

법랑질에 대한 자가부식형 접착제의 전단결합강도

가톨릭대학교 임상치과대학원 심미수복학과
임수환, 이주희

ABSTRACT

Shear bond strength of self-etching adhesives to enamel

Graduate School of Clinical Dental Science, The Catholic University of Korea
Leem Soo Hwan, DDS,MSD, Lee Joo Hee, DDS,MSD,PHD

Purpose : The objective of this study was to compare enamel bond strengths between self-etching adhesives and acid-etching adhesives and to investigate the effects of priming time and phosphoric acid etching prior to applications of self-etching adhesives.

Materials and Methods : The materials for self-etching adhesives were used Xeno III and iBond, for acid-etching adhesives was used Single Bond. Recently extracted molars were condensed into resin block and then exposed buccal surface, and specimens were divided into seven groups and tested. 35% phosphoric acid was used for enamel etching, and Z250 was used for filling. The data for each groups were analyzed using the Tukey multiple comparisons test at $p=0.05$.

Results : 1. Shear bond strength to enamel of acid-etching adhesives was higher than those of self-etching adhesives. No significant difference was founded between the groups of self-etching adhesives ($P>0.05$).

2. When the priming time of self-etching adhesives was doubled, shear bond strength to enamel of Xeno III with higher acidity increased 53%, but no significant difference was founded in that of iBond ($P>0.05$).

3. When phosphoric acid etching was done prior to application of self-etching adhesives, each shear bond strengths to enamel of Xeno III and iBond increased 95% and 55%, and Xeno III showed no significant difference in case of comparing that of acid-etching adhesives ($P>0.05$).

4. Fracture modes to enamel of self-etching adhesives showed adhesive fracture, and in groups of acid-etching adhesives, phosphoric acid etching groups, longer priming time group of Xeno III showed cohesive fracture.

5. Higher shear bond strength groups showed cohesive fracture, and lower shear bond strength groups showed adhesive fracture.

Key words : Acid-etching, Self-etching adhesives, Shear bond strength,

서론

미(美)에 대한 환자들의 요구가 증가하면서 많은 심미수복재료와 접착제가 개발되고 있으며, 최근에는 치질에 대한 충분한 결합력 못지않게 접착단계를 단순화함으로써 술식에 대한 민감성을 줄일 수 있는 자가부식형 접착제들이 많이 소개되고 있다.

상아질 접착제는 접착기전에 따라 여러 단계로 발전해왔는데 4세대 접착제부터는 30-40% 인산을 이용하여 법랑질과 상아질을 동시에 부식시키고 여기에 레진 접착제를 침투 중합시켜 레진 tag와 혼성층(hybrid layer)에 의한 접착이 이루어지도록 하였다. 법랑질에서는 다공성 표면을 만들어 기계적 유지를 얻고, 상아질에서는 도말층(smear layer)을 제거한 후 노출된 습윤성 표면에 친수성 프라이머를 이용하여 접착제를 침투 중합시켜 접착하는 것이 주된 기전으로 널리 인정되었다. 그러나 에칭, 프라이밍, 접착제 도포와 같은 3단계 과정은 술식이 복잡하고 시간이 오래 걸릴 뿐만 아니라 술자의 숙련도에 따라 결과가 영향을 받는다는 단점이 있었다.

1990년 중반에 소개된 5세대 상아질 접착제는 프라이머와 접착제를 혼합한 형태의 단일 용액형(one-bottle system) 접착제로 여러 단계의 술식 과정을 줄이고 임상적으로 간편하게 사용하기 위하여 개발되었는데, 산부식도와 습윤성 조절과 같은 술식 민감도는 여전히 문제점으로 남아있다.

또 다른 술식 단순화 방법으로 산부식과 수세과정을 생략하고 법랑질과 상아질을 약산성 프라이머를 이용하여 처리한 후 바로 접착제를 도포하는 2단계 자가부식형 프라이머 시스템(self-etching primer system)이 소개되었으며, 최근에는 산성 프라이머와 접착제를 사용 전에 미리 혼합하여 사용하는 1단계 자가부식형 접착제인 all-in-one 또는 self-etching adhesives가 6세대 접착제로 명명되어 소개되고 있다.

