

복합레진으로 수복한 5급 와동의 미세누출에 대한 3종의 레진 표면 전색제의 효과

이원철¹ · 류재준^{2*}고려대학교 임상치의학대학원 심미수복학과, ¹대학원생, ²교수

연구목적: 본 연구의 목적은 복합 레진 (Z250)으로 수복한 5급 와동에서 변연부 미세누출에 대한 3종의 레진 표면 전색제 (Fortify, Pemascel, Biscover LV)의 효과를 평가하는 것이다.

연구 재료 및 방법: 3개월 이내에 발거된 건전한 40개의 소구치와 대구치에 백악-법랑 경계를 중심으로 교합측 변연은 법랑질에, 치은측 변연은 백악질에 위치하도록 5급 와동을 협면과 설면에 각각 형성하였다. Clearfil SE bond와 복합 레진으로 충전한 치아를 무작위로 4개의 군으로 분류한 후 대조군을 제외한 실험군은 각각 20개의 와동에 레진 표면 전색제 3가지 제품을 각각 적용하고 24시간동안 생리식염수에 보관하였다. 보관한 시편을 열순환시킨 후 24시간 동안 2% methylene blue 염색 용액에 담가 두었다가 투명 레진에 매몰하였다. 매몰한 시편을 협설면의 충전물 증상을 지나도록 절단한 후 현미경을 사용하여 교합면측과 치은측 변연부의 염색 용액의 침투도를 관찰함으로써 미세누출 여부와 정도를 분석하였다.

결과: 복합레진으로만 수복한 대조군은 실험군에 비해 교합면측과 치은측에서 미세누출이 컸으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다 ($P < 0.05$). 레진 표면 전색제를 적용한 실험군들 사이에는 교합면측과 치은측 모두 통계적으로 유의한 차이가 없었다 ($P > 0.05$). 각 군의 교합면측과 치은측의 변연 미세누출을 비교 시 통계적으로 유의한 차이가 없었다. Fortify는 대조군과 비교 시 치은측에서는 통계적으로 유의한 미세누출 감소 효과가 없었다.

결론: 복합레진으로 충전한 5급 와동 변연에 레진 표면 전색제를 적용한 경우 교합면측과 치은측 변연에서 미세누출 감소 효과가 있었다. 그러나 치은측 변연은 레진 표면 전색제의 적용 후에도 미세누출을 보이므로 각별히 주의를 요해야 할 것으로 사료된다. (*대한치과보철학회지 2009;47:182-90*)

주요단어: 미세누출, 표면 전색제, 5급 와동, fortify, pemascel, Biscover LV

서론

최근 심미치료에 대한 환자들의 요구가 증대됨에 따라 아말감이나 골드 인레이 등의 대체방법으로 복합 레진을 이용한 직, 간접법의 수복치료가 보편적으로 사용되고 있다. 이와 함께 복합레진의 심미성과 물성 또한 자연치와 비슷하게 발전됨에 따라 광범위한 사용이 가능하게 되었다. 또한 예방 치료의 보편화로 치아 우식으로 인한 치질의 상실은 감소하였지만 평균 수명의 연장으로 치아의 보존 기간이 점차 늘어남에 따라 치근우식, 치경부 마모증 및 침식증의 발생 빈도가 높아져 이를 위한 레진 수복치료가 증가하고 있다. 그러나 임상에서 복합레진 수복치료를 받은 환자들을 검진하다 보면 정확한 술식에 의해 치료를 받고, 오랫동안 건강하고 아름답게 그 본래 모습을 유지하고 있는 증례를 찾아보기란 그리 쉽지 않다.

복합레진 수복치료 시에 가장 흔하게 발생하는 실패의

원인에는 중합 수축, 접착 실패, 치아 굴곡으로 인한 탈락 등이 있다. 특히 레진 중합시 발생하는 수축력은 치질과 복합레진 사이에 발생된 장력에 의해 법랑질 변연에 미세한 잔균을 형성하고¹ 치아와 수복물의 계면에 미세한 간극을 형성하여 미세누출을 야기할 수 있다.² 미세 누출은 임상적으로 변연의 변색과 파괴를 야기해 심미성의 실패는 물론 2차 우식과 술 후 과민성, 치수 염증과 같은 증상까지 초래할 수 있다.^{3,4}

복합레진의 미세누출을 감소시키기 위한 다양한 방법들이 시도되어 왔다. 임상적으로 크게 두 가지로 분류할 수 있는데 하나는 와동 내에서 미세누출을 감소시키는 방법이고 다른 하나는 복합레진 표면 위에서 미세누출을 감소시키는 방법이다.

와동 내에서 미세누출을 감소시키기 위해 가장 흔히 사용되는 방법은 Buonocore가 소개한 법랑질 산부식술로, 이에 대한 미세누출 방지효과는 이미 입증되었다.⁵ 또한 적층충전술,⁶ glass ionomer를 병용한 sandwich

교신저자: 류재준

425-707 경기도 안산시 단원구 고잔1동 고대안산병원 치과 031-412-5370; e-mail.koprosth@umitel.co.kr

원고접수일: 2008년 9월 11일 / 원고최종수정일: 2008년 10월 23일 / 원고채택일: 2008년 12월 1일

technique,⁷ 접착력이 우수한 상아질 접착제의 사용, 저점도의 레진 이장제⁸ 및 빛의 강도를 조절할 수 있는 광조사기의 사용⁹ 등도 있다. Torstenson과 Oden은 중합수축을 최소화하기 위해 적층 충전법으로 복합레진을 수복할 경우 변연부의 중합수축 gap이 25%까지 감소된다고 하였다.⁶ Sidhu와 Henderson은 미세누출을 차단하기 위해 glass ionomer를 base로 사용하는 sandwich technique이 수복물의 변연에서 통계적으로 유의한 차이를 보인다고 하였다.⁷

