우식이환 상아질에 대한 all-in-one adhesive의 미세인장결합강도

문지덕 · 박정길 · 허 복 · 김현철*
부산대학교 치과대학 치과보존학교실

ABSTRACT

MICROTENSILE BOND STRENGTH OF ALL-IN-ONE ADHESIVE TO CARIES-AFFECTED DENTIN

Ji-Deok Moon, Jeong-Kil Park, Bock Hur, Hyeon-Cheol Kim*
Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Pusan National University

The purpose of this study was to evaluate the effect of multiple application of all-in-one dentin adhesive system on microtensile bond strength to caries-affected dentin.

Twenty one extracted human molars with occlusal caries extending into mid-dentin were prepared by grinding the occlusal surface flat. The carious lesions were excavated with the aid of caries detector dye. The following adhesives were applied to caries-affected dentin according to manufacturer's directions; Scotchbond™ Multi-Purpose in SM group, Adper Prompt L-Pop™ 1 coat in LP1 group, 2 coats in LP2 group, 3 coats in LP3 group, Xeno® Ⅲ 1 coat in XN1 group, 2 coats in XN2 group, and 3 coats in XN3 group. After application of the adhesives, a cylinder of resin-based composite was built up on the occlusal surface. Each tooth was sectioned vertically to obtain the 1 × 1 mm^2 sticks. The microtensile bond strength was determined. Each specimen was observed under SEM to examine the failure mode. Data were analyzed with one-way ANOVA.

The results of this study were as follows;

1. The microtensile bond strength values were; SM (14.38 ± 2.01 MPa), LP1 (9.15 ± 1.81 MPa), LP2 (14.08 ± 1.75 MPa), LP3 (14.06 ± 1.45 MPa), XN1 (13.65 ± 1.95 MPa), XN2 (13.98 ± 1.60 MPa), XN3 (13.88 ± 1.66 MPa). LP1 was significantly lower than the other groups in bond strength ($p < 0.05$). All groups except LP1 were not significantly different in bond strength ($p > 0.05$).
2. In LP1, there were a higher number of specimens showing adhesive failure. Most specimens of all groups except LP1 showed mixed failure. [J Kor Acad Cons Dent 30(1):49-57, 2005]

Key words : Caries-affected dentin, Microtensile bond strength, All-in-one adhesive, Failure mode, Multiple application

- received 2004. 12. 24, accepted 2004. 12. 30 -

* *Corresponding author: **Hyeon-Cheol Kim***

Department of Conservative Dentistry,
College of Dentistry, Pusan National University
1-10 Ami-dong, Seo-gu, Busan, 602-739, Korea
Tel : 82-51-240-7978
E-mail : golddent@pusan.ac.kr

Ⅰ. 서 론

대부분의 상아질 접착제에 관한 연구들은 정상 상아질을 이용하여 이루어져 왔다[1]. 그러나 임상적으로 형성되는 와동은 정상 상아질과 경화 상아질 혹은 우식이환 상아질을 포함하게 된다.

미세인장결합강도 측정법으로 우식이환 상아질과 정상 상아질을 최근의 접착시스템을 사용하여 결합력 차이를 비교한 연구에서, Nakajima 등[2]은 Scotchbond Multi-Purpose system을 moist technique으로 사용한 경우에 정상 상아질과 우식이환 상아질 사이에 결합력의 차이는 없다고 하였고, Yoshiyama 등[3]은 total-etch adhesive와 self-etching adhesive를 이용한 실험에서 우식이환 상아질에서보다 정상 상아질에서 더 높은 결합강도를 보인다고 하였다. Yazici 등[4]도 Clearfil SE bond를 이용한 실험에서 self-etching adhesive가 우식이환 상아질보다 정상 상아질에서 미세인장결합강도가 더 크다고 하였다. 우식이환 상아질에서의 결합력이 낮으면 중합시의 응력으로 인해 이런 부위에서 접착실패가 일어날 것이다. 이로 인해 남아있는 정상 상아질의 접착계면에도 부가적인 응력이 발생할 수 있고, 시간이 지남에 따라 수복물이 실패할 수 있다[1]. 그러므로 우식이환 상아질에 대한 연구가 중요하다.

최근에 개발된 all-in-one adhesive는 상아질 접착을 위한 복잡한 시술과정을 단순화한 것으로서, 상아질과 법랑질로 부식과 레진 침투를 동시에 일어나게 하여 술자에 따라 발생할 수 있는 술식상의 오류를 줄여주는 장점이 있다[5,6].

All-in-one adhesive에 대한 보고에서 multi-step system과 비교할 때 상아질에 대한 젖음성과 안정성 및 결합강도가 낮았으며[7,8], two-step self-etching system보다 결합 강도가 낮다고 하였다[9,10]. 하지만 이러한 all-in-one adhesive의 적용 방법에 대한 많은 연구가 활발히 진행되고 있으며, Pashley 등[11]과 Frankenberger 등[12]의 연구에서 all-in-one adhesive를 다층적용하면 단층적용했을 때에 비해 상아질 결합강도가 높아진다고 하였다.

