

와동의 형태가 상아질과 복합레진 사이의 미세인장결합강도에 미치는 영향

김예미 · 박정원 · 이찬영 · 송윤정 · 서덕규 · 노병덕*

연세대학교 치과대학 보존학교실

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF CAVITY CONFIGURATION ON THE MICROTENSILE BOND STRENGTH BETWEEN COMPOSITE RESIN AND DENTIN

Yemi Kim, Jeong-won Park, Chan young Lee, Yoon jung Song, Deok Kyu Seo, Byoung-Duck Roh*

Department of Conservative Dentistry, The Graduate School, Yonsei University

This study was conducted to evaluate the influence of the C-factor on the bond strength of a 6th generation self-etching system by measuring the microtensile bond strength of four types of restorations classified by different C-factors with an identical depth of dentin.

Eighty human molars were divided into four experimental groups, each of which had a C-factor of 0.25, 2, 3 or 4. Each group was then further divided into four subgroups based on the adhesive and composite resin used. The adhesives used for this study were AQ Bond Plus (Sun Medical, Japan) and XenoⅢ (DENTSPLY, Germany). And composite resins used were Fantasista (Sun Medical, Japan) and Ceram-X mono (DENTSPLY, Germany).

The results were then analyzed using one-way ANOVA, a Tukey's test, and a Pearson's correlation test and were as follows.

1. There was no significant difference among C-factor groups with the exception of groups of XenoⅢ and Ceram-X mono ($p < 0.05$).
2. There was no significant difference between any of the adhesives and composite resins in groups with C-factor 0.25, 2 and 4.
3. There was no correlation between the change in C-factor and microtensile bond strength in the Fantasista groups.

It was concluded that the C-factor of cavities does not have a significant effect on the microtensile bond strength of the restorations when cavities of the same depth of dentin are restored using composite resin in conjunction with the 6th generation self-etching system. [J Kor Acad Cons Dent 33(5):472-480, 2008]

Key words : C-factor, 6th generation dentin bonding agent, Microtensile bond strength, Contraction stress

- Received 2008.8.8., revised 2008.8.25., accepted 2008.9.1-

* Corresponding Author: **Byoung-Duck Roh**

Department of Conservative Dentistry,
College of Dentistry, Yonsei University,
134 Shinchon-dong, Seodaemun-gu, Seoul, 120-752, Korea
Tel: 82-2-2228-8701 Fax: 82-2-313-7575
E-mail: operatys16@yuhs.ac

I. 서 론

복합레진은 치아의 심미적, 보존적 수복을 위해 널리 사용되는 수복재로 지속적으로 물성이 개선되고 있지만, 단량체가 중합체로 변화하는 과정에서 필연적으로 발생하는 중합 수축은 상아질과 복합레진의 접착력을 감소시키는 주된 원인으로 지적되고 있다. 복합레진을 충전하여 와동저 및

와동 벽에 결합이 일어나면 중합되는 과정에서 레진이 수축하고 와동 벽을 당기게 된다^{1,2)}. Feilzer 등은 이 현상이 와동의 형태에 따라 그 정도가 달라진다고 하였으며 이를 cavity configuration factor, 또는 C-factor라고 명명하였다^{3,4)}.

C-factor는 수복물이 와동 벽과 접착되는 면, 즉 flow가 제한되는 면과 와동 벽과 접착되지 않는 면, 즉 flow가 가능한 면의 비율로서, 접착면적과 비접착면적의 비율을 나타낸다. 중합의 초기 단계에 와동 벽과 접착하지 않는 면이 flow에 의한 소성 변형을 일으키면서 응력을 감소시킬 수 있다^{4,5)}. 이를 유한요소분석법을 통해 검증한 결과 복합레진과 상아질의 계면에서 발생하는 응력이 C-factor와 직접 관련이 있으며, C-factor가 높을수록 중합 수축으로 인한 응력이 커져서 결합력이 낮아진다는 보고가 있었다⁶⁾.

그러나, C-factor가 증가할수록 중합 수축에 의한 응력이 증가됨으로써 결합력이 낮아질 것이라는 주장^{3,6)}에 대해 많은 연구가 행해져 왔으며, 와동의 크기⁷⁾, 상아질의 깊이, 복합레진의 물성, 상아질 접착제의 종류⁸⁻¹⁰⁾에 따라 다양한 결과가 보고되었다. 복합레진과 상아질의 결합력을 측정하는 방법에 있어 Sano 등¹¹⁾이 작은 접착 면적을 이용한 microtensile bond test를 통해 레진의 접착 강도를 일관성 있게 얻을 수 있다고 발표한 이후부터 다수의 레진의 접착 강도 실험에서 microtensile bond strength가 사용되었다¹¹⁻¹³⁾.

