

글라스 아이오노머 시멘트의 인장접착강도

변 승 민¹⁾ · 권 오 원²⁾

브라켓 접착제로서 현재까지 널리 사용되어 온 복합레진의 단점들을 보완하기 위해 최근 교정영역에서도 글라스 아이오노머 시멘트의 사용에 관심이 집중되고 있다.

이에 본 연구는 글라스 아이오노머 시멘트를 교정용 브라켓 접착제로 사용시 그 접착강도를 측정해 봄으로써 글라스 아이오노머 시멘트의 임상적 효용성을 알아보기 위하여 시행하였다. 교정 치료를 위해 발거한 소구치에 자가중합형 글라스 아이오노머 시멘트인 Shofu GlasIonomer Cement(Shofu Co., U.S.A.)와 GC Fuji I(GC Co., Japan), KETAC-CEM(ESPE Co., West Germany)을 분말-액 비율을 달리하여 소구치용 표준형 에지와이즈 브라켓을 접착한 후 15분간 실온에 방치하였다가 증류수에 침적하여 37 °C 항온조에 보관하였다. 보관한 후 24시간 및 3개월 후에 만능시험기로 인장접착강도를 측정하고 브라켓의 탈락 양상을 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 분말-액 비율을 1로하고 24시간 침적한 경우를 제외하고는 KETAC-CEM이 가장 높은 인장접착강도를 나타내어($p < 0.05$) 브라켓 접착시 임상적 유용성이 있으리라 생각되며, Shofu GlasIonomer Cement와 GC Fuji I은 접착강도가 매우 낮았다.
2. 분말-액 비율을 증가시킬때 인장접착강도는 대체로 증가되는 경향을 보였다.
3. 침적시간이 경과할수록 인장접착강도는 대체로 증가되는 경향을 보였다.
4. 브라켓의 탈락 양상은 법랑질과 접착제의 경계부에서 탈락하여 치질에 잔존하는 접착제가 거의 없는 경우가 가장 높은 비율(54.2%)을 차지하였고, 그 다음은 브라켓과 법랑질에 부분적으로 붙어서 탈락한 경우(36.7%)였으며, 접착제와 브라켓 경계부에서 탈락한 것(9.1%)이 가장 적었다.

(주요단어 : 글라스 아이오노머 시멘트, 인장접착강도)

I. 서 론

교정용 브라켓 부착시 밴드를 이용하지 않고 브라켓을 직접 치아에 부착시키는 직접접착술식이 개발된 이래, 복합레진을 이용한 접착술식이 현재까지 널리 이용되고 있다. 브라켓 접착제로는 주로 아크릴릭 레진(methylmethacrylate)과 다이아크릴릭레진(Bis-GMA)계의 복합레진을 사용하며, 통상의 자가중합레진 뿐 아니라 근래에는 광중합레진도 사용하고 있다.

그러나 복합레진 사용시 임상적으로 나타나는 문제점 중의 하나는 브라켓 주위 법랑질의 탈회현상이다¹⁾. 또한 산부식으로 인한 법랑질의 소실이 나타날 수 있고, 브라켓 제거 후 치면에 잔존하는 접착제를 제거하는 과정에서 치질의 손상 가능성이 있으며, 잔존 접착제는 또한 치태 침착의 원인이 될 수 있다²⁻⁵⁾. 이러한 단점들을 보완하기 위해 최근 교정영역에서도 글라스 아이오노머 시멘트의 사용에 많은 관심이 집중되고 있다.

1972년 영국의 Wilson과 Kent⁶⁾에 의하여 개발된 글라스 아이오노머 시멘트는 불소를 유리하여 인접 치질의 탈회를 방지하며⁷⁻⁹⁾, 법랑질, 상아질, 백악질은

