

컴포머의 불소 유리 및 항우식 효과에 관한 비교 연구

황규선 · 김종수 · 권순원

단국대학교 치과대학 소아치과학교실

국문초록

소아치과 임상에서 널리 사용되고 있는 심미수복 재료인 컴포머의 불소 유리와 수복물 인접 법랑질에 대한 항우식 효과를 평가해 보고자 본 연구를 시행하였다.

음성대조군으로 복합레진인 Z-100을 I 군으로, 양성 대조군으로 글라스 아이오노머인 Fuji II LC를 IV 군으로 설정하였으며, 실험군으로는 Dyract AP를 II 군으로, F-2000을 III 군으로 설정하였다.

불소 유리량은 1일부터 7일까지는 매일, 그 후로는 각각 2일, 3일 또는 4일 간격으로 4주간 측정하였다. 또한 우전치의 순면에 동일한 와동을 형성하고 각 실험재료를 충전한 후 인공 우식을 유발시켜 항우식 효과 비교실험을 시행하였다.

음성 실험군인 I 군은 불소 유리를 하지 않았으며, IV 군에서 전반적으로 가장 높은 불소 유리량을 나타냈다. II 군과 III 군은 IV 군보다 전반적으로 낮은 불소 유리량을 보였으며, III 군은 II 군보다 불소 유리량이 많았다. 우식 병소의 관찰 결과 복합레진을 제외한 나머지 군에서는 수복물 인접부 우식 병소가 감소하는 양상을 나타냈으며, 컴포머 군인 F-2000과 Dyract AP 간에는 별다른 차이를 관찰할 수 없었다.

주요어 : 항우식효과, 불소 유리, 컴포머

I. 서 론

불소는 우식 발생을 억제하고 초기 우식의 재석회화를 촉진하는 작용이 있어 현재까지 다양한 치과수복 재료에 포함되어져 왔다¹⁻³⁾. 이 중 글라스 아이오노머 시멘트는 1972년에 처음 소개된 이래로 생체 친화성이 우수하고 치질에 화학적인 결합을 하는 등 여러 가지 장점으로 인해 임상의 다양한 분야에서 사용되고 있으며 특히 장기간의 불소 유리로 인한 법랑질 탈회 예방과 수복물 주위 이차우식을 억제하는 작용이 있어⁴⁻⁹⁾ 이차우식이 빈발하는 소아환자의 수복재료써 광범위하게 사용되어져 왔다. 그러나 복합 레진에 비해 물성과 치질과의 결합력, 심미성 등이 떨어지고 수분에 민감하여 조작이 불편한 단점들이 보고되었다^{10,11)}. 이를 개선하려는 노력의 일환으로 글라스 아이오노머 시멘트에 레진 성분을 첨가하여 광중합을 통해 수분 민감성을 개선한 resin-modified glass ionomer 수복재가 개발되었으나 이 또한 물성과 치질과의 결합력에 한계가 있어¹²⁻¹⁴⁾ 임상 적용에 제한이 있는 실정이다. 반면에 복합 레진은 심미성과 물성, 결합력 등이 우수한 반면, 시술과정이 복잡하고 작업시간이 길어 수분 및 오염에 민감하므로 비협조적인 소아환자

의 경우에는 특히 많은 제약을 받게되며, 임상적으로 2차 우식의 발생율이 높은 것이 단점으로 보고되고 있다^{15,16)}.

복합 레진과 글라스 아이오노머의 단점들을 상호 보완하기 위한 목적으로 최근에 polyacid-modified 복합 레진인 컴포머가 개발되었다^{17,18)}. 컴포머는 복합 레진과 글라스 아이오노머의 합성어로서 1993년에 Dyract®(DeTrey Dentsply, Germany)라는 재료로 처음 소개되었으며, 산성화된 이중 기능성 레진 단량체와 fluoroaluminosilicate 글라스 입자로 구성되어 초기 광중합 후 구강내 수분을 흡수하여 이차적인 산-염기 반응의 결과로 불소를 유리한다고 보고되었다¹⁹⁻²¹⁾. 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 있으며²²⁻²⁷⁾ 임상 연구에서도 복합레진과 유사하거나 우수하게 평가되고 있다²⁸⁻³⁰⁾. 불소 유리에 관한 다수의 문헌에서 글라스 아이오노머 시멘트보다는 낮고 불소 유리 복합레진 보다는 높은 불소 유리량을 보인다고 보고하고 있으나^{2,3,5,6,31-34)} 일각에서는 오히려 글라스 아이오노머 수복재와 유사하거나 오히려 더 높은 유리량을 보인다고^{4,23,24)}는 보고들도 존재하여 논란의

소지가 있으며 특히 산성 환경 하에서 컴포머의 불소 유리량이 크게 증가한다고 보고되고 있다^{3,4,32)}. 이상의 연구들을 통해 불소가 지속적으로 유리됨은 확인되었으나 이로 인한 컴포머의 항우식 효과에 관한 보고들은 제조 회사의 제품 소개 자료들을 통해 수복물 주위 법랑질에 대한 항우식 효과가 보고되고 있을 뿐²²⁻²⁴⁾, 매우 미미한 실정이며 아직 정립되지 않은 상태이다. 항우식 효과를 확인하기 위한 방법에는 여러 가지가 있으나 균일하고 재현성이 있는 인공 우식 병소를 유발시켜 재료 주위의 병소 양상과 깊이, 면적 등을 편광 현미경관찰을 통해 비교하는 방법이 많이 사용되며³⁵⁾ 기존의 글라스 아이오노머 수복재의 경우 이 방법을 통해 우수한 수복물 주위 항우식 효과가 확인된 바 있다³⁶⁻⁴⁰⁾.

