

## 치면열구전색제와 유동성 복합 레진의 미세 경도 및 표면 조도의 비교

양규호 · 최남기 · 김선미 · 최지은

전남대학교 치의학전문대학원 소아치과학교실, 치의학연구소 및 BK21 사업단

### 국문초록

본 연구는 예방적 레진 수복술에 전통적으로 사용되던 소와열구 전색제를 대신하여, 유동성 복합 레진이 사용될 경우의 타당성을 검토하기 위해 시행되었다.

비커스 미세경도를 측정하기 위해 직경 10 mm, 높이 3 mm인 11개의 시편을 제작하여 비커스 미세경도 측정기(FM-7, FUTURE-TEC Inc., Japan)를 이용하여 압입하중 50 gf, 유지시간 15초의 조건 하에서 측정하여 각 군의 평균값을 산출하였다. 표면조도를 측정하기 위해 칫솔마모시험기(Toothbrush abrasive machine K236, Tokyo Machine Co., Japan)로 4개의 시편 표면에 200 rpm의 속도로 4000회의 칫솔질을 시행한 뒤 표면조도형상측정기(Form Talysurf series 2, Rank Taylor Hobson Co., England)를 이용해 표면조도를 측정하였다.  $\alpha=0.05$ 의 유의 수준에서 Kruskal-Wallis rank test와 Mann-Whitney U test를 사용하였다. 또한 주사전자현미경으로 관찰하여 각 군의 마모 양상을 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 비커스 미세경도 측정 결과 Filtek Z350 flowable (3M ESPE, U.S.A), Palfique Estelite LV (Tokuyama Dental, Japan), Ultraseal XT plus (Ultradent, U.S.A) 순으로 높게 나타났으며 모든 군 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p<0.0001$ ).
2. 표면 조도 측정 결과, Ultraseal®, Estelite®, Z350® 순으로 높게 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다( $p=0.116$ ).
3. 마모되지 않은 표면과 마모가 일어난 표면을 주사전자현미경으로 관찰한 결과, 전색제인 Ultraseal XT plus와 유동성 복합레진인 Palfique Estelite LV, 나노필러를 함유한 유동성 복합레진인 Filtek Z350 flowable이 서로 다른 마모 양상이 나타나는 것을 볼 수 있었다.

이상의 결과를 토대로 할 때, 유동성 복합 레진이 전색제에 비해 물성 적 측면에서 더 우수한 것으로 나타났다.

**주요어 :** 유동성 복합레진, 치면열구 전색제, 미세경도, 표면 조도

### I. 서 론

1977년 Simonsen와 Stellard에<sup>1)</sup> 의해 소개된 “예방적 레진 수복술”이란 교합면에 초기우식병소가 존재하는 구치에 있어 국한적으로 복합레진 충전술을 한 후 건전한 소와, 열구를 치면열구 전색제로 도포하는 방법으로써, 우식 치치 뿐 아니라 교합면 우식 예방 효과까지 기대할 수 있어 소아의 유구치 수복에 널리 사용되고 있다. 아말감에 비해 1/5 정도로 치아 삭제량이 감소하고<sup>2)</sup>, 미세 누출도 감소하는 등의 장점을 가지지만<sup>3)</sup>, 수분에

민감하며 유지력, 마모 저항성 등에 대한 장기간 연구가 부족하다는 등의 단점을 가지고 있다<sup>4)</sup>.

Feigal<sup>5)</sup>은 예방적 레진 수복물의 수명이 상부 전색제의 유지 및 보수 정도에 의해 좌우된다고 하였다. 법랑질에 한정된 어떠한 열구 우식이라도 전색제 치료가 가능하다고 보고 된 바 있으므로<sup>6)</sup>, 예방적 레진 수복술 시 치면열구전색제를 쓸 수 있다. 하지만 우식 부위가 법랑질에 한정되어 있으면서 소와 열구를 넘어서는 경우에는 마모저항이 더 커야 하므로 유동성 복합 레진이 전통적인 전색제보다 선호될 수도 있다. 구치부의 I급, II

교신저자 : 양 규 호

광주광역시 북구 용봉동 300번지 / 전남대학교 치의학전문대학원 소아치과학교실 / 062-530-5668 / hellopedo@hanmail.net

원고접수일: 2009년 02월 23일 / 원고최종수정일: 2009년 06월 23일 / 원고채택일: 2009년 07월 08일

\*이 연구는 2008년 전남대학교병원 임상치학연구소 학술연구비(CRI08046-1)에 의해 연구되었음.

급 와동은 응력이 작용하므로 재료의 마모도가 고려해야 할 중요한 물성이 된다<sup>7)</sup>.

마모는 두 가지 이상의 물질이 접촉에 의하여 표면에서 기계적인 작용을 하여 물질이 점진적으로 상실되어 가는 것으로 기계적, 화학적, 생물학적 인자들이 동시에 작용하는 복잡한 과정이다. 이런 마모량을 평가하는 방법 중 본 연구에 사용된 칫솔 마모시험(tooth brushing abrasion test)은 복합레진 표면의 마모도와 표면조도를 평가하기 위해 흔히 사용되는 방법이다<sup>8)</sup>.