복합레진 표면 위에서 미세누출을 감소시키는 방법으로는 복합레진 표면 위에 저점도의 레진을 적용하거나¹⁰⁻¹² 복합레진의 연마를 지연하는 방법¹³ 등이 있다. 열구 전색제나 접착제와 같은 레진 재료를 사용해 변연간극을 봉쇄하는 재접착술은 레진 재료가 모세관 작용에 의해 미세한 결함부로 침투되는 능력에 의존하므로 그렇지 못한 레진 시스템을 사용할 경우 미세누출 감소 효과를 기대할 수 없었다.¹⁰⁻¹² Irie 등은 복합레진을 충전한 직후에 마무리를 하는 것보다 24시간 이상 지난 후에 최종 연마를 함으로써 미세간극을 감소시킬 수 있다고 하였다.¹³

1990년대 초기에 복합레진 수복물에 재접착하는 재료가 고안되었는데 이를 covering agent 혹은 surface sealant라고 명명하였다. 이들 재료는 낮은 점도, 높은 흐름성의 특징을 가지고 있어 복합레진의 중합 수축에 의해 형성된 변연 간극을 봉쇄하여 수복물의 변연 적합도를 향상시키는 것은 물론 미세누출을 감소시키는 데 효과적인 것으로 나타났다.¹² 또한 Surface sealant를 사용할 경우 레진 충전시 기포에 의해 발생한 미세한 결손부를 채울 수 있고 oxygen-inhibition layer의 제거가 가능하며 마모저항성이 증대되고 기계적인 마무리와 연마의 완성도가 높아져 치태 형성이나 착색을 감소시킬 수 있다.^{14,15}

미세누출을 최대한 감소시키기 위해 이상적인 surface sealant는 미세과절과 미세간극 사이로 충분히 흘러들어갈 수 있도록 우수한 젖음성과 흐름성을 지녀야 하며 약 10 - 16 μm 인 interfacial opening을 적절하게 채울 수 있어야 한다고 하였다.^{10,16} 또한 수복한 재료와 적합성이 좋아야 하고 치아와 유사한 열팽창계수를 가져야 한다고 하였다. 이 밖에도 surface sealant가 도포되는 수복물 표면은 깨끗이 해야 하고 젖음성을 증대시키기 위해 건조되어야 한다고 하였다. 저점도 레진의 침투정도를 평가하기 위한 연구에서 Torstenson 등은 공극이 넓은 치경부 변연에 도포시 0.5 - 2 mm까지 침투하였다고 보고하였고¹² McCourt와 Eick은 치경부 와동에 bulk pack technique으로 충전한 경우 변연공극 내로 0.3 mm까지 침투하였다고 하였다.¹⁷

최근에 소개되고 있는 surface sealant는 복합레진 충전

후 변연에 도포하여 수복물의 광택을 높이고 변연 간극을 봉쇄하여 미세누출을 감소시키는 데 목적이 있다. 이와 같이 surface sealant를 사용하는 재접착술은 복합레진으로 와동을 충전하고 마무리 한 후 복합레진 표면과 변연부를 산부식 처리하여 surface sealant를 중합시키는 방법으로 아주 간단하며 부가적인 임상시간을 거의 필요로 하지 않는다. Ramos 등은 복합레진으로 수복한 5급 와동에 3종의 surface sealant 적용했을 때 뚜렷한 미세누출 감소 효과가 있었다고 하였다.¹⁰ 또한 Estafan과 Dussettschlegler은 5급 유동성 복합레진 수복물에 적용된 surface sealant가 치은 변연에서 미세누출을 현저히 감소시켰다고 보고하였다.¹⁸ Dickinson과 Leinfelder는 5년간의 임상적인 평가에서 surface sealant는 복합 레진의 마모율을 감소시키고 변연 적합도를 유지시키는데 효과적이었으며 이러한 효과를 유지하기 위해서는 2년에 1번씩 surface sealant를 재적용 할 것을 추천하였다.¹⁹

현재 국내에서 시판되고 있는 surface sealant에 대한 비교 연구는 많이 부족하고 최근 출시된 surface sealant에 대한 자료 또한 많지 않다. 따라서 본 연구에서는 국내에서 사용되고 있는 3종의 레진 표면 전색제들의 미세누출 감소 효과를 평가하여 임상에서 5급 와동의 성공적인 복합레진 수복치료를 위한 참고가 되고자 한다.

연구 재료 및 방법

1. 실험 재료

1) 치아

성별에 관계없이 3개월 이내에 발거되어 실온의 생리 식염수에 보관 중이던 충전물이나 미세균열, 치아우식 이 없는 건전한 40, 50대 성인의 소구치와 대구치를 선택하여 실험 치아로 사용하였다.

2) 복합레진

와동충전에 사용한 복합레진은 Filtek Z250 (3M ESPE, Shade A3)이었고 접착 시스템은 일률적으로 Clearfil SE Bond (two-step etching system, Kuraray, Japan)를 사용하였다 (Table I, II).

