

백악질 변연을 갖는 2급 와동에 충전된 4종 복합레진의 미세누출

조영곤 · 한세희 · 김은성
조선대학교 치과대학 치과보존학교실

ABSTRACT

MICROLEAKAGE OF 4 DIFFERENT COMPOSITE RESIN RESTORATIONS IN CLASS II CAVITY WITH CEMENTAL MARGIN

Young-Gon Cho, Sae-Hee Han, Eun-Soung Kim

Department of Conservative Dentistry, college of dentistry, Chosun University

The purpose of this study was to evaluate four different composite resins in vitro for microleakage in Class II box type restorations that have gingival margins apical to the cementsoenamel junction.

Forty caries free extracted human molars were used in this study. The Class II cavities were prepared 1.0mm below cementsoenamel junction with a # 701 carbide bur. The teeth were randomly divided into four groups, each group comprising 20 treated cavities according to adhesives and filling materials : Group 1: Scotchbond Multipurpose/Z 100, Group 2: Ariston Liner/Ariston pHc, Group 3: One Step/Pyramid, Group 4: Prime & Bond NT/SureFil. To simulate the clinical situation during restoration placement, a restoration template was fabricated and composite resin was filled using a three sided light curing incremental technique. The specimens were stored in the 100% humidity for 7 days prior to thermocycling.

The specimens were immersed in 2% methylene blue dye solution for 24 hours and then embeded in transparent acrylic resin and sectioned mesiodistally with a diamond wheel saw. The degree of marginal leakage was scored under the stereomicroscope($\times 20$) and the data were analyzed by Kruskal Wallis test and Mann Whitney test.

The results were as follows :

1. Microleakage was minimal in the hybrid composite resin type, Z 100.
2. In the condensable types, Pyramid showd the most microleakage compared to Ariston pHc. and SureFil($p < 0.001$).
3. There was no statistically significant difference between Ariston pHc and SureFil($p > 0.001$).

Key words : Microleakage, Cemental margin, Hybride composite resin.

I. 서 론

최근 환자의 심미적인 요구증가와 아말감의 수은 독성 및 공해문제, 복합레진의 꾸준한 개량으로 인하여 구치부 복합레진의 사용이 증가하고 있다^{1,2}. 복합레진은 환자의 심미적

요구를 충족시키면서 치질손상이 심하여 다른 수복재에 의해 유지력을 얻기 어려운 경우나 최소한의 치질만을 삭제하여 치아손상을 수복할 수 있는 면에서 임상에서의 사용이 더욱 증가하고 있으며 이에 대한 연구도 계속 이루어지고 있다.

구치부에 아말감을 대체하기 위한 재료로써 개발된 복합

"이 논문은 1997년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음"

레진은 향상된 물성에도 불구하고 수복후 경화시에 발생되는 중합수축으로 인한 와동벽과 수복물 사이의 변연누출의 발생^{4,6}과 특히 2급 와동에서 치정부로의 접근곤란, 격리의 어려움으로 인하여 부적절한 접착 및 인접면 접촉면 재현의 어려움이 발생하게 되고 이러한 문제로 인하여 슬후민감성, 2차 우식, 변색, 치수자극을 유발시켜 수복물의 실패를 야기하게 된다^{7,12}. 또한 구치부 2급 복합레진 수복에 있어 Ferrari와 Davidson¹³, Hilton 등¹⁴, Dietrich 등¹⁵은 치은 변연이 상아질 혹은 백악질에 위치되는 경우에는 성공이 의심스럽다고 하였으며, 실제로 임상에서 많은 2급 수복물의 인접면이 백악법랑경계나 그 하방에 위치하게 되므로 이들 수복물의 수명 또한 불확실해진다. 수복물의 형성이 잘 되었고 백악법랑경계 상방에 변연이 위치하더라도 온도, 화학적, 기계적 응력으로 인한 미세누출로 인하여 수복물의 실패가 발생할 수 있다^{16,17}. 이와같은 변연부 미세누출을 줄이는 것이 복합레진 수복물에서 해결해야 할 우선 과제가 되었고, 특히 구치부 2급 와동 복합레진 수복물에서 중합수축을 최소화시켜서 접합성을 증진시키고 변연누출을 줄이기 위한 여러 가지 방법이 소개된 바 있다. 즉, 법랑질에 사면을 형성¹⁷하고 법랑질 산부식법¹⁸, 향상된 상아질 결합제¹⁹를 이용하며 복합레진의 적층충전²⁰ 및 3점 조사식 중합술식²¹, 광전달 썬기과 투명한 matrix를 사용하는 방법²², 글래스 아이오노머 시멘트와 콤포머²³ 및 유동성 레진으로 와동을 이장하는 방법²⁴ 등이 제시되고 있다.