본 연구는 예방적 레진 수복술에 전통적으로 사용되던 소와열구 전색제를 대신하여, 유동성 복합 레진이 사용될 경우의 타당성을 검토할 목적으로, 소와열구 전색제와 유동성 복합 레진의 미세경도 및 표면 조도를 측정하고, 마모된 면을 관찰하여 마모저항성을 비교하기 위해 시도되었다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 연구재료

본 실험에 사용된 치면열구전색제로 1군에서는 Ultraseal (Ultradent, U.S.A)를 사용하였으며, 유동성 복합레진으로 2군에서는 Estelite (Tokuyama Dental, Japan), 3군에서는 Z350 (3M ESPE, U.S.A)을 사용하였다(Table 1).

### 2. 연구방법

#### (1) 시편 제작

미세 경도를 측정하기 위해 내경 10 mm, 두께 3 mm인 테프론 몰드를 이용하여 각 군마다 11개의 시편을 제작하였다. 각 재료를 테프론 몰드에 약간 넘치도록 주입하고 기포발생을 줄이기 위해 레진 기구로 응축시키거나 탐침으로 가장자리를 정리한 후 2장의 Mylar sheet와 유리판으로 압착하여 편평한 표면을 만들었다. 가시광선 증합기(Optilux 501, Kerr, U.S.A)로 각 면마다 20초씩 광조사한 다음 Mylar sheet와 유리판을 제거한 후 각 면에 20초씩 추가 조사하였다.

또한 마모저항성을 평가하기 위해 10 mm, 두께 3 mm인 테프론 몰드를 이용하여 위의 방법대로 새로운 시편을 각 군당 4개씩 제작한 후 epoxy resin (Epofix Kit, Struers, Denmark)에 매몰하여 각각 20×20×20 mm의 정육면체를 만들었다.

모든 시편은 회전식 시편연마기(Metaserv 2000, Buehler, U.S.A)를 이용하여 600-4000번의 emery paper로 순차적으로 연마되었고, 37℃의 증류수에 7일 동안 보관되었다.

#### (2) 미세경도 측정

비커스 미세경도 측정기(FM-7, FUTURE-TECH Inc., Japan)를 이용하여 비커스 경도(Vicker's hardness number)를 측정하였다. 측정시 조건은 압입하중 50 gf, 유지시간 15초의 조건으로 하였고 각 시편재료 당 4개의 점을 찍어 평균 값을 산출하였다.

#### (3) 마모도 측정

칫솔마모시험기(Toothbrush abrasive machine K236, Tokyo Machine Co., Japan)의 수조에 수돗물 600 ml와 치약(2080 치약, AEKYUNG Co., Korea) 175g을 혼합하여 부은 다음, 가로 8 mm, 세로 3 mm, 두께 1.5 mm의 홈이 파진 알루미늄 블록에 시편을 위치시킨 후 칫솔(G.U.M classic, SUNSTAR AMERICAS Inc., U.S.A)을 고정장치에 부착하였다. 그 후 시편 표면에 200 rpm의 속도로 4000회의 칫솔질을 시행하였다.

그 후 표면조도형상측정기(Form Talysurf series 2, Rank Taylor Hobson Co., England)를 이용해서 표면조도를 측정하였다.

#### (4) 주사전자현미경적 관찰

표면층 변화를 보기 위해 각 군에서 마모 실험을 하지 않은 시편 1개와 마모 실험을 한 시편 1개씩을 선택하여 총 6개를 관찰하였다. 각 시편을 세척, 건조한 후 백금으로 표면 처리하여 주사전자현미경(S-4700, Hitachi, Japan)으로 관찰하였다.

**Table 1.** Experimental restorative materials used in this study

| Group   | Materials                       | Manufacturer           | Composition  |
|---------|---------------------------------|------------------------|--|
| Group 1 | Ultraseal XT plus               | Ultradent, U.S.A       | Matrix: Bis GMA<br>Diurethane dimethacrylate<br>Filler: Glass ionomer glasses<br>58%wt |
| Group 2 | Palfique Estelite LV (low flow) | Tokuyama Dental, Japan | Matrix: Bis GMA<br>Filler: Zirconia/silica<br>65%wt                                    |
| Group 3 | Filtek Z350 flowable            | 3M ESPE, U.S.A         | Matrix: Bis PMA, DUDMA, Bis GMA, TEGDMA<br>Filler: Zirconia/silica, silica<br>78.5%wt  |

(5) 통계분석

통계분석 프로그램인 SPSS (ver.16.0)를 이용하여 측정된 결과를 비교하였다. 미세경도 및 표면조도를 비교하기 위해 측정된 값을  $\alpha=0.05$ 유의 수준에서 Kruskal-Wallis rank test and Mann-Whitney U test를 시행하였다.

Ⅲ. 연구 성적

1. 미세경도 측정결과

Table 2와 Fig. 2는 각 군의 미세경도 값의 평균과 표준편차를 나타낸 것이다. 미세경도의 평균값 비교시 3군(Z350), 2군(Estelite), 1군(Ultraseal) 순으로 높게 나타났다. 각 군 간의 통계분석 결과, 1군과 2, 3군 및 2군과 3군 간에, 즉 모든 군 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p<0.0001$ )(Table 3).

