

불소 유리로 본 불소 함유 수복재

Fluorine-releasing of Dental Restoration Materials in which the Fluorine is Contained

김주원

서라벌대학교 치위생과

Joo-Won Kim(allceram@sorabol.ac.kr)

요약

치과용 수복재에서 불소의 치질강화와 항우식 효과를 알아보기 위해 각 재료에서 불소 유리량의 차이와 불소 유리의 지속성을 실험하였다. 실험에 사용된 수복재는 Ionoseal, Fuji Filling LC, Quadrant Universal LC, PermaCem[®], Dyract[®] AP 등 5종이었고, 불소유리량 실험에는 ICS-5000 Reagent-Free™ Ion Chromatography가 이용되어 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모든 종류의 수복재에서 시간 경과 후 불소 유리량이 감소하였고, 4주 후에는 유의 할 만큼 급감하였다. Fuji Filling LC(12.446 PPM)와 PermaCem[®](16.008 PPM)는 장기간 불소가 유리하는 것으로 나타났다(P<.001).

2. Ionoseal(0.887 PPM), Quadrant Universal LC(0.957 PPM)는 1주 후부터 1 PPM 이하의 소량의 불소를 유리하였고, Dyract[®] AP는 1주 후에 8.631 PPM 유리하였다가 2, 4주 후에는 급감하여 각각 0.175 PPM, 0.116 PPM을 유리하여 많은 시간 경과 후에는 불소 유리 효과가 미흡한 것으로 나타났다(P<.001).

3. Fuji Filling LC와 PermaCem[®]은 1주 경과 후 각각 33.372, 1.901 PPM의 불소를 유리하였으나, 2주 후에는 급격히 많은 36.370, 18.223 PPM의 불소를 유리하여 2주 후에 가장 많은 불소를 유리한 것으로 나타났다(P<.001).

따라서 치과용 충전 수복재의 불소 유리에 가장 효과적인 재료는 레진 강화형 글래스아이오노머와 콤포머 제품으로 나타났다. 미세누출로 인한 불소의 항우식 효과를 보기위한 제품 선택 시 고려되어야 할 사항인 것 같다. 제조회사의 매뉴얼에 나타나는 항우식 효과는 본 실험과 큰 차이를 보였다. 또한 향후 In Vitro 상태에서 레진 강화형 글래스아이오노머와 콤포머 제품에 대한 더 오랜 시간 실험을 통해 불소유리의 지속 시간 확인을 위한 계속적인 연구의 필요성을 느꼈다.

■ 중심어 : | 그래스 아이오노머 | 불소유리 | 이온-크로마토그래피 | 컴포짓 레진 | 콤포머 |

Abstract

Restoration materials used to investigate effects of fluorine such as enamel strengthening and anti-caries effects in several types of dental restoration materials were five kinds including Ionoseal(VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany), Fuji Filling LC(GC Co. Tokyo, Japan), Quadrant Universal LC(CAVEX Holland BV, Netherlands), PermaCem[®](DMG, Hamburg, Germany) and Dyract[®] AP(Dentsply GmbH, Germany), and the amount of fluorine-releasing was measured with ICS-5000 Reagent-Free™ Ion Chromatography(RFICTM, Dionex, U.S.A.). The results of this study are as follows.

1. In all types of restoration materials, the amount of fluoride-releasing was reduced with time passage and it was declined sharply to show significance in four weeks. Fuji Filling LC(12.445PPM) or resin-reinforced glass ionomer and PermaCem[®](16.121PPM) or compomer were found to release fluorine for a long term(P<.001).

2. Ionoseal(0.887PPM) or glass ionomer and Quadrant Universal LC(0.957PPM) or composite resin released a few fluorine of 1PPM or less than 1PPM after one week, and Dyract[®] AP or compomer released fluorine of 8.631PPM in one week and its amount of releasing decreased dramatically in two and four week by recording 0.175PPM and 0.116PPM, respectively. Therefore, the effect of releasing fluorine in four weeks was observed to be poor (P<.001).

3. Fuji Filling LC or resin-reinforced glass ionomer and PermaCem[®] or compomer released fluorine of 33.372 and 1.902PPM, respectively in one week and their amount of releasing increased to be 36.371 and 18.223PPM, respectively in two weeks. So, their amount of fluorine-releasing recorded the highest levels in two weeks(P<.001).

■ keyword : | Compomer | Composite Resin | Fluoride-releasing | Glass Ionomer | Ion-ChromatographyScience Technology |

I. 서론

치과 보존 수복학의 발전은 건전한 잔존치질을 최대한 보존하려는 방향으로 발전을 거듭해 왔다. 충전 수복재료의 중합팽창, 경화팽창과 구강 내에서의 전기화학적 반응에 따른 변화는 수복 후 크기안정성 결여로 미세누출이 생기며 2차 치아우식을 유발한다. 충전 수복재의 심미성에 대한 관심이 증대되면서 글래스아이오노머, 복합레진, 콤포머 등의 수복재는 미세누출과 치질강화라는 관점에서 볼 때 재료의 불소 유리량이 관심의 대상이 되었다[1].

글래스아이오노머 수복재의 불소유리는 여러 선학들의 연구에서 이미 확인된 바 있다. Sepet 등[2]은 In vivo에서 글래스아이오노머 시멘트의 불소유리를 연구하고 실험기간동안 일정한 농도의 불소가 유리된다고 하였고, Forss와 Seppa[3]는 글래스아이오노머 시멘트에서 상당량의 불소가 유리되며 인접법랑질의 탈회를 감소시킨다고 하였으며, Forsten[4]은 글래스아이오노머 시멘트에서 2년 동안 상당량의 불소가 유리됨을 보고하였다.

복합레진의 불소 유출에 대해서도 많은 연구가 있었는데, Sonis와 Snell[5], Dijkman과 Arends[6], 사와 김[7]은 불소함유 레진에서 상당량의 불소가 유리된다고 보고하였으나, Ghani 등[8]은 불소함유 레진은 장기간의 불소유리를 나타내지 못하며 단기간에도 극소량의 불소가 유리된다고 하였으며, Fox[9]도 불소함유레진은 매우 소량의 불소를 유리하며 이는 치료효과를 가지지 않는다고 하였으나 Forsten과 Paunio[10]는 실험적인 불소함유레진에서 silicate cement와 유사한 불소유리량과 법랑질내 불소흡수를 보고하였다.