3) 광조사기

광조사기는 Elipar Freelight2 (LED광중합기, 3M ESPE, 1000 mw/cm²)를 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 와동형성과 군 분류

40개의 치아를 10개씩 4군으로 나누고 surface debridement를 위해 초음파 스케일러와 큐렛을 이용해 표면에 부착된 연조직과 치석을 제거하였다. 주수 하에 고속 엔진용 #330 bur를 이용하여 백악-법랑 경계를 중심으로 교합측 변연은 법랑질에, 치은측 변연은 백악질에 위치하도록 5급 와동을 실험 치아의 협면과 설면에 각각 형성하였다. 와동을 10개 형성할 때마다 새로운 버로 교체하였다. 와동의 크기는 교합-치은 폭 3 mm, 근원심폭 3 mm, 깊이 2 mm로 형성하였다.

와동이 형성된 치아는 무작위로 10개씩 선택하여 레진 표면 전색제의 사용 유무와 적용 방법에 따라 1군 (대조군), 2군 (Fortify 도포군), 3군 (Permaseal 도포군) 및 4군 (BisCover LV 도포군)으로 분류하였다. 각 치아의 협측 및 설측 와동을 철저히 수세하고 건조시킨 후 각 군에서 재료 사용은 제조사의 설명서에 따라 다음과 같이 시행하였다.

(1) 1군: 대조군

레진 표면 전색제를 적용하지 않은 군으로서 Clearfil SE Bond primer를 20초간 적용하고 압축공기로 부드럽게 건조시킨 후 Clearfil SE Bond adhesive를 적용하고 10초간 광중합한다. 레진 충전시에는 1 mm씩 적층 충전을 하고 40 초씩 광조사하였다. 복합레진 표면은 Sof-Lex disk(3M Dental Products, St. Paul, MN, USA.)로 마무리와 연마를 시행하였다.

(2) 2군: Fortify 도포군

복합레진으로 수복한 후 Fortify를 적용한 군으로서 대조군과 동일한 재료와 방법으로 5급 와동을 충전하고 광조사한 후에 마무리와 연마를 시행하였다. 수복된 복합레진 표면과 인접 치질 약 1 mm를 포함하여 Uni-Etch (35% phosphoric acid)로 15초간 산부식 처리하고 세척한 후 건조하였다. Fortify를 제조사의 지시대로 scrubbing motion으로 도포한 후 압축공기로 얇게 퍼지도록 하고 10 초간 광조사하였다.

Table I. Materials used in this study

Products	Lot No.	Manufacturer
Filtek Z250 (Shade A3)	6MNJ	3M-ESPE, St. Paul, MN, USA
Clearfil SE Bond	00872A	Kuraray, Kurashiki, Okayama, Japan
Fortify	700005910	Bisco, Schaumburg, IL, USA
Permaseal	B2X2R	Ultradent, South Jordan, UTAH, USA
Biscover LV	0700009495	Bisco, Schaumburg, IL, USA

Table II. Ingredients of materials used in this study

Products	Characteristics
Filtek Z250 (Shade A3)	Bisphenol A diglycidylether methacrylate (Bis-GMA) Bisphenol A polyethylene glycol diether dimethacrylate (Bis-EMA) Urethane dimethacrylate (UDMA) Triethylene glycol dimethacrylate (TEGDMA)
Clearfil SE Bond	Primer: 10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (MDP) 2-Hydroxyethyl Methacrylate (HEMA) Hydrophilic dimethacrylate, dl-Camphorquinone N,N-Diethanol-p-toluidine, water Bond: 10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (MDP) Bisphenol A diglycidylmethacrylate (Bis-GMA) 2-Hydroxyethyl Methacrylate (HEMA), dl-Camphorquinone Hydrophobic dimethacrylate, Silanated colloidal silica
Fortify	Urethane dimethacrylate Ethoxylated Bisphenol A dimethacrylate
Permaseal	Tertiary Amine Methacrylate Monomer
Biscover LV	Dipentaerythritol Diacrylate Esters Ethanol

(3) 3군: Permaseal 도포군

복합레진으로 수복한 후 Permaseal을 적용한 군으로서 대조군과 동일한 재료와 방법으로 5급 와동을 충전하고 광조사한 후에 마무리와 연마를 시행하였다. 수복된 복합레진 표면과 인접 치질 약 1 mm를 포함하여 Uni-Etch (35% phosphoric acid)로 5초간 산부식 처리하고 세척한 후 건조하였다. Permaseal을 제조사의 지시대로 5초간 문지른 후 압축공기로 얇게 퍼지도록 하고 20초간 광조사하였다.

(4) 4군: BisCover LV 도포군

복합레진으로 수복한 후 BisCover LV를 적용한 군으로서 대조군과 동일한 재료와 방법으로 5급 와동을 충전하고 광조사한 후에 마무리와 연마를 시행하였다. 수복된 복합레진 표면과 인접 치질 약 1 mm를 포함하여 Uni-Etch (35% phosphoric acid)로 15초간 산부식 처리하고 세척한 후 건조하였다. BisCover LV를 적용하고 15초가 지난 후 제조사의 지시대로 30초간 광조사하였다.

2) 변연 미세누출의 관찰과 평가

모든 시편은 실온에서 48시간 동안 보관한 후 15초 간격으로 5℃와 55℃에서 번갈아 500회의 열순환을 시행하였다. 치근단을 통한 미세누출을 방지하기 위해 치아의 치근단을 교정용 자가중합레진 (Ortho-One, Bisco,

Schaumburg, IL, USA Lot No. 0600010690)으로 밀봉한 후 복합레진 수복물 주위를 약 1 mm 남겨 놓고 전체의 치면에 nail varnish를 2회 도포하여 건조시켰다. 그리고 나서 2% Methylene blue 염색 용액에 24시간 동안 담가둔 후 시편을 흐르는 물에 세척하고 교정용 투명 레진에 매몰하였다.

