

유구치 상아질의 각 부위에 적용된 수종의 복합레진 접착제의 미세인장접착강도에 관한 연구

유정은* · 최영철 · 최성철 · 박재홍

경희대학교 치과대학 소아치과학교실, *서울위생치과병원

국문초록

본 연구는 유구치 상아질의 각기 다른 부위(표층부, 심층부, 치경부)에서 복합레진 접착제의 접착강도를 비교, 평가하기 위하여 임상에서 흔히 사용하고 있는 서로 다른 4종의 접착방식(3-step total etch: 1군, 2-step total etch: 2군, 2-step self-etch: 3군, all-in-one: 4군)을 적용하고 복합 레진 (Light-Core™ Core Build-Up Composite)을 적층한 후, 미세인장접착강도를 비교하였을 때 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 접착방식간의 비교에서 레진의 접착방식에 따른 상아질 각 부위에서의 미세인장접착강도는 제 1군이 표층부에서 뚜렷이 높았으나($p<0.05$) 2, 3, 4군은 부위에 따른 차이가 없었다.
2. 부위별 미세인장접착강도를 비교하여 보았을 때 상아질 표층부에서의 미세인장접착강도는 레진의 접착 방식간에 차이가 없었으나, 심층부에서는 2군, 3군, 4군 및 1군의 순으로 나타났고($p<0.05$), 치경부에서는 2군과 3군이 1군과 4군에 비하여 현저히 높았다($p<0.05$).

주요어 : 미세인장강도, 유치, 복합레진, 상아질접착

1. 서 론

심미수복에 대한 환자들의 요구가 증가하면서 접착 치의학의 발전은 지속적으로 이루어지고 있다¹⁾. Buonocore²⁾와 Buonocore 등³⁾은 복합레진은 법랑질 표면의 산부식으로 생긴 미세공극을 통하여 레진 태그(tag)를 형성하여 미세기계적인 결합을 이루었으며, 이 기술은 법랑질 부착의 기본이 되었고 널리 이용되고 있다. 그러나 상아질 접착은 상아질의 해부학적 구조에 따라 다양하게 나타났으며, 다양한 접착 시스템에 따라 그 결과를 예측하기가 쉽지 않다⁴⁾. 상아질과 상아질 도말층에 대한 이해가 증가하면서 레진 접착을 위해서는 도말층이 제거되거나 변형되어야 하며, 상아질의 3차원적인 교원섬유의 망상구조를 노출시켜 접착레진 단량체가 침투될 수 있도록 탈회시켜야 한다^{5,6)}. 노출된 상아질과 레진 단량체간의 미세기계적인 유지력은 상아질과 레진 접착을 위한 가장 중요한 기전이다. 이러한 유지는 레진이 상아질 표면에 완전히 침투되고 혼성층이나 레진 강화형 상아질층을 형성하였을 때 이루어진다. Nakabayashi

등⁷⁾은 상아질 접착은 산부식 후 상아세관 내부로 침투하는 레진 태그의 형성에 의해 전체 접착강도의 1/3이, 그리고 관간상아질의 혼성층 형성이 접착강도의 2/3를 차지하는 것으로 보고한 바 있다.

상아질은 해부학적 위치에 따라 다양한 무기물로 강화된 섬유소를 기본으로 하는 유기기질로 이루어진 복합체이다. 특히 상아질의 부위에 따른 상이한 구조에 맞추어 다른 방식의 산부식과 priming 또는 self-etching primer/adhesive가 중요하며, 다르게 처리된 상아질에서는 다른 투과성과 다양한 접착 강도를 보이게 된다⁸⁾.

다양한 접착제의 사용시 각각의 접착 방식을 고려해야 할 뿐만 아니라, 치아 각 부위의 구조적인 이해와 특성을 고려해야 한다. 한편 상아질의 표층부, 심층부 및 치경부에서의 결합력이 각기 다르고 또 그 차이에 대한 이해가 또한 필요하다. Burrow 등⁹⁾에 의하면 상아질의 부위별 결합 강도는 상아질 산부식의 깊이보다는 혼성층의 질이 더 중요하다고 하였으며, Mixson 등¹⁰⁾은 치경부에서의 레진 접착의 성공 여부는 상아세관이 사선으

교신저자 : 최 영 철

서울특별시 동대문구 회기동 1번지 / 경희대학교 치과대학 소아치과학교실 / 02-958-9373 / choiyc@khu.ac.kr

원고접수일: 2009년 01월 16일 / 원고최종수정일: 2009년 06월 09일 / 원고채택일: 2009년 06월 16일

로 수행하는 경우가 많아 다른 부위에서보다 예측하기 어렵다고 하였다. Ferrari 등¹¹⁾은 치경부 상아질이 심부의 상아질보다 상아세관의 밀도가 낮아 접착이 더 어렵다고 보고한 바 있다.

미세인장강도 측정법이 개발되기 이전의 접착강도 실험에서는 넓은 면적(7-12 mm²)을 이용하여 측정하는 방법으로서 실험 조건에 따라서는 균일한 부착을 이루기 어려우며 응력 분포 또한 다양하게 나타나 신빙성 있는 결과를 얻기 힘들었다. Sano 등¹²⁾은 약 1 mm² 크기에서의 미세인장접착강도(micro-tensile bond strength) 측정법을 소개하였으며, 이 방법을 통하여 넓은 면적에서 사용하던 접착강도 측정법보다 더 정밀하게 측정할 수 있게 되었고, 상아질이나 레진 내에서의 파절보다는 접착계면에서 파절을 관찰 할 수 있었다고 하였다. 또한 미세인장강도 측정은 전통적인 접착강도 측정보다 더 우수한 응력분포를 보이며 신빙성 있는 결과를 보이는 것으로 알려져 있다¹³⁾.