또한 가장 최근에는 단일용기 안에 에칭, 프라이

머, 접착제가 모두 들어있는 7세대 접착제가 소개되었는데 이는 6세대 접착제에서 산성 프라이머와 접착제를 사용 전에 혼합하는 과정이 필요 없기 때문에 적절한 접착만 이루어진다면 가장 이상적인 접착제라고 할 수 있겠다.

제조사에 따르면 자가부식형 접착제는 상아질 탈회와 동시에 접착제의 침투가 일어나는데 산성 모노머가 도말층을 지나 하방의 상아질까지 도달할 수 있게 하여 불완전한 레진침투에 의한 결합력 약화나 내구성 저하를 줄일 수 있으며, 탈회 후 수세하지 않으므로 혼성층에 의한 접착뿐 아니라 다양한 기능성 모노머에 의한 화학적 결합도 기대할 수 있다고 하였다.

그러나 Miyazaki 등¹⁾에 의하면 이러한 자가부식형 접착제가 약산성 용액을 사용하기 때문에 인산을 이용한 산부식형 접착제처럼 법랑질을 충분히 부식시킬 수 없고 부식형태 또한 명확하지 않아 레진 tag에 의한 기계적 유지 저하로 결합강도가 감소한다고 하였다. 반면 Perdiago 등²⁾은 자가부식형 프라이머의 법랑질 부식형태가 비록 덜 명확하긴 하지만 전단결합강도와는 상관관계가 없다고 하였으며, Kanemura 등³⁾은 자가부식형 접착제가 삭제된 법랑질에서는 좋은 결합력을 보였으나 삭제되지 않은 법랑질에서는 낮은 결합력을 보인다고 하였다. 또한 권태엽 등은 자가부식형 접착제가 산부식형 접착제보다 낮은 결합강도를 보였으나 인산으로 전처리한 경우엔 산부식형 접착제와 차이가 없다고 하였다⁴⁾.

이 연구에서도 일반적으로 약산에 의한 법랑질 탈회가 불충분하기 때문에 자가부식형 접착제의 프라이밍 시간을 증가시키거나 인산을 이용한 전처리가 법랑질과의 결합력을 증가시킬 수 있을 것이라는 가설 하에 연구를 시행하였다. 그리고 일반적으로 널리 쓰이고 있는 산부식을 이용한 5세대 접착제와의 전단결합강도를 비교해보고 각각의 파절양상을 관찰해 봄으로써 자가부식형 접착제의 장단점과 효과적인 임상적용을 알아보는데 그 목적이 있다.

연구 재료 및 방법

연구재료로는 산부식형 접착제인 Single Bond(3M ESPE Dental Products, U.S.A.)를 대조군으로 사용하였고, 최근에 소개된 2종의 자가부식형 접착제인 Xenon III (DENTSPLY DeTrey GmbH, Konstanz, Germany)와 iBond(Heraeus Kulzer, Germany)를 실험군으로 사용하였다. 각각의 종류와 구성성분은 Table 1과 같다.

Table 1. Bonding systems used in this study.

classification	system	composition
self-etching	Xeno III	2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA) Water, Ethanol Butylated hydroxy toluene (BHT) High dispersed silicon dioxide Nanofillers Phosphoric acid modified methacrylate(Pyro-EMA) pH=1.1 Mono fluoro phosphazene modifiedmethacrylate(PEM-F) Urethane dimethacrylate (UDMA) Camphorquinone Ethyl-4-dimethylaminobenzoate (EPD)
	iBond	UDMA 4-methacryloxyethyl-trimellitic acid (4-META) pH= 2.2 Water, Acetone Camphorquinone Glutaraldehyde Stabilizer Fillers-none
acid-etching	Single Bond	Bis-GMA HEMA Polyalkenoic acid copolymer Water, Ethanol Initiator

법랑질 표면의 산부식제로는 35% 인산(Ultradent product, Inc. U.S.A.)을 사용하였고 충전용 레진으로는 Z250(3M ESPE Dental Products, U.S.A.)을 사용하였다.