매몰된 시편은 다이아몬드 디스크를 이용하여 협설면의 충전물 증앙을 지나도록 절단하였다. 각 시편에서 2개의 절단면을 얻었다 (n = 20). 시편의 절단된 표면은 물이 공급된 상태에서 600 grit silicone carbide papers로 연마하였다.

절단된 시편은 복합레진 수복물의 교합면측과 치은측 변연부를 현미경 (Olympus CH30, Japan)을 사용하여 100배율로 염색 용액의 침투도를 다음과 같은 기준에 의하여 관찰하고 이를 각 치아의 변연 미세누출 점수로 하였다 (Table III, Fig. 1).

3. 평가 및 통계분석

각 군간 미세누출의 정도를 비교하기 위해서 각 군의 점수를 기록하고 SAS 프로그램 (Ver. 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 ANOVA 분석을 통해 시행하였으며 사후 검정은 Wilcoxon Rank-Sum test를 이용하였다 (α = 0.05).

Table III. Degree of dye penetration

Score	Depth of dye penetration
0	Absence of dye penetration
1	Dye penetration up to the half of the extension of the walls
2	Dye penetration to more than half of the extension of the walls without reaching the axial angle
3	Dye penetration in the whole extension of the walls and in the direction to the pulp

결과

각 군의 교합면측 변연과 치은측 변연에서의 미세누출 점수는 다음과 같았다 (Table IV, Fig. 3, 4).

실험군 간의 미세누출 비교에서 대조군은 교합면측과 치은측 변연 모두에서 3, 4군에 비해 미세누출이 컸으며

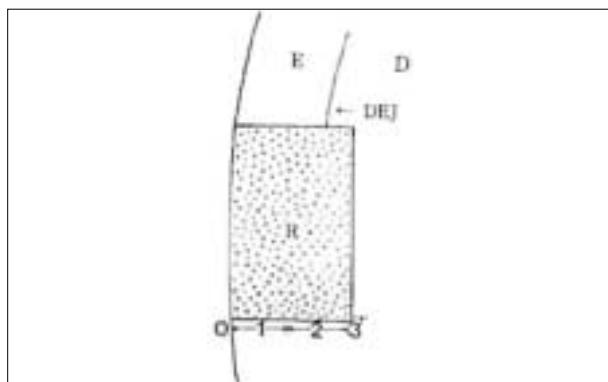


Fig. 1. Degree of dye penetration (E: Enamel, D: Dentin, R: Composite resin, DEJ: Dentino-enamel junction)

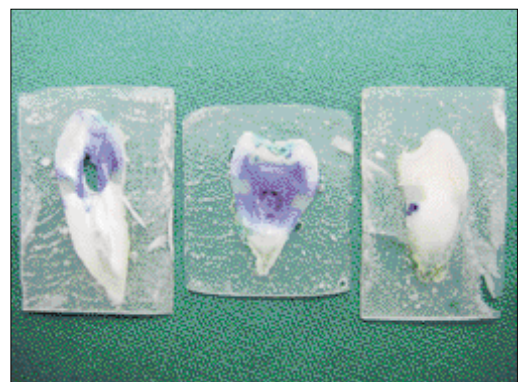


Fig. 2. Specimen.

통계학적으로 유의한 차이를 보였다 ($P < .05$) (Table V). Fortify를 도포한 2군은 교합면측에서는 대조군과 차이가 있었으나 치은측에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

교합면측과 치은측의 변연 미세누출은 대조군에서 가장 높게 나타나고 3군에서 가장 낮게 나타났으나 2, 3, 4 군 사이에는 통계학적으로 유의한 차이는 보이지 않았다 ($P > .05$).

각 군 내에서 교합면측 변연과 치은측 변연의 미세누출을 비교시 통계적으로 유의한 차이가 없었다 ($P > .05$) (Table VI).

고찰

치경부의 우식증이나 마모증은 흔히 복합레진으로 수복되며 일반적으로 법랑질과 상아질이나 백악질 변연을 갖게 된다. 산부식 처리와 접착제에 의한 복합레진의 접착은 치질의 구조에 의해 영향을 받게 되는데 치은측 변연은 얇은 법랑질이나 상아질 또는 백악질로 구성되어 있으므로 충분한 두께의 법랑질을 갖는 교합면측 변연

에 비해 미세누출이 더 많이 발생된다.²⁰

미세누출은 치아와 수복물의 계면에서 인장력을 발생시키는 중합수축,¹ 치아와 복합레진의 열팽창 계수의 차이,³ 치아와 수복물의 접착에 결함을 유발하는 변연부의 미세잔금 형성,^{5,11,21} 마무리와 연마시 회전기구에 의해 미세파절이나 미세간극을 유발하는 장력^{22,23}, 교합력³ 등으로 의해 발생한다. 이러한 원인으로 복합레진과 치질의 접착이 파괴되면 재접착은 일어나지 않게 되므로 미세누출은 수복물의 임상적 성공에 중요한 요인이다.

