

# Shear Bond Strength of a 3-in-1 Flowable Composite Resin to Primary Teeth

Hyeongjik Lee, Jonghyun Shin, Jiyeon Kim, Taesung Jeong, Shin Kim

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

## Abstract

The purpose of this study was to compare the shear bond strengths of 3-in-1 flowable composite to the enamel and dentin of primary teeth to previous adhesive systems. 110 primary incisors were prepared and divided into two groups: Dentin group included 5 groups: 1) Scotch bond Multi-purpose plus(DSM), 2) Single-bond 2(DSB), 3) Clearfil SE bond(DSE), 4) All bond universal(DAB), 5) Constic(DC), and Enamel group included 6 groups: 1) Scotch bond Multi-purpose plus(ESM), 2) Single bond 2(ESB), 3) Clearfil SE bond(ESE), 4) All bond universal(EAB), 5) Constic(EC), 6) Constic with additional etching(ECE). A cylinder of composite was bonded to the prepared surface, and the shear bond strength was measured. In the dentin groups, group DC had significantly lower shear bond strength than group DSE. No significant difference was found between group DC, group DSM, group DSB and group DAB. In the enamel groups, there was no significant difference between group EC, group ESE, and group EAB. This material showed lowest shear bond strength among all tested materials in both enamel and dentin groups, showing insignificant difference with some adhesive systems. Therefore, 3-in-1 flowable composite can be used for primary teeth restoration but further studies are needed.

**Key words :** Shear bond strength, 3-in-1 flowable composite, Adhesive system, Primary teeth

## I. 서 론

복합레진은 심미성, 우수한 치질과의 결합성, 와동형성 시의 적은 치질 삭제량 등의 여러 가지 장점으로 현재 성인에게서 뿐만 아니라 소아의 수복치료에서도 널리 사용되고 있다.

소아 환자를 대상으로 한 수복치료에서 성인과 다른 점은 행동 조절의 문제를 고려하여야 한다는 것이다. 행동 조절이 어려운 소아 환자의 접착 수복에서는 술식의 단순화와 짧은 치료 시간이 아주 중요한 부분이다. 레진 접착 시스템의 발달은 임상가들에게 많은 편의성을 가져다 주었다.

1955년, Buonocore[1]에 의하여 레진 접착 술식이 소개된 이후에 수복재료와 치질과의 접착을 통한 수복치료가 가능해졌다. 법랑질과 복합레진의 접착은 강한 결합력과 안정성을 보이며, 법랑질 면에 다이아몬드 버를 사용하거나[2], 인산으로 전처리를 시행하면 결합력이 유의하게 증가한다[3,4].

상아질 접착 시스템은 산부식제, 상아질 전처리제, 상아질 접착제를 3단계로 적용하는 방식인 4세대 접착 시스템에 이르러 실제 임상에서 사용되기에 충분한 결합강도를 얻게 되었다[5]. 이후, 산부식과 전처리 또는 전처리와 레진 접착을 동시에 할 수 있는 방식인 5세대 접착제[6,7], 산부식제, 전처리제, 접착제를

Corresponding author : Shin Kim

Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Pusan National University, 20 Geumo-ro, Mulgeum-eup, Yangsan, 50612, Korea

Tel: +82-55-360-5180 / Fax: +82-55-360-5174 / E-mail : shinkim@pusan.ac.kr

Received December 18, 2017 / Revised April 2, 2018 / Accepted March 9, 2018

※This study was supported by 2017 Clinical Research Grant, Pusan National University Dental Hospital.

혼합하여 한번의 적용으로 사용하는 방식인 6세대 접착제[8], 산부식제, 전처리제, 접착제를 혼합 없이 한 번에 적용하는 단일용기 one-step 자가부식시스템인 7세대 접착제가 개발되어 사용되었다[9].

최근에, 새로운 접착방식을 가진 3-in-1 자가부식, 자가접착 유효성 복합레진(Constic, DMG, Germany)이 개발되었다. 이 재료는 산부식과 접착뿐만 아니라 복합레진의 수복까지 한번에 가능하기 때문에 술식 시간을 단축시킬 수 있다.

현재까지 상아질 접착제들과 치아의 결합력에 대한 보고는 많이 있었으나[10-15], 3-in-1 자가부식, 자가접착 유효성 복합레진의 유치에 대한 결합력을 다른 접착 시스템과 비교한 연구는 부족한 실정이다. 따라서, 이번 연구의 목적은 3-in-1 자가부식, 자가접착 유효성 복합레진의 유치 상아질과 법랑질에 대한 전단결합강도를 기존의 접착 시스템들과 비교 평가하는 것이다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 연구 재료

