

## 컴포머의 재석회화 효과에 관한 비교 연구

정희민 · 김용기 · 김종수 · 권순원

단국대학교 치과대학 소아치과학교실

### 국문초록

소아치과 임상에서 심미수복 재료로 널리 사용되고 있는 컴포머의 불소 유리양상과 수복물 인접 우식범랑질에 대한 재석회화 효과를 평가해 보고자 본 연구를 시행하였다.

음성 대조군으로 복합 레진인 Z-100을 I군으로, 양성 대조군으로 글라스 아이오노머인 Fuji II LC를 IV군으로 설정하였으며, 실험군으로는 Dyract AP와 F-2000을 II군과 III군으로 설정하였다.

불소 유리량의 측정을 위하여 각 군에 따라 동일한 디스크를 제작하여 증류수에 담근 후 1일부터 14일까지 매일 측정하였다. 또한 협면이 건전한 우전치를 대상으로 인공 우식을 유발시킨 후 각 군별로 수복물을 충전한 다음 가철성 장치에 이를 부착하여 구강 내에서 2주간 유지시킴으로써 수복물 주위 우식범랑질에 대한 각 수복재의 재석회화 효과를 비교 평가하였다.

I군은 불소 유리를 하지 않았으며, IV군에서 가장 높은 불소 유리량을 보였다( $p<0.05$ ). II군과 III군은 IV군보다 낮은 불소 유리량을 보였으며( $p<0.05$ ), III군이 II군보다 불소 유리량이 많았다( $p<0.05$ ).

편광 현미경 관찰 결과 모든 군에서 병소가 거의 소실되거나 흔적만 남아있는 양상이 다수 관찰되어 각 군 공히 상당한 재석회화가 일어났음을 보여주었다. 한편, I군과는 달리 II, III, IV군에서는 수복물의 변연부에 Inhibition zone이 두드러지게 나타났으며, II, III, IV군으로 갈수록 재석회가 충실한 양상을 보여주었다. 미세경도 측정 결과 우식부위가 대조부위보다 전반적으로 낮게 나타났으나 II, III, IV군의 경우 수복물 인접부의 미세경도치는 대조부의 수치와 유사하게 나타났으며 수복물 변연에서 멀어지면서 감소하는 양상을 보였다.

**주요어** : 컴포머, 재석회화, 불소 유리, 초기 우식, 미세경도

### I. 서론

불소는 우식 발생을 억제하고 초기 우식의 재석회화를 촉진하는 작용이 있어 현재까지 다양한 치과수복 재료에 포함되어져 왔다<sup>1,2)</sup>. 이 중 글라스 아이오노머 시멘트는 1972년에 처음 소개된 이래로 생체 친화성이 우수하고 치질에 화학적인 결합을 하는 등 다양한 장점으로 인해 임상의 다양한 분야에서 사용되고 있으며 특히 장기간의 불소 유리로 인한 수복물 주위 이차우식을 억제하는 작용이 있어<sup>3,8)</sup> 이차우식이 빈발하는 소아환자의 수복재로서 광범위하게 사용되어져 왔다. 그러나 복합 레진에 비해 물성과 결합력, 심미성 등이 떨어지고 수분에 민감하여 조작이 불편한 단점들이 보고된 바 있다<sup>9,10)</sup>. 이를 개선하려는 노력의 일환으로 글라스 아이오노머 시멘트에 레진 성분을 첨가하여 광중합을 통해 수분 민감성을 개선한 resin-modified glass ionomer 수복재가 개발되었으나 이 또한 물성과 결합력에 한계가 있어<sup>11-13)</sup> 임상 적용에 제한이 있는 실정이다. 반면에 복합 레진은 심미성과 물성, 결합력 등이 우수한 반면, 시술과정이 복잡하고 작업시간이 길어 수분 및 오염에 민감하므로 비

협조적인 소아환자의 경우에는 특히 많은 제약을 받게되며, 임상적으로 2차 우식의 발생율이 높은 것이 단점으로 보고되고 있다<sup>4,15)</sup>.

복합 레진과 글라스 아이오노머의 단점들을 상호 보완하기 위한 목적으로 최근에 polyacid-modified 복합 레진인 컴포머가 개발되었다<sup>16,17)</sup>. 컴포머는 복합 레진과 글라스 아이오노머의 합성어로서 1993년에 Dyract®(DeTrey Dentsply, German)라는 재료로 처음 소개되었으며, 산성화된 이중 기능성 레진 단량체와 fluoro-alumino-silicate 글라스 입자로 구성되어 초기 광중합 후 구강내 수분을 흡수함에 의해 이차적인 산-염기 반응의 결과로 불소를 유리한다고 보고되었다<sup>18)</sup>. 최근까지의 연구 결과 컴포머는 복합 레진에 버금가는 물성, 높은 심미성 및 조작의 편의성을 지니며 산 부식 과정이 없이도 높은 결합강도를 나타낼 뿐만 아니라 변연 봉쇄성도 뛰어난 것으로 보고되고 있으며<sup>19-22)</sup> 임상 연구에서도 복합 레진과 유사하거나 우수하게 평가되고 있다<sup>23-25)</sup>. 불소 유리에 관한 다수의 문헌에서 글라스 아이오노머 시멘트보다는 낮고 불소 유리 복합 레진보다는 높은 불소 유리량을 보인다고 보고되고 있으나<sup>26-29)</sup> 일각에서는 오히

려 글라스 아이오노머 수복재와 유사하거나 오히려 더 높은 유리량을 보인다<sup>3)</sup>는 보고도 존재하여 논란의 소지가 있으며 특히 산성 환경 하에서 컴포머의 불소 유리량이 크게 증가한다고 보고되고 있다<sup>2,3,27)</sup>. 이상의 연구들을 통해 불소가 지속적으로 유리됨은 확인되었으나 이로 인한 컴포머의 항우식 및 재석회화 효과에 관한 보고들은 제조 회사의 제품 소개 자료들을 통해 수복물 주위 법랑질에 대한 항우식 효과가 보고되고 있을 뿐 매우 미미한 실정이며 아직 정립되지 않은 상태이다.

이처럼 기존의 양대 심미 수복 재료인 복합 레진과 글라스 아이오노머의 단점을 보완할 목적으로 개발되어 최근 소아치과 임상에도 도입된 컴포머는 그 임상 활용도에 비해 연구 실적이 미흡한 실정이다. 최근들어 그 물성과 결합력, 변연봉쇄성 등에 관한 비교연구들이 보고되고 있으나 아직까지도 컴포머의 항우식 및 재석회화 효과에 관한 연구는 거의 알려져 있지 않다.

이에 저자는 현재 소아치과 임상에서 사용되고 있는 두가지 컴포머의 인접 법랑질에 대한 재석회화 효과를 기존의 글라스 아이오노머 시멘트 및 복합 레진과 비교하여 그 결과를 분석한 결과 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 연구 재료

#### 1) 연구 대상 치아

최근에 발거한 소의 하악 전치 중에서 순면이 건전한 20개의 치아를 선정하여 재석회화 효과 비교 실험에 사용하였다.

