

One-Bottle system 상아질접착제의 전단결합강도 해석

조병훈 · 임성삼 · 권혁춘 · 엄정문 · 손호현 · 배광식

서울대학교 치과대학 치과보존학교실

ABSTRACT

SHEAR BOND STRENGTHS OF ONE-BOTTLE DENTIN ADHESIVE SYSTEMS.

Byeong-Hoon Cho, Sung-Sam Lim, Hyuck-Choon Kwon,

Chung-Moon Um, Ho-Hyun Son, Kwang-Sik Bae

Dept. of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Seoul National University

In order to evaluate the effectiveness of 'One-bottle dentin adhesive system', the shear bond strengths of two fourth generation dentin adhesive systems and two One-bottle systems to the occlusal dentin of the freshly extracted third molars were measured by the regulation of the ISO TR 11405. The fourth generation dentin adhesive systems used in this study were Scotchbond Multi-Purpose Plus and All-Bond 2, and the One-bottle systems were Single Bond and One-Step. The effects of the thickness of hybrid layer and adhesive layer, the diameter of resin tag and the ratio between the diameter of resin tag and that of dentinal tubule were analyzed as the contributing factors of the shear bond strength of dentin bonding systems from the Scanning Electron Microscopic images.

The results were as follows:

1. The shear bond strengths of Scotchbond Multi-Purpose, All-Bond 2, and Single Bond were 16.98 ± 3.40 MPa, 15.10 ± 2.77 MPa and 15.05 ± 3.18 MPa, respectively. There were no statistical differences ($p > 0.05$).
2. But, the shear bond strength of One-Step were significantly lower than those of the other groups (11.81 ± 1.95 MPa, $p < 0.05$).
3. The thicknesses of hybrid layer and adhesive layer of One-Step were significantly thinner than those of the other groups ($p < 0.05$). The differences of the diameter of resin tag ($p = 0.0685$) and the ratio between the diameter of resin tag and that of dentinal tubule ($p = 0.2401$) were not significant among all the material groups.
4. The thickness of hybrid layer and adhesive layer might be considered as contributing factors of the shear bond strengths of dentin bonding systems, but the diameter of resin tag and the ratio between the diameter of resin tag and that of dentinal tubule might not.

I. 서 론

1955년 Buonocore¹⁾에 의해 범광질 산부식법이 소개된

이후로 치질에 대한 수복재료의 접착이 가능해져 수복치료 학에 있어서의 큰 변화를 가져왔다. 이후에 산부식방법의 개선, 상아질접착제의 개선을 통해 접착수복술식에 의한 치

본 연구는 1997년도 서울대학교병원 임상연구비(01-1997-071) 지원에 의하여 이루어진 것임.

료법들이 많이 소개되고 있다. 상아질접착제는 치질과 수복물 사이에 화학적 및 기계적결합(chemical & mechanical bonding)을 유도하여 강한 접착력을 갖는다.

치질과 복합레진의 접착력에 대해서는 Barkmeier 등¹⁾은 복합레진과 산부식된 법랑질사이에 16 - 24 MPa의 접착강도를 얻을 수 있다고 하였고, Wiczkowski 등²⁾은 와동의 법랑질변연을 산부식함으로써 변연누출을 방지할 수 있다고 하였다. 또한 Bowen 등³⁾과 Munksgaard 등⁴⁾에 의해 상아질 접착강화제(dentin primer)가 소개된 이래로 지속적인 재료의 개발과 접착방법의 개선을 통해 3세대 이후의 상아질접착제에 있어서는 15MPa⁵⁾상의 결합강도⁶⁾가 보고되고 있다. 그러나 상아질접착제는 사용법에 있어 여러 과정을 거쳐야 하므로 사용이 불편하고 술자의 기술에 의해 그 결과가 크게 영향을 받는 단점을 보인다. 따라서 최근에는 상아질접착제의 사용단계를 줄이기 위하여 산부식제와 접착강화제를 합한 self-etching primer나 접착강화제와 접착제를 합한 "One-bottle system"이 소개되고 있다. 그러나 이와 같은 사용상의 장점에 비해 이들 재료들의 결합강도는 약화된 것으로 알려져 있어 재료의 선택에 신중함이 요구된다고 하겠다.

따라서 본 실험에서는 이들 One-bottle system의 효용성을 살펴보고자 널리 알려진 두 종류의 4세대 상아질접착제와 그 각각에 대해 같은 제조회사의 One-bottle system인 두 종류의 상아질접착제의 상아질과의 전단결합강도를 측정하여 비교하고 접착계면을 관찰하여 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에서는 수종의 상아질접착제의 치질에 대한 전단결합강도를 측정하기 위해 우식과 충전물이 없는 60개의 하악 제3대구치를 실험에 사용하였고, 상아질접착제로는 4세대 상아질접착제인 Scotchbond Multi-Purpose Plus (Lot # 19970324, 2000-03; 3M Dental Products, St Paul, MN, U.S.A)와 All-Bond 2 (Lot # 039238; Bisco Inc., Itasca, IL, U.S.A.)를 대조군으로 사용하고, One-bottle system의 상아질접착제로는 Single Bond (Lot # 19970507, 2000-05; 3M Dental Products, St Paul, MN, USA)와 One-Step (Lot # 089197; Bisco Inc., Itasca, IL, U.S.A.)을 사용하였다. 충전용 복합레진으로는 AElite-fil (Lot # 079297, Bisco Inc., Itasca, IL, U.S.A.)을 사용하였다.

