

## 유치에 적용된 All-in-One 상아질 접착 시스템의 전단강도에 관한 비교연구

김동철 · 김종수 · 유승훈

단국대학교 치과대학 소아치과학교실

### 국문초록

유치 60개를 준비하였으며, 사용된 접착 시스템은 AQ Bond Plus™, G Bond™, Single Bond™였다. 유치의 법랑질과 상아질을 노출시킨 후 제조사의 지시에 따라 접착 레진을 적용한 후, 내경 1.7 mm의 폴리에틸렌 튜브를 이용하여 Z-250™ 복합레진을 수복하였다. 100% 습윤 상태에서 24시간동안 보관 후 5℃와 55℃ 조건하에서 500회 열순환을 시행 후 만능시험기로 전단결합강도를 측정하였다. Resin tag 관찰을 위하여 상아질 접착면에 대해 수직으로 절단하고 인산과 질산으로 처리하여 치질을 용해시킨 후 주사 전자 현미경으로 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 유치 법랑질에서 측정된 전단 결합 강도는 AQ Bond Plus™에서  $1.04 \pm 0.13$  MPa, G Bond™에서  $1.23 \pm 0.35$  MPa, Single Bond™에서  $1.28 \pm 0.50$  MPa이었으며, 세 군 간의 유의차는 없었다.
2. 유치 상아질에서의 전단 결합 강도는 AQ Bond Plus™는  $1.15 \pm 0.37$  MPa, G Bond™는  $1.69 \pm 0.74$  MPa 그리고 Single Bond™는  $0.56 \pm 0.11$  MPa로 나타났으며, AQ Bond Plus™와 G Bond™ 간에는 통계학적 유의차가 없었으나( $p > 0.05$ ), AQ Bond Plus™와 Single Bond™, G Bond™과 Single Bond™ 간에는 통계학적 유의차를 보였다.
3. 주사 전자 현미경 소견에서 AQ Bond Plus™와 G Bond™는 resin tag 형성이 매우 미약하고 짧은 양상을 보인 반면, Single Bond™에서는 길게 형성된 resin tag가 관찰되었으며 resin tag의 표면에 불규칙하게 형성된 측부 가지들이 관찰되었다.

**주요어** : All-in-one system, 상아질 접착제, 유치, 전단결합강도, Resin tag

### I. 서 론

소아 환자를 대상으로 한 수복 치료에 있어 중요한 관건은 행동 조절뿐만 아니라 나날이 증가하고 있는 심미적 수복 방법에 대한 요구에 부응할 수 있는지의 여부이다. 이를 위해서는 보다 간편하고 손쉽게 임상에서 적용할 수 있는 심미 수복 방법의 개발이 필요하다 사료된다.

1955년 Buonocore<sup>1)</sup>에 의해 치질에 대한 산부식법이 소개되어 복합레진과 법랑질간의 결합의 미세 기계 결합이 이루어 질 수 있었으며, 이로 인해 법랑질에 대한 심미 수복법의 발전에 많은 영향을 주었다. 그러나 상아질에 대한 복합레진 결합은 상아세관 및 상아세관액, 18 wt%의 유기질 그리고 13 wt%의 수분으로 이루어진 상아질의 복잡한 구성과 와동 형성 시 생기는 도말층의 존재 등으로 복합 레진과의 결합력 증진에 많은 어려움이 있어 왔다<sup>2)</sup>. 이러한 제한 사항들을 극복하고자 다양한 노력들이 있어 왔다.

상아질 접착 시스템은 전처리 및 접착 레진을 각각 사용하는 4세대에 이르러 임상에서 사용되기에 충분한 결합 강도를 얻게 되었으며, 5세대에서는 시술 과정의 편의성을 증시하여 산부식과 전처리 혹은 전처리와 레진 접착을 동시에 시행하는 시스템

교신저자 : 김 종 수

충남 천안시 안서동 산29

단국대학교 치과대학 소아치과학교실

Tel: 82-41-550-1931, 2 Fax: 82-41-555-2329

E-mail: jskim@dku.edu

으로 발전되었고, 6세대에 이르러서는 산부식 과정을 통합해 모든 과정을 한 번에 처리하는 All-in-One 시스템이 개발되었다<sup>3-7)</sup>.

6세대 접착 시스템은 산부식과정을 생략함으로써 시술 시간이 단축되었고<sup>8)</sup>, 시술 후 민감성<sup>9-11)</sup>과 상아세관으로부터 유리되는 체액으로 인한 레진 결합의 문제 발생 가능성 등이 감소하게 되었다<sup>12)</sup>.

본 연구에서는 새로 개발된 6세대 상아질 접착 시스템인 AQ Bond Plus<sup>TM</sup>와 G Bond<sup>TM</sup>를 실험군으로 선정하고 임상에서 널리 사용되고 있는 Single Bond<sup>TM</sup>를 대조군으로 선정하였다.