최근에는 인접 접촉점의 재현과 변연 폐쇄성을 향상시키기 위해 2급 와동 수복시 응축형 복합레진의 사용이 추천되고 있는 바, 응축형 복합레진은 filler함량이 최소 무게비 80% 이상으로 기존의 복합레진보다 낮은 중합수축율(선팽창율 1%이하)과 5mm이상의 중합깊이를 지니고 있다²⁵. 또한 1급 및 2급 구치부 아말감 수복의 대체물로서, 특히 2급 와동의 인접면에서 매트릭스를 충분히 팽창시켜 지지함으로써 긴밀한 인접면 접촉을 얻을 수 있다고 보고되고 있다^{1,2,3,24}.

응축형 레진에 관한 선행들의 연구로 Leinfelder 등¹⁴은 응축형 복합레진의 응축할 수 있는 특성으로 우수한 변연 적합성과 마모 저항성을 얻을 수 있다고 하였고, Simonsen과 Herrin²⁵은 응축형 복합레진의 물리적 성질이 기존의 복합레진 및 아말감에 필적할 만하다고 보고하였다. 한편, Leinfelder 등³⁰은 기존의 복합레진보다 응축형 복합레진이 구치부에 시적시 편리하고, 기술적인 면에서 다소의 잇점을 제시하지만 그들의 임상적 물성이 기존의 복합레진보다 지속적으로 좋다는 증거는 없고, 대부분의 기존 복합레진이나 아말감의 대체물로 선택될 수는 있지만, 모든 면에서 아말감보다 좋거나 동등하지는 않다고 보고하는 등 주로 응축형 복합레진의 물성에 집중되었으며 실제 임상에서 응용할 수 있는 수복에 관해서는 다소 미흡한 실정이다.

이에 본 연구에서는 치은측 변연이 백악질 변연을 갖는 구

치부 2급 와동을 형성한 후, 혼합형 복합레진(Z 100)과 응축형 복합레진(Ariston pHc, Pyraid, SureFil)으로 수복하고 치은측 변연의 미세누출 정도를 비교, 평가하기 위하여 시행하였다.

Ⅱ. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

응축형 복합레진으로 2급 와동을 수복시 기존의 혼합형 복합레진과 비교하여 미세누출의 정도를 평가하기 위하여 치관에 우식병소, 미세균열이 없는 발거된 상, 하악 대구치 40개를 실험치아로 사용하였다.

혼합형 복합레진인 Z 100과 응축형 복합레진인 Ariston pHc, Pyramid, SureFil을 충전재료로 사용하였다. (Table 1)

2. 실험방법

(1) 2급 와동형성

발거된 상·하악 제 3대구치의 치아표면에 부착된 유기물을 큐렛을 이용해 제거하고 불소가 함유되지 않은 세마제로 세마하여 생리식염수에 보관하였다. 치아를 혈액채취용 용기에 넣고 백악법랑경계부 하방 3mm까지 트레이용 아크릴릭 레진으로 매몰한 다음, 고속의 #701 carbide bur(ISO 500 314 168007 012, Komet, Germany)를 이용하여 근, 원심면에 2급 와동을 각각 형성하였다. 2급 와동의 치은측 변연은 백악법랑경계부 1mm 하방에 위치하도록 하였으며, 협설측 너비는 3.0mm, 근원심 폭경은 1.5mm가 되도록 형성하였다. 와동형성을 표준화하기 위하여 치아삭제용 장치를 제작하여 이용하였으며, 저속용 #701 carbide bur(ISO 500 204 168007 012, Komet, Germany)로 와동내면을 평활하게 한 다음 충전시까지 보관하였다.

