

Crystal growth에 의한 법랑질 표면처리가 교정용 브라켓 접착제의 전단결합강도에 미치는 영향

이 영 준¹⁾, 박 영 국²⁾

Crystal growth 용액인 황화이온을 함유한 폴리아크릴산 용액에 의한 법랑질 표면처리는 법랑질 표면에 crystal growth를 유도함으로써 통상적인 산부식법을 대체하여 교정용 브라켓을 접착하기 위한 법랑질 전처리의 방법으로 사용될 수 있음이 제안된 바 있다. 이 연구는 crystal growth 후 교정용 브라켓 접착제로 브라켓을 접착하는 방법의 임상적용 가능성을 구명하기 위하여 시행되었다.

발거된 사람소구치의 법랑질 표면을 25% 폴리아크릴산과 0.3M 황산을 함유한 기본 crystal growth 용액, 각각 0.3M lithium sulfate, 0.3M magnesium sulfate, 0.3M potassium sulfate를 첨가한 crystal growth 용액, 37% 인산용액, 퍼미스로 각각 처리한 후, 교정용 광중합형 글래스아이오노머 시멘트와 교정용 레진접착제로 금속브라켓을 접착하였다. 37°C의 증류수에 24시간 침지시킨 후, 브라켓 전단결합강도를 측정하고 접착 파절양태를 관찰하였으며 표면처리된 법랑질 표면과 브라켓 제거후의 법랑질 표면을 주사전자현미경으로 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

Crystal growth 후 광중합형 글래스아이오노머 시멘트로 브라켓 접착시 0.3M magnesium sulfate를 함유한 군의 브라켓 전단결합강도가 가장 높았다($p < 0.01$). Crystal growth 후 광중합형 글래스아이오노머 시멘트로 접착한 군의 브라켓 전단결합강도는 crystal growth 후 레진접착제로 접착한 군보다 높았다($p < 0.001$). Magnesium sulfate, 또는 potassium sulfate를 함유한 crystal growth 용액으로 법랑질 표면을 처리한 후 글래스 아이오노머시멘트로 접착한 군의 브라켓 전단결합강도는 산부식 후 레진 접착제로 접착한 군과 유의한 차이를 보이지 않았다. 브라켓 제거시 잔류접착제의 양은 글래스아이오노머 시멘트로 접착한 것이 가장 적었다.

이상의 결과는 magnesium sulfate나 potassium sulfate를 함유한 crystal growth 용액으로 법랑질 표면처리 후 교정용 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트로 브라켓을 접착하는 방법이 통상적으로 사용되는 산부식 후 교정용 레진접착제에 의한 브라켓 접착법을 대체할 수 있음을 시사한다.

(주요단어: crystal growth, 브라켓 접착, 글래스아이오노머 시멘트, 결합강도)

I. 서 론

치아 법랑질 표면의 산부식법이 개발되어¹⁾ 교정영역에서 에폭시 레진을 사용한 브라켓의 직접접착술에 최초로 이용된²⁾ 이래 법랑질 표면을 산부식시킨 후 레진으로 브라켓을 접착하는 방법이 시술시간의 단축 및 심미적인 장점으로 밴드를 이용하는 방법을

대체하여 현재 교정임상에서 널리 사용되고 있다.

그러나 이러한 방법은 산부식에 의해 불소가 풍부한 법랑질 표면의 손실을 야기하고^{3,4)} 레진택(resin tag)의 잔존에 의해 법랑질이 변색될 수 있으며⁵⁾, 브라켓 주위의 위생불량에 의해 법랑질이 쉽게 탈회되고^{6,7)} 브라켓 제거시 법랑질의 파절 및 손상^{8,9)}을 유발한다.

Smith와 Cartz¹⁰⁾는 법랑질 표면을 산부식시키는 대신 crystal growth 용액으로 법랑질표면에 결정체를 침착시킨 후 레진으로 브라켓을 접착하는 crystal

¹⁾ 경희대학교 치과대학 교정학 교실, 임상강사

²⁾ 경희대학교 치과대학 교정학 교실, 부교수

growth technique을 개발하였다. Crystal growth 용액은 황화이온(sulfate ion)을 함유하고 있는 폴리아크릴산 용액으로 이 용액 내의 황화이온이 치아의 칼슘이온과 반응하여 치면에 백색 결정체의 침착물을 형성하는데 이 결정체는 calcium sulfate dihydrate로서 치면에 핵을 이루어 법랑질에 견고하게 부착된다¹¹⁾. 이러한 방법은 브라켓 접착시 산부식법에 의한 법랑질 표면의 손상을 최소로 줄이고¹²⁾ 법랑질 파절의 위험없이 브라켓 제거가 용이하며¹³⁻¹⁵⁾ crystal 접착 경계면에 항우식 물질을 혼입할 수 있는¹⁶⁾ 장점이 있다.

Barry들¹⁷⁾은 폴리아크릴산에 황산을 첨가하였을 때가 황화암모늄((NH₄)₂SO₄)을 첨가하였을 때보다 crystal의 형태가 일정하며 생성범위도 넓었다고 보고하였고, Pizarro들¹⁸⁾은 황산이 포함된 폴리아크릴산에 lithium sulfate, magnesium sulfate, potassium sulfate 등의 여러 가지 이온염을 각각 첨가하여 crystal 생성을 비교한 결과 potassium sulfate를 함유한 용액이 가장 길이가 긴 crystal을 생성하였고, magnesium sulfate를 함유한 용액에 의해 생성된 crystal의 생성범위가 가장 넓었으며, lithium sulfate를 함유한 용액에 의해 생성된 crystal의 형태가 가장 일정하다고 하였다.

Crystal growth에 의한 브라켓 접착법이 임상적으로 적용 가능한 결합강도를 얻을 수 있는가에 대해서는 많은 이견이 있었다. Crystal growth technique에 의한 브라켓 전단결합강도에 대하여 Maijer와 Smith¹¹⁾, Smith와 Lux¹⁶⁾는 통상적인 산부식법과 유의한 차이가 없다고 하였고, Jones와 Pizarro¹⁹⁾는 lithium sulfate를 함유한 crystal growth 용액을 사용하였을 경우 통상적인 산부식법에 의한 결합강도의 약 80% 정도를 얻었다고 하였으며, MacPhee들²⁰⁾은 통상적인 산부식법의 약 3분의 2정도 된다고 하였다. 그러나 Farquhar¹⁴⁾는 산부식법에 비해 약 3분의 1 정도의 브라켓 결합강도 밖에 얻지 못하였다고 하였고, Knox들²¹⁾은 lithium sulfate를 함유한 crystal growth 용액을 사용하였을 경우 산부식법에 의한 브라켓 결합강도의 단지 15%에 이를 뿐이며 Crystal Lok[®] (Forestadent Ltd., Milton Keynes, UK)을 사용하여도 32%정도에 불과하다고 하였다. 또한 Maijer와 Smith¹⁵⁾는 15명의 교정환자에게 평균 22개월 간 적용한 결과 브라켓 탈락률에 있어 통상적인 산부식법과 유의한 차이를 나타내지 않았다고 한 반면, Årtun들¹³⁾은 산부식법에 비해 현저히 높은 브라켓 탈락률을

보였다고 하였다.