Yoshigawa 등¹⁴⁾은 상아질에 대한 결합강도에 cavity configuration과 와동의 깊이가 영향을 미칠 것이라는 가정 하에 microtensile bond test를 시행한 결과 상아질의 깊이가 같을 때 C-factor가 증가할수록 결합 강도가 감소하였으나, self-etching system인 Clearfil Liner Bond II에서는 C-factor 1과 C-factor 3 사이에 통계학적 유의차가 없음을 보고하였다. 또한, Mallmann 등¹⁵⁾은 C-factor의 증가에 따른 Excite, Clearfil SE Bond의 미세인장결합강도를 비교한 결과, C-factor의 증가가 total-etch adhesive system인 Excite에는 영향을 미쳤으나 self-etching system인 Clearfil SE Bond에서는 영향이 없었다고 하였다.

위의 실험들은 주로 5세대 또는 그 이전의 상아질 접착제를 대상으로 microtensile bond test를 시행하였으며, C-factor의 변화가 microtensile bond strength에 끼치는 영향에 대해 6세대 상아질 접착제를 대상으로 한 실험은 드물다.

본 실험에서는 발치된 human teeth를 대상으로, 제 6세대의 self-etching system을 사용하여 동일한 깊이의 상아질에서, 와동의 형태가 수복물의 와동저에서 microtensile bond strength에 미치는 영향을 관찰하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 연구 재료

본 실험에 사용된 접착제와 복합레진은 Table 1과 같다. 2종류의 접착제에 각각 2종류의 복합 레진을 적용하였다. Table 2에서는 접착제의 화학적 특성을, Table 3에서는 제조사에서 추천하는 접착제의 적용방법을 기술하였다.

2. 연구 방법

가. 치아 시편 제작

발치된 지 1달 이내의 충치가 없는 대구치 80개를 생리 식염수에 보관한 후 사용하였다. C-factor를 각각 0.25, 2, 3, 4로 하는 4개의 군을 두었으며, 바닥의 면적은 16 mm²로 동일하게 하였다. Table 4와 Figure 1에 각 군별 와동의 형태를 기술하였다. 각 군별로 총 20개의 치아를 할당하였으며 접착제와 복합레진의 조합에 따라 다시 4개의 소군에 치아 5개씩을 배정하였다.

와동 형성은 주수 하에 고속 회전 다이아몬드 버를 사용하였다. 먼저 해당부위의 교합면의 법랑질을 삭제하여 건전한 상아질 표면이 노출되도록 한 후, 미리 제작해 둔 양형의 template를 이용하여, 바닥의 면적이 16 mm², 깊이가 3 mm인 와동을 형성하였다. 각 군별로 와동 높이에 따라 교합면 상아질을 추가로 삭제하는 방법으로 와동을 형성하여, 상아

Table 1. Adhesive systems and composites used in this study

Products	Batch No.	Manufacturer	pH	Composition
AQ Bond Plus	MT1	Sun Medical, Japan	2.5	1 bottle, 1 sponge
Fantasista	070221-4	Sun Medical, Japan		
Xeno III	606.67.293	DENTSPLY, Germany	1.4	2 bottles
Ceram-X mono	607.01.325	DENTSPLY, Germany		

Table 2. Chemical compositions of the adhesive systems

Adhesive system	Composition	
AQ Bond Plus	Base	Sponge activators
	acetone, water, 4-methacryloxyethyltrimellitate anhydrid, urethane dimethacrylate, monomethacrylate	p-toluensulfinic acid sodium salt, aromatic amine
Xeno III	Liquid A	Liquid B
	HEMA, purified water, ethanol, urethane dimethacrylate resin, butylated hydroxy toluene, highly dispersed silicon dioxide	phosphoric acid modified polymethacrylate resin, mono fluoro phosphazene modified methacrylate resin, urethane dimethacrylate resin, butylated hydroxy toluene, camphoroquinone, ethyl-4-dimethyl-laminobenzoate

Table 3. Bonding instructions of the adhesive systems

Adhesive system	Clinical procedure
AQ Bond Plus	Mix 1 or 2 drops of base with AQ sponge for 5 sec. Apply with the sponge and leave for 20 sec. Apply gentle air pressure for 5-10 sec. Apply strong air pressure for 5-10 sec. Cure for 10 sec.
Xeno III	Mix equal amounts of liquid A and B for 5 sec. Apply the mixture and leave for at least 20 sec. Apply gentle air pressure. Cure for at least 10 sec.