부산대학교 치과병원 소아치과 외래에서 발치된 지 50일이 지나지 않은 치아 중에서 치아 우식, 수복물, 그리고 표면이 금

가지 않은 건전한 유전치 110개를 사용하였다. 발치된 유치는 시편 제작 전까지 생리식염수에 4.0°C로 냉장 보관하였다. 50개의 상아질 시편과 60개의 법랑질 시편을 Table 1 - 3의 상아질 접착제의 종류와 전처리 방법에 따라 상아질 실험군 5개, 법랑질 실험군 6개로 총 11개의 군으로 나누었고 각 군당 10개씩 총 110개의 시편을 무작위로 배정하였다. 연구에 사용된 접착제는 4세대 접착제인 Adper™ Scotchbond™ Multi-Purpose Plus(3M EPSE, St Paul, MN, USA), 5세대 산부식형 접착제인 Adper™ Single bond 2(3M EPSE, St Paul, MN, USA), 5세대 자가부식형 접착제인 Clearfil SE Bond(Kuraray, Osaka, Japan), 7세대 접착제인 All-Bond Universal™(Bisco, Schaumburg, IL, USA), 3-in-1 유효성 복합레진인 Constic(DMG, Germany)이었다. 5가지의 접착제는 각각 상아질 군과 법랑질 군으로 나뉘고 법랑질에는 추가적으로 산부식을 시행한 3-in-1 유효성 복합레진 군을 추가하였다. 산부식제로 Ultra-etch®(Ultradent, South Jordan, UT, USA)를 사용하였으며, Constic에 해당되는 군을 제외한 나머지 군에서 충전용 레진은 Unifil® Flow(GC Corp. Tokyo, Japan)를, 광중합기로는 Valo® LED Curing Light(Ultradent Products, South Jordan, UT, USA)을 사용하였다. 이번 연구의 프로토콜은 부산대학교 치과병원의 임상 연구 윤리 위원회의 승인 아래 진행하였다(IRB No.: PNUDH-2017-011).

**Table 1.** Compositions of materials used in this study

Material	Composition
Ultra-Etch® (Ultradent, South Jordan, UT, USA)	35.0% Phosphoric acid, Cobalt aluminate blue spinel, Cobalt zinc aluminate blue spinel
Adper™ Scotchbond™ multi-purpose plus (3M EPSE, St Paul, MN, USA)	Primer: HEMA, light cured polymer, water Bond: Bis-GMA, HEMA
Adper™ Single bond 2 (3M EPSE, St Paul, MN, USA)	Dimethacrylate resins, HEMA, polyalkenoic acid copolymer, filler, ethanol, water, initiators
Clearfil SE Bond (Kuraray, Osaka, Japan)	Primer: MDP, water, HEMA, hydrophilic dimethacrylate, camphorquinone, N,N-Diethanol p-toluidine Bond: MDP, Bis-GMA, HEMA, hydrophobic dimethacrylate, camphorquinone, N-Diethanol p-toluidine, silanated colloidal silica, initiator
All-Bond Universal™ (Bisco, Schaumburg, IL, USA)	MDP, Bis-GMA, ethanol
Constic (DMG, Germany)	Bis-GMA, Barium glass, inorganic filler Filler content: 65.0 wt% (38.0 vol%) Filler particle size: 0.02 - 2.3 μm
Unifil® Flow (GC Corp. Tokyo, Japan)	UDMA, Dimethacrylate, Fluoro-alumino-silicate, silica Filler content: 67.0 wt% (vol%: Not Available) Filler particle size: 0.7 μm

MDP = methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate, Bis-GMA = bisphenol A glycidyl methacrylate, HEMA = 2-hydroxyethyl methacrylate, UDMA = Urethanedimethacrylate

**Table 2.** Application methods of dentin groups

Group	Adhesive	Composite resin	Application method	Code
I	Adper™ Scotchbond™ Multi-Purpose Plus	Unifil® Flow	1. Acid etching (15 sec), rinsing (15 sec) and air dry 2. Application of the primer (10 sec) 3. Application of the adhesive and air dry 4. Light curing (10 sec) 5. Application of composite resin	DSM
II	Adper™ Single bond 2	Unifil® Flow	1. Acid etching (15 sec), rinsing (15 sec) and air dry 2. Application of two coats of adhesive with slight agitation (10 sec per 1 coat) and air dry 3. Light curing (10 sec) 4. Application of composite resin	DSB
III	Clearfil SE Bond	Unifil® Flow	1. Application of the primer with slight agitation (20 sec) and air dry 2. Application of one coat of the adhesives (15 sec) 3. Light curing (10 sec) 4. Application of composite resin	DSE
IV	All-Bond Universal™	Unifil® Flow	1. Application of two coats of adhesive (10 sec per 1 coat) and air dry 2. Light curing (10 sec) 3. Application of composite resin	DAB
V	Constic	Constic	1. Application of a thin layer of Constic 2. Massaging in Constic (25 sec) 3. Light curing (20 sec) 4. Application of composite resin	DC

