

광중합형 글래스아이오노머 시멘트의 전단결합강도에 대한 연구

김 현 양¹⁾ · 태 기 출²⁾ · 국 윤 아³⁾ · 김 상 철⁴⁾

범랑질의 표면처리에 따른 광중합형 글래스아이오노머 시멘트의 전단결합강도를 알아보고자 사람 소구치 80개를 선택하여 8개군으로 나누어 전단 결합 강도를 측정하고, 접착 파절의 양상을 평가하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 37% 인산용액으로 부식한 후 건조상태에서 글래스아이오노머 시멘트, 광중합형 레진, 화학중합형 레진으로 각각 부착한 실험군에서 글래스아이오노머 시멘트 실험군의 전단결합강도는 두 군과 유의한 차가 없었으나 화학중합형 레진군의 그것은 광중합형 레진군에 비해 유의성있게 낮았다 ($P < 0.05$).
2. 37% 인산 실험군, 10% 폴리아크릴산 실험군, 1.23% APF 실험군, 산처리하지 않은 실험군의 습한 상태에서 부착한 글래스아이오노머 시멘트의 전단결합강도에서 산처리하지 않은 실험군의 그것이 유의성 있게 낮았으며, 그 외 군간에는 유의성 있는 차이가 없었다 ($P < 0.05$).
3. 글래스아이오노머 실험군에서 습기의 존재가 전단결합강도에 유의성 있는 영향을 미치지 않았다 ($P < 0.05$).
4. 산부식처리를 하지 않은 군의 접착제 잔류지수가 가장 낮았으며 37% 인산용액으로 처리한 군의 접착제 잔류지수가 가장 높았다.

(주요단어 : 글래스아이오노머 시멘트, 전단 결합 강도, 파절양상)

I. 서 론

1955년 Buonocore⁷⁾의 산부식 접착법이 소개된 이후, 교정용 브라켓의 접착을 포함하여³⁰⁾, 범랑질에 대한 다양한 레진의 접착이 모든 치과분야에 적용되어 왔다. 이러한 방법은 이전의 전 치아에 밴드를 이용한 술식에 비해 심미적으로 우수하고, 빠르고, 간편하며, 연조직 자극이나 증식성 치은염을 최소화할 수 있으며, 부분적으로 맹출한 치아에 부착이 가능하고, 느슨한 밴드에서 생길 수 있는 치아우식의 위험성이 경감되며, 우식부위의 발견과 치료가 용이하고, 치료후 폐

쇄해야 할 밴드 공간이 없는 등의 장점이 보고되었다^{4,26,29,43)}

그러나 레진을 이용한 직접접착법은 중합시간이 한정되어 있으므로 브라켓을 정확히 위치시키기 어렵고, 파잉 접착제를 중합되기 전에 제거하기 어려워 치은조직 자극이나 탈회를 유발시키고^{35,45)}, 산부식 과정과 debonding 후 레진 제거과정에서 범랑질 표면의 손상을 야기한다고 보고되고 있다^{5,9,11,14,42)}.

1972년 Wilson과 Kent에 의해 치과용 접착제로 개발된³⁸⁾ 화학중합형 글래스아이오노머 시멘트는 실리카(SiO_2), 알루미늄(Al_2O_3), 불화칼슘(CaF_2)의 글래스 분말과 폴리알케노익산(Polyalkenoic acid)사이의 반응에 의해 경화되는 시멘트로³⁹⁾ 범랑질, 상아질 또는 어떤 금속과도 물리화학적으로 결합하기 때문에¹⁶⁾ 산부식이 필요치 않으며 치과 교정용 레진 접착제보다

1) 원광대학교 치과대학 교정학 교실, 석사 과정

2) 원광대학교 치과대학 교정학 교실, 전임강사

3) 원광대학교 치과대학 교정학 교실, 부교수

4) 원광대학교 치과대학 교정학교실, 교수

범랑질로부터 쉽게 제거³⁷⁾ 될 뿐 아니라 장기간의 불소유리가 있음이 보고되었다^{20,36)}.

최근에 개발된 광중합형 글래스아이오노머 시멘트는 레진성분이 강화된 글래스아이오노머 시멘트로써, 레진 성분은 용액 중의 HEMA (2-hydroxyethyl methacrylate)와 모노머이며, HEMA는 가시광선에 노출될 때 빠른 중합반응을 야기하게 되며, 아주 적은 양의 광기시제 또한 함유하고 있다. 따라서 반죽을 시작하는 순간부터 전통적인 화학중합형 글래스아이오노머 시멘트의 산-염기 반응이 일어나고, 또한 가시광선의 조사로 레진 성분의 중합이 일어나게 되어 화학중합형 글래스아이오노머 시멘트의 단점인 초기의 수분 접촉에 의한 강도의 저하를 피할 수 있게 되었다^{24,33,40)}. 또한 광중합형인 까닭에 기존의 화학중합형 접착제에 비해 중합시간을 술자가 조절할 수 있어 브라켓을 보다 정확하게 부착시킬 수 있으며, 브라켓 주변의 과잉의 접착제를 중합되기 이전에 쉽게 제거할 수 있게 되어 화학중합형 접착제의 단점을 최소화할 수 있게 된다고 하였다^{13,28,44)}.

