

복합레진 충전시 Glass Inserts의 적용이 변연누출에 미치는 영향에 관한 연구

단국대학교 치과대학 소아치과학 교실

김용철 · 김용기

Abstract

A STUDY ON THE EFFECT OF GLASS INSERTS ON MARGINAL LEAKAGE OF COMPOSITE RESIN RESTORATION

Yong-Cheol Kim, Yong-Kee Kim

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Dankook University

In this study, we tried to compare the effect of glass inserts on marginal leakage of composite resin restoration by comparing with that of several filling methods. The results obtained from this experiment were as follows ;

1. The degree of microleakage measured in glass inserts group was generally lower than that of the other groups. Statistical analysis showed significant intergroup difference between glass inserts and one complete unit, pre-polymerized composite resin ball ($P < .05$), but no significant difference between groups of glass inserts and increments ($P > .05$).
2. Scanning electron microscopic observation showed relatively large gap around resin-tooth interface in specimens restored the method of using the one complete unit and pre-polymerized composite resin ball whereas a denser and tighter was observed in increments and glass inserts group. Generally the gingival margin was shown to have better bonds than the occlusal margin in specimen of all groups.
3. In the present experiment, methods using the techniques of glass inserts and increments were evaluated to be superior to those of one complete unit, pre-polymerized composite resin ball in the aspect of microleakage. However, the result of this study could not determine the superiority of the use of glass inserts over incremental method. Besides the physical properties observed in this study, the practical aspect of clinical convenience should be considered in determining the selection of material.

I. 서 론

충전재는 열전도성이 낮으며 내부식성을 갖추어야 함은 물론 구강액에 불용성이어야 하며, 충전시 수축 팽창이 없어야 한다. 내마모성과 교합압에 저항할 수 있도록 강도가 우수해야 하고, 생물학적 및 심미적인 문제도 충족되어야 한다.

이상적인 충전재가 갖추어야 할 요건중에서 구강내 온도에 따른 충전재의 수축, 팽창 정도와 구강액에 의한 용해성 정도가 충전재와 외벽에 대한 적합성 여부를 결정짓는 요인이 되므로 충전재의 소요성질중 매우 중요한 문제로 지적되고 있다⁷⁰⁾.

그러나 대부분의 충전재는 충전후 경화함에 따라 수축 또는 팽창이 나타나고 경화후에도 구강내의 온도변화에 따른 열팽창계수가 치질과 상이하기 때문에 시간이 경과함에 따라 충전물과 치질사이의 변연부에 누출이 나타나게 된다. 이러한 변연누출로 인해서 구강내 음식물의 잔사 및 세균의 침입 가능성이 증가하여⁴⁹⁾ 수복된 치아에 과민반응과 2차우식증 및 변색을 유발하게 되며 나아가서는 수복물의 탈락과 치수병변을 일으키게 된다. 이와 같이 충전물의 변연누출은 임상에서 중요한 문제를 야기시키고 있기 때문에 충전후 충전재와 치질사이에 발생하는 변연누출을 줄이기 위한 연구가 꾸준히 진행되어 왔다.

1955년 Buonocore¹⁶⁾의 산부식법이 소개된 이후로 복합레진은 환자의 심미를 필요로 하는 부위에 수복물로서 주로 사용되어 왔다. 환자의 증가된 심미성을 만족시키면서 복합레진의 기계적 성질의 진보는 수복물중 레진의 사용을 증가시켰다. 초기 복합레진의 단점을 개선하면서 1960년대 중반에 1급, 2급 와동에서 구치부 복합레진이 소개된 이후 구치부에서도 복합레진으로 아말감을 대처하려는 시도가 계속되어 왔다^{64, 65)}.

Going⁴⁴⁾, Retief⁶⁷⁾ 등은 법랑질 산부식법과 치과용 접착제를 사용함으로써 수복물의 유지력 증가와 함께 변연누출을 감소시킬 수 있다고 보고하였다.

복합레진은 기질상, 분산상, 연결상으로 구성된다. 기질은 에폭시레진과 메타크릴레이트의 중간산물로서, 에폭시레진의 반응기를 메타크릴레이트군으로 대체하여 얻은 분자이고, 분산은 기질의 변화를 억제하고 기질을 이루는 레진의 열팽창계수를 감소 시키는 역할을 한다. 결정형의 수정이나 리치움유리, 칼시움, 실리케이트, 유리섬유나 beta-eucryptite 등을 70~80% 정도 사용한다. 입자크기는 대개 1-100 μm 정도이다. 그리고 결합재는 사이렌으로 충전재 표면을 처리하여 레진과 결합하도록 한다. 충전재 입자 표면에 결합재를 도포하여 충전재와 레진경계 부위에서 응력이 흡수되는 작용을 하도록 한다. 충전재와 레진사이에서 안전성이 있고 강한 결합을 갖도록 접착력을 주기 때문에 레진자체의 강도와 영구성을 결정하는 요인이 된다.

구치부 복합레진은 굵은 입자형, 미세입자형, 혼합형, 초미세입자형으로 분류된다. 굵은 입자형은 Bis-GMA 기질과 50-55%의 무기질 충전재로 구성되어 있다. 평균입자 크기는 45 μm 이다. 미세입자형은 1-6 μm 의 유리입자로 구성되며 소량의 석영을 넣어 응축도를 높이고 있다. 마모에 대한 저항도도 높고 기계적인 특성도 우수하다. 그러나 혼합형이나 초미세입자에 비해 연마면이 조잡하다. 혼합형은 0.04 μm 의 소형에서 5.0 μm 의 굵은 것을 혼합하고 있다. 충전재의 함량이 증가될수록 열팽창과 중합수축은 감소되고 완성과정도 용이하다. 그러나 초미세입자형같이 부드럽지는 못하다. 초미세입자형은 열팽창과 흡수성이 높고 쉽게 연마된다. 강도가 낮기 때문에 수복량이 큰 부위에는 사용할 수 없다.

구치부 복합레진의 적응증으로는 심미적으로 중요한 부위, 와동의 협설 넓이가 깊이보다 작은 경우, 치은변연이 건전 법랑질에 위치한 경우, 교합점이 주로 건전 법랑질 표면에 위치하는 경우이다.

구치부의 보존적이며 심미적인 수복술은 환자의 구강내에서 직접 이루어 지는 직접법, 기공실에서 이루어지는 간접법, 직접법과 간접법의 혼용등과 같이 다양하게 소개되었는데,

대표적인 것이 치과도재와 복합레진이다. 이들 심미 수복은 보존적이며, 적절한 유지와 저항 형태를 위해 충분한 잔존치질을 확보할 수 있고, 치질 삭제량을 감소시킨다. 도재 인레이와 온레이는 치과기공소에서 제작되는데, 이러한 간접법은 최적의 인접면 접촉과 치아의 외형을 형성하는데 도움이 되고, 미세한 두께의 복합레진만이 사용된다. 결과적으로 최소의 중합수축이 발생하게 된다. 그러나 도재수복술도 몇가지 단점을 지니고 있다. 완성된 도재를 적합할 때와 결합시 그리고 과도한 교합시 파절될 수 있다. 또한 내원횟수가 많을 뿐만 아니라 가격도 직접법에 의한 복합레진 수복보다 매우 높다¹⁸⁾.

컴파짓트 레진은 직접법과 간접법 모두에서 사용된다. 간접법은 도재수복술의 장점과 단점을 지니고 있다⁵⁵⁾. 직접-간접 컴파짓트 레진 수복은 구강외에서 레진을 중합하여 중합수축을 감소시키는 장점을 최대화 하는 경향이 있다. 또한 한 번의 내원만으로 끝이 난다. 그러나 이 방법은 별도의 특별한 장치를 필요로 하기 때문에 실제적으로 사용하기 어렵다¹⁹⁾.

가장 경제적이며, 심미적 방법이 직접법에 의한 복합레진 수복술이다. 이 방법은 1, 2급 와동의 보존을 위해 적합하다. 구치부 복합레진 충전시 장점으로는 심미성이 우수한 것이 가장 크며 이외에도 아말감에서 수은에 노출되는 것에 대한 관심의 증가와 인자재에 대한 문제점 해결 및 산부식술로 우수한 변연부 접합성을 얻을 수 있고⁶⁰⁾, 탄성이 크므로 변연부 파절에 저항하며⁷¹⁾, 와동 형성 후 교두가 파절되는 것에 대해서도 저항할 수 있다는 것이다.

소아치과 분야에서도 유전치 치아우식증의 심미적인 수복, 파절치아의 수복, 외상치아의 고정, 간격유지장치, 교정장치의 부착등 그 사용범위가 확대되어 사용되고 있다.

복합레진이 아말감을 대체하기 위하여서는 충분한 마모저항, 형태 재생, 취급 용이성, 변연부의 완벽한 폐쇄능력, 방사선 불투과성, 연마, 심미성등의 요구조건이 적절하여야 한다. 그러나 복합레진의 기계적, 물리적 성질이 임상적으로 문제를 야기시킬 수 있는데, 인접면

접촉의 상실, 교합면 마모, 중합수축과 같은 여러가지 문제점이 발견됐으며, 이로 인해 미세누출과 슬후감작의 원인이 되었다^{31, 61)}.

레진의 중합 수축은 치아와 수복물 사이면, 교두의 편향, 레진 기질의 미세파절과 같은 문제를 야기하고^{1, 31)}, 경화시 중합수축으로 인하여 수복물의 완전한 변연밀폐가 어렵다^{29, 79)}. 그래서 변연부 미세누출에 의해 변연부 착색과 2차우식증, 치수과민이 발생될 수 있으며^{43, 87)}, 특히 II급 와동에서 이러한 부작용이 심하다.

연구치에서는 마모저항이 치질보다 낮기 때문에 복합레진은 주변 치질보다 더욱 많은 마모를 보이고, 심한 마모도로 교합면의 해부학적 형태가 상실된다^{50, 59, 64)}.

복합레진의 열팽창 계수는 치질보다 높기 때문에 구강내 온도변화에 의해서 쉽게 팽창과 수축이 가능하여²⁶⁾ 변연누출이 야기된다^{54, 57, 79)}.