2. 마모도 측정결과

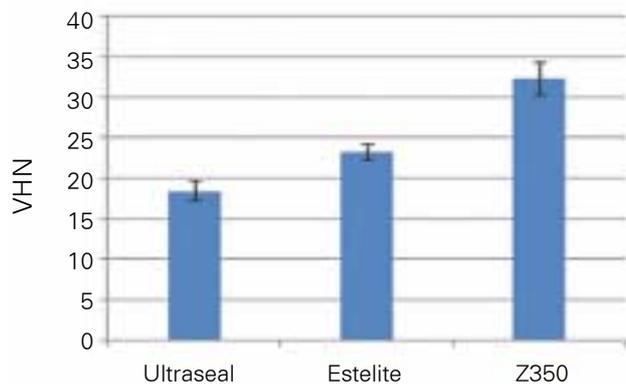
Table 4와 Fig. 3(a)는 각 군의 표면조도 값의 평균과 표준편차를 나타낸 것이다. 표면 조도의 평균값 비교시 1군(Ultraseal), 2군(Estelite), 3군(Z350) 순으로 높게 나타났으나 각 군간의 통계분석 결과 유의한 차이가 없었다 (Table 5).

**Table 2.** Mean Vicker's hardness number (VHN) and standard deviation of each group

|      | Ultraseal   | Estelite    | Z350        |
|------|-------------|-------------|-------------|
| Mean | 18.52       | 23.36       | 32.41       |
| S.D  | $\pm 1.208$ | $\pm 1.019$ | $\pm 2.002$ |

**Table 4.** Mean surface roughness value (Ra) of each group ( $\mu m$ )

|      | Ultraseal   | Estelite    | Z350        |
|------|-------------|-------------|-------------|
| Mean | 0.204       | 0.195       | 0.129       |
| S.D  | $\pm 0.090$ | $\pm 0.013$ | $\pm 0.020$ |



**Fig. 1.** Histogram of mean VHN of each group.

3. 주사전자현미경적 관찰결과

Fig. 3~5는 마모시험을 한 후 마모되지 않은 면과 마모된 면의 주사전자현미경 사진이다. 1군은 다른 군에 비해 표면이 거칠고 충전제가 탈락한 소와도 관찰되며 기질이 layer by layer 양상으로 탈락된 부분이 관찰된다. 2군은 칫솔의 운동 방향과 일치하는 미세균열 선이 관찰되며 비교적 마모가 균일하게 일어난 양상이 관찰된다. 3군의 경우에는 앞의 두 군과 다르게, 충전제가 거의 탈락하지 않았고 레진 기질의 소실도 거의 일어나지 않았음을 관찰할 수 있다.

Ⅳ. 총괄 및 고찰

1990년대 후반에 소개된 유동성 복합레진은 전통적인 혼합형 복합레진과 같은 크기의 충전제 (filler)를 함유하나 그 함량을 낮추고 기질의 성분을 조절하여 재료의 점성을 낮추고 흐름성을 높인 재료이다<sup>9,10</sup>. 와동 내 주입이 쉽고 높은 흐름성 때문에 와동벽의 미세구조와 긴밀한 결합을 할 수 있는 것으로 알려져 있다<sup>11</sup>. 유동성 복합 레진은 교합력을 크게 받지 않는 작고 보존적인 와동에는 모두 사용될 수 있으며, 접근이 어려운 곳, 수복물의 변연부 수리, 예방적 레진 수복 및 소와 열구 전색의 용도로도 사용될 수 있다<sup>9,10,12</sup>.

**Table 3.** Statistical analysis on the VHN of each group

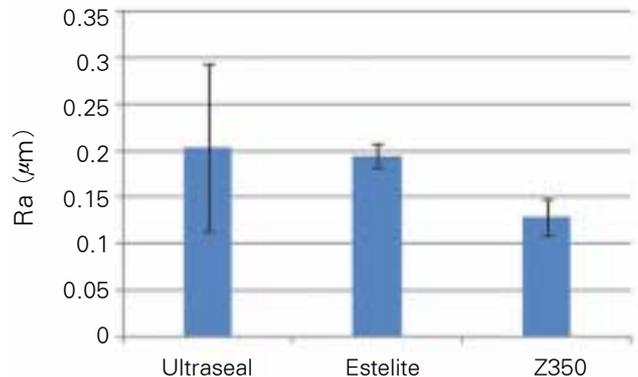
|           | Ultraseal | Estelite | Z350 |
|-----------|-----------|----------|------|
| Ultraseal |           |          |      |
| Estelite  | ****      |          |      |
| Z350      | ****      | ****     |      |

\*\*\*\* :  $p<.0001$

**Table 5.** Statistical analysis on the Ra of each group

|           | Ultraseal | Estelite | Z350 |
|-----------|-----------|----------|------|
| Ultraseal |           |          |      |
| Estelite  |           |          |      |
| Z350      |           |          |      |