기존의 양대 심미 수복 재료인 복합 레진과 글라스 아이오노머의 단점을 보완할 목적으로 개발되어 최근 소아치과 임상에 도입된 컴포머는 그 임상 활용도에 비해 아직은 이를 뒷받침할 만한 연구 실적이 미흡한 상황이다. 최근들어 그 물성과 결합력, 변연봉쇄성 등에 관한 비교연구들이 보고되고 있으나 아직 까지도 컴포머의 항우식 효과에 관한 연구는 거의 알려져 있지 않은 실정이다.

이에 저자는 컴포머의 불소 유리량 및 수복물 인접 법랑질에 대한 항우식 효과를 기존의 대표적인 심미 수복재료인 복합레진과 글라스 아이오노머 시멘트와 비교 분석해 본 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 항우식 효과 비교 실험에 사용하였다.

2) 연구 재료

본 실험에서 사용된 수복 재료로 복합 레진으로는 Z-100™ (3M, USA)을, 컴포머는 Dyract® 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® NT(Dentsply, Germany), Clicker System(3M, USA)와 Scotchbond Multipurpose plus System®(3M, USA)을 사용

하였다. 광중합기는 XL3000(3M, USA)을 사용하였고, 일정한 광도를 유지하기 위하여 Radiometer (Dent-America, USA)를 사용하여 측정하면서 조사하였다.

2. 연구 방법

1) 실험 I. 불소 유리량 비교실험

(1) 디스크 제작

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

(2) 불소 유리량 측정

40개의 plastic 용기에 각각 3 ml의 탈이온 증류수를 채운 다음, 제작된 디스크를 각각 넣고 parafilm(American Can Company, USA)으로 밀봉하여 37℃로 고정된 항온기에 보관하였다. 보관 후 1일부터 7일까지는 매일 새로운 용액으로 교환하면서 불소 유리량을 측정하였으며, 그 후로는 각각 2일, 3일, 또는 4일 간격으로 4주간의 불소 유리량을 측정하였다.

각각의 기간동안 유리된 불소량의 측정을 위하여 일정기간이 경과된 시편이 담긴 plastic 용기에서 시편을 꺼낸 후 3ml의 TISAB(Total Ionic Strength Adjusting Buffer) 용액(F00IS01, istek, Korea)을 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 측정시 마다 측정예 앞서 1ppm과 10ppm의 불소 표준 용액(Fluoride/TISAB Standard solution, Orion, USA)으로 calibration을 시행하였다.

(3) 통계 분석

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

2) 실험 II. 항우식 효과 비교실험

(1) 대상 치아의 준비

대상치아의 치근을 분리해 내고 치관 표면을 세마한 후 저속

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

Table 2. Materials used in this study and sample grouping

Group	Restorative Materials		Sample number
I	Composite resin	Z-100	20
II	Compomer	Dyract AP	20
III	Compomer	F-2000	20
IV	Glass ionomer	Fuji II LC	20

Table 3. Detailed experimental conditions applied to each group in surface treatment, bonding and curing procedures

Group	Filling Materials	Surface Treatment	EtchingTime	Bonding Materials	Application & curing time
I	Z-100	Phosphoric acid	15sec.	Scotchbond Multipurpose System®	10 sec.
II	Dyract AP	No Treatment	0	Prime and Bond® NT	1time for 20sec.&10sec.
III	F-2000	No Treatment	0	Clicker System	1time for 20sec.&10sec.
IV	Fuji II LC	Polyacrylic acid	15sec.	No	No

엔진에 부착된 디스크를 사용하여 물을 뿌려 가면서 각각의 치아 당 4개의 절편을 만든 다음 600, 1000 grit silicone carbide paper로 연마하여 크기가 5×4 mm인 균일한 순면을 갖는 총 80개의 시편을 제작하였다. 치아에 따른 변이를 없애기 위해 하나의 치아에서 제작된 4개의 시편을 실험 I과 동일하게 설정된 4개의 군에 각각 하나씩 배정하였다.

(2) 레진 블록 제작 및 치면의 노출

균일한 레진 블록 제작을 위해 준비한 실리콘 주형을 사용하여 교정용 레진에 시편의 순면이 노출되도록 매몰하였다. 레진이 경화된 후 동일한 조건의 범랑질 표면을 얻기 위하여 600, 1000, 2000 grit silicone carbide paper와 polisher(JISI-CO, Korea)를 사용하여 각 시편마다 순면의 표층 범랑질을 제거하고 평평한 범랑질 표면을 확보하였다.