유치 법랑질과 상아질에 대한 전단 결합 강도를 측정하여 비교 분석하고, resin tag의 형상을 전자 현미경으로 관찰하고 비교 분석함으로써, 행동 조절에 어려움이 많은 소아 환자의 접착 수복에서 시술 과정의 단순화와 시간 단축이 장점으로 부각되고 있는 All-in-One 시스템의 임상 적용 가능성과 문제점 등을 비교 평가하고자 하였다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 연구 재료

#### (1) 유치 시편의 준비

교환 시기가 도래하여 발거된 유치 중 유전치는 순설면에, 유구치는 협설면에 치아우식증이 없는 유치들을 수거하여 치아 표면의 이물질들을 제거하고 불소증이나 crack이 없는 유치만을

을 선별하여 0.1% thymol에 보관하여 실험에 사용하였다.

#### (2) 상아질 접착 시스템과 복합 레진

6세대 상아질 접착 시스템 중 실험군으로 사용한 AQ Bond Plus<sup>TM</sup>(Sunmedical Co., Japan)는 pH 2.5의 강산을 사용하며 40% acetone base와 4-META(methacryloxyethyl trimellitate anhydride)를 포함하고 있으며, G Bond<sup>TM</sup>(GC CO., Japan)도 pH 2.0의 강산을 사용하며 4-MET (methacryloxyethyl trimellitate)와 phosphoric ester를 포함하고 있다.

대조군으로 사용된 Single Bond<sup>TM</sup>(3M/ESPE, USA)는 pH 5.0의 약산을 사용하며 ethanol(30-40%)과 water(2-8%) base로 Bis-GMA, HEMA, GDMA를 포함하고 있다.

사용된 복합 레진은 Z-250<sup>TM</sup>(3M ESPE, USA)이었으며, 광중합기는 Elipar Light<sup>TM</sup>(3M/EPSE, USA)를 사용하였다.

## 2. 연구 방법

### (1) 전단 결합 강도 측정

#### ① 유치 시편의 제작

준비된 유치는 법랑질 실험군과 상아질 실험군으로 나누고, 각각 주형을 사용하여 교정용 레진으로 매몰하였다. 법랑질 실험군은 법랑질이 5 × 5 mm 이상 노출되도록 320, 600 grit 실리콘 카바이드 연마지로 연마하였고, 이후 1200, 2400 grit 실리콘 카바이드 연마지로 최종 활택하였으며, 상아질 실험군

**Table 1.** Distribution of groups and number of samples

Group	Materials	Enamel		Dentin	
		SBS	SBS	SBS	SEM Resin Tag
Group I	AQ Bond Plus <sup>TM</sup>	10	10		5
Group II	G Bond <sup>TM</sup>	10	10		5
Group III	Single Bond <sup>TM</sup>	10	10		5

(SBS : shear bond strength)

**Table 2.** Surface treatment procedures of each group

Group	Procedures
Group I	20s 1st Coat (2~3 successive coating) + 3 ~ 5s Air blow  2nd Coat + 5~10s Air blow + 10s Curing
Group II	10s Coat + 5s Air blow + 10s Curing
Group III	15s Etching + 10s Rinse  Priming 2 coats 2~5s Air blow Curing 10 sec

도 같은 방법으로 상아질이 5 × 5 mm 이상 되도록 노출시켰다.

완성된 유치 시편은 실험 전까지 0.1% thymol에 보관하였다. 준비된 시편들은 Table 1의 실험 계획에 따라 무작위 배분하였다.

② 복합 레진 충전

제조사의 지시에 따라 Table 2와 같이 각 군의 유치 표면을 처리한 후 내경 1.7 mm, 높이 2.0 mm의 폴리에틸렌 튜브를 사용하여 테프론이 피복된 충전 기구를 사용하여 튜브 내에 조심스럽게 Z-250™ 복합레진을 충전하였다. 충전이 완료된 후 mylar strip으로 덮고 LED 광증합기(3M ESPE, USA)로 광증합하였다. 광증합기는 광증합 10회마다 Radiometer (DentAmerica, USA)를 사용하여 광량을 확인하였다.

증합이 완료된 후, 조심스럽게 주형을 제거하고, 37℃의 100% 상대 습도에서 24시간 동안 보관하였다.

③ 열순환 처리

구강내 환경을 재현하기 위하여 준비된 시편들을 열 순환기(Tokyo, Japan)에 넣고 5℃와 55℃에서 각각 30초 동안 침적시키는 방법으로 총 500회 시행하였다.

④ 전단 결합 강도 측정

특별히 고안된 기구를 사용하여 치면이 바닥면에 대한 90°가 되도록 고정된 후 압력이 치면과 수평이 되고, 치면과 복합레진의 접촉면에 최대한 근접하게 가하도록 조절하였다. 각 시편들은 만능 시험기(경성시험기, Korea)에 100kgF load cell을 장착하여 사용하였으며, 분당 1 mm의 cross-head speed로 전단 결합 강도를 측정하였다. 측정된 결합 강도를 폴리에틸렌 튜브의 내경 면적으로 나누고 이를 다시 MPa로 환산하였다.