$p=0.116$



**Fig. 2.** Histogram of mean Ra of each group.

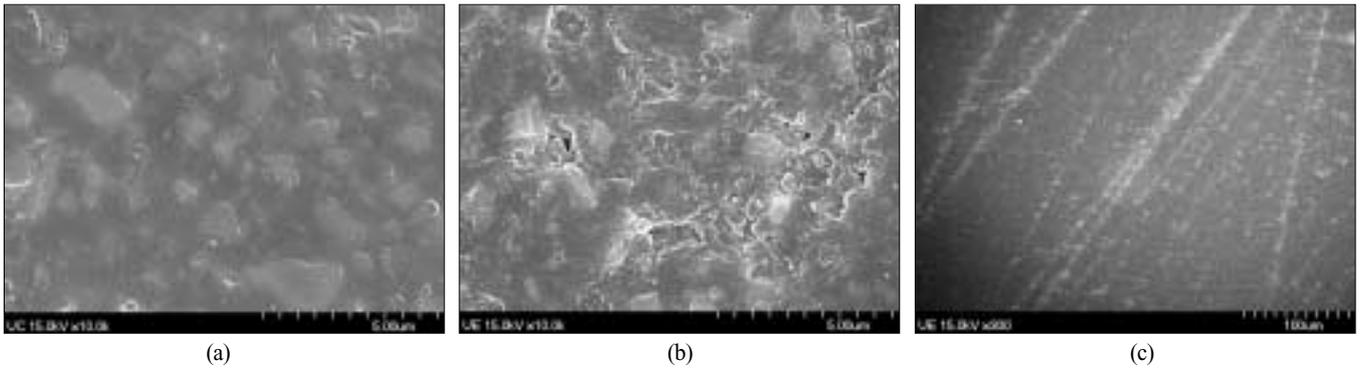


Fig. 3. SEM of Ultraseal (a) before abrasion ( $\times 10,000$ ), (b) after abrasion ( $\times 10,000$ ), (c) after abrasion ( $\times 300$ ).

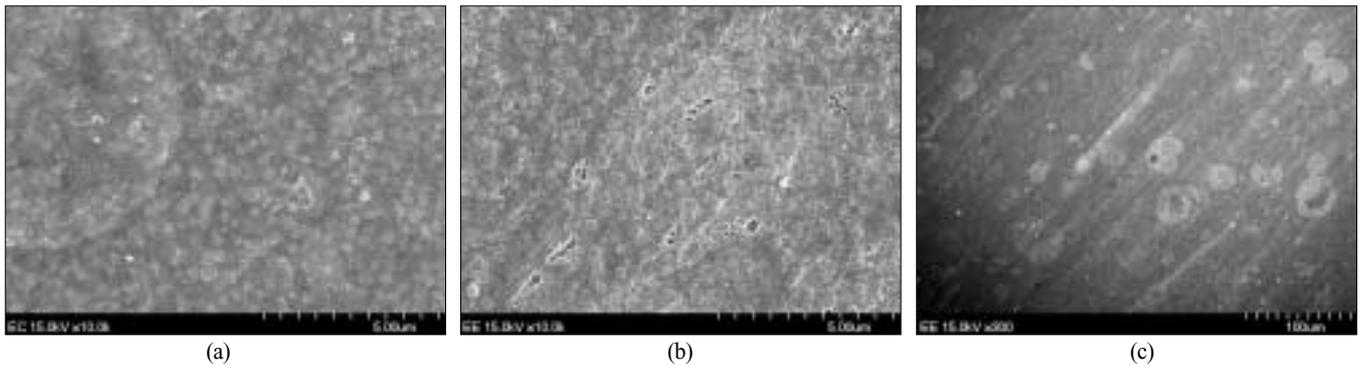


Fig. 4. SEM of Estelite (a) before abrasion ( $\times 10,000$ ), (b) after abrasion ( $\times 10,000$ ), (c) after abrasion ( $\times 300$ ).

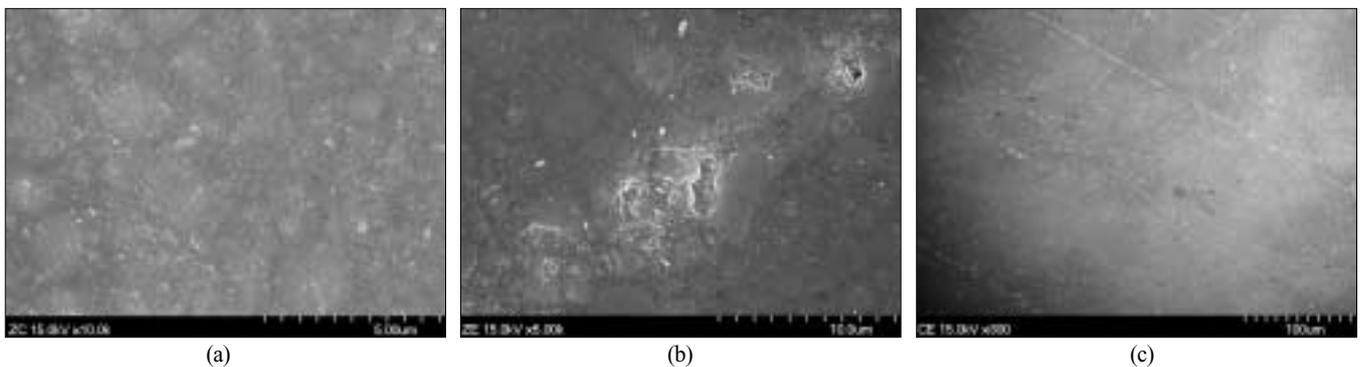


Fig. 5. Z350 (a) before abrasion ( $\times 10,000$ ), (b) after abrasion ( $\times 10,000$ ), (c) after abrasion ( $\times 300$ ).