2. 실험방법

1) 전단결합강도 측정을 위한 시편제작

전단결합강도를 측정하기 위해서 우식과 충전물이 없는 60개의 하악 제3대구치를 발치후 즉시 흐르는 불에 씻어 0.5% chloramine-용액에 담귀 당일에 실험에 사용되고, 보관기간은 1일을 넘지않도록 하였다. 치아면은 항상 습윤상태를 유지시켜 히그 조작을 위해 대기중에 노출되는 시간은 15분을 넘지 않도록 하였다.

치아는 중합시 발생하는 열에 의한 상아질의 변성을 방지하고, 포매제로 사용되는 레진의 단량체가 상아세관내로 침투하는 것을 방지하며, 연마과정에서의 포매재료의 도말현상(smearing)을 방지하기 위해 포매제의 표면보다 돌출되지 못하게 하고, 연마후 교합면측 상아질에 복합레진을 접착시킬 수 있도록 하였다. 포매재료는 투명한 교정용 자가중합레진을 사용하였으며, 포매 후 곧바로 100% 상대습도에 보관하였다.

포매된 치아를 상아질표면의 탈수를 방지하고 균일한 접착면을 얻기 위해 Pedemat Specimen Preparation Equipment를 이용하여 주수하에 SiC grit #500까지 연마하였다. 상아질접착제의 상아질에 대한 전단결합강도를 측정하기 위하여 연마된 치아면에서 직경 5mm 이상의 상아질⁷⁾ 노출된 것을 확인하였다. 직경 5mm의 양면접착테이프와 금속환을 사용하여 접착면적을 일정하게 유지하였으며, 무작위로 선택된 치아를 4군으로 나누어 제1군에서는 Sco chbond Multi-Purpose Plus, 제2군에서는 All-Bond 2, 제3군에서는 Single Bond, 및 제4군에서는 One-Step을 상아질접착제로 사용하여 제조자의 지시에 따라 상아질표면에 대해 접착술식을 시행한 후 금속환의 내부에 복합레진을 충전하고 광중합시켰다. 광중합기는 Curing Light XL 3000 (3M Dental Products, St Paul, MN, USA)을 사용하였으며 Curing Radiometer Model 100 (Demetron Research Corp., Danbury, CT, USA)으로 매 5회 사용 후에 점검하여 450 mW/cm²이상의 광량을 확인하였다. 제작된 시편은 곧바로 37±2℃의 물속에 담귀 24시간 보관한 후 전단결합강도실험에 사용하였다.

가 실험1군의 접착 : Scotchbond Multi-Purpose Plus (SMPP)

상아질표면을 증류수로 수세하고 건조한 후 35% 인산으로 15초간 산부식하고 15초간 수세한 후 습윤상아질접착법을 위하여 압축공기로 2초간 과량의 수분만 제거하였다. SMPP primer를 2회 도포하고 5초간 압축공기를 약하게 불어 건조시킨 후, SMPP adhesive를 도포하여 20초간 광중합하여 충전할 준비를 완료하였다. 금속환을 고정된 후 복합레진을 충전하고 40초간 광중합하였다.

ㄷ 실험2군의 접착 : All-Bond 2

상아질표면을 증류수로 수세하고 건조한 후 32% 인산으로 15초간 산부식하고 15초간 수세한 후 습윤상아질접착법을 위하여 압축공기로 과량의 수분만 제거하였다. All-Bond 2의 primer A와 B를 혼합하여 5회 연속하여 도포하고 압축공기를 약하게 불어 건조시켜 용매를 완전히 제거한 다음, All-Bond 2 D/E bonding resin을 도포하고 20초간 광중합하였다. 금속환을 고정한 후 복합레진을 충전하고 40초간 광중합하였다.

ㄹ 실험3군의 접착 : Single Bond

상아질표면을 증류수로 수세하고 건조한 후 35% 인산으로 15초간 산부식하고 15초간 수세한 후 습윤상아질접착법을 위하여 압축공기로 2초간 과량의 수분만 제거하였다. adhesive를 brush에 흥건하게 적서 2회 도포하고 2 - 5초간 가볍게 건조시킨 후 10초간 광중합하였다. 금속환을 고정하고 후 복합레진을 충전하고 40초간 광중합하였다.

ㄱ 실험4군의 접착 : One-Step

상아질표면을 증류수로 수세하고 건조한 후 32% 인산으로 15초간 산부식하고 15초간 수세한 후 습윤상아질접착법을 위하여 압축공기로 과량의 수분만 제거하였다. adhesive를 brush에 흥건하게 적서 2회 도포하고 10초간 가볍게 건조시킨 후 10초간 광중합하였다. brush tip에 남아있는 adhesive를 한번 더 도포하고 간단히 건조한 후 금속환을 고정하여 복합레진을 충전하고 40초간 광중합하였다.

전단결합강도의 측정은 Universal testing machine, Model 4466 (Instron Corp., Canton, MA, 02021 U.S.A)을 이용하여 실시하였다. 시편을 ISO TR 11405에 기술된 방법에 근거하여 제작된 measuring alignment block에 고정하고 crosshead speed 0.5mm/min로 설정하여 측정하였다.