⑤ 통계 처리

측정된 전단 결합 강도는 통계 프로그램(SPSS 13.0, SPSS Inc., USA)을 사용하여 Kruskal-Wallis test와 Mann-Whitney U test로 검정하였다.

(2) Resin tag 관찰

전단 결합 강도의 실험에서와 같은 방법으로 폴리에틸렌 튜브를 상아질 표면에 고정시키고 Table 2의 방법에 따라 상아질을 처리한 후 Z-250™ 복합레진을 충전하였다. 충전 후 37℃, 100% 상대 습도에서 24시간 동안 보관하였다. 준비된 시편을 Table 1의 실험 계획에 따라 무작위 배분하였다.

Resin tag 형성 상태를 평가하기 위하여 63% 질산은(AgNO<sub>3</sub>)용액에 24시간 침적하여 치질을 완전히 용해시킨 후 2% 차아염소산나트륨(NaOCl)용액으로 60초간 처리하여 단백질 제거 후 건조하였다.

준비된 시편을 코팅기(E-1010, Hitachi, JAPAN)를 사용

하여 gold-palladium으로 코팅한 후 지름 12 mm aluminum stub에 부착하여 가속 전압 15.0kV 하에서 주사 전자 현미경(S-3000H, Hitachi, Japan)으로 1000배 배율 하에서 관찰하였다.

Ⅲ. 연구 성적

1. 전단 결합 강도 측정 결과

각 군의 전단 결합 강도 측정 결과를 Table 3에 나타내었다. 유치 법랑질에서 측정된 전단 결합 강도는 I군에서 1.04 ± 0.13 MPa, II군에서 1.23 ± 0.35 MPa 그리고 III군에서 1.28 ± 0.50 MPa로 나타났다. 유치 상아질에서는 I군이 1.15 ± 0.37 MPa, II군이 1.69 ± 0.74 MPa 그리고 III군이 0.56 ± 0.11 MPa로 나타났다.

각 군의 전단 결합 강도를 Fig. 1에 막대그래프로 나타내었다. I군과 II군에서는 법랑질보다 상아질에서 상대적으로 높은 전단 결합 강도를 보인 반면, III군에서는 상아질보다 법랑질에서 더 높은 전단 결합 강도를 보였다.

각 군의 법랑질 시편에서 측정된 전단 결합 강도를 Kruskal-Wallis test로 분석한 결과 각 군간에 통계학적 유의차가 없음을 확인하였다(Table 4). 상아질에서는 Kruskal-Wallis 분석 결과 군 간에 유의차가 있음을 확인하였고, Mann-Whitney test로 분석한 결과 I군과 III군 그리고 II군과 III군 간에 유의차가 있음을 확인하였다(Table 5).

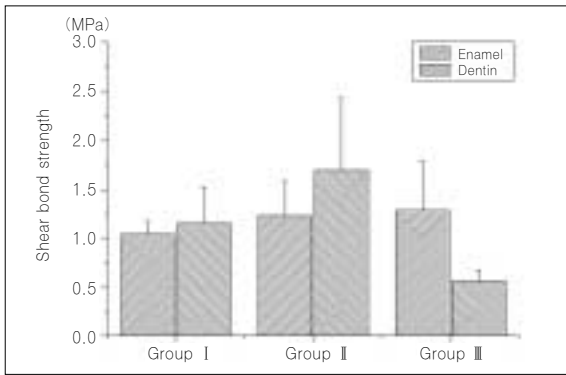
2. 주사 전자 현미경 관찰 결과

Fig. 2는 I군의 resin tag를 주사 전자 현미경으로 1000배의 배율 하에서 관찰한 모습으로 resin tag가 고르게 분포하고 있으나 짧게 형성된 모습을 보여 준다. 형성된 resin tag의 길이는 약 2~5 μm정도였다.

II군에서 관찰된 resin tag의 모습을 Fig. 3에 나타내었다. I군에 비해 resin tag의 길이가 길고 가는 양상을 보여 주었다. 형성된 resin tag의 분포는 불균일하였고 resin tag의 수는 I군에 비해 적었으나 길게 형성된 resin tag의 수는 I군에 비해 많았다. 측정된 resin tag의 길이는 약 60~100 μm정도였다.

**Table 3.** Mean and standard deviation obtained from each group (Unit : MPa)

Group	Enamel	Dentin
Group I	1.04 ± 0.13	1.15 ± 0.37
Group II	1.23 ± 0.35	1.69 ± 0.74
Group III	1.28 ± 0.50	0.56 ± 0.11



**Fig. 1.** Bar graph representing the mean shear bond strength of each group.

**Table 4.** Statistical analysis of shear bond strength of enamel in each group

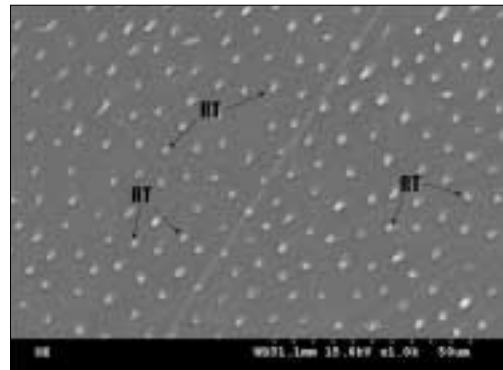
	Group I	Group II	Group III	
Group I				
Group II				-
Group III				-

