

부가적 산부식 시간에 따른 자가 산부식 접착제의 법랑질 전단결합강도

이형숙 · 김성기 · 이동수 · 김 신 · 정태성

부산대학교 치의학전문대학원 소아치과학교실

국문초록

이 연구의 목적은 유치와 영구치의 법랑질에 자가 산부식 접착제 적용 전 부가적인 산부식 시간을 달리 하였을 때, 전단결합강도에 미치는 영향을 알아보기 위함이다. 각각 65개의 발거된 건전한 유치와 영구치 협, 설면 법랑질 시편을 제작하고 두 종류의 자가 산부식 접착제를 적용하였다. 실험군은 Clearfil™ SE bond, Adper™ Prompt™ L-pop™으로 처리한 두 개 군으로 나누고, 이를 다시 산부식 시간에 따라 여섯 군(0, 5, 10, 15, 20, 30 초)으로 분류하였다. 대조군으로는 total-etching system인 Adper™ Scotchbond™ Multi-purpose plus를 사용하였다. 접착제 처리면을 복합레진으로 충전하고 24시간 경과 후 전단결합강도를 측정하고 Mann-Whitney test 와 Kruskal-Wallis test를 사용하여 통계분석 하였다. 결과는 자가 산부식 접착제를 적용한 군은 유치, 영구치 모두에서 total etching system에 비해 낮은 전단 결합강도를 보였다. 자가 산부식 접착제 사용 군내에서 산부식을 추가로 시행하였을 때 유치와 영구치 모두에서 결합강도가 증가하였으며, 10초 이상 산부식을 시행한 경우 결합력의 차이는 없는 것으로 나타났다. 유치와 영구치간 결합력의 차이는 인정되지 않았다. 결론적으로, 자가 산부식 접착제의 법랑질에 대한 전단결합강도는 유치, 영구치 모두에서 10초 이상의 부가적 산부식이 결합력의 증가에 유리하게 작용하는 것으로 나타났다.

주요어 : 자가 산부식 접착제, 부가 산부식, 전단결합강도, 법랑질

I. 서 론

최근, 접착제 적용의 간소화와 작업시간의 단축, 기술 민감도를 줄이려는 요구가 증가하게 되면서 자가산부식 접착제에 대한 관심이 증가하고 있다. 자가산부식 접착제의 접착 원리는 친수성 산성 단량체를 사용하여 법랑질과 상아질면에서 탈회와 레진 침투가 동시에 일어나도록 하여 치질과 접착제 간에 연속체를 형성하는 것이다¹⁾. 장점으로는 산부식과 전처리 단계를 동시에 시행함으로써 기존의 total etching system과 비교시 수세, 건조 과정이 생략되어 작업 시간을 단축시킬 수 있게 되었다. 또한, 근래에 산부식제, 전 처리제 및 접착 레진의 3가지 성분을 모두 혼합하여 사용하는 all-in-one system이 개발되면서 적용 과정이 더욱 간소화 되었다. 더우기 이러한 접착 시스템에는 수분이 필수적으로 함유되어 있기 때문에, 탈회된 콜라겐 기질의 수화 상태 변이에 따른 기술 민감도 또한 줄어들게 되었다²⁾.

그러나 이러한 장점에도 불구하고, 자가산부식 접착제의 법랑질에 대한 결합강도에 있어서 기존의 산부식 방법과 비견할 영구적인 결합력을 제공 여부에 관한 의문이 계속해서 제기되어 왔다³⁻⁵⁾. Miranda 등⁶⁾은 4종의 접착 시스템을 유치 법랑질에 적용 후 전단 결합 강도를 측정한 결과, 자가 산부식 접착제는 기존의 35% 인산을 적용시 결합강도(20-30 MPa)와 비슷한 정도의 결합강도를 보인다고 보고하였다. 이에 반해, Hara 등⁷⁾은 삭제된 법랑질에 대한 자가산부식 접착제의 결합력은 기존의 인산을 사용한 total etching system이나 one bottle system 과 비교하였을 때 더 낮은 결합력을 보인다고 하였으며, 이는 다른 연구자들도 보고한 바 있다^{3,8)}.

법랑질에 대한 자가 산부식 접착제의 결합 강도에 영향을 미칠 수 있는 요소로는 자가 산부식 접착제의 탈회 능력^{2,9)}, 접착제를 적용할 법랑질 면의 연마 여부⁵⁾, 자가 산부식 접착제의 응집강도^{2,10)}, 그리고 적용 방법 등을 들 수 있다.¹¹⁾ 자가 산부식

교신저자 : 정 태 성

626-810 경남 양산시 물금읍 범어리 / 부산대학교 치의학전문대학원 소아치과학교실 / 055-360-5181 / tsjeong@pusan.ac.kr

원고접수일: 2009년 06월 19일 / 원고최종수정일: 2009년 09월 25일 / 원고채택일: 2009년 10월 08일

*본 연구는 2009년도 부산대학교병원 임상연구비 지원으로 이루어졌음.