2) 주사전자현미경 관찰

전단결합강도 측정에서의 시편제작법과 동일한 방법으로 40개의 치아를 무작위로 4군으로 구분하여 각 치아를 epoxy resin에 매몰 및 연마하여 교합면측 상아질을 노출시켰다. 4종의 상아질접착제와 복합레진으로 접착한 후 다시 epoxy resin에 매몰하여 고정하였고, 다이아몬드 톱 (EXAKT Apparatebau, Germany)으로 1.5mm 간격으로 절단한 후 SiC grit #4000과 Al₂O₃ 1.0 μ m, 0.3 μ m에서 순차적으로 연마하였다. 접착제면의 전자현미경 관찰을 위

하여 초음파 세척기에서 5분간 세척한 후, 50% 에타놀에 30초 침적하고 증류수로 세척한 시편, 에타놀 처리 후 추가로 6mol/L 염산에 20초 침적하고 증류수로 세척한 시편, 및 에타놀과 염산으로 처리한 후 추가로 1% 차아염소산나트륨에 10분간 침적하고 증류수로 세척한 시편 등 3종의 시편을 제작하였다. 건조 및 금중착하여 주사전자현미경 (JSM-840A, JEOL Ltd., Japan)에서 가속전압 10kV 하에서 상아질과 접착제의 접착제면을 관찰하였다.

3) 통계처리 :

전단결합강도 측정실험에서 얻어진 자료는 통계처리프로그램인 Jandel사의 Sigmastat를 이용하여 p=0.05 유의수준에서 ANOVA one-way test를 시행하고, 군간의 비교를 위해 Student-Newman-Keuls test를 시행하였다. 접착제면에 대한 주사전자현미경 사진을 촬영 후 Adobe Photoshop 4.0K(Adobe Systems Inc., San Jose, CA, U.S.A.)의 이미지 기능을 이용하여 혼합층의 두께, 접착제의 두께, resin tag의 굵기, 및 상아세관내 resin tag의 굵기의 비에 대하여 측정하였다. 통계처리는 Sigmastat를 이용하여 시행하였고, 이들 중에서 혼합층의 두께, 접착제의 두께에 관한 군간의 비교를 위해서는 Student-Newman-Keuls 방법으로 pairwise multiple comparison test를 시행하였고, resin tag의 굵기에 의한 전단결합강도에 대한 영향을 분석하기 위해서는 순위에 따른 Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance를 시행하여 통계적 유의성을 분석하였다.

III. 실험성적

1. 전단결합강도 측정

우식과 충전물이 없는 60개의 하악 제3대구치를 4군으로 나누어 4종의 상아질접착제를 이용하여 복합레진과 상아질을 접착시켜 전단결합강도를 측정한 결과 Table 1과 Fig. 1의 결과를 얻었다.

One-way ANOVA와 Student-Newman-Keuls Method로 군간의 통계학적인 유의성을 검증한 결과 One-Step군만 다른 군과 유의성 있는 차이를 보였다 (p>0.05). 즉 SMPP군과 Single Bond군간에는 전단결합강도에 있어 통계적인 유의한 차이가 없었으나 (p<0.05), All-Bond 2

Table 1. Shear bond strengths of four dentin adhesive systems to dentin. (Mean \pm SD, MPa, N = 15)

Dentin adhesive	Scotchbond Multi-Purpose Plus	All-Bond 2	Single Bond	One-Step
Shear bond strength	16.98 \pm 3.40	15.10 \pm 2.77	15.05 \pm 3.18	11.81 \pm 1.95

군과 One-Step군간에는 통계적으로 유의한 전단결합강도의 감소를 관찰할 수 있었다 ($p>0.05$) SMP군, All-Bond 2군 및 Single Bond군간에는 전단결합강도에 있어 유의한 차이를 관찰할 수 없었다 ($p<0.05$).

접착면에 대한 주사전자현미경을 이용한 관찰의 결과는 혼합층의 두께, 접착제의 두께, resin tag의 굵기, 및 상아세관내의 resin tag의 접촉정도를 평가하기 위한 상아세관의 굵기와 레진 tag의 굵기의 비를 측정하여 통계적으로 비교분석을 하였다. 혼합층의 두께, 접착제의 두께 및 resin tag의 굵기에 관한 측정결과는 Table 2와 같다

혼합층의 두께와 접착제의 두께에 있어서는 측정치들이 균등분포하지 않아서(순서대로 $p=0.0259$, $p=0.0321$) 순위에 따른 Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance를 시행하였다. 그 결과 혼합층의 두께에 있어서는 Scotchbond Multi-Purpose Plus 군과 Single Bond 군간에는 통계적으로 유의한 차이를 관찰할 수 없었으나 ($p>0.05$), 나머지 군간에는 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($p<0.05$) 즉, Scotchbond Multi-Purpose Plus 군과 Single Bond 군에서 혼합층의 두께가 가장 두꺼웠고, All-Bond 2 군과 One-Step 군의 순으로 두께가 감소하였다.