실험실에서의 시멘트의 결합강도에 대한 연구에서 레진 접착제는 글래스아이오노머 시멘트에 비해 현저히 높다고 하였지만^{18,25)}, White는 레진 접착제에 비해 글래스아이오노머 시멘트의 브라켓 탈락율이 높지 않다고 하였다³⁷⁾. 교정 장치의 부착에 있어 접합 강도만이 중요하다면 레진 접착제를 사용하여야 하겠지만, 글래스아이오노머 시멘트는 상대적으로 낮은 접합 강도를 상쇄할 수 있는 많은 장점을 가지고 있다²²⁾.

본 연구에서는 광중합형 글래스아이오노머 시멘트의 물성 중 전단결합강도를 알아보기 위해 화학중합형 레진접착제와 비교하여 조사하였으며, 이 때의 접착과절패턴도 알아보았다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

실험에 사용한 치아는 교정치료를 위해 발거된 상악과 하악의 소구치였다. 치아는 발거된 직후 흐르는 물로 혈액이나 타액 기타 이물질 등을 씻은 후 생리 식염수에 담귀 보관하였다. 이들은 치관 협면의 균열이나 범랑질 발육부전 혹은 반상치와 같은 형태 이상이 없었으며 레진을 접착한 적이나 불소처치를 받은 적이 없는 치아를 선택하였다.

전단결합강도의 측정장치에 치관을 고정하고, 실험

중 치관의 취급을 용이하게 하기 위하여 레진블럭을 만들었다. 치아를 고정하기 쉽도록 치아들의 치근을 절단하고 치관부의 치수를 제거한 후 치수강쪽을 넓혀 유지형태를 부여하였다. 왁스 몰드에 치아의 치관 순면이 중앙에 노출하도록 고정하고, 클리어 레진을 몰드속에 주입하고 중합시켜서 치관의 순면이 노출된 레진 블럭을 제작하였다.

실험에 이용된 접착제는 광중합형 글래스아이오노머 시멘트인 Fuji Ortho LC[®] (GC Co, Japan)이었으며 이와 대조하기 위해 광중합형 레진으로 Light bond[®] (Reliance Orthodontic Products, Inc., U.S.A.)와 화학중합형 레진 Ortho-one[®] (BISCO, Illinois, U.S.A.)을 사용하였다. 브라켓은 소구치용 표준형 에스와이즈 브라켓 (Tomy, Japan)을 사용하였으며, 재료의 광중합은 Litex 680[®] 가시광선 조사기 (Dentamerica, U.S.A.)를 이용하였다.

범랑질 표면 처리제로써 퍼미스(Pumice[®], Whip-Mix Co., U.S.A), 중량 비율 10% 폴리악릴산 (Polyacrylic acid)용액(Dentin conditioner[®], GC Co., Japan)과 중량 비율 1.23% acidulated phosphate fluoride(APF) 용액(Flura-gel 60[®], Cadco, U.S.A), 중량 비율 37% 인산(phosphoric acid)용액(Bisco Etch-37[®], U.S.A.)을 사용하였다.

2. 연구 방법

1) 실험군의 분류

실험에 이용된 치아는 모두 80개였으며, 무작위로 10개씩 8군으로 나누고, 각각의 군은 퍼미스로 세마한 후 다음과 같이 조건을 부여하였다. 즉, 1) 산부식하지않고 건조시킨 후 글래스아이오노머 시멘트로 부착한 군(GI-No-D), 2) 산부식하지않고 습한 상태에서 글래스아이오노머 시멘트로 부착한 군(GI-No-M), 3) 37% 인산용액으로 부식시킨 후 건조상태에서 글래스아이오노머 시멘트로 브라켓을 접착한 군(GI-PA-D), 4) 37% 인산용액으로 부식한 후 습한 상태에서 글래스아이오노머 시멘트로 브라켓을 접착한 군(GI-PA-M), 5) 10% 폴리악릴산용액으로 20초 처리후 습한상태에서 글래스아이오노머 시멘트로 브라켓을 접착한 군(GI-PAA-M), 6) 1.23% APF용액으로 60초간 표면 처리후 습한상태에서 글래스아이오노머 시멘트로 부착시킨 군(GI-APF-M), 7) 37% 인산용액으로 부식 후 건조상태에서 Ortho-one으로 부착시킨 군(O-PA-D), 8) 37% 인산용액으로 60초

Table 1. Code of experimental groups

Group	Bonding Materials	Surface Treatment Materials
GI-No-D	light-cured glass ionomer	No etching-dry
GI-No-M	light-cured glass ionomer	No etching-moist
GI-PA-D	light-cured glass ionomer	37% phosphoric acid-dry
GI-PA-M	light-cured glass ionomer	37% phosphoric acid-moist
GI-PAA-M	light-cured glass ionomer	10% polyacrylic acid-moist
GI-APF-M	light-cured glass ionomer	1.23%APF-moist
O-PA-D	Chemically cured composite resin	37% phosphoric acid-dry
L-PA-D	light-cured composite resin	37% phosphoric acid-dry

처리후 건조시킨 후 Light bond로 부착 시킨군(L-PA-D)으로 나누었다.

각 실험군은 Table 1에 제시하였다.

2) 표면처리 및 중합

퍼미스의 처리는 물로 반죽한 퍼미스를 묻힌 러버 컵(rubber cup)으로 10초간 법랑질 표면을 세마한 후, 충분한 양의 수돗물로 씻어내고 건조시켰다. 습한상태의 처리는 물에 적신 cotton roll로 치면을 1회 닦은 상태로 하였다.

37% 인산용액을 이용한 표면처리는 37% 인산용액을 치면에 60초간 부식한 후 충분한 양의 수돗물로 씻어내고 건조시키거나 습한 상태의 치면으로 조건화하였다.