(3) 와동 형성 및 충전

균일한 와동 형성을 위해 고안된 기구와 고속 엔진에 부착된 #330 바를 이용하여 각 시편의 노출된 범랑질 중앙부에 1.5×3mm, 깊이 1.5mm의 와동을 형성한 다음, 실험재료에 따라 각각 20개씩 배정하였다. 제조자의 지시에 따라 Table 3과 같이 치면처리 하고 충전 및 광중합을 시행한 후 와동 주위 1mm를 제외한 모든 치면에 nail varnish를 도포하였다.

(4) 인공우식용액 제조 및 우식 유발

1975년 Groeneveld등⁴¹⁾이 실험에 사용한 방법에 따라 0.1M lactic acid에 6wt% hydroxyethyl cellulose를 첨가하고 NaOH를 이용하여 pH를 4.0으로 조정된 인공우식 용액을 제조하였다. 제조된 우식용액을 80개의 용기에 각각 5ml씩 나누어 담은 후 준비된 시편을 하나씩 넣고 parafilm (American Can Company, USA)으로 밀봉한 다음 37℃로 고정된 항온기에 7일간 보관하여 우식을 유발시켰다.

(3) 조직분석용 치아박편 제작

우식이 유발된 80개의 시편을 치면이 절단축에 수직이 되도록 acrylic plate에 glue로 접착시킨 다음, 경조직 절삭기(Velnus, Japan)를 이용하여 약 500µm 두께의 박편을 제작한 후 각각 slide glass에 Epon으로 부착하였다. 그 후 1000, 2000, 4000 grit의 silicone carbide paper와 3µm aluminosilicate suspension(EXTEC, USA)으로 표면을 활택하여

약 100µm 두께의 조직 분석용 표본을 완성하였다.

(4) 편광현미경 관찰 및 우식 병소의 면적 측정

완성된 표본을 물에 침윤하여 편광 현미경하에서 40배와 100배의 배율로 관찰하였으며 이를 컴퓨터에 입력하여 화상분석 프로그램(Image-Pro PLUS version 3.0, USA)으로 각각의 우식병소의 면적과 양상을 측정하고 분석하였다. 우식병소의 면적은 수복물 변연에서 500µm까지의 병소로 제한하여 측정하였다.

(5) 통계분석

측정된 우식병소의 면적을 SPSS 프로그램을 이용하여, One-way ANOVA test로 유의성을 검정하고 Scheffe test로 사후검정을 시행하여 통계분석 하였다.

III. 연구성적

1. 불소 유리량 측정 결과

Fig. 1은 시간경과에 따라 각각의 디스크에서 유리된 불소 농도의 평균과 표준편차를 나타낸 표와 도표이다. 전반적으로 글라스 아이오노머 군인 Fuji II LC군에서 가장 높은 불소 농도를 나타냈으며, 컴포머 군간에서는 F-2000 군이 Dyract AP 군보다 전반적으로 높은 불소 농도를 보였다. 하지만 시간이 경과함에 따라 그 차이는 감소하는 양상을 보였으며 마지막 측정 일인 4주째에는 거의 유사한 불소 농도를 나타냈다. 복합레진 군인 Z-100 군에서는 측정 기간 내내 불소의 유리를 관찰할 수 없었다.

Table 4는 시간 경과에 따라 1일에서 7일, 그리고 9일과 11일에 유리된 각 군의 불소 농도를 통계처리한 결과로서 모든 군간에 유의차를 나타냈으며(p<0.05). Table 5은 14, 17, 20, 24일에 유리된 각 군의 불소 농도를 통계처리한 결과로서 III군인 F-2000 군과 IV군인 Fuji II LC 군간을 제외한 다른 모든 군간에서 유의차를 보였다(p<0.05). 반면에 Table 6은 28일에 유리된 각 군의 불소 농도를 통계 처리한 것으로서 1군인 Z-100 군을 제외한 다른 모든 군간에서 유의차를 보이지 않았다.

2. 편광 현미경 관찰 결과

각 군의 우식병소의 양상을 편광 현미경으로 관찰해본 결과

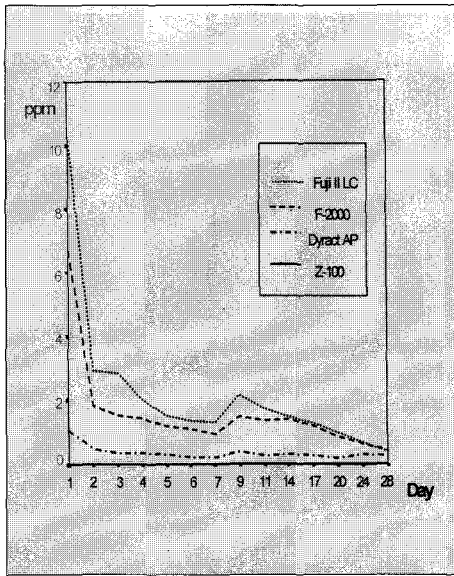


Fig. 1. Mean and standard deviation of fluoride concentration(ppm) released from each group according to various time intervals.

복합레진 군인 I군(Fig. 2)을 제외한 다른 모든 군에서 수복물 주위 병소 깊이의 감소를 관찰할 수 있었으며, 글라스 아이오노머 군인 IV군(Fig. 3)에서 컴포머 군인 II, III군(Fig. 4, 5)에 비해 더욱 현저한 우식병소의 감소 양상을 관찰할 수 있었다.

