2007년 2월 석사학위논문 1급 와동에서 복합레진과 상아질의 결합강도에 대한 중합방법의 효과 백 신 영

2007 2월
석사학위논문

# 1급 와동에서 상아질과 복합레진의 결합강도에 대한 중합방법의 효과


조선대학교 대학원

치 의 학 과

백 신 영

2007년 2월

석사학위 논문

# 1급 와동에서 상아질과 복합레진의 결합강도에 대한 중합방법의 효과

조선대학교 대학원

치 의 학 과

백 신 영

# 1급 와동에서 상아질과 복합레진의 결합강도에 대한 중합방법의 효과

The effect of different light curing modes on composite resin/dentin bond strength in Class I cavities

2007년 2월 일

조선대학교 대학원

치 의 학 과

백 신 영

# 1급 와동에서 상아질과 복합레진의 결합강도에 대한 중합방법의 효과

지도교수 조 영 곤

이 논문을 치의학 석사학위신청 논문으로 제출함.

2006년 10월 일

조선대학교 대학원

치 의 학 과

백 신 영

백신영의 석사학위논문을 인준함.

위원장 조선대학교 교수 김 병옥 인

위 원 조선대학교 교수 조 영곤 인

위 원 조선대학교 교수 오 상호 인

2006년 11월 30일

# 조선대학교 대학원

## 목 차

표목차 ····· ii
영문초록 ····· iii

Ⅰ. 서론 ····· 1

Ⅱ. 실험재료 및 방법 ····· 3

Ⅲ. 실험결과 ····· 7

Ⅳ. 총괄 및 고안 ····· 9

Ⅴ. 결론 ····· 12

참고문헌 ····· 13

# 표 목 차

Table 1. Group classification by light curing modes……4

Table2. Mean microtensile bond strength of each group……7

# 도 목 차

Figure 1. Specimen preparation for microtensile bond strength test……6

Figure 2. Microtensile bond strength to dentin in each group ……8

# ABSTRACT

## *The effect of different light curing modes on composite resin/dentin bond strength in Class I cavities*

Baek Shin-young
Advisor : Prof. Cho Young-Gon, D.D.S, MS.D.,Ph.D.
Department of Dentistry,
Graduate School of Chosun University

Despite the different light sources and polymerization techniques developed to eliminate polymerization shrinkage of composite resin, it still remains a problem. The polymerization shrinkage of composite resin creates contraction stresses that can distrupt the bond to preparation walls and margins. This *in vitro* study was designed to compare the effect of different curing modes on resin/dentin bond strength in Class I cavities.

Occlusal enamel was removed to expose a flat dentin surface and twenty box-shaped Class I cavities were prepared in dentin (4 ㎜ wide, 3 ㎜ long, 2 ㎜ deep). Single Bond (3M Dental product) was applied and Z 250 (A2 shade) was inserted using bulk technique. The composite was light-cured using one of four techniques; pulse delay (PD group), soft-start (SS group), pulse cure (PC group) and standard continuous cure (CC group). The light-curing unit that could adjust time and intensity (VIP, Bisco Dental product) was selected and the light energy density for all curing modes was fixed at 16 J/㎠. After storage for 24 hours, specimens were sectioned into beams with a rectangular cross-sectional

area of approximately 1 ㎟. Microtensile bond strength (μTBS) test was performed using a universal testing machine (EZ Test, Shimadzu Co.). The results were analyzed using one-way ANOVA and Tukey's test at significance level 0.05.

The results of this study were as follows;

1. The μTBS of PD group (18.7 ± 8.08 MPa) was significantly higher than that of PC group (13.9 ± 7.26 MPa) and CC group (14.1 ± 5.60 MPa) ($p < 0.05$).
2. The μTBS of SS group (17.0 ± 5.09 MPa) was higer than that of PC group and CC group , but there was not significantly different ($p > 0.05$).

Within the limitations of this *in vitro* study, modification of curing modes such as pulse delay and soft start polymerization can improve resin/dentin bond strength in Class I cavities by controlling polymerization velocity of composite resin.