이와같은 재료자체의 물리적, 기계적인 결함을 줄이기 위한 많은 연구들이 진행되고 있는데, 최근에 1, 2, 3급 레진수복에서 치아의 외형을 회복시키고, 마모가 적고, 중합수축이 적은 직접법에 의한 글라스 인서트가 소개된 바 있다. 이들 글라스 인서트는 수복물의 중합수축을 감소시켜 미세누출을 감소시키고, 슬후감작을 줄이기 위한 메가필러로서의 경향을 지니고 있고 수복물의 마모를 감소시키고 접촉부의 형태와 접촉점을 회복시키는데 도움을 준다고 한다. 이에 관한 다수의 연구결과를 살펴보면 복합레진과 비교하여, 글라스 인서트는 0에 가까운 열체적 팽창과 중합수축의 감소, 미세누출 감소, 뛰어난 압축강도와 인장강도, 부피의 안정성 증가, 증가된 마모 저항도, 그리고 높은 탄성율과 같은 기계적 성질을 지니고 있다고 알려져 있다^{11, 14)}. 적합한 글라스 인서트의 사용으로 인접면 접촉이 개선되었고, 교합부위에서의 마모가 감소 하였으며, 또한 색조는 근접치질과 컴파짓트와 잘 어울리고 생체적합성이며 방사선불투과성이었다는 연구결과 또한 보고되었다^{11, 15)}. Feinman³⁷⁾은 글라스 인서트 대신에 전중합 레진볼을 사용하였는 바 전중합 레진볼이 동등한 복합레진의 양으로 대체되며 심미적으로 글라스 인서트보다 우수한

색조를 나타낸다고 주장하였다. 그러나 글라스 인서트와 복합레진은 수복물의 필러-레진비율을 증가시켜 레진 중합시 레진 콤팩트트의 수축을 감소시켰지만 반대로 전중합 레진볼은 미세누출을 감소시키는 효과가 없었으며, 단층충전보다 우수하지 못함이 2급 레진 수복물을 대상으로한 실험에서 보고된 바 있다⁴²⁾.

관련 문헌을 고찰하여 중합해본 결과, 중합수축에 따른 미세누출을 극소화하기 위한 다양한 방법중에서 글라스 인서트를 이용한 충전방법이 가장 최근의 방법이며 활발한 임상 적용이 이루어지기 위해서는 보다 많은 실험실 연구결과가 뒷받침되어야 하며, 국내에서 이루어진 연구가 없는 것이 국내의 임상적용에 걸림돌이 될 것으로 사료된다. 이에 본 연구에서는 글라스 인서트의 임상적 효율성을 주로 미세누출에 초점을 두고 전중합 레진볼과 두가지의 기존의 충전방법과의 비교를 통해 평가하기 위한 것으로서, 전술한 수종의 충전방법에 따른 중합 후에 나타나는 미세누출의 정도를 측정하고 아울러 레진과 치질의 접착계면을 주사전자현미경으로 관찰한 결과 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 문헌고찰

1. 복합레진

Nelsen등⁷⁰⁾은 변연누출이 유발되는 요인으로 충전재의 수축정도, 치질과의 상이한 열팽창계수, 그리고 구강액에 대한 충전액의 불활성 정도 등을 지적하였다. 복합레진의 중합수축은 monomer 분자가 액상에서 필요로 하는 부위보다 더 작은 공간으로 분자가 재배열되며 발생되는데³⁾, 변연적합의 부족, 교두의 만곡, 내부응력의 양성, 그리고 술후 감각등과 관계가 있고³²⁾, 복합레진 수복물의 수명과 생활치아의 감각에 큰 영향을 준다. 중합수축시 발생하는 힘은 변연적합을 상실시키고, 이때 발생하는 레진과 치질사이의 틈은 법랑질 표면의 산부식이나 상아질 결합제의 사용, 또는 물흡수에 의한 복합레진의 팽창에 의해 극복되지 못한다⁷⁶⁾. Bausch등³⁾은 수축량이 수복물의 수명을

결정하는 중요한 요소라고 보고한 바 있고, Goldman⁴⁶⁾은 체적수축 측정방법을 이용하여 중합수축정도를 분석한 결과, 광에 민감하고 필러가 다량 포함된 재료에서 1.67-5.68%의 수축율을 관찰 하였다. 현재 복합레진에서의 수축응력은 체적당 2.0-3.2%이다⁶⁷⁾. 그러나 산부식 처리와 중간 접착제 이용⁶⁶⁾, 그리고 인접면 와동치면우각에 사면을 형성³⁸⁾함으로써 변연누출을 줄일 수 있다.

Nelsen등⁷⁰⁾에 의하면, 레진중합시 발생하는 수축정도는 전체체적의 6-8%이고, 열팽창계수는 치질의 307배 정도가 되어서 구강내 온도변화에 따라 충전재의 변연누출정도는 상당한 영향을 받는다고 하였다. 복합레진의 열팽창계수는 $30-50 \cdot 10^{-6} \text{cm/cm/}^\circ\text{C}$ 이고, 일반레진의 열팽창계수는 $90 \cdot 10^{-6} \text{cm/cm/}^\circ\text{C}$ 이며²⁵⁾, 치아의 열팽창계수는 $10 \cdot 10^{-6} \text{cm/cm/}^\circ\text{C}$ 이다⁸¹⁾.

복합레진을 이용한 구치부 수복시 마모에 관하여, Leinfelder등⁶³⁾은 영구치에서의 구치부 복합레진 수복은 부적절하다고 하였으나, Nuckles등⁷²⁾은 1년까지는 좋은 결과를 보였다고 보고하였다. 한편 유구치에서, Tonn등⁸⁴⁾은 마모도가 심하여 사용할 수 없다고 하였으나, Christensen등²¹⁾, Leinfelder등⁶³⁾은 유구치 법랑질의 마모도가 복합레진 마모도와 유사하여 3년까지는 성공적이었다고 보고하였다. Krejci⁵⁹⁾에 의하면, II급와동에서의 복합레진은 마모도가 개선되었다 하더라도 인접면의 변연부 접합성이 좋지 않아서 부적절하다고 하였다. 평균 입자크기를 줄이고 필러양을 증가시키면 마모 저항성이 증가하고, 본래의 것보다 교합력에 대한 저항성이 10-15배 커진다고 보고 되었다^{41, 62)}. 그러나 마모도는 재료의 물리적, 기계적 성질 개선으로 현재의 한계점을 극복할 수 있을 것으로 기대된다⁷⁸⁾.

2. 복합레진의 문제점 해결 방법들

적층중합은 대부분의 술자가 중합수축을 감소시키기 위하여 사용하고 있는 술식이다. 비록 이 방법이 술식 시간을 증가시키지만 미세누출을 감소시키는데 탁월하다²⁶⁾. 최근 연구에서, 협설면 적층중합시 최소의 중합수축과 응력이

발생한다고 보고 되었다⁴⁸⁾. Donly와 Jensen²⁶⁾은 치아 협면에 스트레인 게이지를 부착하고 측정했을 때 협설로 나누어 충전한 경우가 한번에 충전한 경우보다 응력이 적다고 보고하였다. Fisbein³⁸⁾은 여러번 나누어서 충전하는 것이 첫번째 충전후 수축에 의하여 발생된 공간의 일부가 두번째 충전으로 채워질 수 있어서 색소 침투가 감소된다고 하였고, Kanca⁵⁶⁾, Nealon⁶⁹⁾도 치경부에서 한번에 충전한 군보다 여러번에 나누어 충전한 군에서 변연누출을 감소시킬 수 있었다고 보고한 바 있다. Lutz등⁶⁷⁾은 복합레진 경화시 수축하는 방향은 결합력이 약한 부위에서 결합력이 강한 부위로 향하며, 수축정도는 전체체적의 2.0~3.2%라고 하였다. 레진 경화시 중합수축의 방향은 부착력이 큰 부위로 향하므로 레진충진시 이를 여러번에 나누어 충전할 경우 유리면이 증가하므로 중합수축을 와동벽이 아닌 표면쪽으로 유도할 수 있다. 따라서 여러번 나누어 충전함으로써 변연누출을 줄일 수 있으며 Seltzer⁷⁹⁾도 이와같은 견해를 피력하였다.

Eick과 Welch³¹⁾는 주사 전자현미경 관찰 결과, 단층중합 방법에 의한 표본에서 큰 기포를 발견하였고, 치은교합 적층중합 방법에서는 인접면의 협설면 모두에서 레진-접착제-치아의 인접면사이의 균열을 관찰할 수 있었고, 협설 적층중합 방법시에는 기포가 매우 적고 치질과 긴밀하고 견고한 접착을 관찰할 수 있었다고 보고하였다.

Wilder등⁸⁵⁾의 보고에 의하면 레진내 기포형성 원인은 레진제조시 공기유입에 의한 것과 레진 조작시 혼합에 의한 공기유입에 의한 것으로 나눌 수 있으며, 후자의 경우 기포의 수와 크기가 커서 임상적으로 상당한 영향을 미치므로 혼합이 필요한 충전용 레진은 기포수를 줄이기 위한 임상적인 조작 방법이 요구되며, 혼합이 필요없는 광중합형의 레진은 기포수를 줄이기 위한 특별한 방법이 필요없다고 하였다.

Jacobsen⁵⁴⁾은 BIS-GMA를 함유하는 복합레진은 충전후 3분 이내에 전체체적의 3-7%가 수축되고 이러한 수축양상은 3-4주까지 계속된다고 하였고 충전후 4-6시간이 지나면 이

수축에 대한 보상이 시작되므로 마무리는 이 이후로 미루는 것이 좋다고 하였다. 만일 충전후 즉시 마무리를 시행한다면 레진기질은 많이 수축되며 따라서 충전재의 누출도는 증가하게 된다.

