

Layering시 복합레진 층간의 계면 결합에서 oxygen inhibition layer가 필수적인가?

김선영 · 조병훈 · 백승호 · 이인복*
서울대학교 치의학대학원 치과보존학교실

ABSTRACT

IS AN OXYGEN INHIBITION LAYER ESSENTIAL FOR THE INTERFACIAL BONDING BETWEEN RESIN COMPOSITE LAYERS?

Sun-Young Kim, Byeong-Hoon Cho, Seung-Ho Baek, In-Bog Lee*
Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Seoul National University

This study was aimed to investigate whether an oxygen inhibition layer (OIL) is essential for the interfacial bonding between resin composite layers or not.

A composite (Z-250, 3M ESPE) was filled in two layers using two aluminum plate molds with a hole of 3.7 mm diameter. The surface of first layer of cured composite was prepared by one of five methods as followings, thereafter second layer of composite was filled and cured: Group 1 - OIL is allowed to remain on the surface of cured composite; Group 2 - OIL was removed by rubbing with acetone-soaked cotton; Group 3 - formation of the OIL was inhibited using a Mylar strip; Group 4 - OIL was covered with glycerin and light-cured; Group 5 (control) - composite was bulk-filled in a layer. The interfacial shear bond strength between two layers was tested and the fracture modes were observed. To investigate the propagation of polymerization reaction from active area having a photo-initiator to inactive area without the initiator, a flowable composite (Aelite Flow) or an adhesive resin (Adhesive of ScotchBond Multipurpose) was placed over an experimental composite (Exp_Com) which does not include a photoinitiator and light-cured. After sectioning the specimen, the cured thickness of the Exp_Com was measured.

The bond strength of group 2, 3 and 4 did not show statistically significant difference with group 1. Groups 3 and 4 were not statistically significant different with control group 5. The cured thicknesses of Exp_Com under the flowable resin and adhesive resin were 20.95 (0.90) um and 42.13 (2.09), respectively. [J Kor Acad Cons Dent 33(4):405-412, 2008]

Key words: Oxygen inhibition layer, Interfacial bonding, Resin composite, Flowable composite, Adhesive resin, Cured thickness

- Received 2008.6.4., revised 2008.7.4., accepted 2008.7.8.-

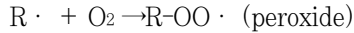
* Corresponding Author: In-Bog Lee

Dept. of Conservative Dentistry,
School of Dentistry, Seoul National University
275-1 Yeongeon-Dong, Jongno-Gu, Seoul, 110-768, Korea
Tel: 82-2-2072-3953 Fax: 82-2-2072-3859
E-mail: inboglee@snu.ac.kr

I . 서 론

치과임상에서 사용되는 수복용 복합레진과 접착레진의 중합과정은 대부분 광개시제에 의한 자유라디칼의 생성에 따른 연쇄 중합반응 (chain polymerization)이다. 광조사

기에 의해 광개시제가 활성화되면 자유라디칼이 발생하며, 이 자유라디칼이 단량체들의 이중결합과 반응해서 단일결합으로 연결된 고분자사슬을 형성한다. 자유라디칼에 의한 연쇄반응이 일어나는 동안 산소와 접촉을 하면 자유라디칼이 상대적으로 반응성이 떨어지는 페록사이드라고 하는 안정화된 라디칼로 변하게 된다¹⁾.



이 안정화된 라디칼은 단량체의 이중결합에 대해서 낮은 반응성을 가지므로, 반응의 개시효율이 떨어지며 결과적으로 중합을 늦추거나 방해하게 된다. 또한 산소는 광개시제의 흥분상태를 감소시키는 (quenching) 효과를 발휘함으로써 중합반응의 초기단계를 제한하게 된다. 이러한 기전에 의해 생성되는 oxygen inhibition layer (OIL)의 정도는 레진의 점도, 개시제의 종류와 농도, 중합온도 등에 따라 영향을 받는다고 알려져 있다²⁾.

OIL는 복합레진을 적층 충전하는 경우 각 층마다 생기며 최종 중합된 복합레진의 표면에도 일정두께로 존재하게 된다. 또한 복합레진과 치질 사이에 접착제를 도포하고 광중합을 시행한 경우도 OIL이 산소가 접촉하는 접착제 상부에 존재하게 되어 중합된 접착제층을 더욱 얇게 하는 효과가 있다. 복합레진의 수복과정에서 항상 생기는 OIL에 대한 연구는 현재까지 활발하게 이뤄지지 않았으며, OIL가 접착제의 상부에 놓이게 되는 복합레진과의 결합에 유리하게 작용하는지 불리하게 작용하는지에 대해서도 확정된 결론

이 없이 논란을 거듭해오고 있다. Truffier-Boutry 등³⁾과 Velazquez 등⁴⁾은 OIL가 개재된 경우가 OIL를 제거하고 접착한 경우보다 높은 계면 결합강도를 보인다고 보고한 반면, Kupiec 등⁵⁾, Suh 등⁶⁾, Dall'Oca 등⁷⁾, Finger 등⁸⁾의 연구에서는 통계적으로 유의성 있는 차이를 발견하지 못했다. 한편 Rueggeberg 등⁹⁾, Eliades 등¹⁰⁾, Lewis 등¹¹⁾의 연구에서는 OIL가 복합레진 층간의 결합강도에 불리하게 작용하였다고 보고하였다.