한편 Wilson과 Kent²²⁾에 의해 개발되고 White²³⁾에 의해 최초로 교정용 브라켓의 접착에 사용된 글래스아이오노머 시멘트는 생체와 친화성이 있고²⁴⁾ 치아와 화학적으로 결합하며²⁵⁾ 불소를 유리하여 항우식성을 가질 뿐 아니라^{26,27)} 외부로부터 불소를 공급받으면 다시 불소를 흡착, 저장하였다가 유리하는 불소 재충전 능력을 가지며²⁸⁾ 브라켓 접착시 잉여 시멘트를 쉽게 제거할 수 있고²⁹⁾ 치료후 브라켓의 제거가 용이하며 제거된 면이 깨끗하다는^{23,30)} 장점이 있으나 접착력이 낮은 것이 문제로 지적되고 있다. Fajen들³¹⁾, Evans³²⁾, 그리고 Mitchell들³³⁾은 화학중합형 글래스아이오노머 시멘트의 브라켓 결합강도는 교정용 레진접착제의 결합강도보다 낮다고 하였고 Miguel과 Chevitarese³⁴⁾는 12개월 간 임상적용 결과 글래스아이오노머 시멘트로 브라켓을 접착한 경우가 레진접착제의 경우보다 브라켓 탈락이 훨씬 많았다고 보고하였다. Compton들³⁵⁾은 광중합형 글래스아이오노머 시멘트의 결합강도가 화학중합형보다 크다고 하였고 Silverman들³⁰⁾은 광중합형 글래스아이오노머 시멘트는 기계적 교정력에 대해 충분히 버틸수 있는 인장결합강도를 갖는다고 하였으며, Fricker³⁶⁾는 12개월 간의 임상적용 결과 광중합형 글래스아이오노머 시멘트로 접착한 경우의 브라켓 탈락률이 레진접착제로 브라켓을 접착한 경우와 유의한 차이를 나타내지 않았다고 보고하였다. 그러나 Rezk-Lega와 Øgaard³⁷⁾, Øen들³⁸⁾은 화학중합형 글래스아이오노머 시멘트와 광중합형 글래스아이오노머 시멘트의 결합강도 모두 레진접착제의 그것보다 낮다고 하였다.

이 연구는 4종류의 crystal growth 용액으로 법랑질 표면을 처리한 후 교정용 레진접착제와 교정용 광중합형 글래스아이오노머 시멘트로 브라켓을 접착하였을 경우의 전단결합강도를 통상적인 산부식후 교정용 레진접착제로 접착한 경우와 비교하여 어떠한 crystal growth 용액과 교정용 브라켓 접착제가 적절한 임상적 유용성을 가지는지를 구명하기 위하여 시행되었다.

II. 연구방법

1. 연구재료

교정치료를 위해 발거한 상악과 하악의 소구치 중에서 치관 협면의 균열 및 치아의 형태이상 없이

Table 1. Materials used in this study

Materials	Manufacturer	Notes
Fuji ORTHO™ LC	GC Co., Japan	Light-cured glass ionomer
ORTHO-ONE™	Bisco Inc., U.S.A.	Chemically cured composite resin
The Max 100™	Caulk Dentsply, Canada	Visible light unit
Standard edgewise bracket	Rocky Mountain Orthodontics, U.S.A.	Metal bracket, medium size, foil-meshed base
Pumice	Whip Mix Co., U.S.A.	Fine pumice
Etchant	Bisco Inc., U.S.A.	37% Phosphoric acid
Polyacrylic acid	Wako Pure Chemical Industries Co., Japan	25% Polyacrylic acid
Sulfuric acid	Junsei Chemical Co., Japan	0.3M 98% Sulfuric acid
Lithium sulfate	Yakuri Pure Chemical Co., Japan	0.3M
Magnesium sulfate	Junsei Chemical Co., Japan	0.3M
Potassium sulfate	Yakuri Pure Chemical Co., Japan	0.3M

Table 2. Crystal growth solutions

Code	Composition
L	25% polyacrylic acid + 0.3M sulfuric acid + 0.3M lithium sulfate
M	25% polyacrylic acid + 0.3M sulfuric acid + 0.3M magnesium sulfate
K	25% polyacrylic acid + 0.3M sulfuric acid + 0.3M potassium sulfate
C	25% polyacrylic acid + 0.3M sulfuric acid

충치치료를 받은 적이 없으며 치아 우식증에 이환되어 있지 않은 치아를 선택하였다. 실험치아는 발거한 직후 치아에 묻어있는 혈액, 타액, 기타의 이물질을 흐르는 물에 깨끗이 씻은 후, 실험에 이용할 때까지 생리식염수에 담가 4°C의 냉장고에 보관하였다.

전단결합강도의 측정장치에 치관을 고정하고, 실험 중 치관의 취급을 용이하게 하기 위하여 직경 25mm, 높이 15mm의 원통형 레진블럭을 만들었다. 몰드에 치아를 고정하기 쉽도록 치근을 절단 제거한 후 치아에 facial axis point를 표시한 다음 이 점이 몰드의 원 중심과 일치하면서 치관순면이 몰드의 바닥면과 밀접하도록 고정시키고, 에폭시 레진(Polysol™, Samwoo Chemical Co., Korea)을 주입하고 중합시켜 제조하였다.

법랑질 표면처리방법으로서 퍼미스, crystal growth 용액, 37% 인산용액을 사용하였다. Crystal growth 용액으로는 25% 폴리아크릴산 용액에 0.3M의 98% 황산을 함유한 용액을 기본용액으로 하여

0.3M lithium sulfate, 0.3M magnesium sulfate, 0.3M potassium sulfate를 각각 첨가한 4가지의 용액을 직접 제조하여 사용하였다.

브라켓 접착제로는 no-mix type의 교정용 레진접착제인 ORTHO-ONE™(Bisco Inc., U.S.A.)과 교정용 광중합형 글래스아이오노머 시멘트인 Fuji ORTHO™ LC(GC Co., Japan)를 선정하였다.

전단결합강도의 측정에 사용된 금속브라켓은 접착면에 철망(mesh)이 부착된 중간크기의 소구치용 표준 에지와이즈 브라켓(Rocky Mountain Orthodontics, U.S.A.)을 이용하였다. 이 연구에 사용된 재료에 관한 세부사항을 Table 1과 Table 2에 제시하였다.

2. 연구방법

실험에 이용된 치아는 상악 소구치 130개, 하악 소구치 120개, 모두 250개였으며, 총 10개의 군으로 나누어 각 군 당 상악 소구치 13개, 하악 소구치 12개씩

Table 3. Experimental groups

Code	Bonding Materials	Surface Treatment Agents
L+GI	light-cured glass ionomer	25% polyacrylic acid + 0.3M sulfuric acid + 0.3M lithium sulfate
M+GI	light-cured glass ionomer	25% polyacrylic acid + 0.3M sulfuric acid + 0.3M magnesium sulfate
K+GI	light-cured glass ionomer	25% polyacrylic acid + 0.3M sulfuric acid + 0.3M potassium sulfate
C+GI	light-cured glass ionomer	25% polyacrylic acid + 0.3M sulfuric acid
L+R	orthodontic resin	25% polyacrylic acid + 0.3M sulfuric acid + 0.3M lithium sulfate
M+R	orthodontic resin	25% polyacrylic acid + 0.3M sulfuric acid + 0.3M magnesium sulfate
K+R	orthodontic resin	25% polyacrylic acid + 0.3M sulfuric acid + 0.3M potassium sulfate
C+R	orthodontic resin	25% polyacrylic acid + 0.3M sulfuric acid
A+R	orthodontic resin	37% phosphoric acid
Pum+GI	light-cured glass ionomer	pumice

모두 25개의 치아를 사용하였다. 각각의 실험군에 다음과 같은 조건을 부여하였다. 즉, 10개의 군 모두에서 퍼미스로 치면을 세마한 후, lithium sulfate가 함유된 crystal growth 용액으로 표면처리한 다음 교정용 글래스아이오노머 시멘트로 브라켓을 접착한 군(L+GI), magnesium sulfate가 함유된 crystal growth 용액으로 표면처리한 다음 교정용 글래스아이오노머 시멘트로 브라켓을 접착한 군(M+GI), potassium sulfate가 함유된 crystal growth 용액으로 표면처리한 다음 교정용 글래스아이오노머 시멘트로 브라켓을 접착한 군(K+GI), 기본 crystal growth 용액으로 표면처리한 다음 교정용 글래스아이오노머 시멘트로 브라켓을 접착한 군(C+GI), lithium sulfate가 함유된 crystal growth 용액으로 표면처리한 다음 교정용 레진접착제로 브라켓을 접착한 군(L+R), magnesium sulfate가 함유된 crystal growth 용액으로 표면처리한 다음 교정용 레진접착제로 브라켓을 접착한 군(M+R), potassium sulfate가 함유된 crystal growth 용액으로 표면처리한 다음 교정용 레진접착제로 브라켓을 접착한 군(K+R), 기본 crystal growth 용액으로 표면처리한 다음 교정용 레진접착제로 브라켓을 접착한 군(C+R), 37% 인산용액으로 표면처리한 다음 교정용 레진접착제로 브라켓을 접착한 군(A+R), 퍼미스로 치면을 세마한 후 화학적 표면처리 없이 교정용 글래스아이오노머 시멘트로 브라켓을 접착한 군(Pum+GI)으로 나누었다. 각 실험군의 특성은 Table 3에 제시되었다.