#### 2) 연구 재료

본 실험에서 사용된 수복 재료로 복합 레진으로는 Z-100<sup>TM</sup> (3M, USA)을, 컴포머는 Dyract<sup>®</sup> AP(Dentsply, Germany)와 F-2000(3M, USA)을, 글라스 아이오노머는 Fuji II LC(GC, Japan)를 선택하였다. 상아질 치면 처리 및 접착제로서는 Dentin conditioner(GC, Japan), Prime and Bond<sup>®</sup> NT(Dentsply, Germany), Clicker System(3M, USA)와 Scotchbond Multipurpose plus System<sup>®</sup>(3M, USA)을 사용하였다. 광중합기는 XL3000(3M, USA)을 사용하였고, 일정한 광도를 유지하기 위하여 Radiometer(Dent-America, USA)를 사용하여 반복 측정하면서 조사하였다.

### 2. 연구 방법

#### 1) 실험 I. 불소 유리량 비교실험

##### (1) 디스크 제작

동일한 크기의 디스크를 제작하기 위하여 준비된 내경 5mm, 높이 2mm의 금속 주형내에 4가지 실험 재료를 제조회사의 지시에 따라 충전한 다음 유리판으로 압박한 상태에서 광중합하였다. 경화 후 주형을 제거하여 각 재료당 10개씩 모두 40개의

**Table 1.** Materials used in this study and sample grouping

Group	Restorative Materials	Sample number
I	Composite resin	Z-100 10
II	Compomer	Dyract AP 10
III	Compomer	F-2000 10
IV	Glass ionomer	Fuji II LC 10

디스크를 제작하여 다음과 같이 군 설정을 시행하였다(Table 1).

#### (2) 불소 유리량 측정

40개의 plastic 용기에 각각 3ml의 탈이온 증류수를 채운 다음, 제작된 디스크를 각각 넣고 parafilm(American Can Company, USA)으로 밀봉하여 37℃로 고정된 항온기에 보관하였다. 보관 후 1일부터 14일까지 매일 새로운 용액으로 교환하면서 불소 유리량을 측정하였다. 각각의 기간동안 유리된 불소량의 측정을 위하여 일정기간이 경과된 시편이 담긴 plastic 용기에서 시편을 꺼낸 후 TISAB(Total Ionic Strength Adjusting Buffer)용액(F00IS01, istek, Korea) 3ml를 첨가하여 잘 섞은 다음 pH/ISE meter(750P, istek, Korea)에 부착된 불소 전극(Fluoride combination electrode, istek, Korea)을 사용하여 각각의 용액내에 유리된 불소농도를 측정하였다. 매 측정시마다 측정에 앞서 1ppm과 10ppm의 불소 표준 용액(Fluoride/TISAB Standard solution, Orion, USA)으로 calibration을 시행하였다.

#### (3) 통계 분석

각각의 재료에 따른 기간별 불소 유리량의 합계를 SPSS 프로그램을 이용하여, One-way ANOVA test로 유의성을 검정하고 Scheffe test로 사후검정을 시행하여 통계분석하였다.

### 2) 실험 II. 재석회화 효과 비교실험

#### (1) 대상 치아의 준비

발거된 소의 하악전치 표면에 부착되어있는 연조직과 이물질 제거하고 3% 포르말린용액에 24시간 저장한 후 꺼내어 탈이온수로 세척한 다음 100% 습윤상태로 보관하였다. 그 후 대상치아의 치근을 분리해 내고 치관 표면을 세마한 다음 저속 엔진에 부착된 디스크를 사용하여 물을 뿌려 가면서 치아 순면을 4등분하여 각각의 치아 당 4개의 절편을 만들었다. 이 절편들을 600, 1000 grit silicone carbide paper로 연마하여 5×4 mm의 균일한 순면을 갖는 두께 2mm의 시편 총 80개를 제작하여 탈이온수에 보관하였다. 치아에 따른 변이를 없애기 위해 하나의 치아에서 제작된 4개의 시편을 실험 I과 동일하게 설정된 4개의 군에 각각 하나씩 배정하였다.

(2) 치면의 노출 및 연마

합성수지봉의 한쪽 끝에 크기 6×5mm, 깊이 2mm의 와동을 형성하고 준비된 법랑질 시편을 순면이 노출되도록 위치시킨 다음 접착성 왁스로 고정하였다. 그 후 법랑질 표면의 균일한 연마를 위해 특별히 제작된 기구에 시편이 접착된 투명 합성수지 봉을 끼워 연마시 흔들림이 없도록 하였다. 600, 1000, 2000, 4000 grit silicone carbide paper와 polisher(JISICO, Korea)를 사용하여 각 시편마다 순면의 표층 법랑질을 제거하고 편평한 법랑질 표면을 확보하였다. 알루미늄실리케이트 분말로 최종 연마한 후 실체 현미경으로 관찰하여 상아질이 노출되거나 긁힘, 흠집이 심한 시편들을 제외시키고 법랑질이 건전한 시편들만을 선택하였다. 이 시편들을 인공우식 용액에 담그기 전에 각각 노출된 법랑질 표면의 절반을 인레이 왁스로 도포하여 탈이온수에 보관하였다.

(3) 인공우식 용액 제조 및 우식병소 유발

인공우식 용액은 1975년 Groeneveld 등<sup>30)</sup>이 제시한 방법에 따라 0.1M lactic acid(Tedia Co. USA)에 6wt% hydroxyethyl cellulose(HEC, Aldrich Chem. Co. USA)를 첨가하고 NaOH로 pH를 4.0으로 조정하여 제조하였다. 제조된 인공우식 용액을 5ml씩 취하여 준비된 폴리에틸렌 바이알에 넣고, 표면의 절반이 왁스로 덮여있는 법랑질 시편이 접착된 투명 합성수지봉을 시험관 뚜껑에 부착시킨 다음, 시편이 우식용액에 잠기도록 하여 뚜껑을 닫고 37℃ 항온기에 7일동안 보관하여 우식병소를 유발시켰다. 그 후 꺼내어 탈이온수로 세척한 다음, 미세경도 측정 전까지 100% 습윤상태에서 보관하였다.

(4) 재석회화 전 표면 미세경도 측정

인공우식이 유발된 법랑질 표면의 인레이 왁스를 제거한 후 대조부인 건전 법랑질과 우식 법랑질을 대상으로 Vickers 미세경도기(HMV-200, Shimadzu Co.)를 사용하여 50g 하중, 접촉시간 5초하에서 미세경도를 측정하였다. 건전 표면과 우식 표면에 각각 4점을 선정하여 측정하였으며 측정된 4개의 평균치가 VHN(Vickers Hardness Number) 80 이하 또는 130 이상인 경우, 그리고 4개 측정치의 표준편차가 평균값의 3배가 넘는 시편들을 모두 제외시키고 균일한 미세경도치를 가지는 나머지 시편들을 대상으로 다시 각 군당 10개씩의 시편들을 선정하여 이후의 재석회화 실험에 사용하였다. 그 후 와동 형성 전까지 100% 습윤상태에 보관하였다.