3. 우식 병소의 면적 측정 결과

Table 7과 Fig. 6는 각 군의 우식병소 면적의 평균과 표준편

Table 4. Statistical analysis on fluoride concentration values between groups : Days 1-7, 9, 11

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

* : p<0.05, Scheffe test

Table 5. Statistical analysis on fluoride concentration values between groups : Days 14, 17, 20, 24

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

* : p<0.05, Scheffe test

Table 6. Statistical analysis on fluoride concentration values between groups : Day 28

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

* : p<0.05, Scheffe test

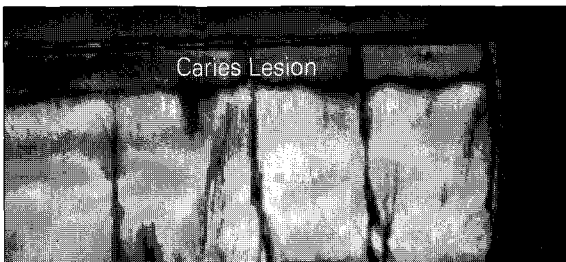


Fig. 2. Polarizing microscope image (Group I) : water imbibition, ×100.



Fig. 3. Polarizing microscope image(Group II) : water imbibition, ×100.

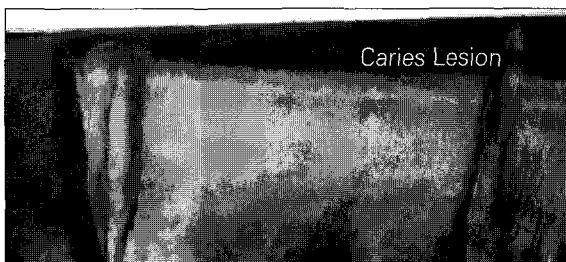


Fig. 4. Polarizing microscope image(Group III) : water imbibition, ×100.

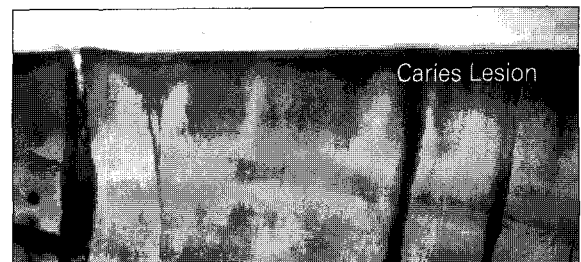


Fig. 5. Polarizing microscope image(Group IV) : water imbibition, ×100.

Table 7. Average lesion area(μm^2) with standard deviation of each group

Group	Materials	Carious Lesion Area
I	Z-100	57379.60±6822.02
II	Dyract AP	32368.73±5896.77
III	F-2000	32104.70±6496.35
IV	Fuji II LC	23314.22±2601.28

Table 8. Statistical analysis of lesion area between groups

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

* : p<0.05, Scheffe test

차를 나타낸 표와 도표로서 I군에서 가장 큰 수치를 나타냈으며 IV군에서 가장 작은 수치를 나타냈다. Table 8은 이를 통계처리한 결과로서 콤포머 군인 III군과 IV군 간을 제외한 모든 군간에 유의차를 나타냈다(p<0.05).

IV. 총괄 및 고찰

이차 우식은 일반적으로 수복물 실패의 가장 흔한 원인 요소이며^{42,43)} 특히 구강위생관리 능력에 한계가 있는 소아환자의 경우에는 그 빈도가 더욱 높은 것으로 알려져 있다^{10,16)}. 치아우식 발생과정은 탈회와 재석회화를 반복하여 결과적으로 외동형성을 초래하는 일련의 동적인 과정으로 치태내의 세균 대사를 통해 발생한 산에 의해 치아표면의 미세환경에서 pH가 감소하게 되고 결국 치아 경조직의 탈회가 일어나게 되는 것이다⁴⁴⁾. 그러므로 산의 형성을 억제하고 탈회에 대한 저항성을 증가시키며 재석회화를 촉진하는 어떤 효과적인 기전을 찾아내는 것은 임상에서의 중요한 관심사가 되어왔다.

불소는 다양한 기전을 통하여 우식 발생을 억제하고 초기 우식의 재석회화를 촉진하는 작용이 있는 것으로 널리 알려져 왔으며¹⁻⁴⁾ 이로 인해 현재까지 다양한 치과수복 재료에 포함되어져 왔다. 불소를 유리하는 최초의 수복재는 실리케이트 시멘트였으나 이는 고농도의 불소를 유리하는 반면 물성이 매우 불량하여 임상에서 널리 사용되지 못하였다⁶⁾. 하지만 실리케이트 시멘트를 기초로 하여 1972년 Wilson과 Kent에 의해 글라스 아이오노머 시멘트가 개발되어 상품화된 이후, 물성의 개선과 불소의 유리 뿐 아니라 생체 친화성이 우수하고 치질에 화학적인 결합을 하는 등 다양한 장점으로 인해 임상에서 널리 사용되었으며⁸⁻¹⁰⁾ 이를 대상으로 불소 유리와 항우식 효과에 대한 폭넓은 연구들이 보고되었다. 이런 연구들을 통하여 글라스 아이오노머 수복재료부터 유리된 불소가 주위 치질에 흡수되어 치질의 내산성을 증가시키고 우식을 유발하는 세균에 대한 산 생성