접착제는 기존의 산부식에 사용되는 인산에 비해 약산이기 때문에, 이를 적용한 범랑질의 표면 형태는 35%나 37% 인산으로 처리한 산부식 양상만큼 깊고 현저하지 못하다고 하였다^{2,9)}. 그러나 범랑질면을 diamond bur나³⁾, 인산으로 전 처리하였을 경우 결합강도가 유의하게 증가되었으며¹²⁻¹⁴⁾, 산부식 양상도 뚜렷해 졌다는 보고가 있다¹⁵⁾.

유치와 영구치에 대한 자가 산부식 접착제의 결합력에 대한 비교 연구에서는 상반되는 다양한 결과를 보이고 있다^{16,17)}. Germán 등¹⁶⁾은 자가 산부식 접착제의 유치와 영구치에 대한 결합 강도를 측정할 결과 유의한 차이를 보이지 않으며, 치아 유형보다는 실제 환자의 연령과 관계된 치령과 이에 따른 석회화 정도가 더 큰 영향을 미친다고 하였다. 반면, Uekusa 등¹⁷⁾은 두 종류의 all-in-one system을 유치와 영구치에 적용한 결과, 유치에서 더 낮은 결합강도를 보였으며, 이것은 유치의 무기물 함량이 더 낮기 때문이라 하였다.

문헌 고찰 결과와 같이 유치와 영구치 범랑질에 대한 결합력의 비교 연구 및 기존의 total etching system과 자가산부식 시스템이 결합력에 미치는 영향에 대한 연구는 연구자 간에 상반되는 결과를 보고하고 있는 실정이다. 따라서 이 연구에서는 유치와 영구치의 범랑질에 대해 자가 산부식 접착제를 적용한 후 전단 결합강도를 측정 비교함으로써 유치와 영구치간 결합력의 차이를 알아보고, 부가적인 산부식이 결합력에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구재료

우식이나 수복물이 없고 표면에 crack이 없는 최근 30일 이내에 발거된 65개의 유치와 대구치를 사용하였다. 한 개의 치아에서 협설면으로 두 개의 시편을 제작하여 유치 영구치 각각 130개의 시편을 만들었으며 유치 영구치를 분류하여 Table 1의 표면 처리 방법에 따라 군을 나누어 무작위로 시편을 배정하였다. 실험에 사용된 자가 산부식 접착제는 two-step self etching system인 Clearfil™ SE bond (Kuraray, Osaka, Japan), all-in-one system인 Adper™ Prompt™ L-pop™, (3M ESPE, Dental products, St Paul, MN, U.S.A.) 이었고, 대조군으로는 total-etching system인 Scotchbond™ Multi-purpose plus(3M EPSE, Dental products, St Paul, MN, U.S.A.)를 사용하였다. 본 실험에 사용한 접착제의 화학적 조성 및 산도는 Table 2에 표시하였다. 산부식제로는 35% 인산 젤인 Ultra-etch® (Ultradent Products, South Jordan, U.S.A.)을 이용하였으며, 충전용 레진은 Filtek Z250™ (3M ESPE, Dental products, St Paul, MN, U.S.A.)을, 광중합기로는 BluePhase® (Ivoclar Vivadent, Shann, Liechtenstein)을 사용하였다.

2. 시편 제작

치과용 큐렛으로 치아에 부착된 연조직을 제거하고 실험에 투입되기 전까지 0.1% thymol에 보관하였다. 치과용 high speed bur를 이용하여 치아의 편평한 면을 (설면, 순면) 범랑질과 상아질 모두 포함하도록 가로 세로 3 × 3 mm, 두께 2 mm로 절단하여 한 치아에서 2개의 범랑질 절편을 제작하였다. 절단 중 표면에 crack이 생기거나 편평하지 못한 절편은 제외시켰다. 잘라낸 범랑질 절편은 편평한 면이 수평면에 평행하게 노출되도록 하여 직경 12 mm, 높이 3 mm의 주형을 사용하여 교정용 아크릴릭 레진(Orthodontic Resin®, Dentsply/Detrey, Konstanz, Germany) 으로 포매하였다. 24시간 후 # 600 grit 실리콘 카바이드 연마지를 이용하여 노출된 범랑질 표면을 편평하게 연마하고, 불소가 함유되지 않은 pumice를 사용하여 세척하였다.

상아질 접착제의 종류에 따라 Clearfil™ SE bond로 처리한 SE군, Adper™ Prompt™ L-pop™, 으로 처리한 PL군으로 나누고 시편을 무작위로 배정하였다. 각 군은 부가적인 산부식 시간에 따라 다시 여섯 군(0초, 5초, 10초, 15초, 20초, 30초)으로 나누었으며, 시편은 각 군 당 10개씩 배정하였다. 대조군은 Scotchbond™ Multi-purpose plus로 처리한 SM군으로 설정하였다. 시편의 노출된 범랑질 표면에 각 군에 따라 산부식 시간을 달리하여 적용 한 다음, 각 각의 상아질 접착제를 제조회사의 지시(Table 3)에 따라 도포 후 10초간 광중합 하였다. 직경 2 mm, 높이 2.5 mm의 폴리에틸렌 튜브를 접착제가 도포된 치아 표면에 고정 시키고 복합레진(Filtek Z250, A2)으로 충전 후 40초간 광중합 하였다.