이에 본 연구에서는 최근 소개된 all-in-one adhesive인 Adper Prompt L-Pop™ (3M ESPE, St Paul, MN, USA)과 Xeno® Ⅲ (DENTSPLY DeTrey GmbH, Konstanz, Germany)를 우식이환 상아질에 다층적용했을 때의 효과를 미세인장결합강도의 측정과 주사전자현미경을 이용한 파절양상의 관찰을 통해 파악하고자 하였다.

Ⅱ. 연구재료 및 방법

1. 시편 제작

교합면 우식이 상아법랑 경계에서 치수까지 약 절반 정도 진행된 21개의 대구치를 사용하였다. 주수하에서 disc로 교합면을 절단하여 우식부위가 건전 상아질로 둘러싸인 중등도 내지 심층의 편평한 상아질 면이 노출되도록 하였다. 시진 및 날카로운 탐침과 우식감별 용액을 이용해서 감염 상아질을 확인하고 저속 핸드피스로 우식을 제거하였다. 우식을 제거한 후 21개의 치아를 무작위로 3개씩 7개의 군으로 분류하였다.

실험에 사용된 상아질 접착제의 성분은 Table 1과 같고 제조 회사의 지시대로 Table 2와 같은 방식으로 적용하였다. Scotchbond™ Multi-Purpose (3M ESPE, St Paul, MN, USA)를 적용한 군을 SM 군으로 정의하였다. Adper Prompt L-Pop™을 한 겹, 두 겹, 세 겹으로 적용한 군을 각각 LP1 군, LP2 군, LP3 군으로 하였다. Xeno® Ⅲ를 한 겹, 두 겹, 세 겹으로 적용한 군을 각각 XN1 군, XN2 군, XN3 군으로 하였다. 각각의 상아질 접착제 처리 후, 광중합레진인 Filtek™ Z-250 (3M ESPE)을 10 mm 높이로 적층하여 충전하였다. 충전 후 각 치아는 주수하에 저속 diamond saw를 이용하여 가로와 세로의 길이가 각각 1 mm인 막대 모양의 절편이 되도록 치아 장축을 중심으로 협설 방향과 근원심 방향으로 절단하였다. 21개의 치아에서 각 군당 14개의 시편이 형성되었다. 14개의 시편 중에서 12개는 미세인장결합강도 측정에 사용하였고, 2개는 접착계면의 관찰에 사용하였다.

Table 1. *Dentin bonding systems used in this study*

Dentin bonding system	Composition
Scotchbond™ Multi-Purpose	Conditioner - 35% phosphoric acid Primer - HEMA, polyalkenoic acid, co-polymer, water Adhesive resin - Bis-GMA, HEMA
Adper Prompt L-Pop™	Liquid 1 - methacrylated phosphoric acid esters, Bis-GMA, initiators based on camphoroquinone, stabilizers Liquid 2 - water, 2-HEMA, polyalkenoic acid, stabilizers
Xeno® Ⅲ	Liquid A - 2-HEMA, BHT, microfiller, water, ethanol Liquid B - Pyro-EMA, PEM-F, UDMA, BHT, EPD, camphoroquinone

Table 2. Adhesive systems tested in the study and application protocol

Treatment group	Application protocol
SM	acid etching : 15 sec washing : 15 sec ; dry primer application and gentle air dry adhesive and light curing for 20 sec
LP1	apply scrubbing continuously for 15 sec gentle air dry ; light curing for 10 sec
LP2	apply 1 coat apply consecutive coat without waiting between application gently air dry ; light curing for 10 sec
LP3	apply 2 coats apply consecutive coat without waiting between application gentle air dry ; light curing for 10 sec
XN1	mix for 5 sec apply mixture onto surface. leave for 20 sec uniformly spread adhesive by a gentle blow of air until there is no more flow ; light curing for 10 sec
XN2	apply 1 coat apply consecutive coat without waiting between application gentle air dry ; light curing for 10 sec
XN3	apply 2 coats apply consecutive coat without waiting between application gentle air dry ; light curing for 10 sec

2. 미세인장결합강도 측정

각 군당 12개의 시편을 이용하였다. 막대모양의 시편을 미세인장결합강도 측정기에 위치시키고, 각 끝을 Cyanoacrylate (Zapit®, MDS Products Co., U.S.A.)를 적용하여 고정하였다. 1 mm/min의 속도로 인장력을 가하여 시편이 분리될 때 측정값을 기록하였다.

3. 파절양상 및 파절면 관찰

미세인장결합강도 측정 후 파절된 시편의 파절면을 주사전자현미경 (HITACHI S-4200, Tokyo, Japan)으로 관찰하여 다음과 같은 분류에 따라 파절양상을 조사하였다.