접착제의 두께에 있어서는 모든 군간에 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, All-Bond 2군, Scotchbond Multi-Purpose Plus 군, Single Bond군, One-Step 군의 순으로 두께가 감소하였다. resin tag의 굵기($p=0.0685$)와 resin tag의 상아세관에 대한 비($p=0.2401$)에 있어서는 같은 방법으로 분석하였으나, 모든 군간에 통계적으로 유의한 차이를 발견할 수 없었다. 따라서 resin tag의 굵기와 상아세관벽에 대한 접촉의 긴밀함은 전단결합강도 값에 대한 영향이 거의 없는 것으로 해석된다

레진 tag의 길이나 표면의 거칠기는 접착력에 큰 영향이 없는 것으로 해석된다. 가장 낮은 전단결합강도를 보이는 One-Step 군에서도 resin tag의 표면에 수많은 분지를 관찰할 수 있다(Fig. 2)

Scotchbond Multi-Purpose Plus군(Fig. 3)과 All-Bond 2군(Fig. 4)에서는 두꺼운 혼합층과 접착제의 층을 관찰할 수 있고, Single Bond군(Fig. 5)과 One-Step군(Fig. 6)에서는 상대적으로 얇은 혼합층과 접착제의 층을 관찰할 수 있다. 또한 접착강화제와 접착제를 구분하여 사용하지 않는 One-bottle system의 두 재료는 첫 번째 도포 후에 광중합하고, 다시 한번 더 도포하도록 권장되고 있어

Table 2. Thickness of hybrid layer, adhesive layer and resin tag and ratio of diameter between resin tag and dentinal tubule of four dentin bonding systems (Mean \pm SD μ m, N = 10)

Measurements	Materials	Scotchbond Multi-Purpose Plus	All-Bond 2	Single Bond	One-Step
Hybrid layer thickness		5.12 \pm 0.75	3.81 \pm 0.38	4.78 \pm 0.84	2.23 \pm 0.46
Adhesive layer thickness		32.06 \pm 1.97	31.64 \pm 0.94	24.57 \pm 0.58	6.57 \pm 1.24
Diameter of resin tag		2.15 \pm 0.26	1.93 \pm 0.33	1.91 \pm 0.37	1.82 \pm 0.26
Resin tag/Dentinal tubule		0.51 \pm 0.09	0.47 \pm 0.08	0.49 \pm 0.11	0.42 \pm 0.05

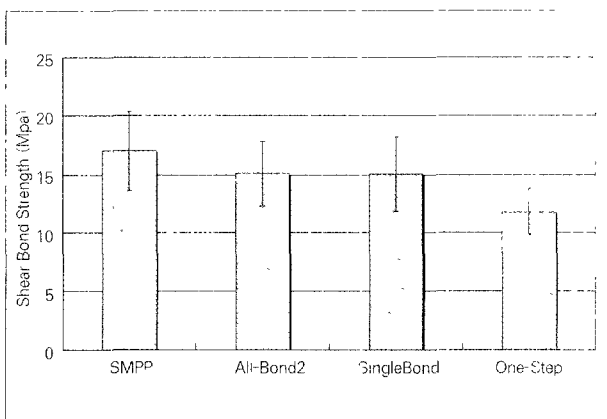


Fig. 1. Shear bond strengths of four dentin adhesive systems to dentin

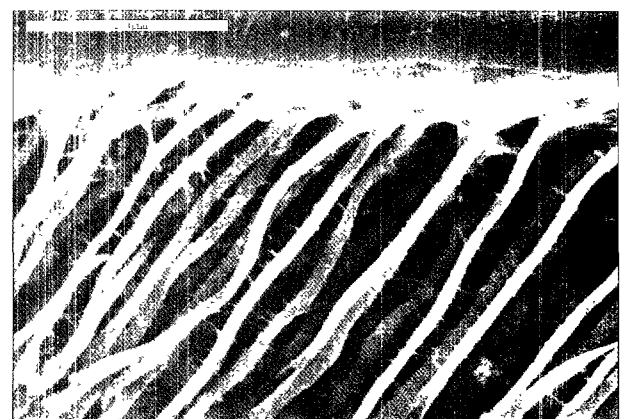


Fig. 2. Scanning electron microscopic image of hybrid layer and resin tags of the specimen bonded with One Step Dentin bonding system. Note the thin hybrid layer and well formed lateral branches (magnification $\times 2000$)

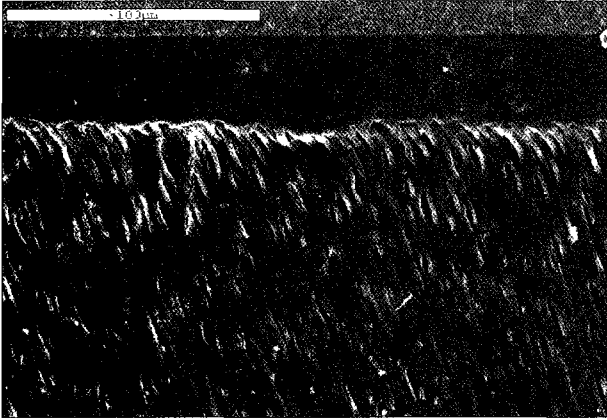


Fig. 3. Hybrid layer and adhesive layer of the specimen bonded with Scotchbond Multi-Purpose Plus Dentin bonding system. (magnification $\times 500$)

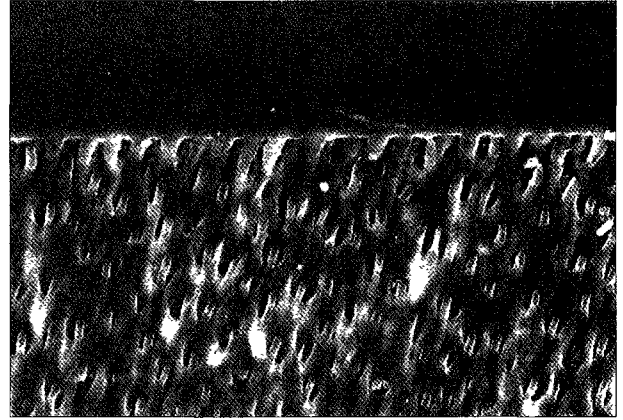


Fig. 4. Hybrid layer and adhesive layer of the specimen bonded with All-Bond 2 Dentin bonding system. (magnification : $\times 1000$)

