 표면을 거칠게 하여 합착한 결과 접착강도가 증가됨을 관찰할 수 있었다.

Barkmeier와 Cooley³⁰⁾는 복합레진과 상아질간의 접착강도를 범랑질과의 접착강도와 비교하여 상아질의 경우 접착강도가 낮은 수치를 나타

냄을 보고한 바 있다. 본 실험에서도 상아질에 대한 레진시멘트의 접착강도는 All-Bond 2와 Duolink cement를 사용한 1군에서 24.98MPa, Bistite resin cement를 사용한 2군에서 12.01 MPa, Clearfil CR inlay cement를 사용한 4군에서 11.25MPa로 나타나 임상에서 사용하기에 무리가 없다고 할 수 있다. 그러나 Twinlook cement의 경우 2.51MPa로 임상에서 사용하기에 미흡하였다. 이와같이 Twinlook cement의 접착강도가 다른 군에 비하여 현저하게 낮게 나타난 이유는 접착 레진인 Adhesive bond II에 HEMA성분이 포함되어 있지 않았기 때문에 상아질 깊숙히 레진성분이 침투되지 않아 결합강도가 낮게 나타난 것으로 사료된다. 본 연구에서 All-Bond 2와 Duolink cement를 사용한 1군에서 가장 높은 전단결합강도를 나타낸 결과는 Suh³¹⁾, Kanca³²⁾, Barkmeier 등³³⁾의 연구결과와 유사하였고, Chappell과 Eick³⁴⁾, 이와 임³⁵⁾, Eick 등³⁶⁾의 연구결과와 비교하면 다소 높게 나타났으며 이는 본 실험에서 레진 합착시 하중을 일정하게 가한 결과로 사료된다.

본 실험에서는 레진의 상아질에 대한 접착강도가 상아질 자체의 인장강도를 초과되어 나타났으며 이는 아세트산과 수분의 상호작용에 의하여 습윤력이 증가된 결과가 나타난 것으로 사료된다. 또 주사전자현미경상에서는 혼합과외 양상을 나타내었는데 이는 손 등¹⁹⁾, Chappell과 Eick³⁴⁾, Eick 등³⁶⁾의 연구보고와 유사한 결과이었다.

상아질에 대한 수복물의 접착은 도말층의 존재여부가 접착강도에 영향을 미치게 되므로 상아질을 산으로 전처리하여 도말층을 제거하는 것이 결합력을 증가시킨다는 증거는 확실하게 규명되어 있지 않으나 와동형성시 치아 삭편, 혈액, 변성된 콜라겐을 제거하고 세척하기 위해 상아질 전처리제의 사용이 추천된다²⁶⁾. 본 실험에서도 이를 근거로 1군과 4군에서 상아질 전처리제로 인산을 사용하였다. 그러나 임상에서 상아질 전처리제의 무분별한 사용은 주의를 요한다. 즉 Stanley 등²⁶⁾은 법랑질과 동일한 방법으로 상아질 표면을 산부식하면 상아질의 투과성^{37,38)}을 증가시켜 치수자극을 유발할 수 있다고 하였으

며, Wednt 등³⁹⁾은 도말층을 제거하면 상아질 접착제의 접착강도를 증가시킨다고 하였으나, Ishioka와 Caputo⁴⁰⁾는 도말층을 제거하지 않는 것이 상아질에 대한 수복물의 접착력을 향상시킨다고 하였다.