¹⁾ 경북대학교 치과대학 치과교정학교실, 전공의

²⁾ 경북대학교 치과대학 치과교정학교실, 교수

물론 금속에까지 화학적결합을 이루며¹⁰⁾, 산부식 등의 전처리 과정을 필요로 하지 않고^{11,12)}, 복합레진보다 제거가 용이한 장점이 있다¹³⁻¹⁶⁾. 따라서 교정영역에서도 최근 브라켓 접착제로서 글라스 아이오노머 시멘트의 사용이 증가하고 있으나, 접착강도 면에서 복합레진보다 매우 낮은 강도를 나타낸다는 선행들^{14,15,17-21)}의 보고가 많다. 이에 저자는 비교적 근래에 개발되어 국내에서 많이 시판되고 있는 수종의 자가 중합형 글라스 아이오노머 시멘트를 브라켓 접착제로 사용시 인장접착강도를 24시간 후와 3개월 후에 측정 비교하고, 서로 다른 분말-액 비율이 인장접착강도에 미치는 영향을 비교하여 봄으로써 교정용 브라켓 접착제로서 글라스 아이오노머 시멘트의 임상적 효용성을 알아보려고 본 연구를 시행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 연구재료 및 시편제작

1) 연구재료

교정 치료를 위해 발거한 소구치 중에서 우식증에 이환되지 않은 건전한 120개의 치아를 연구재료로 선택하였다. 소구치는 발거한 직후 흐르는 물에 깨끗이 씻어 혈액 및 이물질 등을 제거하고 즉시 생리식염수에 침적하여 실험을 실시할 때까지 보관하였다. 연구에 사용한 접착제는 비교적 근래에 개발되어 국내에서 많이 시판되고 있는 자가중합형 글라스 아이오노머 시멘트 중 Shofu GlasIonomer Cement, Type I(Shofu Co., U.S.A.), GC Fuji I(GC Co., Japan),

KETAC-CEM(ESPE Co., West Germany) 3종류를 사용하였고, 브라켓은 소구치용 표준형 에지와이즈 브라켓(MicroLoc 142-45, Tomy International Inc., Japan)을 사용하였다.

2) 시편제작

먼저 소구치의 협측 치관을 불소를 함유하지 않은 pumice와 rubber cup을 이용하여 연마한 후 물로 깨끗이 씻고 거즈로 표면을 닦아 건조시켰다. 준비된 120개의 시편을 무작위로 10개씩 12개 군으로 Table 1과 같이 분류하고 각각 해당하는 글라스 아이오노머 시멘트를 혼합 후 소구치 협측 중앙부에 브라켓을 위치시킨 다음 시멘트의 두께를 최소화하기 위해 압력을 가하면서 접착하였다. 시멘트가 완전히 경화하기 전에 브라켓 인접의 과잉 시멘트는 조심스럽게 제거하고 15분간 실온에 방치한 후 증류수에 침적하여 37 °C 항온조에 보관하였다. 실험군 중 A1, A2, B1, B2, C1, C2군은 24시간 후 접착강도를 측정하였으며 A3, A4, B3, B4, C3, C4군은 3개월 후 접착강도를 측정하였다.

2. 연구방법

1) 인장접착강도의 측정

각 시편을 만능시험기(4202, Instron Co., U.S.A.)에 위치시키고, 1 mm/min의 cross head speed하에서 브라켓이 탈락되는 순간의 최고 하중(kg.f)을 측정한 후, 이 측정치를 브라켓 기저면의 단면적으로 나누어 MPa단위로 환산하여 인장접착강도로 하였다.

2) 브라켓 탈락 양상의 관찰

브라켓 탈락 후 치질에 잔존하는 접착제의 양을 평가하기 위하여 Artun과 Bergland⁴⁰⁾가 보고한 Adhesive Remnant Index (ARI) System을 이용하였다. 아래와 같이 4종류로 분류하여 점수를 부여하였다.

Score 0 = 치질에 잔존하는 접착제가 없을때

1 = 치질에 잔존하는 접착제가 1/2 이하일때

2 = 치질에 잔존하는 접착제가 1/2 이상일때

3 = 모든 접착제가 치질에 잔존하여 브라켓 기저면의 형태를 확인 가능할때

그리고 각 점수가 차지하는 비율을 %로 나타내었다.

Table 1. Classification of experimental groups

Group	Adhesive	Subgroup	P/L ratio	Storage time
A	Shofu	1	1	24hours
	GlasIonomer	2	1.5	24hours
	Cement, Type I	3	1	3months
		4	1.5	3months
B	GC Fuji I	1	1	24hours
		2	1.5	24hours
		3	1	3months
		4	1.5	3months
C	KETAC-CEM	1	1	24hours
		2	1.5	24hours
		3	1	3months
		4	1.5	3months

* P/L ratio : power liquid ratio.