복합레진의 중합시 3차원적으로 형성된 와동 내에서 약 20 MPa 정도의 중합수축력이 발생됨에 따라 미세누출이 야기되며 특히 상아질측 변연부에서는 레진과의 결합강도가 이 중합수축력을 극복하지 못하고 복합레진과 상아질 사이가 분리되어 약 30 μm 정도의 변연공극이 형성된다.^{20,24} Hegdahl과 Gjerdet는 중합 수축은 화학 중합형 복합레진의 경우 경화시작 후 15분 이내에 대개 발생한다고 보고하였고²⁵ Hansen과 Asmussen은 레진의 수화 팽창이 이러한 중합 수축을 어느 정도 보상하지만 치아와 수복물 사이의 미세한 틈을 완전히 제거할 수는 없다고 하였다.²⁶ 본 연구에서 관찰된 복합레진 수복물의 미세

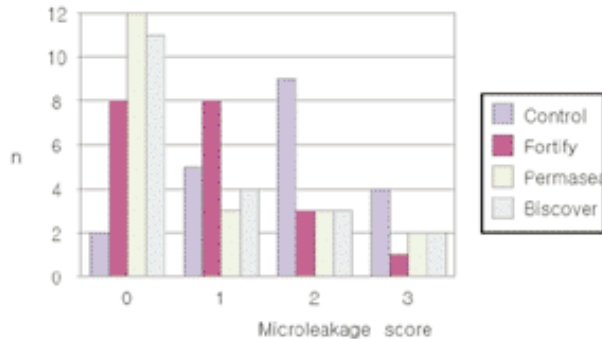


Fig. 3. Distribution of microleakage scores at occlusal margins (n = number of specimens).

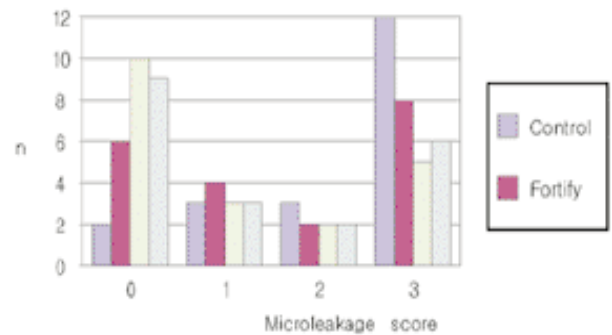


Fig. 4. Distribution of microleakage scores at gingival margins (n = number of specimens).

Table IV. Distribution of microleakage scores

Category of Microleakage		0	1	2	3	n
Group	Occlusal margins					
1	Control	2	5	9	4	20
2	Fortify	8	9	3	0	20
3	Permaseal	12	3	3	2	20
4	BisCover LV	11	4	3	2	20
Group	Gingival margins					
1	Control	2	3	3	12	20
2	Fortify	6	6	1	7	20
3	Permaseal	10	3	2	5	20
4	BisCover LV	9	3	2	6	20

Table V. Statistical analysis of microleakage at occlusal and gingival margins among groups

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P value
Occlusal margin	12.6375	3	4.2125	4.32	0.0072
Gingival margin	15.7	3	5.2333	3.31	0.0244

Table VI. Statistical analysis between microleakage of occlusal and gingival margins in each group

Group	1	2	3	4
P value	0.0619	0.0775	0.5758	0.3074
	NS	NS	NS	NS

NS : No Significant differences ($P > .05$)

누출은 중합수축과 복합레진과 치아구조의 열팽창 계수 차이에 기인한다.

미세누출에 있어 중요한 요소는 치아와 복합레진의 열팽창계수의 차이로 대부분의 직접수복 시스템이 치아에 비해 열팽창계수가 4배 정도 높다.³ 미세누출을 평가하는 실험에 있어 열순환 방법에 대한 여러 기준들이 제시되었는데 Shortall은²⁷ 실험실의 열순환 온도는 0 - 68℃의 범위가 적당하며 이는 구강내의 최소, 최대 온도와 일치한다고 하였다. Smith 등은 250 - 500회의 다양한 열순환의 횟수는 미세누출에 중요한 차이가 없다고 하였으며 15초의 dwelling time이 임상적인 온도 변화로 생각된다고 하였다.²⁸ Mandras 등은 열순환 시간을 250회와 1000회를 시행한 두 가지 경우에 미세누출에 유의한 차이가 없었다고 보고하였다.²⁹ Rossomando와 Wendt는 열차단성이 좋은 복합레진에서는 임상적으로 연관이 있는 10초 이하의 dwelling time의 경우 열순환이 미세누출에 거의 영향을 주지 못하지만 dwelling time이 15초 이상인 경우는 열순환을 시행한 표본의 경우에 모든 수복물에서 미세누출의 범위나 양은 dwelling time 증가에 비례하는데 이는 dwelling time이 증가하는 경우 충전물의 열차단성이 상실되기 때문이라고 하였고 열순환 시간이나 dwelling time은 Amalgam이나 Gold와 같이 충전물의 열전도성이 높은 경우에 임상적으로 중요하다고 하였다.³⁰ Wendt 등은 dwelling time이 15초 이상이면 60초나 120초일 때와 미세누출에 있어서 통계적으로 유의한 차이가 없다고 보고하였다.³¹ 그래서 본 연구에서는 색소 침투를 위해 와동 내에 충전재를 수복한 후 15초 간격으로 5℃와 55℃에서 번갈아 500회의 열순환을 시행하였다.

수복물의 미세누출을 평가하는 방법으로는 색소침투법, 방사선 동위원소 이용법, 주사전자현미경법, 공기압력이용법, 중성자활성분석법, 세균동정과 인공우식유발법 등이 있으며 이 중 색소침투법은 가장 널리 쓰이는 방법으로 복합레진을 포함한 많은 수복재의 변연누출의 평가를 위해 사용되어 온 바 본 연구에서도 색소침투법을 사용하였고 유기질과의 친화성이 있어 변연공극부의 염색에 적합한 methylene blue 용액을 사용하였다.³²