10% 폴리아크릴산용액을 이용한 표면처리는 법랑질 표면을 10% 폴리아크릴산용액으로 20초간 처리한 후, 충분한 양의 수돗물로 씻어내고 습한 상태의 치면으로 조건화하였다.

1.23% APF용액을 이용한 표면처리는 퍼미스로 치면을 세척, 건조 후 용액을 치면에 60초 도포한 후 충분한 양의 수돗물로 씻어내고 습한상태의 치면으로 조건화하였다.

광중합형 글래스이오노머 시멘트군은 제조회사의 지시대로 20초간 반죽한 후, 브래킷 접착면에 반죽을 올려놓고, 실험치아에 압접한 후 예리한 스케일러로 치면과 브래킷 사이에서 밀려나온 여분의 접착제를 제거하고, 브래킷 접착면의 교합면측, 치은측, 원심측, 근심측에 50초간 가시광선을 조사하여 광중합시켰다.

광중합형 레진은 제조회사의 지시대로 primer를 치면과 브래킷 접착면에 바른 후 브래킷 접착면의 primer만 10초간 광중합시킨 후, 레진 paste를 브래킷 접착면에 올려놓고, 실험치아에 압접한 후, 예리한 스케일러로 치면과 브래킷 사이에서 밀려나온 여분의 접착제를 제거하고, 브래킷 접착면의 교합면측 치은측 원심측 근심측에 50초간 가시광선을 조사하여 광중합 시켰다.

화학중합형 레진은 제조회사의 지시대로 primer를 치아와 브래킷 접착면에 바른 후 레진 paste를 올려놓고, 실험치아에 압접한 후 예리한 스케일러로 치면과 브래킷 사이에서 밀려나온 여분의 접착제를 제거하고 중합시켰다.

3) 전단결합강도의 측정

브래킷의 접착이 완료된 시편은 중합을 시작한 지 10분 후까지 실온에서 방치하여 중합을 진행시키고, 37°C의 증류수 속에 24시간 침지시킨 후, 전단결합강도 측정용 지그에 시편을 고정하고, 만능 시험기(Zwick Co., Model Z020, Germany, Fig.1)에서 1mm/min의 속도로 전단하중을 가하여 접착이 파절되는 순간의 최고하중을 측정하였으며, 이 측정치를 브래킷 접착면의 면적(0.1149cm²)으로 나누어 MPa로 환산하여 전단결합강도로 하였다.

4) 접착파절양상의 관찰

전단결합강도를 측정하면서 일어난 각 시편의 접착파절양상을 알기 위해 법랑질 표면을 입체 현미경(Stereo Star, AO®, U.S.A, Fig.2)으로 20배 확대하여

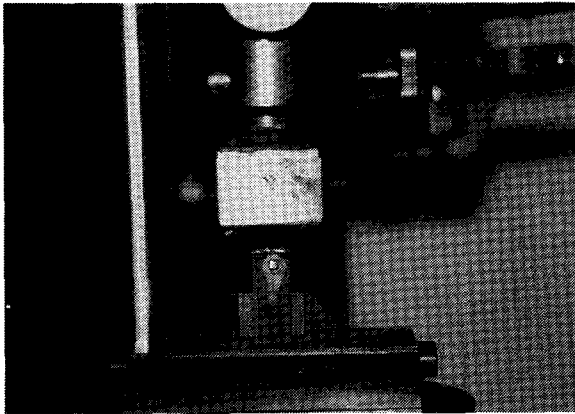


Fig.1 A sample tested on the Zwick universal testing machine

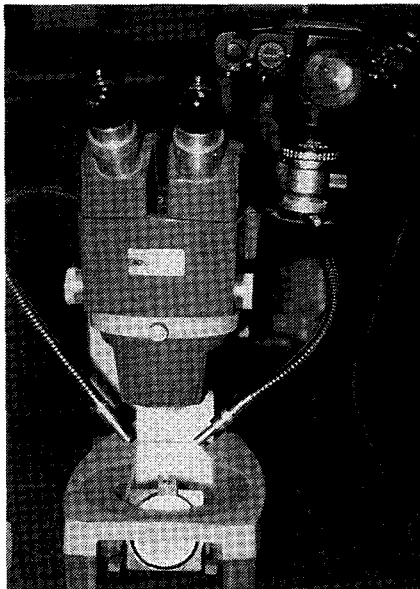


Fig.2 A sample tested on the stereoscopic photomicroscope

관찰하였다. 접착과절양상은 Ärtun과 Bergland²⁾의 접착제 잔류 지수(Adhesive Remnant Index)로 표현하였다.

- 0점: 치면에 접착제가 남아 있지 않은 경우.
- 1점: 치면에 접착제가 반이하로 남은 경우.
- 2점: 치면에 접착제가 반이상 남은 경우.
- 3점: 치면에 브라켓 접착면의 특징적인 인상이 나타나면서 모든 접착제가 남은 경우.

5) 통계 처리

각각의 실험군에서 전단결합강도의 평균치, 표준편차를 산출하였다. 전단결합강도의 유의차를 검증하기 위하여 SPSS/PC+를 이용하여 일원분산분석(ANOVA)을 시행하였다. 유의차 검정은 $p < 0.05$ 유의수준에서 판정하였다.

III. 연구성적

1. 재료들간의 전단결합강도

37% 인산용액으로 범랑질을 부식하고 표면을 건조시킨 후 브라켓을 부착한 실험군에서 광중합형 글래스아이오노머 시멘트의 전단결합강도는 화학중합형 레진과 광중합형 레진의 그것과 유의한 차이가 없었으나, 화학중합형 레진의 전단결합강도는 광중합형 레진의 그것에 비해 유의하게 낮았다(Table 3).