현재까지 이루어진 대부분의 연구는 OIL의 유무에 따른 복합레진 층간의 계면결합강도 차이를 단순 비교하였다. 본 연구에서는 여러가지 계면조건을 통틀어서 복합레진 층간의 결합강도에 OIL가 미치는 영향을 알아보고, OIL와 같이 중합개시제가 결여된 층이 존재할 경우 중합확산에 의한 복합레진층의 결합기전에 대해 고찰해보았다.

Ⅱ. 실험재료 및 방법

1. 복합레진 층간의 계면 전단결합강도 측정

Layering시 복합레진 층간의 전단결합강도 측정을 위해서 가로 × 세로 × 두께가 16 × 28 × 2.5 mm인 알루미늄 판에 지름 3.7 mm의 구멍을 형성하여 몰드를 제작하였다. 두 개의 몰드를 Figure 1과 같이 배열하여 다음과 같은 방법으로 복합레진을 충전 후 중합시켰다.

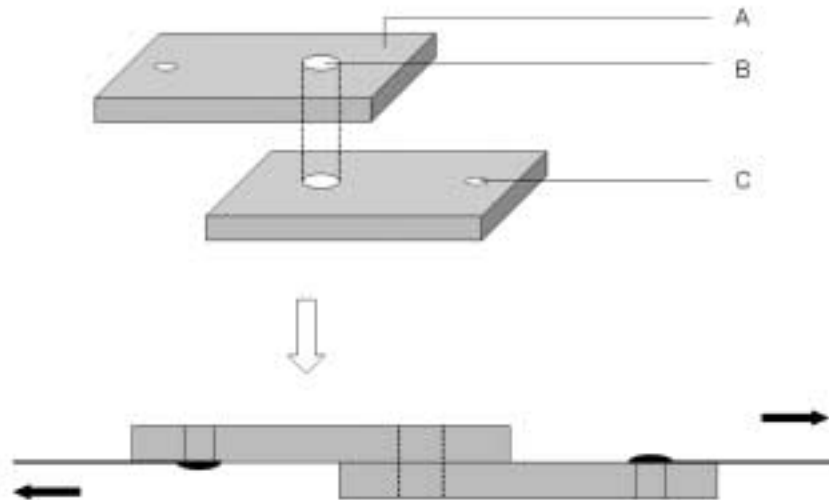


Figure 1. Arrangements of two molds for testing the interfacial shear bond strength. A: aluminum mold, B: hole for composite (diameter = 3.7 mm), C: hole for mounting jig connecting to an universal testing machine.

1 군: 하층판에 복합레진을 충전하고 광중합 한 후, 상층판을 접합하고 레진을 충전하여 광중합을 하였다 (OIL를 남김).

2 군: 하층판에 복합레진을 충전하고 광중합 한 후 acetone에 적신 cotton으로 문질러서 OIL를 제거하고 상층판을 접합하여 복합레진을 충전하고 광중합을 하였다 (OIL를 제거).

3 군: 하층판에 복합레진을 충전하고 Mylar strip을 접합하여 공기와의 접촉을 막은 상태에서 광중합을 하였다. Mylar strip을 제거하고 상층판을 접합 후 복합레진을 충전하여 광중합을 하였다 (OIL형성을 억제).

4 군: 하층판에 복합레진을 충전하고 광중합 한 후 glycerin을 OIL 표면에 도포하고 다시 광중합하였다. 중합 후 표면의 glycerin은 물로 강하게 10 초 동안 씻어낸 다음 air로 10 초 동안 건조시켰다. 상층판을 접합하여 복합레진을 충전하고 광중합을 하였다 (OIL를 중합).

5 군 (대조군): 하층판과 상층판의 경계에 복합레진층의 계면이 위치하지 않도록 복합레진을 bulk 충전하였다 (계면형성 없이 bulk 충전한 복합레진).