기존의 글래스아이오노머는 법랑질과 상아질에 접촉이 되며 치질의 삭제를 최소화시킬 수 있고, 불소를 방출하며 높은 생체 적합성을 가진 장점이 있는 반면 기술적으로 다루기가 어렵고 산성인 상태에서 점차적인 분해가 일어나며 교합력이 가해지는 곳에서의 사용이 제한된다는 단점이 있다[11-14]. 1989년에 Andersson - Wenckert 등[12]은 이와 같은 단점을 보완한 resin - modified 글래스아이오노머를 보고하여 이장재로 사용하기 시작하였으며 그 후 콤포머가 소개되었다[13].

콤포머는 충전의 글래스아이오노머 및 레진 강화형 글래스아이오노머와 비교 시 물리적 성질의 개선, 치아 우식 억제효과, 쉽게 다룰 수 있는 장점이 있으며[14], 수복물을 빠른 시간에 수복할 수 있어 소아의 치료에 매우 유익하다. 더욱이 상아질에 대한 높은 결합력을 가지 것으로 알려져 있다[15].

이렇게 불소가 유리되지 않는 수복재료는 치아와의 화학적 결합의 결여, 열팽창계수의 차이로 인해 반복되는 열적체적변화의 차이, 수복재의 경화과정 중의 수축 등에 의해 미세누출이 발생된다. 이는 산이나 미생물에 의해 치아우식증을 유발하고 지각과민현상을 유발 한다[16].

이 등[17]은 복합레진으로 재접착 술식을 사용할 경우 재접착제의 점도와 미세누출은 유의한 상관관계를 보이지 않았다고 보고하였고, 복합레진으로 충전한 5급 와동 변연에 레진 표면 전색제를 적용한 경우 교합면측과 치은측 변연에서 미세누출 감소 효과가 있었다는 보고도 있다[18]. 또한 복합레진의 중합수축 4-7% 발생하는데, 중합수축 응력을 줄이기 위해 와동의 크기와 높이를 줄여야 하고, 탄성층을 두어 응력을 감소시키는 방법, 중합속도를 낮추거나, 간접수복법 등이 고려되었다[19][20].

치면 수복용의 글래스아이오노머는 유지를 위한 와동 형성 없이 전치부 수복이나 치경부 마모, 미란 및 특발성 마모증의 수복에 적절하다고 하지만 압축강도는 복합 레진보다 훨씬 낮은 물리적 특성 때문에 레진 강화형 글래스아이오노머가 개발되어 사용하고 있다[21].

콤포머는 폴리산 첨가형 복합 레진(poly acid - modified composite)로도 알려져 있으며 교정용 접착을 위해서는 최근에 소개되었다. 시멘트는 낮은 용해성을 가지며 지속적으로 불소를 유리 한다[22].

이렇게 수중의 수복재에서 불소 유리에 대한 선현의 연구는 계속되고 있다. 하지만, 불소와 관련된 치질강화와 항우식 효과를 알아보기 위해 서로 다른 수복용 재료를 상호 비교한 연구는 찾기가 쉽지 않았다. 본 연구에서 글래스 아이오노머, 레진강화형 글래스 아이오노머, 복합레진 그리고 콤포머의 불소 유리량의 차이와 불소 유리의 지속성에 대해 상호 비교하여 불소의 본래의 목적에 부합하는지를 알아보고자 하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

실험에 사용할 치과용 충전 수복재는 현재 임상에서 많이 사용하고 있는 수복용 글래스 아이오노머(Glass Ionomer, GI), 수복용 레진강화형 글래스 아이오노머(Glass Ionomer-Resin, GIR), 수복용 복합레진(Composite Resin, CR) 그리고 콤포머(Compomer, CP)에서는 광중합형과 자가중합형에서 각각 1종을 선택하였다.

GI에서는 방사선 불투과성의 광중합형 접착용, 충전용 또는 이장용으로 불소를 유리한다는 Ionoseal(VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany)를, GIR에서는 방사선 불투과성의 광중합형 충전용으로 불소를 유리한다는 생체 친화성의 Fuji Filling LC(GC Co. Tokyo, Japan)를, CR에서는 구치부용으로 방사선불투과성이고 광중합형 수복재인 Quadrant Universal LC(CAVEX Holland BV, Netherlands)를 선택하였다. CP에서는 레진의 높은 강도와 분당력에 GI의 장기간 불소방출의 특징을 함께 가지고 있는 자가중합형의 PermaCem[®] (DMG, Hamburg, Germany)과 광중합형의 Dyract[®] AP (Dentsply GmbH, Germany)를 선택했다.

객관성 있는 실험을 위해 각 재료들은 술 후 진단이 용이한 방사선 불투과성 제품과 수복용으로 선택하였으며, 불소 함량은 많으나 최근에 거의 사용하지 않는 규산염 시멘트(silicate cement)는 실험에서 배제하였다. 또한 각각 제품에서 불소가 방출된다는 특징을 기제한 제품으로 선정하였다[Fig. 1].

2. 연구방법

2.1. 시편제작

티타늄(Titanium) 금속으로 주조하여 직경 7mm, 높이 4mm의 원기둥 형태의 틀을 제작하고[Fig. 2] GI, GIR, CR, CPI, 그리고 CP2를 제조회사의 매뉴얼대로 주입한 후 각각의 방법으로 경화시켜 15개의 시편을 제작하였다[Table 1]. 광중합형 수복물은 동일한 광중합기(Vislux, 3M, U.S.A.)로 조사강도 1,000 W/cm² 와 조사시간 20초로 하였다.