Table 4. Four groups of restoration that varied according to each C-value

C-factor	Width (mm)	Length (mm)	Height (mm)	Bonded surface area (mm ²)	Area of floor (mm ²)
0.25	4	4	3	16	16
2	4	4	1	32	16
3	4	4	2	48	16
4	4	4	3	64	16

질의 깊이 에 의한 변수를 제거하고자 하였다 (Figure 2). 와동 형성 중 치수 노출이 육안으로 확인되는 치아는 제외 하였다. 제조자의 지시대로 상아질 접착제를 도포하고 복합 레진으로 충전한 후 60초간 광중합하였다.

나. 미세인장결합강도 시험

제작된 치아 시편들은 24시간 동안 증류수에 보관한 후 Low-speed diamond saw (Struers Minitom, DK-2610 Rodovre, Denmark)를 이용하여 주수 하에 교합-치는 방향으로 절단 후, 이를 다시 수직절단하여, $1.0 \times 1.0 \text{ mm}^2$ 의

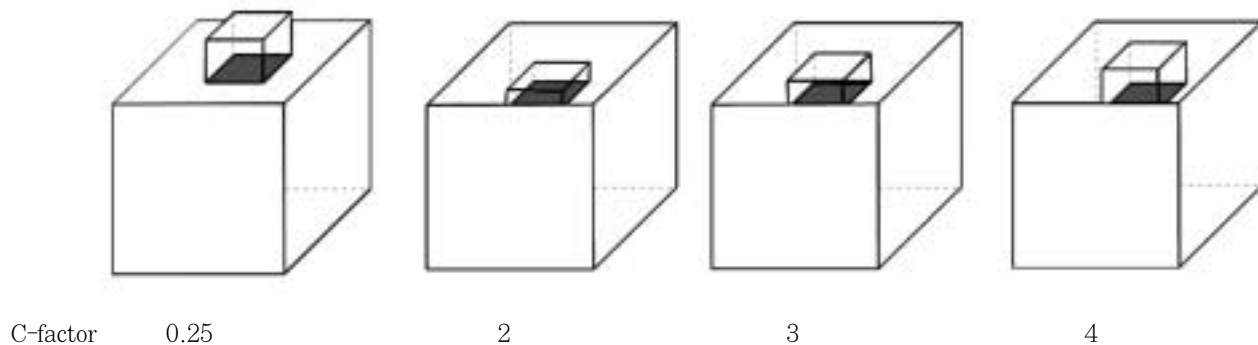


Figure 1. Schematic diagrams of the four groups of restoration that varied according to each C-value.

Groups with C-factor 0.25 were prepared on the flat ground dentin surfaces. For the other experimental groups, the cavities were prepared below the ground dentin surfaces.

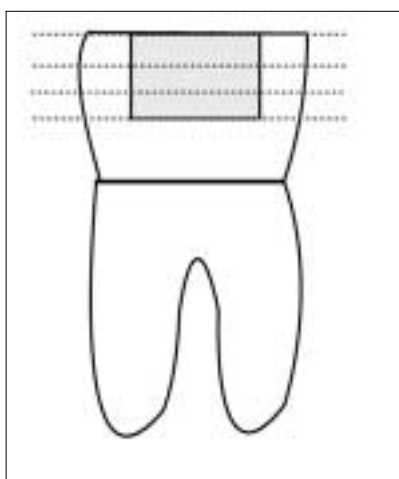


Figure 2. Schematic diagram of the specimen of experimental group.

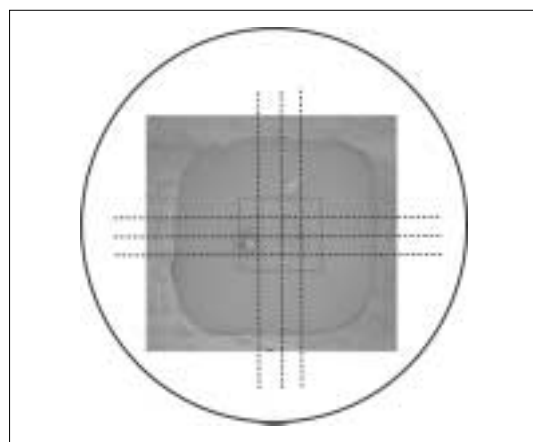


Figure 3. Schematic diagram of the preparation of specimen for microtensile bond test.