Type A : 상아질과 접착제 사이의 계면에서 파절이 발생한 경우
Type B : 상아질과 접착제가 50%이하 결합된 채 파절이 발생한 경우
Type C : 상아질과 접착제가 50%이상 결합된 채 파절이 발생한 경우
Type D : 레진 내에서 응집성 파절이 발생한 경우
Type E : 상아질 내에서 응집성 파절이 발생한 경우

4. 접착계면 관찰

접착층의 두께를 알기 위해 각 군당 미세인장결합강도를 측정하지 않은 2개의 시편을 이용하여 접착계면을 주사전자현미경으로 관찰하였다. 이 때 시편은 1200번 연마지로 연마 후, 35% 인산으로 40초간 산부식하고 2.5% NaOCl 용액에 30분간 넣어두었다. 각 시편은 70%, 80%, 90%, 100% ethyl alcohol에 차례로 24시간씩 담그어 탈수시켰다. 탈수시킨 시편을 gold-palladium으로 표면처리 후 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였다.

5. 통계 분석

각 군의 미세인장결합강도를 one-way ANOVA와 95% 신뢰도의 Scheffe's Test를 이용하여 분석하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 미세인장결합 강도 측정

측정된 각 군의 미세인장결합강도는 Table 3과 같다. 미세인장결합강도는 LP1 군이 다른 모든 군에 비해 낮게 나타났다 ($p < 0.05$). LP1 군을 제외한 나머지 군 사이에는 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$).

2. 파절양상

각 실험군의 파절양상이 Table 4에 나타나있다. LP1 군은 접착성 파절 (type A)이 높은 비율로 나타났고, LP1 군을 제외한 모든 군에서 혼합형 파절 (type B와 C)이 높은 비율로 나타났다. Figure 1부터 Figure 4까지는 미세인장결합강도 측정 후 파절된 시편의 상아질 측의 파절양상을 나타낸 것으로 Figure 1은 접착성 파절, Figure 2는 혼합형 파절, Figure 3은 레진 내에서의 응집성 파절, 그리고 Figure 4는 상아질 내에서의 응집성 파절을 나타낸다.

Table 3. Microtensile bond strength (MTBS) (MPa) (mean ± SD)

Groups	MTBS (MPa)
SM	14.38 ± 2.01
LP1	9.15 ± 1.81*
LP2	14.08 ± 1.75
LP3	14.06 ± 1.45
XN1	13.65 ± 1.95
XN2	13.98 ± 1.60
XN3	13.88 ± 1.66

There was significant difference among groups by Scheffe's test ($p < 0.05$).

Table 4. Failure mode

Groups	A	B	C	D	E
SM	3	3	4	1	1
LP1	6	2	1	2	1
LP2	2	4	5	1	0
LP3	2	2	5	2	1
XN1	3	4	3	0	2
XN2	3	3	3	2	1
XN3	2	3	3	2	2

Type A : adhesive failure between bonding resin and dentin
Type B : mixed failure (above 50% adhesive failure)
Type C : mixed failure (below 50% adhesive failure)
Type D : cohesive failure in resin
Type E : cohesive failure in dentin

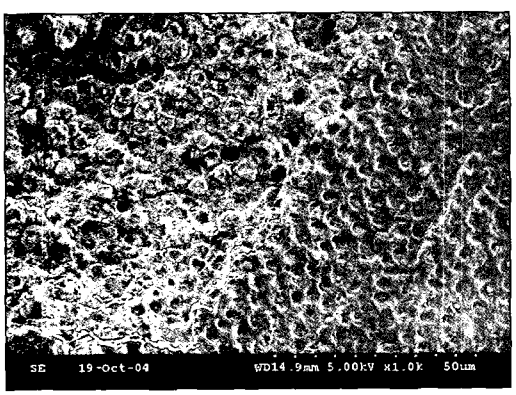

Figure 1. Adhesive failure.

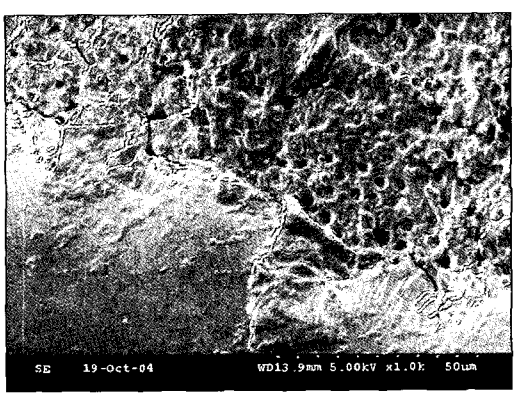

Figure 2. Mixed failure.

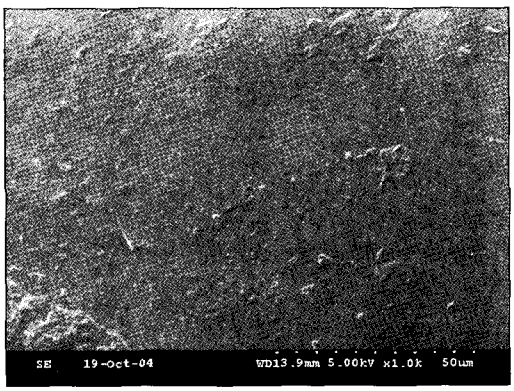

Figure 3. Cohesive failure in resin.