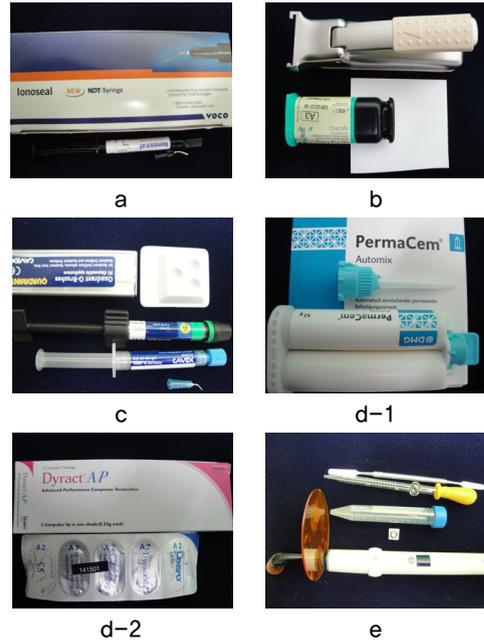


Fig. 1. Various cement materials and equipments that was used in the experiment
a. GI b. GIR c. CR d-1. CP1 d-2. CP2 e. Various equipments

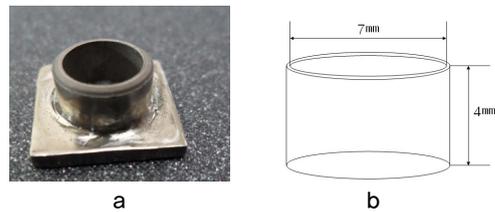


Fig. 2. Casting mold(a) and diagram(b) of specimens preparation

2.2. 불소 유리량 측정

제작된 시편들은 각각의 증류수가 담긴 플라스틱 test tube에 넣고 37 °C의 항온기에서 보관하였다. 불소 유리를 돕기 위해 매일 tube를 흔들어 준 후 1, 2 그리고 4주 경과 후 용액을 버리고 새로운 증류수를 5 ml 주입하여 1시간 지나면 불소가 유리된 용액을 모은다. 각각 시험관에서 7곳의 포인트를 잡아 유리된 불소농도를 측정하였다[Fig. 3-a, b].

불소농도를 측정하기 위해 표준 용액은 F 기준 1, 5,

10 그리고 20 ppm으로 제조하여 사용하였고, 실험군의 용액은 필터링하여 실험을 객관화 하였다.

Table 1. Manufacture methods and quantity of various restoration material

Species of cement	Materials	Curing method	Quantity		
			1w	2w	3w
GI	Ionosel	L.C/20s	1	1	1
GIR	Fuji Filling LC	L.C/20s	1	1	1
RC	Quadrant Universal LC	L.C/20s	1	1	1
CP1	PermaCem	Self curing	1	1	
CP2	Dyract AP	L.C/20s	1	1	1

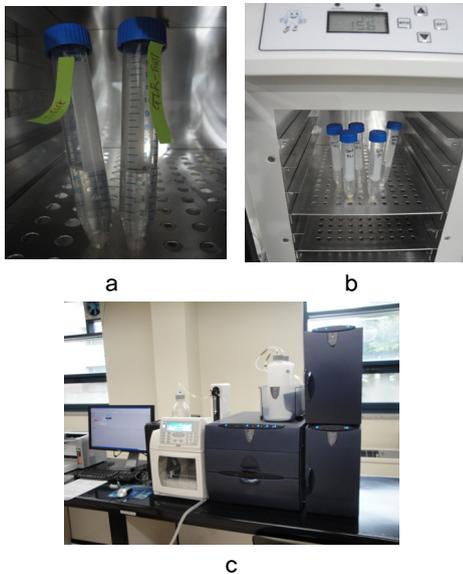


Fig 3. Equipment and instrument that is used in examination

- a. Glass tube that is used in an experiment
- b. Constant-temperature bath for experiment
- c. ICS-5000 reagent-free™ Ion chromatography(RFIC™, Dionex, U.S.A.)

실험에 사용된 ICS-5000 Reagent-Free™ Ion Chromatography(RFICTM, Dionex, U.S.A.)는 F⁻, Cl⁻, NO²⁻, Br⁻, SO₄²⁻의 음이온과 Li⁺, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, NH⁴⁺의 양이온을 유리 할 수 있고, 각 시료 당 20분 동안 측정 가능한 장비이다[Fig. 3-c].

2.3. 통계분석

각 시멘트에서 유리된 불소농도 실험은 20분 내에 7개의 포인트를 잡아 측정하였고 제일 작은 값과 제일 큰 값을 버리고 가운데 5개의 불소 농도를 결과로 채택하였다. 각 시멘트에서 1, 2 그리고 4주 경과 후 유리된 불소양의 분석은 엑셀을 이용하여 일원배치법 분산분석으로 통계처리를 하였다.

III. 연구성적

표준용액(standard solution)은 F⁻기준 1, 5, 10 그리고 20 ppm으로 제조하여 사용하였고, 모든 시료의 실험에서 높은 결정계수(coefficient of determination)가 나타났는데[Table 2], 이는 표준용액의 각각의 농도에서 불소이온의 실험이 신뢰성이 높다는 것이다. 각각의 시료 실험은 [Table 3]과 같이 표준화하였고, 농도별 유리된 성분은 [Fig. 4]와 같다.

Table 2. Coefficient of determination of standard solution for an experiment

Ret. time(min)	Peak name	Cal. type	Points	Coeff. Det.(%)	Slope
4.18	F ⁻	Lin	4	99.987	0.481
Average				99.648	0.267

Table 3. Conditions for a standard solution experiment

Sample name	Std 1 PPM, std 5 PPM, std 10 PPM, std 20 PPM	Injection volume:	300.0
Vialnumber	12-15	Channel	cd_1
Sample type	Standard	Wavelength	N.a.
Control program	Anion	Bandwidth	N.a.
Quantif. method	Anion-test	Dilution factor	1.000
Recording time	2011-04-25 16:56	Sample weight	1.000
Run time (min)	20.00	Sample amount	1.000