2. 광중합형 글래스아이오노머 시멘트에서의 표면처리에 따른 전단결합강도

산처리를 하지않고 습한 상태에서 글래스아이오노머 시멘트로 부착한 군(GI-No-M)의 전단결합강도는 37% 인산용액(GI-PA-M), 10% 폴리아크릴산용액(GI-PAA-M), 1.23% APF용액(GI-APF-M)으로 각각 처리한 후, 습한 상태에서 글래스아이오노머 시멘트로 부착시킨 군들의 전단결합강도에 비해 유의하게 낮았으며, 37% 인산용액(GI-PA-M), 10% 폴리아크릴산용액(GI-PAA-M), 1.23% APF용액(GI-APF-M)으로 각각 처리한 후 습한 상태에서 글래스아이오노머 시멘트로 부착시킨 군들의 전단결합강도 사이에는 유의한 차이가 없었다(Table 4).

3. 습기의 존재 유무에 따른 전단결합강도

산부식처리를 하지않은 실험군에서 습기의 존재 유무에 따른 전단결합강도에는 유의성있는 차이가 없었으며, 37% 인산용액으로 범랑질을 처리한 실험군에서도 습기의 존재 유무에 따른 전단결합강도에는 유의한 차이가 없었다. 그러나 37% 인산용액으로 처리한 군(GI-PA-D, GI-PA-M)의 전단결합강도는 습기의 존재 유무에 상관없이 산부식 처리를 하지않은 실험군(GI-No-D, GI-No-M)의 그것보다 유의성있게 높았다(Table 5).

Table 3. Comparison of the shear bond strengths between materials.

Group	Mean Shear Bond Strengths (MPa)			P
	Mean	Standard Deviation	Range	
GI-PA-D (I)	18.64	1.96	16.98-22.58	II-III*
O-PA-D (II)	15.58	2.65	12.29-19.19	
L-PA-D (III)	21.16	3.82	15.68-28.44	

(*) denotes pairs of groups significantly different at the 0.05 level

Table 4. Comparison of the shear bond strengths according to different surface treatments

Group	Mean Shear Bond Strengths (MPa)			P
	Mean	Standard Deviation	Range	
GI-No-M (I)	8.23	1.61	6.64-11.66	I-II* I-III* I-IV*
GI-PA-M (II)	22.00	3.92	17.10-30.58	
GI-PAA-M (III)	17.20	2.44	11.80-20.09	
GI-APF-M (IV)	18.78	2.08	16.75-22.53	

(*) denotes pairs of groups significantly different at the 0.05 level

Table 5. Comparison of the shear bond strengths according to presence of moisture.

group	Mean Shear Bond Strengths (MPa)			P
	Mean	Standard Deviation	Range	
GI-No-D (I)	12.00	2.23	9.05-15.23	I-III* I-IV* II-III* II-IV*
GI-No-M (II)	8.23	1.61	6.64-11.66	
GI-PA-D (III)	18.64	1.96	16.98-22.58	
GI-PA-M (IV)	22.00	3.92	17.10-30.58	

(*) denotes pairs of groups significantly different at the 0.05 level

4. 접착파절양상

브라켓의 접착파절양상을 입체현미경으로 20배 확대하여 관찰한 접착제의 잔류지수의 빈도 및 백분율을 Table 6에 제시하였다.

광중합형 글래스아이오노머 시멘트군에서 인산 부식군(GI-PA-D, GI-PA-M)이 치면에 시멘트가 남아 있는 빈도가 가장 높았으며, 폴리아크릴산 처리군

(GI-PAA-M)과 1.23% APF 용액 처리군(GI-APF-M), 산 부식처리를 하지않은 군(GI-No-D, GI-No-M) 순이었다.

인산 부식한 화학중합형 레진실험군(O-PA-D)과 광중합형 레진 실험군(L-PA-D)은 광중합형 글래스아이오노머 시멘트군에서의 인산 부식군(GI-PA-D, GI-PA-M)과 비슷한 빈도를 보였다. 범랑질에 접착제가 전혀 남아있지않는 접착제 잔류 지수 0점의 빈

Table 6. Incidence of adhesive remnant index(ARI)

Groups	ARI				Total
	0	1	2	3	
GI-No-D	7(70)	3(30)	0	0	3
GI-No-M	6(60)	4(40)	0	0	4
GI-PA-D	0	6(60)	4(40)	0	14
GI-PA-M	0	7(70)	3(30)	0	13
GI-PAA-M	2(20)	8(80)	0	0	8
GI-APF-M	3(30)	5(50)	2(20)	0	9
O-PA-D	0	7(70)	3(30)	0	13
L-PA-D	0	7(70)	3(30)	0	13

() indicates the percentage of ARI
 score 0: No adhesive left on the tooth (Photo 1)
 score 1: Less than half of the adhesive left on the tooth (Photo 2)
 score 2: More than half of the adhesive left on the tooth (Photo 3)
 score 3: All adhesive left on the tooth, with distinct impression of the bracket base

도는 산부식 처리를 하지않은 군(GI-No-D, GI-No-M)이 가장 높았다.