DSM = Adper™ Scotchbond™ Multi-Purpose Plus to dentin, DSB = Adper™ Single bond 2 to dentin, DSE = Clearfil SE Bond to dentin, DAB = All-Bond Universal™ to dentin, DC = Constic to dentin

**Table 3.** Application methods of enamel groups

Group	Adhesive	Composite resin	Application method	Code
I	Adper™ Scotchbond™ Multi-Purpose Plus	Unifil® Flow	1. Acid etching (15 sec), rinsing (15 sec) and air dry 2. Application of the adhesive and air dry 3. Light curing (10 sec) 4. Application of composite resin	ESM
II	Adper™ Single bond 2	Unifil® Flow	1. Acid etching (15 sec), rinsing (15 sec) and air dry 2. Application of two coats of adhesive with slight agitation (10 sec per 1 coat) and air dry 3. Light curing (10 sec) 4. Application of composite resin	ESB
III	Clearfil SE Bond	Unifil® Flow	1. Application of the primer with slight agitation (20 sec) and air dry 2. Application of one coat of the adhesives (15 sec) 3. Light curing (10 sec) 4. Application of composite resin	ESE
IV	All-Bond Universal™	Unifil® Flow	1. Acid etching (15 sec), rinsing (15 sec) and air dry 2. Application of two coats of adhesive (10 sec per 1 coat) and air dry 3. Light curing (10 sec) 4. Application of composite resin	EAB
V	Constic	Constic	1. Application of a thin layer of Constic 2. Massaging in Constic (25 sec) 3. Light curing (20 sec) 4. Application of composite resin	EC
VI	Constic	Constic	1. Acid etching (15 sec), rinsing (15 sec) and air dry 2. Application of a thin layer of Constic 3. Massaging in Constic (25 sec) 4. Light curing (20 sec) 5. Application of composite resin	ECE

ESM = Adper™ Scotchbond™ Multi-Purpose Plus to enamel, ESB = Adper™ Single bond 2 to enamel, ESE = Clearfil SE Bond to enamel, EAB = All-Bond Universal™ to enamel, EC = Constic to enamel, ECE = Constic to enamel with etching

## 2. 시편 제작

유치를 아크릴릭 레진(Orthodontic Resin, Dentsply, Konstanz, Germany)에 매몰하고 증류수에 24시간 실온 보관하였다. 상아질 실험군은 400 grit의 연마지를 사용하여 상아질을 노출시키고, 600, 800, 1000 grit의 연마지를 순서대로 사용하여 3.0 × 3.0 mm 이상의 상아질이 노출되도록 연마하였다. 법랑질 실험군도 같은 방법으로 3.0 × 3.0 mm 이상의 법랑질이 균일하게 노출될 수 있도록 시편을 제작하였다. 연마된 시편들은 오일이 함유되지 않은 퍼미스를 사용하여 세척하고 증류수에 실온 보관하였다.

시편 제작 후 1시간 이내에 법랑질과 상아질 면에 각 군에 해당하는 접착제를 제조사의 지시에 따라 도포하였다(Table 2, 3). 이때, 상아질 실험군의 경우 표면의 물기 조절은 3-way syringe의 가벼운 공기와 작은 면구로 과잉의 수분만 제거하는 방법을 사용하여서 상아질이 과도하게 건조되지 않도록 하였다. 접착제 도포 후, 직경 3.0 mm, 높이 3.0 mm의 테플론으로 된 주형을 블록 위에 고정하고 복합레진을 1.5 mm 높이로 충전하고 20초간 광중합하였고, 다시 1.5 mm 충전하고 20초간 광중합하였다. 3-in-1 유동성 복합레진을 사용한 군에서도 다른 실험군과의 통일성을 위하여 첫번째 층을 얇게 도포 후 20초간 광중합하였고 같은 방법으로 1.5 mm씩 제조사 지시에 따라 적층충전하였다.

## 3. 전단결합강도의 측정

시편은 36.0°C 증류수에 24시간 보관하였고, 시편과 레진 사이 계면에 힘이 가해지도록 시편을 고정한 후, 전단결합강도를

측정하였다. 각 군 표본의 전단결합강도는 로드셀의 수용력이 최대 10.0 kN이며 최대시험속도가 3000 mm/min인 만능 시험기(Instron testing machine, Type 5966, Instron Corp. Canton, Massachusetts, USA)를 사용하여 cross-head speed 1.0 mm/min로 측정하였다(Fig. 1). 파절이 일어나는 순간의 하중 강도 값이 Newton으로 측정되었고, 이를 상아질 접착제가 적용된 단면적으로 나누어 단위면적당 전단결합강도 값을 MPa로 환산하였다.