복합레진 접착제의 접착강도에 관한 대부분의 연구들이 영구치를 대상으로 하고 있고 유치에서의 연구는 매우 미미하다. 특히 유치 상아질의 해부학적, 조직학적 구조는 영구치와 다소 상이하여 유치 상아질의 부위에 따라서는 복합레진 접착제의 접착강도가 차이를 보일 것으로 가늠된다. 따라서 본 연구에서는 영구치 상아질의 각기 다른 부위(표층부, 심층부, 치경부)에서 복합레진 접착제의 접착강도를 비교, 평가하기 위하여 임상에서 흔히 사용하고 있는 서로 다른 4종의 접착방식을 적용하고 미세인장강도를 측정하였다.

II. 실험대상 및 방법

1. 실험재료

복합레진 접착제는 다음의 4가지 접착 방식으로 구분하였다:

- 1) 3-step total-etch의 Scotchbond multi-purpose (이하 SB),
- 2) 2-step total-etch의 One-step bond (이하 OS),
- 3) 2-step self-etch의 AdheSE bond (이하 ASE), 그리고
- 4) all-in-one system의 G-bond (이하 GB)를 사용하였다. 접착

제의 도포 후 사용된 레진은 Bisco사의 Light-Core™ core build-up composite를 사용하여 접착하였다. 각 재료의 성분은 다음과 같다(Table 1). 경희대학교 치과대학병원과 위생치과병원에 내원한 아동의 자연 탈락 치아 중 발거된 지 3개월 이내의 우식이 없는 건전한 상하악 유구치 36개를 이용하였다.

2. 실험군의 분류

실험군은 4가지 접착제에 따라 4군으로 분류하였으며, 각 군은 레진의 접착 부위에 따라 상아질의 표층부, 심층부, 치경부의 소군으로 다시 나누었다. 각 군의 명칭은 다음과 같이 분류하여 명명하였다(Table 2).

3. 시편 제작

발거된 유구치는 0.5% chloramine T 용액에 2주간 저장 후 실험 하루 전날 4℃의 증류수(DW)에 침적시켰다. 자연 발거된 유치는 치근의 대부분이 흡수되어 있었고 시편 제작을 위하여 아크릴릭 레진에 포매한 후, 치아 장축에 대하여 직각이 되도록 trimmer로 삭제하여, DEJ에서 1 mm 이내를 표층부, 치수각 상방 1 mm 범위의 상아질을 심층부로 구분하였다. 치경부 상

Table 2. Classification and coding of experimental groups

Group	Adhesives	Area	Code
Group I	Scotchbond Multi-purpose (SB)	superficial	SB-S
		deep	SB-D
		cervical	SB-C
Group II	One-step (OS)	superficial	OS-S
		deep	OS-D
		cervical	OS-C
Group III	AdheSE (ASE)	superficial	ASE-S
		deep	ASE-D
		cervical	ASE-C
Group IV	G-Bond(GB)	superficial	GB-S
		deep	GB-D
		cervical	GB-C

Table 1. Composition and manufacturer of experimental materials

Materials	Main Components	Manufacturer
Adhesives	Etchant: 35% phosphoric acid Primer: HEMA, water, Polyalkenoic acid copolymer Adhesive: HEMA, Bis-GMA	3M (St. Paul, USA)
	Etchant: 35% phosphoric acid Adhesive: HEMA, BPDM, acetone	Bisco (Schaumburg, USA)
	Primer: dimethacrylate, phosphonic acid acrylate Bond: HEMA, dimethacrylate, silicon dioxide	Ivoclar vivadent (N.Y. USA)
	Phosphoric Acid Ester Monomer, 4-MET Monomer, nanofilled Particles, acetone, water	GC (Tokyo, Japan)
Resin composite	Light-Core™ Core Build-Up Composite (Blue) Bisphenol A diglycidylmethacrylate Ethoxylated Bisphenol A dimethacrylate Glass Frit	Bisco (Schaumburg, USA)