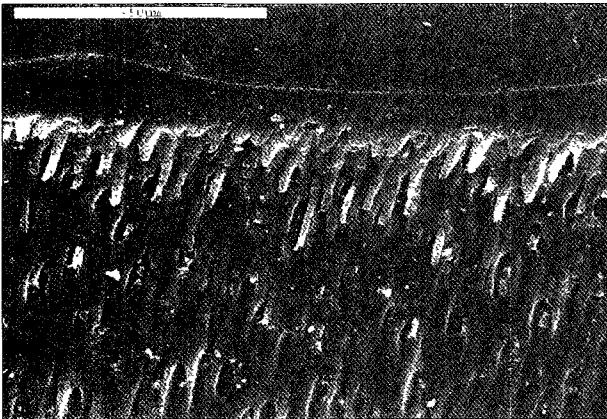


Fig. 5. Hybrid layer, adhesive layer and resin tags of the specimen bonded with Single Bond Dentin bonding system (magnification $\times 1000$)

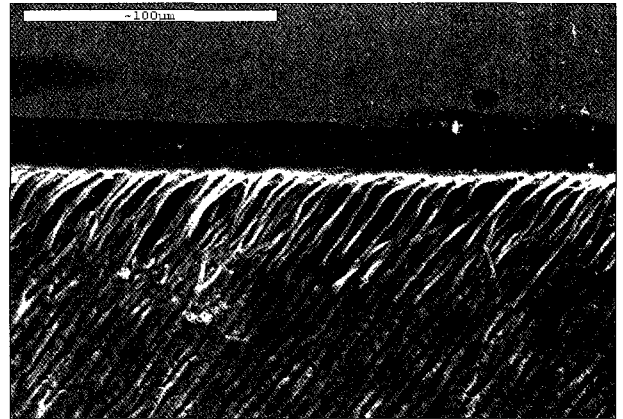


Fig. 6. Hybrid layer and adhesive layer of the specimen bonded with One-Step Dentin bonding system. (magnification : $\times 500$)

전자현미경 사진에서는 접착제의 층이 두 층으로 구분되어 관찰되고, 혼합층의 구분이 어렵게 된다(Fig. 5).

IV. 총괄 및 고안

결합강도의 측정은 Buonocore에 의해 범랑질 산부식법이 소개된 이래로 치과용 수복재의 임상적인 예후를 평가하는데 있어 가장 널리 사용되고 있다. 상아질접착제에 있어서도 미세변연누출의 평가와 더불어 임상적인 효능을 평가하는 척도로 널리 사용되고 있다. 현재 사용되고 있는 대부분의 제 4세대 상아질접착제는 20MPa에 이르는 높은 전단결합강도를 보여주고 있다^{7,9,10}. 이와같은 높은 결합력은 Munksgaard 등¹¹이 중합수축에 의한 간극을 방지하기 위해 요구되는 복합레진과 치질간의 전단결합강도로 제시한 17MPa를 넘어서는 강한 결합력으로 평가된다. 그러나 제 4세대 상아질접착제의 일반적인 사용법은 산부식, 접착강

화제의 도포, 및 접착레진의 도포를 포함하는 3단계의 술식으로 구성되어 있고, 습윤접착법의 정확한 술식이 요구되는 등의 사용상의 난이도가 높다. 따라서 시술시간이 증가되고 술자의 숙련도에 민감하다는 단점이 있어 최근에는 이를 보완하기 위해 산부식제와 접착강화제 또는 접착강화제와 접착레진을 단일용기에 합한 제품들이 소개되고 있다 즉 제 4세대 상아질접착제의 복잡한 사용술식을 단순화시키고 술자의 숙련도에 대한 치료결과의 민감성을 감소시키기 위한 방법으로 개발된 제품들을 제 5세대 상아질접착제, Simplified-Step system 또는 One-Bottle system이라고 분류하기도 한다^{12,13}.

그러나 이들 One-bottle system에 속하는 새로운 상아질접착제들은 15MPa 이하의 전단결합강도를 보여 일반적으로 제 4세대 상아질접착제에 비해 결합강도가 낮은 것으로 평가된다¹⁴. 반면에 Swift 등¹⁰은 Single Bond와 Scotchbond Multi-Purpose Plus의 전단결합강도는 각각

19.2MPa과 23.1MPa로 통계적인 차이는 없다고 보고하였고, Price 등¹¹⁾은 여러 종류의 One-bottle system들에서 Scotchbond Multi-Purpose보다 높은 전단결합강도 값을 보고하고 있어 이들 상아질접착제의 결합강도는 실험조건에 따라 차이가 큰 실정이다. 다만 이론적으로는 One-bottle system은 산부식으로 노출된 교원섬유망에 효과적으로 스며들 수 있게 하기 위하여 제 4세대 상아질접착제에 비해 접착레진내에 친수성단량체를 많이 함유하고 있으므로 일반적으로 낮은 결합강도를 보이는 것으로 간주된다.¹²⁾ 본 연구의 결과에서도 2종의 제 4세대 상아질접착제와 Single Bond의 경우에는 통계적으로 유의한 차이를 관찰할 수 없었으며, 다만 One-Step에서만 통계적으로 유의하게 낮은 전단결합강도 값을 얻었다. 이는 Tjan 등¹³⁾의 실험에서 One-Step(16.4±5.20MPa)이 All-Bond 2(23.5±6.47MPa)에 비해 낮은 결합강도를 보인 결과와 일치한다. Tjan 등은 이 차이를 광경합시간의 차이에 의한 접착레진의 강도의 차이 때문이라고 하였다. 본 연구에서는 One-Step이 상대적으로 낮은 전단결합강도를 보이는 이유를 해석하기 위하여 접착제면에서의 혼합층의 두께와 접착레진층의 두께, 레진 tag의 상아세관과의 접착정도를 주사전자현미경사진에서 분석하였다.