우식에 이환되거나 충전되지 않은 최근에 발거한 대구치들을 레진 블록에 수평으로 매몰하고 증류수

에 담가 보관하였다. 각각의 레진 블록을 주수 하에 삭제하여 법랑질 협측면을 노출시키고 #600 사포로 10회 연마하였다. 그리고 초음파 세척기를 이용하여 삭제시 형성된 잔사를 제거하기 위해 3분간 세척하였다. 시편은 법랑질의 표면처리 방법에 따라 모두 7개 군으로 나누었고, 각 군당 10개씩의 치아를 사용하였다. 각 군들의 법랑질 처리과정은 Table 2와 같다.

Table 2. Surface treatments of control and experimental groups.

Group	Code	System	treatment procedure
1	S-E	Single Bond	etching(15s), rinsing(10s), blot drying, adhesive apply(2 coat), gentle air dry(2-5s), light cure(10s)
2	X-30	Xeno III	mix primer A&B(5s), apply(2~3 coat) & wait (30s), gentle air dry(2s), light cure(10s)
3	X-60	Xeno III	apply & wait(60s)
4	X-E	Xeno III	etching(15s), rinsing(10s), blot drying, mix primer A&B(5s), apply(2~3 coat), gentle air dry (2s), light cure(10s)
5	I-30	iBond	open single-dose, apply(3 coat) & gentle rubbing(30s), gentle air dry(5~10s),light cure(20s)
6	I-60	iBond	apply & gentle rubbing(60s)
7	I-E	iBond	etching(15s), rinsing(10s), conventional dry (2~3s), open single-dose, apply(3 coat), gentle air dry(5~10s), light cure(20s)

1) 1 군 (S-E 군)

대조군으로서 산부식형 접착제인 Single Bond를 사용하였다. 법랑질 표면을 35% 인산으로 15초간 산부식한 후 10초간 물로 세척하고 약간 습한 표면이 되도록 면구로 건조한 다음 Single Bond를 2회 도포하였다. 2-5초간 부드럽게 공기로 건조시킨 후 10초간 광중합하였다.

2) 2 군 (X-30 군)

자가부식형 접착제인 Xenon III를 제조회사의 지침에 따라 표면처리 하였다. 용액 A와 B를 가볍게 흔들어준 다음 동량을 5초간 혼합하여 법랑질 표면에 충분히 도포하고 액이 침투하도록 30초간 기다

린 후 2초간 공기로 가볍게 건조하여 접착제가 일정하게 퍼지도록 한 후 10초간 광중합하였다.

3) 3 군 (X-60 군)

XenoⅢ를 2군과 동일하게 처리하였으며 프라이밍 시간을 2배 늘려 60초간 기다린 후 10초간 광중합하였다.

4) 4 군 (X-E 군)

XenoⅢ를 도포하기 전에 먼저 35% 인산으로 15초간 산부식한 후 10초간 물로 세척하고 약간 습한 표면이 되도록 면구로 건조하였다. 그 후 용액 A와 B를 동량으로 5초간 혼합하여 법랑질 표면에 충분히 도포한 다음 기다리지 않고 2초간 공기로 부드럽게 건조시킨 후 10초간 광중합하였다.

5) 5 군 (I-30 군)

자가부식형 접착제인 iBond를 제조회사의 지침에 따라 표면처리 하였다. 일회용 포장을 흔들어주고 개봉한 후 면구에 접착제를 적셔 법랑질 표면에 3회 도포한 후 30초간 부드럽게 문질러주었다. 5-10초간 공기를 부드럽게 불어 물과 솔벤트를 증발시키고 표면이 반짝이는 상태가 되도록 한 후 20초간 광중합하였다.

6) 6 군 (I-60 군)

iBond를 5군과 동일하게 처리하였으며 프라이밍 시간을 2배 늘려 60초간 적용한 후 20초간 광중합하였다.