(5) 와동 형성 및 충전

균일한 와동 형성을 위해 고안된 기구와 고속 엔진에 부착된 #330 바를 이용하여 각 시편의 우식 유발부와 대조부의 경계선을 따라 1.5 3mm, 깊이 1.5mm의 와동을 형성하였다. 와동에 인접한 법랑질 표면이 수복물로 덮이지 않도록 주의하면서 제조자의 지시에 따라 각 군별로 치면 처리하고 충전 및 광중합을 시행한 후 와동 주위 1mm를 제외한 모든 치면에 nail varnish를 도포하였다.

(6) 가철성 구내장치의 제작 및 시편 고정

실험에 참여한 10명의 피실험자의 하악 인상을 알지네이트로 채득한 후 경석고로 모형을 만들고, 이를 이용하여 교정용 레진으로 가철식 장치를 제작하였다. 각 장치의 설측면 소구치부와 대구치부에 법랑질 시편을 위한, 크기 6×5mm, 깊이 3mm의 와동을 4개씩 형성하였다. 투명 합성수지 봉에 부착되어있는, 수복이 완료된 법랑질 시편들을 탐침을 이용하여 조심스럽게 제거한 다음, 가철성 장치마다 형성된 4개의 와동에 각 군당 1개씩 sticky wax로 고정시켰다. 이때 약 0.5mm 정도 깊게 들어가게 고정시켜 치태가 침착되도록 시도하였다.

(7) 구강내 재석회화 실험

일정한 방법의 구강위생 관리 지침을 사전에 교육한 20대 남자 10명을 대상으로 하여 시편이 고정된 가철성 장치를 2주 동안 장착하게 하였다. 모든 실험 대상자는 우식활성도가 중등도인 경우만을 그 대상으로 선정하였고, DMF rate를 조사하고 간이 타액 완충능 검사를 시행하여 각 대상 사이에 큰 차이가 없음을 확인하였다. 이 기간동안 불소가 다량 함유된 음식이나 음료는 금지시켰고, 불소가 함유되지 않은 치약으로 통상적인 방법에 따라 하루에 3회씩 잇솔질을 하도록 하였다. 이때마다 장치는 조직과 접촉하는 내면만을 닦도록 지시하였으며, 그 후 높은 우식 활성 환경을 제공하기 위하여 각각 5분간 20% sucrose 용액에 담근 후 꺼내어 다시 장착하도록 하였다.

(8) 재석회화 후 시편 절단

2주간의 장착 기간이 끝난 후 시편을 제거하여 경조직 절삭기(Velnus, Japan)와 디스크(Vuelher Isomet, USA)를 이용하여 절단면이 수복물의 중앙부를 지나고 법랑질 표면에 수직이 되도록 절단하였다. 이 후 각각 동일한 절편을 대상으로 단면 미세경도를 측정하고 편광 현미경 관찰을 시행하였다.

(9) 단면 미세경도 측정

절편의 절단면을 연마한 후 에폭시 레진으로 슬라이드 글라스에 부착, 경화시킨 다음 1000, 2000, 4000 grit의 silicone carbide paper와 3µm aluminosilicate suspension(EXTEC, USA)으로 표면을 활택하여 법랑질 표면으로부터 약 50µm 깊이에서 수복물 변연으로부터 양쪽으로 20, 70, 120, 170, 220µm 지점에서 50g 하중, 접촉시간 5초의 조건으로 단면 미세경도를 측정하였다.

(10) 편광 현미경 관찰

단면 미세경도 측정이 끝난 시편을 다시 활택하여 약 100 m 두께의 조직 분석용 표본을 제작하였다. 이를 물에 침윤하여 편광 현미경(Nicon, Japan)하에서 40배와 100배의 배율로 수복물 주위 우식 병소의 양상을 관찰하고 디지털 카메라로 촬영하였다.

(11) 통계분석

측정된 표면 및 단면 미세경도 수치를 SPSS 프로그램을 이용하여, One-way ANOVA test로 유의성을 검정하고 Scheffe test로 사후검정을 시행하여 통계분석하였다.

Ⅲ. 연구 성적

1. 불소 유리량 측정 결과

Fig. 1은 2주간 각각의 디스크에서 유리된 불소 농도의 누적치를 나타낸 도표이다. 글라스 아이오노머 군인 Fuji II LC 군에서 가장 높은 불소 유리량을 나타냈으며, 컴포머군간에서는 F-2000 군이 Dyract AP 군보다 높은 불소 유리량을 보였다. 복합 레진 군인 Z-100 군에서는 측정 기간 내내 불소의 유리를 관찰할 수 없었다.

Table 2는 2주동안 유리된 각 군의 불소 농도의 누적치를 통계처리한 결과로서 모든 군 간에 유의차를 나타냈다(p<0.05).

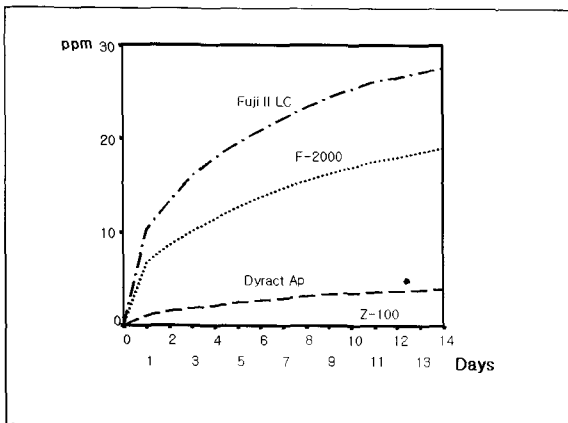


Fig. 1. Fluoride accumulation of each group according to time.

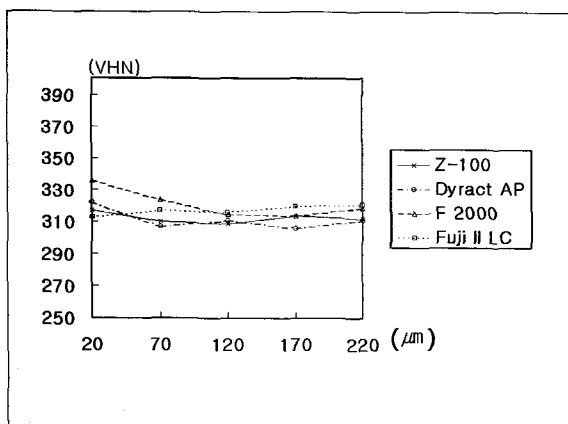


Fig. 2. Cross-sectional microhardness values among groups by treatment according to distance from filling materials (Control site).