Gwinnett 등¹⁴⁾은 혼합층의 형성이 상아질접착제의 결합력에 있어 가장 중요한 요소라고 하였다. Titley 등¹⁵⁾은 Scotchbond Multi-Purpose에서 접착강화제를 2회 도포하면 상아질에 대한 전단결합강도가 26.3% 증가한다고 하였다. 그러나 혼합층의 후경이 증가한다고 하여 결합력이 증가하는 것이 아니라는 주장들도 있다¹⁶⁾. 또한 산부식후 노출된 교원섬유망을 collagenase나 Sodium hypochlorite로 제거한 경우에도 교원섬유망에서 혼합층을 형성한 경우에 비해 결합력의 차이가 없다는 보고도 있다¹⁷⁾.

본 연구에서 혼합층의 두께는 Scotchbond Multi-Purpose Plus 군과 Single Bond 군간에는 통계적으로 유의한 차이를 관찰할 수 없었으나 (p>0.05), 나머지 군간에는 통계적으로 유의한 차이를 보였다 (p<0.05). 즉, Scotchbond Multi-Purpose Plus 군과 Single Bond 군에서 혼합층의 두께가 가장 두꺼웠고, All-Bond 2군과 One-Step 군의 순으로 두께가 감소하였다. Finger 등¹⁸⁾에 의하면 혼합층의 두께는 산부식에 의한 상아질의 탈회깊이와 산부식에 의해 노출된 교원섬유망에 침투하는 레진의 능력에 좌우된다고 하였다. 본 실험에 사용된 Scotchbond Multi-Purpose Plus와 Single Bond의 경우에는 35% 인산을 사용하여 32%의 인산을 사용하는 All-Bond 2와 One-Step에 비하여 두꺼운 혼합층을 얻을 수 있었을 것이다. 그 외에도 접착제의 적용시간과 건조시간 등도 접착력의 차이를 일으키는 원인이 된다는 보고¹⁹⁾도 있으므로 이들 조건에 따른 미세한 차이도 있을 것으로 고려된다. 반면에 제 4세대

상아질접착제와 One-bottle system의 접착강화제와 접착레진의 조성의 차이로 인한 침투능력에도 차이가 있을 것이다. HEMA와 polyalkenoic acid copolymer가 함유되어 있어 있는 Scotchbond Multi-Purpose Plus와 Single Bond의 경우에는 HEMA는 친수성 단량체로서 분자량이 작고 점도가 낮아 교원섬유망내로 레진단량체의 침투와 확산을 용이하게 하고 수축된 교원섬유망을 재팽창 및 경직(stiffening)시키는 효과가 있어 탈회된 상아질의 확산도(diffusivity)를 증가시켜 심부까지 접착레진이 침투할 수 있도록 하는 기능을 갖고²⁰⁾, polyalkenoic acid는 접착레진의 교원섬유망에 대한 습윤성을 증가시켜 수분의 유해적 용에 저항한다²¹⁾. 이들 조성의 영향은 본 연구에서 polyalkenoic acid를 함유한 Scotchbond Multi-Purpose Plus와 Single Bond 군에서 All-Bond 2와 One-Step 군에 비하여 두꺼운 혼합층을 얻을 수 있었던 원인의 하나로 추정된다. 그 중에서도 혼합층의 두께가 가장 얇은 One-Step의 경우에서 가장 낮은 전단결합강도를 보이고 있어 혼합층의 두께와 전단결합강도의 크기 사이의 상관관계를 배제할 수는 없다.

각각레진층의 두께에 관해서는 Swift 등²²⁾은 어떤 재료에서든 접착레진을 추가로 도포하는 것은 결합력을 증진시키지 못할 뿐 아니라, 물리적 성질이 낮은 접착레진을 여러 번 도포함으로써 결합력을 감소시킬 수 있다고 하였다. 그러나 재조작이 권장하는 2회 도포에 비해 1회 도포한 경우에서 결합력이 1/2 정도로 감소된다고 하였다. 또한 Farning 등²³⁾은 충전제가 함유된 접착레진을 사용한 경우 충전제입자가 수복제와 상아질의 미세간극과 요철을 연결 또는 채우게 됨으로써 충전제가 함유되지 않은 접착레진을 사용한 경우에 비해 결합강도가 증가된다고 하여 접착레진의 물리적 성질이 결합력에 영향을 준다고 하였다. 따라서 One bottle system을 사용할 경우에는 제조회사의 지시대로 2회 이상 도포하여 접착레진층의 두께를 부여하는 것이 산소에 의한 중합장애도 줄이고 응력에 대한 저항력도 증가시켜 결합력의 증가에 도움이 될 것이다.²⁴⁾ 본 연구에서도 One-bottle system인 Single Bond와 One-Step에서는 접착레진을 1회 도포한 경우에는 접착레진층의 두께가 거의 없었으며, 2회 도포시에도 전단결합강도가 가장 낮은 One-Step에서 접착레진층의 두께가 가장 얇았다. 따라서 접착레진층의 두께와 전단결합강도 값의 크기 사이의 상관관계를 배제할 수는 없다. 반면에 Swift 등²²⁾은 접착레진의 도포횟수 보다는 충분한 양의 접착레진을 도포하여 산부식된 상아질에서 미세기계적 결합을 얻는 것이 가장 중요하다고 하였고, 본 연구에서 사용된 2종의 One-bottle system이 모두 단일용기내에 HEMA와 Bis-GMA가 같이 포함되어 있어 진도가 높으므로 교원섬유망내로의 침투능력이 떨어지는 것으로 판단된다.