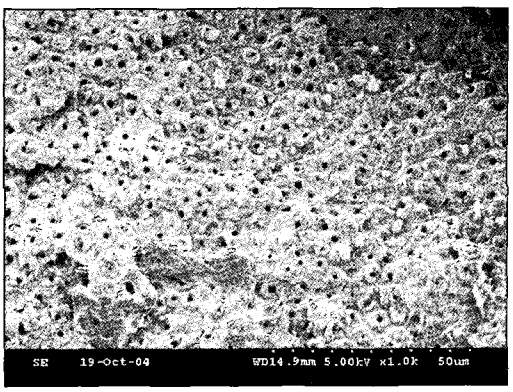

Figure 4. Cohesive failure in dentin.

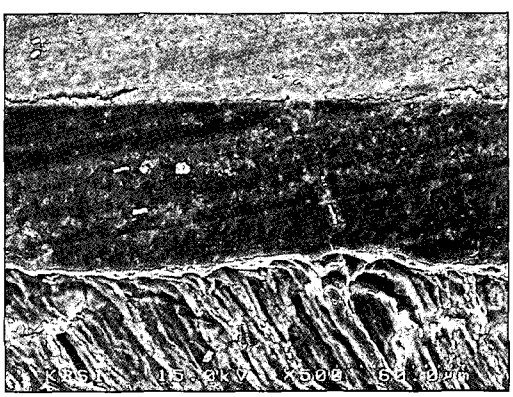

Figure 5. SEM photomicrograph of the resin/dentin interface produced by Scotchbond™ Multi-Purpose (× 500).

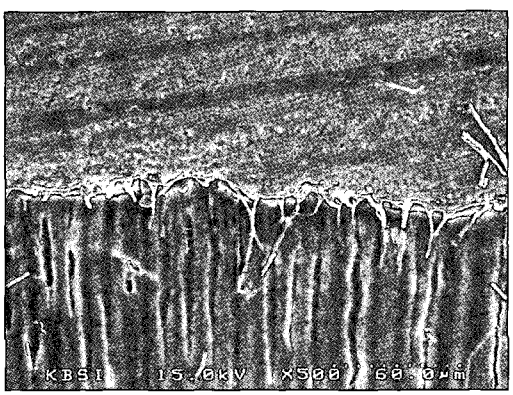

Figure 6. SEM photomicrograph of the resin/dentin interface produced by Adper Prompt L-Pop™ 1 coat (× 500).

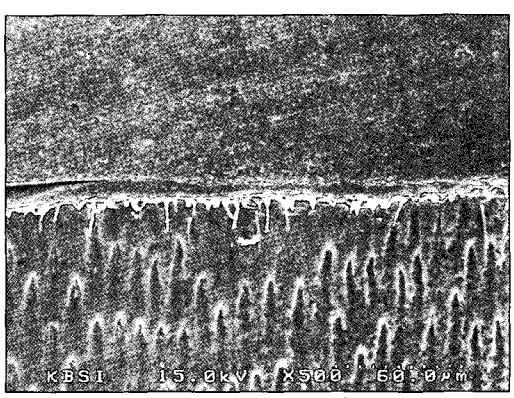

Figure 7. SEM photomicrograph of the resin/dentin interface produced by Adper Prompt L-Pop™ 2 coats (× 500).

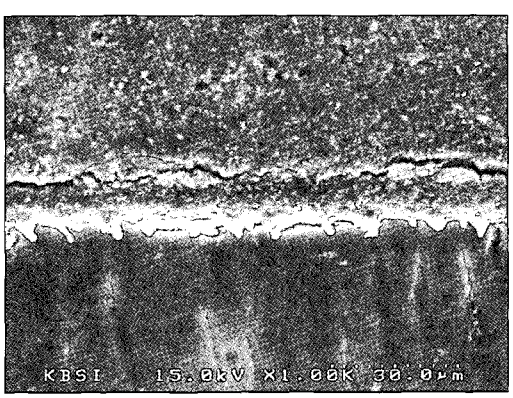

Figure 8. SEM photomicrograph of the resin/dentin interface produced by Adper Prompt L-Pop™ 3 coats (× 1000).