3) 통계 처리

각 실험군의 인장접착강도의 평균 및 표준편차를 산출하고, 분말-액 비율의 변화 및 침적시간의 변화가 인장접착강도에 미치는 영향을 평가하기 위하여 t-test, 3가지 글라스 아이오노머 시멘트 제품간의 비교 검정을 위해서 일원변량분석법(one-way ANOVA) 과 Duncan's multiple range test를 시행하였다.

III. 성 적

1. 인장접착강도

각 군의 인장접착강도의 평균 및 표준편차를 Table 2와 Fig. 1에 제시하였다. 제조회사 지시의 분말-액 비율대로 혼합하여 접착시 24시간 후에 측정된 인장 접착강도는 세 종류(A1-B1-C1) 간에 유의한 차이가 없었으나, 3개월 후에 측정된 인장접착강도는 KE-TAC-CEM이 2.57MPa로 가장 높았고 다음은 GC Fuji I으로 1.78MPa이었으며 Shofu GlasIonomer Cement는 0.61MPa로 가장 낮았다(p<0.05) (Table 2, 3). 그리고 제조회사 지시의 1.5배 분말-액 비율로 혼합하여 접착한 경우에는 KETAC-CEM이 24시간 후와 3개월 후에 각각 3.22MPa, 3.81MPa로 가장 높은 인장접착강도를 나타내었다(P<0.05)(Table 2, 3).

분말-액 비율의 차이에 따른 인장접착강도의 변화는 Shofu GlasIonomer Cement (A1-A2, A3-A4)와 KETAC-CEM(C1-C2)에서 유의한 차이가 나타났다(p<0.05)(Table 4).

브라켓 접착 후 침적시간에 따른 인장접착강도의 변화는 GC Fuji I(B1-B3)과 KETAC-CEM(C1-C3)

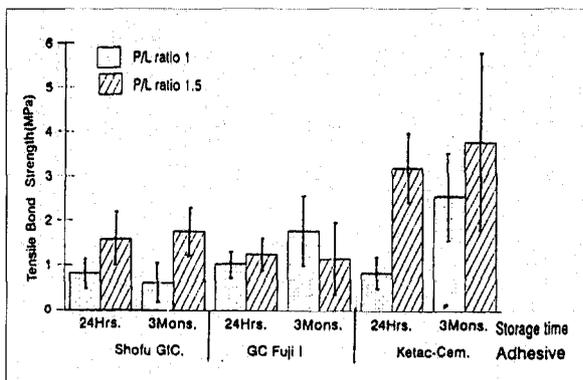


Fig.1. Bar diagram of the tensile bond strength. Vertical lines denote standard deviations.

에서 유의한 차이가 나타났다(p<0.05)(Table 4).

2. 브라켓 탈락 양상

탈락된 브라켓의 접착 파절 양상을 관찰한 결과를 Table 5에 제시하였다. 법랑질과 접착제 경계부에서 탈락하여 치질에 잔존하는 접착제가 없는 score 0의 경우가 54.2%로 가장 많았고, 접착제가 법랑질과 브라켓 면에 부분적으로 붙어서 탈락한 score 1, 2의 경우가 36.7%, 그리고 접착제와 브라켓 경계부에서 탈락이 일어나 접착제가 치질에 잔존하는 score 3의 경우는 9.1%를 차지하였다.

Table 2. Tensile bond strength (unit: MPa)

Group	Mean	S.D
A1	0.82	0.33
B1	1.04	0.28
C1	0.85	0.35
A2	1.58	0.59
B2	1.26	0.33
C2	3.22	0.77
A3	0.61	0.45
B3	1.78	0.77
C3	2.57	0.97
A4	1.76	0.52
B4	1.16	0.79
C4	3.81	1.99

Table 3. Analysis of variance between each group using Duncan's multiple range test

A1 C1 B1			A3 B3 C3		
A1			A3		
C1	NS		B3	*	
B1	NS	NS	C3	*	*
B2 A2 C2			B4 A4 C4		
B2			B4		
A2	NS		A4	NS	
C2	*	*	C4	*	*

NS ; Not significantly different.