IV. 총괄 및 고찰

임상에 적용할 수 있는 실험실에서의 교정용 접착제의 접착력의 최소치에 대해서는 아직 완전히 알려진 바 없으며 의견이 다양하고 또 많은 요소들에 영향을 받는다. 즉 사용한 접착제의 종류, 브라켓의 종류나 base의 형태, 법랑질의 형태, 브라켓의 위치, 교정장치에 적용되는 힘이 그것이다¹³⁾. Keizer 등¹⁷⁾은 생리적, 기계적 힘에 저항하기 위해서는 최소 2.84 MPa이 필요하다고 하였으며, Lopez¹⁹⁾, Reynolds³¹⁾는 5.88-7.85MPa이 임상에서 더 신뢰할 수 있는 강도라고 하였으며, 특히 Reynolds³¹⁾는 실험실에서 4.9MPa의 인장강도라면 충분히 임상에 적용할 수 있다고 하였다. 본 연구에서 나타난 최소 평균값은 8.23MPa이므로 임상에 적용할 수 있는 값이라 할 수 있다.

Cook과 Youngson⁸⁾, Murray와 Yates²⁵⁾, Klockowski 등¹⁸⁾은 화학중합형 글래스이오노머 시멘트의 결합강도는 치과교정용 레진접착제의 그것에 비하여

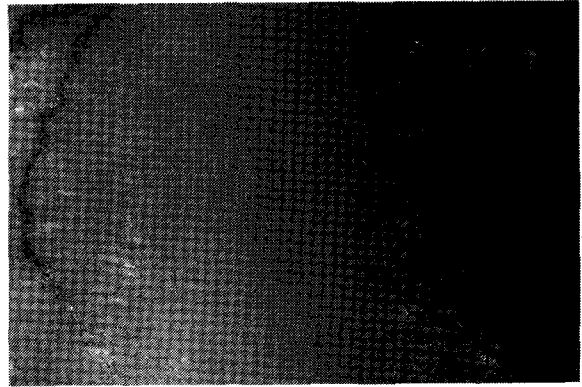


photo 1. Example of bond failure : ARI score 0. (× 20)

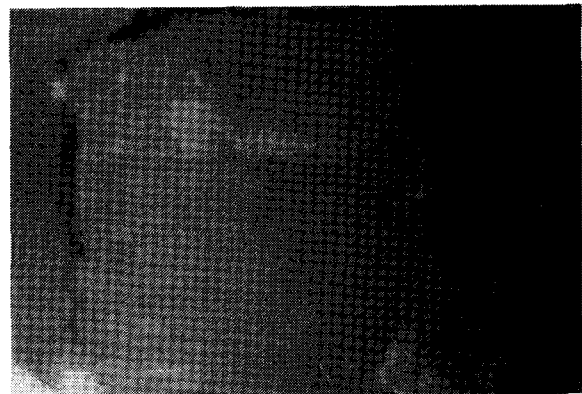


Photo 2. Example of bond failure : ARI score 1. (× 20)

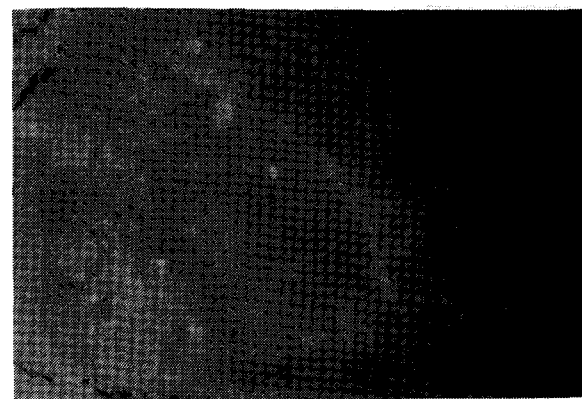


Photo 3. Example of bond failure : ARI score 2. (× 20)

낮다고 보고하였으며, Rezk-Lega와 Øgaard³²⁾는 표

면처리하지 않은 광중합형 글래스아이오노머 시멘트의 인장결합강도도 치과교정용 레진접착제의 그것보다 낮다고 보고하였다. McCaghren²¹⁾은 법랑질 표면을 인산용액으로 15초간 부식을 시행하고, 광중합형 글래스아이오노머 시멘트를 접착하여 24시간 후 12.6MPa의 전단결합강도를 보고하였으며, 반면에 McCourt²³⁾은 37% 인산으로 산처리했을 때의 광중합형 글래스아이오노머 시멘트의 전단결합강도는 광중합형 치과교정용 레진접착제를 이용하여 브라켓을 접착하여 24시간 후에는 광중합형 글래스아이오노머 시멘트의 전단결합강도가(11.58MPa) 광중합형 치과교정용 레진접착제의 그것(11.35MPa)과 비슷하다고 보고하였다. 본 연구에서는 37% 인산 용액으로 표면 처리한 후 건조상태에서 부착한 글래스아이오노머 시멘트의 전단결합강도(18.64MPa)는 같은 조건의 광중합형 레진(21.16MPa)이나 화학중합형 레진(15.58MPa)과 유의한 차이가 없었으며, 화학중합형 레진의 전단결합강도만이 광중합형 레진의 그것에 비해 유의하게($P<0.05$) 적게 나와 McCourt 등의 연구와 비슷한 결과를 보였다.