(2) 와동 충전

와동형성이 완성된 치아를 사용되는 재료에 따라 4개의 군으로 분류하였다. 임상상황과 유사하게 하기위하여 몰드를 제작하여 치아를 위치시키고 투명한 매트릭스와 광전달 썬기를 장착한 후, 복합레진을 적층충전하는 방법으로 충전하였으며, 협, 설측 및 교합면에서 Spectrum™ 800 (650mW/cm², Dentsply Co. U.S.A.)으로 각각 40초씩 광조사하였다.

a. 군 분류

가. 실험 1군 (Scotchbond Multipurpose/Z 100군)

와동면을 35% 인산으로 15초간 산부식 처리하고 세척,

Table 1. Composite Resin used in this study

Group	Composite Resin	Bonding system	Manufacturer	Directions
1	Z-100	Scotchbond Multipurpose	3M Co	Tooth etched with 35% phosphoric acid for 15sec., rinsed, air-dried leaving dentin moist: primer applied, lightly dried for 5 sec., adhesive applied, light-cured for 10 sec. and composite placed.
2	Ariston pHc	Ariston Liner	Vivadent	Gently brush Ariston Liner into the cavity: Allow the material to react for 20sec. Subsequently, disperse Ariston Liner to a thin layer with blown air free of oil until no movement of liquid is visible. Then, light-cured for 20sec. and composite placed.
3	Pyramid	One-Step	Bisco	Tooth etched with 32% phosphoric acid for 15sec., rinsed, air-dried leaving dentin moist: One-Step consecutive two coats applied, lightly dried 10sec., light-cured for 10sec. One-Step applied, briefly air dry and composite placed.
4	SureFil	Prime & Bond NT	Dentsply, Caulk	Tooth etched with 34% phosphoric acid for 15sec., rinsed, air-dried leaving dentin moist: Prime & Bond NT applied, left wet for 20sec. air-dried for 5sec., light-cured for 10sec. Prime & Bond NT applied, air-dried for 5sec. and composite placed.

건조한 다음, Primer를 3겹으로 도포한 후 압축공기로 가볍게 붙여주었다. 결합제를 도포하고 압축공기로 가볍게 붙여준 후, 10초간 광중합을 시행하고, Z 100을 충전하였다.

나. 실험 2군 (Ariston Liner/Ariston pHc군)

와동면에 Ariston Liner를 도포한 후, 20초간 기다리고 압축공기로 붙여준 다음, 20초간 광중합을 시행한 후 Ariston pHc를 충전하였다.

다. 실험 3군 (One Step/Pyramid군)

와동면을 15초간 32% 인산으로 산부식 처리하고 세척, 건조하여 One Step을 연속 2번 도포한 다음 10초간 압축공기로 가볍게 붙여준 후, 10초간 광중합하고 Pyramid Dentin을 충전하였다.

라. 실험 4군 (Prime & Bond NT/SureFil군)

와동면을 34% 인산으로 15초간 산부식 처리하고 세척, 건조한 다음 Prime & Bond NT를 한 겹 도포하여 30초간 기다린 다음, 압축공기를 가볍게 붙고 10초간 광중합한 후, SureFil을 충전하였다.

b. 마무리 및 연마

충전이 완성된 근, 원심축의 2급 복합레진 수복물을 미세 입자의 다이아몬드 bur(ET bur, Diamond bur set 92,

Komet, Germany)와 Soflex disks(3M Co., U.S.A.)를 이용하여 마무리 및 연마하였다.

(3) 열순환 및 미세누출의 평가

마무리 및 연마가 완료된 치아는 100% 습도에서 7일간 보관한 후, 열 냉각 저항 시험기에서 5℃와 55℃로 100회의 열순환을 시행하였다.