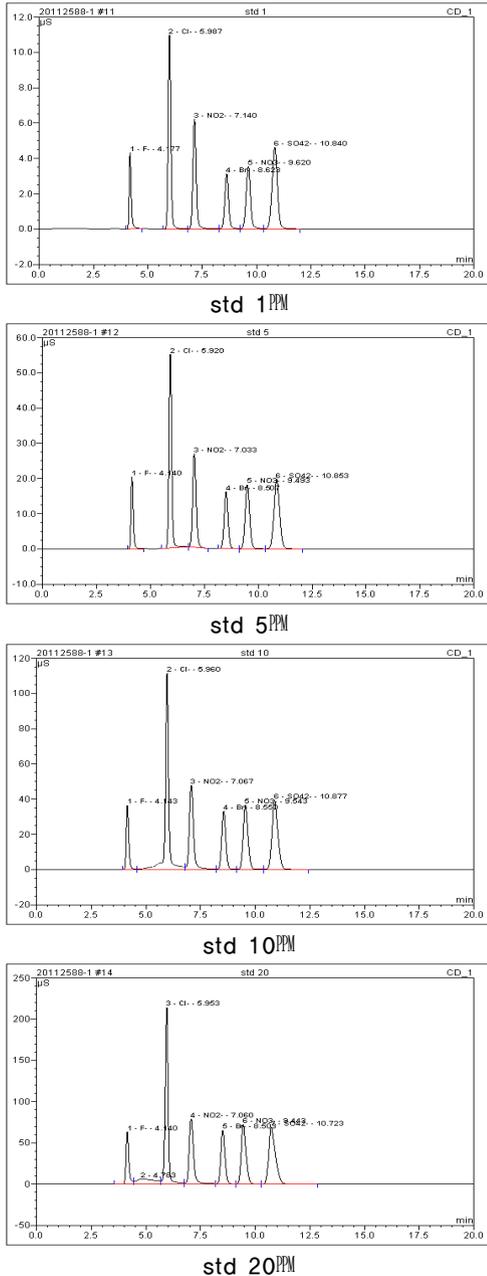


Fig. 4. Chart that show anion-releasing by various concentration in standard solution

1. Ionoseal(GI)의 불소 유리량 성적과 분석

수복용 글래스이오노머인 Ionoseal의 불소 유리량 실험에서 결정계수는 아주 높은 신뢰성(99.98%)을 보였고[Table 4], 1, 2 그리고 4주 후 유리된 불소의 폭, 너비, 체적 및 유리량은 [Table 5][Fig. 5]과 같다.

Table 4. Coefficient of determination of Ion oseal's experiment

Ret. time(min)	Peak name	Cal. type	Points	Coeff. det.(%)	Slope
4.14	F ⁻	Lin	4	99.954	0.440
Average				99.972	0.318

Table 5. Amount of fluorine ion that is released from ionoseal after 1 week, 2 weeks and 4 weeks

Term	Height (µS)	Area (µS·min)	Rel. area(%)	Amount (PPM)
After 1week	F ⁻	2.370	0.427	34.920
	Total anion	5.865	1.223	100.000
After 2weeks	F ⁻	1.237	0.149	8.300
	Total anion	9.817	1.799	5.650
After 4weeks	F ⁻	1.088	0.121	7.900
	Total anion	9.012	1.688	100.000

Table 6. ANOVA analysis of fluorine ion that is released from ionoseal after 1 week, 2 weeks and 4 weeks

Term	Amount(PPM)	F	P	Critical Value
	M±SD			
After 1week	0.856±0.007	218.490	2.36E-08*	4.2565
After 2weeks	0.341±0.003			
After 4weeks	0.022±0.000			

*P<.001

글래스이오노머 수복재인 Ionoseal는 분석결과 관측치의 F-값 218.49가 F-분포의 5%의 임계값 4.26보다 크므로 Ionoseal(GI)로 충전한 후 1, 2 그리고 4주 후의 불소 유리량은 많은 차이가 나는 것을 알 수 있었다[Table 6].

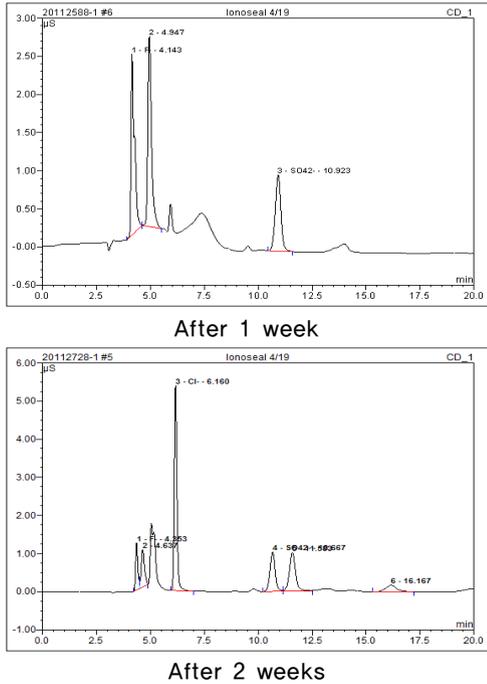


Fig. 5. Chart that show amount of fluorine ion that is released from Ionoseal after 1 week, 2 weeks and 4 weeks

2. Fuji Filling(GIR)의 불소 유리량 성적과 분석
 수복용 레진 강화형 글래스 아이오노머인 Fuji Filling의 불소 유리량 실험에서 결정계수는 아주 높은 신뢰성(99.98%)을 보였고[Table 7], 1, 2 그리고 4주 후 유리된 불소의 폭, 너비, 체적 및 유리량은 [Table 8][Fig. 6]과 같다.

레진 강화형 글래스 아이오노머 수복재인 Fuji Filling LC는 분석결과 관측치의 F-값 361.89가 F-분포의 5%의 임계값 3.89보다 크므로 Fuji Filling LC로 충전한 후 1주, 2주 그리고 4주 후의 불소 유리량은 많은 차이가 나는 것을 알 수 있었다[Table 9].

Table 7. Coefficient of determination of Fuji Filling LC's experiment

Ret. time(min)	Peak name	Cal. type	Points	Coeff. det.(%)	Slope
4.18	F ⁻	Lin	4	99.987	0.481
Average				99.585	0.283

Table 8. Amount of fluorine ion that is released from Fuji Filling LC after 1 week, 2 weeks and 4 weeks

Term	Height(μS)	Area (μS·min)	Rel. area(%)	Amount (PPM)	
After 1week	F ⁻	101.930	16.063	45.20	33.372
	Total anion	177.865	35.539	100.000	78.571
After 2Weeks	F ⁻	57.364	16.018	56.630	36.371
	Total anion	92.215	28.287	100.000	48.644
After 4weeks	F ⁻	29.047	15.246	38.140	12.445
	Total anion	60.874	30.201	100.000	29.008