(\* :  $p < 0.05$ , from Kruskal-Wallis Test)

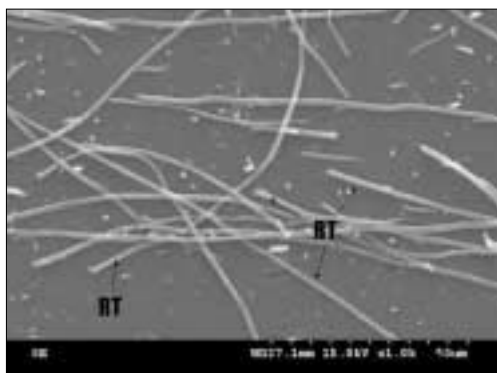
**Table 5.** Statistical analysis of shear bond strength of dentin in each group

	Group I	Group II	Group III	
Group I				
Group II				-
Group III				*

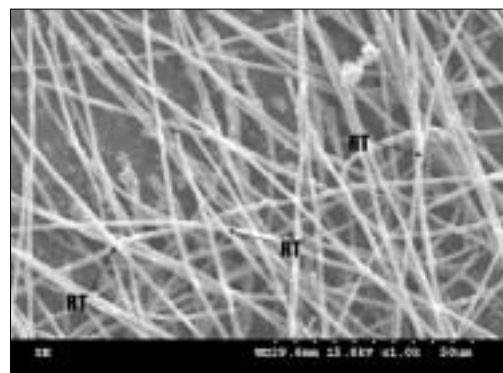
(\* :  $p < 0.05$ , from Kruskal-Wallis Test)



**Fig. 2.** Resin tag from Group I (RT : Resin tag,  $\times 1000$ ). The length of resin tags ranges from approximately 2 - 5  $\mu\text{m}$ .



**Fig. 3.** Resin tag from Group II (RT : Resin tag,  $\times 1000$ ). The length of resin tags ranges from approximately 60 - 100  $\mu\text{m}$ .



**Fig. 4.** Resin tag from Group III (RT : Resin tag,  $\times 1000$ ). The length of resin tags ranges from approximately 800 - 1000  $\mu\text{m}$ .

Ⅲ군의 주사 전자 현미경 관찰 모습은 Fig. 4에 나타내었다. 전체적으로 매우 조밀하고 끈게 뻗은 resin tag의 모습이 관찰되었고, resin tag 표면에는 매우 불규칙한 돌출부들이 관찰되었다. Resin tag의 길이는 약 800~1000  $\mu\text{m}$  정도였다.

#### Ⅳ. 총괄 및 고안

1955년 Buonocore<sup>1)</sup>에 의해 소개된 법랑질 산부식법은 심미 수복제인 복합레진 수복의 장을 여는 계기가 되었다. 이후 복합레진과 법랑질과의 결합력은 지속적으로 향상되어 현재에는 만족할 만한 법랑질 접착 강도를 보이고 있다. 그러나 상아질에 대한 접착은 보다 복잡한 조직학적 구조와 다양한 조성 때문에 많은 어려움이 있다. 법랑질은 92 vol%의 무기질을 포함하는 반면, 상아질은 45 vol%만이 무기질로 구성되어 있다. 법랑질 수산화인회석은 규칙적인 배열을 하고 있는 반면, 상아질 수산화인회석은 교원 섬유들이 주를 이루는 유기질에 불규칙적으로 분포되어 있다<sup>13)</sup>. 또한 약 18%의 유기질 함량, 약 13%의 수분 등이 장애 요소로 작용하여 높은 결합 강도를 얻기가 어려웠으며, 이를 극복하기 위해 상아질 접착 시스템이 도입되었다<sup>2)</sup>.

상아질 접착 시스템은 치수 자극을 방지하기 위하여 도말층을 그대로 보존하였던 1세대<sup>14)</sup>와 산부식에 의한 치수 자극이 경미하다고 알려진 후 접착력을 증가시키기 위하여 도말층을 제거하였던 2세대<sup>15)</sup>를 거쳐 약산을 이용하여 법랑질 및 상아질을 한꺼번에 산 처리함으로써 처리 과정을 단순화하였고, 도말층 제거와 함께 상아질 교원 섬유(collagen fiber)의 중요성을 인식하고 습윤 상태를 유지하도록 하는 wet-bonding 개념이 도입된 3세대<sup>16)</sup>에 이르렀고, 이때 형성된 교원 섬유와 접착레진에 의해 형성된 층을 Nakabayashi 등<sup>17)</sup>은 혼화층(hybrid layer)라고 하였다. 이후 산부식, 전처리 및 접착 레진을 각각 사용하는 4세대와 전처리와 접착 레진을 한 번에 처리하는 5세대로 발전되었으며, 6세대는 5세대의 산부식 과정까지 한 번에 처리할 수 있도록 하여 시간 단축을 할 수 있게 하였다<sup>3,4)</sup>.