열 순환을 시행한 치아의 와동 주위에서 1mm 떨어져서 nail varnish를 2겹으로 도포한 후, 치근단공을 sticky wax로 막고 2% methylene blue에 24시간 침적시켰다. 24시간 후 흐르는 물에 수세하고 아크릴릭 레진에 매몰하여 diamond wheel saw(South Bay Technology Co., U.S.A.)를 이용하여 근, 원심방향으로 절단하여 2급 와동을 수직으로 양분하였다. 20 배율의 광학 입체 현미경 (Olympus LG PS2, Japan)하에서 각 시편의 미세누출 정도를 Khera와 Chan²⁰⁾의 기준에 의하여 평가하였다 (Fig. 1).

0 = 미세누출이 없는 경우

1 = 치은벽 전체길이의 1/2미만 침투된 경우

2 = 치은벽 전체길이의 1/2 이상 침투되었으나 측벽에는 도달하지 않은 경우

3 = 치은벽과 측벽의 경계까지 침투된 경우

4 = 측벽을 넘어서 침투한 경우

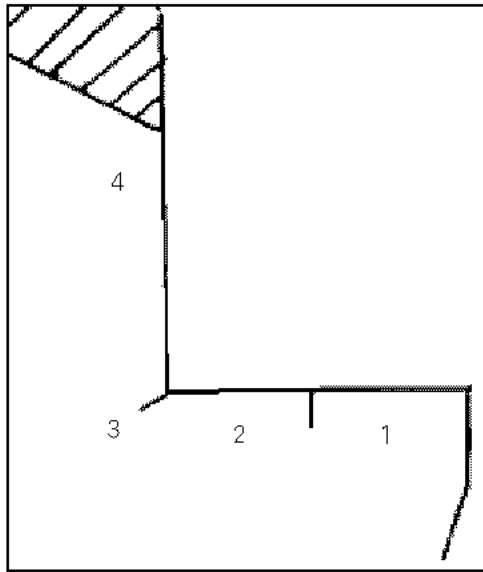


Fig. 1. Scoring of dye penetration

(4) 통계학적 분석

미세누출 정도의 각 군간의 비교는 Kruskal Wallis test 와 Mann Whitney를 이용하여 분석하고 통계학적인 유의성을 $p < 0.001$ 수준에서 검증하였다.

Ⅲ. 실험결과

80개의 와동을 기존의 복합레진과 응축형 복합레진으로 충전하여 인접면의 치은측 변연에서 미세누출정도를 측정하여 Table 2와 Fig 2와 같은 결과를 얻었다.

각 군에서 미세누출의 유의성을 검증하기 위해서 얻어진

자료는 통계처리 프로그램인 SPSS v7.5에서 비모수 통계 방법인 Kruskal Wallis를 시행하여 유의성을 검증하였고, 각 군간의 비교는 Mann Whitney test를 사용하였다.

치은측 변연에서 실험 1군(Scotchbond Multi purpose/Z 100군)은 다른 3군과 비교해 가장 적은 미세누출을 보였으며 이는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다 ($p < 0.001$). 3가지 응축형 복합레진 시편은 대부분의 시편에서 치은측 변연에 미세누출이 존재하였다. 실험 4군(Prmie & Bond NT/SureFil)은 실험 3군(One Step/Pyramid군)보다는 미세누출이 적었으나 ($p < 0.001$), 실험 2군(Ariston Liner /Ariston)과는 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.001$). 실험 3군(One Step/Pyramid군)에서 가장 큰 미세누출을 보였다.

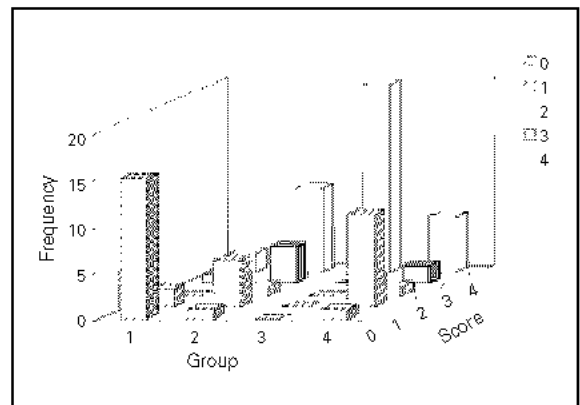


Fig. 2. Comparison of dye penetration

Table 2. The frequency of the dye penetration

Score \ Group	0	1	2	3	4
1	15	2	0	1	2
2	1	5	1	4	9
3	0	0	0	0	20
4	1	10	1	2	6

Table 3. Statistical analysis of the dye penetration between each group

Group	1	2	3	4
1		*	*	*
2			*	
3				*
4				

(Kruskal-Wallis test and Mann-Whitney test)