1) 표면처리 및 중합의 방법

퍼미스처리는 모든 실험군에 시행하였다. 물로 반죽한 퍼미스를 묻힌 러버컵으로 10초간 법랑질 표면을 세마하고, 15초간 물로 충분히 씻어낸 후 온풍건조기(Clean Warmer II™, Sejin Co., Korea)로 건조시켰다.

Crystal growth 용액을 이용한 법랑질 표면처리 시간은 선학들의 연구들^{13,17,18,19,21)}에서와 같이 임상적용에 적절한 60초로 하였으며, 법랑질 표면을 crystal growth 용액으로 처리한 후 충분한 양의 흐르는 물로 씻어낸 다음, 글래스아이오노머 시멘트 접착군은 제조회사의 지시에 따라 법랑질 표면의 수분을 완전히 제거하지 않았고, 레진 접착군은 표면을 온풍건조기로 건조시켰다.

인산용액을 이용한 표면처리는 제조회사의 지시에 따라 법랑질 표면을 37% 인산용액으로 30초간 부식시켰으며, 부식된 법랑질 표면을 흐르는 물로 충분히 씻어내고 온풍건조기로 건조하였다.

교정용 광중합형 글래스아이오노머 시멘트 군은 제조회사의 지시대로 20초 간 반죽한 후 브라켓 접착면에 반죽을 올려놓고 실험치아 위에 압접한 다음 예리한 스케일러로 치면과 브라켓사이에서 밀려나온 여분의 접착제를 제거하고, 브라켓 접착면의 원심측과 근심측에서 각각 20초 씩 총 40초 동안 가시광선을 조사하여 중합시켰다.

교정용 레진접착제군은 브라켓 접착면에 교정용 레진을 올려놓고 실험치아 위에 압접한 다음 예리한 스케일러로 치면과 브라켓 사이에서 밀려나온 여분의 접착제를 제거하였다(Fig. 1. A).

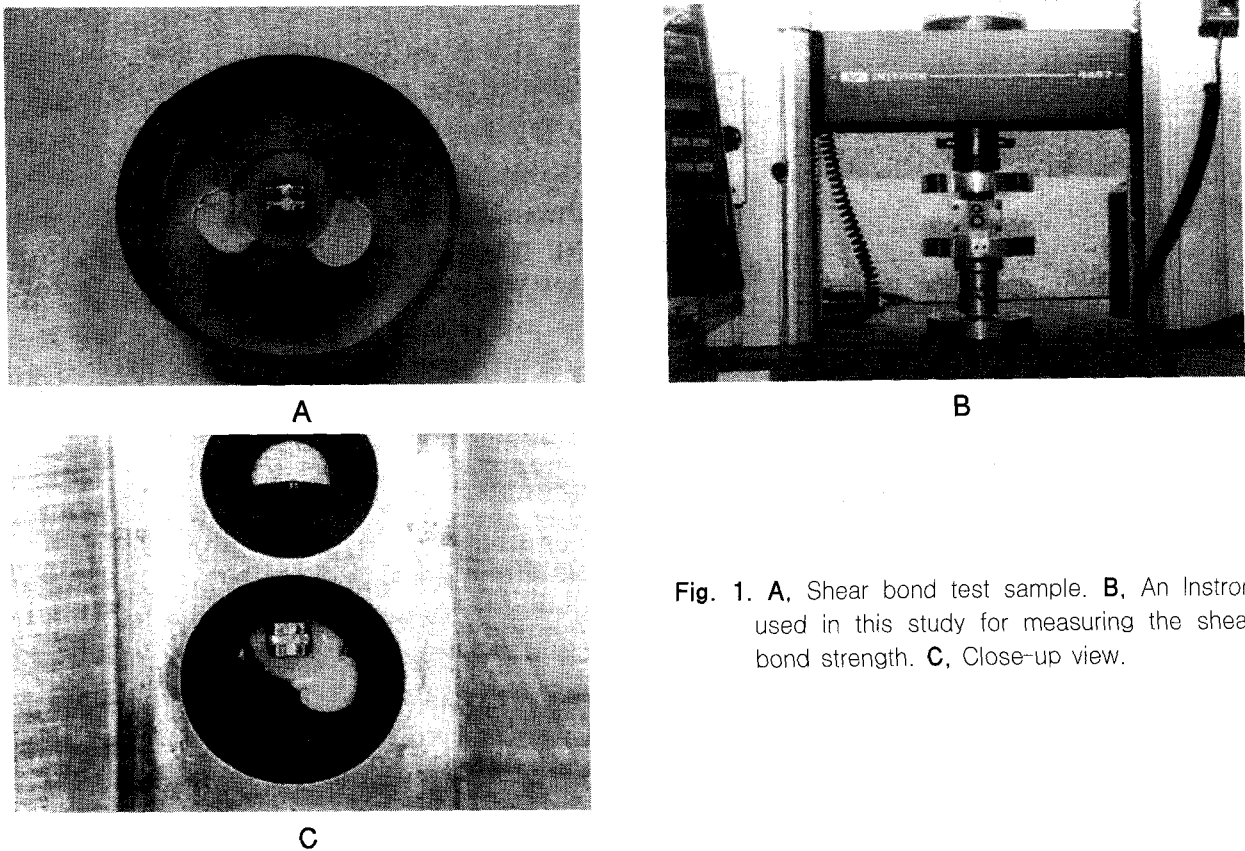


Fig. 1. A, Shear bond test sample. B, An Instron used in this study for measuring the shear bond strength. C, Close-up view.

2) 전단결합강도의 측정

브라켓의 접착이 완료된 시편은 중합을 시작한지 5분 후까지 실온에서 방치하여 중합을 진행시키고, 37°C의 증류수 속에 24시간 침지시킨 후, 특수 제작된 전단결합강도 측정용 지그에 시편을 고정하고, 만능강도시험기(Instron 4467, U.S.A.)에서 분당 1mm의 속도로 전단하중을 가하여 접착이 파절되는 순간의 최고 하중을 측정하였으며(Fig. 1. B,C), 이 측정치를 브라켓접착면의 면적으로 나누어 평방 센티미터당 하중(kg/cm²)으로 환산한 다음 다시 MPa로 환산하였다.

브라켓 접착면의 면적은 제조회사(Rocky Mountain Orthodontics, U.S.A.)에서 접착면의 곡면 및 둥근모서리를 고려하여 계산한 자료를 참조하였다. 상악 소구치 및 하악 소구치용 중간크기 표준 에스와이즈 브라켓 접착면의 면적은 모두 0.11cm² 이었다.

3) 접착파절양태의 관찰

전단결합강도를 측정하면서 일어난 각 시편의 접착파절양태를 관찰하였다. 접착파절양태는 Årtun과

Bergland의 분류¹³⁾를 기초로 이를 두 단계 더 세분화한 접착제 잔류지수(mARI: modified Adhesive Remnant Index)로 표현하였다.