본 연구는 산부식 과정이 통합됨으로써 시술 과정이 간소화되어 행동 조절에 유리할 것으로 판단되는 6세대 상아질 접착제 중 AQ Bond Plus<sup>TM</sup>와 G Bond<sup>TM</sup>를 선정하여 그 임상적 효용성을 평가하고자 하였다. 대조군으로는 상아질 결합강도가 우수하여 임상에서 널리 사용되고 있는 5세대 접착 시스템인 Single Bond<sup>TM</sup>를 사용하였다.

수복 재료의 결합 효율을 평가하는 방법은 전단 결합 강도<sup>18-21)</sup>와 미세누출 평가<sup>6,22-24)</sup>를 들 수 있다. 본 연구에서는 전단 결합 강도의 비교 평가와 함께 resin tag의 형성 정도가 전단 결합 강도에 영향을 주는지에 논란의 여지가 많다고 판단되어 주사 전자 현미경을 이용한 resin tag의 형성 정도를 평가하였다.

선학들의 연구를 살펴보면, 법랑질에 대한 복합레진의 전단 결합 강도는 23에서 25 MPa 정도로 매우 높게 나타나지만, 상아질에서 대해서는 실험 조건에 따라 3.5~25 MPa까지 매우 다양한 범위 값들이 보고되고 있다<sup>18-21)</sup>.

본 연구에서 측정된 법랑질에서의 전단 결합 강도는 기존 연구에 비해서 매우 낮은 값을 보여 기존 연구들과의 연관성을 찾을 수는 없어 군 간의 상대 비교만 서술할 수밖에 없었다. 전단 결합 강도가 낮게 나타난 이유로 생각해 볼 수 있는 것은 먼저 만능 시험기의 전단 결합 강도 측정점의 오류를 들 수 있는데, 이론적으로는 치면과 복합 레진의 접착면에 압력이 가하도록 해야 하지만, 실제 실험 과정에서 정확하게 동일한 위치에 압력이 가해지도록 하는데 어려움이 많았으며, 복합 레진 수복 과정에서 폴리에틸렌 튜브의 동요없이 수복을 하는데도 실험적 오류가 있었을 것으로 사료되었다. 마지막으로 만능 시험기 자체의 기계적 문제로 표준화 과정(calibration)에 문제가 있을 수 있었을 것으로 추측되었다.

본 연구에서 측정된 유치 법랑질의 전단 결합 강도를 살펴보면, AQ Bond Plus<sup>TM</sup>가  $1.04 \pm 0.13$ , G Bond<sup>TM</sup>가  $1.23 \pm 0.35$  그리고 Single Bond<sup>TM</sup>가  $1.28 \pm 0.5$ 로 나타나 기존 연구들에 비해 매우 낮게 나타났으나, Table 4에서 보는바 같이 통계학적으로 군 간의 유의차는 없음이 확인되었다. 동일 조건하에서 측정된 3군 간의 유의차가 없음으로써 유치 법랑질에서의 제6세대 All-in-One 시스템의 임상 적용에는 큰 문제가 없을 것으로 사료되었다.

유치 상아질에서 측정된 전단 결합 강도를 살펴보면, AQ Bond Plus<sup>TM</sup>가  $1.15 \pm 0.37$ , G Bond<sup>TM</sup>가  $1.69 \pm 0.74$  그리고 Single Bond<sup>TM</sup>가  $0.56 \pm 0.11$ 로 나타나 상아질에서도 역시 기존 연구보다 다소 낮은 수치를 보여 주었다. 그러나 법랑질에서와는 다르게 상아질에서는 I군과 III군간에 유의차가 존재하였다. 기존의 연구들과는 반대로 III군이 I군에 비해 전단 결합 강도가 유의하게 낮게 나타났다. 이러한 결과는 resin tag의 길이가 전단 결합 강도에 절대적인 영향을 준다고 믿었던 과거의 연구들에 대립되는 결과이나 주사 전자 현미경에서 관찰된 resin tag의 관찰상과 연관지어 살펴보면, 혼화층의 두께가 두꺼운 I군과 II군의 전단 결합 강도가 높은 것으로 나타나, 전단 결합 강도가 resin tag의 길이와 분포보다는 혼화층의 두께가 관련된 것으로 사료되었다.

Chan 등<sup>25)</sup>은 6세대 접착 시스템에서 agitation은 도말층의 두께를 감소시켜 결합강도를 증가시켜 주는 중요한 요소라고 하였으며, 본 연구에서도 제조사의 이러한 권고사항을 따라 시행하였다. 또한 Chan 등<sup>25)</sup>은 두꺼운 도말층이 존재하여도 접착레진은 잘 통과하여 혼화층을 형성할 수 있다고 하였다. 이러한 사실은 Fig. 2~4에 나타낸 주사 전자 현미경 관찰에서도 확인되었다.