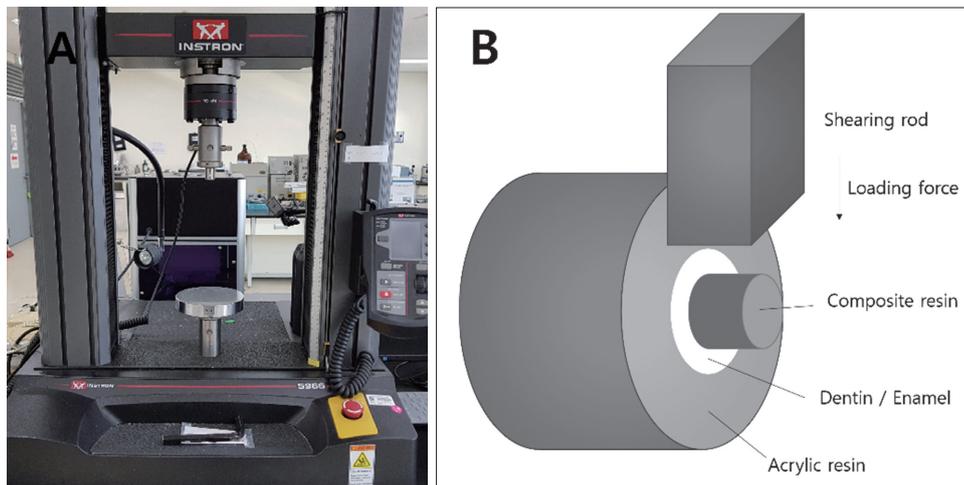
## 4. 통계 처리

각 군 간의 전단응력 값을 비교하기 위해 Kruskal-Wallis 검정을 사용하여 분석하였고, Bonferroni Correction Method를 이용하여 사후검정을 시행하였다. 자료처리는 IBM SPSS Statistics 23을 이용하였고 유의수준 0.05에서 분석하였다.

## Ⅲ. 연구 성적

### 1. 유치 상아질에서의 전단결합강도

유치 상아질에서 각 군의 전단결합강도 측정값은 Table 4와 Fig. 2에 나타나 있다. DSE가 18.96 ± 4.43 MPa로 가장 높은 전단결합강도를 나타냈으며, DSM(17.56 ± 4.00), DSB(16.94 ± 4.89), DAB(15.26 ± 3.11), DC(13.33 ± 2.65) 순이었다. DC는 DSE보다 유의하게 낮은 결합강도를 나타냈지만( $p = 0.026$ ), DSM, DSB, 그리고 DAB와는 통계적으로 유의한 차이가 없었다.



**Fig. 1.** Equipment and technique for measuring shear bond strength. A: Universal testing machine, B: Schematic illustration of the shear bond strength test set-up.

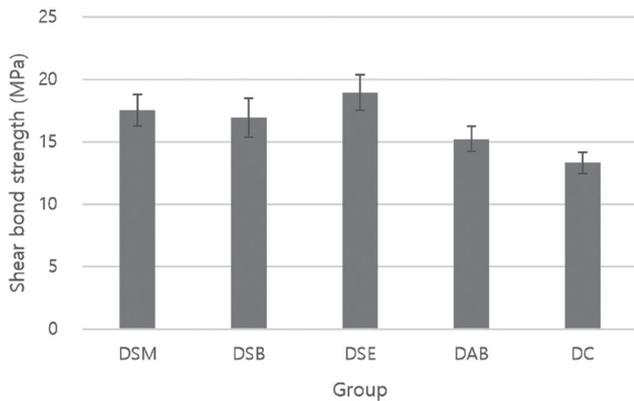
**Table 4.** Shear bond strength obtained from dentin groups and results of the multiple range test

	Group	MPa (Mean ± SD)	Bonferroni*
I	DSM	17.56 ± 4.00	ab
II	DSB	16.94 ± 4.89	ab
III	DSE	18.96 ± 4.43	b
IV	DAB	15.26 ± 3.11	ab
V	DC	13.33 ± 2.65	a

SD = standard deviation

\* = Groups shown with different letters were significantly different at the  $p < 0.05$  level according to the Bonferroni Correction Method.

DSM = Adper™ Scotchbond™ Multi-Purpose Plus to dentin, DSB = Adper™ Single bond 2 to dentin, DSE = Clearfil SE Bond to dentin, DAB = All-Bond Universal™ to dentin, DC = Constic to dentin



**Fig. 2.** Shear bond strength of the dentin groups.

DSM = Adper™ Scotchbond™ Multi-Purpose Plus to dentin, DSB = Adper™ Single bond 2 to dentin, DSE = Clearfil SE Bond to dentin, DAB = All-Bond Universal™ to dentin, DC = Constic to dentin

2. 유치 법랑질에서의 전단결합강도

유치 법랑질에서 각 군의 전단결합강도 측정값은 Table 5와 Fig. 3에 나타나있다. ESB가 23.12 ± 5.08 MPa로 가장 높은 전단결합강도를 나타냈고, ESM(22.71 ± 4.03), EAB(20.68 ± 4.14), ESE(19.29 ± 4.37), ECE(18.17 ± 3.35), EC(16.38 ± 2.62)순이었다. EC군은 ESM, ESB보다 유의하게 낮은 결합강도를 나타냈으나( $p = 0.004$ ), ESE, EAB와는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 그리고, ECE는 EC보다 높은 결합강도를 나타냈으나 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다.