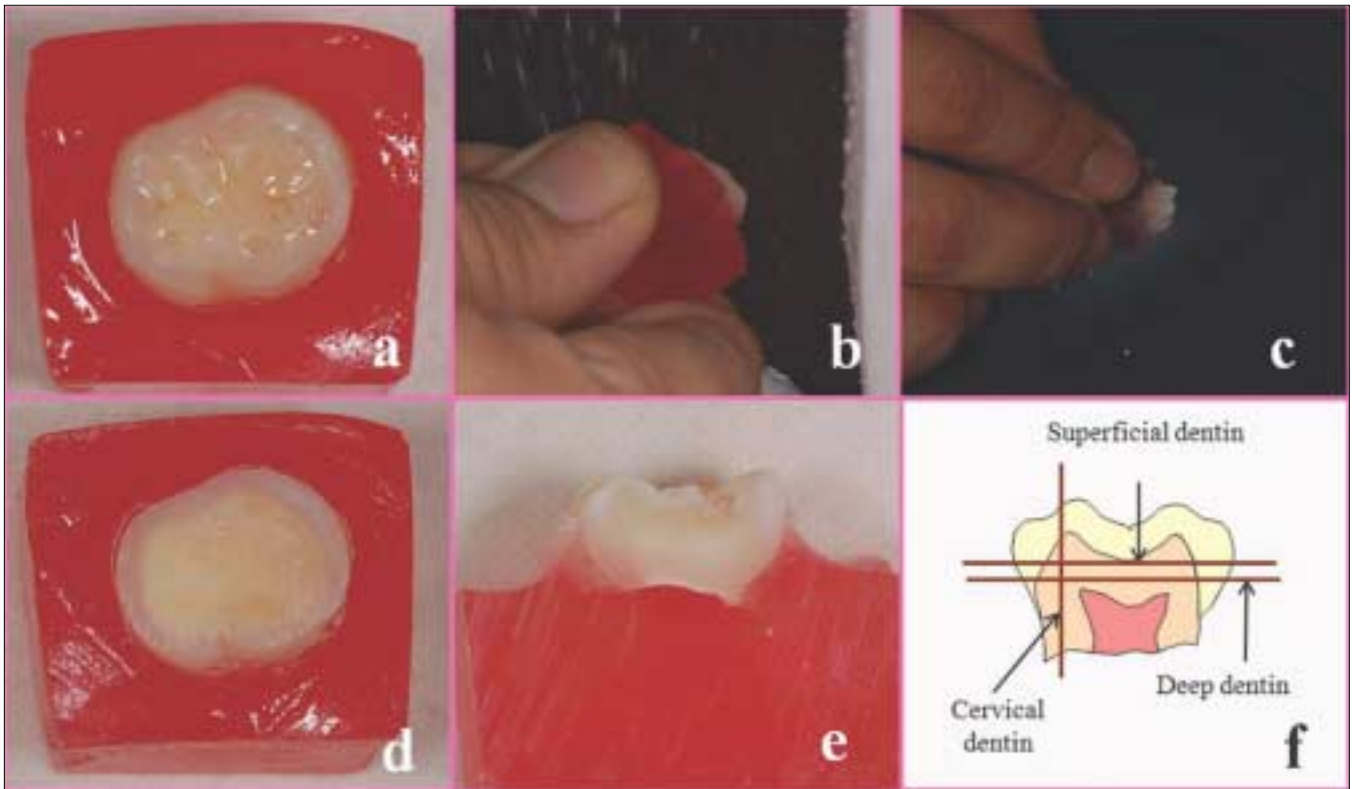


Fig. 1. Specimen preparation : a. Embedding primary tooth in pink acrylic resin, b. trimming the tooth, c. grinding the dentin surface for natural smear layer formation, d. superficial dentin surface, e. cervical dentin surface, f. diagram for specimen preparation.

아질은 치아 장축에 평행하게 삭제하여 CEJ에서 0.5 mm 상방, DEJ에서 0.5 mm 이내가 노출되도록 하여 치경부 상아질로 삼았다. 표준화된 도말층을 형성하기 위하여 #600 grit sili-con carbide paper를 사용하여 연마를 시행하였다(Fig. 1).

4. 접착제 및 레진 적용

4종의 상아질 접착제를 제조사의 지시에 따라 적용하였다 (Table 3). 접착제를 적용한 후 Light-Core™ Core Build-Up Composite (Blue)를 적용하고 각 층마다 30초씩 광조사 하였다.

5. 미세인장강도의 측정

복합레진 접착을 시행한 치아 절편은 24시간 동안 증류수에 보관하였다. 각 치아는 Low-speed saw(Isomet, USA)를 사용하여 1 mm의 절편으로 절단한 후, 레진 플레이트에 고정하고 폭경 1 mm의 절편으로 다시 절단하여 각각 가로 세로 1 mm²의 composite-dentin beam을 제작하였다. 각 실험군 당 8개씩, 총 96개의 제작된 시편을 Universal testing machine(EZ Test, Shimadzu, Japan)에 Zappit을 이용하여 고정시키고, 1.0 mm/min의 cross-head speed로 미세인장 접착강도를 측정하였다.

Easy test로부터 얻은 수치는 단위 면적당 Kgf로 하여 폭경 1mm² 시편의 균일화의 문제점을 극복하였다. 이를 MPa로 환산한 수식은 다음과 같다.

$$MPa = \frac{N}{mm^2} = \frac{9.81 \text{ Kgf}}{mm^2}$$

6. 주사전자현미경적 관찰

각 군당 파절된 3개의 시편 36개의 파절면의 파절양상을 관찰하기 위하여 시편을 하루 건조하였다. 주사전미경 관찰을 위하여 aluminum stub에 시편을 고정시킨 후, gold-palladium으로 표면을 처리하였다. 처리된 시편을 주사전자현미경 (Stereoscan 440, Leica, Germany)을 사용하여 1000~5000배의 비율로 각 시편의 파절된 양상을 비교 분석하였다.

7. 평가 및 통계분석

각 실험군 간의 통계적 유의성 검증을 위해 Program R을 이용하여 two-way ANOVA와 t-test 검사를 시행하였으며, 0.05 수준에서 유의차를 인정하였다.

Table 3. Bonding procedure according to the manufacturer

Adhesives	Modes of bonding procedure
SB	3-step total-etch system : etching for 15s, rinse for 15s, air dry for 2s, priming, air dry gently 5s, adhesive application, light-cure 10s
	2-step total-etch system : etching for 15s, adhesive application (2 coats), air dry 2-3s, light-cure 10s
OS	2-step self-etch system : priming 30s (2 coats), strong air dry, adheSE bond, weak air dry, light-cure 10s
ASE	All-in-one system : adhesive 10s, high pressure air dry, light-cure 10s
GB	

Ⅲ. 연구성적

1. 미세인장강도의 측정

각 그룹별 부위별 미세인장강도를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다(Table 4).

Table 4. Micro-tensile bonding strength of regional primary teeth by 4 bonding systems (Mean ± SD) (Unit: MPa)

Group	Sub-group (area)	Micro-tensile bonding strength (Mean ± SD)
Group I	SB-S (Superficial)	39.93 ± 18.4
	SB-D (Deep)	20.62 ± 7.3
	SB-C (Cervical)	22.90 ± 6.0
Group II	OS-S (Superficial)	42.89 ± 16.4
	OS-D (Deep)	35.63 ± 5.7
	OS-C (Cervical)	34.22 ± 2.6
Group III	ASE-S (Superficial)	35.15 ± 10.3
	ASE-D (Deep)	36.31 ± 10.6
	ASE-C (Cervical)	34.30 ± 8.5
Group IV	GB-S (Superficial)	27.61 ± 9.1
	GB-D (Deep)	27.32 ± 8.9
	GB-C (Cervical)	20.54 ± 7.1

1) 동일 접착방식 내에서의 부위별 미세인장강도

제 1군(SB군)에서는 각 부위별로 미세인장강도가 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 심층부의 미세인장강도가 표층부에 비하여 많이 낮은 것으로 나타났으며($p < 0.05$), 치경부 또한 표층부에 비하여 낮은 미세인장강도를 나타냈다($p < 0.05$). 제 1군에서 치경부의 미세인장강도는 심층부에 비하여 높은 수치를 보였으나, 두 소군 간에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 제 2군에서는 부위별로 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 제 2군에서는 표층부에서 심층부와 치경부에 비하여 높은 미세인장강도를 보였으나 통계적인 유의성은 없었다. 제 3군과 4군에서는 3개의 소군 간에 큰 차이가 없었으며, 표층부와 심층부에서의 미세인장강도가 치경부에서 보다 약간 높은 수치를 보였으나 통계적인 유의성은 없었다(Table 5, Fig. 2).