상아질 전처리제 즉 산부식제는 치수에 자극을 줄 수 있을 가능성이 있으며 산부식제로 처리하여 임상에서의 사용 가능성 여부를 규명할 목적으로 본 실험에서도 제조회사의 지시에 따라 1군과 4군은 산부식하였고, 2군과 3군은 산부식하지 않고서 상아질 전처리제의 접착강도를 비교하였다. 상아질 전처리제를 사용한 1군과 4군은 높은 접착강도를 나타내었으나 치수자극성을 예상할 수 있으며, 상아질 전처리제를 사용하지 않은 3군은 낮은 접착강도를 나타내었으나, 2군은 대체로 만족할만한 접착강도를 나타내었다. 즉 Bistite resin cement를 사용한 2군에서 산부식을 시행하지 않았음에도 불구하고 대체로 만족할만한 접착강도를 나타내어 임상에서 널리 응용이 가능하다고 할 수 있다. Bistite resin cement는 primer의 성분으로 친수성기와 소수성기를 모두 가진 MAC-10의 상아질에 대한 침투력이 높고 자체 산부식 효과도 있어서 임상에 무리없이 사용이 가능하다. 지금까지 제 1세대 상아질 접착제라 불리는 상아질 접착제는 도말층을 제거하고 사용할 것을 추천하였으나, 제 2세대 상아질 접착제에서는 도말층을 보존할 것을, 제 3세대와 제 4세대 상아질 접착제는 도말층을 변형시켜서 결합에 이용하고자 하였다^{30,41)}. 본 실험에서 이용된 "wet bonding technique"은 적당한 양의 수분 존재가 산처리 후의 탈회된 상아질 내의 콜라겐에 레진성분의 침투가 가능하다고 주장한 Kanca⁴²⁾의 방법에 따르고 또 합착용 레진시멘트는 상아-법랑질 접착제와 함께 사용되어야 한다고 주장한 것을 근거로 본 실험의 1군에서는 제 4세대 상아질 접착제³¹⁾로 알려진 All-Bond 2를 사용하였다. All-Bond 2는 universal bonding system으로 법랑질만을 산부식할 뿐만 아니라 법랑질, 상아질 모두를 산부식하는 all-etch technique을 사용하는 유일한 system이다. 그러나 Eick 등³⁶⁾은 산부식이 All-Bond 2의 상아질에 대한 전단결합강도에는 큰

영향을 미치지 않는다고 보고하였고 상아질을 10% 인산으로 처리한 후 주사전자현미경으로 관찰하면 도말층은 제거되나 몇몇 상아세관은 막혀있었다고 보고한 바 있다. Kanca³²⁾는 상아질 표면의 건조에 따른 All-Bond 2의 전단결합강도를 측정된 결과, 가볍게 건조시킨 상아질 즉 수분이 약간 잔존되어 있는 상아질에서 과도하게 건조시킨 상아질과 비교하여 접착강도가 높게 나타남을 보고하여 과도한 탈수는 오히려 접착강도를 감소시킨다고 보고하였다. 그러나 Tay 등⁴³⁾은 과도한 수분 존재 역시 접착강도를 감소시킨다고 보고하였다.

All-Bond 2의 Primer A는 아세톤 용액에 NTG-GMA(N-tolyl glycine glycidyl methacrylate), Primer B는 아세톤 용액에 BPDM (Biphenyl dimethacrylate)를 포함하고 있다. 아세톤은 휘발하며, 수분의 표면장력을 낮추어 수분이 있는 표면에 primer의 혼합물이 넓게 확산되도록 하기 때문에 아세톤과 레진혼합물을 "water chaser"^{31,32)}라 할 수 있으며, 아세톤 용매를 방출시키기 위해 5~6초간 건조시켜야 한다. 이 과정에서 광택있고 반사성 있는 표면분포를 확인하는 것이 매우 중요하다. 만약 그렇지 않다면 깨끗하고 광택있는 표면이 나올때까지 primer를 2~3겹 더 도포하도록 권장하고 있다.

레진시멘트의 조성이 상아질과의 화학적인 접촉에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 이중 Bowen 등⁴⁴⁾이 개발한 NTG-GMA³³⁾는 본 실험의 All-Bond 2의 Primer B용액 내의 BPDM과 동일 성분으로서 중합을 개시할 뿐만 아니라 칼슘과 chelation결합하는 성질을 가지고 있어 치질의 수산화인회석과 레진성분 사이의 접촉을 촉진시키는 역할을 한다고 알려져 있다. Suh³¹⁾는 이러한 primer용액이 단지 상아세관내로 침투하여 resin tags를 형성하여 접착강도를 증가시키는 것이 아니라 상아질로 침투하여 "microtags"를 형성함으로써 접착강도를 증가시킨다고 하였다.