- 0점: 치면에 접착제가 남지 않은 경우
- 1점: 치면에 접착제가 ¼이하로 남은 경우
- 2점: 치면에 접착제가 ¼이상 ½이하로 남은 경우
- 3점: 치면에 접착제가 ½이상 ¾이하로 남은 경우
- 4점: 치면에 접착제가 ¾이상 남은 경우
- 5점: 치면에 브라켓 접착면의 특징적인 인상이 나타나면서 모든 접착제가 남은 경우

4) 주사전자현미경 관찰

퍼미스, 4종류의 crystal growth 용액과 37% 인산 용액으로 각각의 실험군에서 시행한 방법과 동일하게 6개 치아의 법랑질을 표면처리한 후, 임계점온도 건조기(Model hcp-2, Hitachi Co., Japan)로 건조하고, 금증착(Eiko Engineering Co., Japan)하여, 주사전자현미경(S-2300, Hitachi Co., Japan)에서 가속전압 20kv의 전자빔으로 법랑질 표면의 형태를 1,500배 확대하여 관찰하였다. 또한 산부식에 의한 레진접착제

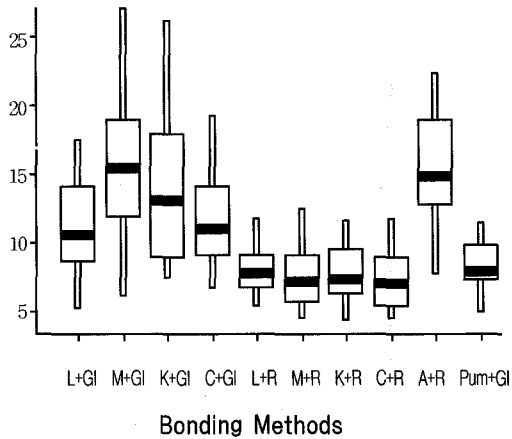


Fig. 2. Box plot of shear bond strength at each group. Black band in the box stands for median.

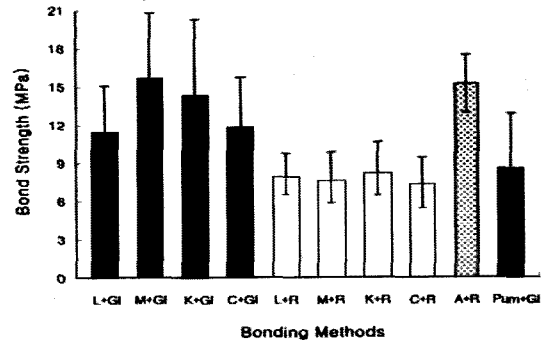


Fig. 3. A bar diagram of the mean shear bond strength of each group

Table 4. The mean shear bond strengths of each group (MPa)

Code	Mean	S.D.	Median
L+GI	11.40	3.67	10.57
M+GI	15.58	5.24	15.41
K+GI	14.23	6.09	13.08
C+GI	11.74	3.98	11.02
L+R	7.90	1.86	7.79
M+R	7.56	2.28	7.17
K+R	8.09	2.54	7.34
C+R	7.27	2.18	6.99
A+R	15.20	2.26	14.78
Pum+GI	8.52	4.35	7.97

군과 crystal growth에 의한 글래스아이오노머 시멘트군의 브래킷 제거후 법랑질 표면형태를 동일한 방법으로 관찰하였다.

5) 통계처리

통계는 SAS 프로그램을 이용하였으며 각각의 실험군에서 전단결합강도의 평균치, 표준편차를 산출하였다. 전단결합강도의 유의차를 검정하기 위하여 두 군간의 비교에는 Wilcoxon Rank Sum Test를, 세 군 이상의 비교에는 Kruskal- Wallis Test를 시행하였다.

III. 연구결과

1. 브래킷의 전단결합강도

각 군의 전단결합강도 측정치와 평균 전단결합강도를 Fig. 2와 Table 4 및 Fig. 3에 제시하였다.

각각의 crystal growth 용액으로 표면처리 후 교정용 레진접착제로 브래킷을 접착한 군들은 서로 통계적으로 유의한 차이 없이 유사한 전단결합강도를 보였으며, 산부식 후 레진접착제로 접착한 군에 비하여 현저히 낮은(p<0.001) 전단결합강도를 보였다(Table 5).

글래스아이오노머 시멘트로 브래킷을 접착한 경우, magnesium sulfate 함유군은 potassium sulfate 함유군을 제외한 모든 군들과 유의한 차이를 보였고 다른 군들에 비해 높은 전단결합강도를 나타내었으며, 퍼미스로 법랑질 표면 세마만 시행한 군의 전단결합강도가 가장 낮았다(p<0.01)(Table 6, Table 7).

퍼미스로 법랑질 표면의 세마만 시행한 후 교정용 글래스아이오노머 시멘트로 접착한 군의 전단결합강도는 통상적인 산부식 후 레진접착제로 접착한 군에 비해 유의하게 낮은 전단결합강도를 보였다

각각 다른 종류의 crystal growth 용액으로 법랑질 표면을 처리한 후 글래스아이오노머 시멘트로 브래킷을 접착한 군과 교정용 레진접착제로 브래킷을 접착한 군의 비교시 글래스아이오노머 시멘트로 브래킷을 접착한 군이 교정용 레진으로 브래킷을 접착한 군보다 모두 통계적으로 유의하게 높은 전단결합강도를 나타내었다. (Table 8, Fig. 4)

4종류의 crystal growth 용액으로 법랑질 표면을

Table 5. Kruskal-Wallis Test for the groups of composite resin bonding

Methods	N	Sum of scores	Expected under H0	S.D. under H0	Mean score
L+R	25	1400.5000	1575.0	161.9936	56.0200
M+R	25	1231.0000	1575.0	161.9936	49.2400
K+R	25	1404.0000	1575.0	161.9936	56.1600
C+R	25	1132.0000	1575.0	161.9936	45.2800
A+R	25	2707.5000	1575.0	161.9936	108.3000

$\chi^2=50.509$, DF=4, Prob > $\chi^2=0.0001$

Table 6. Kruskal-Wallis Test for the groups of glass ionomer bonding

Method	N	Sum of scores	Expected under H0	S.D. under H0	Mean score
L+GI	25	1494.5000	1575.0	162.0056	59.7800
M+GI	25	2171.0000	1575.0	162.0056	86.8400
K+GI	25	1843.5000	1575.0	162.0056	73.7400
C+GI	25	1537.0000	1575.0	162.0056	61.4800
Pum+GI	25	829.0000	1575.0	162.0056	33.1600

$\chi^2=30.230$, DF=4, Prob > $\chi^2=0.0001$

Table 7. Statistical significance between surface treatment methods in the groups of glass ionomer bonding

	L+GI	M+GI	K+GI	C+GI	Pum+GI
L+GI	-	0.0041**	0.1743	0.7859	0.0031**
M+GI	-	-	0.3176	0.0062**	0.0001***
K+GI	-	-	-	0.2327	0.0003***
C+GI	-	-	-	-	0.0035**

* : p<0.05 ** : p<0.01 *** : p<0.001

Table 8. Comparison of shear bond strength of orthodontic brackets using the different bonding materials after crystal growth

Methods	Mean	S.D.	Z	Prob > Z
L+GI	11.40	3.67	3.61941	0.0003***
L+R	7.90	1.86		
M+GI	15.58	5.24	5.34587	0.0001***
M+R	7.56	2.28		
K+GI	14.23	6.09	3.97825	0.0001***
K+R	8.09	2.54		
C+GI	11.74	3.98	4.26975	0.0001***
C+R	7.27	2.18		

* : p<0.05 ** : p<0.01 *** : p<0.001

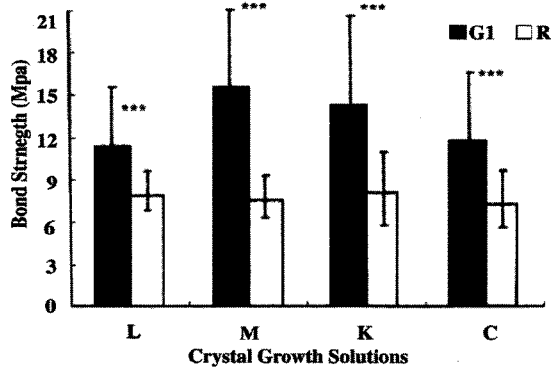


Fig. 4. Histogramic comparison of shear bond strength of orthodontic brackets using the different bonding materials after crystal growth

처리한 후 글래스아이오노머 시멘트로 브라켓을 접착한 군과 통상적인 산부식법 후 교정용 레진접착제로 접착한 군의 비교시 lithium sulfate를 함유한 crystal growth 용액이나 기본 crystal growth 용액으로 법랑질 표면을 처리한 후 교정용 글래스아이오노머 시멘트로 접착한 군의 브라켓 전단결합강도는 통상적인 산부식법 후 교정용 레진접착제로 접착한 군보다 유의하게 낮은 반면 magnesium sulfate를 함유한 crystal growth 용액이나 potassium sulfate를 함유한 crystal growth 용액으로 법랑질 표면에 crystal growth를 유도한 다음 교정용 글래스아이오노머 시멘트로 접착한 군의 브라켓 전단결합강도는 인산으로 법랑질 표면 부식 후 교정용 레진접착제로 접착한 군의 그것과 유의한 차이를 보이지 않았다 (Table 9).