Resin tag는 소수성 단량체인 접착제가 친수성 단량체인 HEMA의 도움을 받아 상아세관 심부까지 침투하여 형성하게 된다. 본 연구에서는 상아질 결합력에 있어서 resin tag의 형성 정도가 많은 영향을 미칠 것이라는 판단아래 전단 결합 강도 측정과 더불어 주사 전자현미경을 이용하여 resin tag 형성 정도를 평가하였다. 그러나 resin tag가 결합력에 영향을 미치는 정도에 대해서는 다양한 견해들이 제시되고 있다. Chappell 등<sup>26)</sup>

V. 결 론

은 접착 레진이 중합시 발생하는 수축으로 인해 상아세관 내에서 분리되기 때문에 결합력을 증가시키지 못한다고 하였으며, Tagami 등<sup>27)</sup>은 상아 세관의 직경이 크고 수가 많은 치수쪽 상아질에서 주변부의 상아질에서보다 더 낮은 결합력을 보인다고 하여 결합력과 resin tag의 직경, 길이와는 무관하다고 하였다. 그러나 이론적으로는 단량체가 교원질로 스며들어가 상아세관의 직경이 증가함에 따라 resin tag의 직경도 함께 증가하며, 증가된 resin tag의 직경으로 인해 결합력도 증가할 수도 있다<sup>28,29)</sup>. Gwinnett 등<sup>30)</sup>은 파절시킨 상아질 시편과 도말층이 남아 있는 상아질 시편에서 결합력을 비교한 결과, resin tag가 잘 형성된 시편에서 높은 결합 강도를 보였다고 하였다. 본 연구에서도 resin tag의 형성이 비교적 잘 된 I군이 비교적 길고 불균일한 resin tag가 형성된 III군보다 우수한 상아질 전단 결합 강도를 보였다. 복합 레진의 파절 양상을 주사 전자 현미경으로 관찰한 연구에서 resin tag가 상아세관 입구에서 파절된다고 하였는데<sup>31)</sup>, 이는 상아세관과 resin tag간의 결합력이 resing tag와 접착 레진 간의 결합력보다 크다는 것을 의미한다고 판단된다. 이러한 사실은 본 교실의 선행 연구에서도 관찰된 바 있다. Yoshiyama 등<sup>32)</sup>은 치경부 마모 부위에서의 복합 레진의 결합력 감소는 상아세관의 폐쇄로 인해 resin tag 형성이 이루어지지 않았기 때문이라고 주장하였다. Gwinnett 등<sup>30)</sup>은 관간 상아질에 침투하는 접착 레진이 전체 전단 결합 강도의 2/3에 해당되며, 나머지 1/3은 상아세관 내로 침투하여 형성된 resin tag에 의한다고 하였다. 이러한 연구들을 종합해 보면, resin tag는 복합 레진의 상아질 결합 강도에 영향을 미치고 있다고 판단되었다<sup>29)</sup>.

Resin tag의 길이가 짧은 것은 제거되지 않은 도말층으로 인해 접착 레진이 상아 세관에 침투 제약을 받았을 것으로 판단되었다<sup>33)</sup>. 이는 본 연구의 Fig. 2에서 확연히 나타나고 있으며, 비록 I군의 resin tag의 길이가 짧지만, III군보다 높은 상아질 결합 강도를 보였다. 이러한 사실로 미루어 볼 때 resin tag의 길이는 전단 결합 강도에 큰 영향을 주지 못하는 것으로 사료되었다. 즉, resin tag의 길이보다는 분포가 더 중요하다고 판단되며, Fig. 2에서 보이는 I군 resin tag의 길이는 약 2~5 μm 정도였으며, Fig. 3에서 보이는 II군 resin tag의 길이는 약 60~100 μm 정도였고, Fig. 4에서 측정된 III군의 resin tag 길이는 약 800~1000 μm 정도로 나타났다.

주사 전자 현미경에서 관찰된 소견에서 resin tag의 표면에 나타나는 불규칙한 돌기(Fig. 4)들은 상아 세관 사이의 분지를 따라 접착 레진이 침투되었다는 증거로 판단되며, 이러한 측방 분지들은 결합 강도에 영향을 줄 수 있다고 하였다<sup>26,34,35)</sup>.

유치 법랑질과 상아질에 대한 AQ Bond Plus<sup>TM</sup>와 G Bond<sup>TM</sup>의 전단 결합 강도는 Single Bond<sup>TM</sup>와 유사한 전단 결합 강도를 보였으며, 산부식 과정이 생략될 수 있어 산 세척시 환아를 자극하지 않는 장점이 있어 유치 상아질에서 6세대 All-in-One 시스템의 임상 적용 가능성을 충분히 뒷받침해 줄 수 있을 것으로 사료된다.