변연누출은 변연부에 사면을 형성하여 복합레진과 법랑질 접촉면을 넓히고, 산부식 처리후 상아질 접착제를 사용하며^{30,45)}, 여러번 나누어 충전하여^{38,56)} 개선할 수 있다. 와동변연부의 형태가 변연누출에 미치는 영향에 대하여 Black과 Retief⁷⁾, Hembree⁵³⁾가 보고한 바 있으며, 변연누출을 줄이기 위한 와동변연부 형태의 변형의 필요성에 대해서는 많은 견해들이 발표되고 있다^{33,34,60,77)}. Khera와 Chan⁵⁸⁾, Hembree⁵²⁾는 와동형성 방법과 와동형태에 따라 변연누출 정도에 차이가 있고, 와동우각 변연의 형태에 따라 변연누출 정도가 다양함을 보이며, 와동의 법랑질을 수동 기구로 정리하였을 경우 변연누출이 감소됨을 보고하였다. Hembree⁵¹⁾의 실험에서 2급와동 형성시 와동의 외형을 변형시켜 변연누출을 감소시키고자 하였으나 법랑질상에서의 변형은 미세누출에 큰 영향을 끼치지 않았으며, 신⁸⁸⁾등은 butt joint보다 미세누출이 약간 적었다고 하였다. 그러나 법랑질층이 적거나 없는 치경부 부위나, 저작력을 많이 받는 부위에서는 사면 형성을 금하고 있다⁸²⁾. Paquette등⁷⁴⁾은 우식 법랑질과 상아질만을 제거하는 변형된 형성 방법을 소개하였다. 그러나 1급과 2급 와동에서 25%의 실패율을 보였고, 기존의 형성 방법이 더욱 바람직하다는 결론을 내렸다. Oldenberg등⁷³⁾은 변연에 사각을 포함하는 기존의 형성 방법으로 보통의 기존 방법과 변형된 형성 방법보다 실패율(2.5%)을 감소시켰다고 보고하였다.

한편 중합수축의 단점을 개선하고 더욱 강도가 높은 구치부 복합레진 충전을 위하여, 와동형성후 인상을 채득하고 복합레진 인레이를 제작하여 장착할 때, 중합수축시 교두에 가해지는 응력을 감소시키고 인접면 치은변연에서 변연접합성 개선되며 치간 접촉을 조절할 수 있고 해부학적 형태를 부여하기 좋으며 연마가 쉽고 외부에서 열처리를 시행하여 마모를 감

소시킬 수 있다고 제안하였으나, 내원수가 증가하고 인상채득, 임시수복재, 기공과정이 필요하며, 치질 삭제량이 증가되는 단점이 있다²⁴⁾.

레진의 중합수축에 의해 야기되는 틈을 없애기 위해서는 근본적으로 레진 자체의 중합수축을 최소화 해야 할 뿐만 아니라, 상대적으로 약한 상아질과 수복재간의 결합력을 높여야 할 것이다. 이러한 결합력을 높이기 위하여 상아질 결합제가 개발되었다. 여러종류의 상아질 결합제의 개발^{4,23)}과 상아세관의 처리방법^{6,36)}이 소개되었다. 상아질결합제의 1세대는 50년대 말, 60년대 초에 걸쳐 개발된 것으로 임상적으로 성공을 거두지 못하였고, 2세대 상아질 접착제는 20년이 지난후에야 소개되었던 것으로 대부분이 Bis-GMA의 할로포스포러스 에터로 인-칼슘 결합를 통해 상아질의 무기질 성분에 접착시키려 했던 것이다. 그러나 이런 유형의 접착은 구강내에서 시간경과에 따라 용해되어 임상적 실패요인이 되었다. 제3세대 상아질 접착제는 1982년 Bowen⁹⁾에 의해 개발된 옥살레이트 상아질 결합체계로터 시작되었다. 이것은 취급이 매우 번거롭고 결과 또한 예측 불가능 하였지만 접착강도는 크게 향상되었다. 3세대 접착제는 산 용액으로 치면처리하여 도말층을 변형시키거나 제거하지만 기존의 1, 2세대 상아질 접착제는 변형되지 않은 원형의 도말층에 접착되었다. 이에 따라 주로 도말층 자체내 또는 도말층과 상아질간의 접착부위에서 실패가 일어 났던 것으로 이런층은 기구의 종류에 따라 다양하게 형성되며 냉각수 없이 회전기구를 사용했을 때에는 일반적으로 두텁게 형성된다. 도말층의 제거나 변형처리 후에 접착레진을 도포함으로써 수복물과의 결합을 도모할뿐만 아니라 상아질과도 접착하는 것이다. Munksgaard등⁶⁸⁾의 연구에 의하면 치질과 레진 접착제 사이의 결합력이 17MPa이 되면 중합수축 틈이 없어진다고 하였다. 산부식에 의한 복합레진과 법랑질간의 결합강도는 16-22 MPa인 반면, 1세대 상아질 결합제는 3MPa이었고, 2세대 상아질 결합제는 10MPa이었고, 3세대는 도말층을 제거 또는 변형시켜 결합력을

15-18MPa까지 발전 시켰다. 최근에는 상아질을 3% 페릭산과 10% 시트릭산을 혼합한 액으로 처리한 후 접착제를 도포하여 하이브리드층을 형성하는 Superbond C&B, Superbond D Liner 와 10% 인산인 All-Etch로 부식하는 All-Bond[®]라는 제 4세대 상아질 결합제가 개발되고 있으며, 실험실 연구에 의하면 상아질에 대한 결합력이 20MPa을 상회하는 것으로 보고되었다⁶⁾. Tani와 Buonocore⁶³⁾는 와동의 깊이를 조절하여 변연누출을 감소시킬 수 있다고 보고하였다.

Asmussen와 Jorgensen¹⁾에 의하면, 레진 수복물은 물을 흡수하여 팽창하는 현상을 수화성 팽창이라고 하였고, 중합수축에 의한 틈새를 감소시킨다고 보고한 바 있다. 레진의 수화팽창은 서서히 일어나는 반응이지만 초기 1-2 주동안 급속히 일어나는데, 이것이 변연누출을 어느정도 보상해 주지만¹⁰⁾ 완전히 변연누출을 보상하지는 못하고, 현재 개발된 레진 모두에서 수축을 충분히 보상할 만큼의 수화성 팽창이 있는 것도 아니다.

복합레진의 결점은 주로 레진 기질 구성요소에서 기인한다. 레진기질상에서 야기되는 결점을 감소시키기 위해 제조시 필러 함량을 75% 까지 증가시켜³⁹⁾ 치질과 유사한 강도를 갖게 하였다. 다량의 첨가제를 첨가시킬 경우에는 중합시 체적 수축을 감소시킬 수 있다. 구치부 수복에 필요한 적절한 첨가제의 양은 체적비 80% 이상 이어야 하며, 첨가제의 크기보다는 체적비가 증가할수록 복합레진의 강도는 증가된다. 입자의 크기로는 0.1 μ m 이하의 첨가제는 내마모성과 강도의 증가를 가져오며 최근에는 거대입자와 초미세입자의 혼합형이 입자 크기와 형태의 균일한 구성으로 기계적 성질이 크게 향상되었다⁶⁶⁾. Puckett과 Smith⁷⁶⁾는 중합수축이 필러 함유량과 반비례한다고 보고한 바 있다. Soderholm⁸⁰⁾은 필러 함유량의 증가는 열팽창 감소를 유발하며, 자연치질의 열팽창과 비슷하다고 보고 하였다. 레진 콤파짓트내 레진 기질을 감소시키기 위해 무기질 필러의 첨가는 중합수축과 탄성을 개선시켰다.

3. 글라스 인서트의 개발과 연구

메가필드 복합레진 수복물을 만들기 위해 고안된 글라스 인서트는 최근에 소개된 기술로 미국치과의사협회 보건기구와 국립표준기술원의 Paffenbarger 연구소에서 개발되었다. '나노필러'라고 명명되는 이것은 레진 중량의 90-95%까지 함유되는데 성공하여²¹⁾ 복합레진의 기질 성분에 의해 발생하는 임상적 문제점을 보완 할 수 있었다. 글라스 인서트의 임상적용 적응증은 수복물의 넓이가 협설교두침 사이의 거리 1/3보다 클 경우, 수복시 교합이되는 부위에, 와동의 직경과 깊이가 #6 round bur 크기일 경우, 인접면 우식 와동인 경우이다. Beta-quartz[®] 글라스 인서트는 실리카, 알루미늄, 리치아, 진크 옥사이드, 마그네시아, 티타늄 디옥사이드, 지르코늄 옥사이드, 알루미늄 메타포스페이트, 그리고 시리움 옥사이드를 녹인후 주형에 주입하고 2단계로 열처리하여 만든다^{12,13)}. 1단계는 원하는 형태의 결정체를, 2단계는 원하는 색과 투명도를 만든다. 최종 제조 단계에서는 표면에 사이런 결합제를 도포한다.

4. 글라스 인서트의 장점

글라스 인서트는 복합레진 수복시 메가필러로서의 역할을 하며, 레진의 수복양을 감소시키며 50-75%의 수축감소를 보이고, 복합레진 광중합시 광투과성이 있어 중합깊이를 증가시키고, 경도와 취약성 모두 도재보다 우수하고, 치아와 복합레진의 색과 유사하며, 방사선 촬영시 방사선불투과성으로 쉽게 관찰되고, 복합레진이 광중합될 때 수복물 표면보다는 글라스 인서트로 인장력이 발생한다. 복합레진과 비교하여, beta-quartz[®] 글라스 인서트는 0에 가까운 열팽창 계수와 중합수축의 감소, 미세누출 감소, 뛰어난 압축강도와 인장강도, 부피의 안정성 증가, 증가된 마모 저항도, 그리고 높은 탄성율과 같은 기계적 성질을 지니고 있다^{11,14)}. 적합한 글라스 인서트의 사용으로 인접면 접촉이 개선되었고, 교합부위에서의 마모가 감소 하였다. 또한 색조는 근접치질과 콤팩짓트와 잘 어울리고 생체적합성이며 방사선불투

과성이었다^{11,15)}.

글라스 인서트를 이용한 방법과 유사한 방법이 Feinman³⁷⁾에 의해 소개 되었는데, 글라스 인서트 대신에 전중합 레진볼을 사용하였다. 전중합 레진볼이 동등한 복합레진의 양으로 대체되었다. 심미적으로 전중합 레진볼은 글라스 인서트보다 우수한 색조를 나타낸다. 그러나, 글라스 인서트와 복합레진은 수복물의 필러-레진 비율을 증가시켜 레진 중합시 레진 콤팩짓트의 수축을 감소시켰지만 반대로 전중합 레진볼은 미세누출을 감소시키는 효과가 없었으며, 단층중합보다 좋게 없었다. 2급 레진 수복시 본 실험과 유사한 보고가 있었다⁴²⁾.