Table 9. Statistical significance in shear bond strength between glass ionomer bonding after crystal growth and composite resin bonding after acid etching

	L+GI	M+GI	K+GI	C+GI
A+R	0.0015** (32.06 \ 18.94)	1.0000 (25.50 \ 25.50)	0.2563 (23.14 \ 27.86)	0.0031** (31.62 \ 19.38)

* : p < 0.05 ** : p < 0.01 *** : p < 0.001
() : mean score of Rank Sum Test

Table 10. Incidence of modified Adhesive Remnant Index (mARI)

	0	1	2	3	4	5	Total	Mean
L+GI	14	10	1	0	0	0	12	0.48
M+GI	14	11	0	0	0	0	11	0.44
K+GI	12	12	1	0	0	0	14	0.56
C+GI	16	9	0	0	0	0	9	0.36
L+R	6	9	7	2	1	0	33	1.32
M+R	7	6	7	4	1	0	36	1.44
K+R	7	8	3	2	5	0	40	1.60
C+R	11	6	4	4	0	0	26	1.04
A+R	0	1	0	1	8	15	111	4.44
Pum+GI	24	1	0	0	0	0	1	0.04

0점 : 치면에 접착제가 남지 않은 경우
 1점 : 치면에 접착제가 1/4이하로 남은 경우
 2점 : 치면에 접착제가 1/4이상 1/2이하로 남은 경우
 3점 : 치면에 접착제가 1/2이상 3/4이하로 남은 경우
 4점 : 치면에 접착제가 3/4이상 남은 경우
 5점 : 치면에 브라켓접착면의 특징적인 인상이 나타나면서 모든 접착제가 남은 경우

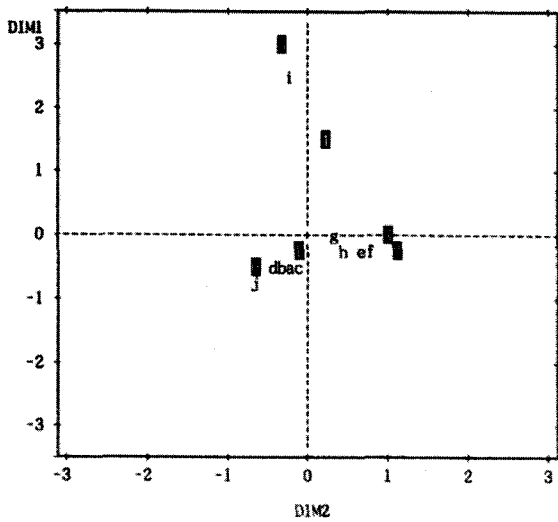


Fig. 5. Plot of mARI by the corresponding analysis (2dimensions)

a: L+Gl b: M+Gl c: K+Gl d: C+Gl e: L+R
 f: M+R g: K+Gl h: C+R i: A+R j: Pum+Gl

2. 브라켓의 접착파절 양태

브라켓의 접착파절양태를 관찰한 접착제의 잔류지수의 빈도를 Table 10과 Fig. 5에 제시하였다.

인산으로 법랑질 표면을 부식한 후 교정용 레진으로 접착한 군의 잔류접착제 양이 가장 많았고, crystal growth 후 교정용 레진접착제로 접착한 군, crystal growth 후 글래스아이오노머 시멘트로 접착한 군, 퍼미스만 시행하고 글래스아이오노머 시멘트로 접착한 군의 순으로 잔류지수를 보였다. 그러나 crystal growth 용액의 종류에 따른 접착제잔류 지수의 차이는 크지 않았다.

3. 주사전자현미경 소견

법랑질의 표면처리를 시행하고, 수세한 후의 법랑질 표면을 촬영한 주사전자현미경 사진을 Fig. 6에 제시하였다. 4개군 모두에서 crystal 형성이 확인되었

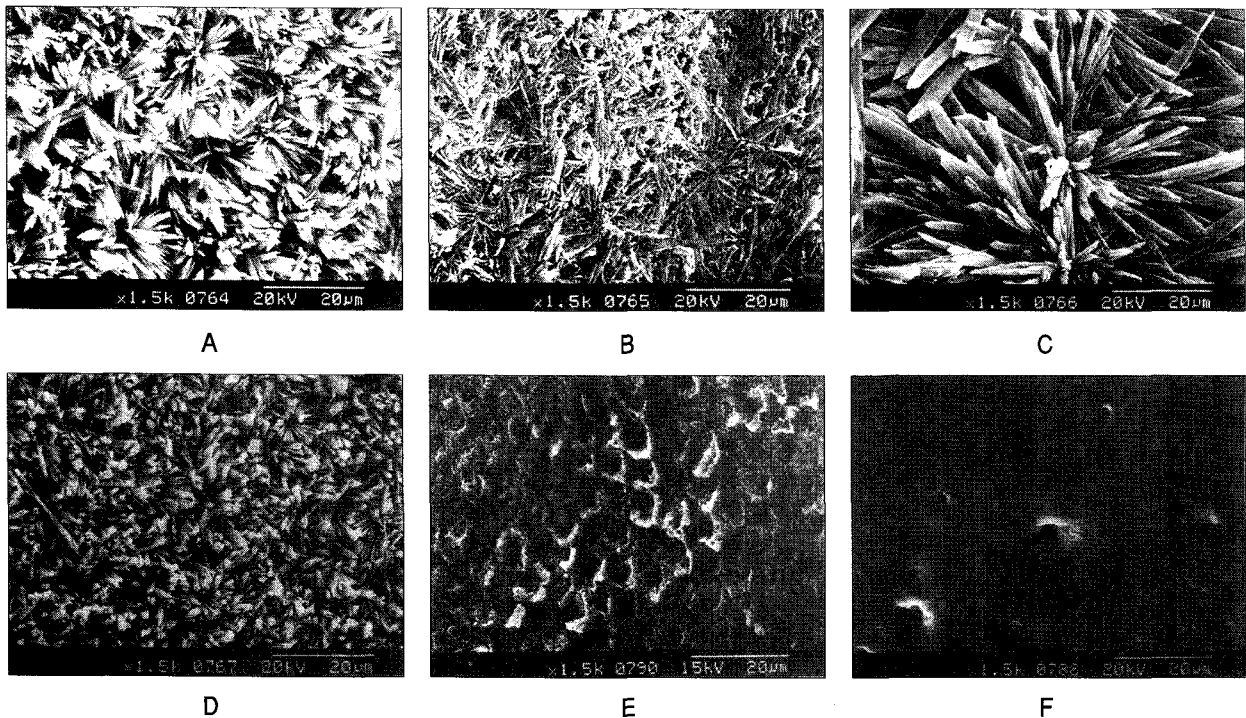


Fig. 6. Scanning electron micrographs of enamel surfaces after various treatments($\times 1,500$): A, 25% polyacrylic acid + 0.3M sulfuric acid + 0.3M lithium sulfate. B, 25% polyacrylic acid + 0.3M sulfuric acid + 0.3M magnesium sulfate. C, 25% polyacrylic acid + 0.3M sulfuric acid + 0.3M potassium sulfate. D, 25% polyacrylic acid + 0.3M sulfuric acid. E, 37% phosphoric acid. F, pumice.