예방적 레진 수복에 대한 적절한 설명은 우식으로 인해 상실된 열구면을 수복하기 위해 레진 수복재와 함께 전색제를 사용하는 것이다. Simonsen RJ와 Stellard RE<sup>1)</sup> 의해 제시된 이 수복의 절차는 먼저 치과용 핸드피스로 우식에 이환된 부분만을 제거한 후 그 부분을 레진 수복하고, 마지막으로 수복물과 남아있는 열구 전체를 전색제로 덮는 것이다. 몇몇 연구에서, 예방적 레진 수복의 효과를 단일 아말감 수복과 비교하였다. Welbury 등<sup>3)</sup>은 영국인을 대상으로 아말감 수복과 예방적 레진 수복을 비교한 임상 연구에서, 5년간의 추적 조사 결과 174쌍의 구치 중 11개의 아말감 수복과 8개의 예방적 레진 수복이 실패하였다고 보고하였다. 평균 생존 기간은 아말감이 61.5개월, 예방적 레진 수복이 63.3개월이었다. Mertz-Fairhurst 등<sup>4)</sup>은

우식 부위를 최소한으로 삭제하고 아말감 단일 수복, 아말감과 전색제 수복, 레진과 전색제 수복의 세 종류의 수복을 시행한 후 9년간 추적 조사하였다. 그는 전색제가 온전할 경우 하방의 수복물도 온전하였으며, 변연의 실패율이 아말감 단일 수복에서는 17%였지만, 아말감과 전색제 수복은 2%, 레진과 전색제 수복은 1%밖에 되지 않았다고 보고하였다. 따라서 예방적 레진 수복은 1급 와동의 치료시 효과적인 방법이라고 볼 수 있다. 하지만 서론에서 언급했던 것처럼 예방적 레진 수복물의 내구성은 상부를 덮는 전색제의 유지와 보수 정도에 달려있다<sup>5)</sup>.

수복물의 마모저항성과 관계되는 비커스 미세 경도를 측정할 결과, 나노필러를 함유한 Z350 (3군)이 가장 높게 나타났으며, Estelite (2군)가 그 다음으로 높았고, 전색제인 Ultraseal (1

군)는 가장 낮았다. 그리고 세 군 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.0001$ ). Craig<sup>15)</sup>는 법랑질의 비커스 미세경도는 343 Hv, 상아질은 68 Hv로 측정되었다고 보고한 바 있는데, 본 실험은 모두 자연치의 미세경도와는 현저한 차이를 보였으므로 구치부에 사용 시에는 마모를 피할 수 없을 것으로 생각되지만, 예방적 레진 수복술은 높은 강도를 가진 응축형 복합 레진과 병용하여 사용되므로 이 값이 어느 정도 보완될 수 있을 것으로 기대된다.

Asmussen<sup>16)</sup>은 복합 레진의 미세경도가 중합 정도와 비례한다고 하였다. 중합에 영향을 미치는 요인은 여러 가지가 있지만 충전제의 입자 크기와 함량은 중합도 및 중합 깊이에 영향을 준다. 빛을 산란, 분산시키는 일반 충전제와 달리 나노 충전제는 빛을 투과시키기 때문에 광중합 정도에 긍정적인 영향을 줄 수 있다<sup>17-19)</sup>. 본 실험에서도 나노 충전제를 함유한 Z350 (3군)이 가장 높은 미세경도를 보인 것은 이러한 성질과 무관하지 않아 보인다.

Hudson 등<sup>20)</sup>은 표면의 강도와 마모도 사이에는 상관관계를 보이지 않았다고 하였고 본 연구에서도 표면경도와 마모도 사이에 유의한 상호연관성은 보이지 않았다. 그러나 Monasky와 Taylor<sup>21)</sup>는 표면의 성상이나 강도는 내마모성에 영향을 미칠 수 있는 인자라고 하였다. 실제로 본 연구 SEM 사진에서도 나타나듯이, 칫솔마모시험 이후의 표면을 비교했을 때 3군에 비해 1, 2군의 표면이 수직적인 흠집이 많고 충전제의 탈락에 의한 것으로 보이는 표면 결함이 관찰되었다(Fig. 3(c), 4(c), 5(c)).