* ; Significantly different, p<0.05

Table 4. Comparison of the tensile bond strength according to the P/L ratio and storage time

	Group	Significance
P/L ratio difference	A1/A2	*
	B1/B2	NS
	C1/C2	*
	A3/A4	*
	B3/B4	NS
	C3/C4	NS
Storage time difference	A1/A3	NS
	B1/B3	*
	C1/C3	*
	A2/A4	NS
	B2/B4	NS
	C2/C4	NS

NS : Not significantly different.

* : Significantly different, $p < 0.05$

Table 5. Distribution of adhesive remnant index (ARI)

Group	0	1	2	3	total No.
A1	10	0	0	0	10
A2	4	5	0	1	10
A3	10	0	0	0	10
A4	8	2	0	0	10
B1	9	0	1	0	10
B2	9	1	0	0	10
B3	1	4	2	3	10
B4	6	3	1	0	10
C1	4	4	0	2	10
C2	3	5	1	1	10
C3	0	5	2	3	10
C4	1	7	1	1	10
Total	65(54.2%)	36(30%)	8(6.7%)	11(9.1%)	120(100%)

IV. 고찰

교정치료에 있어서 그 술식은 나날이 발전하고 있으며 기능적인 목적은 물론 심미적인 목적으로 치료를 받는 환자가 증가하고 있는 추세이다. 그러나 장시간의 교정치료 후 예기치 않은 법랑질 탈회현상이나 법랑질 소실 및 균열 등의 부작용이 야기될 수도 있다. 따라서 최근에는 산부식을 선행해야 하는 복합레진 대신 글라스 아이오노머 시멘트를 브라켓 접착제

로 이용하는 연구가 계속되고 있다. 글라스 아이오노머 시멘트는 불소유리, 탈회방지, 법랑질 소실 방지 및 제거가 용이하다는 등의 장점들을 가진다.

글라스 아이오노머 시멘트를 브라켓의 접착에 이용시 그 접착강도를 측정 한 본 실험에서, 제조회사 지시의 분말-액 비율로 혼합하고 24시간 후 측정하였을 때를 제외하고는 KETAC-CEM이 가장 높은 인장 접착강도를 나타내었다($p < 0.05$). GC Fuji I과 Shofu GlasIonomer Cement는 1세대 글라스 아이오노머 시멘트로서 액의 점도가 높아 정확한 정량에 어려운 면이 있으며 경화시간이 길고 용해성이 높은 편이다. 이에 반해 KETAC-CEM은 수경화종류(water hardening type)인 2세대 글라스 아이오노머 시멘트로서, 액이 증류수이므로 점도가 낮아서 정확한 정량이 가능하고 브라켓면과 치질 사이의 접착제의 두께가 상대적으로 얇아서 접착력이 더 크게 나타났다고 생각된다.

분말-액 비율이 인장접착강도에 미치는 영향을 비교시, 제조회사 지시의 1배 비율보다는 1.5배의 분말-액 비율로 혼합하였을 때 그 접착강도가 대부분 증가되었는데 이는 White¹³⁾, Cook¹⁵⁾, Hamula 등¹⁶⁾의 연구결과와 일치하였다. 즉, 브라켓 접착시 가능한 분말의 양을 증가시킴으로써 접착강도를 증가시킬 수 있을 뿐 아니라 브라켓이 중력에 의해 미끄러지는 것을 방지함으로써 정확한 위치에 브라켓을 접착시킬 수 있으리라 생각된다.

교정치료는 장기간을 요하는 치료이므로 접착 후 경과한 시간에 따른 인장접착강도의 변화를 비교시, 대부분이 3개월 후의 강도가 24시간 후의 접착강도보다 크게 나타나는 경향이 있었다. Pilips와 Bishop²²⁾, Tavass와 Salem¹²⁾은 글라스 아이오노머 시멘트의 경화 반응에 있어서 모든 금속이온과 카복실기가 한꺼번에 반응하여 일시에 염을 형성하는 것이 아니라고 보고하였다. 그러므로 경화는 되지만 충분한 강도를 나타내지는 못하며 24시간 혹은 수일 후까지 반응이 계속되면서 경도와 투명도의 증가가 지속되며, 화학적인 의미에서의 경화반응의 종료에는 수개월이 소요된다고 하였다. 즉 24시간 후와 3개월 후에는 접착제의 중합이 완성되는 정도에 차이가 있음으로 해서 본 연구와 같은 결과가 나왔으리라 생각된다.