McLean과 Wilson³⁹⁾이 글래스아이오노머 시멘트와 치질 사이의 결합력을 개선시키기 위한 치질 표면처리를 표면 조건화(surface conditioning)라는 용어로 처음 사용한 이래로, 표면처리에 대한 연구가 계속되어 왔다. Smith³⁴⁾은 폴리아크릴산용액이 법랑질 표면에 crystal growth를 야기하여 재료의 기계적 결합을 증진시키게 된다고 하였으며, Powis²⁷⁾은 10% 폴리아크릴산용액은 수산기의 작용으로 인한 수소결합으로 법랑질 표면에 대한 습윤성을 높이고, 세척 효과를 나타내며, 법랑질 표면의 adhesion을 증진시킨다고 보고하였다. Hotz 등¹⁶⁾은 37%인산으로 처리한 경우보다 50%의 citric acid로 법랑질을 처리했을 때 결합 강도의 개선을 볼 수 있었다고 하였다. Aboush와 Jenkins¹⁾는 25% 폴리아크릴산(polyacrylic acid)용액으로 표면처리를 시행한 군과 비처리군 사이에 결합 강도의 차이가 없었다고 보고하였으며, Cook과 Youngson⁸⁾, Fajen¹⁰⁾은 퍼미스 처리군과 폴리아크릴산(polyacrylic acid)용액으로 표면처리를 시행한 군 사이에 결합 강도의 차이가 없었다고 보고하였다. 본 연구에서 10% 폴리아크릴산용액 처리군의 전단결합강도는 산부식하지 않은 퍼미스 처리군보다 높게 나와 Smith³⁴⁾, Powis²⁷⁾, 신과 이⁴⁶⁾의 연구결과와 일치하였다.

Beech³⁾는 1.23%APF용액이 법랑질 표면의 칼슘이

온의 고갈을 야기하지만 글래스아이오노머 시멘트의 결합강도에는 유의한 영향을 미치지 않았다고 하였으며, Fajen¹⁰⁾은 구강 위생이 매우 불량한 환자의 경우 1.23%APF용액이 현저히 치아 우식 활성을 저하시키므로 사용이 의의가 있겠지만 그 외의 경우에는 퍼미스만의 법랑질 표면처리로 충분하다고 하였다. 그러나 본 연구에서는 퍼미스만의 처리보다 유의하게 높은 전단결합강도를 보였다. 또한 37% 인산 용액, 10% 폴리아크릴산용액, 1.23% APF용액으로 법랑질을 처리한 각각의 실험군의 브라켓 전단결합강도 사이에 통계적 유의차는 없었다($P<0.05$).

Gorelik¹²⁾은 습기에 의한 오염이 부착 후 짧은 시간 내의 접착 실패의 가장 큰 원인이라고 하였으며 임상에서 이러한 것은 하악 구치부의 부착실패시 흔히 볼 수 있다고 하였다. 본 연구에 사용된 글래스아이오노머 시멘트의 powder는 Fluoroaluminosilicate glass, liquid는 polyacrylic acid, water, monomer, activator로 구성된 것으로 엄격한 습기의 조절이 오히려 결합강도에 부정적 영향을 미친다고 하였다^{33,37)}. 본 연구에서도 습기의 존재는 전단결합강도에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 그러나 습한 상태의 치면 조건화를 물에 적신 cotton roll로 치면을 닦는 것으로 하였기 때문에 임상적인 상황보다 더 많은 물이 치면에 남아 있었던 것으로 사료되며, 수분의 존재에 대한 정량적인 조건화가 이루어진 연구가 필요하리라 사료된다.

교정용 접착제의 적절한 접착강도에 대해 여러 가지 견해가 있지만¹⁰⁾ 글래스아이오노머 시멘트의 접합강도가 임상에 적절하다는 견해^{10,37)}를 본 실험 결과는 지지한다.

Brown⁶⁾은 이상적인 교정용 접착제는 debonding중에 치면에서 깨끗이 분리되어야 한다고 하였으나 그러한 법랑질-접착제 계면에서의 파절양상은 임상적으로 법랑질 균열 등을 동반할 가능성이 높기 때문에 브라켓-레진 계면에서의 파절이 법랑질 손상을 적게 준다고 Harris¹⁵⁾은 언급하였다. 글래스아이오노머 시멘트의 경우 브라켓에 93%의 시멘트가 잔류하여 법랑질보다는 metal에 강한 부착 경향을 보였으며 반대로 레진의 경우 법랑질 표면에 89%가 잔류하였다고 Cook과 Youngson⁸⁾은 보고하였다. Rezk-Lega와 Øgaard³²⁾ 또한 레진의 치면 잔류 비율이 85%, 퍼미스로 세마한 법랑질에 대한 광중합형 글래스아이오노머 시멘트의 치질에 남아 있는 비율은 20%라고 보고하였다. 인산 용액으로 법랑질 표면을 부식시킨 후

광중합형 글래스아이오노머 시멘트의 접착파절패턴을 보고한 McCaghren²¹⁾과 McCourt²³⁾, 그리고 폴리아크릴산용액으로 표면처리를 시행한 후 광중합형 글래스아이오노머 시멘트와 화학중합형 글래스아이오노머 시멘트의 접착 파절 패턴을 보고한 McCarthy 와 Hondrum²²⁾, Klockowski¹⁸⁾은 법랑질 표면처리후 파절면이 치면-시멘트 계면에서 시멘트 내와 시멘트-브라켓 계면으로 이동했다고 보고하였다. 그러나 글래스아이오노머 시멘트의 경우 레진에 비해 법랑질에서 훨씬 쉽게 제거되므로 임상적으로 문제가 되지 않는다고 하였다⁴¹⁾. 본 연구에서 37% 인산용액으로 표면처리를 시행한 법랑질에 대한 글래스아이오노머 시멘트는 광중합형 레진이나 화학중합형 레진과 거의 동일하게 치면에 남아 있었으며, 다른 군에 비해 치면에 남아 있는 빈도가 높았다. 그러나 퍼미스로 표면 세마를 한 실험군은 10% 폴리아크릴산용액이나, 1.23% APF용액으로 표면 조건화한 실험군에 비해 시멘트가 치면에 남아있는 빈도가 낮았다. 또한 동일한 조건에서 습기의 존재 유무는 접착제 잔류에 영향을 미치지 않았다.