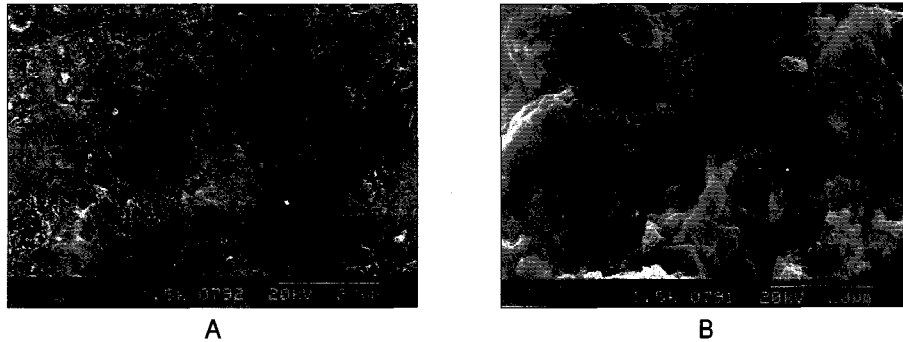


Fig. 7. Scanning electron micrographs of enamel surfaces after bracket debonding of various bonding method($\times 1,500$). **A**, A sample of glass ionomer bonding after crystal growth. Bond failure occurred between crystal and tooth surface. Traces of crystal are seen on the enamel surface. **B**, A sample of resin bonding after acid etching. Bond failure occurred between bracket and resin. Adhesive remnants of resin are seen on the enamel surface.

다. 즉, 모든 군에서 유용한 crystal growth가 확인되었다.

lithium sulfate를 함유한 crystal growth 용액으로 처리한 경우 법랑질 표면에 바늘모양의 돌기들이 핵을 이루며 성장된 형태로 나타났고, magnesium sulfate를 함유한 crystal growth 용액으로 처리한 경우 좀더 거친 형태의 바늘모양이 핵을 이루고 있으며, potassium sulfate를 함유한 crystal growth 용액으로 처리한 경우 바늘모양의 돌기들의 크기가 컸고, 기본 crystal growth 용액으로 처리한 경우는 보다 조밀한 형태의 돌기들이 형성되었다. 인산으로 처리한 경우 법랑질 표면이 심하게 부식되었으며 퍼미스만 시행한 경우 열구들만 관찰될 뿐 평활한 치면의 형태로 남아 있었다(Fig. 6).

magnesium sulfate를 함유한 crystal growth 용액으로 법랑질 표면처리 후 글래스아이오노머 시멘트로 접착한 브라켓을 제거한 후의 법랑질 표면과, 인산으로 법랑질 부식후 교정용 레진접착제로 접착한 브라켓을 제거한 후의 법랑질 표면의 주사전자현미경 사진을 Fig. 7에 제시하였다.

magnesium sulfate를 함유한 crystal growth 용액으로 법랑질 표면처리 후 글래스아이오노머 시멘트로 접착한 브라켓을 제거한 경우 crystal과 치면사이에서 파절이 발생하여 법랑질 표면에 crystal의 흔적만이 관찰되었다. 인산으로 법랑질 부식후 교정용 레진접착제로 접착한 브라켓을 제거한 경우 레진과 브라켓 사이에서 파절이 발생하여 법랑질 표면에 잔여 레진이 접착된 모습이 관찰되었다.

IV. 총괄 및 고안

Maijer와 Smith¹¹⁾는 ammonium persulfate를 함유한 폴리아크릴산 용액으로 법랑질 표면에 crystal growth를 유도한 후 교정용 레진으로 브라켓을 접착한 경우 브라켓 결합강도는 통상적인 산부식법의 그것과 차이가 없다고 하였고, Smith와 Lux¹⁶⁾는 소의 치아를 이용한 실험에서 crystal growth 방법과 산부식법에 의한 브라켓 결합강도는 유의한 차이

없이 모두 9-11MPa 정도의 결합강도를 얻었다고 하였다. 또한 Jones와 Pizarro¹⁹⁾는 황산을 함유한 50% 폴리아크릴산에 lithium sulfate, magnesium sulfate, potassium sulfate등의 황화이온염을 첨가하여 브라켓 결합강도를 비교한 실험에서 lithium sulfate를 첨가한 crystal growth 용액을 사용하였을 경우 다른 crystal growth 용액을 사용하였을 경우보다 높은 결합강도를 보였고 산부식법에 의한 결합강도의 80%에 이른다고 하였다. 그러나 Farquhar¹⁴⁾는 crystal growth 방법에 의한 브라켓 결합강도는 산부식법의 3분의 1밖에 되지 않는다고 하였고 Knox²¹⁾은 lithium sulfate를 함유한 crystal growth 용액을 사용한 실험에서 브라켓 결합강도는 산부식법의 단지 15%에 불과하다고 하였다. 이 실험에서는 4종류의 crystal growth 용액간에 결합강도의 유의한 차이를 보이지 않아 Jones¹⁹⁾의 결과와 일치하지 않았으며, 브라켓 결합강도는 산부식법에 의한 결합강도의 절반 정도의 결합력을 얻음으로써 Knox²¹⁾나 Farquhar¹⁴⁾의 결과 보다는 높은 결합력을 얻었으나 Maijer¹¹⁾, Smith¹⁶⁾, Jones¹⁹⁾등의 결과와는 달랐다.

Fajen³¹⁾, Evans³²⁾, Mitchell³³⁾은 글래스아이오노머 시멘트의 여러 가지 장점에도 불구하고 화학중합형 글래스아이오노머 시멘트의 낮은 결합강도를 지적하였다. 근래에는 결합강도를 증가시킨 광중합형 글래스아이오노머 시멘트가 개발되었고 Fricker³⁶⁾, Silverman³⁵⁾에 의해 임상 적용시 좋은 결과를 얻을 수 있음이 발표된 바 있다. 그러나 이 실험에서 퍼미스로 법랑질 표면세마만 시행한 후 교정용 광중합형

글래스아이오노머 시멘트로 접착한 군의 전단 결합 강도가 통상적인 산부식 후 교정용 레진접착제로 접착한 군의 결합강도의 56%에 해당하는 결과를 얻음으로써 레진접착제에 비해 낮은 결합강도를 갖는다는 McCourt³⁹⁾, Rezk-Lega와 Øgaard³⁷⁾, Øen들³⁸⁾의 결과와 일치하였다.

각각 다른 4종류의 crystal growth 용액으로 법랑질 표면을 처리한 후 교정용 광중합형 글래스아이오노머 시멘트로 브라켓을 접착한 군과 교정용 레진접착제로 브라켓을 접착한 군의 비교시 글래스아이오노머 시멘트로 브라켓을 접착한 군이 교정용 레진접착제로 브라켓을 접착한 군과 모두 통계적으로 유의한 차이를 나타내었으며 글래스아이오노머 시멘트로 브라켓을 접착한 군의 전단결합강도가 컸다.

교정용 글래스아이오노머 시멘트로 브라켓 접착시 퍼미스만 시행한 군보다 crystal growth 용액으로 처리한 군들이 모두 유의하게 높은 결합강도를 나타내었고, crystal growth 용액들 중에서는 magnesium sulfate를 함유한 용액이 다른 용액들에 비해 유의하게 높은 결합강도를 나타내었다. 따라서 crystal growth는 글래스아이오노머 시멘트의 접착력을 증진시키는 것으로 사료된다.

Magnesium sulfate를 함유한 crystal growth 용액과 potassium sulfate를 함유한 crystal growth 용액으로 법랑질 표면에 crystal growth를 유도한 다음 교정용 글래스아이오노머 시멘트로 접착한 군의 브라켓 전단결합강도는 통상적인 산부식 후 교정용 레진접착제로 접착한 군의 그것과 유의한 차이가 나타나지 않았으나, lithium sulfate를 함유한 crystal growth 용액과 기본 crystal growth 용액으로 법랑질 표면을 처리하고 교정용 글래스아이오노머 시멘트로 접착한 군의 브라켓 전단결합강도는 유의하게 낮게 나타났다. 이것은 crystal growth 용액에 의한 법랑질 표면처리가 교정용 글래스아이오노머 시멘트의 브라켓 전단결합강도를 증가시키지만 crystal growth 용액의 종류에 따른 결합력의 차이가 발생하며 magnesium sulfate나 potassium sulfate를 첨가한 crystal growth 용액을 사용하였을 때 유용한 결합력을 얻을 수 있음을 의미한다.