Group 1 : Z-100, Group 2 : Ariston pHc

Group 3 : Pyramid, Group 4 : SureFil

* : significant differences ($p < 0.001$)

IV. 총괄 및 고찰

최근 아말감의 대체 재료로써 구치부 수복에 복합레진의 사용이 증가하고 있다. 특히, 인접면에만 발생한 초기 우식의 수복시, 접착시스템을 이용한 충전방법은 아말감과 같은 기존의 방법과 비교하여 전전치질을 보다 많이 보존할 수 있다²⁰.

2급 외동의 복합레진 충전시 변연누출이 가장 큰 문제점으로 지적되고 있는 바, 본 연구에서는 치은측 변연이 백악질에 있는 구치부 2급 외동을 응축형 복합레진(Ariston, SureFil, Pyramid)과 혼합형 복합레진(Z 100)으로 수복하고 치은측 변연의 미세누출 정도를 비교, 평가하였다.

변연부 미세누출을 줄이기 위한 방법으로 tunnel 형 혹은 box 형 외동형성 등이 제시되었다. 이중 tunnel 형 외동은 우식병소에 접근하기 힘들어 우식을 완전히 제거하기가 어렵고 tunnel 외벽에 수복물질을 적절히 적합시키기가 힘들기 때문에 임상적으로 시행하는 것은 실패할 확률이 높다고 보고되어지고 있다²⁰. 반면, box형 외동형성에서 우수한 임상적 결과가 보고되었다^{28,29}.

직접법을 이용한 2급 복합레진 수복은 치은변연이 전전한 법랑질에 있을 때는 성공적인 방법으로 받아들여질 수 있으나 그 이하에서는 성공이 의심스럽다^{10,13,15}. 실제로 많은 2급 수복물의 인접면이 백악법랑경계나 그 하방에 위치하게 되므로 이들 수복물의 수명은 의심스럽다. 최근의 연구에서 치경부에서의 완전한 밀폐가 어렵고 이로 인해 미세누출의 발생이 확인된 바⁵, 백악질 및 상아질과 복합레진간의 접착이 주요 고려대상이 되고 있다. 이에 본 연구에서는 치은측 변연이 백악법랑경계 하방에 위치한 box형의 2급 외동을 형성하였으며 충전시 투명한 matrix bands와 광전달 췌기를 사용하였고 복합레진은 적층충전법을 이용하였다.

치경부 변연의 위치에 따른 미세누출 정도에 관하여, Fayyard 등³⁰, Gordon 등³¹, Hasegawa 등³², Phair 등³³은 외동변연이 법랑질에 존재하지 않은 백악법랑경계 하방에 존재하는 경우가 상방에 존재하는 경우보다 변연누출이 더 크다고 보고하였으며, Hembree 등³⁴은 외동치면 경계가 상아질에 위치할 때 변연누출이 더 크다고 하였다. 한편 수복물이 잘 형성되었고 변연부위가 백악법랑경계 상방에 위치하더라도 온도, 화학적, 기계적 응력으로 인한 미세누출과 이에 따른 수복물의 실패가 발생할 수 있으므로^{10,20}, 2급 외동의 치경부에서 만족스러운 변연을 얻는 것은 교합면이나 협,설측 변연과 비교하여 매우 어렵다 할 수 있다.

본 연구 결과 모든 실험군에서 미세누출이 발생하였는데 이는 혼화층 형성에 있어 변연부 상아세관의 주행방향이 영향을 끼쳤을 것으로 사료된다. 즉 상아세관이 수직적인 방향으로 주행하는 경우에서 수평적으로 주행하는 경우보다

두꺼운 혼화층을 형성하게 되므로 2급 외동의 치은연에서 혼화층 형성이 어렵고 복합레진이 법랑질 변연을 향해 수축하므로 백악질 및 상아질과 복합레진 계면에서 간극이 형성되었을 것으로 생각된다.