3. 단면 미세경도 측정 결과

Fig. 2, 3은 수복물로부터의 거리에 따른 각 군의 대조부와 우식부에서의 단면 미세경도 측정치를 나타낸 도표로서 대조부에서는 거리에 따라 미세경도치에 별다른 차이가 나타나지 않은 반면, 우식부에서는 I 군을 제외하고는 수복물에서 20μm 지점의 미세경도치가 다른 지점에 비해 현저하게 높은 것을 관찰할 수 있었다.

Table 3은 수복물에서의 거리에 따른 각 군간의 미세경도치에 대한 유의성을 검정한 결과로서 우식부 수복물 인접 20μm 지점에서만 유의성이 검정되었다.

이 결과를 토대로 우식부 수복물 인접 20μm 지점에서의 미세경도치를 통계처리한 결과(Table 4) I군과 다른 모든 군 간에 유의차가 나타났으며(p<0.05), II, III, IV 군 사이에서는 유의차를 발견할 수 없었다(p>0.05).

Table 5과 Fig. 4는 각 군내에서의 수복물 인접 20μm 지점에서의 우식부와 대조부에 대한 단면 미세경도 측정치를 나타낸 표와 도표로서 I군에서 그 차이가 가장 현저한 반면 IV 군에서

Table 2. Statistical analysis on accumulation amount of fluoride concentration values

	Z-100	Dyract AP	F-2000	Fuji II LC
Z-100				
Dyract AP	*			
F-2000	*	*		
Fuji II LC	*	*	*	

(\* : p<0.05, Scheffe test)

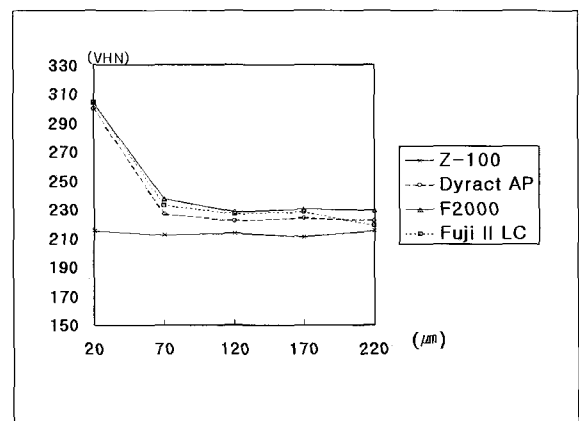


Fig. 3. Cross-sectional microhardness values among groups by treatment according to distance from filling materials (Caries site).

**Table 3.** Statistical analysis among groups by treatment according to distance from filling material

	20 $\mu$ m	70 $\mu$ m	120 $\mu$ m	170 $\mu$ m	220 $\mu$ m
Normal Enamel	0.556	0.628	0.956	0.785	0.873
Caries Enamel	0.000	0.102	0.106	0.066	0.087

(One-way ANOVA test)

**Table 5.** Microhardness values(Mean $\pm$ SD) at 20 $\mu$ m from filling materials in each group

Microhardness Value (VHN)		
Z-100	Control (Normal)	319.9 $\pm$ 25.3
	Experimental (Caries)	211.3 $\pm$ 15.6
Dyract AP	Control (Normal)	311.9 $\pm$ 35.0
	Experimental (Caries)	283.3 $\pm$ 18.3
F-2000	Control (Normal)	334.2 $\pm$ 50.6
	Experimental (Caries)	290.3 $\pm$ 21.4
Fuji II LC	Control (Normal)	323.8 $\pm$ 36.9
	Experimental (Caries)	298.5 $\pm$ 16.4

**Table 6.** Statistical analysis of Microhardness values at 20 $\mu$ m from filling materials in each group

	Mean $\pm$ S.D	Paired t-Test
Z-100	211.3 $\pm$ 15.6	P=0.000
	319.9 $\pm$ 25.3	
Dyract AP	283.3 $\pm$ 18.3	P=0.029
	311.9 $\pm$ 35.0	
F-2000	290.3 $\pm$ 21.4	P=0.013
	334.2 $\pm$ 50.6	
Fuji II LC	298.5 $\pm$ 16.4	P=0.025
	323.8 $\pm$ 36.9	

**Table 8.** Statistical analysis of Microhardness values among distance from filling materials in group II, III, IV caries site

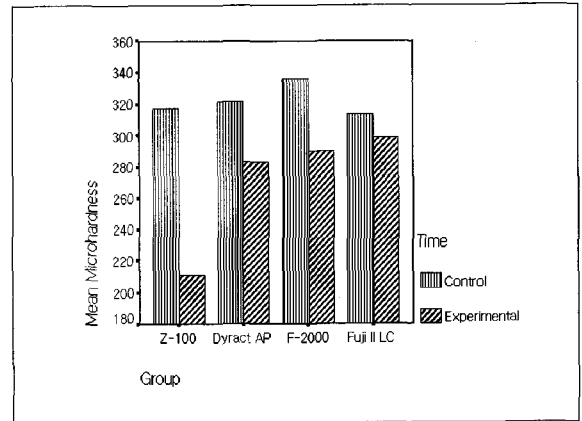
20 $\mu$ m	70 $\mu$ m	120 $\mu$ m	170 $\mu$ m	220 $\mu$ m
20 $\mu$ m				
70 $\mu$ m	*			
120 $\mu$ m	*			
170 $\mu$ m	*			
220 $\mu$ m	*			

(\* : p<0.05, Scheffe test)

**Table 4.** Statistical analysis of microhardness values of each group at 20 $\mu$ m from filling materials in carious enamel

	Z-100	Dyract AP	F-2000	Fuji II LC
Z-100				
Dyract AP	*			
F-2000	*			
Fuji II LC	*			

(\* : p<0.05, Scheffe test)



**Fig. 4.** Microhardness values at 20 $\mu$ m from filling materials in each group.

**Table 7.** Statistical analysis of Microhardness values among distance from filling materials in each group

	Normal	Experimental
Z-100	P=0.979	P=0.957
Dyract AP	P=0.830	P=0.000
F-2000	P=0.596	P=0.000
Fuji II LC	P=0.989	P=0.000

(One-way ANOVA Test)

는 미세경도치의 차이가 가장 적은 것을 볼 수 있었다.

Table 6은 각 군내에서의 수복물 인접 20 $\mu$ m 지점에서의 우식부와 대조부에 대한 단면 미세경도 측정치를 통계처리한 결과로서 모든 군 간에 유의차를 보이고 있어(p<0.05) 재석회화 정도가 모든 군에서 아직 정상 범랑질에는 미치지 못함을 나타내 주었다.