# I. 서 론

복합레진은 심미적이고, 우수한 물리적 및 기계적 성질을 가지고 있어 전치와 구치의 수복을 위한 심미수복재로 널리 사용되고 있다. 재료의 개선에도 불구하고 복합레진의 중합 시 발생하는 수축은 초기에는 복합레진의 흐름성에 의해 보상될 수 있으나, 중합반응이 진행되어 교차결합이 형성되면서 재료의 흐름성 감소와 함께 수축응력이 발생된다. 겔화 이후에도 chain relaxation에 의해 약간의 응력완화가 가능하지만, 유리화 지점 (vitrification point)에 도달하게 되면 더 이상의 응력완화는 불가능하게 되어 응력이 급격히 증가하면서 변연파절과 미세누출을 일으켜, 술후과민증, 수복물 변연부의 변색, 재발성 우식증, 치수염증과 같은 임상적 실패를 야기한다[1-4].

복합레진 수복물의 중합수축은 적층법을 통한 충전[5]과 치아와 복합레진 계면에 저점도 이장재의 사용[6] 등으로 인해 감소시킬 수 있었다. 최근에는 중합수축을 감소시키기 위한 다양한 중합방법이 개발되었으며, 이러한 방법은 재료가 겔화 또는 유리화 지점 이전 단계에 머무는 시간을 증가시킴으로써 중합수축을 감소시킬 수 있다[7].

최근에 소개된 연성 중합방법 (soft-start polymerization)은 저강도로 광중합을 시작하여 고강도로 중합을 완성하는 방법으로, 복합레진이 겔화되는 속도를 늦춰서 수축응력을 천천히 일어나게 하여 복합레진의 흐름성에 의해 수축응력을 보상하기 위한 방법이다. 비슷한 원리로, 파동지연 중합방법 (pulse delay polymerization)은 수복물에 저강도의 빛을 조사한 후 잠시 기다린 다음, 더 높은 강도로 두 번째 파동중합을 더 오랫동안 수행하는 방법이다.

Hofmann 등[8]은 연성 중합방법을 사용하였을 경우 중합수축과 변연 미세누출이 감소되고 복합레진의 물성이 향상되었음을 보고하였고, Feilzer 등[9]은 연성 중합방법을 이용하여 중합을 개시한 경우 변연의 간극 (gap)을 줄여 변연 적합성을 증가시킬 수 있다고 하였다. Pfeifer 등[7]은 파동지연 중합방법과 지속 중합방법을 사용하여 2가지 종류의 복합레진의 중합수축을 평가한 결과 파동지연 중합방법은 전환율을 저해하지 않으면서 수축응력을 감소시킬 수

있다고 하였다. 그러나 Christiane 등[10]은 5급 와동에 복합레진을 충전한 후 연성 중합방법과 지속 중합방법을 사용하여 미세인장 결합강도를 비교한 결과, 두 방법간에 유의한 미세인장 결합강도 차이를 보이지 않았다고 하였다.

흔히 사용되는 광조사기는 대부분 제조사에 의해 중합모드가 지정되어 있거나 술자가 임의로 광강도와 광조사 시간을 조절할 수 없기 때문에, 광에너지 밀도 (광강도 x 광조사 시간)를 표준화하기 힘들다. Yap 등[11]은 중합과정은 광강도 자체보다는 광에너지 밀도에 더 의존적이라고 하였으며, Halvorson 등[12]도 복합레진의 물성과 전환율은 전체 광에너지 밀도와 관련이 있다고 하였다. 따라서, 상이한 중합방법간의 차이를 평가하기 위해서는 광에너지 밀도의 표준화가 필수적이다. Bouillaguet 등[13]은 평면에서는 C-factor의 유해한 효과가 상쇄됨으로써 결합강도가 과측정될 수 있다고 하였다. 따라서 수축응력과 결합강도에 대한 중합방법의 영향을 비교하기 위해서는 복합레진의 흐름성이 제한되는 와동에서의 평가가 필요하다.

이 연구의 목적은 광강도와 광조사 시간을 임의로 조절할 수 있는 할로겐 광조사기를 이용하여 표준화된 에너지 밀도로 1급 복합레진 수복물을 중합한 후 4가지 상이한 중합방법에 따른 상아질과 복합레진간의 미세인장 결합강도의 차이를 비교 평가하기 위함이다.

# Ⅱ. 실험재료 및 방법

## 1. 실험재료

우식병소, 수복물 및 미세균열이 없는 최근에 발거된 상·하악 대구치 20개를 실험치아로 사용하였다. 단일병 접착제인 Single Bond와 복합레진으로 A2 색조의 Z 250 (3M Dental Product, St. Paul, MN, USA)을 사용하였다.