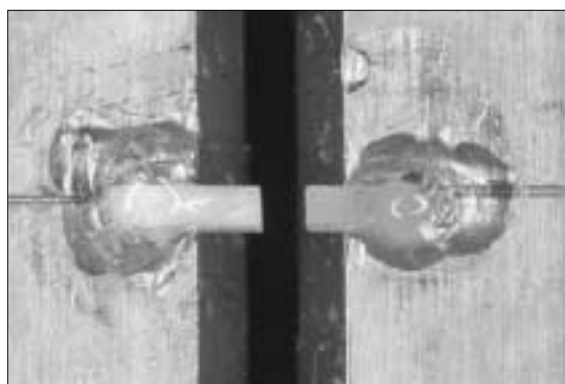


Figure 4. Schematic diagram of the specimen for microtensile bond test.

단면적을 가지는 복합레진-상아질 beam을 형성하였다 (Figure 3). 절단된 시편 중 각 치아의 중앙부의 시편 2~4 개를 선택하여 각 실험군당 14개의 시편을 제작하여 측정 하였으며 제작 도중 탈락된 시편은 제외하였다.

Beam으로 제작된 시편을 cyanoacrylate adhesive (Zapit, DVA, Lewis Ct. Corona, USA)를 이용하여 미세 인장결합강도 측정용 zig에 부착한 후, Microtensile tester (Bisco, USA)를 이용하여 1 mm/min의 속도로 인장 응력을 가하여 파괴가 일어날 때의 응력을 미세인장결합강도로 하였다 (Figure 4).

결과는 one-way ANOVA로 동일한 재료 내에서 C-factor군간의 차이 및 동일한 C-factor 상에서 재료간의 차이를 조사하고, Tukey test로 사후 검정하였다. Pearson-correlation test로 접착제와 결합레진에 따른 미세인장결합강도의 상관관계를 분석하였다.

Ⅲ. 결 과

C-factor군 사이의 결합강도의 차이를 보기 위해 사용된 재료에 따라 구분하여 one-way ANOVA로 검정한 결과 XenoⅢ와 Ceram-X mono군에서 유의한 차이를 보여 ($p < 0.05$), Tukey method로 사후 검정을 시행한 결과 C-factor 2군과 3군, C-factor 3군과 4군을 제외하고는 모든 C-factor군간에 유의할 만한 차이를 보였으나, AQ Bond Plus와 Fantasia군, AQ Bond Plus와 Ceram-X mono군, XenoⅢ와 Fantasia군에서는 C-factor군간에 미세인장결합강도의 유의한 차이가 없었다.

동일 C-factor군 내에서 재료에 따른 결합강도의 차이를 one-way ANOVA로 검정한 결과 C-factor 3군에서는 AQ Bond Plus와 Fantasia군이 XenoⅢ와 Ceram-X mono군에 비해 높은 결합력을 보였으나 ($p < 0.05$), C-factor 0.25군, 2군, 4군에서 4가지 접착제와 수복 레진의 조합 간

Table 5. Mean microtensile bond strength (MPa) of the experimental groups

Adhesive system	Composite resin	C-factor			
		0.25	2	3	4
AQ Bond Plus	Fantasia	19.1 ± 5.0	18.1 ± 2.5	18.6 ± 3.8 [†]	17.1 ± 4.2
AQ Bond Plus	Ceram-X mono	19.2 ± 6.1	17.4 ± 5.1	15.1 ± 3.7	14.9 ± 4.2
XenoⅢ	Fantasia	19.1 ± 3.4	17.7 ± 4.6	17.5 ± 3.8	16.5 ± 5.6
XenoⅢ	Ceram-X mono	22.5 ± 5.5 ^a	18.1 ± 3.1 ^b	14.3 ± 3.7 ^{b,c,†}	13.8 ± 3.5 ^c

Intergroup data designated with different superscript letters (a, b, c) are significantly different ($p < 0.05$; Tukey test). Intragroup data designated with same superscript symbol (†) are significantly different ($p < 0.05$; Tukey test).

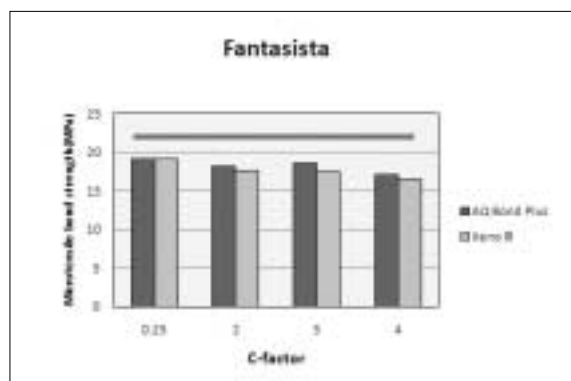


Figure 5. Graph of the mean microtensile bond strength (MPa) of the Fantasia groups.