복합레진은 Z-250 (3M ESPE, St. Paul, MN, USA)을 사용하였다. 1-4 군의 경우는 상층판과 하층판 각 층에 대하여 2 번에 걸쳐 적층 충전을 시행하였으며, 5 군의 경우는 상층판과 하층판의 구멍을 일치시킨 후 하층판과 상층판의 경계에 복합레진층의 계면이 위치하지 않도록 3 번에 걸쳐 적층 충전을 시행하였다. 1-4 군은 하층판의 2 번째 층을 복합레진으로 충전시키고 Mylar strip과 슬라이드 글라스를 이용하여 압착한 후 Mylar strip을 제거하고 홀 주변으로 빠져나온 과량의 복합레진을 제거한 후 광중합을 시행하였다. 3 군의 경우는 하층판 홀 주변의 복합레진을 제거한 후 Mylar strip을 재위치시킨 후 광중합을 시행하였다. 1-4 군에서 Mylar strip을 제거 시에는 복합레진이 탈러나오지 않고 표면의 조도가 변하지 않도록 하기 위해 순간적으로 Mylar strip을 제거하였다. 광중합은 LED 광중합기인 Elipar Freelight (3M ESPE, St. Paul, MN, USA)를 이용하여 모든 층의 복합레진에 대해서 40 초간 광조사를 하였고 강도는 600 mW/cm²였다. 4 군의 경우 glycerin을 도포 후 20 초 추가로 광조사 하였다. 각 군당 20 개의 시편을 제작하였다.

복합레진 충전을 한 각 시편을 100% 습도 하에서 24 시간 저장하였다. 24 시간 후 만능측정기 (Instron 4465, Canton, USA)로 상층판과 하층판 사이의 계면에서의 전단결합강도를 측정하였다. 파절면은 광학현미경을 통해 관찰하고 응집성 복합레진 파절과 접착성 계면파절로 분류하였다.

2. 계면을 통한 중합과정의 확산 두께 측정

중합개시제가 함유된 복합레진으로부터 개시제가 함유되지 않은 복합레진으로 중합반응이 전파될 수 있는지 여부를 알아보기 위해 다음과 같은 실험을 수행하였다. 실험 1에서 사용한 알루미늄 몰드를 이용하여, 중합개시제가 들어 있는 상용화된 복합레진과 중합개시제가 결여된 실험적 복합레진의 계면에서의 중합반응을 관찰하였다.

1) 중합 개시제가 함유되지 않은 복합레진 (Exp_Com)의 제조

실험용 복합레진의 기질로는 Bis-GMA (Aldrichi, Germany)와 TEGDMA (Aldrichi, Germany)의 단량체를 6 : 4의 비율로 혼합하여 제조하였다. 이 단량체 기질에 silane 처리과정을 거친 0.7 um의 Barium glass와 0.04 um silica 두 가지 무기 filler를 각각 65 wt %와 10 wt %를 혼합하였으며, inorganic pigment (산화철 III, Fe₂H₆O₃, Aldrichi, Germany)를 소량 첨가하여 청색의 복합레진 Exp_Com을 제조하였다. 광중합을 가능하게 하는 광개시제와 광중합제는 첨가하지 않았다.

2) 중합반응의 전파에 의한 Exp_Com 내로의 중합층의 두께측정

지름 3.7 mm의 실린더형 와동의 하부에 Exp_Com를 충전하고 표면을 Mylar strip을 이용하여 평탄하게 조절한 후 Mylar strip을 제거하였다. 상부에 flowable 복합레진 (Aelite Flow A2, Bisco, Schaumburg, IL, USA) 또는 접착레진 (Adhesive of ScotchBond Multipurpose, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA)을 도포하고 40 초 광중합하였다. 중합 후 몰드내의 미중합된 하부의 Exp_Com은 acetone bath에서 초음파를 이용하여 5 분간 제거하였다. Microbrush를 이용하여 Exp_Com이 더 이상 묻어 나오지 않는 것을 확인한 후, 와동의 빈 공간에 flowable 레진 (Aelite Flow, Bisco, Schaumburg, IL, USA)을 충전하고 광중합하였다. 경화된 복합레진 시편을 몰드에서 제거하여 low speed saw (Isomet, Buehler, IL, USA)를 이용하여 단면을 노출시켰다 (Figure 2). 중합된 Exp_Com의 층을 광학현미경(U-SDO, Olympus optical co., Ltd, Japan)을 이용하여 관찰하고, Tomoro ScopeEye 3.6.6 (SARAMSOFT Co., Ltd, Korea)를 이용하여 두께를 측정하였다. 각 군당 시편은 5 개였다.