광조사기로는 광강도와 조사 시간을 조절할 수 있는 VIP (BISCO Dental Product, Schaumburg, IL, USA)를 사용하였다.

## 2. 실험방법

발거된 상·하악 대구치를 선택하여 치아의 표면에 부착된 연조직과 무기물을 scaler를 이용하여 제거한 후, 실험 직전까지 생리식염수에 보관하였다.

(1) 시편의 초기제작

각 치아는 치과용 경석고를 이용하여 혈액 채취용 CBC 병 (Sewon Yanghang, Busan, Korea)에 치관의 백악법랑 경계부까지 노출되도록 매몰하였다. 경석고가 경화된 후, 편평한 상아질면을 얻기 위해 주수하에 저속의 Diamond Wheel Saw (Isomet, Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, USA)를 이용하여 치아장축에 직각으로 교합면에서 가장 깊은 구의 직하방까지의 법랑질을 제거하여 상아질 표면을 노출시켰다.

(2) 와동형성과 군 분류

교합면측의 노출된 상아질에 고속 엔진용 559번 bur를 이용하여 1급 와동을 형성하였다. 와동의 크기는 근원심 폭경 4 ㎜, 협설면 폭경 3㎜, 와동의 깊이는 2 ㎜로 하였으며, 모든 변연은 치아의 외면에 90도가 되도록 형성하였다. 와동형성 시 치수각이 노출된 치아는 시편에서 제외하였다.

와동을 형성한 20개의 치아는 무작위로 5개씩 선택하여 사용될 중합방법에 따라 4군으로 분류하였다. 광강도와 조사시간의 조절이 가능한 VIP 할로겐 광중합기를 사용하여 파동지연 중합방법으로 광중합한 군 (PD 군), 연성 중합방법으로 광중합한 군 (SS 군), 파동 중합방법으로 광중합한 군 (PC 군), 지속 중합방법으로 광중합한 군 (CC 군)으로 분류하였다. 각 군의 에너지 밀도는 모두 16 J/㎠로 표준화하였다 (table 1).

Table 1. Group classification by light curing modes

| Group | Curing mode | Light energy density |
|---|---|---|
| Pulse Delay (PD) | 100 ㎽/㎠ (10s) → Delay (3min) → 500 ㎽/㎠ (30s) | 16 J/㎠ |
| Soft Start (SS) | 200 ㎽/㎠ (20s) → 600 ㎽/㎠ (20s) | 16 J/㎠ |
| Pulse Cure (PC) | 400 ㎽/㎠ (20s) → Delay (20s) → 400 ㎽/㎠ (20s) | 16 J/㎠ |
| Continuous Cure (CC) | 400 ㎽/㎠ (40s) | 16 J/㎠ |

각 와동은 접착제를 도포하기 전에 air-water 시린지로 깨끗이 세척하고 air 시린지로 건조하였다. 32% 인산 (Unietch, Bisco Inc., Schaumbur, IL, USA)으로 15초간 산부식 처리하고 10초간 수세하였다. 상아질 표면에 있는 과잉의 수분을 면구로 제거한 후, microbrush에 Single Bond를 충분히 적셔 상아질 표면에 연속적으로 2회 도포하였다. 공기시린지로 2-5초간 가볍게 불어 건조한 후, 400 ㎽/㎠로 10초간 광중합하였다. A2 색조의 Z 250을 와동의 변연보다 약간 과충전하고 치아의 외형에 맞게 성형한 후 각 군의 방법에 따라 광조사하였다.

PD 군은 Z 250을 100 ㎽/㎠로 10초간 광조사하고 3분간 지연한 후 500 ㎽/㎠로 30초간 광조사하였다. SS 군은 Z 250을 200 ㎽/㎠로 20초간 광조사한 후 600 ㎽/㎠로 20초간 광조사하였다. PC 군은 Z 250을 400 ㎽/$cm^2$로 20초간 광조사하고 20초간 지연한 후 400 ㎽/㎠로 20초간 광조사하였다. CC 군은 Z 250을 400 ㎽/㎠로 40초간 광조사하였다 (table 1).