새로 개발된 6세대 상아질 접착 시스템인 AQ Bond Plus<sup>TM</sup>를 기존의 AQ Bond<sup>TM</sup>와 임상에서 널리 사용되고 있는 Single Bond<sup>TM</sup>의 전단 결합 강도를 비교하고, 파절 양상과 resin tag 및 혼화층의 형상을 전자 현미경으로 관찰하고 비교 분석함으로써, 행동 조절에 어려움이 많은 소아 환자의 접착 수복에 적용 과정 및 시간 단축이 장점으로 부각되고 있는 All-in-one system의 임상 적용 가능성을 평가하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 유치 법랑질에서 측정된 전단 결합 강도는 AQ Bond Plus<sup>TM</sup>에서 1.04 ± 0.13 MPa, G Bond<sup>TM</sup>에서 1.23 ± 0.35 MPa, Single Bond<sup>TM</sup>에서 1.28 ± 0.50 MPa이었으며, 세 군 간의 유의차는 없었다.
2. 유치 상아질에서의 전단 결합 강도는 AQ Bond Plus<sup>TM</sup>는 1.15 ± 0.37 MPa, G Bond<sup>TM</sup>는 1.69 ± 0.74 MPa 그리고 Single Bond<sup>TM</sup>는 0.56 ± 0.11 MPa로 나타났으며, AQ Bond Plus<sup>TM</sup>와 G Bond<sup>TM</sup>, G Bond<sup>TM</sup>과 Single Bond<sup>TM</sup> 간에는 통계학적 유의차가 없었으나, AQ Bond Plus<sup>TM</sup>와 Single Bond<sup>TM</sup> 간에는 통계학적 유의차를 보였다.
3. 주사 전자 현미경 소견에서 AQ Bond Plus<sup>TM</sup>와 G Bond<sup>TM</sup>는 resin tag 형성이 매우 미약하고 짧은 양상을 보인 반면, Single Bond<sup>TM</sup>에서는 길게 형성된 resin tag가 관찰되었으며 resin tag의 표면에 불규칙하게 형성된 측부 가지들이 관찰되었다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, AQ Bond<sup>TM</sup>와 AQ Bond Plus<sup>TM</sup>는 처리 과정의 단순화로 인한 시간 절약의 장점을 가지고 있으며 Single Bond<sup>TM</sup>에 비해 상대적으로 우수한 결합력을 보인 본 실험의 결과를 미루어 볼 때, 임상 적용시 술식과 case에 따른 선택적 사용이 추천되는 바이다.

참고문헌

1. Buonocore MG : A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res, 34(6):849-853, 1955.
2. Swift EJ, Jr., Perdigao J, Heymann HO : Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art, 1995. Quintessence Int, 26(2):95-110, 1995.
3. Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, et al. : Nanoleakage: leakage within the hybrid layer. Oper Dent, 20(1):18-25, 1995.
4. Ahmad I : Evaluating dentin bonding agents: an update. Pract Proced Aesthet Dent, 15(7):529-536: quiz 537, 2003.