Table 7은 각 군내에서의 거리에 따른 단면 미세경도치에 대한 유의성을 검정한 결과로서 II, III, IV 군의 우식부에서만 유의성이 나타남을 보여주었다. 이를 근거로 II, III, IV 군의 우식부내에서 거리에 따른 미세경도치를 통계처리한 결과(Table 8) 수복물 인접 20 $\mu$ m 지점의 미세경도가 다른 모든 지점과 비교할

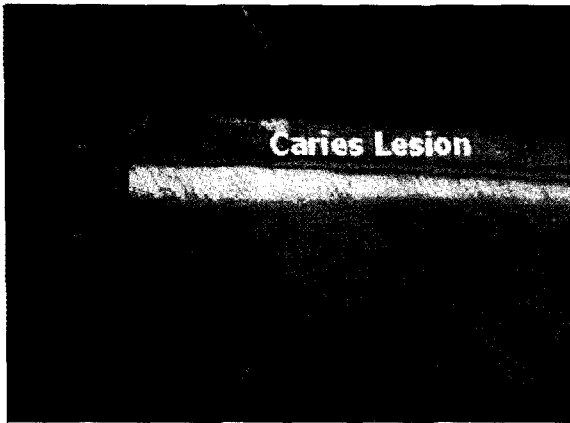


Fig. 5. Group I

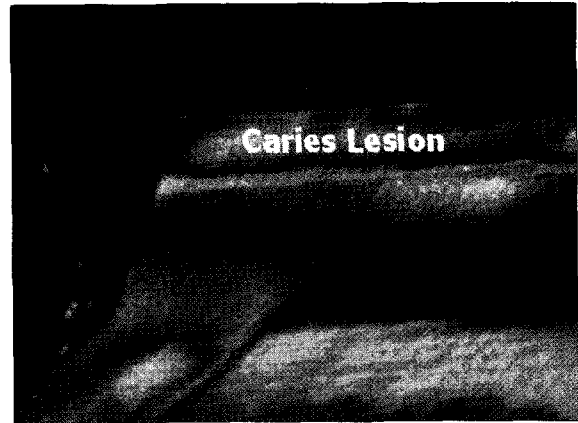


Fig. 6. Group II

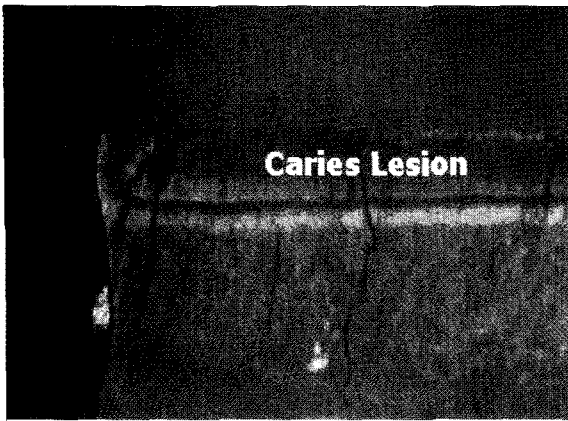


Fig. 7. Group III

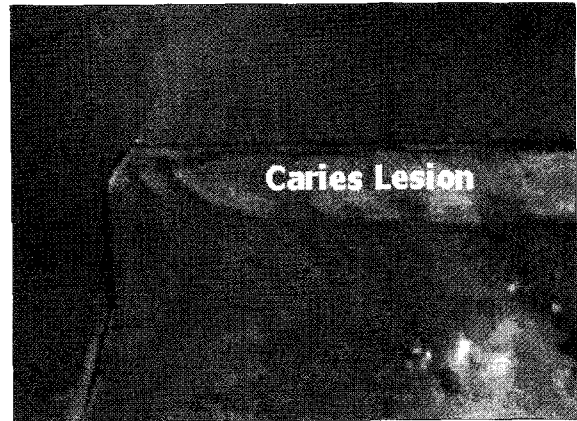


Fig. 8. Group IV

때 통계적 유의성이 있는 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 그러므로 수복물 인접 20 $\mu$ m 지점에서 더 현저한 재석회화가 일어났음을 알 수 있었다.

### 3. 편광 현미경 관찰 결과

Fig. 5에서 Fig. 8은 재석회화 실험 후의 각 군의 우식 범랑 질부의 재석회화 양상을 보여주는 편광 현미경 사진이다. 모든 군에서 상당한 재석회화가 일어났음을 보여주고 있으나, I군과는 달리 II, III, IV 군에서는 수복물의 변연부에 Inhibition zone이 두드러지게 나타났으며, II, III, IV 군으로 갈수록 재석회화가 충실한 양상을 보여주었다.

### IV. 총괄 및 고찰

이차 우식은 일반적으로 수복물 실패의 가장 흔한 원인 요소이며<sup>31,32)</sup> 특히 구강위생 관리 능력에 한계가 있는 소아환자의 경우에는 그 빈도가 더욱 높은 것으로 알려져 있다<sup>15)</sup>. 이는 치태 내의 세균 대사를 통해 발생된 산에 의해 치아표면의 미세환경에서 pH가 감소하게 되고 결국 치아 경조직의 탈회기 일어나게

되어 발생하게 된다. 그러므로 산의 형성을 억제하고 탈회에 대한 저항성을 증가시키며 재석회화를 촉진하는 어떤 효과적인 기전을 찾아내는 것은 임상에서의 중요한 관심사가 되어왔으며, 불소의 우식억제 및 재석회화 효과가 확인되면서 다양한 방법으로 치과 임상에 도입되었다. 현재까지 불소를 함유하는 다양한 치과 재료들이 사용되어 왔는데 대표적으로 글라스 아이오노머 시멘트는 생체 친화성이 우수하며 치질에 화학적인 결합을 하는 등의 장점을 가질 뿐 아니라 지속적으로 불소를 유리함으로써 유리된 불소가 주위 치질에 흡수되어 치질의 내산성을 증가시키고 우식을 유발하는 세균에 대한 산 생성 억제 작용을 발휘하며 재석회화를 촉진하는 작용을 하는 등의 다양한 기전으로 수복물 주위 이차우식을 억제 및 예방<sup>33-40)</sup>하는 것으로 밝혀졌다. 하지만 이런 장점에도 불구하고 복합 레진에 비해 물성과 결합력, 심미성 등이 떨어지고 수분에 민감하여 조작이 불편한 임상적 단점들을 지니고 있어<sup>9,10)</sup> 이상적인 수복재로서는 한계가 있는 실정이다.

뛰어난 항우식 효과와 물성 및 결합력, 시술의 편의성 등을 고루 갖춘 소아환자에 대한 이상적 수복재를 기다리던 중 복합 레진과 글라스 아이오노머의 단점들을 보완하고 장점들을 수용하기 위한 목적으로 컴포머라고 불리는 polyacidmodified 복합