(3) 미세인장 결합강도 검사를 위한 시편제작

치아가 매몰된 CBC병을 Diamond Wheel Saw에 장착하고, digital caliper (Mitutoyo Corp., Kawasaki, Japan)를 이용하여 1 ㎜ 간격으로 조정한 후 교합면에 평행이 되도록 절단하였다. 각 절단된 시편을 홈이 길게 파진 레진블록에 순간접착제를 사용하여 접착하였다. 레진블록을 Diamond Wheel Saw에 장착하고 digital caliper를 이용하여 다시 1 ㎜ 간격으로 접착계면에 직각이 되도록 절단하여, 상아질과 복합레진 계면의 단면적이 1 ㎟인 막대 모양 (beam)이 되도록 제작하였다 (figure 1).

미세인장 결합강도를 측정하기 위하여 각 시편을 testing apparatus에 위치시키고 시편의 양쪽 끝을 cyanoacrylate adhesive (ALTECO Korea Inc., Pyungtaek-City, Korea)로 접착하였다. Universal testing machine (EZ test, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)을 이용하여 상아질과 복합레진의 접착계면이 파절될 때까지 분당 1.0 ㎜ crosshead speed로 인장하중을 가하였다.

3. 통계분석

중합방법에 따른 각 군의 미세인장 결합강도에 대한 유의성 검증은 통계분석 프로그램인 SPSS (ver. 10.1)에서 one-way ANOVA를 이용하여 비교 분석하였으며, 사후검정은 Tukey 검정을 이용하여 $p=0.05$ 유의수준에서 분석하였다.

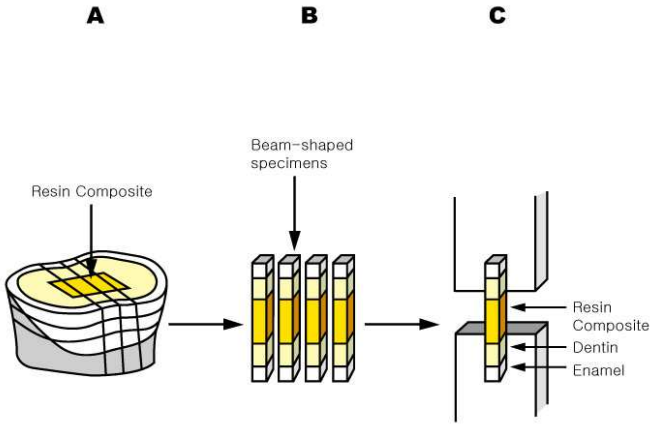



Fig. 1. Specimen preparation for microtensile bond strength

# Ⅲ. 실험결과

각 군의 상아질에 대한 미세인장 결합강도의 평균치와 표준편차는 table 2에 표시하였으며, figure 2는 이를 그래프로 나타낸 것이다.

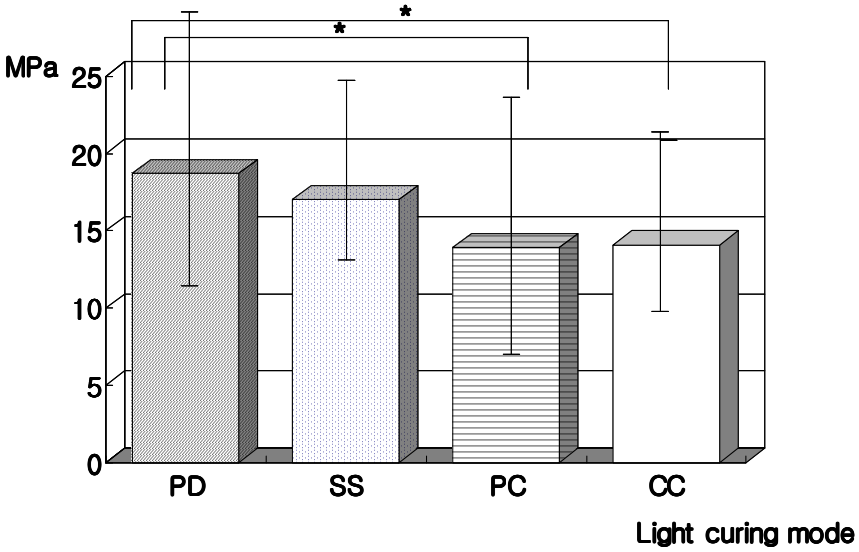
각 군의 상아질에 대한 미세인장 결합강도는 PD 군에서 18.7 ± 8.08 MPa,, SS 군에서 17.0 ± 5.09 MPa, PC 군에서 13.9 ± 7.26 MPa, CC 군에서 14.1± 5.60 MPa를 나타내어 PD 군이 가장 높은 결합강도를 나타내고 PC 군에서 가장 낮게 나타났다 (table 2).