주사전자현미경 관찰에서 4종류의 crystal growth 용액 모두 법랑질 표면에 바늘 모양의 돌기들을 형성하였는데 crystal growth 용액의 종류에 따라 각기 다른 형태의 특성을 나타내었다. Potassium sulfate를 함유한 용액은 다른 용액에 비해 크고 일정한 crystal

를 생성하였고 magnesium sulfate를 함유한 용액은 다른 용액에 비해 거칠고 불규칙적인 형태의 crystal을 생성하여 Pizarro들¹⁸⁾의 실험결과와 일치하였다.

Rezk-Lega와 Øgaard³⁷⁾는 브라켓 제거 후 치질에 남아있는 교정용 레진접착제의 비율이 85%, 퍼미스로 세마한 법랑질에 대한 화학중합형 글래스아이오노머 시멘트가 치질에 남아있는 비율이 65%~86%, 광중합형 글래스아이오노머 시멘트가 치질에 남아있는 비율이 20%라고 하였고, Cook과 Youngson³⁹⁾은 브라켓 제거 후 치질에 남아있는 교정용 레진접착제의 비율이 89%라고 하였으며, Årtun들¹³⁾은 crystal growth 방법이 산부식법에 비해 교정용 레진접착제의 잔류지수가 낮았다고 하였다. 접착과절 부위에 대하여 McCourt들⁴⁰⁾은 브라켓과 광중합형 글래스아이오노머 시멘트사이에서 파절이 발생하였다고 하였고, McCaghren들⁴¹⁾은 법랑질과 광중합형 글래스아이오노머 시멘트의 경계와 광중합형 글래스아이오노머 시멘트내에서 발생하였다고 하였으며, Blalock과 Powers⁴²⁾는 글래스아이오노머 시멘트와 교정용 레진접착제 모두 브라켓과 접착제사이에서 파절이 발생하였다고 하였다. 한편 Farquhar¹⁴⁾는 crystal growth 후 교정용 레진접착제로 접착한 경우 crystal과 법랑질 경계면에서 파절이 발생하였고 산부식 후 교정용 레진접착제로 접착한 경우에는 브라켓과 레진 경계면에서 주로 파절이 발생하였다고 하였다. 이 실험에서 4가지 crystal growth 용액으로 crystal 성장을 유도한 후 교정용 광중합형 글래스아이오노머 시멘트로 접착한 군들사이에서는 crystal growth 용액의 종류에 따른 접착제 잔류지수의 차이는 크지 않았고 crystal growth 후 교정용 레진접착제로 접착한 군들내에서도 접착제 잔류지수의 차이는 크지 않았으나, crystal growth 후 교정용 광중합형 글래스아이오노머 시멘트로 접착한 군들의 접착제 잔류지수는 crystal growth 후 교정용 레진접착제로 접착한 군들의 접착제 잔류지수에 비해 낮은 경향을 보였고, 산부식 후 교정용 레진접착제로 접착한 군들의 접착제 잔류지수가 가장 크게 나타났는데 브라켓 제거 후 거의 전체 접착면에 걸쳐 레진접착제가 남아 있었다.

브라켓 제거 후의 주사전자현미경 관찰에서 산부식 후 레진으로 접착한 군의 경우 레진과 브라켓 사이에서 주로 파절이 발생하여 법랑질 표면에 잔여 레진이 접착된 모습이 관찰되었고, magnesium sulfate를 함유한 crystal growth 용액으로 법랑질 표면처리 후 글래스아이오노머 시멘트로 접착한 브라켓을 제거한

경우 crystal과 치면사이에서 파절이 발생하여 법랑질·표면에 crystal의 흔적만이 관찰되었다.

이상에서와 같이 magnesium sulfate를 함유한 crystal growth 용액으로 법랑질 표면에 crystal의 성장을 유도한 후 교정용 광중합형 글래스아이오노머 시멘트로 브라켓을 접착하는 방법은 통상적인 산부식에 의한 레진접착법에 비해 법랑질 손실이 적으면서 브라켓 결합강도의 차이가 없고, 불소의 유리로 인한 항우식 효과를 가지며 치료후 법랑질의 손상없이 브라켓을 용이하게 제거할수 있는 등의 장점을 가짐으로써 임상적 유용성을 갖는 방법으로 생각되나 접착법의 표준화를 위해서는 용액의 농도 및 처리시간에 따른 결합강도의 변화에 대한 연구가 더 필요하며 임상적 연구도 병행되어야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

이 연구는 crystal growth 후 교정용 브라켓 접착제로 브라켓을 접착하는 방법의 임상적용 가능성을 구명하기 위하여 시행되었다. 발거된 사람소구치의 법랑질 표면을 기본 crystal growth 용액, 각각 0.3M lithium sulfate, 0.3M magnesium sulfate, 0.3M potassium sulfate를 함유한 crystal growth 용액, 37% 인산용액, 퍼미스로 각각 처리한 후, 교정용 광중합형 글래스아이오노머 시멘트와 교정용 레진접착제로 금속브라켓을 접착하였다. 37℃의 증류수에 24시간 침지시킨 후, 브라켓 전단결합강도를 측정하고 접착 파절양태를 관찰하였으며 표면처리된 법랑질 표면과 브라켓 제거후의 법랑질 표면을 주사전자현미경으로 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Crystal growth 후 광중합형 글래스아이오노머 시멘트로 브라켓 접착시 0.3M magnesium sulfate를 함유한 군의 브라켓 전단결합강도가 가장 높았다.
2. 레진접착제로 브라켓 접착시 브라켓 전단결합강도는 crystal growth 용액으로 법랑질 표면을 처리한 경우가 산부식에 비해 낮은 결합강도를 나타내었다.
3. Crystal growth 후 광중합형 글래스아이오노머 시멘트로 접착한 군의 브라켓 전단결합강도는 crystal growth 후 레진접착제로 접착한 군보다 높았다.
4. Magnesium sulfate, 또는 potassium sulfate를 함유한 crystal growth 용액으로 법랑질 표면을 처

리한 후 글래스 아이오노머시멘트로 접착한 군의 브라켓 전단결합강도는 산부식 후 레진 접착제로 접착한 군과 유의한 차이를 보이지 않았다.

5. 브라켓 제거시 잔류접착제의 양은 글래스아이오노머 시멘트로 접착한 것이 가장 적었다.

이상의 결과는 magnesium sulfate나 potassium sulfate를 함유한 crystal growth 용액으로 법랑질 표면처리 후 교정용 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트로 브라켓을 접착하는 방법이 통상적으로 사용되는 산부식 후 교정용 레진접착체에 의한 브라켓 접착법을 대체할 수 있음을 시사한다.