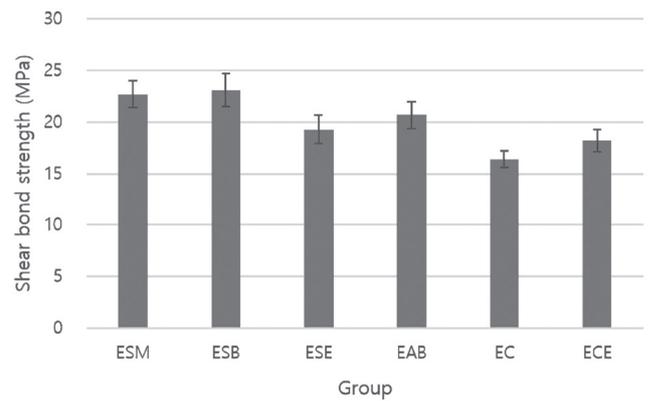
**Table 5.** Shear bond strength obtained from enamel groups and results of the multiple range test

	Group	MPa (Mean ± SD)	Bonferroni*
I	ESM	22.71 ± 4.03	b
II	ESB	23.12 ± 5.08	b
III	ESE	19.29 ± 4.37	ab
IV	EAB	20.68 ± 4.14	ab
V	EC	16.38 ± 2.62	a
VI	ECE	18.17 ± 3.35	ab

SD = standard deviation

\* = Groups shown with different letters were significantly different at the  $p < 0.05$  level according to the Bonferroni Correction Method.

ESM = Adper™ Scotchbond™ Multi-Purpose Plus to enamel, ESB = Adper™ Single bond 2 to enamel, ESE = Clearfil SE Bond to enamel, EAB = All-Bond Universal™ to enamel, EC = Constic to enamel, ECE = Constic to enamel with etching



**Fig. 3.** Shear bond strength of the enamel groups.

ESM = Adper™ Scotchbond™ Multi-Purpose Plus to enamel, ESB = Adper™ Single bond 2 to enamel, ESE = Clearfil SE Bond to enamel, EAB = All-Bond Universal™ to enamel, EC = Constic to enamel, ECE = Constic to enamel with etching

IV. 총괄 및 고찰

1982년 Nakabayashi 등[16]은 혼성층에 대해서 소개하였다. 레진 접착 전 과정으로 산부식을 이용하여 도말층을 제거하고 상아세관을 개방시켜서 교원섬유를 노출시킨다. 그리고 프라이머를 도포하여 침투시키고, 마지막으로 접착제를 적용하여 상아질과 교원섬유 내부로 레진을 침투시킨다. 이 과정 중에 교원섬유와 레진이 혼재되어 있는 층을 혼성층이라고 하고 상아세관 내로 유입된 부분을 레진 태그라고 한다. 4세대 접착제와 치아의 결합은 주로 혼성층에 의한 기계적 결합에 의한 것이다.

4세대 접착제를 통하여 레진 접착의 혁신적인 발전이 이루어졌으나 여러 단계의 과정에 대한 불편함으로 인해 접착과정을 단순화시킨 5세대 접착제가 90년대 중반 이후에 소개되었다. 5세대 접착제에는 산부식제와 프라이머를 하나로 결합한 'self-etching primer'와 프라이머와 접착제를 합한 'self-priming adhesive'가 있다. 'self-etching primer'는 기술적 민감성을 보완하고, 상아세관액의 이동을 감소시키고, 교원질의 탈수를 막아준다.

5세대 접착제의 개발에도 불구하고, 접착술식의 단순화에 대한 요구는 계속되었고 one step 접착제가 개발되었다. 6세대 접착제는 two bottle, one coat이며, 사용 직전에 따로 보관된 2개의 용기에서 혼합한 후 도포하는 방식이다. 7세대 접착제는 모든 성분이 하나의 용기에 들어있는 형태로 one bottle, one coat 방식이다.