각 군의 미세인장 결합강도를 상호비교한 결과, PD 군은 PC 군과 CC 군보다 통계학적으로 높은 인장강도를 나타냈으며 ($p < 0.05$), SS 군은 PC 군, CC 군보다 높은 인장강도를 나타냈으나 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다 ($p > 0.05$).

Table 2. Mean microtensile bond strength of each group

| Group | μTBS(mean ± SD) |
|---|---|
| Pulse delay (PD) | 18.7 ± 8.08 MPa$^{a}$ |
| Soft start (SS) | 17.0 ± 5.09 MPa$^{ab}$ |
| Pulse cure (PC) | 13.9 ± 7.26 MPa$^{b}$ |
| Continuous cure (CC) | 14.1 ± 5.60 MPa$^{b}$ |

Superscripts of the other letter indicate values of statistical significant difference ($p < 0.05$, Tukey test)




∗ indicates statiscally significant difference ($p < 0.05$)

PD: pulse delay SS: soft start

PC: pulse cure CC: continuous cure

Fig 2. Microtensile bond strength to dentin in each group

# IV. 총괄 및 고안

접착 수복물에서 상아질에 대한 접착제의 결합강도는 재료가 중합되는 동안 발생하는 수축과 서로 경쟁적으로 작용하게 된다. 복합레진이 치질과 잘 접착되면 중합 시 수축은 결합계면에서 수축응력으로 나타난다. 수축응력의 정도, 치아와 접착시스템간의 결합강도에 따라 탈락 (debonding), 교두의 휨현상, crack과 같은 임상적 문제를 야기할 수 있다[14,15]. 특히, box-shape와 같이 높은 C-factor를 가지는 와동에서 복합레진과 치질간에 형성된 중합수축은 접착면을 파괴할 수 있다[13].

이러한 중합수축을 개선하기 위해서 여러 방법들이 소개되었다. 복합레진 수복 시 수복물과 치질 사이에 흐름성을 가지는 이장재/기저재를 적용하여 결합계면에서 발생하는 수축응력을 분산 및 흡수시키기 위한 방법이 연구되었다. C-factor가 큰 와동에서는 적층충전을 통해 재료의 중합수축 시 변연부를 개방시킴으로써 중합수축을 완화시키려는 방법도 소개되었다[16]. 또한, 최근에는 중합방법 즉, 광강도와 광조사 시간을 변화시켜 중합속도를 조절함으로써 중합수축을 감소시키려는 연구가 진행되었다. 이러한 방법에는 저강도로 시작하여 고강도로 중합을 완성하는 연성 중합방법 (soft-start polymerization)과 짧은 파동의 에너지를 적용하는 파동 중합방법 (pulse activation) 및 이들을 혼합하여 사용하는 방법 등이 있다[17].

복합레진의 중합수축을 평가하는 방법은 다양하지만 이 연구에서는 상이한 중합방법에 따른 상아질에 대한 접착시스템의 결합력을 측정하기 위해 미세인장 결합강도를 평가하였다. 이 연구에서는 낮은 C-factor를 갖는 평면에서는 결합강도가 과측정[13]될 수 있으므로 box-shape의 1급 와동을 형성하였고, 에너지 밀도를 표준화한 서로 다른 4종의 중합방법을 이용하여 실험을 시행하였다.

일반적으로 미세인장 결합강도 측정 시 제작되는 여러개의 시편은 광범위한 범위의 결합강도를 나타내며[18,19], 이는 표본의 준비과정, 재료의 성질, 접착

기질의 이질성 또는 술식민감성 등에 의해 영향을 받을 수 있다[18].

이 연구에서 PD 군의 미세인장 결합강도는 PC 군과 CC 군보다 유의하게 높게 나타났다 ($p < 0.05$) (table 2, figure 2). Pfeifer 등[7]은 유사한 광에너지 밀도를 가질 경우, 초기조사 3분 후 최종 강도를 적용하여 파동 중합방법을 시행한 군이 지속 중합방법을 시행한 군보다 유의하게 낮은 중합수축을 나타냈다고 보고하였다.