Groups connected with the line are not significantly different according to the one-way ANOVA ($p > 0.05$)

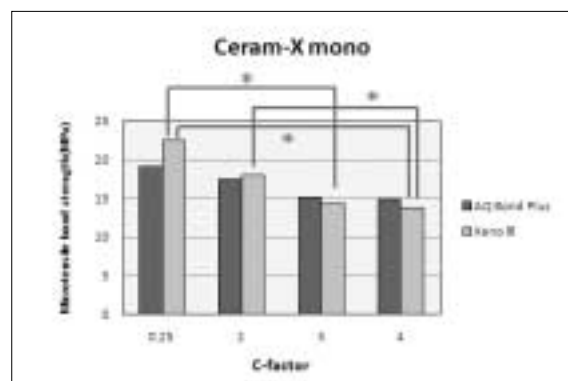


Figure 6. Graph of the mean microtensile bond strength (MPa) of the Ceram-X mono groups.

Symbols (*) indicate statistical significance at $p = 0.05$ level

에 유의한 차이를 보이지 않았다.

Pearson-correlation test를 사용하여 C-factor 및 재료와 미세인장결합강도의 상관 분석을 시행한 결과 AQ Bond Plus와 Fantasista군, XenoⅢ와 Fantasista군에서 C-factor와 미세인장결합강도 사이에 일정한 상관관계를 발견할 수 없었고, AQ Bond Plus와 Ceram-X mono군, XenoⅢ와 Ceram-X mono군에서 C-factor가 증가할수록 미세인장결합강도가 감소하는 경향을 보였다 ($p < 0.05$).

Table 5에서 C-factor군과 재료에 따른 미세인장결합강도의 평균값 및 표준편차를 정리하였다. Figure 5에서는 수복재로 Fantasista를 사용한 경우의 미세인장결합강도의 평균값을 나타내었고, Figure 6에서는 수복재로 Ceram-X mono를 사용한 경우의 미세인장결합강도의 평균값을 나타내었다.

IV. 고 찰

김¹⁶⁾은 전체 접착면적을 약 36 mm²로 동일하게 하고, C-factor를 각각 0.2, 0.7, 1, 2.3, 4.9로 하는 5개의 군을 대상으로 수복물의 탈락력을 관찰한 바 있다. 미리 모양을 형성해 놓은 0.5 mm 직경의 스테인리스 스틸 와이어를 와동 내에 넣고 3차원적으로 치아장축에 평행하도록 레진을 충전한 후 만능 시험기 (Instron3366, Instron Inc., Massachusetts, USA)를 사용하여 인장력을 가하는 방법으로 수복물의 전체적인 유지력을 관찰하는 방법을 사용하였다. 그 결과 대조군인 C-factor 0.2군만 두드러지게 높은 접착 강도를 나타내었으며, 나머지 군간에는 유의차를 나타내지 않았다. 이에 대한 가설로 첫째로는 C-factor 0.2군이 표층 상아질로 이루어져 있다는 점을 들 수 있다. 레진의 결합력을 감소시키는 요소로 여러 학자들이 상아질의 깊이를 지적한 바 있다¹⁷⁻²³⁾. 두 번째로는 인장력이 전체 접착 면적이 아닌 접착된 바닥면적의 크기에 의존했을 가능성을 들 수 있다.

전체적인 탈락력을 관찰하는 경우 수복물에 치아 장축에 평행한 인장력을 가하게 되는데 이 때 tensile load와 동시에 와동의 벽면에서는 shear load가 함께 가해지게 되므로 엄밀한 의미에서 인장력이라고 볼 수 없으며 detachment force (탈락력)으로 이해해야 할 것이다. 또한 치아 장축에 평행한 힘을 가하지만 수복물 내면의 선각 부위에서 모멘트가 발생하고 접착계면 중 접착이 가장 취약한 지점에서부터 미세한 균열이 발생하고 성장하여 접착이 쉽게 깨지게 될 가능성이 있다. 그러므로 본 실험에서는 microtensile bond test를 이용하여, C-factor의 변화에 따른 미세인장결합강도의 차이를 알아보고자 했다. 김¹⁶⁾의 가설에 대한 검증은 위해 모든 C-factor군에서 동일한 깊이의 상아질을 이용하도록 하였고, 모든 군에서 바닥의 면적을 동일하게 16

mm²로 하여 C-factor가 각각 다른 네 종류의 와동을 실험군으로 설정하였다. 또한 동일한 접착제에 다른 종류의 복합레진을 사용한 경우 C-factor의 변화에 미치는 영향을 알아보고자 했다.