3. 접착계면 관찰

파절양상을 측정하지 않은 시편 중에서 1개를 무작위로 선택하여, 그 접착계면의 주사전자현미경 소견을 Figure 5 부터 Figure 11까지에 나타내었다. 접착층의 두께는 SM 군은 75 ㎛ (Figure 5), LP1 군은 4 ㎛ (Figure 6),

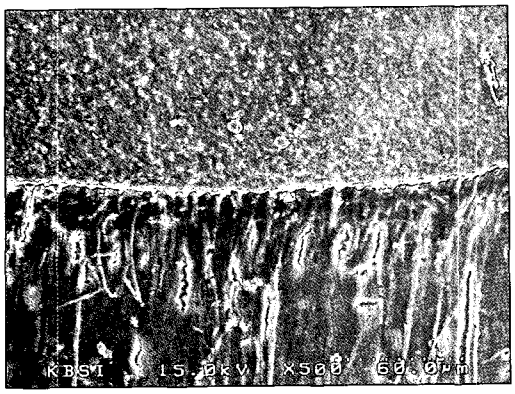

Figure 9. SEM photomicrograph of the resin/dentin interface produced by Xeno® Ⅲ 1 coat (× 500).

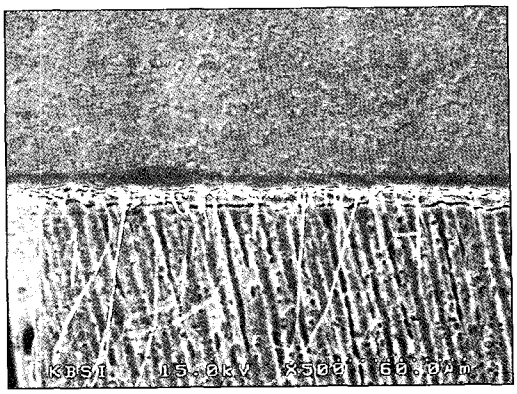

Figure 10. SEM photomicrograph of the resin/dentin interface produced by Xeno® Ⅲ 2 coats (× 500).

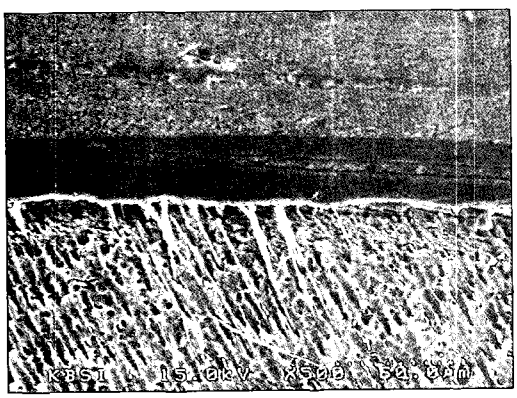

Figure 11. SEM photomicrograph of the resin/dentin interface produced by Xeno® Ⅲ 3 coats (× 500).

LP2 군은 8 ㎛ (Figure 7), LP3 군은 12 ㎛ (Figure 8), XN1 군은 3 ㎛ (Figure 9), XN2 군은 12 ㎛ (Figure 10), 그리고 XN3 군은 30 ㎛ (Figure 11)로 측정되었다.

Ⅳ. 총괄 및 고찰

우식을 제거하는 주요한 목적은 심하게 감염되고 변성된 표층의 감염 상아질을 제거하고 재광화가 일어날 수 있는 심층의 우식이환 상아질을 보존하는 것이다. 이때 한 와동 내에서 다른 부위에 존재하는 정상 상아질, 우식이환 상아질로 구성되는 치질에 대한 접착이 일어날 수 있으므로 정상 상아질 뿐만 아니라 우식이환 상아질의 접착에 대한 연구가 필요한 상태이다[3].

우식에 이환된 관간상아질에서 교원섬유간 공극을 차지하고 있는 미네랄은 정상 결정과는 다를 수 있다. Segun 등[13]은 반복되는 탈회와 재광화를 통해 우식이환 상아질은 비록 많은 세관이 미네랄 결정으로 막혀있다고 하더라도, 관간상아질에서의 미네랄 소실로 인하여 많은 공극을 보이고 상아질이 연약하다고 하였다. 또한 Kurosaki 등[14]은 우식부위 아래에서 과광화가 일어난다고 하였고, Perdigao 등[15]은 관간상아질에서의 미네랄 결정과 세관의 부분적 혹은 완전한 폐쇄가 적절한 부식과 레진 침투를 방해한다고 보고하였다.

최근의 접착술식은 임상적 과정을 보다 간단히 하면서도 적용시에 발생할 수 있는 오류를 줄이는 것을 목표로 하고 있으며, 최근에 개발된 all-in-one adhesive는 적용방법은 간편하나 아직 우식이환 상아질에 대한 연구는 부족한 상태이다.