7) 7 군 (I-E 군)

iBond를 도포하기 전에 먼저 35% 인산으로 15초간 산부식한 후 10초간 물로 세척하고 약간 습한 표면이 되도록 면구로 건조하였다. 그 후 5군과 동일하게 접착제를 법랑질 표면에 3회 도포한 후 바로 5-10초간 부드럽게 공기를 불어 물과 용매를 증발시키고 20초간 광중합하였다.

각각의 시편을 표면처리한 후 polyethylene ring(직경 3.2 mm, 높이 2 mm)을 치면에 고정하고 복합레진을 긴밀하게 충전한 다음 광강도가 500 W/cm²인 광중합기 VIP JR(Bisco inc, U.S.A)로 60초간 충분히 중합시켰다. 각 군들의 모든 시편은

실온의 증류수에 24시간 동안 보관한 후 전단결합강도를 측정하였다. 전단결합강도 측정은 만능시험기(Instron 4465, England)를 이용하여 접착면에 수직으로 하중이 가해지도록 고정한 후 분당 1 mm의 속도로 최대하중 값을 측정하였다. 이때 측정된 값을 법랑질의 접착단면적으로 나누어 결합강도 값을 MPa로 환산하였고, 측정하여 얻어진 각 실험군의 평균값을 그 군의 전단결합강도로 하였다. 각 실험군 간의 유의성은 Tukey multiple comparisons test로 검정하였고 유의수준 5%에서 분석하였다.

측정을 마친 후 광학 현미경(Nikon SMZ-U, Japan) 10배율을 이용하여 각 군들의 법랑질 표면의 파절양상을 비교 관찰하였다.

연구 성적 및 결과

1. 전단결합강도

각 실험군의 법랑질 표면에서의 전단결합강도는 Table 3과 같다. 혼합형 자가부식형 접착제인 XenoⅢ를 사용한 2, 3, 4군의 전단결합강도는 각각 9.56, 14.70, 18.79 MPa이었고, 단일병 자가부식형 접착제인 iBond를 사용한 5, 6, 7군의 경우에는 각각 9.22, 9.58, 14.29 MPa이었다. 그리고 대조군으로 Single Bond를 사용한 1군은 20.43 MPa의 전단결합강도를 보였다.

Table 3. Means and Standard Deviations(SD) of shear bond strength to enamel.

Group	Code	System	Means ± SD (MPa)	*
1	S-E	Single Bond	20.43 ± 6.27	a
2	X-30	XenoⅢ	9.56 ± 2.71	b,d
3	X-60	XenoⅢ	14.70 ± 3.22	c
4	X-E	XenoⅢ	18.79 ± 3.21	a,c
5	I-30	iBond	9.22 ± 2.30	d
6	I-60	iBond	9.58 ± 3.12	b,d
7	I-E	iBond	14.29 ± 2.50	b,c

*note : groups with the same superscript letters within column are not statistically different(p>0.05)

산부식형 접착제(1군)가 자가부식형 접착제(2, 5군)보다 높은 전단결합강도를 보였으며($P < 0.05$), 자가부식형 접착제를 사용한 2군과 5군 간에는 유사한 전단결합강도를 보였다($P > 0.05$).

또한 자가부식형 접착제의 프라이밍 시간을 2배 증가시킨 경우, pH가 1.1로 산성도가 비교적 높은 Xeno III (2, 3군 비교)에서는 전단결합강도가 53% 증가 하였으나, pH가 2.2로 산성도가 비교적 낮은 iBond (5, 6군 비교)에서는 차이가 없었다($P > 0.05$).

그리고 자가부식형 접착제를 사용하기 전에 35% 인산으로 전처리한 경우, Xeno III와 iBond의 법랑질과의 전단결합강도(2, 4군 및 5, 7군 비교)가 각각 95%, 55% 증가하였으며, 이중 Xeno III의 경우엔 Single Bond를 사용한 산부식형 접착제와 유사한 전단결합강도를 보였다. ($P > 0.05$).