연구에 사용된 3-in-1 자가부식, 자가접착 유동성 복합레진은 상아질 접착제와 유동성 복합레진까지 결합한 방식으로 기존의 상아질 접착시스템과는 달리 산부식 전처리나 접착제 도포 없이 레진수복을 할 수 있다. 구성성분으로는 Bis-GMA 레진 기질에 바륨 글래스 필러 및 첨가제가 포함되어 있다. 제조사 지시에 따르면, 임상가는 0.5 mm 두께 이내에서는 3-in-1 복합레진을 적용하고 25초간 문지른 후 20초의 광중합만으로 레진 수복이 가능하다. 따라서 이전의 다른 상아질 접착시스템에 비해 시술시간을 더 단축시킬 수 있고 사용하기 쉽다. 또한 추가적인 적층 충전이 필요한 경우에는 제품을 2.0 mm 두께 이내로 적용하고 20초간 광중합하면 된다. 3-in-1 유동성 복합레진은 술식 과정에 수세나 건조가 필요하지 않아 적용이 쉽고 술식 민감성이 낮은 장점을 가지기 때문에 소아치과 임상에서 협조도가 부족한 환자들에게 유용하게 사용될 수 있을 것으로 생각되어 이번 연구를 진행하였다.

이번 연구에서 4세대 접착제, 5세대 산부식형 접착제, 5세대 자가부식형 접착제, 7세대 접착제, 그리고 3-in-1 유동성 복합레진의 전단결합강도를 유치의 상아질과 법랑질에서 각각 비교하였다. 6세대 접착제는 2병을 섞어 사용해야 하고 7세대 접착제는 단일용기로 사용 가능하다는 것 말고는 두 가지 접착시스템의 상아질 접착 방식은 동일하며 상아질 접착제의 분류 시 6세대 접착제와 7세대 접착제를 같이 묶어 all-in-one 시스템으로 분류하고 있어 이번 연구에서는 두 가지의 all-in-one 시스템 중 7세대 접착제를 사용하여 비교하였다. 그리고 각 세대별로 다양한 접착제가 존재하나 그 중에 세대별 접착제 비교 연구에서 많이 사용되었던 접착제를 선정하여 연구를 진행하였다. 상아질 연구에서는 5세대 자가부식형 상아질 접착제가 가장 높은 결합강도를 보였고 법랑질 연구에서는 5세대 산부식형 접착제

가 가장 높은 결합강도를 보였다. 그리고 상아질과 법랑질 두 연구 모두에서 4세대 접착제, 5세대 산부식형 접착제, 5세대 자가부식형 접착제, 그리고 7세대 접착제 사이에서 통계적으로 유의한 결합강도 차이는 나타나지 않았다. 3-in-1 유동성 복합레진은 상아질 연구에서 가장 낮은 결합력을 보였으나 4세대 접착제, 5세대 산부식형 접착제, 그리고 7세대 접착제와는 유의한 결합력 차이가 나타나지 않았다. 법랑질 연구에서도 3-in-1 유동성 복합레진은 가장 낮은 결합강도를 보였으나, 5세대 자가부식형 접착제와 7세대 접착제와는 유의한 결합강도 차이가 나타나지 않았다. 그리고 모든 세대의 접착시스템에서 법랑질과의 결합강도가 상아질과의 결합강도보다 높게 나타났다.

3-in-1 유동성 복합레진의 구성상 접착제와 복합레진이 단일 제품으로 구성되어 있기 때문에 3-in-1 유동성 복합레진을 사용한 군에서는 다른 군에서 접착제 적용 후 수복에 사용된 유동성 복합레진을 사용하지 않고 3-in-1 유동성 복합레진을 수복에 사용하였다. 이번 연구의 연구설계에서 수복에 사용되는 레진이 달라질 수 밖에 없는 한계로 인한 연구의 변수를 최소화 하기 위하여 3-in-1 유동성 복합레진을 사용하지 않은 군에서 사용된 유동성 복합레진은 3-in-1 유동성 복합레진의 필러의 사이즈와 하중비가 비슷한 레진을 선택하여 사용하였다. 하지만 회사별로 상이한 접착제의 조성상 레진의 구성 차이 등에 따른 결합력 차이 존재할 수 있다는 것은 이 연구의 한계점이다.

한편, 유치와 복합레진의 결합력을 영구치와의 결합력과 비교하였을 때 유치에서 비교적 낮은 값을 나타내는데, 유치와 영구치의 화학조성 차이, 형태학적 차이, 그리고 조직학적 차이에서 기인한다. Bordin-Aykroyd 등[17]은 유치는 영구치보다 상대적으로 큰 치수강을 가지기 때문에 와동 형성 후 남게 되는 상아질은 치수와 가까이 존재하게 되고 치수 근처의 상아질은 칼슘 농도가 상대적으로 낮기 때문에 복합레진과의 결합 강도가 낮아진다고 보고하였다. Hirayama 등[18]은 유치의 관주 상아질이 영구치에 비해 2 - 5배가 두꺼우며, 이로 인해 결합에 중요한 역할을 하는 관간 상아질이 상대적으로 적어져 유치의 결합력이 작아진다고 하였다. Garberglio[19]의 연구에 따르면 영구치의 경우 치수에서 0.4 - 0.5 mm 사이의 상아질에 mm<sup>2</sup> 당 40,000 - 41,000개의 상아세관이 평균 1.6 - 1.7 μm의 지름을 가지며, 상아세관의 밀도나 지름이 영구치가 유치보다 커서 투과도가 높다고 하였다. 이러한 영구치와 유치의 차이 때문에 Nör 등[20]은 유치에서 영구치보다 산부식 후 더 두꺼운 혼성층이 생겨 유치와 레진의 결합력이 영구치보다 낮게 나타난다고 하였다.