3. 통계처리

계면처리에 따른 각 복합레진 군 간 계면 전단결합강도의

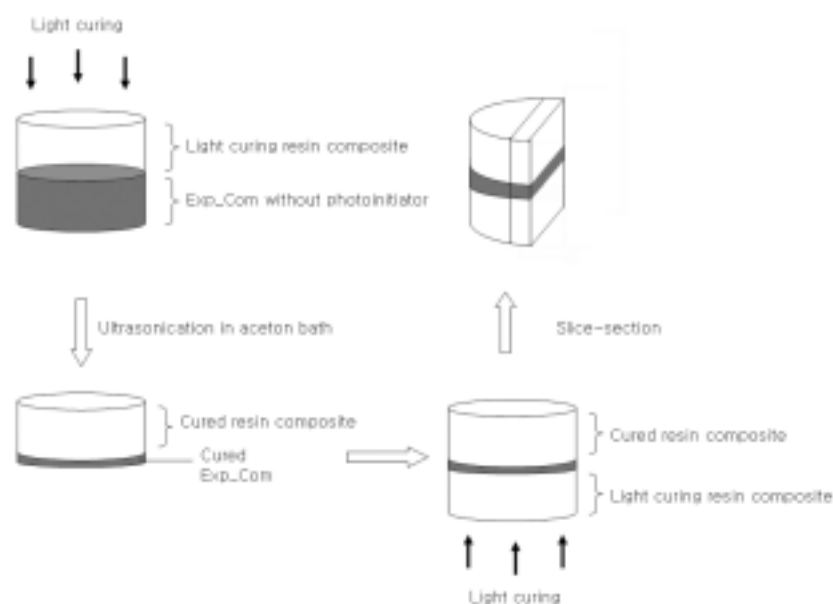


Figure 2. Specimen preparations for measuring the thickness of the interfacial polymerization propagation.

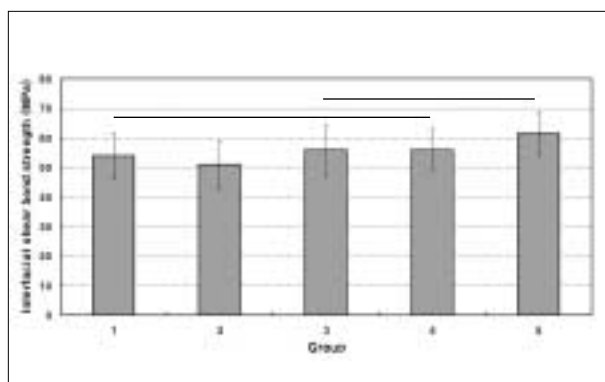


Figure 3. Interfacial shear bond strength between two resin composite layers according to the interfacial treatments. Group 1: remained oxygen inhibition layer at the interface, Group 2: removed oxygen inhibition layer with acetone, Group 3: inhibited the formation of oxygen inhibition layer by Mylar strip, Group 4: OIL was covered with glycerin and light-cured, Group 5: control group of bulk-filled composite. Groups within same bar did not show statistically significant differences.

차이는 One-Way ANOVA를 이용하여 분석하고 사후검정으로는 Bonferroni test를 시행하였다. 중합반응의 전파에 의한 계면중합층의 두께는 t-test를 이용하여 사용한 레진의 종류에 따라 차이가 있는 지 평가하였다. 통계분석은 SPSS 14.0을 사용하여 $p = 0.05$ 를 통계적 유의성의 판단 기준으로 삼았다.

Ⅲ. 결 과

1. 복합레진 층 간 계면 전단결합강도

각 군의 계면 전단결합 강도는 Figure 3과 같다. 측정된 1, 2, 3, 4, 5 군의 평균 계면전단결합강도는 각각 53.89 (7.75), 50.93 (8.32), 55.88 (8.59), 55.87 (7.1), 61.48 (7.37) MPa 였다. 1-4 군의 평균 계면 전단결합강도는 통계적으로 유의한 차이가 없었으며, 3, 4 군과 대조군인 5 군의 평균 계면전단결합강도 역시 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 각 군의 계면의 파절양상의 분포는 Figure 4와 같다.

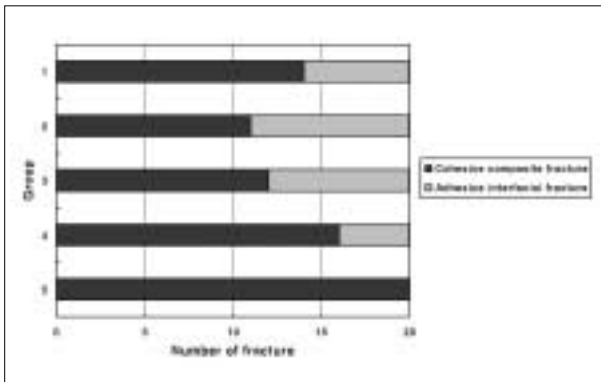


Figure 4. Distribution of the interfacial fracture modes according to the interfacial treatments (n = 20).

2. 중합 반응의 확산에 의한 Exp_Com 내의 중합층의 두께

접촉한 레진의 종류에 따른 Exp_Com 중합층의 단면과 측정된 두께는 Figure 5와 같다. 중합개시제가 포함되지 않은 Exp_Com의 중합층의 두께는 flowable 복합레진과 접촉한 군에서는 20.95 (0.90) μm 였고, 접착 레진과 접촉한 존재한 군에서는 42.13 (2.09) μm 으로 훨씬 두꺼운 중합층을 보였다 ($p < 0.001$).