2. 광학현미경 관찰

법랑질 표면의 파절양상을 광학 현미경으로 관찰 비교한 결과는 Table 4와 같으며, 접착계면의 파절 형태는 Fig. 1과 같다. 법랑질 표면의 파절양상은 2, 5, 6군의 시편에서는 접착성 파절로, 1, 3, 4, 7군에서는 응집성 파절로 나타났다.

Table 4. Bond fracture mode after the test.

Group	Code	System	Fracture mode
1	S-E	Single Bond	cohesive fracture
2	X-30	Xeno III	adhesive fracture
3	X-60	Xeno III	cohesive fracture
4	X-E	Xeno III	cohesive fracture
5	I-30	iBond	adhesive fracture
6	I-60	iBond	adhesive fracture
7	I-E	iBond	cohesive fracture

1) 1군에서는 접착부위 중앙에서 법랑질이 약 40% 파괴된 흔적이 관찰(중앙에 진한부분)되었으며, 레진 수복물에 법랑질 일부분이 접착되어 함께 파절된 응집성 파절(cohesive fracture) 양상을 보였다.

2) 2군에서는 파절면에 잔류하는 레진이 거의 없었으며, 법랑질과 접착제 계면에서 접착성 파절(adhesive fracture) 양상을 보였다.

3) 3군은 1군과 비슷한 양상이며 접착부위 중앙에서 법랑질이 약 50% 파괴된 흔적(중앙에 진한부분)이 관찰되었다. 아랫쪽 진한부분이 법랑질이고 다른 대부분 부위에는 접착제나 콤포짓트 레진이 잔류하고 있다. 레진내에서 응집성 파절양상을 보였다.

4) 4군은 1군과 비슷한 양상이며 접착부위 중앙에서 법랑질이 약 30% 파괴된 흔적이 관찰되었으며, 대부분의 부위에 접착제나 콤포짓트 레진이 잔류된 응집성 파절양상을 보였다.

5) 5군은 2군과 비슷한 양상을 보였다. 파절면에 잔류하는 레진이 거의 없었으며 접착성 파절양상을 보였다.

6) 6군에서도 2군과 비슷한 양상이며 접착성 파절양상을 보였다.

7) 7군은 1군과 비슷한 양상이며 대부분 부위에서 접착제나 콤포짓트 레진이 잔류하고 있는 응집성 파절양상을 보였다.

총괄 및 고찰

4세대 이후의 접착제들은 산부식과 친수성 프라이머를 이용하여 치질과 높은 결합강도를 보여주었다. 그러나 인산을 이용한 산부식은 법랑질을 효과적으로 부식시켜 다공성의 표면을 만들 수는 있으나 상아질의 과도한 부식이나 과건조 및 과습윤에 의한 접착력 저하를 초래할 수 있고 또한 도말층의 제거와 상아세관의 노출로 치수 과민성 및 상아세관액 역류로 접착에 나쁜 영향을 줄 수도 있었다.

이에 비해 자가부식형 접착제는 약산성 모노머를 이용하여 탈회와 동시에 접착제를 침투시키기 때문에 산부식의 여러 문제점들을 예방할 수 있으며, 사용하기 쉽고 술식 민감도도 비교적 적다고 할 수 있다. 그러나 이러한 자가부식형 접착제는 용매로