통상의 복합레진의 접착강도를 측정 한 다른 선행들의 연구결과와 본 연구의 결과를 비교해 보면 Fajen 등¹⁸⁾은 Concise가 접착 후 24시간 후에 11.27 MPa인데 반해 Ketac-Cem은 3.91MPa이었다고 보고

하였고 본 연구에서는 KETAC-CEM이 3.22 MPa로 복합레진에 비해 매우 낮은 강도를 나타내었다. Klockowski 등¹⁴⁾, McCourt 등¹⁹⁾, Lega와 Ogaard²⁰⁾도 글라스 아이오노머 시멘트는 복합레진에 비해 매우 낮은 접착강도를 가지므로 임상에서 사용시 그 예후가 의심스럽다고 하였으나, White¹³⁾, Cook¹⁵⁾, Compton 등²⁵⁾, McCarthy와 Hondrum²⁴⁾, Fricker²³⁾는 비록 글라스 아이오노머 시멘트가 복합레진보다 접착강도가 낮지만 임상에서 사용하는데 큰 문제는 없다고 보고한 바 있다.

어느 정도의 접착강도가 교정용 브라켓 접착에 적당한가를 정의내리는 데에는 많은 논란이 있다. 구강 내에는 인장력, 전단력, 그리고 비틀리는 힘 등 매우 복합적으로 힘이 작용하고 있으므로 어느 한 가지만 정확하게 측정할 수 있는 방법이 없을 뿐 아니라 성별, 연령, 안모형태, 교합상태 등에 따라 교합력이 매우 다양하다. 그리고 교정 장치의 종류 등에 따라 교정력도 매우 다양하므로 교합력과 교정력을 모두 견딜 수 있는 최소의 접착강도를 정의하는 선학들의 연구 결과도 다양하다. Garner와 Kotwal²⁷⁾, Proffit 등²⁸⁾과 Proffit 등²⁹⁾은 전치부의 평균 교합력은 13.9-17.6 kg이고 구치부의 최고 교합력은 정상 성인에서 35.6kg, 정상 어린이에서 15.5kg이며 저작력은 정상 성인은 16.2kg, 정상 어린이는 9.4kg이라 하였고 교정력은 치아당 1파운드를 넘지 않는다고 하였다. Newman²⁶⁾은 브라켓에 가해지는 전단강도는 약 9kg/cm²이고 임상에서 교정장치에 가해질 수 있는 최고치는 약 29kg/cm²로 그 정도의 접착강도라면 교정력과 생리적인 교합력을 견딜 수 있다고 하였다. 이에 기준하여 본다면 본 실험에서 최고의 접착강도를 나타낸 KETAC-CEM은 3.81MPa (39kg/cm²)로 임상적 유용성이 있을 것으로 생각되지만, Shofu GlasIonomer Cement와 GC Fuji I은 교정용으로 사용하기에 그 강도가 너무 낮다고 볼 수 있다. 반면 Reynolds³⁰⁾는 60-80kg/cm²가 임상에서 요구되는 접착강도로 적절하며 in vitro에서 50kg/cm² 정도의 접착강도이면 성공적으로 이용할 수 있다고 하였고, McCarthy와 Hondrum²⁴⁾은 7MPa 정도의 접착강도가 적절하다고 하였는데, 이에 기준하여 본다면 본 연구에서 사용한 글라스 아이오노머 시멘트는 강도가 모두 낮아서 임상적으로 그 유용성이 의심스럽다.

인장접착강도 측정 후 브라켓의 탈락 양상을 관찰한 결과 선학들이 연구한 복합레진의 접착 파절 양상과는 다른 양상을 나타내었다.