3. 전단결합강도의 측정

시편은 37℃ 탈이온수에 24시간 보관 후 전단 결합 강도를 측정하였다. 전단 결합 강도는 shear bond test machine (R&B Inc., Daejeon, Korea)을 사용하여 측정하였다. 시편은 mounting jig에 고정시키고, 시편과 레진 충전물의 계면에 힘이 가해지도록 위치를 조정하였다. 파절이 일어나는 순간의 최대 하중 강도 값이 Newton으로 기록되었고, 이를 상아질 접착제의 적용 단면적으로 나누어서 단위면적당 전단결합 강도 값을 MPa로 계산하였다.

4. 통계 처리

유치와 영구치의 전단 결합 강도 차이를 알아보기 위해 Mann-Whitney test를 사용하였으며, 접착제 종류와 산 부식 시간에 따른 전단 결합 강도의 차이를 알아보기 위해서는 Kruskal-Wallis test를 사용하였다. 통계처리 프로그램은 Windows용 SPSS 12.0를 사용하였다.

Table 1. Groups following surface treatment methods

adhesive	pretreatment of enamel	number of samples
Scotchbond™	-	10
Multi-purpose plus (SM)	not etched	10
	5 sec etched	10
	10 sec etched	10
	15 sec etched	10
	20 sec etched	10
Clearfil™ SE bond (SE)	30 sec etched	10
	not etched	10
	5 sec etched	10
Adper™ Prompt™	10 sec etched	10
	15 sec etched	10
L-pop™ (PL)	20 sec etched	10
	30 sec etched	10
	not etched	10

Table 3. Application method

Adhesive	Application method
Clearfil™ SE bond	1. Application of the primer with slight agitation(20 sec)
	2. Air Dry
	3. Application of one coat of the adhesives(15 sec)
	4. Air dry
	5. Light activation(10 sec)
Adper™ Prompt™	1. Activation of the blister package
	2. Application of the adhesive (15 sec under moderate finger pressure)
L-pop™	3. Air dry
	4. Light activation (10 sec)
	5. Scotchbond™
	6. Multi-purpose plus
Scotchbond™ Multi-purpose plus	1. Acid etching(15 sec), rinsing(15 sec) and air dry
	2. Application of the primer(10 sec)
	3. Air Dry
	4. Application of the adhesive
	5. Air dry
	6. Light activation (10 sec)

Table 2. Composition of self-etching adhesives and control tested

adhesive	component	composition	pH
Clearfil™ SE Bond (SE)	Primer	MDP, HEMA, Hydrophilic dimethacrylate dl-camphorquinone, aromatic tert-amine, Water	2
	BOND	MDP, Bis-GMA, Silnated colloidal silica, dl-Camphorquinone, HEMA* Hydrophobic dimethacrylate, N,N-diethanol-p-toludine,	
Adper™ Prompt™ L-Pop™ (PL)	Liquid 1	Methacrylated phosphoric esters, Bis-GMA, Initiators based on Camphorquinone, Stabilizers	1
	Liquid 2	water, HEMA, Polyalkenoic acid, Stabilizers	
Scotchbond™ Multi-purpose plus (SM)	Etchant	35% phosphoric acid	0.02
	Primer	HEMA, light cured polymer, water	
	Adhesive	Bis-GMA, HEMA	

MDP = 10-methacryloyloxy methacrylate; HEMA = 2-hydroxyethyl methacrylate ; Bis GMA = bisphenol-A glycidymethacrylate.

Ⅲ. 연구성적

각 군의 전단 결합 강도 측정 결과는 Table 4에 나타나 있다. 인산 전처리를 하지 않은 자가 산부식 접착제 군(SE, PL)은 유치, 영구치 모두에서 SM군에 비해 낮은 전단 결합 강도를 나타내었으며(p<0.05), SM>SE>PL 순이었다. 부가적인 산부식을 시행하였을 경우, 유치, 영구치 모두에서 접착제의 종류와 관계없이 결합력의 증가를 나타내었으나 10초 이상 산부식을 시행

한 경우 시간에 따른 결합력의 차이는 없었다. 유치, 영구치 모두에서 10초 이상의 산부식을 시행한 SE군은 SM군과 유의한 차이를 보이지 않았으나, PL 군은 산부식 시행 후에도 대조군에 비해 낮은 값을 보였다(Fig. 1, 2).

유치와 영구치간 결합 강도 비교에 있어서 자가산부식 시스템은 공히 유치가 영구치보다 낮은 값을 보였으나(Table 4), 통계적 유의성은 없는 것으로 나타났다(Table 5).

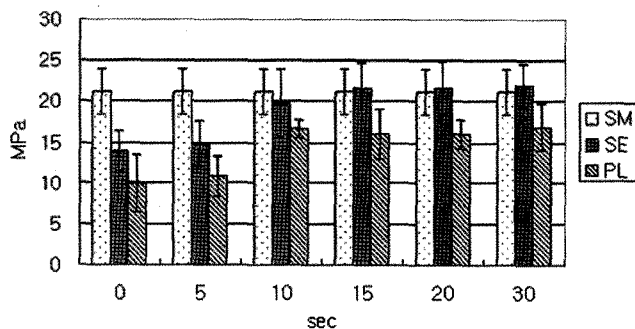


Fig 1. Shear bond strength(SBS) of the primary teeth experimental groups(SE, PL) and control group(SM). Groups under the horizontal line were not significantly different(p > 0.05).