레진 tag의 길이와 굵기, 상아세관내의 접촉정도가 결합력에 미치는 영향에 대해서는 이견이 많다. Tao 등³²⁾은 접착레진이 중합시 발생하는 수축으로 인해 상아세관내에서 분리되므로 결합력에 큰 영향을 끼치지 않을 것이라고 하였다. 반면에 Yoshiyama 등³³⁾은 우식치질과 치경부의 마모 부위에서 결합력이 감소되는 것은 레진 tag가 상아세관 내부로 형성되지 못하기 때문일 수 있다고 하였다. Chappell 등³⁴⁾은 레진 tag는 측지망(network of lateral branches)을 형성하여 강한 접착력을 얻는 기본이 된다고 하였으며, 일반적으로 레진 tag는 상아질 접착계면에서의 전체 결합력의 10~30%를 담당하는 것으로 알려져 있다³¹⁾. 이들의 보고를 종합하면 레진 tag도 결합력에 일부 관여하는 것으로 사료된다. 또한 Gwinnett³⁵⁾은 전단결합강도의 1/3정도가 상아질에 대한 레진의 침투로부터 생기고, 그 중에서 1/2이 상아세관내로의 침투에 의해서 생긴다고 하였다. 이론적으로도 레진단량체가 교원섬유망내로 침투하여 레진 tag와 상아세관벽 사이에서 혼합층이 형성되고, 산부식된 상아세관의 직경이 증가하여 레진 tag의 직경도 증가한다면 결합력도 증가될 것이다³⁶⁾. 그러나 본 연구에서는 레진 tag의 굵기와 상아세관내의 접촉정도에 관한 지표로 사용한 레진 tag의 굵기와 상아세관과 레진 tag의 굵기의 비에 있어서는 통계적으로 유의한 차이를 발견할 수 없었다. One-Step의 경우에도 레진 tag의 길이가 200 μ m이 넘는 경우가 많이 있었으며, 잘 발달된 측지도 관찰되었다. 따라서 레진 tag의 형태와 굵기, 및 길이는 One-Step 군이 낮은 결합강도를 보이는 이유를 설명할 수 있는 인자가 되지 못하였다.

V 결 론

본 연구에서는 One-bottle system의 효용성을 살펴보고자 널리 알려진 두 종류의 4세대 상아질접착제와 그 각각에 대해 같은 제조회사의 One-bottle system인 두 종류의 상아질접착제(5세대)의 상아질과의 전단결합강도를 측정하고, 주사전자현미경 관찰을 통해 접착계면을 해석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Scotchbond Multi-Purpose, All-Bond 2 및 Single Bond는 각각 16.98 ± 3.40 MPa, 15.10 ± 2.77 MPa 및 15.05 ± 3.18 MPa의 전단결합강도를 보여 서로간에 통계적인 차이가 없었다($p > 0.05$)
2. One-Step은 11.81 ± 1.95 MPa의 전단결합강도를 보여 다른 3종의 상아질접착제에 비해 통계적으로 유의한 낮은 전단결합강도를 보였다($p < 0.05$).
3. 가장 낮은 전단결합강도를 보인 One-Step에서는 다른 3종의 상아질접착제에 비해 혼합층의 두께와 집착레진층의 두께는 얇았으나($p < 0.05$), 레진 tag의 굵기($p = 0.0685$) 및 상아세관의 굵기에 대한 비($p =$

0.2401)는 차이가 없었다.

4. 혼합층의 두께와 집착레진층의 두께는 상아질접착제의 결합강도에 영향을 줄 수 있는 인자로서의 가능성이 있으나, 레진 tag의 굵기와 상아세관내의 접촉정도는 결합강도와 무관하다.