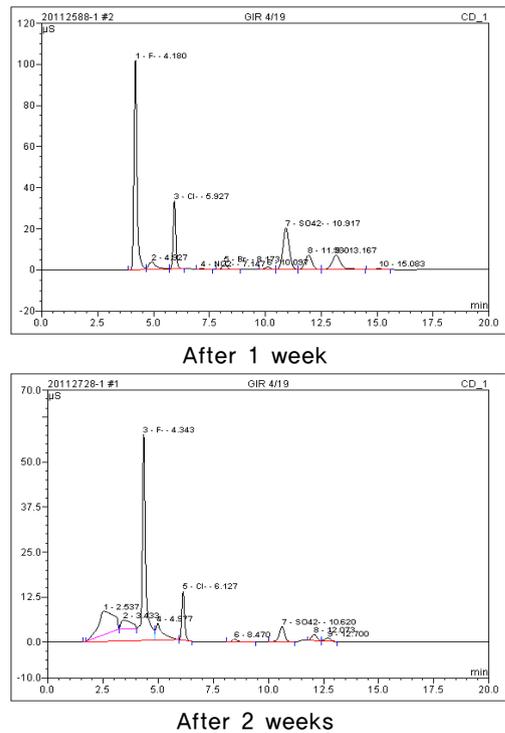


Fig. 6. Chart that show amount of fluorine ion that is released from Fuji Filling LC after 1 week, 2 weeks and 4 weeks

Table 9. ANOVA analysis of fluorine ion that is released from Fuji Filling LC after 1 week, 2 weeks and 4 weeks

Term	Amount	F	P	Critical value
	M±SD			
After 1week	33.372±5.751	361.887	1.88E-11*	3.885
After 2weeks	36.370±1.154			
After 4weeks	12.445±0.137			

*P<.001

3. Quadrant(CR)의 불소 유리량 성적

수복용 컴포지트 레진인 Quadrant의 불소 유리량 실험에서 결정계수는 아주 높은 신뢰성(99.9865%)을 보였고[Table 10], 1, 2 그리고 4주 후 유리된 불소의 폭, 너비, 체적 및 유리량은 [Table 11][Fig. 7]과 같다.

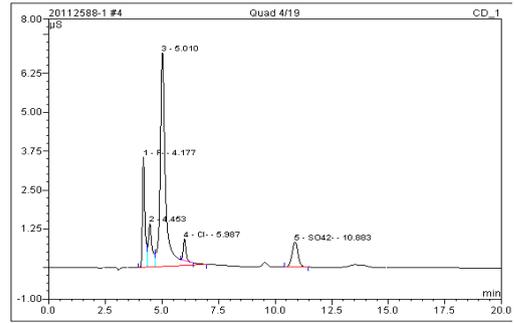
Table 10. Coefficient of determination of Quadrant for an experiment

Ret. time(min)	Peak name	Cal. type	Points	Coeff. det.(%)	Slope
4.18	F ⁻	Lin	4	99.9865	0.4813
Average				99.6495	0.3600

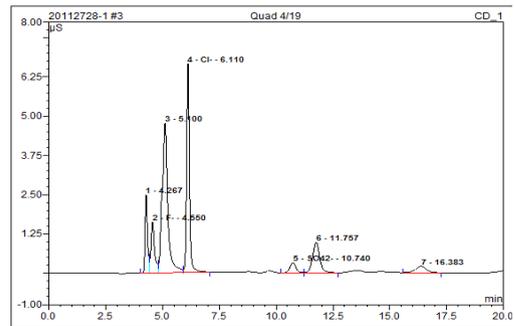
Table 11. Amount of fluorine ion that is released from Quadrant after 1 week, 2 weeks and 4 weeks

Term	Height (μS)	Area (μS·min)	Rel.area(%)	Amount (PPM)	
After 1week	F ⁻	3.539	0.461	15.330	0.957
	Total anion	13.307	3.007	100.000	2.238
After 2weeks	F ⁻	1.616	0.296	8.420	0.672
	Total anion	17.028	3.513	100.000	4.410
After 4weeks	F ⁻				0.290
	Total anion				

복합 레진 수복재인 Quadrant는 분석결과 관측치의 F-값 25.04가 F-분포의 5%의 임계값 3.89보다 크므로 Quadrant로 충전한 후 1주, 2주, 4주 후의 불소 유리량은 많은 차이가 나는 것을 알 수 있었다[Table 12].



After 1 week



After 2 weeks

Fig. 7. Chart that show amount of fluorine ion that is released from quadrant after 1 week, 2 weeks and 4 weeks

Table 12. ANOVA analysis of fluorine ion that is released from Quadrant after 1 week, 2 weeks and 4 weeks.(unit: PPM)

Term	Amount	F	P	Critical value
	M±SD			
After 1week	0.9572±0.027	25.036	5.22E-05*	3.885
After 2weeks	0.6718±0.039			
After 4weeks	0.2684±0.006			

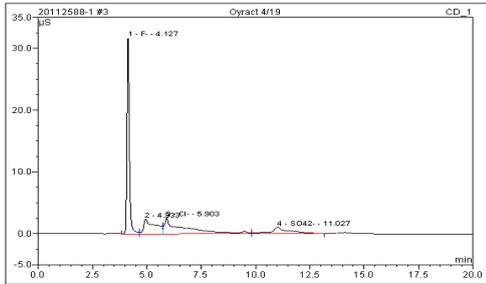
*P<.001

4. Dyract®(Compomer2)의 불소 유리량 성적

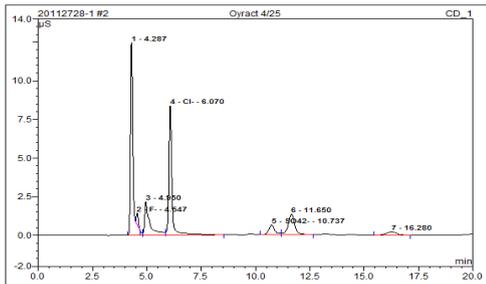
수복용 컴포머인 Dyract의 불소 유리량 실험에서 결정계수는 아주 높은 신뢰성(99.9865%)을 보였고[Table 13], 1, 2 그리고 4주 후 유리된 불소의 폭, 너비, 체적 및 유리량은 [Table 14][Fig. 8]과 같다.