본 연구에서는 Cook과 Youngson¹⁷⁾, Wiltshire²¹⁾의 연구와 유사하게 글라스 아이오노머 시멘트로 접착시 법랑질과 접착제 경계부의 탈락이 많아서, 브라켓에 잔존하는 시멘트의 양은 많고 치질에 잔존하는 시멘트의 양은 매우 적었다. 이는 Cook과 Youngson¹⁷⁾이 복합레진으로 브라켓을 접착시 접착제와 브라켓 경계부의 탈락이 많아, 평균 89%의 접착제가 치질에 잔존하였다는 보고와는 매우 대조적인 결과이다. 즉 복합레진은 산부식 후 생기는 미세 요철내로 레진이 침투하는 기계적 결합으로, 접착강도는 강하지만 장치제거 후 법랑질에 잔존하는 레진의 양이 많은데 반해, 글라스 아이오노머 시멘트는 치질과 기계적 결합 대신 화학적 결합을 하여 법랑질 표면보다는 브라켓 기저부에 더 접착력이 강하며, 이것이 복합레진에 비해 낮은 접착강도를 나타내는 것과 관계가 있으리라 생각되며, 장치제거 후 치질에 남은 시멘트의 양이 적음으로 인해 치면 연마과정에서 법랑질의 손상을 훨씬 줄일 수 있는 장점이 있을 것이라 생각된다.

본 연구에서 나타난 표준편차는 꽤 큰데 먼저 분말-액의 정량 오차 즉, 분말-액의 비율이 균일하지 못한 것이 한 원인이 되었으리라 생각한다. 균일한 점도의 혼합물을 얻기 위해서 좀 더 정확성을 요하는 것은 분말보다는 액의 정량으로 제조회사의 지시를 준수하고 오차를 줄이기 위해 동일인이 액을 떨어뜨리더라도 그 양이 항상 정확하였다고 보기는 어렵다. 보다 정확한 정량을 위해 눈금이 있는 syringe를 이용한다면 오차를 좀 더 줄일 수 있으리라 생각된다. 그리고 또 다른 원인으로는 각 치아 법랑질 표면의 차이인데 소구치의 협면 형태는 치아마다 변이가 크므로 접착제의 두께가 균일하지 않아서 치질과 브라켓 사이에 긴밀한 관계를 이루지 못하는 경우가 많았다. 그 외에 접착 과정 중에서 포함된 기포의 양, 브라켓 부착시 가하는 압력의 차이, 측정기구 조작 과정에 생기는 오차 등이 있을 수 있는데 시편의 수를 더욱 많이 한다면 좀 더 정확한 결과가 나오리라 생각된다.

만약 브라켓 접착에 사용할 접착제를 선택하는 데 있어서 높은 접착강도가 최고의 관건이라면 복합레진을 계속 이용하는 것이 좋겠으나 접착강도가 필요 이상으로 클 필요는 없으며 법랑질의 탈회 현상도 더 이상 간과할 문제가 아니다. 적절한 브라켓 접착제는 치료 기간동안 계속 부착되어 있을 수 있는 접착강도를 가지면서, 장치제거시 치질에 손상을 주지 않고 쉽게 제거할 수 있어야 한다. 글라스 아이오노머 시멘트는 비록 낮은 접착강도를 나타내지만 특별한 전처치

가 필요하지 않고 조작 및 제거가 용이하며 탈회 현상을 감소시킬 수 있는 장점이 있다. 그러므로 구강청정상태가 불량하고 우식빈도가 높은 환자의 경우 또는 법랑질형성부전 등의 이유로 산부식의 효과가 잘 나타나지 않는 경우에 교정용 브라켓 접착제로 글라스 아이오노머 시멘트를 사용하는 것이 좋은 적응증이 되리라 생각하며 특히 교합압이 상대적으로 낮고 탈회현상으로 백색반점의 발현율이 높은 상악 전치부의 경우에 글라스 아이오노머 시멘트를 사용하는 것이 좋으리라 생각된다.

그리고 향후 실험을 통한 접착강도의 측정 뿐 아니라 환자구강내에서의 탈락율을 측정, 비교하는 것이 의미가 있으리라 생각되며, 더 큰 접착강도를 가지는 글라스 아이오노머 시멘트의 개발이 필요하리라 생각된다.