V. 결 론

법랑질의 표면처리에 따른 광중합형 글래스아이오노머 시멘트의 전단결합강도를 알아보고자 발거된 사람 소구치 80개를 각각 10개씩 8개군으로 나눠 37% 인산, 10% 폴리아크릴산, 1.23% APF용액, 산부식처리를 하지않은 군으로 조건화시킨 후 글래스아이오노머 시멘트로 부착하고 전단결합강도와 파절양상을 측정하였으며, 그것을 광중합형과 화학중합형 레진과 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 37% 인산용액으로 부식한 후 건조상태에서 글래스아이오노머 시멘트, 광중합형 레진, 화학중합형 레진으로 각각 부착한 실험군에서 글래스아이오노머 시멘트 실험군의 전단결합강도는 두군과 유의한 차이가 없었으나 화학중합형 레진군의 그것은 광중합형 레진군에 비해 유의성있게 낮았다 (P<0.05).
2. 37% 인산 실험군, 10% 폴리아크릴산 실험군, 1.23% APF 실험군, 산처리 하지 않은 실험군의 습한상태에서 부착한 글래스아이오노머 시멘트의 전단결합강도에서 산 처리하지않은 실험군의 그것이 유의성있게 낮았으며, 그 외 군간에는 유의성 있는 차가 없었다 (P<0.05).

3. 글래스아이오노머 실험군에서 습기의 존재가 전단결합강도에 유의성 있는 영향을 미치지 않았다 (P<0.05).
4. 산부식처리를 하지않은 군의 접착제 잔류지수가 가장 낮았으며 37% 인산용액으로 처리한군의 접착제 잔류지수가 가장 높았다.

참 고 문 헌

1. Aboush EY, Jenkins CBG. The effect of polyacrylic acid cleanser on the adhesion of a glass polyalkenoate cement to enamel and detine. J Dent Res. 1987;15 : 147-152.
2. Artun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. Am J Orthod. 1984;85 : 333-340.
3. Beech D. Adhesion in the oral environment : biophysical and biochemical considerations. Int Dent J 1978;28 : 338-47.
4. Britton JC, McInnes P, Weinberg R, Ledoux WR, Retief DH. Shear bond strength of ceramic orthodontic brackets to enamel. Am J Orthod Dentofac Orthop 1990;98 : 348-53.
5. Brown CRL, Way DC. Enamel loss during orthodontic bonding and subsequent loss during removal of filled and unfilled adhesives. Am J Orthod 1978;74 : 663-71.
6. Brown D. Orthodontic material update. Br J Orthod 1988;15 : 277-279.
7. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surface. J Dent Res 1955;34 : 849-853.
8. Cook PA, Youngson CC. An in vitro study of the bonding strength of a glass ionomer cement in the direct bonding of orthodontic brackets. Brit J Orthod. 1988;15 : 247-253.
9. Diedrich P. Enamel alterations from bracket bonding and debonding: a study with the scanning electron microscope. Am J Orthod 1981;79 : 500-22.
10. Fajen VB, Duncanson MG, Nanda RS, Currier F, Angolkar PV. An in vitro evaluation of bond strength of three glass ionomer cements. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1990;97 : 316-322.
11. Fitzpatrick DA, Way DC. The effect of wear, acid etching and bond removal on human enamel. Am J Orthod 1977;72:671-81.
12. Gorelik L. Bonding / State of the art: a national survey J Clinic Orthod. 1979;13:39
13. Greenlaw R, Way DC, Galil KA. An in vitro evaluation of a visible light-cured resin as an alternative to con-