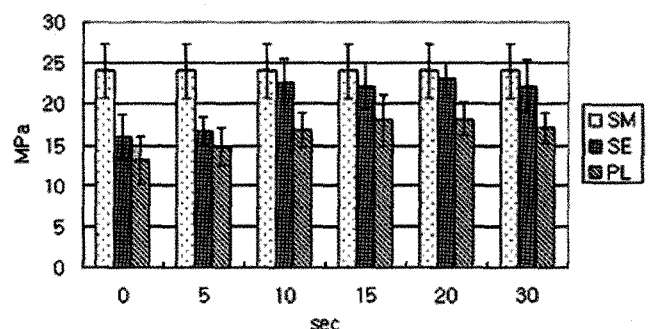


Fig 2. Shear bond strength(SBS) of the permanent teeth experimental groups(SE, PL) and control group(SM). Groups under the horizontal line were not significantly different(p > 0.05).

Table 4. Shear bond strength obtained from each group (MPa)

bonding agent	etching time* (sec)	primary teeth	permanent teeth
		Mean(SD)	Mean(SD)
Clearfil™ SE bond(SE)	0	13.99(2.31)	15.86(2.83)
	5	14.84(2.64)	16.72(1.77)
	10	19.76(4.09)	22.60(2.75)
	15	21.55(3.41)	23.03(2.99)
	20	21.61(3.20)	23.02(2.58)
	30	21.85(2.64)	22.10(3.21)
Adper™ Prompt™ L-pop™(PL)	0	9.92(3.61)	13.05(2.97)
	5	12.03(2.24)	14.23(2.53)
	10	16.64(1.10)	16.91(2.19)
	15	15.99(3.03)	18.02(3.08)
	20	15.99(2.95)	18.16(2.54)
Scotchbond™ Multi-purpose plus	30	16.85(2.78)	17.46(3.04)
	-	21.06(2.80)	23.94(3.48)

*Additional etching time

Ⅳ. 총괄 및 고찰

접착성 수복에 있어서 법랑질에 대한 효과적인 결합력은 변연부위의 미세누출을 줄여 이차 우식의 가능성 및 술후 민감성, 변색을 줄여주며, 더 보존적인 와동형성을 할 수 있도록 해 주기 때문에 매우 중요하다. total-etching system은 35% 인산을 이용하여 법랑질과 상아질을 동시에 산부식시켜 미세 소공을 형성하고 매끈한 치면을 불규칙한 면으로 바꿔게 하여 표면 에너지를 증가시킨다. 이 불규칙한 면에 저점도 접착 레진을 적용하면 레진이 표면에 침투되고 단량체가 중합되면서 미세한 레진 태그가 형성되며 이것이 법랑질과 접착 복합레진 간 결합의 기본 기전이 된다.

그러나 이러한 total-etching system은 수세, 건조 과정을 포함한 다단계의 복잡한 술식이 필요하며, 이 과정에서 과도한 산부식, 산부식 후의 과도한 건조, 상아질 습윤 정도 조절의 어려움으로 인해 기술 민감도가 크다는 단점이 있다. 이에 비해 자가 산부식 접착제는 적용단계가 줄어들면서, 작업시간과 기술 민감도를 낮출 수 있어, 특히 협조도가 떨어지는 어린이의 수복에 있어 큰 각광을 받게 되었다.

자가 산부식 접착제의 산부식 효과는 치아 기질의 무기물과 반응하여 탈회와 동시에 레진의 침투를 일어나게 하여 치질과 접착제간에 연속체를 형성하는 산성 기능성 모노머와 관계있다¹⁾. 자가 산부식 프라이머와 자가 산부식 접착제에 있는 반응 성분은 인산 에스테르(phosphate ester) 또는 카르복실산(carboxyl acid)와 메타아크릴릭 산(methacrylic acid)같은 산성 단량체의 혼화체로서 인산기는 법랑질을 부식하고 메타아크릴레이트는 접착제와 복합레진에 공중합하는데 이용된다⁸⁾. 이러한 과정을 통해 형성된 반응산물이나 잔존 인산 에스테르는 차후에 접착층 내로 중합되기 때문에 이들을 세척할 필요가 없게 된다¹⁸⁾.

자가 산부식 접착제는 같은 접착기전을 가지고 있더라도 중

Table 5. Stastical analysis between permanent vs primary enamel in Clearfil™ SE bond and Adper™ Prompt™ L-pop™.