Table 13. Coefficient of determination of Dyract[®] for an experiment

Ret. time(min)	Peak name	Cal. type	Points	Coeff. det.(%)	Slope
4.13	F ⁻	Lin	4	99.987	0.4813
Average				99.650	0.3600



After 1 week



After 2 weeks

Fig. 8. Chart that show amount of fluorine ion that is released from Dyract[®] after 1 week, 2 weeks and 4 weeks

Table 14. Amount of fluorine ion that is released from Dyract[®] after 1 week, 2 weeks and 4 weeks

Term	Height(μS)	Area (μS·min)	Rel. area(%)	Amount(%)	
After 1 week	F ⁻	31.727	4.155	45,400	8.631
	Total anion	37.803	9.151	100.000	19.793
After 2 weeks	F ⁻	0.731	0.077	1.710	0.175
	Total anion	28.886	4.505	2.690	5.755
After 4 weeks	F ⁻				0.116
	Total anion				

컴포머 수복제인 Dyract는 분석결과 관측치의 F⁻값

499.0438가 F-분포의 5%의 임계값 3.89보다 크므로 Dyract로 충전한 후 1주 후, 2주 후 그리고 4주 후의 불소 유리량이 많은 차이가 나는 것을 알 수 있었다 [Table 15].

Table 15. ANOVA analysis of fluorine ion that is released from Dyract[®] after 1 week, 2 weeks and 4 weeks (단위: %)

Term	Amount	F	P	critical value
	M±SD			
After 1 week	1.9000±0.229	499.044	2.81E-12*	3.885
After 2 weeks	18.2230±1.530			
After 4 weeks	16.0078±0.5970			

*P<0.001

5. PermaCem[®] (Compomer1)의 불소 유리량 성적

수복용 컴포머인 PermaCem[®]의 불소 유리량 실험에서 결정계수는 아주 높은 신뢰성(99.986%)을 보였고 [Table 16], 1, 2 그리고 4주 후 유리된 불소의 폭, 너비, 체적 및 유리량은 [Table 17][Fig. 9]과 같다.

Table 16. Coefficient of determination of PermaCem[®] for an experiment

Ret. time(min)	Peak name	Cal. type	Points	Coeff. det.(%)	Slope
4.08	F ⁻	Lin	4	99.986	0.481
Average				99.726	0.3060

Table 17. Amount of fluorine ion that is released from PermaCem[®] after 1 week, 2 weeks and 4 weeks

Term	Height (μS)	Area (μS·min)	Rel. area(%)	Amount (%)	
After 1 week	F ⁻	6.392	0.915	7.890	1.901
	Total anion	77.330	11.595	100.000	31.632
After 2 weeks	F ⁻	55.374	8.026	59.730	18.223
	Total anion	80.201	13.440	100.000	30.970
After 4 weeks	F ⁻				16.008
	Total anion				

컴포머 수복재인 PermaCem[®]는 분석결과 관측치의 F 값 2834.185가 F-분포의 5%의 임계값 3.89보다 크므로 PermaCem[®]으로 충전한 후 1주 후, 2주 후 그리고 4주 후의 불소 유리량이 많은 차이가 나는 것을 알 수 있었다[Table 18].

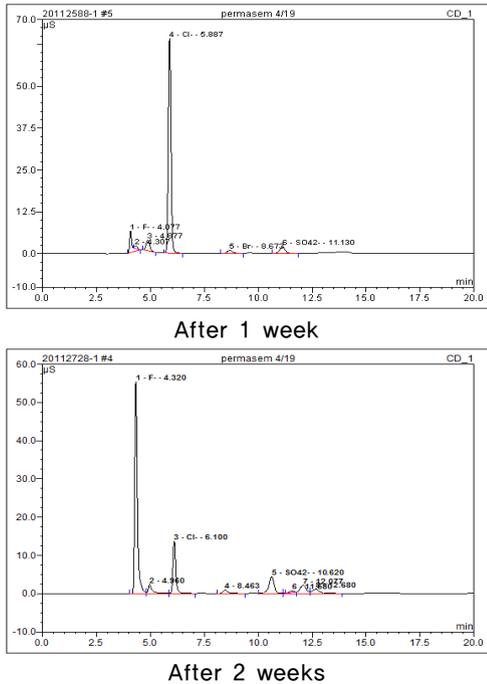


Fig. 9. Chart that show amount of fluorine ion that is released from PermaCem[®] after 1 week, 2 weeks and 4 weeks

Table 18. ANOVA analysis of fluorine ion that is released from PermaCem[®] after 1 week, 2 weeks and 4 weeks(unit: PPM)

Term	Amount	F	P	Critical value
	M±SD			
After 1week	8.6314±0.123	2834.185	8.89E-17*	3.885
After 2weeks	0.1748±0.003			
After 4weeks	0.1156±0.001			

*P<.001

IV. 총괄 및 고찰

1939년 Dean은 불소가 충치억제 효과가 있음을 밝힘으로서 광범위한 불소 이용의 기초를 마련하기에 이르렀고[23], 1945년 미국 뉴욕주의 뉴-버그와 미쉬건주의 그래드래피 및 캐나다 온타리오의 브란트워드에서 처음으로 상수도를 인공적으로 불소화 하였으며, 1981년과 1982년에 우리나라에서도 진해시와 청주시에서 상수도에 불소를 첨가시켜 공급하고 있다[24].

본 연구에서 불소가 가장 작게 유리된 Ionoseal는 1주, 2주, 4주 째 순으로 불소 유리량이 0.887, 0.339, 0.021 PPM이었고, 가장 많이 유리된 Fuji Filling는 1주, 2주 그리고 4주 째 순으로 불소 유리량이 33.372, 36.371 그리고 12.445 PPM이며, 2주째가 가장 많이 유리되었다. 또한 Fuji Filling와 PermaCem은 1주째 보다 2주째 불소 유리량이 가장 많았다. 모든 실험군에서 4주 후 불소 유리량은 급격히 감소하였다.

각종 충전 수복재의 1주 후 불소 유리량을 관찰한 결과 레진 강화형 글래스 아이오노머, 컴포머인 Dyract[®], 컴포머인 PermaCem[®], 복합레진, 글래스 아이오노머 순으로 33.372, 8.631, 1.901, 0.957, 0.887 PPM이 유리되어 유의성이 높게 나타났다[Table 19].