중합방법에 관계없이 복합레진은 광원을 제거한 후에도 계속해서 수축한다. 이는 복합레진의 후중합 (post curing)에 기여하고, 광원제거 10분 후 약 75%의 중합이 일어나며, 적어도 24시간 후까지 지속된다[20]. 이 연구에서 PD 군이 PC 군과 CC 군의 결합강도보다 높게 나타난 이유는 초기 광조사 후 3분간의 지연시간으로 인하여 레진의 흐름성과 chain relaxation의 가능성이 높아졌기 때문으로 사료된다[21,22]. Bouschlicher 등[23]은 천천히 중합을 개시할 경우 중합체 성장중심(growth center)이 적게 형성되며, 반응속도가 감소됨으로써 유리화 이전 단계에서 복합레진의 흐름성에 의해 중합수축이 감소할 수 있는 가능성이 증가한다고 하였다. 또한 Chye 등[17]도 파동지연 중합방법을 이용한 경우 동일한 광에너지 밀도를 가진 지속 중합방법과 파동 중합방법을 이용한 군보다 유의하게 낮은 중합수축을 보고하였다. 일부에서는 파동지연 중합 시 중합수축의 감소는 낮은 전환율이 원인일 것이라고 하였으나, Lim 등[22]은 파동지연 중합방법을 사용한 군의 전환율은 지속 중합방법를 적용한 군과 비교시 유의한 차이가 없음을 보고하였다.

이 연구의 SS 군은 CC 군과 PC 군보다 높은 미세인장 결합강도를 보였지만 군 간에 통계학적인 차이는 없었다 ($p > 0.05$). 이러한 결과는 할로겐 광조사기를 이용한 연성 중합방법과 지속 중합방법에서 통계학적인 결합강도의 차이가 없었다는 Cristiane 등[10]의 연구 결과와 일치한다.

Santos 등[24]은 1급 복합레진에서 초기 광강도를 150, 200, 250, 300 ㎽/㎠로 하고 5초간 지연한 후 740 mW/㎠로 최종 광조사하여 연성중합한 경우와 740 ㎽/㎠로 40초간 지속 중합할 경우 초기 광강도에 따른 결합강도를 비교한 결과, 200 ㎽/㎠와 250 ㎽/㎠의 초기 광강도를 사용하여 연성중합을 하였

을 때 동일한 광에너지 밀도로 지속 중합한 경우보다 유의하게 높은 결합강도를 가진다고 하였다. 이러한 결과는 200 ㎽/㎠의 초기 광강도로 연성 중합방법을 시행한 SS 군의 결합강도가 CC 군의 결합강도와 유의한 차이를 나타내지 않은 이 연구의 결과와는 다르게 나타났다. 이는 지속 중합방법을 이용할 경우 이 연구에서는 400 ㎽/㎠ 광강도를 이용한 반면, 그들의 실험에서는 740 ㎽/㎠의 다소 높은 광강도를 사용함으로써 급속한 중합수축에 의한 접착면의 파괴로 인하여 낮은 결합강도를 나타내었기 때문으로 생각된다[14,25,26].

광강도와 광조사 시간을 변화시켜 중합속도를 조절할 경우, 초기 저강도 조사는 최종적으로 고강도에 의해 중합이 완성되어야 하는데[11], 이는 최적의 기계적, 물리적 성질을 보장하고 부적절하게 중합된 재료의 세포독성으로 인해 야기될 수 있는 임상적 문제점을 예방하기 위해서다[27].

이 연구에서 할로겐을 이용한 중합방법에 따른 1급 와동에서의 미세인장 결합강도를 비교한 결과 파동지연 중합방법과 연성 중합방법을 이용한 군에서 높은 결합강도가 관찰되었다. 다양한 중합방법의 광에너지 밀도가 동일 (16 J/㎠)하기 때문에 미세인장 결합강도의 차이는 이용된 중합방법과 관련될 수 있다. 그러나, 이 연구에서는 단일종의 접착제와 복합레진만을 사용하였으며 복합레진에 따라 다양한 단량체의 혼합, 필러 함량, 광개시제의 농도 등이 중합양상에 영향을 미칠 수 있다. Pfeifer 등[7]은 파동지연 중합 시 응력의 완화는 복합레진의 특성과 관련이 있다고 하였고, Cristiane 등[10]은 중합방법보다 사용된 재료가 접착에 있어 결정적인 요소라고 하였다. 따라서 다양한 접착제와 복합레진을 통한 비교 연구가 계속적으로 진행되어야 할 것으로 사료된다.