레진이 개발되었으며 현재까지 다양한 제품들이 출시되어 그 사용 범위를 넓혀가고 있다. 최근까지의 연구 결과 컴포머는 복합 레진에 버금가는 물성, 높은 심미성 및 조작의 편의성을 지니며 산 부식 과정이 없이도 높은 결합강도를 나타낼 뿐만 아니라 변연 봉쇄성도 뛰어난 것으로 보고되고 있으며<sup>19-22)</sup> 또한 1년에서 3년간의 임상 연구에서도 복합 레진과 유사하거나 우수하게 평가되고 있다<sup>23-25)</sup>. 이처럼 컴포머의 물성과 결합력 및 변연 봉쇄성 등에 관한 연구들은 활발하게 보고되고 있는데 반해서 기존의 글라스 아이오노머 수복재에서와 같은 수복물 인접 치질에 대한 항우식 및 재석회화 효과에 대한 연구는 일부 제조회사의 지침에서 언급하고 있는 내용들을 제외하고는 거의 알려져 있지 않기 때문에 이를 불소 유리와 함께 관련시켜 확인해 보고자 하였다. 원래 본 실험의 의도는 구강내 장치에 식립하는 법랑질 시편의 절반에 인공우식을 유발시켜 타액과 수복물에서 유리되는 불소로 인한 우식 병소의 재석회화 효과 뿐만 아니라 나머지 절반의 건전 법랑질 상부에 플라그 형성을 도모하고 우식 활성이 높은 환경을 부여하여 구강 내에서의 항우식 효과도 함께 비교해 보고자 하였으나 실제로 실험과정 동안 플라그 형성이 거의 이루어지지 않고 실험 후 건전 법랑질의 변화가 확인되지 않아 수복물 주위 우식병소의 재석회화 효과에만 초점을 맞추게 되었다.

기존의 글라스 아이오노머 수복재의 불소 유리에 관한 연구들을 살펴보면 제품에 관계없이 일반적으로 처음 24시간 동안 고농도의 불소가 용출되고 그 후 유리량이 급격히 감소하며 시간 경과에 따라 장기간 소량의 불소가 서서히 유리되는 것으로 알려져 있다<sup>33-40)</sup>. 1988년 Tay와 Braden<sup>41)</sup>은 2.5년 동안 글라스 아이오노머 시멘트의 불소유리 양상을 관찰해 본 결과 유리량의 큰 감소없이 지속적으로 안정된 불소 유리량을 보여주었다고 보고한 바 있다. 하지만 비교적 최근에 개발된 컴포머의 경우에는 아직 이처럼 장기간의 불소 유리 양상을 연구한 보고는 알려져 있지 않다. 본 실험에서는 2주간의 불소 유리량만을 측정하여 비교하였는데 이는 재석회화 실험 기간과 동일한 기간을 설정하여 실제 유리되는 불소량이 임상적 재석회화 효과에 어떤 영향을 미치는지를 확인하기 위함이었다. 불소 유리량 비교 실험 결과 글라스 아이오노머가 탁월한 불소 유리량을 나타내었고 컴포머 중에서는 F-2000이 더 많은 유리량을 보였지만 구강내에서의 재석회화 효과는 불소를 유리하지 않는 복합 레진을 제외하고는 유사한 결과를 나타내었다. 이는 절대적인 불소량이 구강내에서의 재석회화 효과에 직접 반영되진 않는다는 기존의 연구 보고들과 일치하는 것이다. 실제로 치질에 대한 불소의 재석회화 효과는 높은 불소 농도보다는 낮은 농도라도 지속적으로 유리될 때 더 우수한 것으로 보고<sup>42)</sup>된 바 있지만 우식 억제 및 재석회화 촉진 작용을 나타낼 수 있는 최소한의 불소 농도 또는 가장 효과적인 불소 농도에 대해서는 아직까지 알려져 있지 않은 상태이므로 현재까지는 고농도의 불소가 장기간 지속적으로 유리되는 재료를 선호하게 된다<sup>2)</sup>. 한편 실험 재료를 보관하는 용액에 따라서도 불소 유리 양상이 상이하게 나

타날 수 있다고 알려져 있는데 증류수와 인공 타액이 가장 보편적으로 사용되어 왔으며 문헌에 따라 약간의 논란이 있으나 두 용액에서 모두 시간 경과에 따른 전반적인 불소 유리 양상은 유사하지만 증류수에서 더 많은 유리량을 나타낸다고 보고되었다<sup>2,3)</sup>. 반면에 구강내의 우식성 환경을 재현하기 위하여 보관 용액으로 pH 5의 유산을 사용하거나 산성과 중성의 용액내에 일정 간격으로 재료를 번갈아 담그어 불소 유리량을 측정하는 pH cycling 방법을 사용하는 연구들이 비교적 최근에 보고되었으며<sup>2,3,27)</sup> 중성인 인공 타액이나 증류수에서보다 불소 유리량이 크게 증가하는 것으로 알려져 왔다. 이러한 기존의 연구 결과들이 다양한 컴포머 및 불소 유리 레진에도 적용이 되는지를 알아보기 위한 연구들이 최근 보고되고 있는데 1999년 Yap<sup>4)</sup>과 2000년 Karantakis<sup>28)</sup>에 의하면 컴포머의 경우 글라스 아이오노머 수복재보다 초기에는 불소 유리량이 적으나 유사한 유리 양상을 가지며 시간 경과에 따라 그 차이가 적어진다고 보고하였으며 특히 산성화된 조건하에서는 글라스 아이오노머에 비해 그 유리량이 급증하여 글라스 아이오노머 수복재와 거의 유사한 불소 유리량을 나타냈다고 보고한 바 있어 구강내 우식 환경하에서의 컴포머의 우식 억제 효과에 대한 가능성을 시사해 주었다. 본 실험에서도 최근의 연구들에서처럼 우식이 유발되는 산성 조건하에서의 불소 유리 양상을 비교해 보지 못한 것이 아쉬움으로 남으며 만약 산성 조건하에서 실험을 수행했다면 기존의 연구 결과들로 미루어 볼 때 글라스 아이오노머와의 불소 유리량의 차이가 더 줄어들었을 것으로 예상된다. 일단은 이상의 불소 유리에 관한 연구들을 통해 지속적으로 불소가 유리됨은 확인되었으나 이로 인한 컴포머의 항우식 및 재석회화 효과에 관한 보고들은 제조 회사의 제품 소개 자료들을 통해 수복물 주위 법랑질에 대한 항우식 효과가 보고되고 있을 뿐, 매우 미미한 실정이므로 본 실험을 통해 이를 확인해 보고자 하였다. 수복재의 항우식 효과를 확인하기 위해서는 일반적으로 인위적인 우식병소의 유발이 필요하며 이러한 우식병소는 자연병소와 구조적으로 유사하며 균일하고 재현성이 있는 것이어야 한다<sup>43)</sup>. 인공 우식 병소를 유발시키는 방법에는 여러 가지가 있으나 본 실험에서 사용한 hydroxyethyl cellulose system은 이상의 요건을 만족시키는 간편하면서도 우수한 방법으로 알려져왔다<sup>30)</sup>.

항우식 및 재석회화 효과를 비교하기 위한 측정방법으로는 대표적으로 microradiography를 사용하거나, electron probe microanalysis(EPMA)를 이용하여 실험과정에 의한 치질 내 특정 부위의 광물질 변화 및 미세원소의 변화를 직접적으로 측정하는 방법과, 편광 현미경 관찰, 미세경도 측정 등을 이용하여 우식병소의 양상을 관찰하고 광물질 변화를 간접적으로 얻을 수 있는 방법들이 사용되고 있는데 본 실험에서는 이 방법 중에서 편광 현미경 관찰을 통해 전반적인 병소의 변화양상을 확인하였고 세밀한 미세경도의 측정을 통해 정량적인 재석회화 효과를 비교해 보았다.