Table 19. ANOVA analysis of fluorine ion that is released from various dental rest oration material after 1 week(unit:PPM)

Materials	specimen	M±SD	F	P	Critical value
Ionoseal (GI)	5	0.887 ±0.100	788.661	1.08E-21*	2.866
Fujifilling (GIR)	5	33.372 ±2.398			
Quadrant (CR)	5	0.957 ±0.164			
Perma cem (CP1)	5	1.901 ±0.479			
Dyract (CP2)	5	8.631 ±0.351			

*P<.001

또한 2주 후 불소 유리량을 관찰한 결과 레진 강화형 글래스 아이오노머인 Fuji Filling FC와 컴포머인 PermaCem은 각각 36.370, 18.223 PPM으로 1주 후보다 더

높게 나타나 2주 후에 가장 많이 불소가 유리됨을 알 수 있었다. 1주 후 와 마찬가지로 5종의 실험군들은 유의성이 높게 나타났다[Table 20].

Table 20. ANOVA analysis of fluorine ion that is released from various dental re st oration material after 2 weeks

(unit: PPM)

Materials	specimen	M±SD	F	P	Critical value
Ionoseal (GI)	5	0.340 ±0.044	2367.875	1.89E-26*	2.8661
Fuji filling (GIR)	5	36.370 ±1.074			
Quadrant (CR)	5	0.672 ±0.197			
Permacem (CP1)	5	18.223 ±1.237			
Dyract (CP2)	5	0.175 ±0.051			

*P<.001

그리고 4주 후 불소 유리량은 급격히 감소하여 2주 후의 유리량과 비교했을 때 높은 유의성을 보였다 [Table 22].

Table 21. ANOVA analysis of fluorine ion that is released from various dental re st oration material after 4 weeks.

(unit:PPM)

Materials	specimen	M±SD	F	P	Critical value
Ionoseal (GI)	5	0.021 ±0.006	2063.221	7.48E-26*	2.866
Fuji filling (GIR)	5	12.446 ±0.370			
Quadrant (CR)	5	0.268 ±0.077			
Permacem (CP1)	5	16.008 ±0.773			
Dyract (CP2)	5	0.116 ±0.035			

*P<.001

그러나 선현의 연구에서 100 PPM 이하의 저농도 불소가 치아경조직과 반응하면 불화칼슘을 형성치 않고 직접 불화인회석을 형성하여 치아의 산에 대한 난용성을

부여케 되는 것이다[25]. 불소의 침착은 건전한 치아표면보다도 충치부위의 치아표면에 더욱 잘 일어난다. 특히 충치가 일어난 초기부위에 불소가 대량 침착하여 불화인회석을 형성함으로써 효과적으로 충치를 치유시키는 역할을 하게 되는 것이다[26].

글래스아이오노머 충전수복재인 Ionosel은 유치의 아말감이나 복합레진 대용으로 사용하는 시멘트로 방사선 투과성이며 불소 방출로 2차 우식을 예방 할 수 있다는 특징을 가지고 있다.

레진 강화형 글래스 아이오노머 충전수복재인 Fuji Filling LC는 간편한 조작성과 우수한 생체 친화성의 시멘트로 방사선 불투과성이며 장기적으로 불소가 방출된다는 특징을 가지고 있다.

컴포머는 불소방출의 측면에서 보면 가장 뛰어난 효과를 보여주는 충전 수복재료 본 연구에서는 두 종류를 선택하였다. PermaCem은 단열효과, 방사선 불투과성 특성 및 불소를 방출한다는 특징을 가지고 있다.

실험에 사용된 ICS-5000 Reagent-Free™ Ion Chromatography은 F⁻, Cl⁻, NO²⁻, Br⁻, SO₄²⁻의 음이온과 Li⁺, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, NH⁴⁺의 양이온을 유리 할 수 있는데, 본 실험에서는 음이온인 F⁻, Cl⁻, NO²⁻, Br⁻, SO₄²⁻이 유리되었다. 이 음이온들은 수복재료의 촉매제인 과황산염칼륨과 방사선 불투과성 성분에서 유리된 것이다.

본 실험에서 레진 강화형 글래스아이오노머에서 가장 많은 불소가 유리되었으며, 다음으로는 컴포머인 PermaCem이다. 이 두 재료는 수복 후 1주 후보다 2주째 유의할 만큼의 불소량이 유리되었으며, 4주 후에는 유리량이 급격히 감소하였다.

또한 글래스아이오노머와 복합레진에서는 미량의 불소가 유리되었으며, 4주 후에는 0.02 PPM으로 떨어졌다.

V. 결론

수종의 치과용 수복재에서 불소의 효과인 치질강화와 항우식 효과를 알아보기 위해 각 재료에서 불소 유리량의 차이와 불소 유리의 지속성을 실험하였다.

실험에 사용된 수복재는 Ionoseal, Fuji Filling LC,

Quadrant Universal LC, PermaCem[®], Dyract[®] AP 등 5종이었고, 불소유리량 실험에는 ICS-5000 Reagent - Free[™] Ion Chromatography가 이용되어 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모든 종류의 수복재에서 시간이 지날수록 불소 유리량이 감소하였고, 4주 후에는 유의 할 만큼 급격히 감소하여 레진강화형 글래스아이오노머인 Fuji Filling LC(12.446 PPM)와 콤포머인 PermaCem[®] (16.008 PPM)는 장기간 불소가 유리하는 것으로 나타났다(P<.001).
2. 글래스아이오노머인 Ionoseal(0.887 PPM), 복합레진인 Quadrant Universal LC(0.957 PPM)는 1주 후부터 1 PPM 이하의 소량의 불소를 유리하였고, 콤포머인 Dyract[®] AP는 1주 후에는 8.631 PPM 유리하였다가 2, 4주 후에는 급격히 감소하여 각각 0.175 PPM, 0.116 PPM을 유리하여 4주 경과 후에는 불소 유리 효과가 미흡한 것으로 나타났다(P<.001).
3. 레진강화형 글래스아이오노머인 Fuji Filling LC와 콤포머인 PermaCem[®]은 1주 경과 후 33.372, 1.901 PPM의 불소를 유리하였으나, 2주 후에는 급격히 많은 36.370, 18.223 PPM의 불소를 유리하여 2주 후에 가장 많은 불소를 유리한 것으로 나타났다(P<.001).