대부분의 시판되고 있는 접착성 레진은 Bis-GMA, HEMA(Hydroxyethyl methacrylate), Camphoroquinone 등으로 구성되어 있으며 Nakabayashi와 Takarada⁴⁵⁾, Chappell 등⁴⁶⁾은 접

착 레진 성분 중 HEMA를 상아질에 도포하면 monomer의 상아질에 대한 확산을 증가시키고 상아질 성분과 기계적 결합을 이루어 "hybrid layer"^{31),47),48)}를 형성하여 접착강도를 증가시킨다고 하였다. Duolink cement는 0.7 μ m 초미세입자의 glass fillers를 함유한 composite resin제제의 시멘트로서 Bis-GMA가 구성성분에 포함되어 있어 BPDM이 구성성분인 All-Bond 2나 ONE-STEPTM과 같은 상아질 접착제와 함께 사용하도록 고안되어 본 실험에서 All-Bond 2와의 접착강도를 비교하기 위하여 사용한 결과 Duolink를 사용한 1군에서 24.98MPa의 전단결합강도를 나타내었다.

Bistite resin cement의 conditioner는 10% citric acid와 3% ferric chloride로 구성되어 도말층을 제거하는 역할을 하나 생활치인 경우에는 상아질에 금기증이다. 그러나 본 실험에 Bistite resin cement를 사용한 것은 삭제된 상아질을 citric acid와 ferric chloride용액으로 처리하면 Nakabayashi⁴⁹⁾의 연구에 의하면 높은 결합강도를 나타내었음을 보고한 바, 전처리하지 않았을 때와 비교하기 위하여 사용하였다. 이 Bistite resin cement의 primer에는 에탄올에 MAC-10 (11-methacryloxy-1, 1 undecane dicarboxylic acid)이 용해되어 있고 레진시멘트는 primer와 같이 MAC-10을 함유한 matrix resin과 77% 무기 filler로 구성되어 있다. Bistite resin cement의 접착강도는 접착성 monomer MAC-10의 배합에 의해 치질과 금속, 도재 및 레진 등과 우수한 접착력을 가지고 있다. 본 실험에서는 전처리를 하지 않았음에도 불구하고 Fukushima와 Horibe⁵⁰⁾의 연구결과와 유사한 결합강도를 나타내었으며 이는 MAC-10의 상아질에 대한 침투력에 의한 것으로 사료된다. 주사전자현미경 상에서 Bistite resin cement(Fig. 5참조)와 Twinlook cement(Fig. 6참조)로 합착한 시편의 파절면은 산부식을 하지 않았으므로 개방된 상아세관을 관찰할 수 없었으나 접착강도에 차이를 보이는 이유는 이들 레진시멘트의 primer에 의한 상아질에 대한 침투력의 차이에 기인한 듯하다.

Clearfil CR inlay cement의 K-etchant gel은 40% 인산으로 법랑질과 상아질을 동시에 산부

식하여 사용되는 편리성 때문에 임상에서 널리 사용되고 있어 본 실험에서도 이의 접착강도를 비교 분석하기 위하여 사용하였다. 이 시멘트는 동일회사의 Panavia와 유사한 조성으로 구성되어 있으며 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate의 P=O기가 포함되어 있어 상아질에 대한 접착성분을 높여 콤포짓트 레진, 금속 등에 대한 접착력을 높인 이원 중합 레진시멘트이다. 본 실험에서 Clearfil CR inlay cement의 전단결합강도는 Miyazaki 등⁵¹⁾, Mashimo⁵²⁾의 연구와 비교하면 높게 나타났으며 이는 합착시 가해진 하중의 차이로 인한 결과로 사료된다. Clearfil CR inlay cement를 사용한 군에서 산부식으로 인하여 상아세관이 개방되었으나(Fig. 7), 1군에 비하여 접착강도가 낮은 이유는 주사전자현미경 상에서 나타나듯이(Fig. 4) 상아세관 내로 레진시멘트의 상아질 내로의 침투가 불충분하기 때문으로 사료된다.

이상의 연구결과로서, All-Bond 2와 Duolink cement 및 Bistite와 Clearfil CR inlay cement는 임상에서 합착용으로 사용이 가능하나 Twinlook cement는 상아질에 대한 합착용 시멘트로 임상에서 사용에 부적절한 것으로 나타났다. 앞으로 현재 시판되고 있는 모든 레진시멘트의 접착강도를 본 연구방법대로 실험을 실시하여 이러한 시멘트와 대체하여 사용할 만한 레진시멘트의 개발과 함께 임상적용에 대한 기초적인 물성과 생물학적 적합성 등에 관한 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