Beta-quartz[®] 글라스 인서트의 압축강도는 아말감(340MPa)²⁰⁾, 복합레진(300-350MPa)⁷⁵⁾, 법랑질(261MPa)⁷⁵⁾, 상아질(296MPa)⁴⁷⁾보다 높은 486MPa을 보이고, 인장강도는 아말감(43MPa)²⁰⁾, 복합레진(70-90MPa)⁷⁵⁾, 법랑질(10.3MPa)⁷⁵⁾, 상아질(51.5MPa)⁷⁵⁾보다 높은 54MPa을 보이며, 경도는 아말감(100-150 KHN), 복합레진 (50-60KHN), 법랑질(343 KHN), 상아질(68KHN)보다 높은 700KHN을 보인다.

5. 글라스 인서트의 미세누출 감소 효과

글라스 인서트는 콤팩짓트의 변연수축에 의한 틈새와 미세누출을 최소화 하였다. 이것은 아말감의 열팽창계수보다 낮다. George와 Richard⁴⁰⁾는 Beta-quartz[®] 글라스 인서트와 복합레진 수복물에서의 변연 틈새는 전 복합레진 수복물에서의 틈보다 42% 정도가 감소되었다고 보고한 바 있다.

레진 콤팩짓트와 Beta-quartz[®] 글라스 인서트의 미세누출 차이는 두 재료의 열팽창의 차이와 관계가 있다. 글라스 인서트의 열팽창계수는 상아질의 열팽창계수와 비슷하다. 그러므로, 약간의 더해진 응력이 표본의 thermocycling동안 발생했다고 예측할 수 있다⁵⁾. 레진 콤팩짓트의 선 열팽창계수는 상아질의 선 열팽창보다 3배나 크다⁹⁾.

III. 연구 재료 및 방법

1. 연구 대상

교정치료를 위해 발거된 대구치중에서 협, 설면에 우식이나 결손 부위가 없는 건전한 대구치 80개를 대상치아로 선정하였으며, 상아질 결합제로 Scotchbond® Multi-Purpose system (3M, USA)과 와동충진 재료로 복합레진 Z100® (3M, USA)을 사용하였고, Visilux® (3M, USA)를 이용하여 광중합 하였다.

2. 연구 방법

(1) 실험 I: 미세누출 실험

① 대상치아의 준비

생리식염수에 보관된 대상 대구치(80개)의 CEJ부위를 disc를 이용하여 절단하여 치관을 분리하였다. 치관표면에 잔존하는 유기물질을 scaler로 제거하고 불소가 들어 있지 않은 퍼미스로 세마하여 24시간 동안 37°C 탈이온수 (Deionized Distilled Water)에 보관하였다.

② 와동형성

고속용 #330 carbide bur를 사용하여 대상 치아의 협면에 3.0×3.0×2.0mm의 5급와동을 형성한 후, 저속용 #330 carbide bur로 와동을 평활하게 하였다. 그후 와동을 3% 하이드로젠 페로사이드로 10초간 처리 하였고, 증류수로 깨끗이 세척하고 불순물이 섞이지 않은 온풍 (Clean warmer, 세재상사, 한국)으로 건조 시켰다.

③ 치면처리

Scotchbond® Multi-Purpose system(3M, USA)의 에천트, 프라이머, 결합제로 치면처리 하였다. 15초간 에천트를 적용시킨후 20초간 수세후 불순물이 섞이지 않은 온풍(Clean warmer®, 세재상사, 한국)으로 건조 시켰고, 프

라이머를 한 번 적용하고 건조시킨후, 결합제를 도포후 10초간 Visilux®(3M, USA)를 이용하여 광중합 하였다.

④ 충전

계획된 실험조건(Table 1)에 따라 4군으로 나누었다. 모든 표본을 대상으로 1인의 술자가 와동내에 복합레진 Z100® (3M, USA)으로 충전 하였고, 여러번으로 나누어 충전하는 경우, 매 충전시마다 20초간 광중합 하였다. 전중합 복합레진볼을 표준화하기 위하여 Beta-quartz® 글라스 인서트를 고무 인상제인 Xantopren®으로 인상을 채득 후, 인상체에서 복합레진 Z100®으로 충전하여 광중합시켰다. 충전후 37°C 증류수에 24시간 보관하였다가 Sof-Lex®(3M, USA) 폴리싱 디스크로 연마하고, 5°C와 55°C에서 500회 thermocycling을 시행한 후 37°C 증류수에 보관하였다.

⑤ 색소 침투

수복물과 주변 1mm를 제외한 모든면에 네일 바니쉬를 3회 이상 균일하게 도포하여 충분히 건조시킨 후 0.05% 베이직 푼신 염색제 용액에 담구어 항온기에서 37°C로 24시간 보관 하였다.

⑥ 표본절단과 미세누출 양상 조사

표본을 베이직 푼신 염색제 용액에서 꺼내 흐르는 물에 세척한 후 건조하여 다이아몬드 디스크로 수복물의 정중앙 부위를 지나도록 치아를 협설측으로 절단하고, No. 800과 No. 1000 실리콘 카바이드 그리트 페이퍼로 연마 하여 Stereoscope(Nikon, Japan)하에서 배율 45배로 관찰하였다. 미세누출 양상은 교합면과 치은연 부위에서 색소침투 정도에 따라 다음과 같은 4단계로 나누어 측정하였다(Table 2).

(2) 실험 II: 주사전자 현미경 관찰

표본의 치질과 레진의 계면을 관찰하기 위해 주사 전자현미경 관찰용 절편을 습한 상태에서

Table 1. Regimen of application technique

Group	Application technique
I	polymerization as one complete unit
II	polymerization with prepolymerized resin composite balls
III	polymerization in gingivo-occlusal increments
IV	polymerization with glass-ceramic inserts

Table 2. Scoring method of marginal leakage

Score	Extent of dye penetration
0	No penetration
1	Partial penetration into enamel wall
2	Moderate penetration into enamel and dentin wall
3	Severe penetration into axial wall
4	Extensive penetration toward pulp along dentinal tubules

(Adopted from Hembree, J.H. ; 1976 JADA)

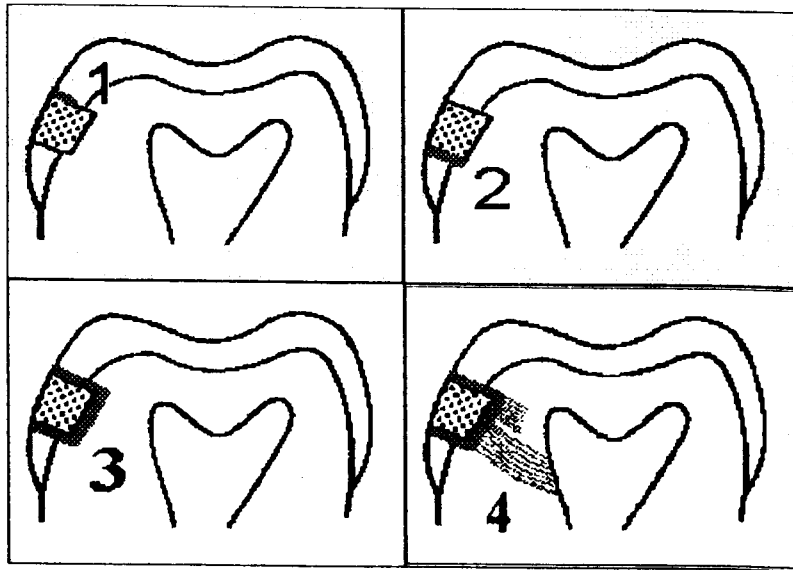


Figure 1. Schematic drawing of scoring method of the degree of microleakage

1000 grit의 실리콘 카바이드를 이용하여 활택한 후 도말층을 제거하고 주변 상아질을 용해시켜 계면을 양각시키고자 0.01mol/L 염산용액으로 20초간 세척하였다. 그후 이들 표본을 증류수로 수세한 다음 37°C에서 24시간 건조시켰다. 완성된 표본을 주사 전자현미경 코터(Biorad, England)를 이용하여 20nm의 두께로 금피복을 시행한 다음 주사 전자현미경(JSM-5200, JEOL, Japan)으로 가속전압 20kV하에서 관찰하였다.

IV. 연구 결과

1. 미세누출 실험

교합면연부에서의 미세누출(Table 4, Figure 2)은 모든군이 score 0와 1에 주로 분포하였고, Glass insert군이 다른 군들보다 미세누출이 적었으며, III군(Gingivo-occlusal increments), II군(Prepolymerized resin composite balls), I군(One complete unit) 순으로 미세누출이 적었다. 이상의 자료를 토대로 각 실험군간의 유의차를 검증하기 위한 통계분석 결과(Table 5) 모든군 사이에서 유의차가 없었다($P > .05$).