한편 치과재료의 인접 치질에 대한 항우식 효과와 재석회화 효과를 확인하기 위한 실험방법은 크게 실험실 내에서 구강내

환경을 재현하여 연구하는 방법과 치아시편을 직접 구강내에 적용하여 연구하는 두가지 방법으로 분류할 수 있는데, 본 실험에서는 임상적인 구강내 상황을 최대한 재현해 보기 위해 생체 실험 과정을 선택하였고 개인간의 변수를 극복하기 위해 동일한 구강위생 방법과 식이조절을 시행하였으며 또한 하나의 장치에 4개의 군을 모두 식립하여 개인차에 의한 실험의 오차를 최소화하려 하였다. 실험 대상 선정에 있어서도 우식 활성 검사와 간이 타액 완충능 검사를 미리 시행하여 정상범주의 대상들만을 선별하였다. 본 실험에서 사용한 편광 현미경 관찰을 통한 평가방법은 시편의 부위별 pore volume의 차이에 따라 굴절률의 차이가 생기고 이를 통해 건전 법랑질과 우식 법랑질과의 색조의 차이에 의해 우식 병소 양상을 전반적으로 관찰할 수 있는 방법이다. 이는 우식 병소의 형태, 깊이, 분포 양상 등을 한 눈에 볼 수 있는 장점이 있는 반면 정량적으로 우식으로 인한 부위별 광물질 소실 정도 등을 정확히 측정할 수 없는 단점을 지니고 있다<sup>49)</sup>. 따라서 미세경도 측정법을 병행하여 정성적 분석과 정량적 분석을 동시에 시행토록 하였다. 미세경도 측정 결과 II, III, IV군의 경우 우식부의 수복물 인접 20 $\mu$ m에서 다른 부위에 비해 미세경도치가 현저히 높게 나타났는데 이는 수복물에서 유리된 불소가 인접 법랑질의 재석회화를 촉진하여 나타난 결과로 판단되며 이 재석회화 촉진 효과는 수복물에서의 거리가 멀어지면 상당히 감소하는 것으로 나타났다. 실제로 수복물에서 70 $\mu$ m부터는 미세경도치의 별다른 차이가 관찰되지 않은 것으로 보아 본 실험에서는 유리된 불소로 인해 형성된, 우식에 대한 inhibition zone이 수복물로부터 20 $\mu$ m에서 70 $\mu$ m 사이까지 형성되었다고 추론할 수 있다. 비록 유리된 불소의 우식억제 및 재석회화 촉진 효과가 수복물 변연에서 인접한 치질에만 영향을 줄 수 있다고 하더라도 수복물 변연을 따라 발생하는 미세 누출과 이차우식의 특성상 큰 임상적 의의를 갖는다고 판단된다. 다만 microradiography를 통해 수복물에서의 거리와 병소 깊이에 따른 광물질의 변화 양상을 좀 더 연속적으로 정밀하게 확인해 보지 못한 것이 아쉬움으로 남는다. 본 실험에서는 불소를 유리하지 않은 1군의 경우에서도 어느 정도의 재석회화 효과가 관찰되었는데 이는 구강내 타액에 의한 재석회화 효과인 것으로 생각된다.

본 실험을 통해 컴포머의 불소 유리와 수복물 주위 법랑질에 대한 재석회화 효과를 대략적으로 확인할 수 있었지만 이를 정립하기 위해서는 앞으로 좀 더 다양하고 발전된 방법으로 보완 연구가 필요할 것으로 사료된다.

### V. 결 론

소아환자에 대한 심미수복 재료로서 비교적 최근에 개발된 컴포머의 불소 유리량과 인접 법랑질에 대한 재석회화 효과를 기존의 복합레진과 글라스 아이오노머 수복재료와 비교 평가해 보고자 본 실험을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 불소 유리량은 글라스 아이오노머(IV) 군이 컴포머(II, III)

- 군에 비해 높은 수치를 보였으며(p<0.05), 컴포머 군간에서는 III군이 II군에 비해 높은 수치를 나타내었다(p<0.05).
2. 미세경도 측정 결과 우식부위가 대조부위보다 전반적으로 낮게 나타났으나 II, III, IV 군의 경우 수복물 인접부의 미세경도치는 대조부의 수치와 유사하게 나타났으며 수복물 변연에서 멀어지면서 감소하는 양상을 보였다.
  3. 편광 현미경 분석 결과 병소가 거의 소실되거나 흔적만 남아 있는 양상이 다수 관찰되었고, II, III, IV군의 수복물 변연부에서는 Inhibition zone이 두드러지게 나타남으로써 재석회화가 진행되었음을 알 수 있었다. 재석회화의 정도는 글라스 아이오노머가 컴포머에 비해 다소 높은 것으로 분석되었다.

### 참고문헌

1. De Araujo FB, Garcia-Godoy F, Cury JA, et al. : Fluoride release from fluoride-containing materials. *Oper Dent*, 21:185-190, 1996.
2. Karantakis P, Helvatjoglou-Antoniades M, Theodoridou-Pahini S, et al. : Fluoride release from three glass ionomers, a compomer, and a composite resin in water, artificial saliva, and lactic acid. *Oper Dent*, 25:20-25, 2000.
3. Carvalho AS, Cury JA : Fluoride release from some different dental materials in different solutions. *Oper Dent*, 24:14-19, 1999.
4. Yap AUJ, Khor E, Foo SH : Fluoride release and antibacterial properties of new-generation tooth-colored restoratives. *Oper Dent*, 24:297-305, 1999.
5. Franci C, Deaton TG, Arnold RR, et al. : Fluoride release from restorative materials and its effect on dentin demineralization. *J Dent Res*, 78(10):1647-1654, 1999.
6. Park SH, Kim KY : The anticariogenic effect of fluoride in primer, bonding agent, and composite resin in the carvosurface enamel area. *Oper Dent*, 22:115-120, 1997.
7. Donly KJ, Segura A, Kanellis M, et al. : Clinical performance and caries inhibition of resin-modified glass ionomer cement and amalgam restorations. *J Am Dent Assoc*, 130:1459-1466, 1999.
8. Benneli EM, Serra MC, Rodrigues AL Jr, et al. : In situ anticariogenic potential of glass ionomer cement. *Caries Res*, 27:280-284, 1993.
9. Berg JH : The continuum of restorative materials in pediatric dentistry, A review for the clinician. *Pediatr Dent*, 20:93-100, 1998.
10. van Dijken JW : 3-year clinical evaluation of a com-