2) 접착방식 간의 부위별 미세인장강도

표층부에서의 미세인장강도는 2군이 3군에 비하여 우수하였으나 통계학적인 유의성은 없었고, 4군에 비하여 더 우수한 것으로 나타났다($p < 0.05$). 심층부에서의 미세인장강도는 1군이 2, 3군에 비하여 강도가 떨어지는 것으로 나타났으나($p < 0.05$),

Table 5. Regional micro-tensile bonding strength according to 4 bonding systems

	Group I(SB)			Group II(OS)			Group III(ASE)			Group IV(GB)		
	S	D	C	S	D	C	S	D	C	S	D	C
S		S	S	NS	NS		NS	NS		NS	NS	
D			NS		NS			NS			NS	
C												

S: superficial, D: deep, C: cervical

T-test table

* S statistically significant ($p < 0.05$)

* NS statistically not significant ($p > 0.05$)

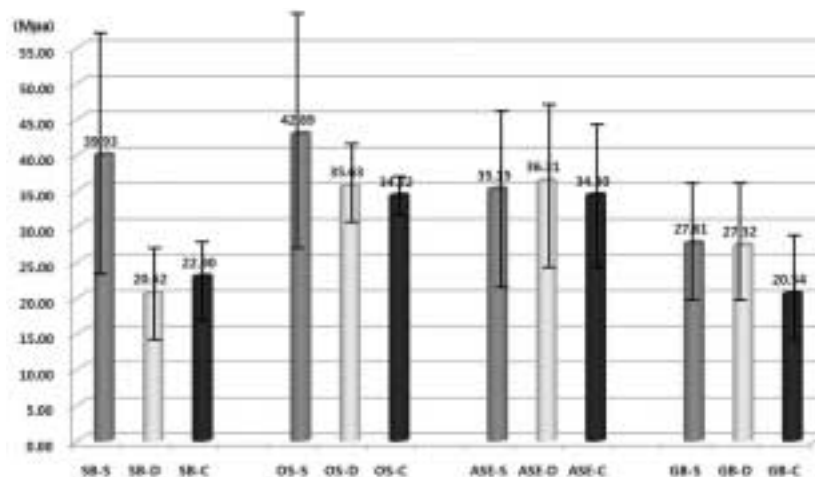


Fig. 2. Micro-tensile bonding strength according to adhesives.

Table 6. T-test table of regional bonding strength in primary teeth

	Superficial Dentin				Deep Dentin				Cervical Dentin			
	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
Group 1		NS	NS	NS		S	S	NS		S	S	NS
Group 2			NS	S			NS	S			NS	S
Group 3				NS				S				S
Group 4												

* S statistically significant (p<0.05)

* NS statistically not significant (p>0.05)

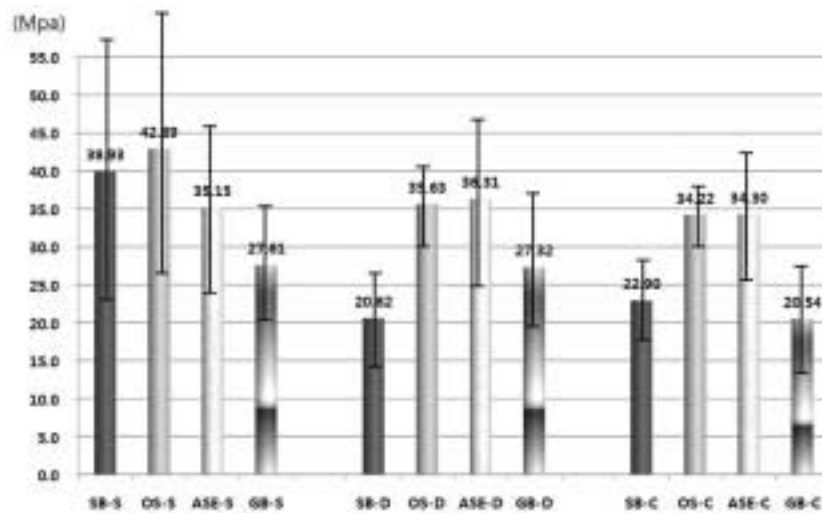


Fig. 3. Regional bonding strength in primary teeth.

4군과는 차이가 없었다. 치경부에서의 미세인장강도는 1군이 2군에 비하여 강도가 떨어지는 것으로 나타났으나(p<0.05), 4군은 차이가 없었다. 또한 2,3 군내에서는 미세인장 접착강도의 차이가 없는 것으로 나타났다. 2, 3, 4군 사이에서는 2, 3군이 더 우수한 미세인장 접착강도를 보였다(p<0.05) (Table 6, Fig. 3.).

2. SEM 관찰

SEM 관찰에서 접착제에 따른 파절 양상에서 큰 차이는 나타나지 않았다. 각 접착제별로 레진과 상아질내에서의 응집성 파절과 접착제내에서의 접착성 파절이 고르게 나타났다. SB의 표

층부에는 상아질 표면의 최상부에서 접착성 파절이 관찰되며, 레진 접착제의 얇은 층과 남아있는 레진 태그가 보이고, 심층부 소견에서는 상아질 심층으로부터 접착성 파절이 주로 관찰되었다(Fig. 4). OS의 표층부에서는 상아질과 레진 접착제 사이에서 접착성 파절을 보였으며, 치경부에서는 파절면에서 사선으로 주행하는 상아세관이 관찰되었다(Fig. 5). ASE의 표층부에서는 레진 태그가 상아세관 내에서 파절되어있는 응집성 파절을 보였으며, 치경부에서는 상아질 표면과 레진 접착제 사이의 접착성 파절을 보였다(Fig. 6). GB에서는 레진 접착제 내부뿐만 아니라 상아질-접착제 계면 사이에서 넓은 면적의 파절 양상을 보였으며, 표층부에서는 접착성 파절을 보였다(Fig. 7).