IV. 총괄 및 고찰

광중합기의 중합 깊이의 한계를 극복하고, 중합률을 높이며 복합레진의 중합수축 응력을 낮추기 위해 복합레진의 적층 충전이 임상에서 일반적으로 행해지고 있으나, 각 복합레진 층간의 결합기전에 대해서는 잘 알려져 있지 않다. 단지 공기 중 산소에 의해 생성되는 미중합층 (OIL)이 추가되는 상부의 새로운 복합레진과의 결합을 가능하게 한다는 이론을 치과계에서 의심없이 받아들이고 있다. 그러나 이러한 이론에 대한 명확한 증거를 제시하는 문헌을 찾기는 어려우며, 특히 국내에서는 이와 관련된 연구가 전무하다. 복합레진 층간의 결합에 있어서 OIL가 필수적인지 여부를 밝힐 목적으로 수행된 본 연구에서는, 아세톤 또는 Mylar strip을 이용해서 OIL을 제거하거나 억제한 군과 glycerin을 도포 후 OIL를 광중합한 군의 계면결합강도가 OIL가 있는 1 군과 통계적인 차이를 보이지 않았다. 오히려 Mylar strip을 이용해서 OIL의 생성을 억제한 3 군과 glycerin을 이용하여 OIL를 중합시킨 4 군은 bulk 충전하여 계면을 형성하지 않은 대조군인 5 군과도 통계적인 차이를 보이지 않았다 (Figure 3). 이는 OIL의 존재가 복합레

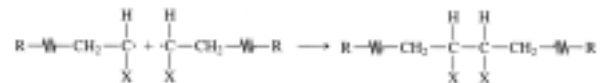
진 층 사이의 결합에 필수적이지는 않다는 점을 보여주며, 오히려 OIL가 존재하지 않을 시의 계면 결합강도가 복합레진 자체의 파절강도에 근접함을 알 수 있다.

OIL는 주로 미반응 단량체와 저분자량의 중합체인 올리고머로 구성되며, 끈적거리는 표면을 형성한다^[2]. 분자반응론에 따르면 이러한 OIL의 끈적거리는 층이 상부에 적용되는 복합레진과의 접촉면적을 늘려주게 된다. 또한 OIL는 상부와 하부의 고분자가 서로 혼합되도록 해서 공중합 (copolymerization)에 의한 화학적 결합을 형성하는 “interdiffused zone”을 형성케 한다는 가설이 있다^[3,9]. 그러나 본 연구의 결과를 통해 볼 때, OIL에 의한 결합기전으로 실제로 일어나는 복합레진 층간의 결합을 설명하기는 어려울 것으로 보인다.

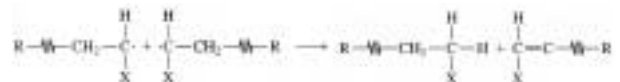
복합레진 층간의 계면결합은 자유라디칼 중합반응의 연장선상에서 고려해 볼 수 있다. 자유라디칼 중합반응은 연쇄 (chain) 반응으로 개시 (initiation), 성장 (propagation), 정지 (termination)의 크게 세 단계의 과정을 거치게 된다. 반응이 종료되는 정지반응의 형태는 또한 3 가지로 분류가 된다. 첫째, 고분자 라디칼이 개시라디칼과 결합해서 종료되는 경우이고, 두번째는 서로 다른 고분자 라디칼이 서로 결합하는 경우 (combination)이며, 마지막으로 한 개의 고분자 라디칼에서 다른 고분자 라디칼로 핵치환을 일으켜 단일결합체의 고분자와 끝단에 이중결합을 포함하는 고분자가 생성되는 경우 (disproportionation)이다. 특히 치과용 복합레진에서 많이 사용되고 있는 methyl methacrylate 계열의 고분자에서는 disproportionation에 의한 종료반응이 다른 고분자 계열에 비해 많이 일어난다^[13].



: 고분자 라디칼과 개시라디칼의 결합에 의한 정지



: 두 개의 고분자 라디칼의 결합에 의한 정지



: 핵치환에 의한 정지

광중합 복합레진은 위와 같은 3 가지 종결반응이 모두 일어날 수 있다. 공기 중에서 중합된 복합레진의 표면에는 단일결합으로 연결된 고분자, disproportionation에 의해 생성된 이중결합을 포함한 고분자, 고분자 라디칼이 산소와 결합해서 생긴 peroxide 라디칼 등이 존재할 수 있으며, 반응에 참여하지 않은 미반응 단량체 역시 상당량 존재할 수

있다. 실제로 최근의 복합레진에서도 중합률은 50 - 60% 정도로 보고되고 있다¹⁴⁾. 산소가 배제된 환경에서 중합되어 OIL가 없는 복합레진의 표면 역시 peroxide 라디칼을 제외하고는 동일한 분자들이 존재한다. 이러한 표면에 자유라디칼을 생성할 수 있는 새로운 복합레진층이 올려지고 중합이 시작되면, 상부에서 광개시제에 의해 생성된 자유라디칼은 연쇄반응을 통해 긴밀히 접촉된 하부의 복합레진층까지 화학적으로 결합을 진행시킬 수 있다. 즉 확산된 자유라디칼이 계면 하부의 복합레진 표면에 있는 미반응 단량체나 이중결합을 포함한 고분자와 연쇄중합 반응을 이어갈 수 있을 것이다.