참 고 문 헌

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. Barkmeier WW, Shaffer SE, Gwinnett AJ. Effects of 15 vs 60 second enamel acid conditioning on adhesion and morphology. *Op Dent* 11:111-116, 1986
3. Wiecekowski G Jr, Yu XY, Davis EL and Joynt RB. Microleakage in various dentin bonding agent/composite resin systems. *Op Dent Suppl* 5:62-67, 1992.
4. Bowen RL, Cobb EN and Rapson JE. adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues. Improvement in bond strength to dentin. *J Dent Res* 61:1070-1076, 1982.
5. Munksgaard EC and Asmussen E. Bond strength between dentin and restorative resin mediated by mixtures of HEMA and glutaraldehyde. *J Dent Res* 63:1087-1089, 1984
6. Burrow MF, Tagami J, Negishi T, Nikaido T and Hosoda H. Early tensile bond strengths of several enamel and dentin bonding systems. *J Dent Res* 73:522-528, 1994
7. Triolo PT Jr, Swift EJ Jr and Barkmeier WW. Shear bond strengths of composite to dentin using six dental adhesive systems. *Op Dent* 20:46-50, 1995
8. Miyazaki M, Oshida Y and Xirouchaki L. Dentin bonding system. Part I: Literature review. *Bio-Med Mat and Engin* 6:15-31, 1996
9. Barkmeier WW and Erickson RL. Shear bond strength of composite to enamel and dentin using Scotchbond Multi-Purpose. *Am J Dent* 7:175-179, 1994
10. Swift EJ and Bayne SC. Shear bond strength of a new one-bottle dentin adhesive. *Am J Dent* 10:184-188, 1997
11. Munksgaard EC, Irie M and Asmussen E. Dentin-polymer bond promoted by Gluma and various resins. *J Dent Res* 64:1409-1411, 1985.
12. Ferrari M, Goracci G and Garcia-Godoy F. Bonding mechanism of three "one-bottle" systems to conditioned and unconditioned enamel and dentin. *Am J Dent* 10:224-230, 1997.
13. Tjan AHL, Castelnuovo J and Liu P. Bond strength of Multi-step and simplified-step systems. *Am J Dent* 9:269-272, 1996
14. Swift EJ, Wilder AD, May KN and Waddell SL. Shear bond strengths of One-bottle dentin adhesives using multiple applications. *Op Dent* 22:194-199, 1997
15. 최낙원, 조병훈, 손호현. 상아질-레진 계면의 공초점 현미경적 형태 및 전단결합강도와의 관계. *대한치과보존학회지* 24(2):310-321, 1999.
16. 박성택, 문주훈, 조영곤, 윤영석. 상아질 접착제의 적용방법에 따른 전단결합강도와 접착양상에 관한 연구. *대한치과보존학회지* 24(2):381-391, 1999.
17. 박광수, 박일윤, 조영곤. One-bottle 상아질 접착제의 전단결합강도와 접착성에 관한 부식시간의 효과. *대한치과보존학회지* 24(1):240-250, 1999.
18. Price RBT and Hall GC. In vitro comparison of 10-minute versus 24-hour shear bond strengths of six dentin bonding

- systems *Quint Int* 30:122-134, 1999
- 19 김병현, 권혁준 : 수중 상아질 접착제의 결합강도와 중합률에 관한 연구 *대한치과보존학회지* 23:68-93, 1998
 - 20 Gwinnett AJ and Kanca JA : Micromorphology of the bonded dentin interface and its relationship to bond strength. *Am J Dent* 5:73-77, 1992.
 - 21 Titley K, Cherecky R, Marc B and Smith D : Penetration of a dentur. bonding agent into dentin. *Am J Dent* 7 :190-194, 1994
 - 22 김명수, 운영석, 이광원, 손호현 : 인산용액의 농도 및 적용시간 차이에 따른 상아질 표면의 형태적 변화 *대한치과보존학회지* 23 :141-155, 1998
 - 23 Yoshiyama M, Sano H, Ebisu S, Tagami J, Ciucchi B, Carvalho RM, Johnson MH and Pashley DH : Regional strengths of bonding agents to cervical sclerotic root dentin *J Dent Res* 75 :1404-1413, 1996
 - 24 Finger WJ, Inoue M and Asmussen E : Effect of wettability of adhesive resins on bonding to dentin. *Am J Dent* 7 :35-38, 1994
 - 25 Gwinnett AJ, Tay FR, Pang KM and Wei SHY : Quantitative contribution of the collagen network in dentin hybridization. *Am J Dent* 9 :140-144, 1996
 - 26 Uno S and Finger WJ : Function of the hybrid zone as stress-absorbing layer in resin-dentin bonding. *Quint Int* 26 :733-738, 1995
 - 27 Nakabayashi N : Effect of HEMA on bonding to dentin. *Dent Mater* 8 :125-130, 1992.
 - 28 Tay FR, Gwinnett AJ, Pang KM and Wei SH : Resin penetration into acid-conditioned, moist, and dry dentin. *J Dent Res* 75(4):1034-1044, 1996
 - 29 Saunders WP and Saunders EM : Microleakage of bonding agents with wet and dry bonding techniques. *Am J Dent* 9(1) :34-36, 1996.
 - 30 Farring DE, Wakefield CW, Robbins JW and Bagley AL : Effect of a filled adhesive on bond strength in three dentinal bonding systems. *General Dent* 43 :256-261, 1995
 - 31 유주희, 박동성, 권혁준 : 복합레진 수복시 복합용기 및 단일용기 상아질 접착시의 미세면연누출에 관한 연구 *대한치과보존학회지* 21 :55-66, 1999
 - 32 Tao J and Pashley DH : Shear bond strengths to dentin: effects of surface treatments, depth and position. *Dent Mater* 4 :371-378, 1988
 - 33 Chappell RP, Cobb CM, Spence P and Fleck JD : Dentinal tube anastomosis: A potential factor in adhesive bonding? *J Prosthet Dent* 72 :183-188, 1994
 - 34 Dental Advisor, Dentin bonding agents and adhesive cements. 8(3) :1-8, 1991
 - 35 Gwinnett AJ : Quantitative contribution of resin infiltration/hybridization to dentin bonding. *Am J Dent* 6 :7-9, 1993
 - 36 Pashley DH, Ciucchi B, Sano H, Carvalho RM and Russell CM : Bond strength versus dentin structure: A modelling approach. *Arch Oral Biol* 40 :1109-1118, 1995