Table 3. Microleakage scores obtained at both occlusal and gingival margins of samples in each group

Group Sample	I		II		III		IV	
	occlusal	gingival	occlusal	gingival	occlusal	gingival	occlusal	gingival
1	0	4	1	4	3	0	1	3
2	0	4	1	3	1	2	1	2
3	1	3	1	3	0	2	3	0
4	1	3	3	3	0	4	0	1
5	1	3	1	3	1	1	1	1
6	1	3	1	3	1	3	0	4
7	1	3	0	3	0	3	1	2
8	2	3	1	3	1	4	0	2
9	3	3	0	3	0	1	0	1
10	0	3	0	3	0	3	0	2
11	3	4	1	4	0	2	0	3
12	1	3	3	3	0	2	0	2
13	1	3	0	4	0	2	1	2
14	0	3	3	3	0	1	0	2
15	3	3	1	3	0	2	0	0
16	1	4	1	3	1	2	0	3
17	0	4	0	4	2	1	0	2
18	3	3	0	3	1	2	2	2
19	1	3	0	3	0	4	2	2
20	1	3	0	3	2	2	0	2

Table 4. Frequency of microleakage scores of occlusal margin in each group

Group	Score 0	1	2	3	4
I	5	10	1	4	0
II	8	9	0	3	0
III	11	6	2	1	0
IV	12	5	2	1	0

Table 5. Statistical analysis in microleakage scores of occlusal margin between groups

	I	II	III	IV
I				
II	—			
III	—	—		
IV	—	—	—	

* : Statistically significant difference ($P < .05$)

— : No statistically significant difference ($P > .05$)

from Kruskal-Wallis Test

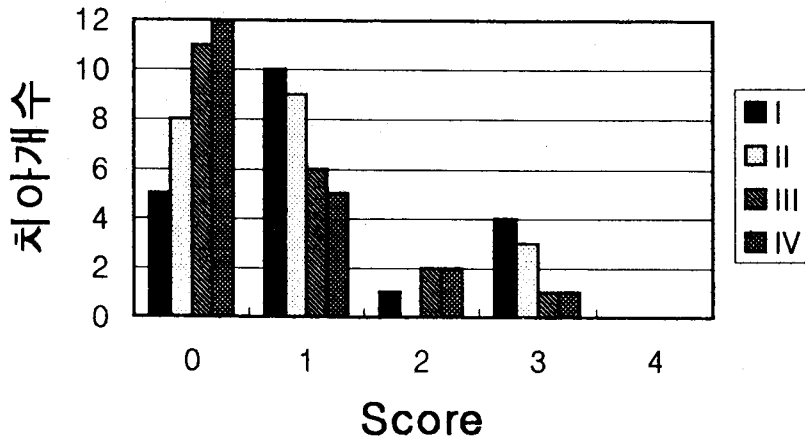


Figure 2. Bar graph representing frequency of microleakage scores of occlusal margin in each group

치은변연부에서의 미세누출(Table 6, Figure 3)은 I군(One complete unit)과 II군(Prepolymerized resin composite balls)은 score 3과 4에 주로 분포하였고, III군(Gingivo-occlusal increments)과 IV군(Glass-ceramic inserts)은 score 1과 2에 주로 분포하였다. IV군(Glass-ceramic inserts)의 미세누출이 가장 적었으며, III군(Gingivo-occlusal increments), II군(Prepolymerized resin composite balls), I군(One complete unit) 순으로 미세누출이 적었다. 이상의 자료를 토대로 각 실험군간의 유의차를 검증하기 위한 통계분석 결과(Table 7), I군과 II군, III군과 IV군 사이에서는 통계학적 유의차는 없었으나($P > .05$), I군과 III군, I군과 IV군, II군과 III군, II군과 IV군 사이에서는 각각 유의차가 있었다($P < .05$).

교합변연부와 치은변연부에서 측정된 값중

큰값을 대표값으로 하였을 경우(Table 3, Table 8, Figure 4) 치은변연부에서의 결과와 같았고, IV군은 score 2까지 75%의 빈도를 보였고, III군은 70%의 빈도를 보인 반면, I군과 II군에서는 score 3에서만 각각 75%, 80%의 빈도를 보였다(Figure 5).

2. 주사 전자현미경 관찰

I군(One complete unit)과 II군(Prepolymerized resin composite balls)에서는 치질과 레진사이의 gap이 큰 것을 관찰할 수 있었으며, III군(Gingivo-occlusal increments)에 비해 IV군(Glass-ceramic inserts)의 치질과 레진사이의 접촉면이 긴밀하고 견고한 것을 관찰할 수 있었고, 모든군에서 치은변연보다는 교합변연에서 우수한 접합형태를 보였다.

Table 6. Frequency of microleakage scores of gingival margin in each group

Group	Score 0	Score 1	Score 2	Score 3	Score 4
I	0	0	0	15	5
II	0	0	0	16	4
III	1	4	9	3	3
IV	2	3	11	3	1

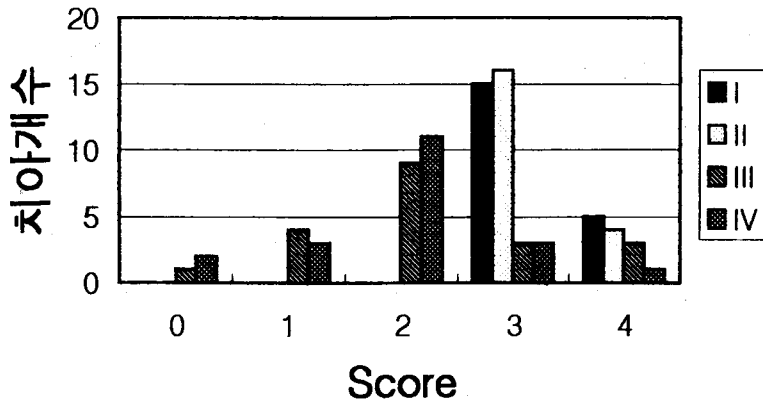


Figure 3. Bar graph representing frequency of microleakage scores of gingival margin in each group

Table 7. Statistical analysis in microleakage scores of gingival margin between groups

	I	II	III	IV
I				
II	—			
III	*	*		
IV	*	*	—	

* : Statistically significant difference ($P < .05$)

— : No statistically significant difference ($P > .05$)

from Kruskal-Wallis Test

Table 8. Frequency of microleakage scores in each group

Group	Score 0	1	2	3	4
I	0	0	0	15	5
II	0	0	0	16	4
III	0	3	11	3	3
IV	1	3	11	4	1

Table 9. Statistical analysis in microleakage scores between groups

	I	II	III	IV
I				
II	—			
III	*	*		
IV	*	*	—	

* : Statistically significant difference ($P < .05$)

— : No statistically significant difference ($P > .05$)

from Kruskal-Wallis Test

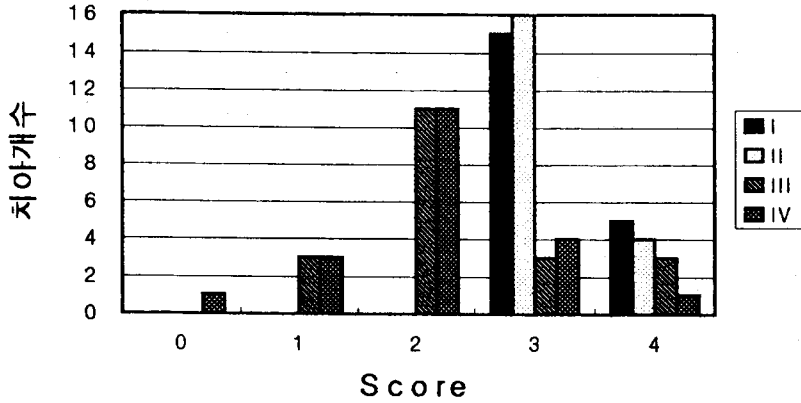


Figure 4. Bar graph representing frequency microleakage scores in each group

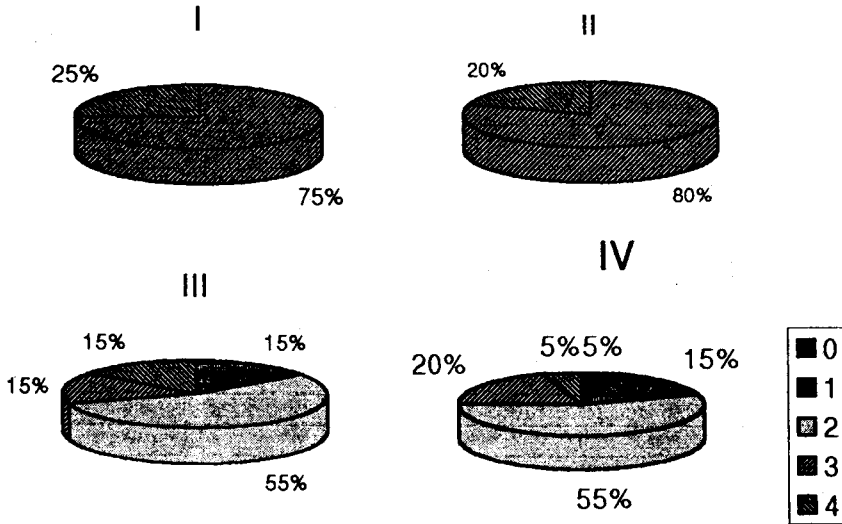


Figure 5. Data distribution of microleakage scores in each group

V. 총괄 및 고찰

필러가 함유되어 있지 않은레진은 물리적 성질중에서 중합수축과 열팽창계수가 크므로 이러한 레진에 50-60%의 필러를 첨가하여 복합레진을 개발하였고, 광중합 복합레진이 개발되어 중합시간을 자유 자재로 조절할 수 있고 연마시간을 단축할 수 있게 되었다. 그러나 복합레진은 열팽창계수의 차이와 경화시의 중합수축등으로 변연밀폐가 매우 어려우며, 또한

변연부 접합성은 범랑질의 산탈회방법, 상아 질접착제의 사용, 외동형태 및 형성방법, 수복물의 충전방법, 마무리 술식과 수복재 자체의 성질에 좌우된다.

본 실험에 사용된 Z100®은 필러의 직경이 0.01-3.5인 지르코니아/실리카를 66% 첨가시킨 혼합형 가시광선 중합형 복합레진이며 첨가제는 사이런 결합제로 도포되어 있다. 함께 사용한 중간접착제인 Scotchbond® Multi-Purpose system은 상아질에 접착하기 위하여 프라이머가

필수적이며 산부식 처리된 범랑질과 상아질에 결합하여 유지와 변연밀폐를 돕는다.

인위적 변연누출을 위해 온도변화를 실시하였는데, Nelson⁷⁰⁾과 Selzer⁷⁹⁾는 구강내에서 충전물의 가장 낮은 온도는 4°C의 얼음물을 마실때의 9°C이고 가장 높은 온도는 60°C의 커피를 마실때의 52°C로 측정된다고 하였으며 복합레진의 열팽창계수($20-32 \times 10^{-6} \text{mm}/\text{C}$)가 치질의 열팽창계수($11.4 \times 10^{-6} \text{mm}/\text{C}$)보다 2-3배 크므로 복합레진 수복물의 변연누출이 온도변화의 영향을 받는다는 보고에 따라 4°C와 60°C물에 1분간 교대로 침윤시키는 온도변화를 실시 하였다.