- ventional resin bonding systems. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1989;96 : 214-220.
14. Gwinnett AJ, Matsui A. A study of enamel adhesives: the physical relation between enamel and adhesive. *Arch Oral Biol* 1967;12:1615-20.
 15. Harris AMP, Joseph VP, Rossouw PE. : Shear peel bond strengths of esthetic orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1992;102 : 215-219.
 16. Hotz P, McLean JW, Sced I, and Wilson AD. The bonding of glass ionomer cement to metal and tooth substrates. *Brit dent J* 1977;142 : 41-47.
 17. Keizer S, Ten Cate JM, Arends J. Direct bonding of orthodontic brackets. *Am J Orthod* 1976;69 : 318-27
 18. Klockowski R, Davis EL, Joynt RB, Wieczkowski G, McDonald A. Bond strength and durability of glass ionomer cements used as bonding agents in the placement of orthodontic brackets. *Am J Orthod.* 1989;96 : 60-64.
 19. Lopez JL. Retentive shear strengths of various bonding attachment bases. *Am J Orthod* 1980;77 : 669-78.
 20. MacDonald A, Swartz ML, Phillips RW. : An in vitro study of certain properties of a glass ionomer cement. *J Am Dent Assoc* 1978;96 : 785-791.
 21. McCaghren RA, Retief DH, Bradley EL, Denys FR. Shear bond strength of light-cured glass ionomer to enamel and dentin. *J Dent Res.* 1990;96 : 40-45.
 22. McCarthy MF, Hondrum SO. Mechanical and bond strength properties of light-cured and chemically cured glass ionomer cements. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1994;105 : 135-141.
 23. McCourt JM, Cooley RL, Barnwell S. Bond strength of light-cure fluoride releasing base-liners as orthodontic bracket adhesive. arch circumference difference. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1991;100 : 47-52.
 24. Mitra SB. Adhesion to dentin and physical properties of a light-cured glass-ionomer liner/base. *J Dent Res* 1991;70 : 72-74.
 25. Murray GA, Yates JL. A comparison of the bonding strengths of composite resin and glass ionomer cement. *J Pedod.* 1984;8 : 172-177.
 26. Newman GV. Epoxy adhesives for orthodontic attachments: progress report. *Am J Orthod* 1965;51 : 901-2.
 27. Powis DR, Folleras T, Merson SA, Wilson AD. Improved adhesion of a glass ionomer cement to dentin and enamel. *J Dent Res.* 1982;61 : 1416-1422.
 28. Read MJF. The bonding of orthodontic attachments using a visible light-cured adhesive. *Br J Orthod.* 1984; 11 : 16-20.
 29. Retief DH, Dreyer CJ, Gavron G. The direct bonding of orthodontic attachments to teeth by means of an epoxy resin adhesive. *Am J Orthod* 1970;58 : 21-40.
 30. Retief DH, Sadowski PL. Clinical experience with the acid-etch technique in orthodontics. *Am J Orthod.* 1975; 79 : 645-665.
 31. Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. *Brit J Orthod.* 1975;2 : 171-178.
 32. Rezk-Lega F, Øgaard B. Tensile bond force of glass ionomer cements in direct bonding of orthodontic brackets : an in vitro comparative study. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1991;100 : 357-361.
 33. Silverman E, Cohen M, Demke RS, Silverman M. A new light-cured glass ionomer cement that bonds brackets to teeth without etching in the presence of saliva. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1995;108 : 231-6.
 34. Smith DC, Cartz L. Crystalline interface formed by polyacrylic acid and tooth enamel. *J Dent Res.* 1973; 52:1155.
 35. Sonis AL, Snell W. An evaluation of a fluoride-releasing, visible light-activated bonding system for orthodontic bracket placement. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1989;95 : 306-11.
 36. Swartz ML, Phillips RW, Clark HE. Long-term fluoride release from glass ionomer cement. *J Dent Res.* 1984;63 : 158-160.
 37. White LW. Glass ionomer cement. *J Clin Orthod* 1986;20: 387-391.
 38. Wilson AD, Kent BE. A translucent cement for dentistry. *Brit dent J* 1972;132: 133-135.
 39. Wilson AD, McLean JW. *Glass-Ionomer Cement*, Quintessence Publishing Co. Inc. 1988.
 40. Wilson AD. Development of glass-ionomer cements. *Int J prosthodont.* 1989;2 : 438-446.
 41. Wiltshire WA. Shear bond strengths of a glass ionomer for direct bonding in orthodontics. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1994;106 : 127-30.
 42. Zachrisson BU, Årtun J. Enamel surface appearance after various debonding techniques. *Am J Orthod* 1979;75:121-37.
 43. Zachrisson BU. Cause and prevention of injuries to teeth and supporting structures during orthodontic treatment. *Am J Orthod* 1976;69 : 285-300.
 44. Ødeggard J, Segner D. The use of visible light-curing composites in bonding ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1990;97 : 188-193.
 45. Øgaard B, Rolla G, Arends J. Orthodontic appliances and enamel demineralization. Part I. Lesion development. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1988;94 : 68-73.
 46. 신강섭, 이기수. 범랑질의 표면처리가 광중합형 및 화학중합형 클래스아이오노머 시멘트의 전단결합강도에 미치는 영향. *대치교정지* 1995;25 : 223-233.

- ABSTRACT -

A STUDY ON THE SHEAR BOND STRENGTH OF LIGHT-CURED GLASS IONOMER CEMENT

Hyun-Yang Kim, KI-Chul Tae,
Yoon-Ah Kook, Sang-Cheol Kim

Department of Orthodontics, School of Dentistry, Wonkwang University

The purpose of this study was to evaluate the shear bond strength of light cured glass ionomer cement to enamel surface which treated with 37% phosphoric acid, 10% polyacrylic acid, 1.23% acidulated phosphate fluoride gel and no etching agent. To compare the shear bond strength of glass ionomer cement, light-cured composite resin and chemically-cured composite resin were employed as controls. Eight experiments groups were composed. 10 specimens of each group were bonded by metal bracket by tested in universal testing machine for shear bond strength, in stereoscope for adhesive remnants index. The data were evaluated statistically by SPSS/PC+. The results were as follows.

1. Among the groups of 37% phosphoric acid treated and dry and bonded with light cured glass ionomer, light cured composite resin, and chemically cured composite resin, the shear bond strength of glass ionomer group showed no significant difference to the others, but the shear bond strength of chemically cured resin showed statistically lower than that of light cured resin ($p < 0.05$).
2. The shear bond strengths of glass ionomer cement to enamel treated group with 1.23% acidulated phosphate fluoride gel and 10% polyacrylic acid and 37% phosphoric acid showed statistically higher than that of no etched enamel group ($p < 0.05$).
3. In the groups of glass ionomer cement, the presence of moisture was not significantly effect to the shear bond strength ($p < 0.05$).
4. After debonding, no etched enamel group showed less residual materials on the enamel surface than the group of enamel etched with 37% phosphoric acid.

KOREA. J. ORTHOD. 1998 ; 28 : 1-15

※ **Key words** : glass ionomer cement, shear bond strength, adhesive remnants index