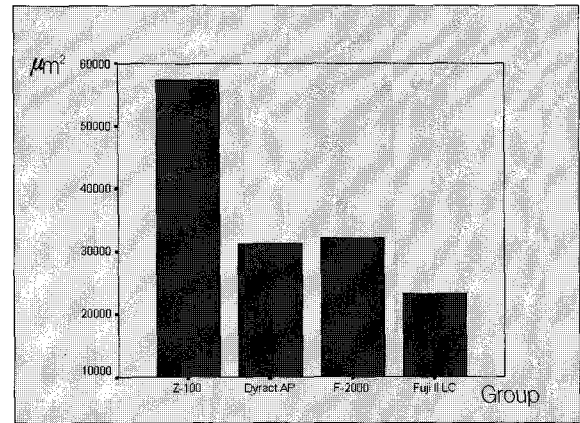


Fig. 6. Bar graph representing average lesion area of each group

억제 작용을 발휘하며 재석회화를 촉진하는 작용을 하는 등의 다양한 기전으로 수복물 주위 이차우식을 억제 및 예방⁴⁵⁻⁴⁸⁾하는 것으로 밝혀졌다. 하지만 이런 장점에도 불구하고 복합 레진에 비해 물성과 결합력, 심미성 등이 떨어지고 수분에 민감하여 조작이 불편한 임상적 단점들을 지니고 있어^{10,11)} 이상적인 수복재로서는 한계가 있는 것으로 인식되었으며 이를 개선하려는 노력의 일환으로 레진 성분을 첨가하여 광중합을 통해 수분 민감성 및 물성을 개선한 resin-modified glass ionomer 수복재가 개발되었다. 이 재료는 기존의 글라스 아이오노머 시멘트와 유사한 불소 유리 및 항우식 효과를 지니는 것으로 보고되었으나 역시 물성과 결합력에 한계가 있어¹²⁻¹⁴⁾ 폭넓은 임상 적용에 제한이 있는 실정이다. 반면에 우수한 심미성과 물성, 결합력 등의 장점으로 현재까지 임상에서 많이 사용되고 있는 복합레진은 시술과정이 복잡하고 작업시간이 길어 수분 및 오염에 민감하므로 비협조적인 소아환자의 경우에는 특히 많은 제약을 받게되며, 중합수축으로 인해 임상적으로 2차 우식의 발생률이 높은 것이 큰 단점으로 보고되고 있다^{15,16)}. 복합레진에도 다양한 방법으로 불소를 첨가하여 이온 교환 및 가수분해에 의한 기전을 통해 지속적으로 불소를 유리시키고 이로 인한 항우식 효과를 통해 이차 우식의 억제를 도모하려는 노력들이 있었으나 불소 첨가로 인한 물성의 저하와 기대 이하의 미미한 불소 유리량으로 인해 임상적으로 각광받지 못하였다^{2,3,4,19)}. 뛰어난 항우식 효과와 물성 및 결합력, 시술의 편의성 등을 고루 갖춘 소아환자에 대한 이상적 수복재를 기다리던 중 복합레진과 글라스 아이오노머의 단점들을 보완하고 장점들을 수용하기 위한 목적으로 컴포머라고 불리는 polyacidmodified 복합 레진이 개발되었으며 현재까지 다양한 제품들이 출시되어 그 사용 범위를 넓혀가고 있다. 컴포머는 복합레진과 글라스 아이오노머의 합성어로서 1993년에 Dyract®(DeTrey Dentsply, German)라는 재료로 처음 소개되었으며, 산성화된 이중 기능성 레진 단량체와 fluoro-alumino-silicate 글라스 입자로 구성되어있다¹⁰⁻

12). 초기에는 복합레진과 같이 광원에 의해 중합된 후 이차적으로 구강내 수분을 흡수하여 글라스 아이오노머 시멘트와 유사한 산-염기 반응의 결과로 물성의 저하없이 지속적으로 불소를 유리한다고 보고되고 있으며 물분자를 흡수하여 수화됨에 의해서서히 팽창하여 광중합시의 수축을 보상하고 미세누출을 최소화할 수 있다고 보고되고 있으나²²⁻²⁴⁾ 아직 확립되어 있지는 않은 상태이다. 최근까지의 연구 결과 컴포머는 복합레진에 버금가는 물성, 높은 심미성 및 조작의 편의성을 지니며 산 부식 과정이 없이도 높은 결합강도를 나타낼 뿐만 아니라 변연 봉쇄성도 뛰어난 것으로 보고되고 있으며²⁵⁻²⁷⁾ 또한 1년에서 3년간의 임상 연구에서도 복합레진과 유사하거나 우수하게 평가되고 있다²⁸⁻³⁰⁾. 이처럼 컴포머의 물성과 결합력 및 변연 봉쇄성 등에 관한 연구들은 활발하게 보고되고 있는데 반해서 기존의 글라스 아이오노머 수복재에서와 같은 수복물 인접 치질에 대한 항우식 효과에 대한 연구는 일부 제조회사의 지침에서 언급하고 있는 내용들을 제외하고는 거의 알려져 있지 않기 때문에 이를 불소 유리와 함께 관련시켜 확인해 보고자 하였다.