본 연구에서 변연 접합성을 비교한 결과 범랑질 변연에서는 충전 방법에 관계없이 우수한 변연접합성을 보였다. 이는 교합변연부에서는 충분한 두께의 범랑질이 존재하여 산탈회 방법과 중간접착제의 사용에 의해 좋은 결합력 및 밀폐성을 유지함으로써 충전방법이 변연부 접합성에 영향을 미치지 못하는 것으로 생각 되는데, 이는 Azarbal²⁾, Kanter⁵⁷⁾, 이⁸⁹⁾의 연구보고와 일치하고 있다.

치은 변연부의 상아질에서는 단층중합군과 전중합 복합레진불균의 변연누출이 적층중합군과 글라스 인서트군보다 통계학적 유의성 있게 많았고, 적층중합군은 글라스 인서트군보다 변연누출이 다소 많았지만 통계학적 유의차는 없었다. 단층중합군과 전중합 복합레진불균의 변연누출이 많았던 이유는 상아질접착제와 상아질이 일단 접착되었다가 경화되는 동안, 상아질과의 결합력보다 더 큰 중합수축에 의한 응력에 의해 결합이 파괴되면서 범랑질쪽으로 들려 올라간 것으로 생각된다. 즉 상아질에서는 상아질에 대한 산탈회도 치수의 유해작용으로 사용이 제한되며 상아질과 직접 접착되는 접착제도 범랑질에 비해 현저히 떨어지고 있어 상아질에서의 변연접합성을 유지하기 힘들다.

레진을 충전하는 방법은 다양한데, 광중합 레진 충전시 종종 한번에 충전하지 않고 여러 번으로 나누어 소량씩 첨가하면서 충전할 경우, 큰 와동 수복시 광원에 의하여 중합될 수 있는 제한된 수복재의 두께를 보완하며 적절한 의

형을 유지할 수 있어 연마하는데 걸리는 시간이 단축되는 등의 장점을 갖는다. Erickson⁸⁵⁾과 이등⁸⁹⁾은 한번에 충전한 경우 보다 여러번으로 나누어 충전한 경우에서 치경부의 미세누출을 줄일 수 있다고 하였고, Hansen⁴⁸⁾은 2단계 중합술식에서 사선층에 의한 충전방법으로 25%의 변연누출이 감소되었다고 하였다. Donly와 Jensen²⁶⁾, Leinfelder⁶¹⁾는 적층중합이 미세누출을 감소시키는데 탁월하였고, 2급와동에서 협-설 적층중합시 최소의 중합수축과 응력이 발생했다고 보고하였다. Donly²⁶⁾등은 협-설 적층중합수축은 치은-교합 적층중합보다 통계학적 유의성 없게 적었으며, 단층중합 수축보다 통계학적 유의성있게 적었다고 하였고, 이등⁸⁹⁾은 교합변연부에서는 충전방법에 따른 변연누출의 차이는 없었지만 치은변연부에서는 여러번 나누어 충전한 군에서 통계학적 유의성 있게 변연누출이 적었다고 하였다. 본 연구에서도 단일충전군보다 적층충전군에서의 변연누출이 통계학적 유의성있게 적었다.

필러 함유량에 관한 연구에서, Bullard¹⁷⁾은 열팽창 계수와 미세누출과의 관계를 연구한 결과, 열팽창 계수가 낮을수록 적은 미세누출을 보였다고 하였고, Soderholm⁸⁰⁾은 필러 함유량 증가시 열팽창 감소를 보였으며, 자연치질의 열팽창과 비슷했다고 보고하였고, Puckett⁷⁶⁾은 중합수축이 필러 함유량과 반비례한다고 하였다.

그러나 필러 함유량의 증가는 한계가 있으며, 이를 극복하기 위한 방법으로 글라스 인서트 개발되었다. Dagani²²⁾는 글라스 인서트에 의해 레진 중량의 90-95%까지 필러를 함유하는데 성공하여, 복합레진의 기질성분에 의해 발생하는 임상적 문제점을 보완할 수 있었고, Bowen⁹⁾은 글라스 인서트가 중합수축을 감소시키고, 경도와 강도가 크며, 교합면과 인접면 와동 레진수복물의 내구성을 개선시켰다고 하였고, Robert⁷⁸⁾는 중합수축을 50-75% 감소시켰다고 보고하였다. Donly²⁷⁾은 glass-ceramic inserts를 포함하는 협-설 적층중합군이 미세누출이 가장 적었다고 하였고, George⁴⁰⁾은 복합레진 수복물의 변연틈새를 42% 감소

시켰다고 보고한 바 있다. Feinman³⁷⁾은 심미적으로 글라스 인서트보다 우수한 색조를 지닌 전중합 복합레진볼을 사용하여 실험한 결과, 미세누출을 감소시키는 효과가 없었고 단층중합와 비슷한 미세누출을 보였다고 하였으며, 그 이유는 필러와 레진 비율의 차이 때문이라고 지적하였다. Godder⁴²⁾도 2급와동에서 글라스 인서트가 전중합 복합레진볼보다 미세누출이 적었다고 보고한 바 있고, Evan³⁵⁾은 전중합 복합레진볼이 beta-quartz[®] 글라스 인서트보다 미세누출이 매우 높았고, 그 이유는 열팽창계수의 차이와 관계 있다고 하였다. Bayne⁴⁾은 beta-quartz[®] 글라스 인서트의 열팽창계수는 상아질과 비슷하고, 레진볼은 상아질의 3배였다고 하였다. 본 연구에서도 전중합 복합레진볼군보다 글라스 인서트군의 미세누출이 통계학적 유의성 있게 적었으며, 적층충전군보다는 통계학적 유의차 없이 적었다. 그러나 중합시간이 적층충전군보다 매우 짧기 때문에 임상술식 시간을 감소시킬 수 있는 장점을 지닐 수 있다고 사료된다.

본 실험에서 사용된 전중합 복합레진볼을 표준화하기 위하여 Beta-quartz[®] 글라스 인서트를 고무 인상제인 Xantopren[®]으로 인상을 채득 후, 인상체에서 복합레진 Z100[®]으로 충전하여 광중합시켰다. 레진경화시 중합수축의 방향이 변연접합성에 영향을 미치는데 광중합레진은 광원에 가까운 표면에서부터 경화되기 때문에 바깥층을 향해 수축이 일어난다. 이러한 수축력에 의해 치은변연부에서 기계적 결합을 하고 있는 법랑질이 파괴될 수 있고 복합레진 내에도 파절선이 야기된다. 글라스 인서트의 장점중 하나가 광투과성이다. 이러한 광투과성에 의해, 표면에서 광을 조사할 경우에 와동의 깊은 곳까지 광이 투과되기 때문에 레진을 균일하게 경화시킬 수 있고 레진이 경화시 발생하는 수축을 최소화할 수 있다.

미세누출을 평가하기 위한 방법으로는 색소 이용법, 방사선 동위원소 이용법, 전기 화학법, 방사화분석법, 전자현미경등이 이용되어 왔는데, 그중에서 염색을 이용하여 염색이 침투한 정도를 가지고 미세누출 정도를 평가하는 방

법이 가장 널리 쓰여지고 있다. 그러나 이 방법은 다른 실험방법과 비교, 평가하기에는 편리하나, 변연접합성을 직접 관찰할 수가 없으므로, 본 실험에서는 염기성 폭신 염색제를 이용한 색소 이용법으로 미세누출 정도를 평가하였고 주사 전자현미경으로 수복물과 치질사이의 변연접합성을 정확히 파악하였다. 즉, 수복물 주위의 틈에 대한 형태학적 관계를 관찰할 수 있었다.

Crim²⁰⁾은 염색을 이용하여 충전방법에 따른 변연누출 정도를 측정하였는데, 충전방법에 따른 변연누출의 차이는 없었으며 사용된 접착제의 종류에 따른 변연누출의 차이가 있다고 보고하였고, 국내에서는 이가 자가중합레진과 광중합레진을 사용, 충전방법에 따른 변연누출정도를 염색을 이용, 평가하였는데 치은변연부에서 광중합레진의 경우, 충전방법에 따른 미세누출의 차이가 없다고 보고한 반면, David²³⁾, Eick와 Welch³¹⁾는 2급와동에서 광중합레진을 이용하여 충전방법이 중합수축에 미치는 영향을 주사 전자현미경으로 관찰하였는데, 단층중합 충전방법에서 가장심한 중합수축이 나타났으며 협설적층 충전방법이 중합수축을 최소화 할 수 있는 방법이라고 주장하였고, Eick과 Welch³¹⁾는 주사 전자현미경 관찰결과, 단층중합 표본에서 큰 기포를 발견하였고, 협설적층중합 표본에서는 기포가 매우 적고 치질과 긴밀하고 견고한 접착을 관찰하였으며, 치은교합 적층중합 시에는 레진-결합제-상아질 계면을 따라 파절선이 발생하였다고 보고하였다. 조등⁴⁹⁾도 주사 전자현미경 관찰결과, 법랑질에서의 변연부 접합성은 충전방법에 관계없이 모두 우수한 반면, 상아질에서의 변연누출은 충전방법에 관계없이 모두 관찰되었다고 보고하였다. 본 연구에서 주사 전자현미경을 이용하여 레진과 치질의 접착 계면을 관찰한 결과, 단일충전군과 전중합 복합레진볼군에서는 치질과 레진사이의 틈이 큰 것을 관찰할 수 있었으며, 적층충전군보다는 글라스 인서트군의 치질과 레진사이의 접착계면이 긴밀하고 견고한 것을 관찰할 수 있었다.

VI. 결 론

글라스 인서트(Beta-quartz®)의 적용이 변연 누출에 미치는 효과를 평가 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 글라스 인서트군의 미세누출은 다른 세군보다 적게 나타났고, 단층중합군과 전중합 복합레진볼군과는 통계학적 유의차가 있었으나($P < .05$), 적층중합군과는 통계학적 유의차가 없었다($P > .05$).
2. 주사 전자현미경 관찰 결과, 단층중합군과 전중합 복합레진볼군에서는 치질과 레진사이의 틈이 큰 것을 관찰할 수 있었고, 치은-교합 적층중합군에 비해 글라스 인서트군은 치질과 레진사이의 접착계면이 긴밀하고 견고한 것을 관찰할 수 있었으며, 모든군에서 치은변연보다는 교합변연에서 우수한 접합형태를 보였다.
3. 글라스 인서트군과 적층중합군이 미세누출 측면에서 우수한 충전방법으로 평가 되었으나, 두 충전 방법간의 우열을 판정함에 있어 실험의 결과외에도 임상적 편의성등의 요소 또한 고려 되어야 할 것으로 사료되며 이에 대한 임상적 연구결과의 뒷받침이 요구된다.