V. 결 론

글라스 아이오노머 시멘트를 교정용 브라켓 접착제로 사용시 그 접착강도를 측정해 봄으로써 글라스 아이오노머 시멘트의 임상적 효용성을 알아보기 위하여 본 연구를 시행하였다. 교정 치료를 위해 발거한 소구치에 자가중합형 글라스 아이오노머 시멘트인 Shofu GlasIonomer Cement (Shofu Co., U.S.A.)와 GC Fuji I(GC Co., Japan), KETAC-CEM(ESPE Co., West Germany)을 분말-액 비율을 달리하여 소구치용 표준형 에지와이즈 브라켓을 접착한 후 15분간 실온에 방치하였다가 증류수에 침적하여 37°C 항온조에 보관하였다. 보관한 후 24시간 및 3개월 후에 만능시험기로 인장접착강도를 측정하고 브라켓의 탈락 양상을 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 분말-액 비율을 1로하고 24시간 침적한 경우를 제외하고는 KETAC-CEM이 가장높은 인장접착강도를 나타내어(p<0.05) 브라켓 접착시 임상적 유용성이 있으리라 생각되며, Shofu GlasIonomer Cement와 GC Fuji I은 접착강도가 매우 낮았다.
2. 분말-액 비율을 증가시킬때 인장접착강도는 대체로 증가되는 경향을 보였다.
3. 침적시간이 경과할수록 인장접착강도는 대체로 증가되는 경향을 보였다.
4. 브라켓의 탈락 양상은 법랑질과 접착제의 경계부에서 탈락하여 치질에 잔존하는 접착제가 거의 없는 경우가 가장 높은 비율(54.2%)을 차지하였고,

그 다음은 브라켓과 법랑질에 부분적으로 붙어서 탈락한 경우(36.7%)였으며, 접착제와 브라켓 경계부에서 탈락한 것(9.1%)이 가장 적었다.

참 고 문 헌

1. Gorelick, L., Geiger, A.M. and Gwinnet, A.J.: Incidence of white spot formation after banding and bonding, *Am. J. Orthod.*, 81:93-98, 1982
2. Fitzpatrick, D.A. and Way, D.C.: The effect of wear, acid etching, and bond removal on human enamel, *Am. J. Orthod.*, 72:671-681, 1977
3. Zachrisson, B.U. and Arthun, J.: Enamel surface appearance after various debonding technique, *Am. J. Orthod.*, 75:121-137, 1979
4. Zachrisson, B.U., Skogan, O. and Hyomyhr, S.: Enamel cracks in debonded, debanded, and orthodontically untreated teeth, *Am.J. Orthod.*, 77:307-319, 1980
5. Diedrich, P.: Enamel alterations from bracket bonding and debonding : A study with the scanning electron microscope, *Am. J. Orthod.*,79:500-522, 1982
6. Wilson, A.D. and Kent, B.E.: A new traslucent cement for dentistry : The glass ionomer cement, *Brit. Dent. J.*, 132: 133-135, 1972
7. Swartz, M.L. Phillips, R.W., Clark, H.E., Norman, R.D. and Potter, R. : Fluoride distribution in teeth using a silicate model, *J.Dent.Res.*, 59:1596- 1603, 1980
8. Swartz, M.L., Phillips, R.W. and Clark, H.E.: Long term F release from glass ionomer cements, *J. Dent. Res.*, 63: 158-160, 1984
9. Fox, N.A.: Fluoride release from orthodontic bonding materials: An in vitro study, *Brit. J. Orthod.*, 17:293-298, 1990
10. Wilson, A.D., Crisp, S., Lewis, B.G. and McLean, J.W.: Experimental luting agents based on the glass ionomer cements, *Brit.Dent.J.*, 142: 117-122, 1977
11. 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
12. Tavass, M.A. and Salem, N.: Glass ionomers for direct bonding : An in vitro assessment, *Brit.J.Orthod.*, 17:223-228, 1990
13. White, L.W.: Glass ionomer cement, *J.Clin. Orthod.*, 20: 387-391, 1986
14. Klockowski, R. Davis, E.L., Joynt, R.B., Wiczowski, G. and McDonald, A.: Bond strength and durability of glass ionomer cements used as bonding agents in the placement of orthodontic brackets, *Am.J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 96:60-64, 1989
15. Cook, P.A.: Direct bonding with glass ionomer cement, *J.Clin.Orthod.*, 24:509-511, 1990