분리되어 충전된 복합레진 층간의 계면을 통한 연쇄반응의 확산은 본 연구의 중합개시제를 포함하지 않은 Exp_Com의 경화두께를 측정하는 실험에서 시각적으로 확인할 수 있었다 (Figure 5). 하부의 Exp_Com는 중합개시

제가 들어있지 않은 복합레진이므로 광중합에 의해서 중합반응이 진행될 수 없으나, 상부의 레진에서 광중합이 진행됨에 따라 접촉 계면에서 중합반응이 전파되어 상부의 레진과 화학적 결합을 한 것으로 보인다. 주목할 것은 Exp_Com의 계면에서의 중합두께가 중합반응을 유도하기 위해 접촉된 2 가지 레진에서 뚜렷한 차이를 보였다는 점이다. 점도가 낮은 접착레진과의 계면에서 중합된 Exp_Com의 두께 $42.13 (2.09) \mu\text{m}$ 는 flowable 복합 레진과의 계면에서의 두께 $20.96 (0.90) \mu\text{m}$ 보다 거의 2 배에 해당하는 값을 보였다 ($p < 0.001$). 상부에 올려진 두 레진의 단량체, filler, 광개시제의 농도 등에서 서로 다른 구성을 이루기 때문에 이러한 계면 중합층의 두께에 영향을 주는 요인을 명확히 밝히기는 어렵다. 다만 접착레진은 flowable 복합레진과 비교하여 filler가 없고 점도가 낮아 자유라디칼의 확산이 더 용이하게 일어날 수 있는 점을 고려하면¹³⁾, 계면

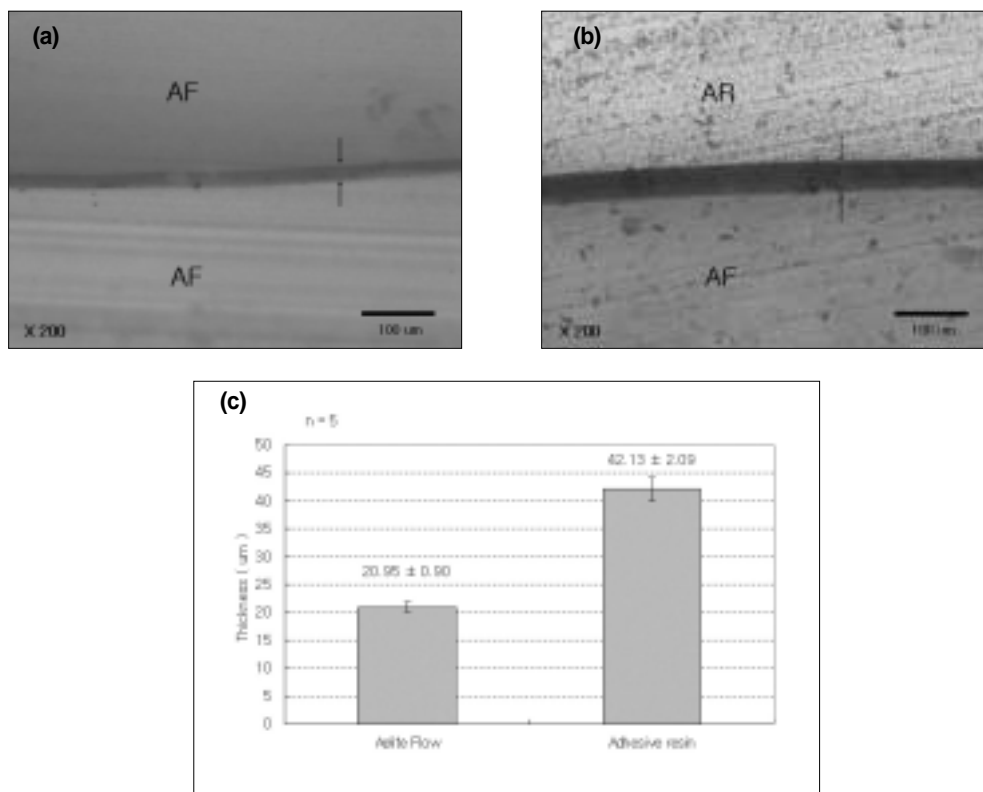


Figure 5. (a) Cured layer of Exp_Com by the propagation of the polymerization reaction induced from Aelite Flow, or (b) from Adhesive resin of ScotchBond Multipurpose, (c) cured layer thickness of Exp_Com according to the interfacing resins. (AF, Aelite Flow; AR, Adhesive resin of ScotchBond Multipurpose.)