참 고 문 헌

1. Asmussen, E., Joegensen, K.D. : A microscopic investigation of the adaptation of some plastic filling materials to dental cavity walls. *Acta Odontol Scand.*, 30 : 312, 1972.
2. Azarbal, P., Denehy, G.E. : Insertion techniques and adaptation of composite resin too cavity margins. *J Prosth Dent.*, 46 : 66, 1981.
3. Bausch JR, De Lange C, Davidson CL et al. The clinical significance of the polymerization shrinkage of composite resin restorative materials. *J Prosthet Dent* 45 : 160, 1982.
4. Bayne SC, Taylor DF, Dental Materials. In : Sturdevant CM. Roberson TM. Heymann HO. Sturdevant JR(eds) . *The Art and Science of Operative Dentistry.* ed 3. St Louis : Mosby. 208 : 1995.
5. Beta Quartz Glass Ceramic Inset. South El Monte, CA , Lee Pharmaceuticals, : 14 - 15, 1991.
6. Byoung I, Suh. All-bond-fourth generation dentin bonding system *J Esthetic Dent* 3 (4) : 139, 1991.
7. Black, J.B., Retief, D.H. : Effect of cavity design in retention of class IV composite resin restorations. *JADA.*, 103 : 42, 1981.
8. Bowen RL. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restoraton. *JADA* 66 : 57, 1963.
9. Bowen, R.L., Cobb, E.N., Papson, J.E. : Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues. Improvement in bond strength to dentin. *J Dent Res.*, 61 : 1070, 1982.
10. Bowen BL. Hardening shrinkage and hygroscopic expansion of composite resins. *J Dent Res* 61 : 654, 1982.
11. Bowen, R.L., Eichmiller, F.C., Marjenhoff, W.A. : Glass-ceramic inserts anticipated for megafilled composite restorations. Research moves into the office. *J Am Dent Assoc.*, 122 : 71-75, 1991.
12. Bowen, R.L. : Inserts for composite dental restorations. US patent, 4,474,49-59, 1988.
13. Bowen, R.L. : Microcrystalline inserts for megafilled composite dental restorations. US patent 5, 057, 018, 1988.
14. Bowen RL, and Setz, L.E. (1986) : Posterior Composite Restorations with Novel Structure. *J Dent Res* 65 : 797, Abs. no 642.
15. Bowen RL. Reduction of microleakage

- around composite restoration. (abstract 1117) *J Dent Res* 66-246, 1987.
16. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces *J Dent Res* 34 : 849, 1955.
 17. Bullard, R.H., Leinfelder, K.F., Russell, C. M. : Effect of coefficient of thermal expansion on microleakage. *J Am Dent Assoc.*, 116 : 871-874. 1988.
 18. Calamia JR. High strength porcelain bonded restorations : Anterior and posterior. *Quintessence Int* 20 : 717-726. 1989.
 19. Candido SJ. The direct resin inlay : Clinical protocol. *Compend Contin Educ Dent* 9 : 292-301. 1988.
 20. Craig,R.G. : Restorative dental materials, St.Louis : The C.V. Mosby Company,97, 1985.
 21. Christensen RP , Christensen GJ. Composite and amalgam compared in Class II restorations. *J Dent Res* 62 : 253. 1983.
 22. Dagani,R. : Nanostructured materials promise to advance range of technologies. *Ceramics Engineering.*, 23 : 18-24,1992.
 23. David HP. Dentin Bonding : Overview of the substrate with respect at adhesive material. *J Eshtetic Dent.* 3 : 46-50. 1991.
 24. De Wet, F.A., Jensen, M.E. : Posterior composite dental restorative materials. Peter Szule Publishing Co.
 25. Dennison JB & Craig RG. Physical properties and finished surface texture of composite restorative resins. *J. Am Dent Ass.* 85 : 101-8. 1972.
 26. Donly, K.J., Jensen, M.E. : Posterior composite polymerization shrinkage in primary teeth : An in vitro comparison of three techniques. *Pediatr Dent.*, 8 : 209-212, 1986.
 27. Donly,K.J., Wild,T.W., Bowen,R.L., Jensen, M.E. : An in vitro investigation of the effects of glass inserts on the effective composite resin polymerization shrinkage. *J Dent Res.*, 68 : 1234-1237, 1989.
 28. Donly,K.J., Ellis, R.K. : Glass inserts : A new dimension in restorative dentistry. *Am J Dent.*,2 : 21-24, 1989.
 29. Duncanson,M.G., Miranda,F.J., Probst, R. T. : Resin dentin bonding agents-rationale and results. *Quint Int.*, 17 : 625, 1986.
 30. Ebright, I.L., Van Leeuwen,M., Giordani, R. : Microleakage and SEM studies of cervical erosion lesions. *J Dent Res.*, 63 : 179, Abstr. No. 80, 1984.
 31. Eick, J.D., Welch,F.H. : Polymerization shrinkage of composite resins and its possible influence on postoperative sensitivity. *Quintessence Int.*,17 : 103-111, 1986.
 32. Eichmiller, F.C. : Clinical use of beta-quartz glass-ceramic inserts. *Compend Contin Educ Dent.*,13 : 568-576, 1992.
 33. Ellasson, S.T., Hill,G.L. : Cavosurface design and marginal leakage of composite resin restorations. *Oper Dent.*, 2 : 55, 1977.
 34. Eriksen,H.M., Buonocore,M.G. : Marginal leakage with different composite restorative materials : effect of restorative technique. *J Am Dent Assoc.*, 93 : 1143-1148, 1976.
 35. Erickson,D., Derand,T. : Reduction of cervical gaps in class II composite resin restorations. *J Prosthet Dent.*, 65 : 33-37, 1991.
 36. ayyad MA et al. Microleakage of dentin bonded posterior composite restorations *J Dent* 15 : 67. 1987
 37. Feinman RA. The plunging ball technique : Class II direct composite resins. *Pract Periodont Aesthet Dent* 4 : 43-48. 1992.
 38. Fisbein S, Holan G, Grajower R et al. The effect of VLC Scotchbond and an increme-

- ntal filling technique on leakage around Class II composite restorations J Dent Child 1988.
39. George, L.A., Eichmiller, F.C., Brown, R. : An intrinsically colored microcrystalline glass-ceramic for use in dental restorations. Am Ceramic Soc Bull., 71 : 1073-1076, 1992.
 40. George, L.A., Richard, N.D. : Polymerization shrinkage in a composite restoration involving a glass-ceramic insert. J Dent Res., 72 : 351, 1993.
 41. Gerbo LR, Leinfelder KF, Mueninghoff LA. Use of optical standards for determining wear of posterior composite resins. J. Esthetic Dent 2 : 148-52. 1990.
 42. Godder B, Zhukovsky L, Trushkowsky R, Epelboym D. Microleakage reduction using glass-ceramic inserts. Am J Dent 2 : 74-76, 1994.
 43. Going, R.E. : Microleakage around dental restorations. JADA., 84 : 1349, 1972.
 44. Going, R.E., Massler, M., Dute, H.L. : Marginal penetration of dental restoration as studied by crystal violet dye and I. J Am Dent Assoc., 61 : 285-302, 1960.
 45. Going, R.E. : Reducing marginal leakage : a review of materials and techniques. JADA., 99 : 646, 1979.
 46. Goldman M. Polymerization shrinkage of resin-based restorative materials. Aust Dent J 28 : 156-161. 1983.
 47. Gutmann, J.L. : The dentin-root complex : anatomic and biologic considerations in restoring endodontically treated teeth. J Prosthet Dent., 67 : 458-467, 1992.
 48. Hansen EK. Effect of cavity depth and application technique on marginal adaptation of resins in dentin cavities. J Dent Res 65 : 1319-1321. 1986.
 49. Hembree JH, and Andrew JT. In situ evaluation of marginal leakage using on ultraviolet light-activated resin system. J Am Dent Assoc 92 : 414-18. 1976.
 50. Holan G, Fuks AB, Grajower R, Chosack A. In vitro assessment of the effect of Scotchbond on the marginal leakage of Class II composite restorations in primary molars J Dent Child 1986.
 51. Hembree JH. Microleakage at the gingival margin of class II composite restorations with glass-ionomer liner. J Prosth Dent 61 : 28. 1989.
 52. Hembree, J.H. : Microleakage of composite resin restorations with different cavosurface. J Prosthe Dent., 44 : 171, 1980.
 53. Hembree, J.H., Andrew, J.J. : Microleakage of several class V anterior restorative materials : a laborative study. J Am Dent Assoc., 97 : 179-183, 1978.
 54. Jacobsen, P.H. : Clinical aspects of composite restorative materials. Brit Dent J., 139 : 276, 1975.
 55. Jackson RD, Ferguson RW. An esthetic bonded inlay/onlay technique for posterior teeth. Quintessence Int 21 : 7-12. 1990.
 56. Kanca III, J. Posterior resins : microleakage below the cemento-enamel junction. Quintessence Int 18 : 347. 1987.
 57. Kanter, J., Koski, R.E., Gough, J.E. : Evaluation of insertion methods for composite resin restorations. J Prosthet Dent., 41 : 45, 1979.
 58. Khera SC and Chan KC : Microleakage and enamel finish. J Prosthet Dent 39 : 414-419. 1978
 59. Krejci I, Sparr D, Luts F. A three-sided light curing technique for conventional Class II composite resin restorations. Quintessence Int 18 : 125. 1987
 60. Kopel, H.M., Grenoble, D.E., Kaplan, C. : The effect of cavosurface treatment on marginal leakage of composite. J Calif Dent Assoc., 3 : 56, 1975.