참고문헌

1. Buonocore MG : A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J. Dent. Res., 34; 849-853, 1955.
2. Newman GV : Epoxy adhesives for orthodontic attachments : progress report. Am. J. Orthod., 51; 901-912, 1965.
3. Diedrich P : Enamel alterations from bracket bonding and debonding : a study with the scanning electron microscope. Am. J. Orthod., 79; 500-522, 1981.
4. Lehman R and Davidson DL : Loss of surface enamel after acid etching procedures and its relation to fluoride content. Am. J. Orthod., 80; 73-82, 1981.
5. Gwinnett AL : Histologic changes in human enamel following treatment with acidic adhesive conditioning agents. Arch Oral Biol. 16; 731-738, 1971.
6. O'Reilly MM and Featherstone JDB : Demineralization and remineralization around orthodontic appliances : An in vitro study. Am. J. Orthod., 92; 33-40, 1987.
7. Gorelick L, Geiger AM and Gwinnett AJ : Incidence of white spot formation after bonding and banding. Am. J. Orthod., 81; 93-98, 1982.
8. Zachrisson BU and Arthun J : Enamel surface appearance after various debonding techniques. Am. J. Orthod., 75; 121-137, 1979.
9. Sandison RM : Tooth surface appearance after debonding. Brit. J. Orthod., 8; 199-201, 1981.
10. Smith D.C. and Cartz L. : Crystalline interface formed by polyacrylic acid and tooth enamel. J. Dent. Res., 52; 1155, 1973.
11. Maijer R. and Smith D.C. : A new surface treatment for bonding. J. Biomed. Mat. Res., 13; 975- 985, 1979.
12. Smith D.C., Bennett G., Peltoniemi R., Maijer R. : Further studies of bonding to enamel through crystal growth. J. Dent. Res., 59; 995, Special issue B, Abstract 231, 1980.
13. Årtun J and Bergland S : Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid etch enamel

- pretreatment. *Am. J. Orthod.*, 85; 333-340, 1984.
14. Farquhar RB : Direct bonding comparing a polyacrylic acid and a phosphoric acid technique. *Am. J. Orthod.*, 90; 187-194, 1986.
 15. Maijer R. and Smith D.C. : Crystal growth on the outer enamel surface - An alternative to acid etching. *Am. J. Orthod.*, 89; 183-193, 1986.
 16. Smith DC, Lux J and Maijer R : Crystal bonding to enamel. *J. Dent. Res.*, 60; 368, Special issue A, Abstract 368, 1981.
 17. Barry G.R.P., Robertson N.R.E and Jones M.L. : Crystal growth on the enamel surface as an alternative to acid etching. *J. Dent. Res.*, 70; 720, A400, 1991.
 18. Pizarro KA, Jones ML and Knox J : An in vitro study of the effects of different crystal growth solutions on the topography of the enamel surface. *Eur. J. Orthod.*, 16; 11-17, 1994.
 19. Jones M.L. and Pizarro K.A. : A Comparative study of the shear bond strengths of four different crystal growth solutions. *Brit. J. Orthod.*, 21; 133-137, 1994.
 20. MacPhee CA, Way DC and Galil KA : Experimental and clinical evaluation of crystal bonding. *J. Dent. Res.*, 64; 277, A918, 1985.
 21. Knox J and Jones ML : Crystal bonding-An adhesive system with a future? *Brit. J. Orthod.*, 22; 309-317, 1995.
 22. Wilson AD and Kent BE : A new translucent cement for dentistry. *Brit. Dent. J.*, 132; 133-135, 1972.
 23. White LW : Glass ionomer cement. *J. Clin. Orthod.*, 20; 387-391, 1986.
 24. Kent BE, Lewis BG and Wilson AD : The properties of a glass ionomer cement. *Br. Dent. J.*, 135; 322-326, 1973.
 25. Hotz P, McLean JW, Sced I and Wilson AD : The bonding of glass ionomer cements to metal and tooth substrates. *Br. Dent. J.*, 142; 41-47, 1977.
 26. Swartz ML, Phillips RW and Clark HE : Long-term F release from glass ionomer cements. *J. Dent. Res.*, 63; 158-160, 1984.
 27. Chadwick SM and Gordon PHH : An investigation into the fluoride release of a variety of orthodontic bonding agents. *Brit. J. Orthod.*, 22; 29-33, 1995.
 28. Seppä L, Forss H and Øgaard B : The effect of fluoride application on fluoride release and the antibacterial action of glass ionomers. *J. Dent. Res.*, 72; 1310-1314, 1993.
 29. Cook PA : Direct bonding with glass ionomer cement. *J. Clin. Orthod.*, 8; 509-511, 1990.
 30. Silverman E, Cohen M, Demke RS and Silverman M : A new light-cured glass ionomer cement that bonds brackets to teeth without etching in the presence of saliva. *Am. J. Orthod.*, 108; 231-236, 1995.
 31. Fajen VB, Nnada RS, Currier F and Angolkar PV : An in vitro evaluation of bond strength of three glass ionomer cements. *Am. J. Orthod.*, 97; 316-322, 1990.
 32. Evans R and Oliver R : Orthodontic bonding using glass ionomer cement : an in vitro study. *Eur. J. Orthod.*, 13; 493-500, 1991.
 33. Mitchell CA, O'Hagan E and Walker JM : Probability of failure of orthodontic brackets bonded with different cementing agents. *Dent. Mater.* 11; 317-322, 1995.
 34. Miguel JAM and Chevitaese O : Clinical comparison between a glass ionomer cement and a composite for direct bonding of orthodontic brackets. *Am. J. Orthod.* 107; 484-487, 1995.
 35. Compton AM, Meyers CE, Hondrum SO and Lorton L : Comparison of shear bond strength of a light-cured glass ionomer and a chemically cured glass ionomer for use as an orthodontic bonding agent. *Am. J. Orthod.*, 101; 138-144, 1992.
 36. Fricker JP : A 12-month clinical evaluation of a light-activated glass polyalkenoate (ionomer) cement for the direct bonding of orthodontic brackets. *Am. J. Orthod.*, 105; 502-505, 1994.
 37. Rezk-Lega F and Øgaard B : Tensile bond force of glass ionomer cements in direct bonding of orthodontic brackets : An in vitro comparative study. *Am. J. Orthod.*, 100; 357-361, 1991.
 38. Øen JO, Gjerdet NR and Wisth PJ : Glass ionomer cements used as bonding materials for metal orthodontic brackets. An in vitro study. *Eur. J. Orthod.*, 13; 187-191, 1991.
 39. Cook PA and Youngson CC : 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.
 40. McCourt JM, Cooley RL and Barnwell S : Bond strength of light-cure fluoride-releasing base-liners as orthodontic bracket adhesives. *Am. J. Orthod.*, 100; 47-52, 1991.
 41. McCaghren RA, Retief DH, Bradley EL and Denys FR : Shear bond strength of light-cured glass ionomer to enamel and dentin. *J. Dent. Res.*, 69; 40-45, 1990.
 42. Blalock K and Powers JM : Retention capacity of the bracket bases of new esthetic orthodontic brackets. *Am. J. Orthod.*, 107; 596-603, 1995.

-ABSTRACT-

THE EFFECTS OF CRYSTAL GROWTH ON SHEAR BOND STRENGTH OF ORTHODONTIC BRACKET ADHESIVES TO ENAMEL SURFACE

Young-Jun Lee, D.M.D., M.S.D., Young-Guk Park, D.M.D., M.S.D., Ph.D.

Department of Orthodontics Kyung Hee University Graduate School

It has been submitted that different ion solutions containing sulfate induce crystal growth and might substitute conventional acid etching for pretreatment of enamel in orthodontic bonding(Årtun et al., Am. J. Orthod. 85, 333, 1984). This investigation was designed to evaluate the relevance of crystal growth on the enamel surface as an alternative to conventional acid etching in direct bonding of orthodontic brackets.

Annexing Li₂SO₄, MgSO₄, K₂SO₄ respectively in the solution with 25% polyacrylic and 0.3M sulfuric acids were employed to enhance the crystal growth. Human bicuspid were treated with various parameters as combinations of crystal growth and glass ionomer cement, crystal growth and orthodontic resin, acid etching and orthodontic resin for an investigative purpose.

Crystal growth solution containing MgSO₄ showed the highest shear bond strength(15.6MPa) within the groups of bonding brackets with glass ionomer cement(p<0.01). Bonding with glass ionomer cement on the surface of crystal growth demonstrated higher shear bond strength than with orthodontic resin(p<0.001). Bonding with glass ionomer cement on the surface treated with crystal growth solution containing MgSO₄ or K₂SO₄ was not different shear bond strength statistically from bonding with orthodontic resin on the acid-etched surface.

It suggests that bonding brackets with glass ionomer cement on the surface treated with crystal growth solution containing MgSO₄ or K₂SO₄ is a potential alternative to bonding with resin on the acid etched surface.

KOREA. J. ORTHOD. 1997 ; 27 : 839-852

※ **Key words** : Crystal growth, Bracket bonding, Glass ionomer cement, Bond strength