마모량을 평가하는 방법은 임상적으로 인체 내의 수복물에서 측정하는 방법과 생체 밖에서 실험적으로 측정하는 방법 두 가지로 나눌 수 있다<sup>7)</sup>. 구강내의 환경 하에서 일어나는 실제적인 마모현상을 알아보기 위해서는 전자의 방법이 더 유리하겠지만, 시간이나 비용이 많이 들고 타액 pH와 흐름, 식이, 구강위생 등 조건의 조절이 어렵다<sup>22-25)</sup>. 이러한 이유로 생체실험조건을 재현하기 위한 많은 실험적 방법들이 시도되고 있다.

칫솔마모시험은 복합레진의 장기간 사용시의 마모도 및 표면조도를 평가하기 위한 실험적인 방법으로 널리 이용되고 있다. 이 연구에서는 칫솔마모시험기에 시편을 고정하고 그 위에 칫솔로 왕복운동을 시행하여 치면열구전색제 및 유동성 복합레진이 마모되도록 한 후 표면조도의 변화를 측정하였다.

생체 밖에서 실험적으로 복합레진의 표면조도를 평가하는 방법으로는 수치적으로 평가하는 표면조도측정법과 표면을 질적으로 평가하는 주사전자현미경법이 있다<sup>26,27)</sup>. 표면조도측정법은 표면조도측정기를 이용하여 마모실험을 거친 시편의 표면조도를 측정하는 것으로서, 제한된 이차원적인 정보를 제공하긴 하지만, 평균 표면조도를 양적으로 산출하는 데 이용되고 있다<sup>28)</sup>. 그리고 수치만으로는 드러나지 않는 수복재료의 복잡한 표면구조와 마모 양상을 정성적으로 평가하기 위해 주사전자현미경으로 표면을 관찰한다. 두 가지 방법의 병용으로 수복재료의 표면조도에 대한 보다 정확한 예측을 도모할 수 있다<sup>9)</sup>. 본 실험에서

도 마모실험 후 표면조도측정법과 주사전자현미경 관찰을 병행하여 실험된 재료의 마모 특성을 정확히 알고자 노력하였다.

Lutz 등<sup>29)</sup>, Peter 등<sup>30)</sup>은 구치부 복합레진의 마모에 관한 생체 내, 생체 밖 연구에서 큰 충전제 크기를 가진 수복물은 더 많은 마모를 보였다고 결론지었다. 왜냐하면 힘이 가해질 때 응력이 충전제 주변에 집중되는데 충전제의 크기가 클수록 더 높은 응력 집중을 보이기 때문이다. 본 연구에서 사용한 재료의 충전제 크기를 제조사의 정보에 따라 살펴보면, nanofiller를 함유한 Z350 (3군)은 20 nm의 nanofiller와 0.6-1.4  $\mu\text{m}$ 의 nanocluster를 함유하고 있고, microhybrid filler 계열인 Estelite(2군)는 0.08  $\mu\text{m}$ 과 0.4  $\mu\text{m}$ , filled sealant에 속하는 Ultraseal (1군)은 1.5  $\mu\text{m}$ 이다. 따라서 표면조도가 통계적으로 유의한 차이는 없지만 3군, 2군, 1군 순으로 낮게 나온 것은 충전제의 크기가 영향을 주었음을 의미한다고 볼 수 있다.

충전제의 특성과 마모와의 상관관계에 대해 Suzuki 등<sup>31)</sup>은 구형 충전제이거나 충전제 크기가 작을수록 충전제-기질 계면 사이의 응력 집중을 줄일 수 있다고 하였다. 이러한 응력 집중은 궁극적으로 레진 기질의 약화를 야기하며, 균열이 전달되어 표면의 재료가 소실된다. 또한 충전제에 힘이 집중되어 주변으로 파급되지 않기 위해 충전제의 경도를 줄여야한다<sup>32)</sup>.

Peter 등<sup>30)</sup>은 적용되는 힘의 크기에 따라 표면 마모의 특성이 변한다고 하였다. 적용되는 힘이 적으면 마모면은 상대적으로 매끄럽고 균열이나 재료의 과량 소실이 보이지 않는다. 마모면에는 많은 충전제 입자들이 남아있다. 하지만 적용되는 힘이 증가되면, 표면이 극적으로 변화하여, 매끄러운 면과 거친 면이 확연히 구분된다. 매끄러운 면은 부분적인 탈락과 균열이 생기고 충전제 입자가 소실되며, 레진 기질의 소성 유동(plastic flow)이 일어난다. 반대로 거친 면은 많은 산재된 충전제 입자가 있으며, 이는 표면의 변형층의 소실에 의한 것이다. 따라서 이 부위의 마모 양상은 일련의 layer by layer 소실에 의한 것이며, 이 부위의 작은 소와는 레진 기질로부터 충전제가 완전 분리된 것임을 알 수 있다.