실험 결과 XenoⅢ와 Ceram-X mono군에서는 C-factor가 증가할수록 미세인장결합강도가 유의하게 감소했으나 ($p < 0.05$), 나머지 재료군에서 C-factor군간에 미세인장결합강도의 유의한 차이가 없었다. C-factor 3군에서는 AQ Bond Plus와 Fantasista군이 XenoⅢ와 Ceram-X mono군에 비해 높은 결합력을 보였으나 ($p < 0.05$), C-factor 0.25군, 2군, 4군에서 4가지 접착제와 복합레진의 조합 간에 유의할 만한 차이를 보이지 않았다. 또한, 수복재로 Fantasista를 사용한 재료군에서 C-factor와 미세인장결합강도 사이에 일정한 상관관계를 발견할 수 없었고, Ceram-X mono를 사용한 군에서 C-factor가 증가할수록 미세인장결합강도가 감소하는 경향을 보였다 ($p < 0.05$).

Ceram-X mono를 사용한 군에서 C-factor가 증가할수록 미세인장결합강도가 감소한 이유에 대한 가설로는 사용된 복합레진의 물성의 차이를 들 수 있다. Choi 등²⁴⁾은 상대적으로 탄성계수가 높은 hybrid composite인 Clearfil AP-X군에서는 C-factor의 증가에 따라 미세인장결합강도가 감소하였으나, 탄성계수가 낮은 microhybrid composite인 Esthet-X군에서는 통계학적으로 차이가 없음을 보였다. 제조사에서 주장하는 Fantasista의 탄성계수가 7.4 GPa인데 비해 Ceram-X mono는 8.5 GPa로 더 높으므로 C-factor가 증가했을 때 미세인장결합강도가 감소했다고 생각할 수 있다. 또한, 두 가지 복합레진의 중합수축량의 차이가 영향을 미쳤을 가능성이 있다. Ruttermann 등²⁵⁾이 아르키메데스의 원리를 이용하여 복합레진의 중합수축량을 측정하는 바 있다. 그의 실험방법을 참고하여 복합레진의 중합수축량을 측정된 결과 Fantasista의 중합수축량은 1.5%인데 비해 Ceram-X mono의 중합수축량은 2.4%였다. 그러므로, 중합수축에 의한 응력이 더 증가함으로써 C-factor의 증가에 따라 미세인장결합강도가 감소했다고 추측할 수 있다.

나머지 군에서 C-factor의 변화에 의해 통계학적으로 유의할 만한 결합력의 차이가 발생하지 않은 이유로는 self-etching system의 사용을 들 수 있다. Yoshigawa 등¹⁴⁾은 상아질 깊이가 같을 때 self-etching system인 Clearfil Liner Bond Ⅱ에서 C-factor 1과 C-factor 3 사이에 미세인장결합강도의 통계학적 유의차가 없음을 보였다. 또한, Mallmann 등¹⁵⁾은 C-factor의 증가에 따른 Excite, Clearfil SE Bond의 미세인장결합강도를 비교한 결과, C-factor의 증가가 total-etch adhesive system인 Excite에는 영향을 미쳤으나 self-etching system인 Clearfil SE Bond에는 영향이 없었다고 하였다. 또한, Kishikawa 등²⁶⁾

이 상아질의 영향을 배제하기 위해 레진 몰드를 사용하여 C-factor의 영향을 알아본 결과, self-etching system인 Clearfil SE Bond 을 사용한 경우 C-factor 0.5와 5 사이에 미세인장결합강도의 유의할 만한 차이가 없었다.

1987년 Feilzer 등³⁾이 Cavity configuration factor의 개념을 도입한 이래, cavity configuration factor가 증가할수록 접착 계면에 해소되지 못한 수축 응력이 집중되어 접착을 방해할 것이라는 가설이 있었다. 그러나 이후 접착제와 복합레진의 상당한 물성의 개선이 있었으므로, 이와 같은 개념은 재조명되어야 한다. 최근 5세대 self-etching system을 사용한 경우 C-factor의 변화에도 접착력의 큰 변화가 없다는 실험결과가 다수 있었으며^{14,15)}, 본 실험의 결과에 따르면 상아질의 깊이가 동일하고 제 6세대의 self-etching system을 사용하여 복합레진을 충전하는 경우 와동의 C-factor가 수복물의 미세인장결합강도에 크게 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