본 실험에서 사용한 복합레진은 3가지 종류의 응축형 복합레진과 혼합형 복합레진인 Z 100을 이용하였으며 각 재료의 중합수축율은 SureFil 2.4%, Pyramid 2.7%, Ariston 3.5%, Z 100은 2.8% 정도로 보고되었다²⁰. 본 연구에서 이용된 Z 100은 구상으로 분쇄한 입자를 혼합하고 glass ceramic을 규칙적인 입자로 고르게 분산시킨 고밀도의 복합레진으로 무게비 85%의 필러함량과 0.6 μ m의 평균 입자크기를 지닌 혼합형 복합레진이다. 반면 응축형 복합레진은 제조사에 따라 섬유소 필러가 많이 첨가된 것, 다공성 필러입자가 많이 들어있는 것, 점도조절제가 들어있는 것 등으로 기존의 전,구치부용 복합레진과 다른 특성을 지닌다. 본 연구에 이용된 응축형 복합레진인 SureFil은 불소가 함유된 크기가 다르고 불규칙한 형태의 필러입자가 혼합된 형태로 큰 필러입자가 응축되는 동안 더 작은 입자와 맞물리게 되면서 응축시 아말감과 유사한 느낌을 주며, 한번에 5 mm까지 적용시킨후 40초간 광조사를 시행하여 중합시킬 수 있다²⁰. Pyramid는 Pyramid Dentin과 Pyramid Enamel로 구성되어 필러함량은 Dentin이 80%, Enamel이 78%이며 필러의 주성분은 barium glass와 strontium glass이다. 필러크기는 Dentin은 2.0 μ m이고 Enamel은 0.7 μ m로 법랑질용이 연마성이 뛰어나다. 필러형태는 불규칙한 형태로 되어있다. Ariston pHc는 구강내에서 pH value화에 따라 active substances(OH, F, Ca²⁺ ions) 등을 방출하는 수복재료로서 치아와 수복재료간의 변연간극에서 법랑질과 상아질의 탈회를 지연시킬 수 있다. 무기질 필러는 alkaline glass, Ba Al fluorosilicate glass, ytterbium trifluoridem와 silicone dioxide로 구성된다(79%, wt%). 부가적으로 catalysts와 stabilizers(0.2%, wt %)가 함유되어 있다. 전체적으로 무기질 필러함량은 79wt%, 혹은 59vol%이다. 평균 입자 크기는 1.3 μ m이다.

본 연구에서 사용된 응축형 복합레진은 5세대 상아질 접착제인 단일용기의 상아질 접착시스템을 이용하고 있다. 이들 단일용액 시스템은 적용을 단순화시키고 대부분의 혼화층에서 보이는 다공을 감소시키는 장점이 있으나 우수한 접착을 위한 기회가 적고 건조한 상아질에 사용시 결합강도가 50%까지 감소된다. 단일 용액 시스템 중 특히 one step과 같은 acetone based primer가 가장 술식에 민감한 단계는 젖음성이며 단일용액 접착제는 고도의 휘발성, 짧은 유효기간, 술식에 대한 민감성 등과 같은 제한사항을 가지고 있다.

본 연구에서 혼합형 복합레진인 Z 100이 응축형 복합레진 보다 작은 미세누출 정도를 나타냈으며 이 결과는 SureFil, Solitaire, ALERT와 Z 100간의 미세누출에 관

해 연구한 Gallo 등¹⁰⁾의 연구결과 및 Herculite XRV, Brilliant, Tetric과 비교한 결과 Z 100이 가장 미세누출이 적음을 보고한 Haller 등³³⁾의 연구 결과와 유사하였다. 본 연구에서 실험 3군인 Pyramid에서 가장 큰 미세누출을 보였는데 이는 다른 군과 같은 조건을 부여하기 위해 제조회사에서 추천하고 있는 유동성 복합레진을 사용하지 않았던 것이 가장 큰 원인중 하나라고 생각된다.