Sasakawa 등[21]의 연구와 Roh와 Chung[22]의 연구에서 상아질 접착에서 복합레진의 결합력은 5.0 - 48.0 MPa의 범위를 가진다고 보고하였다. Davidson 등[23]은 영구치에서 복합레진과

상아질의 결합력이 17.0 MPa정도가 되어야 중합수축 시에도 수복물 변연의 미세누출을 막을 수 있다고 보고하였다. 중합수축력이 결합력보다 커지면 치아와 수복물 사이에 틈이 생긴다. 하지만 이 값은 영구치에 해당하는 값이며, 유치에 있어서는 아직 견고한 결합을 위해 어느 정도의 결합강도를 가져야 하는지 명확하지 않다.

유치는 영구치보다 치아 크기가 작고 상대적으로 치수강이 큰 형태학적 특성으로 인해 와동의 크기가 작게 형성된다. Suliman 등[24]은 작은 와동에서는 중합수축의 정도가 감소한다고 보고하였다. 따라서, 이번 연구에서 3-in-1 자가부식, 자가접착 유동성 복합레진의 상아질에 대한 전단결합강도가 17.0 MPa보다 낮게 나타났으나 기존 사용되어온 몇몇 접착제들의 결합력과 유의한 차이를 나타내지는 않았기 때문에 중합수축의 정도가 크지 않은 유치의 작은 와동 수복에서는 사용할 수 있을 것으로 생각된다.

Schuldt 등[25]은 3-in-1 자가부식, 자가접착 유동성 복합레진을 치면열구전색제로 사용하였을 때 영구치 법랑질과의 결합강도를 기존에 사용되어 온 치면열구전색제와 비교하였는데, 연구결과 임상적으로 서로 비슷한 결과를 얻을 수 있다고 하였다. 또한, 3-in-1 유동성 복합레진을 법랑질에 사용 시, 추가적인 산부식을 시행하였을 때 더 높은 결합력을 나타낸다고 하였다. 이번 연구에서도 법랑질 연구에서는 추가적인 산부식을 시행한 군을 추가하여 연구를 진행하였는데, 연구결과 산부식을 시행하지 않은 군보다 결과값이 높게 나타났으나 통계적으로 유의하지는 않았다.

최근에 소개된 3-in-1 자가부식, 자가접착 유동성 복합레진은 단일 제품으로 산부식, 전처리, 접착제 적용, 수복의 모든 과정을 한번에 가능하도록 하여, 사용 과정이 아주 단순화되어 있기 때문에 소아 환자의 수복에서 편의성을 가져다 줄 것으로 여겨진다. 그러나 아직까지 이 제품의 결합력에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 이번 연구에서 3-in-1 자가부식, 자가접착 유동성 복합레진은 몇몇 결합제와는 견줄만한 결합력을 보였으나 다른 접착제들에 비해 다소 떨어지는 것으로 보여 결합력을 증가시키기 위한 연구가 앞으로 더 필요할 것으로 여겨진다.

## V. 결 론

3-in-1 자가부식, 자가접착 유동성 복합레진은 상아질과 법랑질 두 연구 모두에서 연구한 재료들 중 가장 낮은 전단결합강도를 나타내었으나 상아질에서 5세대 one-bottle 접착제를 사용한 군과 7세대 all-in-one 접착제를 사용한 군과는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 그리고 법랑질 연구에서 5세대 자가부식 접

착제를 사용한 군과는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 기존 사용되어온 재료와 유의한 결합력 차이를 보이지 않았기 때문에 유치의 작은 와동 수복에서는 사용할 수 있을 것으로 생각된다.

유치 법랑질에서 3-in-1 자가부식, 자가접착 유동성 복합레진의 접착 시 부가적으로 산부식제를 사용한 군에서 산부식제를 사용하지 않은 군보다 전단결합강도가 높게 나타났으나 통계적으로 유의하지는 않았다.