V. 결 론

최근 치과임상에서 심미적 요구가 증대됨에 따라 기존의 시멘트와 비교하여 견고하며 타액에 용해성이 낮은 레진시멘트의 활용범위가 넓어져 가고 있다. 그러나 레진시멘트의 법랑질에 대한 접착강도는 대체로 만족할 만하나 상아질에 대한 접착강도는 임상적으로 만족할 수 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 소의 하악 전치 상아질에 레진인레이 시편을 4종의 레진시멘트 즉 All-Bond 2와 Duolink cement(1군, AB), Bistite resin cement(2군, BT), Twinlook cement(3군,

TL), Clearfil CR inlay cement(4군, CR)를 사용하여 접착하여 상아질에 대한 전단결합강도와 파단면의 주사전자현미경 소견을 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 1군에서 가장 높은 전단결합강도를 나타내었고, 3군의 전단결합강도가 가장 낮았다. 1군과 2군 및 3군 사이에는 통계학적 유의성이 있었다($p < 0.05$).
2. 2군과 4군은 유사한 전단결합강도를 나타내었으나 통계학적 유의성은 없었다($p > 0.05$).
3. 산부식을 시행한 1군과 4군에서는 개방된 상아세관 내로의 resin tags 형성을 관찰하였으나, 산부식을 시행하지 않은 2군과 3군에서는 resin tags의 형성이 관찰되지 않았다.
4. 1군은 다른 군과 비교하여 긴밀한 접착상이 관찰되었다.

REFERENCES

1. Michem, J. C., Gronas, D. G. : Clinical evaluation of cement solubility. *J. Prosthet. Dent.*, 40 : 453-456, 1978.
2. Michem, J. C., Gronas, D. G. : Continued evaluation of the clinical solubility of luting cements. *J. Prosthet. Dent.*, 45 : 289-291, 1981.
3. Iwaku, M., Takatsu, T., and Fusayama, T. : Comparison of three luting agents. *J. Prosthet. Dent.*, 43 : 423-425, 1980.
4. Powis, D. R., Folleras, T., Merson, S. A., and Wilson, A. D. : Improved adhesion of a glass ionomer cement to dentin and enamel. *J. Dent. Res.*, 61 : 1416-1422, 1982.
5. Retief, D. H., Bradley, E. L., Denton, J. C., and Switzer, P. : Enamel and cementum fluoride uptake from a glass ionomer cement. *Caries Res.*, 18 : 250-257, 1984.
6. Muzynski, B. L., Greener, E., Jameson, L., and Malone, W. F. P. : Fluoride release from glass ionomers used as luting agents. *J. Prosthet. Dent.*, 60 : 41-44, 1988.
7. Beech, D. R., Bandyopadhyay, S. : A new laboratory method for evaluating the relative solubility and erosion of dental cements. *J. Oral. Rehabil.*, 10