16. Hamula, W., Hamula, D.W. and Brower, K.: Glass ionomer update, *J. Clin. Orthod.*, 27:420-425, 1993
17. Cook, P.A. and Youngson, C.C.: An in vitro study of the bond strength of a glass ionomer cement in the direct bonding of orthodontic brackets, *Brit. J.Orthod.*, 15: 247-253, 1988
18. Fajen, V.B., Duncanson, M.G., Nanda, R.S., Currier, G.F. and Angolkar, P.V.: An in vitro evaluation of bond strength of three glass ionomer cements, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 97:316-322, 1990
19. McCourt, J.W., Cooley, R.L. and Barnwell, S.: Bond strength of light-cure fluoride-releasing base-liners as orthodontic bracket adhesives, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 100:47-52, 1991
20. Lega, F.R. and Ogaard, B.: Tensile bond force of glass ionomer cements in direct bonding of orthodontic brackets : An in vitro comparative study, *Am.J.Orthod. Dentofac. Orthop.*, 100:357-361, 1991
21. Wiltshire, W.A.: Shear bond strengths of a glass ionomer for direct bonding in orthodontics, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 106:127-130, 1994
22. Philips, S. and Bishop, B.M.: An in vitro study of the effect of moisture on glass-ionomer cement, *Quintessence international*, 2:175-177, 1985
23. Fricker, J.P.: A 12-month clinical evaluation of a light-activated glass polyalkenoate (ionomer) cement for the direct bonding of orthodontic brackets, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 105:502-505, 1994
24. McCarthy, M.F. and Hondrum, S.O.: Mechanical and bond strength properties of light-cured and chemically cured glass ionomer cements, *Am.J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 105:135-141, 1994
25. Compton, A.M., Meyers, C.E., Hondrum, S.O. and Lorton, L.: Comparison of the shear bond strength of a light-cured glass ionomer and a chemically cure glass ionomer for use as an orthodontic bonding agent, *Am.J.Orthod. Dentofac. Orthop.*, 101:138-144, 1992
26. Newman, G.V.: Epoxy adhesives for orthodontic attachments: Progress report, *Am.J.Orthod.*, 51:901-912, 1965
27. Garner, L.D. and Kotwal, N.S.: Correlation study of incisive biting forces with age, sex, and anterior occlusion, *J. Dent. Res.*, 52: 698-702, 1973
28. Proffit, W.R., Fields, H.W. and Nixon, W.L.: Occlusal forces in normal- and long-face adults, *J.Dent.Res.*, 62:566-571, 1983
29. Proffit, W.R. and Fields, H.W.: Occlusal forces in normal- and long-face children, *J.Dent.Res.*, 62:571-574, 1983
30. Reynolds, I.R.: A review of direct orthodontic bonding, *Brit.J.Orthod.*, 2: 171-178, 1975, cited by Lopez, J.I.: Retentive shear strengths of various bonding attachment bases, *Am.J.Orthod.*, 77:669-678, 1980

-ABSTRACT-

Tensile Bond Strength of Glass Ionomer Cements

Seung Min BYUN, D.D.S., Oh-Won KWON, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Orthodontics, College of Dentistry, Kyungpook National university

This study was conducted to evaluate the tensile bond strength of three commercially available glass ionomer cements as orthodontic bracket adhesives.

120 premolars extracted for orthodontic treatment were prepared for bonding and standard edgewise brackets were bonded with Shofu GlasIonomer Cement (Shofu Co., U.S.A.), GC Fuji I(GC Co., Japan), KETAC-CEM(ESPE Co., West Germany) with different P/L ratio. The tensile bond strength was tested by Instron testing device after 24hours and 3months from bonding. After debracketing, bracket bases were examined to determine the failure sites.

The results of this study were as follows:

1. KETAC-CEM showed the highest bond strength other than measurement after 24 hours and at its original P/L ratio,

and seemed to have clinically a proper bond strength. It seemed, however, that both Shofu Glaslonomer Cement and GC Fuji I had an inappropriate bond strength.

2. The incorporation of additional powder into the mixture improved the tensile bond strength.
3. Prolonged storage time improved the tensile bond strength.
4. Of the failure, failure occurred at the tooth-adhesive interface(54.2%) was the most common type. The second type of failure(36.7%) was combination type, where part of the adhesive remained on the tooth and part on the bracket. And the last type of failure(9.1%) occurred at the adhesive-bracket interface.

KOREA. J. ORTHOD. 1996 ; 26 : 317-324

※Key words : Glass lonomer cement, Tensile bond strength