5급 와동을 복합레진으로 수복할 경우 치은측 변연에서 수복물과 상아질의 부착을 향상시키기 위해 많은 시스템이 개발되었으나 대부분이 변연 간극을 부분적으로 제거해 미세누출의 발생을 완벽하게 차단하지 못했다.¹ Reid 등은 5급 와동을 복합레진으로 수복하고 변연에 열구전색제와 접착제를 사용한 경우 대조군보다 적은 미세누출을 보였으나 통계적인 유의성은 없다고 하였다.¹¹ 또한 Reid 등은 실험에 사용한 surface sealant와 접착제가

레진계통의 재료이므로 중합수축이 발생해 미세간극을 완전히 봉쇄하지 못했으며 surface sealant는 치아와 유사한 열팽창계수를 가져야 하고 미세간극 사이로 침투하기 위해 적절한 점도와 젖음성이 필요하다고 하였다.¹¹ Yang 등은 1급 와동을 복합레진으로 수복한 후 Fortify와 Scotchbond-Multipurpose adhesive를 도포한 군에서 대조군보다 통계적으로 유의한 차이가 있다고 하였다.²⁴

Torstenson 등은 surface sealant는 레진 중합 후에 적용되어야 하나 마무리 과정에서 발생하는 debris로 미세간극이 막히면 침투가 어렵기 때문에 마무리와 연마 전에 적용되어야 한다고 했다.¹² 그러나 Tjan과 Tan은 치아와 복합레진의 열팽창계수가 다르기 때문에 마무리 과정 중에 발생하는 과도한 열로 인해 변연 간극이 다시 노출될 수 있으므로 마무리 후에 도포하도록 추천하였다.²

본 연구에서는 복합레진으로 충전한 5급 와동의 변연부 미세누출 효과를 평가하기 위해서 국내에서 시판 중인 Fortify, Permaseal, BisCover LV를 사용하였다. 본 연구의 결과 대조군을 포함한 모든 실험군에서 미세누출을 보였는데 이는 와동을 유동성 복합레진 수복한 후에 surface sealant를 적용했을 때 교합면측 변연에서 미세누출을 완벽하게 방지하였다고 보고한 Estafan과 Dussetschleger의 연구 결과와 차이를 보였다.¹⁸ Sidhu와 Henderson은 복합레진이 산부식된 법랑질에 더 강하게 결합하기 때문에 중합동안 교합면측으로 중합수축이 일어나서 치은측 변연에서 틈이 형성된다고 하였는데⁷ 본 실험에서도 역시 치은측 와동벽의 미세누출은 교합면측 와동벽보다 유의성 있게 높은 결과를 보였다.

복합레진으로만 수복한 대조군은 실험군에 비해 교합면측과 치은측에서 미세누출이 컸으며 통계적으로 유의한 차이가 있었는데 이는 Erhardt와 Magalhães의 연구 결과³ 및 Dickinson과 Leinfelder의 연구¹⁹ 와 같았다. 또한 5급 와동을 유동성 복합레진 수복한 후에 Fortify와 Permaseal을 적용했을 때 대조군과 비교시 치은측 변연에서 미세누출을 뚜렷이 감소시켰다고 보고한 Estafan과 Dussetschleger의 연구 결과와 일치하였다.¹⁸

그러나 Fortify는 대조군과 비교시 치은측에서는 통계적으로 유의한 미세누출 감소 효과가 없었는데 이는 Fortify를 사용했을 때 치은측에서 통계적으로 유의한 감소 효과가 있었다고 한 Ramos 등의 실험과 상반된 결과를 보였다.¹⁰ 또한 복합레진 수복 후 Fortify를 적용할 경우 사용하지 않은 경우보다 통계적으로 유의한 차이가 있었다고 보고한 Dickinson과 Leinfelder의 결과와도 차이가 있었으며¹⁹ Kim 등의 연구 결과와도 달랐다.³⁵ 그리고 5급 와동을 유동성 복합레진 수복한 후에 Fortify를 적용했을

때 치은측 변연에서 미세누출을 뚜렷이 감소시켰다고 보고한 Estafan과 Dussetschleger의 연구 결과와도 차이를 보였다.¹⁸

Surface sealant를 적용한 실험군들 사이에는 교합면측과 치은측에서 모두 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 이러한 결과는 5급 와동에서 5종의 surface sealant와 1종의 상아질 접착제의 미세누출 감소효과를 비교한 연구에서 Permaseal과 BisCover 간에 유의한 차이가 없었다는 Owens와 Johnson등의 연구 결과와 같았다.¹⁴ 또한 5급 와동을 유동성 복합레진 수복한 후에 Fortify와 Permaseal을 적용했을 때 통계적으로 유의한 차이가 없었다고 보고한 Estafan과 Dussetschleger의 연구 결과와도 일치하였다.¹⁸

본 연구 결과 미세누출은 surface sealant를 적용한 후에도 여전히 존재하는데 이는 레진의 중합수축력이 접착력보다 더 크고 surface sealant 역시 레진이기 때문에 중합수축을 일으키기 때문이라고 사료된다. 또한 복합레진 수복물의 변연부위에 surface sealant를 도포함으로써 미세누출의 감소효과를 얻는다 할지라도 구강 내에서의 장기간 효과에 대해서는 의문시되고 있다. 임상에서 적용시 pulpal fluid의 outward flow는 수복물 변연부에서 surface sealant의 침투를 막고 와동에 남아있는 다양한 인산의 농도는 접착에 차이를 유발해 미세누출의 차이를 유발시킬 수 있기 때문이다. 그리고 하부의 변연공극 내부로 침투해 들어가지 못하고 수복물과 치질의 표면부에 결합되어 있는 형태의 surface sealant는 쉽게 소실되기 때문에 장기적인 미세누출의 예방효과가 없다고 생각된다. 또한 변연공극 내부로 들어간 레진 표면 전색제도 시간이 경과함에 따라 레진 자체의 마모와 함께 소실되어 일정기간이 지난 후에는 변연공극이 다시 노출되고 미세누출이 발생하게 되므로 장기간의 효과를 기대하기보다 주기적으로 내원시켜 재도포하는 노력이 필요할 것이다.