이에 본 연구에서는 최근 소개된 all-in-one adhesive인 Adper Prompt L-Pop™과 Xeno® Ⅲ를 이용하여 접착제의 다층적용에 따른 우식이환 상아질에 대한 미세인장결합강도를 조사하였다. 조사 결과 LP1 군의 미세인장결합강도는 9.15 ± 1.81 MPa로 다른 모든 군에 비해 가장 낮게 나타났다 ($p < 0.05$). 이는 Ceballos 등[18]이 실험한 결과인 13.4 ± 1.9 MPa 보다는 약간 낮았다. 그러나 LP2 군, LP3 군, 그리고 SM 군은 차이가 없었다. 결합 강도와 파절저항에 있어 접착층 두께의 효과는 사용된 상아질 접착제에 따라 다를 수 있지만[19,20], 최적의 결합을 위해서는 접착제가 노출된 상아질을 균일하게 피개해야하는 것이 중요하다[5,21]. Unfilled adhesive인 Adper Prompt L-Pop™을 단층적용 시 점도가 낮아 접착제의 두께가 얇으며 이로 인해 혼성층이나 상아세관 내로 중합방해층을 침투시킬 가능성이 크고[22], 상아질면에 접착제가 도포되지 못한 부위가 생기게 되어 결합강도가 감소한 것이라고 생각할 수 있다[12]. 한편 접착층의 두께는 LP1 군, LP2 군, LP3 군의 순서로 증가했음을 알 수 있다. 이러한 사실에서 Adper Prompt L-Pop™을 두 겹이나 세 겹으로 적용하는 경우에 접착제의 두께가 증가함으로써 상아질 표면에 균일하게 접착제가 적용되도록 하여 중합수축에 대한 영향을 감소시키고, 산소에 의한 중합방해층의 확산을 최소화하여 단층적용보다 더 좋은 결합강도를

나타내었다고 볼 수 있다. 그러나 LP2 군과 LP3 군 간에 미세인장결합강도의 차이가 없었다는 것은 적절한 접착층의 두께가 결합강도를 증가시킬 수 있지만, 접착층의 두께에 비례하여 결합강도가 증가하지는 않는다는 것을 말해준다.

Xeno® Ⅲ의 경우 단층적용시 Adper Prompt L-Pop™보다 더 높은 결합강도를 보였는데, 이는 Xeno® Ⅲ의 구성성분 중 microfiller가 포함되어 있는 것과 관계가 있는 것으로 보인다. Miyazaki 등[23]은 접착제 내의 적절한 수준의 filler 함량이 상아질에서의 결합력을 최적화시키는데 매우 중요하다고 진술하였다. 그리고 Gallo 등[24]은 filler가 포함되어 있는 접착층은 복합레진을 중합하는 동안 레진-상아질 계면에 발생하는 수축응력을 완화시킬 수 있다고 하였다. 또한 filler가 포함되어 있는 접착층의 이런 효과는 심층 상아질에서 더 확실히 나타나는데, 이런 부위에서 접착제는 관간 상아질을 통하기 보다는 상아세관을 통해서 상아질로 더 빠르고 깊게 확산된다[25,26]. 이것은 본 실험에서 사용된 우식이환 상아질은 대부분 심층 상아질이라는 점과 주사전자현미경관찰에서 XN1 군이 LP1 군보다 더 많은 레진 tag를 보이고 있다는 점에서 확인할 수 있다. 한편 XN1 군, XN2 군, XN3 군의 순서로 접착층의 두께가 증가하였으나 결합강도에는 차이가 없었다는 점에서, Adper Prompt L-Pop™과는 달리 Xeno® Ⅲ의 경우에는 다층적용시 결합강도가 개선되지 않음을 알 수 있었다. 그러므로 filler가 포함된 접착제의 경우 다층적용에 의해 접착층이 두꺼워지는 것과 결합강도와의 상관관계는 없는 것으로 보인다.

우식이환 상아질의 파절양상에 대해 Cehreli 등[27]과 Yoshiyama 등[3]은 우식이환 상아질에서는 상아질 내의 응집성 파절이 대부분이라고 하였고, Nakajima 등[28]은 혼합형 파절이 주로 일어났다고 하였는데, 본 실험에서는 LP1 군에서는 접착성 파절이 우세하게 나타났고, 다른 모든 군에서는 혼합형 파절이 주로 일어났다. 혼합형 파절이 우세하게 나타난 것에 대해서 Nakajima 등[28]은 접착계면에서의 탄성계수가 다양하므로 접착층의 상부에 응력이 집중될 수 있기 때문이라고 하였다. LP1 군에서 접착성 파절이 우세하게 나타난 것은 다른 군보다 낮은 미세인장결합강도와 관련되어 있다고 생각된다.

본 연구에서 우식이환 상아질에 대한 all-in-one adhesive의 적용시 Adper Prompt L-Pop™은 단층적용에서보다 다층적용에서 더 높은 결합강도를 나타내었지만, Xeno® Ⅲ에서는 단층적용과 다층적용 간에 결합강도의 차이는 없었다. 앞으로 filler의 유무와 성상에 따른 우식이환 상아질에 대한 all-in-one adhesive의 접착층의 두께와 결합강도에 관한 연구가 계속되어야 할 것으로 생각된다.

Ⅴ. 결 론

본 연구의 목적은 우식이환 상아질에 2종류의 all-in-one adhesive인 Adper Prompt L-Pop™과 Xeno® Ⅲ를 사용하여 각각의 접착제를 단층, 다층 적용시켰을 때 미세인장결합강도에 미치는 영향을 조사하고, 파절 양상을 관찰하고자 하는 것이었다.