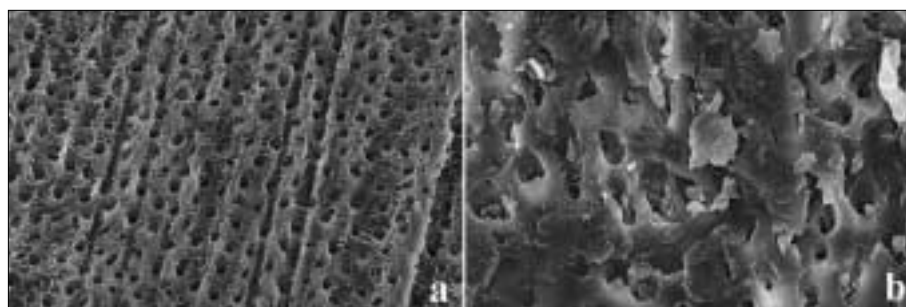


Fig. 4. In group I, adhesive failure from the deep dentin surface which showed dentinal tubules and collagen fibers (×3000)(a). SEM micrograph at 4000 magnification of a debonded superficial deep dentin specimen that adhesively failed at the top of dentin surface with a thin layer of luting resin(b).

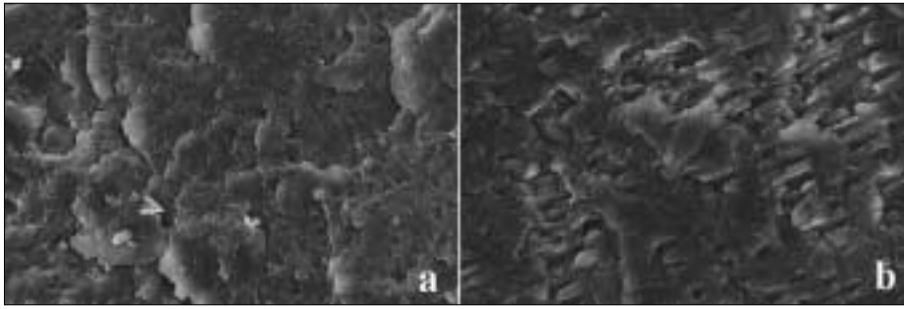


Fig. 5. In group II, debonded superficial dentin specimen that adhesively failed at the top of dentin surface with a thin layer of luting resin ($\times 3000$)(a). Debonded cervical dentin specimen that showed oblique dentinal tubules ($\times 3000$) (b).

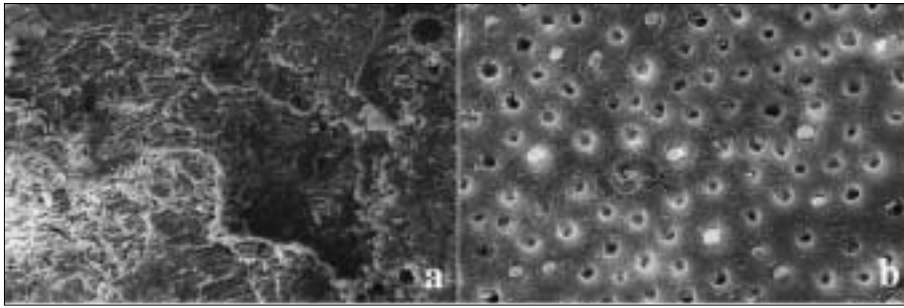


Fig. 6. In group III, debonded cervical dentin specimen that adhesively failed at the top of dentin surface with a thin luting resin ($\times 1000$)(a). Cohesively fractured resin tags occluding the tubules in the superficial dentin (asterisk).($\times 5000$) (b)(Group III)

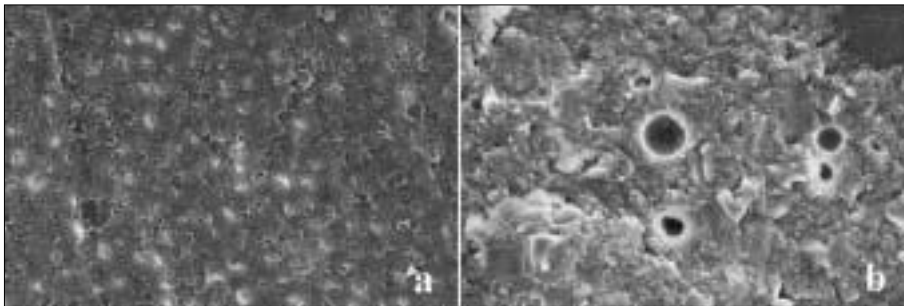


Fig. 7. In group IV, SEM of a G-Bond specimen with a large area exhibiting failure at the dentin-adhesive interface as well as within the adhesive. The presence of "blister-like" areas within the adhesive was a consistent finding. ($\times 3000$)(a). Adhesive failure in superficial dentin ($\times 3000$) (b)(Group IV)

IV. 총괄 및 고찰

상아질에서의 적절한 접착을 위하여 수많은 접착 방법이 개발되고 있다. 최근에는 total-etch와 self-etch의 두 가지의 방법이 주로 사용되고 있다. total-etch system은 산부식제로 치면 삭제 후 남아 있는 도말층을 완전히 제거하여 법랑질과 상아질을 인산으로 일괄 처리하는 방법이며¹⁷⁾, 프라이머와 결합제를 적용하는 방법과 두 단계를 동시에 적용하는 방법이 있다. self-etch system은 산과 프라이머를 혼합하여 self-etch와 priming을 동시에 시행한 후, 결합제를 사용하는 방식이다^{18,19)}. 최근에는 이런 모든 과정을 하나의 단계로 줄여 시간을 절약하고 기술적으로 민감한 접착과정을 단순화시킨 all-in-one system에 관한 연구가 많이 이루어지고 있다²⁰⁾. 접착시스템에서 적용 단계를 줄이는 것은 적용 시간을 단축하고 술식에 있어서 어려움을 줄일 수 있는 장점이 있다²¹⁾. 이와 같은 장점에도 불구하고 이러한 접착 방식은 레진-상아질 결합의 미세누출이나 결합강도에서 낮은 결과를 보이고 있으며²²⁾, 개선을 위하여 더 많은 연구가 이루어지고 있다²³⁾.