Adhesive	Prior etching time (sec)	p value
SE	no etching	0.13
	5	0.06
	10	0.11
	15	0.50
	20	0.36
PL	30	0.88
	no etching	0.09
	5	0.08
	10	0.39
	15	0.11
20	0.20	
30	0.97	

(p>0.05 : not significantly different)

류에 따라 산성 모노머의 조성, 수분 함량, 적용단계, 산성도에 있어 차이가 있다. 산성도에 따라 이 시스템은 mild(pH2), moderate(1<pH<2), strong(pH<1)한 것으로 나눌 수 있으며, 이것은 중합 가능한 산과 산성 레진 모노머의 조성과 농도와 관련이 있다²⁾. 그러나 이 중 pH가 가장 낮은 것이라 할지라도 35% 인산에 비해 약산이기 때문에 법랑질에 대한 산부식 효과와 결합력에 대한 논란이 많다^{3,4)}. Pashley와 Tay²⁾는 세 가지 자가 산부식 접착제의 법랑질에 대한 결합강도를 기존의 인산을 사용한 total-etching system과 비교한 결과 모두 유의하게 낮은 결합 강도를 보인다고 하였으며, 산부식 능력과 접착제 resin의 강도가 자가 산부식 접착제의 결합에 중요한 영향을 끼친다고 하였다. 이에 반해 Perdigão 등³⁾은 자가 산부식 접착제에 의한 얇은 법랑질 산부식 양상과 결합 강도간의 연관성은 없다고 하였다.

본 실험에서는 유치, 영구치에 제조회사의 지시대로 상아질 접착제를 적용한 결과 자가 산부식 접착제가 대조군에 비해 결합강도가 유의하게 낮게 나와서, Pashley와 Tay²⁾의 연구와 일치한 결과를 보였다. 자가 산부식 접착제의 결합력이 total-etching system에 비해 저하될 수 있는 이유로는 여러 연구에서 자가 산부식 접착제가 약산으로 기존의 인산에 의한 산부식에 비해 얇은 산부식 양상을 보이기 때문에 결합강도와 영구성에 중요한 요소인 미세 기계적 결합이 감소된다는 것을 들고 있다²⁻⁴⁾. 뿐만 아니라 자가 산부식 접착제는 수세 과정이 없기 때문에 탈회 동안 방출되는 칼슘과 인 이온이 접착제 내에 함유된 프라이머의 산성기를 중화시킬 수 있다. 이러한 이온들의 농도가 증가할수록 pH가 높아져 수산화 인회석이 더 용해되는 것을 제한하는 경향이 있기 때문에 지속적인 탈회를 일으키지 못하게 되므로 탈회는 자가 제한적일 수 있다¹⁹⁾.

자가 산부식 접착제의 법랑질에 대한 결합력을 높이기 위해 접착제 적용전 35% 인산으로 산 전처리를 하는 방법이 연구되었으며, 인산처리 결과 결합강도가 현저하게 증가된다는 결과

가 보고되었다¹²⁻¹⁴⁾. Gordan 등²⁰⁾은 자가 산부식 접착제만 도포 시 법랑질 표면내로의 접착제 침투가 최소 혹은 일어나지 않는 반면에 이것들의 적용전 산부식을 하면 더 안정된 resin tag의 침투를 형성할 수 있다고 하였다. Van Landuyt 등¹³⁾도 자가 산부식 접착제 적용전 산부식을 하지 않은 군의 Feg-SEM과 TEM의 관찰 결과, resin tag의 형성을 거의 볼 수 없었던 반면, 산부식 전처리를 하였을 경우에는 확실한 micro-, macro resin tag를 관찰할 수 있었다고 하였으며, 결합강도도 유의하게 증가한다고 하였다.

본 실험에서도 연마된 유치와 영구치의 법랑질에 인산 전처리를 하여, 전처리 시간에 따른 결합강도를 비교한 결과 부가적인 산부식이 SE군과 PL군 둘 다에서 전단 결합 강도를 증진시켜주는 것으로 나타났다. 이것은 Yoo 등¹⁴⁾이 한 실험과 SE에 대한 결과에서는 일치하지만 PL군에 대한 결과에서는 일치하지 못한 결과를 보여주었다. Yoo 등¹⁴⁾이 한 실험에서는 PL 군에서는 인산 전처리가 유의한 결합 강도의 증가를 보여주지 못한다고 하였으며, 그 이유로 Clearfil™ SE bond가 pH 2.6 이고 Adper™ Prompt™ L-pop™은 pH 1.3의 강산을 가지고 있어, 부가적인 산부식 처리는 강산을 가진 자가 산부식 접착제에서는 효과를 내지 못하기 때문이라고 하였다. 이것은 pH 1.25인 Clearfil Liner Bond 2로 실험을 한 Perdigão 등⁹⁾의 연구와도 일치한다. 한편, Rotta 등¹²⁾의 연구에서는 부가적인 산부식의 적용이 Clearfil™ SE bond와 Adper™ Prompt™ L-pop™ 모두에서 전단 강도의 증가를 보여주었으며, 오히려 Adper™ Prompt™ L-pop™에서 더 유의한 차이를 보인다고 하여 상반된 연구 결과를 보였다. Clearfil™ SE bond와 Adper™ Prompt™ L-pop™은 산의 세기 뿐 아니라 그 구성 성분에 있어서도 많은 차이를 보이고 있기 때문에 자가 산부식 접착제의 pH에 따른 부가적인 산부식 효과 차이와 이에 따른 결합강도의 비교를 위해서는 조성은 비슷하고, pH값만 다른 자가 산부식 접착제를 이용한 실험적 연구가 더 필요할 것으로 생각된다.