성공적인 복합레진 수복치료를 위해 미세누출을 차단하기 위해서는 중합수축을 최소화할 수 있고 열팽창계수가 치질과 비슷한 복합레진의 개발과 함께 수복 후 발생한 변연 간극을 봉쇄할 수 있는 낮은 점도와 적절한 젖음성과 마모저항성, 치질과 비슷한 열팽창계수를 가지고 상아질과 강력한 결합력을 가지는 surface sealant의 개발이 필요하다고 사료된다. 또한 surface sealant의 효과와 수명을 임상적으로 평가할 수 있는 연구가 필요하다고 생각된다.

결론

복합레진으로 충전한 5급 와동 변연에 3종의 surface sealant를 적용한 후 미세누출 감소 효과를 평가한 본 연구의 결과 대조군을 비롯한 모든 군에서 미세누출을 보였지만 surface sealant를 적용한 실험군은 복합레진으로만 수복한 대조군에 비해 교합면측과 치은측 변연에서 통계적으로 유의한 감소 효과가 있었다. Permaeal 도포군이 Fortify 도포군이나 BisCover LV 도포군에 비해 낮은 미세누출을 보였으나 교합면측과 치은측 변연 모두에서 통계적으로 유의한 차이는 없었다. Fortify 도포군은 대조군과 비교시 치은측에서는 통계적으로 유의한 감소 효과가 없었다. 따라서 성공적인 5급 와동의 복합레진 수복 치료를 위해서는 복합레진 충전 후 surface sealant를 적용하는 것이 추천되며 치은측 변연에서는 각별히 주의할 요해야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Munro GA, Hilton TJ, Hermes CB. *In vitro* microleakage of etched and rebonded class 5 composite resin restorations. *Oper Dent* 1996;21:203-8.
2. Tjan AH, Tan DE. Microleakage at gingival margins of class V composite resin restorations rebonded with various low viscosity resin systems. *Quintessence Int* 1991;22:565-73.
3. Erhardt MC, Magalhães CS, Serra MC. The effect of rebonding on microleakage of class V aesthetic restorations. *Oper Dent* 2002;27:396-402.
4. Pameijer CH, Wendt SL Jr. Microleakage of "surface-sealing" materials. *Am J Dent* 1995;8:43-6.
5. May KN Jr, Swift EJ Jr, Wilder AD Jr, Futrell SC. Effect of a surface sealant on microleakage of Class V restorations. *Am J Dent* 1996;9:133-6.
6. Torstenson B, Oden A. Effects of bonding agent types and incremental techniques on minimizing contraction gaps around resin composite. *Dent Mater* 1989;5:218-23.
7. Sidhu SK, Henderson LJ. *In vitro* marginal microleakage of cervical composite restorations lined with a light-cured glass-ionomer. *Oper Dent* 1992;17:7-12.
8. Kubo S, Yokota H, Yokota H, Hayashi Y. Effect of low viscosity resin based composite on the microleakage of cervical restorations. *Am J Dent* 2003;16:244-8.
9. Goracci G, Mori G, Martinis LC. Curing light intensity and marginal leakage of resin composite restorations. *Quintessence Int* 1996;27:355-62.
10. Ramos RP, Chimello DT, Chinelatti MA, Dibb RGP, Mondelli J. Effect of three surface sealant on marginal sealing of class V composite resin restorations. *Oper Dent*