## References

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. 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.
3. Rotta M, Bresciani P, Reis A, 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.
4. Van Landuyt KL, Kanumilli P, Van Meerbeek B, et al. : Bond strength of a mild self-etch adhesive with and without prior acid-etching. *J Dent*, 34:77-85, 2006.
5. Ahmad I : Evaluating dentin bonding agents: an update. *Pract Proced Aesthet Dent*, 15:529-536; quiz 537, 2003.
6. Gwinnett AJ : Dentin bond strength after air drying and rewetting. *Am J Dent*, 7:144-148, 1994.
7. Selvaraj K, Sampath V, Sujatha V, Mahalaxmi S : Evaluation of microshear bond strength and nanoleakage of etch-and-rinse and self-etch adhesives to dentin pretreated with silver diamine fluoride/potassium iodide: An in vitro study. *Indian J Dent Res*, 27:421-425, 2016.
8. Kanca J 3rd : Effect of resin primer solvents and surface wetness on resin composite bond strength to dentin. *Am J Dent*, 5:213-215, 1992.
9. Atash R, Van den Abbeele A : Bond strengths of eight contemporary adhesives to enamel and to dentine: an in vitro study on bovine primary teeth. *Int J Paediatr Dent*, 15:264-273, 2005.
10. Beloica M, Goracci C, Ferrari M, et al. : Microtensile vs microshear bond strength of all-in-one adhesives to unground enamel. *J Adhes Dent*, 12:427-433, 2010.
11. Kahveci O, Belli S : Composite bond strength to intact enamel with current simplified adhesives. *J Adhes Dent*,

- 13:31-37, 2011.
12. Miranda C, Prates LH, Chain MC, Vieira Rde S : Microtensile bond strength of 4 dentin adhesives to primary dentin. *J Dent Child (Chic)*, 77:126-134, 2010.
  13. Sarr M, Kane AW, De Munck J, *et al.* : Microtensile bond strength and interfacial characterization of 11 contemporary adhesives bonded to bur-cut dentin. *Oper Dent*, 35:94-104, 2010.
  14. Torres CR, Zanatta RF, Borges AB, *et al.* : Influence of previous acid etching on bond strength of universal adhesives to enamel and dentin. *Gen Dent*, 65:17-21, 2017.
  15. Yadala C, Gaddam R, Varma PK, *et al.* : Comparison of Shear Bond Strength of Three Self-etching Adhesives: An In-Vitro Study. *J Int Oral Health*, 7:53-57, 2015.
  16. 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.
  17. Bordin-Aykroyd S, Sefton J, Davies EH : In vitro bond strengths of three current dentin adhesives to primary and permanent teeth. *Dent Mater*, 8:74-78, 1992.
  18. Hirayama A : Experimental analytical electron microscopic studies on the quantitative analysis of elemental concentrations in biological thin specimens and its application to dental science. *Shika Gakuho*, 90:1019-1036, 1990.
  19. Garberoglio R, Brännström M : Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. *Arch Oral Biol*, 21:355-362, 1976.
  20. Nör JE, Feigal RJ, Dennison JB, Edwards CA : Dentin bonding: SEM comparison of the resin-dentin interface in primary and permanent teeth. *J Dent Res*, 75:1396-1403, 1996.
  21. Sasakawa W, Nakaoki Y, Sidhu SK, *et al.* : Micro-shear bond strength of five single-step adhesives to dentin. *Dent Mater J*, 24:617-627, 2005.
  22. Roh OD, Chung JH : Micro-shear bond strength of five resin-based composites to dentin with five different dentin adhesives. *Am J Dent*, 18:333-337, 2005.
  23. Davidson CL, de Gee AJ, Feilzer A : The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. *J Dent Res*, 63:1396-1399, 1984.
  24. Suliman AA, Boyer DB, Lakes RS : Cusp movement in premolars resulting from composite polymerization shrinkage. *Dent Mater*, 9:6-10, 1993.
  25. Schuldt C, Birlbauer S, Kühnisch J, *et al.* : Shear Bond

Strength and Microleakage of a New Self-etching/Self-adhesive Pit and Fissure Sealant. *J Adhes Dent*, 17:491-497, 2015.

국문초록

## 유치에 대한 3-in-1 유동성 복합레진의 전단결합강도

이형직 대학원생 · 신종현 대학원생 · 김지연 교수 · 정태성 교수 · 김신 교수

*부산대학교 치의학전문대학원 소아치과학교실*

이 연구의 목적은 최근 새로 소개된 3-in-1 자가부식, 자가접착 유동성 복합레진의 유치 법랑질과 상아질에 대한 결합력을 기존의 접착 시스템들과 비교 평가하기 위함이다. 110개의 발치된 건전한 유전치를 상아질과 법랑질, 그리고 접착 시스템에 따라 11개의 군으로 나눴다. 연구재료로 Scotchbond Multi-Purpose Plus, Single bond 2, Clearfil SE Bond, All-Bond Universal, Constic을 사용하여 전단결합강도를 평가하였다. 3-in-1 자가부식, 자가접착 유동성 복합레진은 상아질과 법랑질 연구에서 모두 가장 낮은 전단결합강도를 나타냈지만 몇몇 접착 시스템과는 유의한 차이를 나타내지 않아 유치 수복에서 사용될 수 있을 것으로 생각되나 추가적인 연구가 필요할 것으로 여겨진다.