법랑질의 산부식 깊이/양상과 결합 강도 사이의 관련성이 약하다는 논문이 있음에도 불구하고²¹⁾, 본 연구 결과 법랑질의 전처리는 중요한 역할을 하는 것으로 생각된다. 법랑질은 무기질의 함량이 높고, 산에 대한 저항성이 높기 때문에, 인산으로 전처리를 하는 것은 도말층을 제거해주고, 도말층의 완충능을 낮춰주는 동시에 법랑질을 자가 산부식제가 더 침투되기 좋은 표면으로 만들어줄 수 있다¹²⁾. 그러므로, 부가적인 산부식을 하였을 경우 증가된 결합강도에 대해 가능한 설명은 산부식의 전처리가 법랑질의 도말층의 제거와 함께 다공성을 증가시켜, 법랑질의 표면 에너지를 증가시킨으로서 산부식 접착제가 침투하기 좋은 환경으로 만들어 미세 기계적 결합을 증가시켰다고 볼 수 있을 것이다.

자가 산부식 접착제간 결합 강도를 비교해 보면 산부식 처리 시간에 상관없이 PL의 결합강도는 SE보다는 낮은 값을 보였다. SE는 PL보다 높은 pH를 가지고 있어 더 약한 산부식 양상을 띠고 있음에도 불구하고 이 두 접착제의 결합강도를 비교한

여러 연구에서, Clearfil™ SE bond가 더 높은 강도를 나타낸다는 보고가 많으며^{3,12)}, 본 실험에서도 위와 같은 결과를 얻을 수 있었다. Clearfil™ SE bond는 자가 산부식 접착제 중에서도 결합강도에 있어 우수한 결과를 얻고 있는데, 그 이유 중 하나는 구성 성분 중 기능성 단량체인 10-MDP(10-methacryloxydecyl dehydrogen phosphate)를 함유하고 있다는 것이다. 10-MDP의 화학적 효과에 대해 비교한 이전의 연구에 따르면 임상적인 적용시간 안에 hydroxyapatite와 강한 화학적 결합을 하는 것으로 보고되었다²²⁾. 그 외의 이유로는 Adper™ Prompt™ L-pop™이 1단계 자가 산부식 접착제라는 것을 들 수 있다. 보통 1단계 자가 산부식 접착제는 2단계 자가 산부식 접착제와 비슷한 성분을 가지고 있음에도 불구하고 그 상대적 비율에는 차이가 있다. 1단계 자가 산부식 접착제의 경우 2단계 자가 산부식 접착제에 비해 유기 용매와 수화된 기능성 단량체의 함량이 높기 때문에 기계적 강도를 제공해주는 소수성 모노머의 양이 상대적으로 줄어들게 되어 결합강도가 감소될 수 있다⁴⁾. 또한 Pashley²³⁾도 1단계 자가 산부식 시스템의 경우 물을 흡수하여 water-filled channel을 형성할 수 있는데, 이 부위가 stress-raising area로 작용하여 접착층내의 결합강도의 감소를 일으킬 수 있다고 보고한 바 있다.

산부식 시간과 결합 강도에 관해 연구한 논문에서 Gilpatrick 등²⁴⁾은 15초와 60초간 산부식을 시행한 결과 전단 결합강도와 변연 누출은 비슷한 정도였다고 보고하였다. 본 연구 결과에서는 SE군과 PL 두군 모두에서 10초 이상의 산부식 전처리를 시행하였을 경우, 이보다 더 오랫동안 산부식을 시킨 경우와 비교하였을 때 결합강도에 큰 변화가 없었다. 이것은 Kang과 Park²⁵⁾이 우치 법랑질에 Clearfil™ SE bond 적용 전 부가적인 산부식을 시행한 실험에서 부가적인 산부식이 결합 강도는 증가시켰으나, 15초에서 60초로 산부식 시간을 증가시키는 것은 결합강도에 영향을 미치지 않는다고 하여 본 실험과 비슷한 결과를 보여주었다. 본 연구에서는 산부식 시간 차이를 좀 더 짧게 두어 실험한 결과 자가 산부식제의 전처리로 산부식을 시행할 경우 10초만으로도 충분한 효과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

어린 나이에 행해지는 유치의 수복은 영구치와 같은 정도의 내구성이 필요하므로, 유치에 대한 접착제의 결합력 연구는 소아치과 영역의 수복에 있어 중요한 자료가 될 것이다. 영구치와 유치의 법랑질에 대한 결합력은 여러 가지 요소에 따라 달라질 수 있는데, 예를 들면, 최외층 법랑질의 존재유무, 법랑질의 경도와 투과성, 광화정도 등이 있다. Sheykhoslam과 Bunocore²⁶⁾는 유치에서는 산에 대해 더 저항적인 무소주 법랑질층이 더 두꺼워 레진 유지에 불리한 산부식 양상이 나타나고, 레진의 침투가 적게 일어난다고 하였고, Peutzfeldt와 Nielsen²⁷⁾도 유치와 영구치 법랑질에 Adper™ Prompt™ L-pop™을 적용한 결과, 유치에서 더 낮은 결합강도를 보인다고 하였다. 그러나 Shimada 등²⁸⁾은 세 가지의 상아질 접착제를 유치와 영구치 법랑질에 적용한 결과, 유치에서 더 깊은 부식 양상을 보여

주었으나, 결합강도에 있어서는 유의한 차이가 없다고 하였다. 본 실험에서는 모든 군에서 유치가 더 낮은 측정값을 보였지만 그 차이는 유의하지 않았다. 본 연구에서는 전단 결합 강도의 측정을 위한 편평한 면을 만들기 위해 최외층의 법랑질이 일부 제거되었으며, 이것이 유치와 영구치의 결합 강도의 유의한 차이가 나타나지 않은 이유 중의 하나라고 생각된다.