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 알려져있다⁴⁵⁻⁴⁷⁾. 1988년 Tay와 Braden⁴⁸⁾은 2.5년 동안, 1993년 Forsten⁵⁰⁾은 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. 한편 실험 재료를 보관하는 용액에 따라라도 불소 유리 양상이 상이하게 나타날 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^{3,4)}. 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^{3,4,32)} 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 등⁵⁾과 2000년 Karantakis 등³⁾에 의하면 컴포머의 경우 글라스 아이오노머 수복재보다 초기에는 불소 유리량이 적으나 유사한 유리 양상을 가지며 시간 경과에 따라 그 차이가 적어지다고 한 반면 불소 유리 복합레진의 경우에는 실험 기간내내 매우 미미한 유리량을 나타내며 2주 후부터는 거의 불소 유리를 관찰할 수 없었다고 보고하였다. 또한 산성화된 조건하에서는 컴포머에서 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. 하지만 불소 유리량이 증가하는 만큼 비례적으로 수복재 주위 치질에 더 뛰어난 항우식 효과를 나타내는지는 아직 정립되어 있지 않은 상태이다. 실제로 치질에 대한 불소의 재석회화 효과는 높은 불소 농도보다는 낮은 농도라도 지속적으로 유리될 때 훨씬 우수한 것으로 보고⁵¹⁾된 바 있으나 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 되는 것이다³⁾. 증류수내로 유리된 불소 농도를 측정본 실험에서도 기존의 연구들과 유사하게 글라스 아이오노머 시멘트에서 가장 많은 불소 유리량을 나타냈으나 시간 경과에 따라 컴포머와의 유리량의 차이가 점차 감소하여 4주째에는 통계적으로 유의성이 없는 유사한 유리 양상을 관찰할 수 있었다. 또한 컴포머 간에서도 불소 유리량의 차이를 나타내어 각각의 성분과 제조 방법에 따라 제품마다 불소 유리량이 달라짐을 알 수 있었으며 본 실험의 결과로 볼 때 3군인 F-2000이 2군인 Dyract AP보다 불소 유리 측면에서 본다면 우수한 재료라고 사료된다. 하지만 최근의 연구들에서처럼 우식이 유발되는 산성 조건하에서의 불소 유리 양상을 비교해 보지 못한 것이 아쉬움으로 남으며 만약 산성 조건하에서 실험을 수행했다면 기존의 연구결과들과 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 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 한다³⁵⁾. 인공 우식 병소를 유발시키는 방법에는 여러 가지가 있으나 본 실험에서 사용한 hydroxyethyl cellulose system은 이상의 요건을 만족시키는 간편하면서도 우수한 방법으로 알려져 왔다⁴¹⁾. 기존의 글라스 아이오노머 수복재의 경우 치아면에 균일한 와동을 형성하고 충전한 후 이 시편에 우식을 유발시켜 수복물 주위 법랑질 및 상아질에 대한 우식 억제 효과를 확인한 연구들이 있었고 이를 통하여 그 항우식 효과가 확인된 바 있어 본 실험에서도 유사한 방법을 사용하여 컴포머의 항우식 효과를 확인하고 글라스 아이오노머 수복재와 비교해 보고자 하였다. 수복물 주위 치질에 대한 항우식 효과를 평가하는 방법도 다양하게 보고되고 있는데 대표적으로 microradiography를 이용하는 방법, 미세경도 측정법, EPMA (electron probe microanalysis)를 이용하는 방법, 편광 현미경 관찰법 등이 사용되고 있다³⁵⁾. 이 중 본 실험에서 사용한 편광 현미경 관찰을 통한 평가방법은 시편의 부위별 pore volume의 차이에 따라 글