상아질 접착을 이루는 데에는 많은 요인들이 관여한다. 이들 중 Configuration factor(C-factor)는 매우 중요한 요인 중의 하나이며, 상아질의 구성 성분, 재료의 특성, 실험 과정의 변수, 그리고 재료를 다루는 기술 등이 관여한다¹⁴⁾. 그러나 실험에서는 낮은 C-factor를 갖는 평탄한 상아질을 주로 이용하게 됨으로써 더 높은 미세인장 강도를 나타나게 된다고 보고하고 있다²⁴⁾. 또한 각 부위의 미세인장강도에 영향을 미치는 요소로는 도말층, 접착의 위치, C-factor, 부위별 상아질 구성 요소의 차이 등이 접착강도를 결정하는데 중요한 요인이 된다²⁵⁾. 최근의 연구들에서 모든 종류의 접착 시스템이 상아질 표층부의 미세인장강도가 심층부나, 치경부에서보다 더 높은 것으로 보고하고 있다^{13,25,26)}. 상아질 표층부는 심층부나 치경부에 비하여 교원섬유질이 풍부한 세관간 상아질이 많이 존재하며¹³⁾, 이로 인하여 혼성층에서 상아질과 결합제 간의 미세기계적 결합의 기회를 더 가지게 되어 높은 미세인장강도를 보인다²⁵⁾.

영구치와 유치의 미세인장강도의 비교연구에서 대부분의 논문들이 영구치에서 보다 높은 미세인장강도를 보이고 있다²⁷⁻²⁹⁾. 이는 접착을 위한 적절한 면적을 얻기 위하여 유치에서 삭제된

상아질의 깊이는 영구치에서와 비교하였을 때보다 치수에 약간 더 근접해야 한다. 일반적으로 유치 상아질에서 상아세관의 수가 영구치에서보다 더 많기는 하지만, 결합 강도를 저하시키는 주요인은 세관간 상아질 구조 또는 표면의 차이 때문은 아니라 치수에 근접한 상아질에서 수분 함량이 높기 때문이라고 Burrow등²⁷⁾은 주장하였다. 영구치에 비하여 유치는 치수강에 약간 더 근접하고 있고, 치수 근접으로 인하여 더 많은 수분을 함유하게 되기 때문에 이것이 유치에서의 낮은 접착강도를 보이는 이유라고 하였다.

치아 우식 등의 이유로 발거된 치아는 caries affected dentin이 접착에 영향을 미치므로¹⁵⁾, 본 연구에서는 치아 우식이 없는 자연 탈락된 치아만을 표본으로 추출하였다. 또한 발거된 지 너무 오래되거나 장기간 건조된 치아는 접착에 영향을 미칠 수 있어 표본으로 이용하지 않았다¹⁶⁾. 발거된 치아는 5% Chloramine T 용액으로 소독하여 보관하였다.

SB 접착 방법에서의 미세인장강도는 표층부, 치경부, 심층부 순으로 나타났다. 표층부의 미세인장강도와 치경부, 심층부의 미세인장강도는 통계학적인 유의성이 있었으나($p < 0.01$), 치경부와 심층부 간에는 통계학적인 유의성이 없었다. 동일한 total-etch 방식에 있어서의 미세인장강도는 SB 접착 방식이 OS 방식에 비하여 전체적으로 낮게 나타났다. 특히 치경부와 심층부에서는 유의할 만한 차이가 나타났다($p < 0.001$). SB 방식과 self-etch 방식에 있어서의 비교는 표층부의 미세인장강도에서는 SB 방식이 약간 더 높게 나타났으나 통계학적인 유의성은 없었고 ASE 접착 방식에 비하여 치경부와 심층부에서의 미세인장강도가 떨어지는 것으로 나타났으며($p < 0.01$), GB와는 모든 부위에서 큰 차이가 없었다. SB 접착 방식에 있어서 표층부의 미세인장강도는 다른 여러 논문들과 유사하게 나왔으나 심층부의 미세인장강도가 두드러지게 낮게 나왔다. 이는 제조사의 지시에 따라 air drying 하는 방식이 심층부에서의 교원질과의 결합에 있어서 결합 강도를 저하시키는 원인이 되었을 것으로 사료되었다. 또한 유치에서의 심층부가 치수와의 근접성으로 인하여 더 많은 수분을 함유하고 있으므로, 건조 방식의 접착이 다른 습윤 접착법에 비하여 그 값에 많은 영향을 주었을 것으로 사료되었다.

OS 접착 방식에 있어서의 부위별 미세인장강도의 차이는 표층부가 치경부나 심층부에 비하여 우수하게 나타났으나 통계학적인 유의성은 없었다. 5세대 self-etch의 ASE 방식과의 차이는 나타나지 않았다. 표층부에서의 OS의 미세인장강도가 높게 나타났지만 유의성은 없었다. GB 방식과의 비교에서 OS 방식은 각 부위별로 다 우수한 미세인장강도를 나타냈으며, 특히 치경부에서의 미세인장강도가 우수하게 나타났다($p < 0.001$). 습윤 접착법을 이용하고 있는 5세대 OS 접착 방식에서는 같은 5세대의 self-etch 접착법과는 미세인장강도에서 차이가 나타나지 않았으나, 7세대의 self-etch 방법을 사용하는 all-in-one 적용법의 접착 방식에 비하여 높은 미세인장강도를 나타냈다. OS 접착 방식에 있어서의 결과는 다양하게 나타나고 있다. 많은 영

구치에서의 접착 강도는 높게 나타나고 있으나²⁶⁾, 유치에서의 접착강도는 매우 낮게 나타나는 보고가 있다³⁰⁾. 그러나 본 실험에서는 다른 접착 방식과 비교하여 OS 방식의 미세인장강도가 크게 차이 나지 않았으며 일부 다른 접착 방식에 비하여 우수하게 나타났다.