이 연구의 결과를 요약하면, 1급 수복물에서 파동지연 중합방법을 적용한 군의 미세인장 결합강도는 파동 중합방법군과 지속 중합방법군보다 통계학적으로 유의성있게 높게 나타났고, 연성 중합방법군의 결합강도는 파동 중합방법군과 지속 중합방법군보다 높게 나타났으나 통계학적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 따라서, 1급 복합레진 수복물을 중합할 때 파동지연 중합방법과 연성 중합방법을 사용하여 중합속도를 적절히 조절함으로써 복합레진과 상아질간의 결합강도를 개선시킬 수 있을 것으로 생각된다.

# V. 결 론

이 연구는 1급 복합레진 수복물에서 할로겐 광조사기를 이용한 4가지 중합방법이 상아질의 결합강도에 미치는 효과를 알아보기 위하여 시행하였다.

발거된 상·하악 대구치 20개의 교합면측 법랑질을 Diamond Wheel Saw를 이용하여 제거한 후 상아질로 구성된 1급 와동을 형성하였다. 복합레진의 중합방법에 따라 PD (파동지연 중합방법) 군, SS (연성 중합방법) 군, PC (파동 중합방법) 군, CC (지속 중합방법) 군의 4개 군으로 분류하고, Z 250 복합레진을 각 군의 와동에 충전한 후 중합방법에 따라서 광조사하였다.

각 군의 시편을 실온의 증류수에 24시간 동안 보관한 후, 주수하에 Diamond Wheel Saw를 이용하여 접착계면의 단면적이 1 ㎟가 되도록 절단하여 막대모양의 시편을 제작하였고, 각 군당 20개의 시편을 사용하여 미세인장 결합강도를 측정하였다. 각 군의 결합강도에 대한 유의성 검증은 one-way ANOVA를 이용하여 비교 분석하였으며, 사후검정은 Tukey test를 이용하여 $p=0.05$ 유의수준에서 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. PD 군은 PC 군과 CC 군보다 통계학적으로 더 높은 미세인장 결합강도를 나타내었다 ($p < 0.05$).
2. SS 군의 미세인장 결합강도는 PC 군과 CC 군보다 높게 나타났으나, 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다 ($p > 0.05$).

결론적으로, 1급 복합레진 수복물을 중합할 때 파동지연 중합방법과 연성 중합방법을 사용하여 중합속도를 조절함으로써 상아질과 복합레진의 결합강도를 개선할 수 있을 것으로 생각된다.

# 참고문헌


1. Lu H, Stansbury JW, Bowman CN. Towards the elucidation of shrinkage stress development and relaxation in dental composites. *Dent Mater* 20(10):979-986.
2. Davidson CL, Feilzer AJ. The competition between the composite-dentine bond strength and the polymerization contraction. *J Dent Res* 63:1396-1399, 1984.
3. Munro GA, Hilton TJ, Hermesch CB. In vitro microleakage of etched and rebonded class 5 composite resin restorations. *Oper Dent* 21:203-208, 1996.
4. Ramos RP, Chimello DT, Chinelatti MA, Dibb, RGP, Mondelli J. Effect of three surface sealants on marginal sealing of class V composite resin restorations. *Oper Dent* 25:448-453, 2000.
5. Uno S, Shimokobe H. Contraction stress and marginal adaptation of composite restoration in dentinal cavity. *Dent Mater* 13:19-24.
6. Labella L, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Vanherle G. Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composites and filled adhesives. *Dent Mater* 15:128-137.
7. Pfeifer CSC, Braga RR, Ferracane JL. Pulse-delay curing: influence of initial irradiance and delay time on shrinkage stress and microhardness of restorative composites. *Oper Dent* 31(5):610-615, 2006.
8. Hofmann N, Dnner W, Hugo B, Klaiber B. The influence of plasma arc vs halogen standard or soft-start irradiation on polymerization shrinkage kinetics of polymer matrix composites. *J Dent* 31(6):383-393.
9. Feilzer AJ, Dooren LH, de Gee AJ, Davidson CL. Influence of light intensity on polymerization shrinkage and inegrity of restoration-cavity interface. *Eur J Oral Sci* 103:322-326, 1995.
10. Cristiane MA, Alessandra RP, Glaucia MBA, Edward JS, Luiz AFP. The effect of light-curing source and mode on microtensile bond strength to bovine dentin. *J Adhes Dent* 8(1):41-45, 2006.
11. Yap AU, Ng SC, Siow KS. Soft start polymerization: influence on