- pomer, a resin modified glass ionomer and a resin composite in class III restorations. *Am J Dent*, 9:195-198, 1996.
11. EL-Kalla IH, Garcia-Godoy F : Mechanical properties of compomer restorative materials. *Oper Dent*, 24:2-8, 1999.
  12. Burgess J, Norling B, Summit J : Resin ionomer restorative materials. The new generation. *J Esthet Dent*, 6:207-215, 1994.
  13. McCabe JF : Resin-modified glass-ionomers. *Biomaterials*. 19:521-527, 1998.
  14. Letzel H : Survival rates and reasons for failure of posterior composite restorations in multicenter clinical trial. *J Dent*, 17:10-17, 1989.
  15. Varpio M : Clinical aspects of restorative treatment in the primary dentition. *Swed Dent J*, 96:36-40, 1993.
  16. Lavis JF, Peters MCRB, Mount GJ : In vitro changes to Dyract compomers restorative immersed various media. *J Dent Res*, 74:491(Abs727), 1995.
  17. Peutzfeldt A, Garcia-Godoy F, Amunsen E : Surface hardness & wear of glass ionomers and compomers. *Am J Dent*, 10:15-17, 1997.
  18. Eliades G, Kakaboura A, Palaghias G : Acid-base reaction and fluoride release profile in visible light-cured polyacid-modified composite restoratives(compomers). *Dent Mater*, 14:57-63, 1998.
  19. Abate PF, Bertacchini SM, Polack MA, et al. : Adhesion of a compomer to dental structures. *Quint Int*, 28:509-512, 1997.
  20. Brackett WW, Gunnin TD, Gilpatrick RO, et al. : Microleakage of class V compomer and light cured ionomer restorations. *J Prosthet Dent*, 79:261-263, 1998.
  21. Cehreli ZC, Usmen E : Effect of surface conditioning on the shear bond strength of compomers to human primary and permanent enamel. *Am J Dent*, 12:26-30, 1999.
  22. Faika Y, Abdel M, Fouad SS : Shear bond strength of Dyract compomer materials to dentin of primary molars. *J Clin Pediatr Dent*, 21:305-310, 1997.
  23. Hse KMY, Wei SHY : Clinical evaluation of compomer in primary teeth: 1-year results. *J Am Dent Assoc*, 128:1088-1096, 1997.
  24. Mass E, Gorden M, Fuks AB : Assessment of compomer proximal restorations in primary molars : A retrospective study in children. *ASDC J Dent Child*, 66:93-97, 1999.
  25. Cehreli ZC, Altay N : Three year clinical evaluation of a polyacid-modified composite in minimal-invasive occlusal cavities. *Am J Dent*, 28:117-122, 2000.
  26. Modesto A, Chevitaese O, Cury JA & Vieira AR : Variglass fluoride release and uptake by an adjacent tooth. *Am J Dent*, 10:123-127, 1997.
  27. Vieira AR, Souza IPR, Modesto A : Fluoride uptake and release by composites and glass ionomers in a high caries challenge situation. *Am J Dent*, 10:14-18, 1999.
  28. Strother JM, Kohn DH, Dennison JB, et al. : Fluoride release and re-uptake in direct tooth colored restorative materials. *Dent Mater*, 14:129-136, 1998.
  29. Shaw AJ, McCabe JF : Fluoride release from glass ionomer and compomer restorative materials. *J Dent Res*, 76:39(Abstract 203), 1997.
  30. Groeneveld A, Purrell-Lewis DJ, Arends J : Influence of the mineral content of enamel on caries-like lesions produced in hydroxyethyl cellulose buffer solutions. *Caries Res*, 9:127-138, 1975.
  31. Mjor IA : Frequency of secondary caries at various anatomical locations. *Oper Dent*, 10:88-92, 1985.
  32. MacInnis WA, Ismail A, Brogan H : Placement and replacement of restorations in a military population. *J Can Dent Assoc*, 57:227-231, 1991.
  33. Forsten L : Fluoride release from a glass ionomer cement. *Scand J Dent Res*, 85:503-504, 1977.
  34. Forsten L : Fluoride release and uptake by glass ionomers. *Scand J Dent Res*, 99:241-245, 1991.
  35. Glockman E, Siglish B, Gehroldt C, et al. : Fluoride release of different types of glass ionomer cements. *J Dent Res*, 76:316(Abstract 2421), 1997.
  36. Horsted-Bindslev P, Larsen MJ : Release of fluoride from conventional and metal-reinforced glass-ionomer cements. *Scand J Dent Res*, 98:451-455, 1990.
  37. Tantbirojn D, Douglas WH, Versluis A : Inhibitive effect of a resin-modified glass ionomer cement on remote enamel artificial caries. *Caries Res*, 31:275-280, 1997.
  38. Hicks MJ, Flaitz CM, Silverstone LM : Secondary caries formation in vitro around glass ionomer restorations. *Quint Int*, 9:527-532, 1986.
  39. Forss H, Seppa L : Prevention of enamel demineralization adjacent to glass ionomer filling materials

- Scand J Dent Res, 98:173-178, 1990.
40. Hattab FN, Mok NY, Agnew EC : Artificially formed carieslike lesions around restorative materials. J Am Dent Assoc, 118:193-197, 1989.
41. Tay WM, Braden M : Fluoride ion diffusion from glass ionomer cements. Biomaterials, 9:454-456, 1988.
42. Ten Cate JM : In vitro studies on the effect of fluoride on de- and remineralization. J Dent Res, 69:614-619, 1990.
43. Arends J, ten Bousch JJ : Demineralization and remineralization evaluation techniques. J Dent Res, 924-928, 1992.

---

**Reprint request to:**

**Hoi-Min Chung**, D.D.S., M.S.D., Ph.D.  
Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Dankook University  
San 29 Anseo-Dong, Cheon-an, Chunng-nam, 330-714, Korea  
E-mail : pedo@pedo.dankook.ac.kr

**Abstract**

**COMPARATIVE STUDY ON REMINERALIZING EFFECT OF COMPOMERS**

Hoi-Min Chung, Yong-Kee Kim, Jong-Soo Kim, Soon-Won Kwon

*Department of Pediatric Dentistry, Graduate School of Dentistry, Dankook University*

The purpose of this study was to compare the amount of fluoride release and remineralizing effect of compomer with those of glass ionomer cement and composite resin.

Composite resin(Z-100®) was used for negative control group(Group I), glass ionomer(Fuji II LC®) for positive control group(Group IV), compomer(Dyract AP® and F-2000®) for experimental group(Group II and Group III).

The results obtained can be summarized as follows :

1. Glass ionomer showed the higher amount of fluoride release than compomer groups. Composite resin showed no fluoride release during test period.
2. Significant evidence of remineralization could be noticed in samples of all groups. The highest degree of remineralization was observed in glass ionomer group followed by compomer group. The least evidence of remineralization was observed in composite resin group.
3. Microhardness values of carious site was lower than control site, but Microhardness values of caries site at 20 $\mu$ m away from filling materials in group II, III, IV was significantly higher than the other area.

Based on the above results, compomer could be considered as one of the very attractive restorative materials in the field of pediatric dentistry.

**Key words** : Compomer, Remineralization, Fluoride release, Artificial caries lesion, Microhardness