V. 결 론

동일한 깊이의 상아질에서 C-factor를 변화시켰을 때 상아질과 복합레진 사이의 미세인장결합강도를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. XenoⅢ와 Ceram-X mono군에서는 C-factor 2군과 3군, C-factor 3군과 4군을 제외하고는 C-factor가 증가할수록 미세인장결합강도가 유의하게 감소했으나 ($p < 0.05$), AQ Bond Plus와 Fantasista군, AQ Bond Plus와 Ceram-X mono군, XenoⅢ와 Fantasista군에서 C-factor군간에 미세인장결합강도의 유의한 차이가 없었다.
2. C-factor 3군에서는 AQ Bond Plus와 Fantasista군이 XenoⅢ와 Ceram-X mono군에 비해 높은 결합력을 보였으나 ($p < 0.05$), C-factor 0.25군, 2군, 4군에서 4가지 접착제와 수복 레진의 조합 간에 유의한 차이가 없었다.
3. AQ Bond Plus와 Fantasista군, XenoⅢ와 Fantasista군에서 C-factor와 미세인장결합강도 사이에 일정한 상관관계를 발견할 수 없었고, AQ Bond Plus와 Ceram-X mono군, XenoⅢ와 Ceram-X mono군에서 C-factor가 증가할수록 미세인장결합강도가 감소하는 경향을 보였다 ($p < 0.05$).

본 실험의 제한적 상황에서 얻은 위와 같은 결론을 통해, 상아질의 깊이가 동일한 경우 와동 내에 6세대의 self-etching system을 사용하여 복합레진을 충전하는 경우 와동의 C-factor가 수복물의 미세인장결합강도에 크게 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Davidson CL, de Gee AJ. Relaxation of polymerization contraction stresses by flow in dental composites. *J Dent Res* 63:146-8, 1984.
2. Davidson CL. Resisting the curing contraction with adhesive composites. *J Prosthet Dent* 55:446-7, 1986.
3. 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.
4. Feilzer AJ, de Gee AJ, Davidson CL. Setting stresses in composites for two different curing modes. *Dent Mater* 9:2-5, 1993.
5. Alster D, Feilzer AJ, de Gee AJ, Davidson CL. Polymerization contraction stress in thin resin composite layers as a function of layer thickness. *Dent Mater* 13:146-50, 1997.
6. Versluis A, Tantbirojn D, Douglas WH. Do dental composites always shrink toward the light? *J Dent Res* 77:1435-45, 1998.
7. He Z, Shimada Y, Tagami J. The effect of cavity size and incremental technique on micro-tensile bond strength of resin composite in Class I cavities. *Dent Mater* 23:533-38, 2007.
8. Uno S, Tanka T, Inoue S. The influence of configuration factors on cavity adaptation in compomer restoration. *Dent Mater* 18:19-31, 1999.
9. Shirai K, Munck JD, Yoshida Y, Inoue S, Lambrechts P, Suzuki K, Shintani H, Meerbeek BV. Effect of cavity configuration and agind on the bonding effectiveness of six adhesives to dentin. *Dent Mater* 21:110-124, 2005.
10. Wattanawongpitak N, Yoshikawa T, Burrow MF, Tagami J. The effect of bonding system and composite type on adaptation of different C-factor restorations. *Dent Mater* 25:45-50, 2006.
11. 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* 10:236-40, 1994.
12. Nakajima M, Kanemura N, Pereira PN, Tagami J, Pashley DH. Comparative microtensile bond strength and SEM analysis of bonding to wet and dry dentin. *Am J Dent* 13:324-8, 2000.
13. Frankenberger R, Perdigao J, Rosa BT, Lopes M. "No-bottle" vs "multi-bottle" dentin adhesives: a microtensile bond strength and morphological study. *Dent Mater* 17:373-80, 2001.
14. Yoshikawa T, Sano H, Burrow MF, Tagami J, Pashley DH. Effects of dentin depth and cavity configuration on bond strength. *J Dent Res* 78:898-905, 1999.
15. Mallmann A, Soares FZM, Placido E, Ferrari M, Cardoso PEC. Microtensile dentin bond strength of self-etching and single-bottle adhesive systems in different cavity configurations. *J Adhes Dent* 5:121-7, 2003.
16. 김보경. 와동의 형태가 상아질과 복합레진 사이의 결합력에 미치는 영향. 석사 학위 논문, 연세대학교 대학원, 서울, 2007.
17. Suzuki T, Finger WJ. Dentin adhesives: site of dentin vs. bonding of composite resins. *Dent Mater* 4:379-83, 1988.
18. Burrow MF, Takakura H, Nakajima M, Inai N, Tagami J, Takatsu T. The influence of age and depth of dentin