ASE 접착 방식에서의 각 부위별 미세인장강도의 차이는 나타나지 않았다. self-etch 방식 내에서 차이는 all-in-one 방식의 GB와 비교하였을 때 심층부와 치경부에서 더 높은 미세인장강도를 보였으나, 표층부에서의 차이는 유의성이 없었다. GB 방식의 상아질 접착은 모든 다른 접착 시스템에 비하여 미세인장강도가 낮게 나타났다. 특히, 5세대의 두 접착 방식에 비하여 유의한 결과가 나타났다. all-in-one 시스템 접착 방식은 많은 다른 연구에서도 상아질 접착제의 미세인장강도가 낮은 것으로 보고되고 있다^{31,32)}. 특히 GB 방식은 HEMA를 가지고 있지 않으며, 물과 아세톤을 포함하고 있어 건조시에 물이 남는 현상을 볼 수 있다고 하였다. 이러한 원인으로 인하여 낮은 결합강도를 보이며 얇은 혼성층을 형성하는 문제점을 가진다고 하였으며³³⁾, 본 연구에서도 미세인장강도와 SEM 소견에서도 GB 방식의 문제점이 여실히 드러났다.

본 실험에서는 아동에서 발거된 치아를 사용하여 실험을 시행하였다. 사람의 치아를 이용한 실험에서의 문제점으로는 발거된 치아의 보관 기간, 보존 상태 및 발치 시기가 실험 결과에 영향을 미칠 수 있으며¹⁶⁾, 이는 본 실험에도 실험 결과에 영향을 미쳤다고 생각한다. 실험 결과에 영향을 줄 수 있는 요소들을 차단하려 노력하였지만, 발거 후 경과 시간에 따른 차이가 실험 결과에 영향을 미쳤다고 생각할 수 있다. 또 실험에 사용된 치아는 영구치에 의하여 치근이 거의 흡수된 유치를 사용하여, 상아세관의 미세구조가 일반적으로 치료를 시행하는 아동의 치아구조와 차이가 있을 수 있으며 특히 심층부와 치경부 상아세관의 미세구조에 영향이 있을 것이라 생각한다. 본 연구에 앞서 유치의 치근 흡수에 따른 상아세관의 미세구조의 변화를 알아 보는 것이 필요하나, 그에 관한 기초 연구가 없는 것이 문제점으로 생각된다.

상아질 접착이 4세대에서 7세대로 발전하면서 술식이 단순화되고 술자 능력에 따른 민감성은 감소하였지만 실질적인 미세인장강도의 감소를 야기하고 있다^{32,33)}. 본 실험에서도 접착제의 구성과 방식에 따른 미세인장강도의 변화를 관찰할 수 있었다. 또한 상아질 접착이 치아의 여러 면에서 동시에 이루어지고 있는 상황에서 각 부위에 대한 미세인장강도와 미세 누출에 대한 고려가 절실히 필요하다고 생각한다. 본 연구에서 부위별 접착강도의 측정을 위하여 모든 부위에 동일한 적용 방식을 이용하여 각 부위의 다른 미세인장강도를 측정하였다. 접착 방식에 따라 일부 접착 방식에서는 유의할 만한 차이가 나타나기도 하였으며, 일부 접착 방식에서는 차이가 없는 것으로 관찰되었다. 향후 추가적인 연구를 통하여 각 부위의 접착 방식에 따른 차이를 극복하는 방법에 관한 연구가 필요하며, 유치에서의 치근 흡수 정도에 따른 상아세관의 미세한 구조적인 차이를 알아내어 그

에 적절한 접착 방식의 적용법에 대한 연구가 필요할 것으로 생각되었다.

V. 결 론

본 연구는 유구치 상아질의 각기 다른 부위(표층부, 심층부, 치경부)에서 복합레진 접착제의 접착강도를 비교, 평가하기 위하여 임상에서 흔히 사용하고 있는 서로 다른 4종의 접착방식(3-step total etch: 1군, 2-step total etch: 2군, 2-step self-etch: 3군, all-in-one: 4군)을 적용하고 복합 레진(Light-Core™ Core Build-Up Composite)을 적층한 후, 미세인장접착강도를 비교하였을 때 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 접착방식간의 비교에서 레진의 접착방식에 따른 상아질 각 부위에서의 미세인장접착강도는 제 1군이 표층부에서 뚜렷이 높았으나(p<0.05), 2, 3, 4군은 부위에 따른 차이가 없었다(p>0.05).
2. 부위별 미세인장접착강도를 비교하여 보았을 때 상아질 표층부에서의 미세인장접착강도는 레진의 접착방식 간에 차이가 없었으나(p>0.05), 심층부에서는 2군, 3군, 4군 및 1군의 순으로 나타났고(p<0.05), 치경부에서는 2군과 3군이 1군과 4군에 비하여 현저히 높았다(p<0.05).

이상의 결과로 미루어 다른 접착방식 및 상아질의 부위에 따라 미세인장강도의 차이가 있는 것으로 나타났으며, 향후 추가적인 연구를 통하여 각 부위의 접착 방식에 따른 차이를 극복하는 방법에 관한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. McCabe JF, Walls AWG : Application of dental materials. 8th ed. Malden, Blackwell Science, 189-201, 1998.
2. Buonocore MG : A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res, 34:849-54, 1955.
3. Buonocore MG, Matsui A, Gwinnett AJ : Penetration of resin dental materials into enamel surfaces with reference to bonding. Arch Oral Biol, 13:61-70, 1968.
4. Kugel G, Ferrari M : The science of bonding : From first to sixth generation. J Am Dent Assoc, 131:20-25, 2000.
5. Nakabayashi N, Pashley DH : Hybridization of dental hard tissues. Tokyo, Quintessence, 16-89, 1998.
6. Pashley DH, Carvalho RM : Dentin permeability and dentin adhesion: review. J Dent, 25:355-372, 1997.

7. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E : The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. J Biomed Mater Res, 16:265-273, 1982.
8. Marshall GW, Marshall SJ, Kinney JH, et al. : The dentin substrate: structure and properties related to bonding. J Dent, 25:441-458, 1997.
9. Burrow MF, Takakura H, Nakajima M, et al. : The influence of age and depth of dentin on bonding. Dent Mater, 10:241-246, 1994.
10. Mixson JM, Spencer P, Moore DL, et al. : Surface morphology and chemical characterization of abrasion/erosion lesions. Am J Dent, 8:5-9, 1995.
11. Ferrari M, Cagidiaco MC, Vichi A, et al. : Bonding of all-porcelain crown: structural characteristics of the substrate. Dent Mater, 17:156-164, 2001.
12. Sano H, Shono T, Sonoda H, et al. : Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength. evaluation of a micro-tensile bond test. Dent Mater, 10:236-240, 1994.
13. Shono Y, Ogawa T, Terashita M, et al. : Regional measurement of resin-dentin bonding as an array. J Dent Res, 78:699-705, 1999.
14. Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL : Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. J Dent Res, 66:1636-9, 1987.
15. Nakagima M, Sano H, Buyrrow MF, et al. : Tensile bond strength and SEM evaluation of caries-affected dentin using dentin adhesives, J Dent Res, 74:1679-88, 1995.
16. Nakamichi I, Iwaku M, Fusayama T : Bovine teeth as possible substitutes in the adhesion test. J Dent Res, 62:1076-1081, 1983.
17. Fusayama T, Nakamura M, Kurosaki N, et al. : Non-pressure adhesion of new adhesive restorative resin. J Dent Res, 58:1364-1370, 1979.
18. Nakabayashi N, Saimi Y : Bonding to intact dentin. J Dent Res, 75:1706-15, 1996.
19. Tay FR, Pashley DH : Dental adhesives of the future. J Adhes Dent, 4:91-103, 2002.
20. Tay FR, Pashley DH : Have dentin adhesives become too hydrophilic? J Can Dent Assoc, 69:726-731, 2003.
21. Haller B : Recent developments in dentin bonding. Am J Dent, 13:44-50, 2000.
22. 이상엽, 이광희, 김대업 : 7세대 결합제의 미세누출에 관한 연구. 대한소아치과학회지, 33:422-428, 2006.

23. Nakaoki Y, Sasakawa W, Horiuchi S, et al. : Effect of double-application of all-in-one adhesives on dentin bonding. *J Dent*, 33:765-772, 2005.
24. Bouillaguet S, Troesch S, Wataha JC, et al. : Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dent Mater*, 19:199-205, 2003.
25. Yanga B, Ludwig K, Adelung R, et al. : Micro-tensile bond strength of three luting resins to human regional dentin. *Dent Mater*, 22:45-56, 2006.
26. Proença JP, Polido M, Osorio E, et al. : Dentin regional bond strength of self-etch and total-etch adhesive systems. *Dent Mater*, 23:1542-48, 2007.
27. Burrow MF, Nopnakeepong U, Phrukkanon S : A comparison of microtensile bond strengths of several dentin bonding systems to primary and permanent dentin. *Dent Mater*, 18:239-245, 2002.
28. Bordin-Aykroyd S, Sefton J, Davies EH : In vitro bond strengths of three current dentin adhesives to primary and permanent teeth. *Dent Mater*, 8:144-6, 1992.
29. Salama FS, Tao L : Comparison of Gluma bond strength to primary vs permanent dentin. *Pediatr Dent*, 13:163-5, 1991.
30. Courson F, Bouter D, Ruse ND, et al. : Bond strengths of nine current dentine adhesive systems to primary and permanent teeth. *J Oral Rehabil*, 32:296-303, 2005.
31. 송은주, 김재문, 김신 등 : Bovine teeth에 대한 수 종 상 아질 접착제의 미세인장강도. *대한소아치과학회지*, 34:420-429, 2007.
32. Lisa AK, David GB, Shereen A, et al. : Bond strengths of one- and two-step self-etch adhesive systems. *J Prosthet Dent*, 97:216-22, 2007.
33. Sidhu SK, Omata Y, Tanaka T, et al. : Bonding characteristics of newly developed All-in-One Adhesives. *J Biomed Mater Res*, 80:297-303, 2007.

Abstract

MICRO-TENSILE BONDING STRENGTH OF REGIONAL PRIMARY MOLAR DENTIN

Jung-Eun You*, Yeong-Chul Choi, Sung-Chul Chio, Jae-Hong Park

*Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Kyung-Hee University, *Seoul Adventist Dental Hospital*

The purpose of this study was to evaluate the micro-tensile bond strength (μ TBS) of four luting resin to regional dentin of human primary teeth.

Dentin from non-carious primary molars were prepared from different regions (s, superficial dentin; d, deep dentin; c, cervical dentin), and divided into groups based on anatomical locations and types of luting resins (Scotchbond Multi-purpose : SB ; One-Step : OS ; AdheSE Bond : ASE ; G-Bond : GB) : SB-s, SB-d, SB-c; OS-s, OS-d, OS-c; ASE-s, ASE-d, ASE-c ; GB-s, GB-d, GB-c.

Luting resins were used according to the manufacturers' instructions, to bond Light-Core™ Core Build-Up Composite) to the exposed dentin specimens in the light-curing mode. After storage for 1 day, μ TBS was tested at a cross-head speed of 1 mm/min. Data were analyzed with T-test and two-way ANOVA. The bonding interface and fractography analyses were performed with SEM.

The results were as follows :

1. μ TBS to superficial dentin was significantly higher than to deep dentin for SB($p < 0.05$). But there were no significant differences in regional μ TBS among OS, ASE, GB($p > 0.05$).
2. There were no significant differences in μ TBS to superficial dentin among each groups. But, in deep dentin, μ TBS of SB-d was significantly lower than those of OS-d, ASE-d, and GB-d($p < 0.05$). μ TBS of OS-d was significantly higher than those of GB-d($p < 0.05$), but there were no significant differences in μ TBS of ASE-d. There were no significant differences among μ TBS of ASE-d, OS-d, and GB-d.

Key words : Micro-tensile bonding strength, primary tooth, composite resin, dentin adhesives