- : 57-63, 1983.
8. Cooly, R. L., Barkmeier, W. W., and Evans, J. G. : Shear bond strengths of resin adhesive cements to dentin and Ni-Cr-Be alloy. *J. Esthet. Dent.*, 4 : 117-120, 1992.
 9. 최 회경, 신 동훈, 홍 찬의 : 접착형 2급 주조 금 인레이의 치은변연 접합도에 관한 연구. 대한 치과보존학회지, 19 : 473-480, 1994.
 10. Blair, K. F., Koeppen, R. F. Schwartz, R. S. and Davis, R. D. : Microleakage associated with resin composite-cemented, cast glass ceramic restoration. *Int. J. Prosthodont.*, 6 : 579-584, 1993.
 11. Diaz-Arnold, A. M., Williams, V. D., and Aquilino, S. A. : Tensile strengths of three luting agents for adhesion fixed partial dentures. *Int. J. Prosthodont.*, 2 : 115-122, 1989.
 12. Thordrup, M., Isidor, F., and Ravnholt, G. : Tensile bond strength of two ceramic and three resin composite inlay materials placed using a resin luting agent. *Int. J. Prosthodont.*, 8 : 233-238, 1995.
 13. Wiltshire, W. A., Ferreira, M. R., Nel, J. C., and Wyk, P. J. : Tensile bond strengths of resin luting cements for resin-bonded bridges to etched enamel. *Dent. Mater.*, 3 : 56-59, 1987.
 14. Kimura, T., Suzaki, T., Ebihara, T., Inaba, T., and Katoh, Y. : 各種レシンの歯質接着性に關する研究. *日齒保誌*, 39 : 1-9, 1996.
 15. Rubo, J. H., Pegoraro, L. F. : Tensile bond strength of a composite resin cement for bonded prosthesis to various dental alloys. *J. Prosthet. Dent.*, 74 : 230-234, 1995.
 16. Latta, M. A., Barkmeier, W. W. : Bond strength of a resin cement to a cured composite inlay material. *J. Prosthet. Dent.*, 72 : 189-193, 1994.
 17. Yoshida, K., Greener, E. H., and Lautenschlager, E. P. : Shear bond strengths of two luting cements to laboratory-cured prosthetic resin composite. *Am. J. Dent.*, 6 : 13-16, 1993.
 18. Tam, L. E., McComb, D. : Shear bond strengths of resin luting cements to laboratory-made composite resin veneers. *J. Prosthet. Dent.*, 66 : 314-321, 1991.
 19. 손 강하, 박 진훈, 조 규증 : 상아질 표면의 건조에 따른 습윤상태가 레진시멘트의 접착에 미치는 영향. 대한치과보존학회지, 20 : 97-109, 1995.
 20. Retief, D. H., Gross, J. D., Bradley, E. L., and Denys, F. R. : Tensile bond strengths of dentin bonding agents to dentin. *Dent. Mater.*, 2 : 72-77, 1986.
 21. Øilo, G., Olsson, S. : Tensile bond strength of dentin adhesives : a comparison of materials and methods. *Dent. Mater.*, 6 : 138-144, 1990.
 22. Sorensen, J. A., Dixit, N. V. : In vitro shear bond strength of dentin adhesives. *Int. J. Prosthodont.*, 4 : 117-125, 1991.
 23. Tao, L., Pashley, D. H. : Shear bond strengths to dentin : effects of surface treatments, depth and position. *Dent. Mater.*, 4 : 371-378, 1988.
 24. Aboush, Y. E. Y., Jenkins, C. B. G. : The bonding of an adhesive resin cement to single and combined adherends encountered in resin-bonded bridge work : an in vitro study. *Br. Dent. J.*, 171 : 166-169, 1991.
 25. Nakamichi, I., Iwaku, M., and Fusayama, T. : A bovine teeth as possible substitutes in the adhesion test. *J. Dent. Res.*, 62 : 1076-1081, 1983.
 26. Stanley, H., Going, R. E., and Chauncey, H. H. : Human pulp response to acid pretreatment of dentin and to composite restoration. *JADA.*, 91 : 817-825, 1975.
 27. Staninec, M., Giles, W. S., Saiku, J. M., and Hattori, M. : Caries penetration and cement thickness of three luting agents. *Int. J. Prosthodont.*, 1 : 259-263, 1988.
 28. Brukle, C. E., Nicholson, J. W., and Norling, B. K. : Crown retention and seating on natural teeth with a resin cement. *J. Prosthet. Dent.*, 53 : 618-622, 1985.
 29. Scott, J. A., Strang, R., and Saunders, W. P. : The plane of fracture and shear bond strength of three composite inlay systems. *Dent. Mater.*, 8 : 208-210, 1992.
 30. Barkmeier, W. W., Cooley, R. L. : Laboratory evaluation of adhesive systems. *Oper. Dent. Supplement*, 5 : 50-61, 1992.
 31. Suh, B. I. : All-Bond-Fourth generation dentin bonding system. *J. Esthet. Dent.*, 3 : 139-147, 1991.
 32. Kanca, J. III : Resin bonding to wet substrate. I. Bonding to dentin, II. Bonding to enamel. *Quint. Int.*, 23 : 39-41, 625-627, 1992.
 33. Barkmeier, W. W., Suh, B. I., and Cooley, R. L. : Shear bond strength to dentin and Ni-Cr-Be alloy with the All-bond universal adhesive system. *J. Esthet. Dent.*, 3 : 148-153, 1991.
 34. Chappell, R. P., Eick, J. D. : Shear bond strength