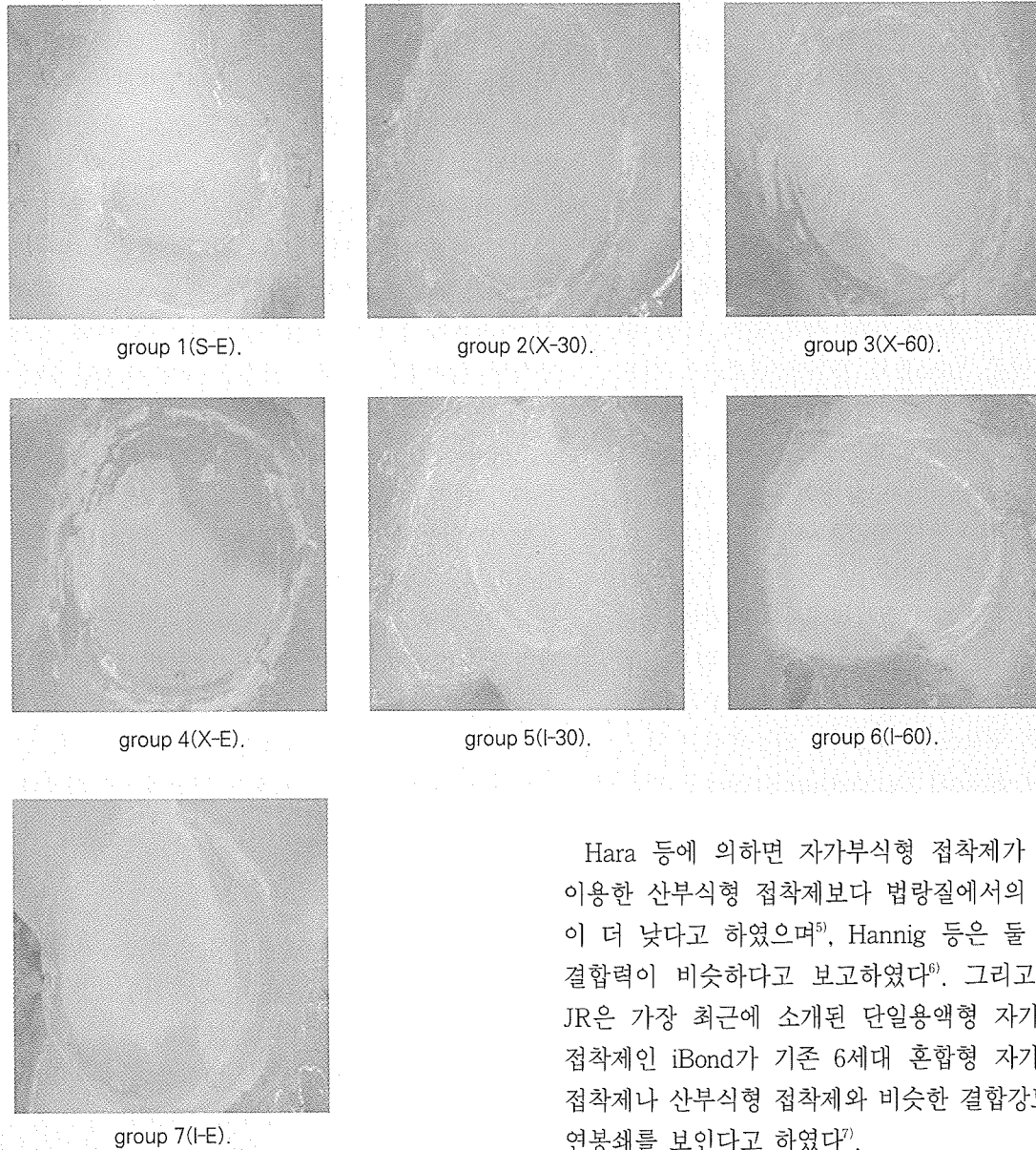


Fig 1. Optical microscopic images(X10) of the fractured interfaces.

사용되는 물을 완전히 제거하기 어려워 접착제면에 잔류할 가능성이 있으며, 또한 대부분 약산성을 띠기 때문에 범랑질을 충분히 부식시킬 수 없어 범랑질에서의 결합강도가 의문시 되어왔다.

Hara 등에 의하면 자가부식형 접착제가 인산을 이용한 산부식형 접착제보다 범랑질에서의 결합력이 더 낮다고 하였으며⁵⁾, Hannig 등은 둘 사이의 결합력이 비슷하다고 보고하였다⁶⁾. 그리고 Dunn JR은 가장 최근에 소개된 단일용액형 자가부식형 접착제인 iBond가 기존 6세대 혼합형 자가부식형 접착제나 산부식형 접착제와 비슷한 결합강도와 변연봉쇄를 보인다고 하였다⁷⁾.