자가 산부식제의 법랑질에 대한 결합능력의 평가는 단지 그것들에 의해 제공되는 산부식 양상 뿐 아니라, 접착제의 점도, 표면 장력, 법랑질과 산성 모노머와의 화학적 상호작용, 수분 함량, 접착제의 cohesive strength 역시 고려해야 할 중요한 요소가 될 수 있다²⁾. 그러므로 산부식 양상에 따른 결합강도의 차이 뿐 아니라 위의 요소에 대한 자가 산부식 접착제의 결합강도에 대한 실험과 이에 따른 결합강도를 증진시키기 위한 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

이 연구에서는 자가 산부식 접착제가 작업시간을 단축시켜주는 장점은 있지만, 유치 및 영구치 법랑질과의 결합력에 있어서는 이전의 전통적인 산부식 보다는 치아의 종류와 관계없이 낮은 결합력을 보였으며, 자가 산부식 접착제 적용 전 법랑질에 10초 이상의 산부식을 시행해주는 것은 유의한 결합력의 상승을 보여주는 것으로 관찰되었다. 그러나 자가 산부식 접착제의 적용 전에 산부식을 시행하는 것은 결과적으로 수세 건조 단계의 생략과 작업시간의 단축이라는 자가 산부식 접착제의 장점을 상쇄시키는 결과이므로, 임상적 상황에서 부가적인 산부식을 하는 것에 대한 필요에 대해서는 명확한 결론을 내리기 어려웠다. 이것은 장기간의 내구성에 대한 연구가 추가적으로 행해져 부가적인 시간을 들여가며 산부식을 하는 것이 가치 있는냐에 대한 연구 결과가 뒷받침 되어야 할 것으로 생각되며, 자가 산부식 접착제의 결합력 향상을 위한 더 많은 연구가 필요할 것이라 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 자가 산부식 접착제 적용 전 부가적인 산부식 시간을 다르게 하였을 경우 이것이 전단 결합 강도에 미치는 영향을 알아볼 목적으로 유치와 영구치 법랑질을 대상으로 시행되었다. 유치와 영구치 법랑질 군은 각각 접착제 종류에 따라 대조군인 SM군과 실험군인 SE군, PL군으로 나누고 실험군은 다시 산부식 시간에 따라 여섯 개의 군(0초, 5초, 10초, 15초, 20초, 30초)으로 나누었다. 실험군은 산부식 시행 후 자가 산부식 접착제 적용, 복합레진 충전 후 전단결합강도를 측정하였고, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 자가 산부식 접착제군은 유치, 영구치 모두에서 대조군에 비해 낮은 전단 결합 강도를 보였으며, SM>SE>PL 순이었다(p<0.05).
2. 자가 산부식 접착제 적용 전 산부식 처리를 하였을 때, 유치, 영구치 모두에서 결합강도가 증가하였으며(p<0.05), 10초 이상 산부식을 시행하였을 경우 시간에 의한 결합강

도의 차이는 없었다(p>0.05).

3. 자가 산부식 접착제의 유치와 영구치의 전단 결합 강도 비교에서는 모든 군에서 결합력의 차이는 없었다(p>0.05). 결론적으로 자가 산부식 접착제는 기존의 total-etching system 보다는 법랑질에 대하여 낮은 결합력을 보였으며, 부가적인 산부식을 10초 이상 시행하였을 경우 결합력의 유의한 상승을 관찰할 수 있었다.

참고문헌

1. Watanabe I, Nakabayashi N, Pashley DH : Bonding to ground dentin by a phenyl-P self-etching primer. *J Dent Res*, 73:1212-1220, 1994.
2. Pashley DH, Tay FR : Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II: etching effects on unground enamel. *Dent Mater*, 17:430-444, 2001.
3. Kanemura N, Sano H, Tagami J : Tensile bond strength to and SEM evaluation of ground and intact enamel surfaces. *J Dent*, 27:523-530, 1999.
4. Van Landuyt KL, Peumans M, De Munck J, et al. : Extension of a one-step self-etch adhesive into a multi-step adhesive. *Dent Mater*, 22:533-544, 2006.
5. Kanemura N, Sano H, Tagami J : Tensile bond strength to and SEM evaluation of ground and intact enamel surfaces. *J Dent*, 27:523-530, 1999.
6. Miranda C, Prates LH, Vieira Rde S, et al. : Shear bond strength of different adhesive systems to primary dentin and enamel. *J Clin Pediatr Dent*, 31:35-40, 2006.
7. Hara AT, Amaral CM, Pimenta LA, et al. : Shear bond strength of hydrophilic adhesive systems to enamel. *Am J Dent*, 12:181-184, 1999.
8. 최진영, 최남기, 박영주 등 : 유치와 영구치에서 치과용 접착제의 전단결합강도. *대한소아치과학회지*, 34:579-589, 2007.
9. Perdigão J, Lopes L, Lambrechts P, et al. : Effects of a self-etching primer on enamel shear bond strengths and SEM. *Am J Dent*, 10:141-146, 1997.
10. Takahashi A, Sato Y, Uno S, et al. : Effects of mechanical properties of adhesive resins on bond strength to dentin. *Dent Mater*, 18:263-268, 2002.
11. Cehreli SB, Eminkahyagil N : Effect of active pretreatment of self-etching primers on the ultramorphology of intact primary and permanent tooth enamel. *J Dent Child*, 73:86-90, 2006.
12. Rotta M, Bresciani P, Moura SK, et al. : Effects of