본 실험에서 1군과 2군의 SEM 사진을 비교해보면, 2군은 충전제 성분이 많고 크기가 작아 비교적 균일하게 마모되었으며 응력이 전체적이고 규칙적으로 가해진 양상을 볼 수 있다. 칫솔의 운동 방향과 일치하는 미세균열 선을 관찰할 수 있어 잇솔질이 레진의 마모에 영향을 주었음을 알 수 있다. 그에 비해, 1군은 충전제의 크기가 2군보다 커서 그 주위에 응력이 집중된 결과 충전제-기질 계면이 약해져 충전제가 탈락한 소와도 관찰되며 기질이 layer by layer 양상으로 탈락한 부분도 관찰된다. 전반적으로 잇솔질에 의해 불규칙적인 마모가 일어나 2군에 비해 상당히 거친 면을 보여주고 있다. 3군의 경우에는 nanofiller와 nanocluster의 크기 차이가 크고 충전제의 함량이 높아 앞의 두 군과 다른 독특한 형태를 띄는데, 충전제가 거의 탈락하지 않았고 레진 기질의 소실도 거의 일어나지 않았다. 전체적으로 잇솔질에 의한 마모가 거의 없었음을 관찰할 수 있다.

기존의 전색제를 사용한 예방적 레진 수복술과 유동성 복합

레진을 사용한 예방적 레진 수복술의 미세 누출 양상을 비교한 연구에서, 유동성 복합 레진을 사용했을 때 미세 누출 정도가 더 낮게 나타났다. 그러나 다양한 정도의 수복물 내 기포가 관찰되었는데 특히 유동성 복합 레진에서 기포의 크기 및 빈도가 더 컸다. 그 이유는 유동성 복합 레진의 끈적이는 성질로 인해 조작성이 더 떨어지고 탐침을 이용해 레진을 도포하는 과정에서 기포가 유입되었을 수도 있으며, 주입구의 직경 크기 등이 원인이었을 것이라고 하였다<sup>33)</sup>.

본 실험의 결과를 종합하면, 유동성 복합 레진을 사용한 예방적 레진 수복술은 강도 및 마모저항성을 고려하였을 때, 기존의 전색제를 사용한 예방적 레진 수복술에 비해 더 우수하다고 할 수 있다. 그러나 유동성 복합 레진의 점성 및 조작성, 교합력이 적용되었을 때의 마모도 변화 등이 고려되지 않았고, 실제 생체 내의 다양한 구강 조건을 고려하지 못한 한계가 있었으므로 이러한 점들에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

### V. 결 론

예방적 레진 수복술에 전통적으로 사용되던 소와열구 전색제를 대신하여, 유동성 복합 레진이 사용될 경우의 타당성을 검토할 목적으로, 소와열구 전색제와 유동성 복합 레진의 미세경도 및 표면 조도를 측정하고, 마모된 면을 관찰하여 마모저항성을 비교한 본 실험에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 비커스 미세경도 측정 결과, Z350, Estelite, Ultraseal 순으로 높게 나타났으며 모든 군 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다 ( $p < 0.0001$ ).
2. 표면 조도 측정 결과, Ultraseal, Estelite, Z350 순으로 높게 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다 ( $p = 0.116$ ).
3. 마모되지 않은 표면과 마모가 일어난 표면을 주사전자현 미경으로 관찰 결과, 전색제인 Ultraseal과 유동성 복합레진인 Estelite, 나노필러를 함유한 유동성 복합레진인 Z350이 서로 다른 마모 양상이 나타나는 것을 볼 수 있었다.

이상의 결과를 토대로 할 때, 유동성 복합 레진이 전색제에 비해 마모저항성이 더 우수한 것으로 나타났다.

### 참고문헌

1. Simonsen RJ, Stellard RE : Sealant-restorations utilizing a diluted filled resin : one year results. Quint Int, 8:77-84, 1977.
2. Sveen OB, Buonocore S, Azhdari OB : Evaluation of a new restorative-preventive technique for localized occlusal caries. J Dent Res, 57:83, 1978.
3. Kidd EAM : Microleakage in relation to amalgam and composite restorations : a laboratory study. Br

- Dent J, 141:305-310, 1976.
4. Hicks MJ : Preventive resin restorations : etching patterns, resin tag morphology and the enamel-resin interface. ASDC J Dent Child, 51:116-123, 1984.
5. Feigal RJ : Sealant and preventive restorations : review of effectiveness and clinical changes for improvement. Pediatric Dent, 20:85-92, 1998.
6. Siegal MD : Workshop on guidelines for sealant use. J Public Health Dent, 55:259-311, 1995.
7. 윤연희, 김정옥, 이상훈 등 : 유동성 복합레진의 마모저항성에 관한 연구. 대한소아치과학회지, 29:217-225, 2002.
8. 김수미, 한세희, 조영곤 : 레진전색제의 마모저항성에 대한 평가. 대한치과보존학회지, 32:180-190, 2007.
9. Bayne SC, Thompson JY, Swift XJ, et al. : A characterization of first-generation flowable composite. J Am Dent Assoc, 129:567-577, 1998.
10. Clinical Research Associate : Flowable resins : status report No.1. CRA Newsletter 21, special issue 2, 1997.
11. 박소영, 정태성, 김신 : 유동성 복합레진의 임상적 용도에 관한 검토 연구. 대한소아치과학회지, 29:255-260, 2002.
12. Leinfelder KF : A conservative approach to placing posterior composite resin restorations. J Am Dent Assoc, 127:743-748, 1996.
13. Welbury RR, Walls AWG, Murray JJ, et al. : The management of occlusal caries in permanent molars: A five-year clinical trial comparing a minimal composite with an amalgam restoration. Br Dent J, 169:361-366, 1990.
14. Mertz-Fairhurst EJ, Adair SM, Sams DR, et al. : Cariostatic and ultraconservative sealed restorations: nine-year results among children and adults. J Dent Child, 62:97-107, 1995.
15. Craig RG : Restorative dental materials. 10th edition, Mosby Year Book Inc. St. Louis, 89, 1997.
16. Asmussen E : Restorative resins: hardness and strength vs quality of remaining double bonds. Scand J Dent Res, 90:484-489, 1982.
17. 정영정, 김영재, 김정옥 등 : 나노 충전제 함량에 따른 복합레진의 표면 미세경도 차이. 대한소아치과학회지, 32:7-12, 2005.
18. Kim JJ, Moon HJ, Lim BS, et al. : The effect of nanofiller on the opacity of experimental composites. J Biomed Mater Res B Appl Biomater, 80:332-8, 2007.