절물의 차이가 생기고 이를 통해 건전 법랑질과 우식 법랑질과의 색조의 차이에 의해 우식 병소 양상을 전반적으로 관찰할 수 있는 방법이다³⁵⁾. 이는 우식 병소의 형태, 깊이, 분포 양상등을 한 눈에 볼 수 있는 장점이 있는 반면 정량적으로 우식으로 인한 부위별 광물질 소실 정도 등을 정확히 측정할 수 없는 단점을 지니고 있다³⁶⁾. 따라서 microradiography나 미세경도 측정법과 병행한다면 정성적 분석과 정량적 분석을 동시에 시행할 수 있는 더욱 세밀한 연구가 가능할 것이다. 본 실험에서의 편광 현미경 관찰 결과 불소를 유리하지 않은 1군의 경우에는 수복물로부터 균일한 깊이의 병소를 나타낸 반면 불소를 유리하는 2군, 3군, 4군의 재료들에서는 모두 수복물 인접 법랑질에서 우식 병소의 깊이가 현저히 감소되는 양상을 보여주었는데 이는 유리된 불소로 인한 우식 억제 작용에 기인한 것으로 판단되며 이러한 불소의 효과는 수복물에서 멀어질수록 감소하는 것으로 사료된다. 수복물 인접 500 μ m까지의 우식병소 면적 측정 결과에서는 불소 유리량이 가장 많았던 4군의 경우 예상대로 가장 면적이 작게 나타났으나 2군에 비해 불소 유리량이 많았던 3군의 경우에는 특징적으로 2군과 유사한 결과를 보였는데 이는 불소 유리량의 차이가 반드시 항우식 효과에 반영되진 않는다는 기존의 연구와 일치하는 것으로 생각된다. 방법론적으로 화상 분석 프로그램을 사용하여 병소의 면적을 측정 한 것은 병소 깊이가 부위마다 일정치 않아 좀 더 정확한 비교를 하기 위해서였고, 수복물 주위 500 μ m까지로 거리로 제한한 이러한 수복물 인접부에서의 우식 억제 작용이 임상적으로 이차우식을 감소시키는데 중요한 요인이기 때문이다. 본 실험을 통해 컴포머의 불소 유리와 수복물 주위 법랑질에 대한 항우식 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 재료 중에서 기존의 복합 레진과 글라스 아이오노머 수복재의 단점들을 보완하기 위하여 최근 개발된 컴포머의 불소 유리량과 수복물 인접 법랑질에 대한 항우식 효과를 기존의 복합레진과 그라스 아이오노머 수복재와 비교 평가해 보고자 본 실험을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 불소 유리량 측정 결과 복합레진 군인 I군은 실험기간 동안 불소 유리를 나타내지 않은 반면 II, III, IV 군의 경우에는 지속적인 불소 유리를 나타내었다.
2. 불소 유리량은 글라스 아이오노머 군인 IV 군이 컴포머 군인 II, III 군에 비해 높은 수치를 보였으며, 컴포머 군간에서는 III군이 II군에 비해 높은 수치를 나타내었다.
3. 우식 병소의 관찰 결과 II, III, IV군에서는 I군과는 달리 수복물 주위에서 병소의 깊이가 감소하는 양상을 나타냈으며 특히 IV군에서 가장 현저한 우식병소의 감소 양상을 나타냈

- 다.
4. 우식병소의 면적을 비교해 본 결과 복합레진 군인 I군에 비해 다른 모든 군에서 유의하게 낮은 수치를 나타냈으며 ($p<0.05$), 글라스 아이오노머 군인 IV군은 컴포머 군인 II, III군에 비해 유의하게 낮은 수치를 보였고($p<0.05$), II, III 군 간에서는 우식병소 면적에서의 별다른 차이를 관찰할 수 없었다($p>0.05$).
5. 이상의 결과를 종합해 볼 때 컴포머는 지속적으로 불소를 유리하며 수복물 주위 법랑질에 대한 항우식 작용을 나타내는 것으로 확인되었다. 그러므로 이차우식이 빈발하는 소아환자의 심미 수복재로서의 임상적 효용성이 입증되었다.

참고문헌

1. Cury JA : Fluoride therapy in advanced operative dentistry Sao Paulo. Quintessence Int 43-67, 1993.
2. De Araujo FB, Garcia-Godoy F, Cury JA, Conceicao EN : Fluoride release from fluoride-containing materials. Oper Dent 21:185-190, 1996.
3. 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.
4. Carvalho AS, Cury JA : Fluoride release from some different dental materials in different solutions. Oper Dent 24:14-19, 1999.
5. Yap AUJ, Khor E, Foo SH : Fluoride release and antibacterial properties of new-generation tooth-colored restoratives. Oper Dent 24:297-305, 1999.
6. Francci C, Deaton TG, Arnold RR, et al. : Fluoride release from restorative materials and its effect on dentin demineralization. J Dent Res 78:1647-1654, 1999.
7. 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.
8. 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.
9. Benneli EM, Serra MC, Rodrigues AL Jr, et al. : In situ anticariogenic potential of glass ionomer cement. Caries Res 27:280-284, 1993.
10. Berg JH : The continuum of restorative materials in pediatric dentistry, A review for the clinician.