- and scanning electron microscopic observation of six current dental adhesives. *Quint. Int.*, 25 : 359-368, 1994.
35. 이 기환, 임 미경 : 상아질 접착제의 전단결합강도 및 주사전자현미경적 연구. *대한치과보존학회지*, 20 : 289-299, 1995.
 36. Eick, J. D., Robinson, S. J., Cheppell, R. P., Cobb, C. M., and Spencer, P. : The dentinal surface : Its influence on dentinal adhesion. Part III. *Quint. Int.*, 24 : 571-582, 1993.
 37. Tao, L., Pashley, D. H. : The relationship between dentin bond strengths and dentin permeability. *Dent. Mater.*, 5 : 133-139, 1989.
 38. Tagami, J., Tao, L., and Pashley, D. H. : Correlation among dentin depth, permeability, and bond strength of adhesive resins. *Dent. Mater.*, 6 : 45-50, 1990.
 39. Wendt, S. L., Jelebes, C. A., and Leinfelder, K. F. : The effect of two smear layer cleansers on shear bond strength to dentin. *Dent. Mater.*, 6 : 1-4, 1990.
 40. Ishioka, D., Caputo, A. A. : Interaction between the dentinal smear layer and composite bond strength. *J. Prosthet. Dent.*, 61 : 180-185, 1989.
 41. Meerbeek, B. V., Inokoshi, S., Braem, M., Lambrechts, P., and Vanherle, G. : Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *J. Dent. Res.*, 71 : 1530-1540, 1992.
 42. Kanca, J. III. : Composite resin luting materials : A rationale for the '90s. *J. Esthet. Dent.*, 1 : 105-109, 1989.
 43. Tay, F. R., Gwinnett, A. J., and Wei, S. H. Y. : The overwet phenomenon : An optical, micromorphological study of surface moisture in the acid-conditioned, resin-dentin interface. *Am. J. Dent.*, 9 : 43-48, 1996.
 44. Bowen, R. L., Cobb, E. N., and Rapson, J. E. : Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissue : Improvement in bond strength to dentin. *J. Dent. Res.*, 61 : 1070-1076, 1982.
 45. Nakabayashi, N., Takarada, K. : Effect of HEMA on bonding to dentin. *Dent. Mater.*, 8 : 125-130, 1992.
 46. Chappell, R. P., Spencer, P., and Eick, J. D. : The effects of current dentinal adhesives on the dentinal surfaces. *Quint. Int.*, 25 : 851-859, 1994.
 47. Nakabayashi, N., Nakamura, M., and Yasuda, N. : Hybrid layer as a dentin-bonding mechanism. *J. Esthet. Dent.*, 3 : 133-138, 1991.
 48. Nakabayashi, N., Ashizawa, M., and Nakamura, M. : Identification of a resin-dentin hybrid layer in vital human dentin created in vivo : durable bonding to vital dentin. *Quint. Int.*, 23 : 135-141, 1992.
 49. Nakabayashi, N. : Adhesive bonding with 4-META. *Oper. Dent. Supplement*, 5 : 125-130, 1992.
 50. Fukushima, T., Horibe, T. : A scanning electron microscopic investigation of bonding of methacryloyloxyalkyl hydrogen maleate to etched dentin. *J. Dent. Res.*, 69 : 46-50, 1990.
 51. Miyazaki, M., Hinoura, K., Inoue, M., Shimizu, M., Yamada, Y., and Onose, H. : コンポジットレジンインレーに関する研究. *日歯保誌*, 36 : 770-778, 1993.
 52. Mashimo, H. : 光重合型レジン系修復材に関する研究. *日歯保誌*, 37 : 1-10, 1994.

EXPLANATION OF LEGENDS

- Fig. 2.** Scanning electron microscope of a bovine dentin surface treated with 10% phosphoric acid for 15 seconds($\times 3000$).
- Fig. 3.** Scanning electron microscope of dentin side fractured surface of a specimens bonded with All-Bond 2 & Duolink cement shows a mixed failure mode with adhesive failure and cohesive failure of resin cement and dentin($\times 150$).
- Fig. 4.** Scanning electron microscope of dentin side fractured surface of a specimens bonded with All-Bond 2 & Duolink cement. Magnification of adhesive failure surface demonstrates remaining fractured resin tags in dentinal tubules($\times 3000$).
- Fig. 5.** Scanning electron microscope of dentin side fractured surface of a specimens bonded with Bistite resin cement shows a adhesive failure($\times 3000$).
- Fig. 6.** Scanning electron microscope of dentin side fractured surface of a specimens bonded with Twinlook cement shows a adhesive failure($\times 3000$).
- Fig. 7.** Scanning electron microscope dentin side fractured surface of a specimens bonded with Clearfil CR Inlay cement shows a adhesive failure($\times 3000$).

논문사진부도