- phosphoric acid pretreatment and substitution of bonding resin on bonding effectiveness of self-etching systems to enamel. *J Adhes Dent*, 9:537-545, 2007.
13. Van Landuyt KL, Kanumilli P, De Munck J, et al. : Bond strength of a mild self-etch adhesive with and without prior acid-etching. *J Dent*, 34:77-85, 2006.
 14. Yoo SJ, Kim YK, Park JW, et al. : Influence of additional etching on shear bond strength of self-etching adhesive system to enamel. *J Kor Acad Cons Dent*, 31:263-268, 2006.
 15. Kim YJ, Jang KT : Resin tag formation of self etching adhesives. *J Kor Acad Pediatr*, 30:143-148, 2003.
 16. Germán CC, García BC, Cortés LO, et al. : Shear bond strength of a self-etching adhesive in primary and permanent dentition. *Am J Dent*, 18:331-334, 2005.
 17. Uekusa S, Yamaguchi K, Miyazaki M, et al. : Bonding efficacy of single-step self-etch systems to sound primary and permanent tooth dentin. *Oper Dent*, 31:569-576, 2006.
 18. Holtan JR, Nystrom GP, Phelps RA, et al. : Influence of different etchants and etching times on shear bond strength. *Oper Dent*, 20:94-99, 1995.
 19. Wang JD, Hume WR : Diffusion of hydrogen ion and hydroxyl ion from various sources through dentine. *Int Endod J*, 21:17-26, 1998.
 20. Gordan VV, Vargas MA, Denehy GE : Interfacial ultrastructure of the resin-enamel region of three adhesive systems. *Am J Dent*, 11:13-16, 1998.
 21. Shinci MJ, Soma K, Nakabayashi N : The effect of phosphoric acid concentration on resin tag length and bond strength of a photo-cured resin to acid-etched enamel. *Dent Mater*, 16:324-329, 2000.
 22. Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, et al. : Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *J Dent Res*, 83:454-458, 2004.
 23. Pashley DH : The evolution of dentin bonding. *Dent Today*, 22:112-114, 2006.
 24. Gilpatrick RO, Ross JA, Simonsen RJ : Resin-to-enamel bond strengths with various etching times. *Quintessence Int*, 22:47-49, 1991.
 25. Kang IJ, Park JW : Priming time and etching effects on shear bond strength of self-etching adhesive. *J Kor Acad Cons Dent*, 29:185-190, 2004
 26. Sheykholeslam Z, Buonocore MG : Bonding of resins to phosphoric acid-etched enamel surfaces of permanent and deciduous teeth. *J Dent Res*, 51:1572-1576, 1972.
 27. Peutzfeldt A, Nielsen LA : Bond strength of a sealant to primary and permanent enamel: phosphoric acid versus self-etching adhesive. *Pediatr Dent*, 26:240-244, 2004.
 28. Shimada Y, Senawongse P, Harnirattisai C, et al. : Bond strength of two adhesive systems to primary and permanent enamel. *Oper Dent*, 27:403-409, 2002.

Abstract

SHEAR BOND STRENGTH OF SELF-ETCHING ADHESIVES TO
TOOTH ENAMEL WITH ADDITIONAL ETCHING

Hyung-Sook Lee, Sung-Ki Kim, Dong-Soo Lee, Shin Kim, Tae-Sung Jeong

Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Pusan National University

The aim of this study was to evaluate the bonding ability of two self etch systems to human primary and permanent enamel and the effect of additional acid etching time. Exfoliated, caries free human primary molar(n=65) and permanent molar extracted(n=65) were used. prepared enamel specimens were randomly divided into 2 test groups and a control group. The control group(n=10) were treated with 35% phosphoric acid gel and Scotchbond Multi-purpose adhesive. Experimental groups(self-etching systems) were subdivided into 6 groups(each n=10) according to additional etching time(0s, 5s, 10s, 15s, 20s, 30s). The result were as follows : 1) The shear bond strengths of the self-etching adhesives(Clearfil SE Bond, Adper Prompt L-pop) without additional etching were lower than control group(Scotch Bond Multipurpose). 2) Between the same self-etch adhesive groups, additional etched groups showed higher shear bond strength 3) There was no significant difference between primary and permanent enamel. In conclusion, bond strength of self-etch adhesives to enamel could be increased with additional etching.

Key words : Self-etching adhesive, Additional etching, Shear bond strength, Enamel