effectiveness of cure and post-gel shrinkage. *Oper Dent* 26(3):260-266.
12. Halvorson RH, Erickson RL & Davidson CL. Energy dependent polymerization of resin-based composite. *Dent Mater* 18(6):463-469.
13. Bouillaguet S, Ciucchi B, Jacoby T, Wataha JC, Pashley D. Bonding characteristics to dentin walls of Class II cavities, in vitro. *Dent Mater* 17:316-321.
14. Uno S, Amussen E. Marginal adaptation of a restorative resin polymerized at reduced rate. *J Dent Res* 99(5):309-319.
15. Irie M, Suzuki K, Watts DC. Marginal gap formation of light activated restorative bond strength. *Dent Mater* 18(3):203-210.
16. Kemp-Scholte CM, Davidson CL. Complete marginal seal of Class V resin composite restorations effected by increased flexibility. *J Dent Res* 69(6):1240-1243.
17. Chye CH, Yap AUJ, Laim YC, Soh MS. Post-gel polymerization shrinkage associated with different light curing regimens. *Oper Dent* 30(4):474-480, 2005.
18. Shono Y, Ogawa T, Terashita M, Carvalho Rm, Pashley EL, Pashley DH. Regional measurement of resin-dentin bonding as an array. *J Dent Res* 78:699-705, 1999.
19. Shono Y, Terashita M, Pashley EL. Effect of cross sectional area on resin-enamel tensile bond strength. *Dent Mater* 13:290-296, 1997
20. O′ Brien WJ. Dental materials and their selection. *Quint. Int* 97-114, 1997.
21. Kanca J 3rd, Suh BI. Pulse-activation: Reducing resin-based composite contraction stresses at the enamel cavosurface margins. *Am J Dent* 12(3):107-112.
22. Lim BS, Ferracane JL, Sakaguchi RL, Condon JR. Reduction of polymerization contraction stress for dental composites by two-step light-activation. *Dent Mater* 18(6):436-333.
23. Bouschlicher MR, Rueggeberg FA, Boyer DB. Effect of stepped light intensity on polymerization force and conversion in a photoactivated composite. *J Dent Res* 12(1):23-32.

24. Santos AJS, Sarmento CF, Abuabara A, Auiar FHB, Lovadino JR. Step-cure polymerization: effect of initial light intensity on resin/dentin bond strength in Class I cavities. *Oper Dent* 31(3):324-331, 2006.
25. Brackett WW, Haisch LD, Covey DA. Effect of plasma arc curing on the microleakage of Class V resin-based composite restorations. *Am J Dent* 13(3):121-122.
26. Mehl A, Hickel R, Kunzelmann KH. Physical properties and gap formation of light-cured composites with and without "softstart-polymerization" *J Dent* 25(3-4):321-330.
27. Caughman WF, Caughman GB, Shiflett RA, Rueggeberg F, Schuster GS. Correlation of cytotoxicity, filler loading and curing time of dental composites. *Biomaterials* 12(8):737-740.

# 저작물 이용 허락서

| 학 과 | 치의학과 | 학 번 | 20057228 | 과 정 | 석사 |
|---|---|---|---|---|---|
| 성 명 | 한글: 백 신 영 한문 : 白 新 英 영문 :Baek, Shin-young | | | | |
| 주 소 | 광주광역시 동구 서석동 421 조대부속치과병원 보존과 | | | | |
| 연락처 | 016-594-8936 | E-MAIL | vaccine78@hanmail.net | | |
| 논문제목 | 한글: 1급 와동에서 상아질과 복합레진의 결합강도에 대한 중합방법의 효과 | | | | |
| | 영어: The effect of light curing modes on resin/dentin bond strength in Class I cavities | | | | |

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집・형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포・전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사 표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음
7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송・출력을 허락함.

**동의여부 : 동의( o ) 반대( )**

2006 년 11 월 일

저작자: 백 신 영 (서명 또는 인)

## 조선대학교 총장 귀하