중합층의 두께의 차이는 상부 레진의 점도의 차이에 따른 자유라디칼의 확산도 차이에서 야기됐을 가능성이 높다. 상부의 광중합 레진의 점도나 광개시제 농도의 차이에 따른 계면에서의 중합정도에 대한 추가적인 연구가 필요하리라 사료된다.

실제 임상에서 와동 내에 접착제를 도포한 후 광중합하거나, 중합된 복합레진의 표면에 생성된 OIL은 그 상부에 복합레진을 충전할 때 발생하는 충전압으로 인해 원래보다 훨씬 얇아지거나 복합레진 paste로 분산된다. 따라서 본 연구에서 측정된 중합 전과 범위인 20 - 42 μm 내에 있게 되어 별 문제없이 중합될 것으로 보인다.

예비실험에서 glycerin의 도포가 OIL를 효과적으로 중합시킬 수 있는지 여부를 확인하기 위해 미중합된 OIL의 표면에 scratch 자국을 남겼다. Glycerin을 도포하고 광중합한 결과 OIL가 중합되어 굽힌 자국을 남기며 단단히 경화된 것을 관찰할 수 있었다. OIL 내에는 외부로부터 확산에 의해 침투한 산소와 결합하여 불활성화된 자유기들이 존재한다. Glycerin을 OIL의 표면에 도포함에 따라 외부의 공기와의 접촉은 차단되고 glycerin 내에는 산소가 존재하지 않음으로써 자유기와 중합개시제에 결합된 산소가 유리되어 glycerin으로 확산되려는 경향이 발생한다. 결과적으로 OIL 내의 산소농도와 glycerin 내의 산소농도가 평형을 이룰 때까지 산소의 해리가 일어나고, OIL 내에는 활성화된 자유기와 중합개시제가 재생산되어 광조사에 의해 추가 중합이 이루어 질 수 있다.

본 연구에서 중합개시제를 포함하지 않고 inorganic pigment로 착색된 Exp_Com을 이용하여 중합확산에 의한 경화층 두께를 관찰하는 기법은 앞으로 복합레진의 중합 두께나 OIL과 같은 중합체 사이의 계면을 관찰하는 데 유용하게 사용할 수 있는 방법으로 사료된다.

V. 결 론

복합레진 층간의 계면결합강도와 기전을 고찰해보고자 했던 이번 연구를 통해 다음과 결과를 얻었다.

1. 복합레진 층간의 계면결합강도 측정 결과 acetone 또는 Mylar strip을 이용하여 OIL를 제거 또는 억제한 군과 glycerin을 도포 후 OIL를 광중합한 군은 OIL이 존재하는 군과 통계적으로 유의한 결합 강도의 차이를 보이지 않았으며, Mylar strip을 이용하여 OIL의 생성을 억제한 군과 glycerin을 도포 후 OIL를 광중합한 군은 계면이 존재하지 않는 대조군과도 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

2. 중합개시제가 들어있지 않은 복합레진 (Exp_Com)의 접착계면에 광개시제가 들어있는 레진을 중합했을 때, 계면에서의 Exp_Com의 중합을 시각적으로 확인할 수 있었다. 중합과정의 확산에 의한 Exp_Com 중합층의 두께는, flowable 복합레진 (Aelite Flow)의 경우 20.95 (0.90) μm , 접착레진 (Adhesive, ScotchBond Multi-Purpose)의 경우 42.13 (2.09) 이었다.