본 실험에서는 산부식형 접착제인 대조군의 전단 결합강도가 20.43 MPa로 가장 높았으며, 자가부식형 접착제인 2군의 전단결합강도는 9.56 MPa 이었고, 5군의 경우에는 9.22 MPa을 보여 산부식형 접착제보다 유의하게 낮은 전단결합강도를 나타내었다.

한편 Gordan 등은 자가부식형 접착제의 범랑질

탈회와 침투가 매우 미약하기 때문에 부가적인 산 부식이 결합력을 증가시키는데 더 효과적이고 더 일정한 레진 tag를 만들어준다고 하였으며⁸⁾, Miguez 등도 인산으로 전처리한 경우에 더 높은 결합력을 보였으며 수복물이 주로 법랑질 결합에 의존할 경우엔 반드시 산부식 단계를 거쳐야한다고 하였다⁹⁾.

본 실험에서도 XenoⅢ와 iBond를 인산으로 전처리한 4군과 7군의 법랑질에서의 전단결합강도가 2군(X-30)과 5군(I-30)에 비해 각각 95%, 55% 증가하였으며, 이중 XenoⅢ의 경우엔 대조군인 산부식형 접착제와 유사한 수준이었다.

그러나 인산과 같은 강산을 이용한 산부식은 상아질 접착에는 바람직하지 않을 수 있다. Torii 등에 의하면 자가부식형 접착제를 적용하기 전에 인산으로 법랑질을 산부식시키면 부식형태가 깊어지고 레진 tag도 두꺼워져 법랑질에서의 결합력은 증가하였으나, 상아질에서는 너무 깊게 탈회되어 오히려 접착제가 도달하지 못하는 부위가 생기고 또한 교원섬유의 위축으로 결합력이 감소한다고 보고 하였다¹⁰⁾. 또한 Kato와 Nakabayashi(1998)도 인산을 이용하여 미리 산부식한 경우 상아질의 지나친 탈회로 교원섬유의 변성을 일으키고 결합내구성도 감소시킨다고 하였다¹¹⁾. 본 실험에서는 이러한 위험성을 줄이고 불충분한 법랑질의 탈회를 증가시키기 위해 자가부식형 접착제의 프라이밍 시간을 제조회사의 지침보다 2배 더 증가시켜 실험해 보았다.

Perdiago 등의 연구에 의하면 자가부식형 접착제의 프라이밍 시간을 30초와 60초 적용한 경우 법랑질에서의 결합력에 차이가 없었다고 하였으며²⁾, Itou 등도 프라이밍 시간을 증가시키면 탈회가 많아져 레진 tag와 혼성층은 두꺼워지지만 결합력은 증가하지 않았으며 시간을 짧게 했을 경우에도 상아질에서와 달리 법랑질에서의 결합력은 감소하지 않는다고 하였다²⁾.

본 실험에서는 pH 1.1로 산성도가 높은 XenoⅢ의 경우엔 3군이 2군에 비해 전단결합강도가 53%

증가하였으나, pH 2.2로 산성도가 비교적 낮은 iBond의 경우에는 차이가 없었다. 이는 제품의 산성도가 법랑질 탈회 및 침투력에 중요한 역할을 하기 때문에 서로 다른 결과가 나온 것으로 추측되며 이에 대한 다양한 방법의 연구가 좀 더 필요하다고 생각된다.

이 연구결과로 볼 때 아직까지는 산부식형 접착제가 자가부식형 접착제보다 법랑질에서의 전단결합강도가 더 높았으며, 현미경 관찰에서도 산부식형 접착제가 응집성 파절양상을 보인데 반해 자가부식형 접착제는 접착성 파절을 보여 아직은 개선의 여지가 필요하다고 할 수 있다.

그러나 자가부식형 접착제는 술식이 편리하고 사용하기 쉽기 때문에 임상적으로 많은 영역에서 이용할 수 있으며, 제품의 구성성분과 산성도에 따른 접착기전을 잘 이해하고 숙지하여 정확하게 사용하는 것이 무엇보다도 중요하다고 생각한다. 또한 법랑질과의 결합력을 증가시키기 위해 법랑질만 선택적으로 인산으로 전처리하는 것이 아주 효과적이고, 산성도가 높은 제품에서는 프라이밍 시간을 증가시키는 것도 좋은 방법이라는 것을 알 수 있었다.