19. Senawongse P, Pongprueksa P : Surface roughness of nanofill and nanohybrid resin composites after polishing and brushing. *J Esthet Restor Dent*, 19:265-73, 2007.
20. Hudson JD, Goldstein GR, Georgescu M : Enamel wear caused by three different restorative materials. *J Prosth Dent*, 74:647-654, 1995.
21. Monasky GE, Taylor DF : Studies on the wear of porcelain, enamel and gold. *J Prosth Dent*, 25:299-306, 1971.
22. Coffey JP, Goodkind RJ, DeLong R, et al. : In vitro study of the wear characteristics of natural and artificial teeth. *J Prosthet Dent*, 54:273-280, 1985.
23. Schmidlin PR, Göhring TN, Roos M, et al. : Wear resistance and surface roughness of a newly devised adhesive patch for sealing smooth enamel surfaces. *Oper Dent*, 31:115-21, 2006.
24. Blalock JS, Chan DC, Browning WD, et al. : Measurement of clinical wear of two packable composites after 6 months in service. *J Oral Rehabil*, 33:59-63, 2006.
25. Prakki A, Ribeiro IW, Cilli R, et al. : Assessing the tooth-restoration interface wear resistance of two cementation techniques: effect of a surface sealant. *Oper Dent*, 30:739-46, 2005.
26. Margio L, Rizzi M, La Torre G : 3-D surface profile analysis: different finishing methods for resin composites. *Oper Dent*, 26:562-568, 2001.
27. Jung M, Voit S, Klinek J : Surface geometry of three packable and one hybrid composite after finishing. *Oper Dent*, 28:53-59, 2003.
28. Setcos JC, Tarim B, Suzuki S : Surface finish produced on resin composites by new polishing systems. *Quint Int*, 30:169-173, 1999.
29. Lutz F, Phillips RW, Roulet JF, et al. : *In vivo* and *in vitro* wear of posterior composites. *J Dent Res*, 63:914-920, 1984.
30. Peter MM, Xiaoqiang H, Adrian CS : Two-body wear of dental composites under different loads. *Int J Prosthodont*, 13:473-479, 2000.
31. Suzuki S, Leinfelder KF, Kawai K, et al. : Effect of particle variation on wear rates of posterior composites. *Am J Dent*, 8:173-178, 1995.
32. Leinfelder KF : Wear patterns and rates of posterior composite resin. *Int Dent J*, 37: 152-157, 1987.
33. 박현정, 김종수, 김용기 : 유동성 복합 레진을 적용한 예방적 레진 수복물의 미세 누출 양상에 관한 비교 연구. *대한소아치과학회지*, 27:419-429, 2000.

## Abstract

## MICROHARDNESS AND SURFACE ROUGHNESS OF SEALANT AND FLOWABLE COMPOSITE RESINS

Kyu-Ho Yang, Nam-Ki Choi, Seon-Mi Kim, Ji-Eun Choi

*Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry,  
Chonnam National University and Dental Research Institute and second stage of BK 21*

This study was performed to compare the wear resistance of sealant and flowable resins for analyzing the effect of flowable resin as a sealant in preventive resin restorations.

Specimens were made and Vicker's hardness number and surface roughness were measured. SEM observations of the polished and abraded surfaces were established. Kruskal-Wallis rank test and Mann-Whitney U test at the significant level of  $\alpha=0.05$  were used. The following results were obtained:

1. The microhardness was decreased among groups in following order: Z350 (3M ESPE, U.S.A), Estelite (Tokuyama Dental, Japan) and Ultraseal (Ultradent, U.S.A). There were significant differences in all groups ( $p<0.0001$ ).
2. The surface roughness was decreased among groups in following order: Ultraseal XT plus, Palfique Estelite LV and Filtek Z350 flowable. However, there is no statistically significant differences in roughness among Estelite, Z350 and Ultraseal at the significance level of  $\alpha=0.05$ , with  $p=0.116$
3. SEM observation of the unworn and worn surfaces revealed the qualitative differences in the wear appearance among groups.

The results in this study indicate that flowable resin is better than sealant in aspect of physical properties.

**Key words** : Flowable resin, Sealant, Microhardness, Surface roughness