5. 홍상진, 박종휘, 박헌동 등 : 유치에서 All-in-One system의 적용 시간과 적용 횟수에 따른 전단 결합 강도 및 혼성층 형성에 관한 연구. 대한소아치과학회지, 30(2):263-271, 2003.
6. 강용희, 신수일, 신동훈 : 올인원 접착제의 미세누출에 관한 정량적 분석. 대한치과보존학회지, 29(1):66-72, 2004.
7. 강선희, 김대업, 이광희 : 유치 상아질에 대한 수종의 상아질 결합제의 전단결합강도에 대한 연구. 대한소아치과학회지, 32(2):293-299, 2005.
8. Haller B : Recent developments in dentin bonding. Am J Dent, 13(1):44-50, 2000.
9. Mandras RS, Thurmond JW, Latta MA, et al. : Three-year clinical evaluation of the Clearfil Liner Bond system. Oper Dent, 22(6):266-270, 1997.
10. Opdam NJ, Feilzer AJ, Roeters JJ, et al. : Class I occlusal composite resin restorations: in vivo post-operative sensitivity, wall adaptation, and microleakage. Am J Dent, 11(5):229-234, 1998.
11. Wilson NH, Cowan AJ, Unterbrink G, et al. : A clinical evaluation of Class II composites placed using a decoupling technique. J Adhes Dent, 2(4):319-329, 2000.
12. Itthagarun A, Tay FR : Self-contamination of deep dentin by dentin fluid. Am J Dent, 13(4):195-200, 2000.
13. Aasen SM : History of dentinal bonding. Esthet Dent Update, 1:43-46, 1990.
14. Fusayama T, Nakamura M, Kurosaki N, et al. : Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. J Dent Res, 58(4):1364-1370, 1979.
15. Nakabayashi N, Ashizawa M, Nakamura M : Identification of a resin-dentin hybrid layer in vital human dentin created in vivo: durable bonding to vital dentin. Quintessence Int, 23(2):135-141, 1992.
16. Finger WJ, Lee KS, Podszun W : Monomers with low oxygen inhibition as enamel/dentin adhesives. Dent Mater, 12(4):256-261, 1996.
17. Nakabayashi N, Nakamura M, Yasuda N : Hybrid layer as a dentin-bonding mechanism. J Esthet Dent, 3(4):133-138, 1991.
18. Vargas MA, Cobb DS, Denehy GE : Interfacial micro-morphology and shear bond strength of single-bottle primer/adhesives. Dent Mater, 13(5):316-324, 1997.
19. Hannig M, Reinhardt KJ, Bott B : Self-etching primer vs phosphoric acid: an alternative concept for composite-to-enamel bonding. Oper Dent, 24(3):172-180, 1999.
20. Ernest CP, Holzmeier M, Willershausen B : In vitro shear bond strength of self-etching adhesives in comparison to 4th and 5th generation adhesives. J Adhes Dent, 6(4):293-299, 2004.
21. 조병훈, 임성삼, 권혁춘 등 : One-bottle system 상아질 접착제의 전단결합강도 해석. 대한치과보존학회지, 24(4):546-553, 1999.
22. Brackett WW, Haisch LD, Pearce MG, et al. : Microleakage of Class V resin composite restorations placed with self-etching adhesives. J Prosthet Dent, 91(1):42-45, 2004.
23. Tani C, Finger WJ : Effect of smear layer thickness on bond strength mediated by three all-in-one self-etching priming adhesives. J Adhes Dent, 4(4):283-289, 2002.
24. Stalin A, Varma BR : Comparative evaluation of tensile-bond strength, fracture mode and microleakage of fifth, and sixth generation adhesive systems in primary dentition. J Indian Soc Pedod Prev Dent, 23(2):83-88, 2005.
25. Chan KM, Tay FR, King NM, et al. : Bonding of mild self-etching primers/adhesives to dentin with thick smear layers. Am J Dent, 16(5):340-346, 2003.
26. Chappell RP, Cobb CM, Spencer P, et al. : Dentinal tubule anastomosis: A potential factor in adhesive bonding? J Prosthet Dent, 72:183-188, 1994.
27. Tagami J, Tao L, Pashley DH : Correlation among dentin depth, permeability, and bond strength of adhesive resin. Dent Mater, 6:45-50, 1990.
28. Pashley DH, Crucchi B, Sano H, et al. : Bond strength versus dentin structure. A modeling approach. Archs Oral Biol, 40:1109-1118, 1995.
29. Eick JD, Gwinnett AJ, Pashley DH, et al. : Current concepts on adhesion to dentin. Crnt Rev Oral Biol Med 8:306-335, 1997.
30. Gwinnett AJ : Quantitative contribution of resin infiltration/hybridization to dentin bonding. Am J Dent, 6:7-9, 1993.
31. Tam LE, Pillar RM : Fracture toughness of dentinal composite adhesive surface. J Dent Res, 72:953-959, 1993.
32. Yoshiyama M, Sano H, Ebisu S, et al. : Regional strengths of bonding agents to cervical sclerotic root

- dentin. *J Dent Res*, 75:1404-1413, 1996.
33. 최낙원, 조병훈, 손호현 : 상아질-레진 계면의 공초점 현미경적 형태 및 전단결합강도와의 관계. *대한치과보존학회지*, 24(2):310-321, 1999.
34. Ferrari M, Davidson CL : In vivo resin-dentin interdiffusion and tag formation with lateral branches of two adhesive systems. *J Prosthet Dent*, 76:250-253, 1996.
35. Perdigao J, Lambrechts P, van Meerbeek B, et al. : Morphological field emission-SEM study of the effect of six phosphoric acid etching agents on human dentin. *Dent Mater*, 12(4):262-271, 1996.



## Abstract

### COMPARATIVE STUDY ON THE SHEAR BOND STRENGTH OF ALL-IN-ONE DENTIN BONDING SYSTEM APPLIED TO PRIMARY TEETH

Dong-Cheol Kim, Jong-Soo Kim, Seung-Hoon Yoo

*Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Dankook University*

This study was performed to compare the shear bond strength of primary enamel & dentin treated by AQ Bond Plus™ and G Bond™, recently developed 6th generation dentin bonding system, to that of Single Bond™ being widely used. Also by observing the resin tag under scanning electron microscope, Resin tags of each material were also observed under scanning electron microscope and compared to one another. The possibility of clinical application of All-in-One system which has an advantage to reduce chair-time for children with difficult behavior pattern was evaluated. The results obtained are as follows:

1. No statistically significant difference between groups was found in shear bond strength of primary enamel.
2. In primary dentin, the shear bond strength of AQ Bond Plus™ was  $1.15 \pm 0.37$  MPa, G Bond™ was  $1.69 \pm 0.74$  MPa and Single Bond™ was  $0.56 \pm 0.11$  MPa. There were no statistical difference between AQ Bond Plus™ and G Bond™ and between G Bond™ and Single Bond™, whereas statistically significant difference was found between AQ Bond Plus™ and Single Bond™.
3. Under scanning electron microscope, resin tags observed in AQ Bond Plus™ and G Bond™ were very weak and tangled while strong and thick tags were shown with many lateral branches in Single Bond™.

The result of the present study coupled with the advantages of less working time over the previous generation suggests that All-in-One system might be effectively used in adhesive dental procedures for primary teeth.

**Key words** : All-in-one system, Dentin bonding system, Primary tooth, Shear bond strength, Resin tag