우식이환 상아질이 있는 21개의 치아를 7군으로 나누어, Scotchbond™ Multi-Purpose와 all-in-one adhesive인 Adper Prompt L-Pop™과 Xeno® Ⅲ를 각각 한 겹, 두 겹, 세 겹으로 적용하고 복합레진으로 수복한 다음 미세인장결합강도를 측정한 후 각 시편들을 주사전자현미경으로 관찰하여 그 파절양상을 분류하고, 파절면을 관찰한 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 미세인장결합강도를 측정한 결과, Scotchbond™ Multi-Purpose군은 14.38 ± 2.01 MPa, Adper Prompt L-Pop™의 1 coat 군, 2 coats 군, 3 coats 군은 각각 9.15 ± 1.81 MPa, 14.08 ± 1.75 MPa, 14.06 ± 1.45 MPa로 측정되었고, Xeno® Ⅲ의 1 coat 군, 2 coats 군, 3 coats 군은 각각 13.65 ± 1.95 MPa, 13.98 ± 1.60 MPa, 13.88 ± 1.66 MPa로 측정되었다. LP1 군은 다른 모든 군에 비해 낮은 미세인장결합강도를 나타내었고 ($p < 0.05$), LP1 군을 제외한 다른 모든 군 사이에는 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$).
2. 파절양상을 관찰한 결과, LP1 군에서는 접착성 파절이 우세하게 나타났고, LP1 군을 제외한 다른 모든 군에서는 혼합형 파절이 주로 일어났다.

참고문헌

1. Nakajima M, Ogata M, Okuda M, Tagami J, Sano H, Pashley DH. Bonding to caries-affected dentin using self-etching primers. *Am J Dent* 12:309-314, 1999.
2. Nakajima M, Sano H, Zheng L, Tagami J, Pashley DH. Effect of moist vs. dry bonding to normal vs. caries-affected dentin with Scotchbond Multi-Purpose Plus. *J Dent Res* 78:1298-1303, 1999.
3. Yoshiyama M, Tay FR, Doi J, Nishitani Y, Yamada T, Itou K, Carvalho RM, Nakajima M, Pashley DH. Bonding of self-etch and total-etch adhesives to carious dentin. *J Dent Res* 81:556-560, 2002.
4. Yazici AR, Akca T, Ozgunaltay G, Dayangac B. Bond strength of a self-etching adhesive system to caries-affected dentin. *Oper Dent* 29:176-181, 2004.
5. Frankenberger R, Kramer N, Petschelt A. Technique sensitivity of dentin bonding: effect of application mistakes on bond strength and marginal adaptation. *Oper Dent* 25:324-330, 2000.
6. Croll TP, Berg J. Simplified adhesion of compomers in pediatric dentistry. *Quintessence Int* 31:563-569, 2000.