본 연구결과는 응축형 복합레진의 사용이 구치부 2급 외동에서 혼합형 복합레진과 비교시 미세누출을 줄이는데 보다 더 효과적이지는 않았음을 보여준다. 본 연구에서는 복합레진과 그에 해당되는 접착시스템만을 이용해 2급 외동을 수복하여 미세누출을 평가하였으나, 향후 복합레진의 치질에 대한 결합력을 증가시켜 미세누출을 감소시키기 위해 이용되는 유동성 레진을 이용하는 경우에 대한 연구가 더 이루어져야 할 것으로 생각되며 복합레진 자체의 중합수축을 줄이는 노력과 더불어 상아질 접착제의 개량이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

구치부 2급 복합레진 수복시 응축형 복합레진의 미세누출 정도를 기존의 혼합형 복합레진과 비교하기 위하여 발거된 상, 하악 대구치의 근, 원심면에 box 형태의 2급 외동(협설 폭 3.0mm, 근·원심폭경 1.5mm, 백악법량경계 하방 1mm에 치은 변연)을 형성하고, 3가지 응축형 복합레진과 기존의 혼합형 복합레진으로 충전한 군으로 분류하여 색소 침투법으로 치은측 변연부 미세누출을 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 혼합형 복합레진으로 충전한 실험 1군(Z 100)에서 가장 적은 미세누출을 보였다.
 2. 응축형 복합레진에서, 실험 3군(Pyramid)은 실험 2군(Ariston pHc)과 실험 4군(SureFil)에 비해 가장 많은 미세누출을 보였다($p<0.001$).
 3. 실험 2군(Ariston pHc)과 실험 4군(SureFil)간에는 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p<0.001$).
- 이상의 결과로, 필러함량을 증가시킨 응축형 복합레진으로 2급 외동의 수복시 치은 변연이 백악법량경계 하방에 존재하는 경우에 있어 혼합형 복합레진과 비교하였을 때 미세누출을 억제하기 위해서는 추가적인 다른 방법이 필요함을 보여주었다.

참 고 문 헌

1. Leinfelder, K.F. and Prasad, A.: A new condensable composite for the restoration of posterior teeth. Dent. Today. 17(2):112-116, 1998.

2. Shortall, A., Bayliss, R. and Bayliss, M.: Microleakage of porcelain inlays, composite inlays and posterior composites. J. Dent. Res. 68(special issue), 890, Abst. 185, 1989.
3. Tonn, E.M., Ryge, G. and Chamber, D.W.: A two year clinical study of a cavable composite resin used as Class II restorations in primary molars. J. Dent. Child. 47:405, 1980.
4. Brannstrom, M., Torstenson, B. and Nordenvall, K.J.: The initial gap around large composite restoration in vitro: The effect of etching enamel walls. J. Dent. Res. 63:681, 1984.
5. Kanter, J., Korki, R.E. and Gough, J.E.: Evaluation of insertion methods for composite resin restorations. J. Pros. Dent. 41:45, 1979.
6. Redeljik, et al.: Water sorption of composite restorations and its influence on their marginal integrity. J. Dent. Res. 62:451, 1983.
7. 임경문, 이명중.: Composite resin의 근황. 대한치과외과학회지. 24:103, 1988.
8. Alperstein, K.S. et al.: Marginal leakage of glass ionomer cement restorations. J. Pros. Dent. 50(3):803, 1983.
9. Boksman, L., et al.: A visible light cured posterior composite resin: results of a 3 year clinical evaluation. J.A.D.A. 112:627-631, 1986.
10. Gallo, J.R., Bates, J.O. and Burgess: Microleakage and Adaptation of Class II Composite resin restorations using three condensable composites. 78th General Session of the I.A.D.R.
11. Gwinnett, A.J.: The adaptation of a visible light cured calcium hydroxide liner to dentin. Quint. Int. 19:2, 1988.
12. Jordan, R.E. and Suzuki, M.: Posterior composite restorations: where and how they work best. J.A.D.A. 122:30-37, 1991.
13. Ferrari, M. and Davidson, C.L.: Sealing performance of Scotchbond Multi Purpose Z 100 in Class II restorations. Am. J. Dent. 4:145-149, 1996.
14. Hilton, T.J., Schwartz, R.S. and Ferracane, J.L.: Microleakage of four Class II resin composite insertion techniques at intraoral temperature. Quint. Int. 28:135-144, 1997.
15. Dietrich, T., et al.: Marginal adaptation of direct composite and sandwich restoration in Class II cavities with cervical margins in dentine. J. Dent. 27:119-128, 1999.
16. Krejci, I., Lutz, F. and Krejci, D.: The influence of different base materials on marginal adaptation and wear of conventional Class II composite resin restorations. Quint. Int. 19:191-198, 1998.
17. Moore, D.H. and Vann, W.F.: The effect of the cavo surface bevel on posterior composite marginal leakage. J. Dent. Res. 65: Abst. No. 898, 1986.
18. Hembree, J.H. Jr., et al.: Microleakage evaluation of eight composite resins. J. Prosth. Dent. 44(3):279-282, 1980.
19. Suzuki, M., et al.: Relationship between composite resins and dentin treated with bonding agents. J.A.D.A. 118:75-77, 1989.
20. Le Claire, C.C., et al.: A 2 stage composite resin filling technique and microleakage below the CEJ. J. Dent. Res. 65: Abst. No. 799, 1986.
21. Lutz, Krijci, I. and Oldenburg, T.R.: Elimination of polymerization stresses at the margins of posterior