- Pediatr Dent 20:93-100, 1998.
11. van Dijken JW : 3-year clinical evaluation of a compomer, a resin modified glass ionomer and a resin composite in class III restorations. *Am J Dent* 9:195-198, 1996.
 12. EL-Kalla IH, Garcia-Godoy F : Mechanical properties of compomer restorative materials. *Oper Dent* 24:2-8, 1999.
 13. Burgess J, Norling B, Summit J : Resin ionomer restorative materials. The new generation. *J Esthet Dent* 6:207-215, 1994.
 14. McCabe JF : Resin-modified glass-ionomers. *Biomaterials* 19:521-527, 1998.
 15. Letzel H : Survival rates and reasons for failure of posterior composite restorations in multicenter clinical trial. *J Dent* 17:10-17, 1989.
 16. Varpio M : Clinical aspects of restorative treatment in the primary dentition. *Swed Dent J* 96:36-40, 1993.
 17. Lavis JF, Peters MCRB, Mount GJ : In vitro changes to Dyract[®] compomers restorative immersed various media. *J Dent Res* 74:491(Abs727), 1995.
 18. Peutzfeldt A, Garcia-Godoy F, Amunsen E : Surface hardness & wear of glass ionomers and compomers. *Am J Dent* 10:15-17, 1997.
 19. 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.
 20. Abate PF, Bertacchini SM, Polack MA, et al. : Adhesion of a compomer to dental structures. *Quint Int* 28:509-512, 1997.
 21. Burgess JO, Norling BK, Rawls HR, et al. : Directly placed esthetic restorative materials. *The Continnum Compendium* 17:731-748, 1996.
 22. Dyract[™] A single-component compomer. *Dyract Manual Version II*. De Trey Dentsply, 1994.
 23. F2000 Compomer restorative system. Technical product profile. 3M, 1999.
 24. Dyract AP Advanced performance compomer restorative. Technical manual. De Trey Dentsply, 1999.
 25. 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.
 26. 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.
 27. 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.
 28. Hse KMY, Wei SHY : Clinical evaluation of compomer in primary teeth: 1-year results. *J Am Dent Assoc* 128:1088-1096, 1997.
 29. Mass E, Gorden M, Fuks AB : Assessment of compomer proximal restorations in primary molars : A retrospective study in children. *J Dent child* 66:93-97, 1999.
 30. Cehreli ZC, Altay N : Three year clinical evaluation of a polyacid-modified composite in minimal-invasive occlusal cavities. *J Dent* 28:117-122, 2000.
 31. Modesto A, Chevitarese O, Cury JA, et al. : Variglass fluoride release and uptake by an adjacent tooth. *Am J Dent* 10:123-127, 1997.
 32. 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.
 33. 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.
 34. Shaw AJ, McCabe JF : Fluoride release from glass ionomer and compomer restorative materials. *J Dent Res* 76:39(Abstract 203), 1997.
 35. Arends J, Bousch JJ : Demineralization and remineralization evaluation techniques. *J Dent Res* 924-928, 1992.
 36. Forss H, Seppa L : Prevention of enamel demineralization adjacent to glass ionomer filling materials. *Scand J Dent Res* 98:173-178, 1990.
 37. Ten Cate JM : In vitro studies on the effect of fluoride on de- and remineralization. *J of Dent Res* 69:614-619, 1990.
 38. 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.
 39. Hicks MJ, Flaitz CM, Silverstone LM : Secondary caries formation in vitro around glass ionomer restorations. *Quint Int* 9:527-532, 1986.
 40. Hattab FN, Mok NY, Agnew EC : Artificially formed

- carieslike lesions around restorative materials. *J Am Dent Assoc* 118:193-197, 1989.
41. 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.
 42. Mjor IA : Frequency of secondary caries at various anatomical locations. *Oper Dent* 10:88-92, 1985.
 43. MacInnis WA, Ismail A, Brogan H : Placement and replacement of restorations in a military population. *J Can Dent Assoc* 57:227-231, 1991.
 44. Fejerskov O : Concepts of dental caries and their consequences for understanding the disease. *Community Dent Oral Epidemiol* 25:5-12, 1997.
 45. Forsten L : Fluoride release from a glass ionomer cement. *Scand J Dent Res* 85:503-504, 1977.
 46. Forsten L : Fluoride release and uptake by glass ionomers. *Scand J Dent Res* 99:241-245, 1991.
 47. 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.
 48. Horsted-Bindslev P, Larsen MJ : Release of fluoride from conventional and metal-reinforced glass-ionomer cements. *Scand J of Dent Res* 98:451-455, 1990.
 49. Tay WM, Braden M : Fluoride ion diffusion from glass ionomer cements. *Biomaterials* 9(5):454-456, 1988.
 50. Forsten L : Fluoride release and uptake by five year old glass ionomer specimens. Abstract 005, 2nd NOF/CED Joint meeting, Kolding, Denmark, 1993.
 51. Silverstone LM : Fluorides and remineralization in clinical uses of fluoride. Philadelphia, 153-175, 1985.

Abstract

**COMPARATIVE STUDY ON FLUORIDE RELEASE AND
ANTICARIOGENIC EFFECT OF COMPOMERS**

Gyu-Sun Hwang, Jong-Soo Kim, Soon-Won Kwon

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

The purpose of this study was to evaluate the fluoride release and anticariogenic effect of two compomers which is known to have been developed to improve the weak properties of glass ionomer cement and composite resin. Z-100 as composite resin(Group I), Dyract AP(Group II) and F-2000(Group III) as compomer, and Fuji II LC as glass ionomer cement(Group IV) were used as test materials and evaluations were performed by pH/ISE meter for analyses of fluoride and polarizing microscope for analyses of anticariogenicity.

The results can be summarized as follows :

1. The amount of fluoride release in composite resin and compomer groups showed general pattern of decline during test period. Z-100 showed no fluoride release during test period. Fuji II LC showed the highest fluoride release among test groups and then F-2000 were followed.
2. The least resistance to demineralization was observed microscopically in Z-100 group which has no fluoride in it. The best resistance to demineralization was observed microscopically in Fuji II LC group and then compomer groups were followed.
3. Significant difference in lesion area was found between Fuji II LC group and another groups. Significant difference in lesion area was found between compomer groups and Z-100 group. No significant difference in lesion area was found between Dyract AP group and F-2000 group.
4. Two compomers showed continual fluoride release and anticariogenic effect around filling materials. therefore, compomer was evaluated very attractive restorative material in pediatric dentistry.

Key words : Compomer, Fluoride release, Anticariogenic effect