따라서 치과용 충전 수복재의 불소 유리에 가장 효과적인 재료는 레진 강화형 글래스아이오노머와 콤포머 제품으로 나타났고, 미세누출로 인한 불소의 항우식 효과를 보기위한 제품 선택 시 고려되어야 할 사항인 것 같다. 제조회사의 매뉴얼에 나타나는 항우식 효과는 본 실험과 큰 차이를 보였다. 또한 향후 *In Vitro* 상태에서 레진 강화형 글래스아이오노머와 콤포머 제품에 대한 더 오랜 시간 실험을 통해 불소유리의 지속시간 확인을 위한 지속적인 연구의 필요성을 느꼈다.

참 고 문 헌

[1] K. M. Hse and S. H. Wei, "Clinical evaluation of compomer in primary teeth: 1-year results," J

Am Dent Assoc, Vol.128, No.8, pp.1088-1096, 1997.

[2] E. Sepet, Z. Aytepe, and Y. Guven, "Artificially formed caries-like lesions around class II glass ionomer restorations in primary molars," J Clin Pediatr Dent, Vol.20, No.1, pp.37-40, 1995.

[3] H. Forss and L. Seppä, "Prevention of enamel demineralization adjacent to glass ionomer filling materials," Scand J Dent Res, Vol.98, No.2, pp.173-178, 1990.

[4] L. Forsten, "Fluoride release and uptake by glass ionomers," Scand J Dent Res, Vol.99, No.3, pp.241-245, 1991.

[5] A. L. Sonis and W. Snell, "An evaluation of a fluoride-releasing, visible light-activated bonding system for orthodontic bracket placement," Am J Orthod Dentofacial Orthop, Vol.95, No.4, pp.306-311, 1989.

[6] G. E. Dijkman and J. Arends, "Secondary caries in situ around fluoride-releasing light-curing composites: a quantitative model investigation on four materials with a fluoride content between 0 and 26 vol%," Caries Res, Vol.26, No.5, pp.351-357, 1992.

[7] 사우경, 김용기, "글라스 아이오노머와 레진수복물 변연의 우식내성에 관한 비교실험 연구", 대한소아치과학지, 제20권, 제1호, pp.145-154, 1993.

[8] S. H. Ghani, S. L. Creanor, J. K. Luffingham, and R. H. Foye, "An ex vivo investigation into the release of fluoride from fluoride-containing orthodontic bonding composites," Br J Orthod, Vol.21, No.3, pp.239-243, 1994.

[9] N. A. Fox, "Fluoride release from orthodontic bonding materials. an in vitro study," Br J Orthod, Vol.17, No.4, pp.293-298, 1990.

[10] L. Forsten and I. K. Paunio, "Fluoride release by silicate cements and composite resins," Scand J Dent Res, Vol.80, No.6, pp.515-519, 1972.

[11] 김교한, *크레이그 치과재료학* 제12판, 지성출판사, 2008.

[12] I. E. Andersson-Wenckert, U. H. Folkesson, and J. W. Van Dijken, "Durability of a poly acid-modified composite resin (compomer) in primary molars. a multicenter study," *Acta Odontol Scand*, Vol.55, No.4, pp.255-260, 1997.

[13] T. Attin, M. Vataschki, and E. Hellwig, "Properties of resin-modified glass-ionomer restorative materials and two polyacid-modified resin composite materials," *Quintessence Int*, Vol.27, No.3, pp.203-209, 1996.

[14] M. Miyazaki, K. Fukuishi, and H. Onose, "Influence of light irradiation on the volumetric change of polyacid-modified resin composites," *J Dent*, Vol.27, No.2, pp.149-153, 1999.

[15] M. Toledano, E. Osorio, R. Osorio, and F. Garcia-Godoy, "Microleakage of class V res in-modified glass ionomer and compomer restorations," *J Prosthet Dent*, Vol.81, No.5, pp.610-615, 1999.

[16] 김경남 외, *치과재료학* 3판, 고문사, 2010.

[17] 이미애, 서덕규, 손호현 그리고 조병훈, "복합레진 수복 시 재접착 슬릿이 미세누출에 미치는 영향", *대한치과보존학회지*, 제35권, 제3호, pp.164-172, 2010.

[18] 이원철, 류재준, "복합레진으로 수복한 5급 와동의 미세누출에 대한 3종의 레진 표면 전색제의 효과", *대한치과보철학회지*, 제47권, 제2호, pp.182-190, 2009.

[19] 서덕규, 민선홍 그리고 이인복, "측정장치의 compliance 유무가 복합레진의 중합수축응력의 측정에 미치는 영향", *대한치과보존학회지*, 제4권, 제2호, pp.145-153, 2009.

[20] 김효석, 이난영, 이상호 그리고 오유향, "적층층 전법이 복합레진의 중합수축에 미치는 영향", *대한소아치과학회지*, 제32권, 제3호, pp.481-490, 2005.

[21] 이영란, 허복 그리고 이희주, "교합면을 포함하

지 않는 2급 글래스 아이오노머 시멘트 수복물의 변연누출", *대한치과보존학회지*, 제23권, 제1호, pp.288-295, 1998.

[22] 박경진, 김종수 그리고 권순원, "컴포머의 수화 팽창에 관한 연구", *대한소아치과학회지*, 제29권, 제1호, pp.11-18, 2002.

[23] 김종배, *공중구강보건학* 제2판, 고문사, 2009.

[24] 강부월, *현대 예방치학* 제3판, 군자출판사, 2010.

[25] 이용근, "초기치아우식의 제광화에 필요한 최적 불소이온농도 탐색", *서울대학교 산학협력단*, 2009.

[26] 조현, 이광희, 김대업, "YAG 레이저 조사와 불화물 도포가 탈회법랑질의 제광화에 미치는 영향", *대한소아치과학회*, 제31권, 제3호, pp.381-390, 2004.

저 자 소 개

김 주 원(Joo-Won Kim)

정희원



- 1999년 2월 : 대구한의대학교 보건학과(보건학석사)
- 2002년 2월 : 대구한의대학교 보건학과(보건학박사)
- 2004년 3월 ~ 현재 : 서라벌대학교 치위생과 교수

<관심분야> : 신치과재료, 구강보건