- composite restorations. *Quint. Int.* 17: 777, 1986.
22. John, H. and Payne, I.V. : The marginal seal of class II restorations : flowable composite resin compared to injectable glass ionomer. *J. Clin. Ped. Dent.* 23(2) :123 130, 1999.
23. 이인복, 조병훈, 손호현, 권혁춘, 엄정문 : 유동성 및 응축성 복합레진의 점탄성에 관한 유변학적 연구. *대한치과보존학회지.* 25(3) :359 370, 2000.
24. Leinfelder, K.F., Radz, G.M. and Nash, R.W. : A report on a new condensable composite resin. *Compendium.* 19(3):230 237, 1998.
25. Simonsen, R.J. and Herrin, H.K. : Condensable posterior composite resin? *J.A.D.A.* 113 :578 580, 1986.
26. Leinfelder, K.F., Stephen, C. and Edward, J. : Packable composites : Overview & Technical consideration. *J. Esthet. Dent.* 11:234 249, 1999.
27. Khera, S.C. and Chan, K.C. : Microleakage and enamel finish. *J. Prosth. Dent.* 39:414 419, 1978.
28. Niek, J., et al. : Microleakage of Class II box type composite restorations. *Am. J. Dent.* 11:160 164, 1998.
29. Nordbo, H., Leirskar, J. and Von der Fehr, F.R. : Saucer shaped cavity preparation for composite resin restorations in Class II carious lesions: Three year results. *J. Prosth. Dent.* 69:155 159, 1993.
30. Fayyad, M.A., et al. : Microleakage of dentine bonded posterior composite restorations." *J. Dent. Apr.* 15(2):67 72, 1987.
31. Gordon, M., et al. : Microleakage of posterior composite resin materials and an experimental urethane restorative material, tested in vitro above and below the cemento-enamel junction. *Quint. Int.* 17(1):11 15, 1986.
32. Hasegawa, E.A., et al. : Microleakage of indirect composite inlays. *Dent. Mat.* 5(6):388 391, 1989.
33. Phair, C.B., et al. : Microleakage of composite resin restorations with cementum margins. *J. Prosth. Dent.* 53(3):361 4, 1985.
34. Perry, R., Kugel, G. and Leinfelder, K. : One Year Clinical Evaluation of SureFil™ Packable Composite. *Compendium.* 20(6):544 553, 1999.
35. Haller, B. and Trojanski, A. : Effect of multi step dentin bonding systems and resin modified glass ionomer cement liner on marginal quality of dentin bonded resin composite Class II restorations. *Clin. Oral. Invest.* 2:130 136, 1998.