결론

자가부식형 접착제와 산부식형 접착제의 법랑질에 대한 전단결합강도를 비교하고 자가부식형 접착제의 프라이밍 시간 증가와 인산을 이용한 전처리가 법랑질과의 결합력에 미치는 영향을 평가해 보고자 하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 산부식형 접착제가 자가부식형 접착제보다 법랑질에 대한 전단결합강도가 높았으며 ($P < 0.05$), 자가부식형 접착제를 사용한 군 간에는 유사한 전단결합강도를 보였다($P > 0.05$).
- 2) 자가부식형 접착제의 프라이밍 시간을 2배 증가시킨 경우, 산성도가 높은 XenoⅢ에서는 법랑질에서의 전단결합강도가 53% 증가하였으나 산성도가 비교적 낮은 iBond에서는 차이가

없었다.

- 3) 자가부식형 접착제를 사용하기 전에 인산을 이용하여 전처리한 경우, XenoⅢ와 iBond에서 전단결합강도가 각각 95%, 55% 증가하였으며, 이중 XenoⅢ의 인산 전처리군은 산부식형 접착제와 유사한 수준이었다($P>0.05$).
- 4) 법랑질 계면의 파절양상은 자가부식형 접착제

의 시편에서는 접착성 파절이, 산부식형 접착제와 자가부식형 접착제중 인산으로 전처리한 군 그리고 프라이밍 시간을 증가시킨 XenoⅢ군에서는 응집성 파절이 일어났다.

- 5) 전단결합강도가 높은 실험군에서는 응집성 파절이, 낮은 실험군에서는 접착성 파절양상을 보였다.

참 고 문 헌

1. Myazaki M, Iwasaki K, Onose H, et al. Enamel and dentin bond strengths of single application bonding systems. *Am J Dent* 2001; 14: 361-3662.
2. Perdiago J, Lopes L, Lambrechts P, et al. Effects of a self-etching primer on enamel shear bond strengths and SEM morphology. *Am J Dent* 1997; 10: 141-146
3. Kanemura N, Sano H, Tagami J. Tensile bond strength to and SEM evaluation of ground and intact enamel surfaces. *J Dent* 1999; 27:523-530
4. 권태엽, 권용훈, 김교한 등. 상아질 접착제의 적용이 법랑질 접착에 미치는 영향. 대한 치과 기재학 회지 2003; 30: 199-208.
5. Hara AT, Amaral CM, Pimenta LA, Sinhorette MA. Shear bond strength of hydrophilic adhesive systems to enamel. *Am J Dent* 1999; 12: 181-184
6. Hannig M, Reinhardt KJ, Bott B. Self-etching primer vs. phosphoric acid: an alternative concept for composite-to-enamel bonding. *Oper Dent* 1999; 24:172-180
7. Dunn JR. iBond: the seventh-generation, one-bottle dental bonding agent. *Compend Contin Educ Dent*. 2003 Feb; 24(2 Suppl): 14-18
8. Gordan VV, Vargas MA, Denehy GE. Interfacial ultrastructure of the resin-enamel region of three adhesive systems. *Am J Dent* 1998; 11: 13-16
9. Miguez PA, Castro PS, Nunes MF, et al. Effect of acid-etching on the enamel bond of two self-etching systems. *J Adhes Dent* 2003 summer; 5: 107-112.
10. Torii Y, Itou K, Ishikawa K, et al. Effects of phosphoric acid etching primer to self-etching primer application on adhesion of resin composite to enamel and dentin. *Am J Dent* 2002; 15: 305-308
11. Kato G, Nakabayashi N. The durability of adhesion to phosphoric acid etched, wet dentin substrates. *Dent Mater* 1998; 14: 347-352
12. Itou K, Torii Y, Takimura T, et al. Effects of priming time on tensile bond strength to bovine teeth and morphologic structure of interfaces created by self-etching primers. *Int J prosthodont* 2001; 14: 225-230