61. Leinfelder, K.F. : Using a composite resin as a posterior restorative material. *J Am Dent Assoc.*, 122 : 65–70,1991.
62. Leinfelder KF. Current developments in restorative materials and technique. *Jph J Conserv Dent*, 32 : 1505–11. 1989.
63. Leinfelder, K.F., Sluder, D.B. : Clinical evaluation of composite resin as anterior and posteior restorative materials. *J Prosthet Dent.*,33 : 407,1975.
64. Leinfelder KF. Evaluaton of criteria used for assessing the clinical performance of composite resin in posterior teeth, *Quintessence Int* 18 : 531. 1987.
65. Leinfelder KF, Van Jr WF. The use of composite resins in primary molars. *Pediat Dent* 4 : 27. 1982.
66. Lui JL et al. Margin quality and microleakage of Class II compositie resin restorations. *JADA* 114 : 49. 1987.
67. Lutz,F., Krejci, I., Oldenburg, T.R. : Elimination of polymerization stresses at the margins of posterior composite resin restoration : a new restorative technique. *Quint Int.*, 17 : 777–784,1986.
68. Munksgaard EC, Asmussen E. Dentin-polymer bond promoted by gluma and various resins. *J Dent Res.* 64(12) : 1409.
69. Nealon,F.H. : Acrylic restorations : Operative non-pressure precedure. *New York J Dent.*, 22 : 201,1952.
70. Nelson RJ, Wolcott RB and Paffenbarger GG. Fluid exchange at the margins of dental restorations. *J Am Dent Assoc* 288–295. 1952.
71. Nelson GV, Osborne JW, Gale EN et al. A three-year clinical evaluation of composite resin and a high copper amalgam in posterior primary teeth. *J Dent Child* 47 : 414. 1980.
72. Nuckles, D.B., Finger, W.W. : Six-month and 1-year clinical evaluation of a composite resin for Class II restorations. *JADA.*, 91 : 1017, 1975.
73. Oldenberg TR, Vann WF, Dilley DC. Composite restorations for primary molars : two-year results. *Pediat Dent* 2 : 96–113. 1985.
74. Paquette DE, Vann WF, Oldenberg TR, Leinfelder KF. Modified cavity prepatations for composite resins in primary molars. *Pediatr Dent* 4 : 246–51. 1983.
75. Phillip,R.W. : Science of dental materials. Philadelphia : W.B. Saunders company,44–45,1982.
76. Puckett, A.D., Smith,R.S. : Method to measure the polymerization shrinkage of light-cured composites. *J Prosthet Dent.*,68 : 56–57,1992.
77. Retief DH, Wood E, and Jamison HC. Effect of cavosurface treatment on marginal leakage in class V composite resin restorations *J Prosthet Dent* 47 : 496. 1982.
78. Roberts MW, Moffa JP, Broring CL. Two-year clinical evaluation of a proprietary composite resin for the restoration of primary posterior teeth. *Pediat Dent* 7 : 14. 1985.
79. Seltzer S. The penetration of microorganisms between the tooth and direct resin fillings. *JADA* 51 : 561. 1955.
80. Soderholm,K. : Influence of silane treatment and filler fraction on thermal expansion of composite resins. *J Dent Res.*, 63 : 1321–1326, 1984.
81. Souder W & Paffenberger GC. Physical properties of dental materials. US Department of Commerce. National Bureau of Standards. circular C 433. 1942 : Washington, p 13.
82. Sturdevant CM et al. The art and science of operative dentistry p280, 287. ST. Louis , The CV Mosby Cl. 1985.
83. Tani Y , Buonocore MG. Marginal leakage

- and penetration of basic fuchsin dye in anterior restorative materials. JADA 78 : 542. 1969.
84. Tonn EM, Ryge G, Chamber DW. A two-year clinical study of a cavable composite resin used as Class II restorations in primary molars. J Dent Child 47 : 405. 1980.
 85. Wilder AD, et all. Three-year clinical study of UV-cured composite resins in posterior teeth. J Prosthet Dent 50 : 26. 1983.
 86. 박영호 등. 구치부 수복용 composite resin 의 파괴거동에 관한연구. 대한치과보존학회지 12 : 33. 1987.
 87. 엄정문, 이명중. Composite resin 의 근황. 대한치과의사협회지 24 : 103. 1986.
 88. 신용필등. V급 와동 변연부 형태 및 복합 레진 종류에 따른 변연누출에 관한 실험적 연구. 대한치과보존학회지 12 : 107. 1986.
 89. 이상호등. V급 와동 복합레진 수복에서 충전 방법이 변연 누출에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. 대한소아치과학회지 14 : 51. 1987.
 90. 김석균 : 복합레진을 이용한 구치부의 심미적 치료, 대한치과의사협회지., 26 : 497,1988.
 91. Chung KH. The relationship between composition and properties of posterior resin composites J Dent Res 69 : 852. 1990.

EXPLANATION OF FIGURES

- Figure 7. Representative photomicrograph of surface in one complete unit group
- Figure 8. Representative photomicrograph of surface in prepolymerized resin composite balls group
- Figure 9. Representative photomicrograph of surface in gingivo-occlusal increments group
- Figure 10. Representative photomicrograph of surface in glass-ceramic inserts group

사진부도

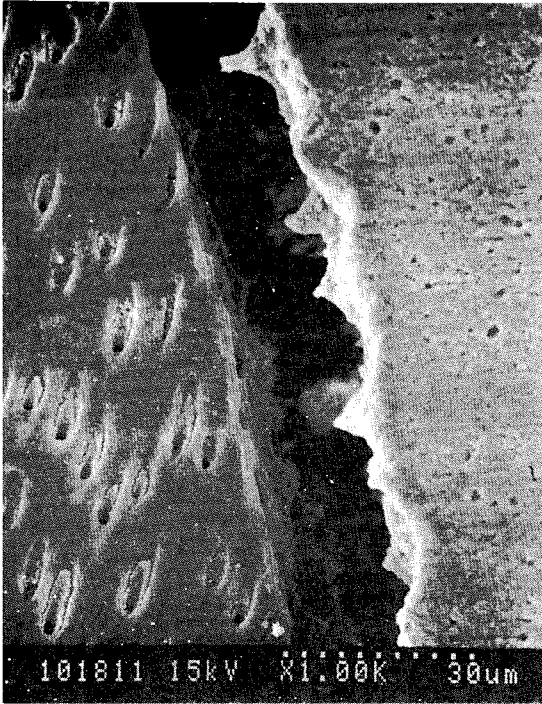


Figure 7

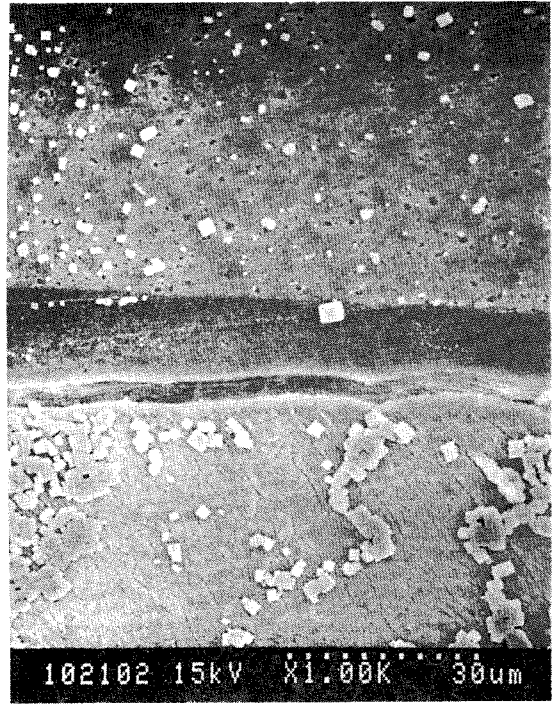


Figure 8

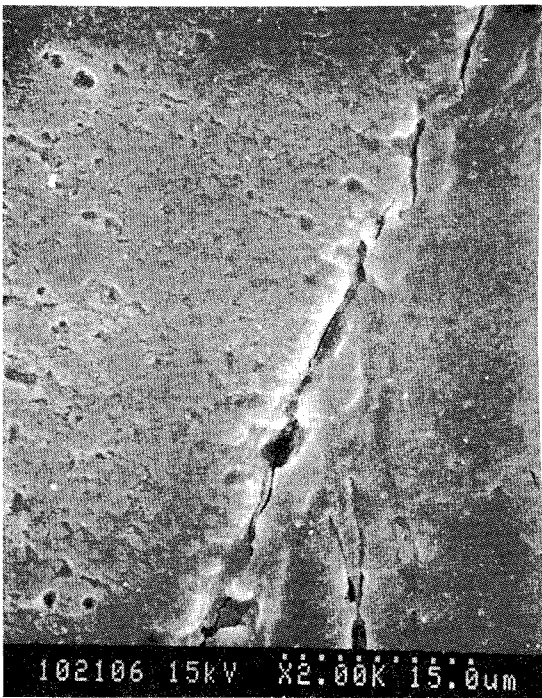


Figure 9

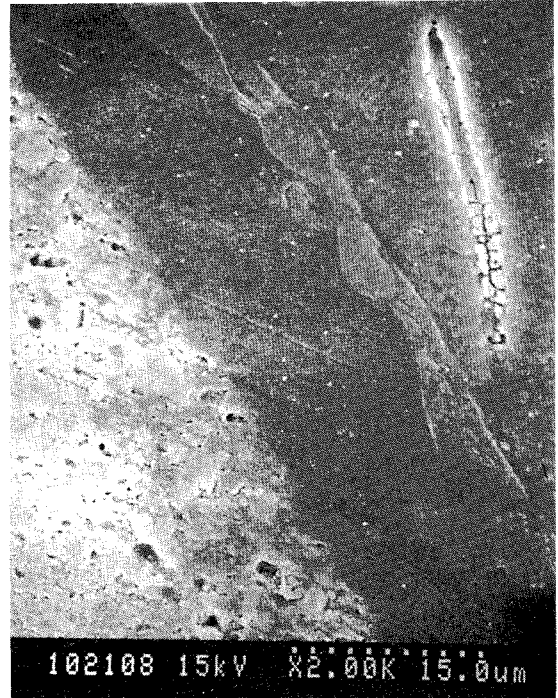


Figure 10