참고문헌

1. Andrzejewska E, Lindén LA, Rabek JF. The role of oxygen in camphorquinone-initiated photopolymerization. *Macromol Chem Phys* 199;441-449, 1998.
2. Gauthier MA, Stangel I, Ellis TH, Zhu XX. Oxygen inhibition in dental resins. *J Dent Res* 84:725-729, 2005.
3. Truffier-Boutry D, Place E, Devaux J, Leloup G. Interfacial layer characterization in dental composite. *J Oral Rehabil* 30:74-77, 2003.
4. Velazquez E, Vaidyanathan J, Vaidyanathan TK, Houpt M, Shey Z, von Hagen S. Effect of primer solvent and curing mode on dentin shear bond strength and interface morphology. *Quintessence Int* 34:548-555, 2003.
5. Kupiec KA, Barkmeier WW. Laboratory evaluation of surface treatments of composite repair. *Oper Dent* 21:59-62, 1996.
6. Suh BI. Oxygen-inhibited layer in adhesion dentistry. *J Esthet Restor Dent* 16:316-323, 2004.
7. Dall'Oca S, Papacchini F, Goracci C, Cury AH, Suh BI, Tay FR, Polimeni A, Ferrari M. Effect of oxygen inhibition on composite repair strength over time. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 81:493-498, 2007.
8. Finger WJ, Lee KS, Podszun W. Monomers with low oxygen inhibition as enamel/dentin adhesives. *Dent Mater* 12:256-261, 1996.
9. Rueggeberg FA, Margeson DH. The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. *J Dent Res* 69:1652-1658, 1990.
10. Eliades GC, Caputo AA. The strength of layering technique in visible light-cured composites. *J Prosthet Dent* 61:31-38, 1989.
11. Lewis G, Johnson W, Martin W, Canerdy A, Claburn C, Collier M. Shear bond strength of immediately repaired light-cured composite resin restorations. *Oper Dent* 23:121-127, 1998.
12. Ruyter IE. Unpolymerized surface layers on sealants. *Acta Odontol Scan* 39:27-32, 1981.
13. Harry RA, Frederick WL, James EM. Contemporary polymer chemistry. 3rd Ed. Pearson Education Inc., 2003.
14. Bala O, Olmez A, Kalayci S. Effect of LED and halogen light curing on polymerization of resin-based composites. *J Oral Rehabil* 32:134-140, 2005.

국문초록

Layering시 복합레진 층간의 계면 결합에서 oxygen inhibition layer가 필수적인가?

김선영 · 조병훈 · 백승호 · 이인복*

서울대학교 치의학대학원 치과보존학교실

본 연구의 목적은 여러 가지 계면조건의 변화를 통해서 layering 시 복합레진 층간의 결합에 oxygen inhibition layer (OIL)가 필수적인지를 고찰해보는 것이다. 가로 × 세로 × 두께가 16 × 28 × 2.5 mm인 알루미늄판에 지름 3.7 mm의 구멍을 형성하여 몰드를 제작하고 다음과 같이 복합레진 (Z-250, 3M ESPE)을 충전하여 광중합하였다.

- 1 군: 하층판에 복합레진을 충전하고 광중합 한 후, 상층판을 접합하고 레진을 충전하여 광중합을 하였다 (OIL를 남김).
- 2 군: 하층판에 복합레진을 충전하고 광중합 한 후 acetone에 적신 cotton으로 문질러서 OIL를 제거하고 상층판을 접합하여 복합레진을 충전하고 광중합을 하였다 (OIL를 제거).
- 3 군: 하층판에 복합레진을 충전하고 Mylar strip을 접합하여 공기와의 접촉을 차단한 후 광중합을 하였다. Mylar strip을 제거하고 상층판을 접합 후 복합레진을 충전하여 광중합을 하였다 (OIL형성을 억제).
- 4 군: 하층판에 복합레진을 충전하고 광중합 한 후 glycerin을 OIL 표면에 도포하고 다시 광중합하였다. 상층판을 접합하여 복합레진을 충전하고 광중합을 하였다 (OIL를 중합).
- 5 군 (대조군): 하층판과 상층판의 경계에 복합레진층의 계면이 위치하지 않도록 복합레진을 bulk충전하였다 (계면 형성 없이 bulk 충전한 복합레진).

24 시간 100% 습도에서 보관 후 상층판과 하층판 사이의 계면 전단결합강도를 측정하고 파절 양상을 관찰하였다. 계면을 통한 중합과정의 확산을 관찰하기 위하여 제조한 광개시제가 들어있지 않은 실험적 복합레진 (Exp_Com)을 몰드에 충전하고 상부에 flowable 복합 레진 (Aelite Flow) 또는 접착레진 (ScotchBond Multipurpose)을 접착시킨 후 광조사하였다. 몰드내의 미중합된 Exp_Com을 acetone bath 에서 5 분 동안 제거한 후 몰드내에 다시 Aelite Flow를 충전하고 광중합을 시행하였다. 경화된 복합레진 시편의 단면을 관찰하여 Exp_Com 층의 두께를 측정하였다. OIL를 배제하거나 중합시킨 2-4 군은 OIL이 존재하는 1 군과 통계적으로 유의한 결합강도의 차이를 보이지 않았으며, Mylar strip을 이용하여 OIL의 생성을 억제했던 3 군과 glycerin을 도포하여 OIL를 중합시킨 4 군은 계면을 생성하지 않은 대조군인 5 군과도 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 중합과정의 확산에 의해 중합개시제가 포함되지 않은 Exp_Com내에 중합된 층이 생겨난 것을 시각적으로 확인할 수 있었으며, Exp_Com의 중합층 두께는 flowable 레진의 경우 20.95 (0.90) um였고 접착레진의 경우 42.13 (2.09) 였다.

주요어: 산소중합억제층, 계면결합, 복합레진, flowable 레진, 접착레진, 중합두께