7. Frankenberger R, Kramer N, Oberschachtsiek H, Petschelt A. Dentin bond strength and marginal adaption after NaOCl pre-treatment. *Oper Dent* 25:40-45, 2000.
8. Swift EJ Jr, Wilder AD Jr, May KN Jr, Waddell SL. Shear bond strengths of one-bottle dentin adhesives using multiple applications. *Oper Dent* 22:194-199, 1997.
9. Fritz UB, Finger WJ. Bonding efficiency of single-bottle enamel/dentin adhesives. *Am J Dent* 12:277-282, 1999.
10. Bouillaguet S, Gysi P, Wataha JC, Ciucchi B, Cattani M, Godin C, Meyer JM. Bond strength of composite to dentin using conventional, one-step and self-etching adhesive systems. *J Dent* 29:55-61, 2001.
11. Pashley EL, Agee KA, Pashley DH, Tay FR. Effects of one versus two applications of an unfilled, all-in-one adhesive on dentine bonding. *J Dent* 30:83-90, 2002.
12. Frankenberger R, Perdigao J, Rosa BT, Lopes M. 'No-bottle' vs 'multi-bottle' dentin adhesives-a microtensile bond strength and morphological study. *Dent Mater* 17:373-380, 2001.
13. Sengun A, Unlu N, Ozer F, OztUrk B. Bond strength of five current adhesives to caries-affected dentin. *J Oral Rehabil* 29:777-781, 2002.
14. Kurosaki N, Kubota M, Yamamoto Y, Fusayama T. The effect of etching on the dentin of the clinical cavity floor. *Quintessence Int* 21:87-92, 1990.
15. Perdigao J. Swift EJ Jr, Denehy GE, Wefel JS, Donly KJ. In vitro bond strengths and SEM evaluation of dentin bonding systems to different dentin substrates. *J Dent Res* 73:44-55, 1994.
16. Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho R, Pashley DH. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength - evaluation of a micro-tensile bond test. *Dent Mater* 10:236-240, 1994.
17. Phrukkanon S, Burrow MF, Tyas MJ. The influence of cross-sectional shape and surface area on the microtensile bond test. *Dent Mater* 14:212-221, 1998.
18. Ceballos L, Camejo DG, Victoria Fuentes M, Osorio R, Toledano M, Carvalho RM, Pashley DH. Microtensile bond strength of total-etch and self-etching adhesives to caries-affected dentine. *J Dent* 31:469-477, 2003.
19. Ai H, Nagai M. Effect of the adhesive layer thickness on the fracture toughness of dental adhesive resins. *Dent Mater* 19:153-163, 2000.
20. Zheng L, Pereira PN, Nakajima M, Sano H, Tagami J. Relationship between adhesive thickness and microtensile bond strength. *Oper Dent* 26:97-104, 2001.
21. Walshaw PR, McComb D. Clinical considerations for optimal dentinal bonding. *Quintessence Int* 27:619-625, 1996.
22. Perdigao J, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Braem M, Yildiz E, Yucel T, Vanherle G. The interaction of adhesive systems with human dentin. *Am J Dent* 9:167-173, 1996.
23. Miyazaki M, Ando S, Hinoura K, Onose H, Moore BK. Influence of filler addition to bonding agents on shear bond strength to bovine dentin. *Dent Mater* 11:234-238, 1995.
24. Gallo JR, Comeaux R, Haines B, Xu X, Burgess JO. Shear bond strength of four filled dentin bonding systems. *Oper Dent* 26:44-47, 2001.
25. Marshall GW, Marshall SJ, Kinney JH, Balooch M. The dentin substrate: Structure and properties related to bonding. *J Dent* 25:441-458, 1997.
26. Yoshiyama M, Sano H, Ebusi S, Tagami J, Ciucchi B, Carvalho RM, Jhonson MH, Pashley DH. Regional strength of bonding agents to cervical sclerotic root dentin. *J Dent Res* 75:1404-1413, 1996.
27. Cehreli ZC, Yazici AR, Akca T, Ozgunaltay G. A morphological and micro-tensile bond strength evaluation of a single-bottle adhesive to caries-affected human dentine after four different caries removal techniques. *J Dent* 31:429-435, 2003.
28. Nakajima M, Sano H, Burrow MF, Tagami J, Yoshiyama M, Ebisu S, Ciucchi B, Russell CM, Pashley DH. Tensile bond strength and SEM evaluation of caries-affected dentin using dentin adhesives. *J Dent Res* 74:1679-1688, 1995.

국문초록

우식이환 상아질에 대한 all-in-one adhesive의 미세인장결합강도

문지덕 · 박정길 · 허 복 · 김현철*
부산대학교 치과대학 치과보존학교실

이 연구의 목적은 all-in-one adhesive인 Adper Prompt L-Pop™과 Xeno® Ⅲ를 우식이환 상아질에 다층 적용했을 때의 효과를 미세인장결합강도의 측정과 주사전자현미경을 이용한 파절양상의 관찰을 통해 알아보는데 있다. 교합면 우식이 있는 21개의 치아에서 편평한 상아질 면이 노출되도록 하여 감염 상아질을 제거한 후 3개씩 7개의 군으로 분류하였다. SM 군은 Scotchbond™ Multi-purpose를 적용하였다. LP1 군, LP2 군, LP3 군은 Adper Prompt L-Pop™을 각각 단층, 2층, 3층으로 적용하였다. XN1 군, XN2 군, XN3 군은 Xeno® Ⅲ를 각각 단층, 2층, 3층으로 적용하였다. 각각의 상아질 접착제 처리 후, 광중합레진인 Filtek™ Z-250을 10 mm 높이로 적층 충전하였다. 각 치아는 가로와 세로의 길이가 각각 1 mm인 막대 모양의 절편이 되도록 수직으로 절단하였다. 그 후 미세인장결합강도를 측정하였다. 측정 후 파절된 시편을 주사전자현미경을 이용하여 파절양상을 살펴보았다. 각 군의 미세인장결합강도를 one-way ANOVA와 95% 신뢰도의 Scheffe's Test를 이용하여 분석하였다.

이 연구의 결과는 다음과 같다.

1. 미세인장결합강도를 측정한 결과, SM 군은 14.38 ± 2.01 MPa, LP1 군, LP2 군, LP3 군은 각각 9.15 ± 1.81 MPa, 14.08 ± 1.75 MPa, 14.06 ± 1.45 MPa로 측정되었고, XN1 군, XN2 군, XN3 군은 각각 13.65 ± 1.95 MPa, 13.98 ± 1.60 MPa, 13.88 ± 1.66 MPa로 측정되었다. LP1 군은 다른 모든 군에 비해 낮은 미세인장결합강도를 나타내었고 ($p < 0.05$), LP1 군을 제외한 다른 모든 군 사이에는 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$).
2. 파절양상을 관찰한 결과, LP1 군에서는 접착성 파절이 우세하게 나타났고, LP1 군을 제외한 다른 모든 군에서는 혼합형 파절이 주로 일어났다.

주요어 : 우식이환 상아질, 미세인장결합강도, All-in-one adhesive, 파절양상, 다층적용