- 2000;25:448-53.
11. Reid JS, Saunders WP, Chen YY. The effect of bonding agent and fissure sealant on microleakage of composite resin restorations. *Quintessence Int* 1991;22:295-8.
 12. Torstenson B, Brännström M, Mattsson B. A new method for sealing composite resin contraction gaps in lined cavities. *J Dent Res* 1985;64:450-3.
 13. Irie M, Tjandrawinata R, Suzuki K. Effect of delayed polishing periods on interfacial gap formation of class V restorations. *Oper Dent* 2003;28:552-9.
 14. Owens BM, Johnson WW. Effect of new generation surface sealants on the marginal permeability of Class V resin composite restorations. *Oper Dent* 2006;31:481-8.
 15. Kawai K, Leinfelder KF. Effect of surface penetrating sealant on composite wear. *Dent Mater* 1993;9:108-13.
 16. Ramos RP, Chinelatti MA, Chimello DT, Dibb RG. Assessing microleakage in resin composite restorations rebonded with a surface sealant and three low viscosity resin systems. *Quintessence Int* 2002;33:450-6.
 17. McCourt JW, Eick JD. Penetration of fissure sealants into contraction gaps of bulk packed auto-cured composite resin. *J Pedod* 1988;12:167-75.
 18. Estafan D, Dussetschleger FL, Miuo LE, Kondamani J. Class V lesions restored with flowable composite and added surface sealing resin. *Gen Dent* 2000;48:78-80.
 19. Dickinson GL, Leinfelder KF. Assessing the long-term effect of a surface penetrating sealant. *J Am Dent Assoc* 1993;124:68-72.
 20. Gordon M, Plasschaert AJ, Stark MM. Microleakage of several tooth-colored restorative materials in cervical cavities. A comparative study *in vitro*. *Dent Mater* 1986;2:228-31.
 21. Park SE, Weber HP, Ishikawa-Nagai S. Self-bonding polymers as surface coatings of restorative resins to prevent staining. *J Clin Dent* 2006;17:134-7.
 22. Hakimeh S, Vaidyanathan J, Hout ML. Microleakage of compomer Class V restorations: effect of load cycling, thermal cycling, and cavity shape differences. *J Prosthet Dent* 2000;83:194-203.
 23. Sarac D, Sarac YS, Kulunk S, Ural C, Kulunk S, Ural C, Kulunk T. The effect of polishing techniques on the surface roughness and color change of composite resins. *J Prosthet Dent* 2006;96:33-40.
 24. Yang JS, Kim MH, Her S, Kim JG, Baik BJ. The effect of low-viscosity resin systems on marginal leakage of composite resin restorations. *Korean J pedodontics* 1997;24:460-74.
 25. Hegdahl T, Gjerdet NR. Contraction stresses of composite resin filling materials. *Acta Odontol Scand* 1977;35:191-5.
 26. Hansen EK, Asmussen E. Marginal adaptation of posterior resins: Effect of dentin-bonding agent and hygroscopic expansion. *Dent Mater* 1989;5:122-6.
 27. Shortall AC. Microleakage, marginal adaptation and composite resin restorations. *Br Dent J* 1982;153:223-7.
 28. Smith LA, O'Brien JA, Retief DH, Bradley EL. Microleakage of two dentinal bonding restorative systems. *J Dent Res* 1988;67:309-12.
 29. Mandras RS, Retief DH, Russell CM. The effect of thermal and occlusal stresses of the microleakage of the Scotchbond 2 dentinal bonding system. *Dent Mater* 1991;7:63-7.
 30. Rossomando KJ, Wendt SL Jr. Thermocycling and dwell times in microleakage evaluation for bonded restorations. *Dent Mater* 1995;11:47-51.
 31. Wendt SL, McInnes PM, Dickinson GL. The effect of thermocycling in microleakage analysis. *Dent Mater* 1992;8:181-4.
 32. Déjou J, Sindres V, Camps J. Influence of criteria on the result of *in vitro* evaluation of microleakage. *Dent Mater* 1996;12:342-9.
 33. Takeuchi CY, Orbegoso Flores VH, Palma Dibb RG, Panzeri H, Lara EH, Dinelli W. Assessing the surface roughness of a posterior resin composite: effect of surface sealing. *Oper Dent* 2003;28:281-6.
 34. Dickinson GL, Leinfelder KF, Mazer RB, Russell CM. Effect of a surface penetrating sealant on wear rate of posterior composite resins. *J Am Dent Assoc* 1990;121:251-5.
 35. Kim SW, Cho YB, Hong CU. Effect of surface penetrating sealant on the microleakage of cervical restorations. *Korean J Conser Dent* 2001;26:64-76.
 36. Cho YG, Choi HY. Effect of Biscover on the microleakage of composite resin restorations. *Korean J Conser Dent* 2005;30:355-62.
 37. Harper RH, Schnell RJ, Swartz ML, Phillips RW. *In vivo* measurements of thermal diffusion through restorations of various materials. *J Prosthet Dent* 1980;43:180-5.
 38. Suh BI. Oxygen-inhibited layer in adhesion dentistry. *J Esthet Restor Dent* 2004;16:316-23.

The Effect of Three Surface Sealants on Microleakage of Class V Composite Resin Restorations

Won Cheol Lee¹, DDS, Jae-Jun Ryu^{2*}, DDS, MSD, PhD

¹Graduate student, ²Professor, Department of Esthetic Restorative Dentistry, Graduate School of Clinical Dentistry, Korea University

Statement of problem: Microleakage at the occlusal and gingival margin of Class V cavities restored with composite resin has traditionally been considered an obstacle to successful restoration. **Purpose:** The aim of this study was to assess the effectiveness of three different surface sealants (Fortify, Permaseal and Biscover LV) on the marginal sealing of Class V light-activated composite resin restorations (Z250). **Material and methods:** Forty noncarious human premolars and molars extracted within a three-month period were selected. Class V cavities with the occlusal margin in enamel and gingival margin in cementum were prepared in both buccal and lingual surfaces. The teeth, randomly assigned in four groups with twenty cavities in each group, were restored with composite resin after applying an adhesive system (Clearfil SE bond). After the finishing and polishing procedures, the restorations were covered with a specific surface sealants, except for the control samples, which were not sealed. After placing restorations, the specimens were thermocycled, and immersed in a 2% methylene blue solution for twenty four hours and sectioned longitudinally. The marginal microleakage was evaluated at the occlusal and gingival interfaces using a microscope and compared among the four groups using ANOVA test and Wilcoxon Rank-Sum test ($\alpha=0.05$). **Results:** Statistical analysis showed that there was significantly less leakage when the surface sealants were used than there was in control group ($P < .05$). There were no significant differences of microleakage at occlusal and gingival margins among groups. There were no significant differences between microleakage of occlusal and gingival margins in each group. Fortify was not statistically different from control group at the gingival margin ($P > .05$). **Conclusion:** Application of surface sealants was an effective method of surface coating in reducing microleakage at occlusal and gingival margins of Class V composite resin restorations. However, it is certain that some microleakage still occurred despite the application of surface sealants, especially gingival margins.

Key words: microleakage, surface sealant, class V, fortify, permaseal, biscover LV

Corresponding Author: **Jae-Jun Ryu**

Korea University Ansan Hospital, Gojan 1-Dong, Danwon-Gu, Gyeonggi-Do, 152-707, Korea
+82 31 412 5370; e-mail, koprosth@unitel.co.kr

Article history

Revised September 11, 2008 / Last Revision October 23, 2008 / Accepted December 1, 2008