- on bonding. *Dent Mater* 10:241-6, 1994.
19. Inoue T, Takahashi H, Nishimura F. Anisotropy of tensile strengths of bovine dentin regarding dentinal tubule orientation and location. *Dent Mater* 21:32-43, 2002.
20. Perinka L, Sano H, Hosoda H. Dentin thickness, hardness and Ca-concentration vs. bond strength of dentin adhesives. *Dent Mater* 8:229-33, 1992.
21. Phrukkanon S, Burrow MF, Tyas MJ. The effect of dentine location and tubule orientation on the bond strengths between resin and dentine. *J Dent* 27:265-74, 1999.
22. Prati C, Pashley DH. Dentin wetness, permeability and thickness and bond strength of adhesive systems. *Am J Dent* 5:33-8, 1992.
23. Tagami J, Tao L, Pashley DH. Correlation among dentin depth, permeability and bond strength of adhesive resins. *Dent Mater* 6:45-50, 1990.
24. Choi KK, Ferracane JL, Ryu GJ, Choi SM, Lee MJ, Park SJ. Effects of cavity configuration on composite restoration. *Oper Dent* 29:462-9, 2004.
25. Ruttermann S, Kruger S, Raab WH, Janda R. Polymerization shrinkage and hygroscopic expansion of contemporary posterior resin-based filling materials - a comparative study. *J Dent* 35:806-13, 2007.
26. Kishikawa R, Koiwa A, Chikawa H, Cho E, Inai N, Tagami J. Effect of cavity form on adhesion to cavity floor. *Am J Dent* 18:311-4, 2005.

국문초록

와동의 형태가 상아질과 복합레진 사이의 미세인장결합강도에 미치는 영향

김예미 · 박정원 · 이찬영 · 송윤정 · 서덕규 · 노병덕*

연세대학교 치과대학 보존학교실

이 실험의 목적은 동일한 깊이의 상아질에서 제 6세대의 self-etching system을 사용하여 C-factor가 상아질과 복합레진 사이의 미세인장결합강도에 미치는 영향을 알아보는 것이다.

건전한 대구치 80개를 선정하여 와동의 바닥면적은 각각 16 mm^2 로 동일하게 하고 깊이를 조절하여 C-factor가 각각 0.25, 2, 3, 4인 4개의 군으로 나누었다. 각 군별로 총 20개의 치아를 할당하였으며 접착제와 복합레진의 조합에 따라 다시 4개의 소군에 치아 5개씩을 배정하였다. 상아질 접착제는 AQ Bond Plus 또는 XenoⅢ를 사용하였고, 복합레진은 Fantasista 또는 Ceram-X mono를 사용하였다. 제조사의 지시대로 상아질 접착제를 도포한 후 60초간 광중합하였다. 24시간 동안 증류수에 보관 후 단면적이 $1.0 \times 1.0 \text{ mm}^2$ 인 복합레진-상아질 beam을 형성하여 1 mm/min 의 속도로 미세인장결합강도를 측정하였다.

One-way ANOVA와 Tukey test, 그리고 Pearson correlation test로 통계처리하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. XenoⅢ와 Ceram-X mono군에서는 C-factor가 증가할수록 미세인장결합강도가 유의하게 감소했으나 ($p < 0.05$), 나머지 재료군에서 C-factor군간에 미세인장결합강도의 유의한 차이가 없었다.
2. C-factor 3군에서는 AQ Bond Plus와 Fantasista군이 XenoⅢ와 Ceram-X mono군에 비해 높은 결합력을 보였으나 ($p < 0.05$), C-factor 0.25군, 2군, 4군에서 4가지 접착제와 수복 레진의 조합 간에 유의한 차이가 없었다.
3. Fantasista군에서 C-factor와 미세인장결합강도 사이에 일정한 상관관계를 발견할 수 없었고, Ceram-X mono군에서 C-factor가 증가할수록 미세인장결합강도가 감소하는 경향을 보였다 ($p < 0.05$).

이번 연구의 결과로 상아질의 깊이가 동일하고 6세대의 self-etching system을 사용하여 복합레진을 충전하는 경우 와동의 C-factor가 수복물의 미세인장결합강도에 크게 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

주요단어 : C-factor, 6세대 상아질 접착제, 미세인장결합강도, 수축 응력