

Fluoride Release and Recharge Properties of Several Fluoride-Containing Restorative Materials

Dongyun Lee, Jongsoo Kim, Miran Han, Jisun Shin

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Dankook University

Abstract

The aim of the study is to compare the fluoride release and recharge properties of glass ionomer cements and 'alkasite'. Specimens of two glass ionomer cements (Fuji IX GP and Riva Self Cure), 'alkasite' restorative material (Cention N) and composite resin (Filtek™ Z350XT) were prepared. The fluoride release of each specimen was measured for 28 days. Thereafter, 1.23% acidulated phosphate fluoride (APF) gel was applied to experimental groups. No treatment was performed on control groups. The fluoride release was measured for additional 7 days to evaluate the fluoride recharge properties of each materials.

The fluoride release was highest in Riva Self Cure, followed by Fuji IX GP, Cention N ($p < 0.05$). Fluoride release of Cention N was measured to be approximately 49% of Fuji IX GP's. After the application of 1.23% APF gel, increases in fluoride release were observed in Riva Self Cure, Fuji IX GP and Cention N ($p < 0.05$). Fluoride recharge was observed in Cention N as well as in glass ionomer cements. Further studies are required to evaluate the anti-cariogenic properties of Cention N at clinical conditions.

Key words : Fluoride release, Fluoride recharge, Alkasite, Glass ionomer cement

I. 서 론

이차 우식증의 발생은 수복 실패의 주된 원인이다[1,2]. 특히 우식 활성도가 높으며 구강 위생 관리 능력이 부족한 소아환자의 경우, 그 발생 빈도가 성인보다 높다. 이를 예방하기 위해 불소가 함유된 수복재가 소아치과 영역에서 널리 사용되어 왔다. 불소 제재를 이용하는 다른 방법에 비해, 수복재를 통한 불소의 유리는 장기간에 걸친 지속적인 작용이 가능하다[3].

불소를 유리하는 대표적인 치과 수복재로 글라스 아이오노머가 있다. 글라스 아이오노머는 치질에 화학적인 결합이 가능할

뿐 아니라 구강 내에서 불소 이온의 유리 및 재충전이 가능한 재료이다. 하지만, 용해도가 높고 복합레진에 비해 강도와 마모 저항성이 낮기 때문에 높은 기계적 하중이 가해지는 부위의 수복재로는 적절하지 못하다[4,5]. 이를 보완하기 위해, 레진강화형 글라스아이오노머와 컴포머 등의 재료가 개발되어 이용되어 왔으나, 글라스 아이오노머의 한계를 충분히 극복했다고 보기는 어렵다[6]. 불소 유리량은 레진 기반의 수복재보다는 글라스 아이오노머 계열의 수복재에서 현저히 높게 나타난다. 글라스 아이오노머 계열의 재료 간에도, 제조사와 제품의 종류에 따라 그 불소 유리량에는 상당한 차이를 보인다[7].

Corresponding author : Jisun Shin

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Dankook University, 119 Dandae-ro, Dongnam-gu, Cheonan, 31116, Republic of Korea
Tel: +82-41-550-0223 / Fax: +82-41-550-0118 / E-mail: pedoshin@dankook.ac.kr

Received January 6, 2020 / Revised January 22, 2020 / Accepted January 17, 2020

※The authors declare that there is no conflict of interest.

최근에는, 'alkasite' 라는 새로운 계열의 수복재가 출시되었다. 이 수복재는 Calcium fluoro silicate glass 성분의 alkaline filler를 포함하고 있어 불소 이온과 칼슘 이온뿐 아니라, 산을 중화하는 수산화 이온을 유리한다. 'Dual-cure' 형태이며, 복합레진과 유사한 강도를 가지고 있어 1, 2, 5급 와동에 이용 가능한 수복재료이다. 하지만, 다른 불소함유 수복재와 'alkasite' 수복재의 불소 유리량에 대한 비교 연구 결과가 부족하며, 글라스 아이오노머 계열에서 볼 수 있는 불소의 재충전이 가능한지에 대해서는 아직까지 명확하게 밝혀지지 않았다.

이 연구는 소아치과 영역에서 널리 사용되고 있는 서로 다른 종류의 글라스 아이오노머와 'alkasite' 수복재의 불소 유리 양상을 비교하고, 더 나아가 불소의 재충전 여부에 대해 확인하고자 시행되었다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

글라스 아이오노머인 Fuji IX GP (GC Co., Tokyo, Japan)과 Riva Self Cure (SDI, Victoria, Australia), 'alkasite' 수복재인 Cention N (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), 복합레진 Filtek™ Z350XT(3M ESPE, St. Paul, USA)를 사용하였다. 연구 대상에 따라 Table 1과 같이 4개의 군으로 분류하였으며, 각 군당 20개의 시편을 제작하여 연구에 사용하였다.

2. 연구 방법

1) 불소 유리량 비교

(1) 시편 제작

직경 10.0 mm, 높이 2.0 mm의 금속 주형을 사용하여 각 시편을 제작하였다. 제조사의 지시에 따라 재료를 혼합 및 충전한 후 상, 하면에 Mylar strip을 게재하고 압력을 가해 과잉 재료를 제거하였다. 광중합이 필요한 IV군의 시편에는 상, 하면에 각각 20 초씩 Elipar Freelight 2 LED(3M ESPE, St. Paul, USA)를 사용하여

광중합을 시행하였다. 경화 후에는 각 시편을 주형에서 제거하여 100% 습도에 24시간 보관하였다.

(2) 불소 유리량 측정

각 시편을 3.0 mL의 탈이온수가 담긴 polyethylene vial에 넣어 $37 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 항온기에 보관하였다. 불소 유리량은 시편 제작 후 1, 3, 7, 14, 21, 28일에 측정되었다. 시편이 담긴 polyethylene vial에 3.0 mL의 TISAB II(Total Ionic Strength Adjusting Buffer, Istek, Korea) 용액을 첨가한 뒤, pH/ISE meter(750P, Istek, Korea)에 불소전극(Fluoride combination electrode, Istek, Korea)을 연결하여 측정하였으며, 매 측정 시 시편 용액과 같은 온도의 1 ppm, 10 ppm, 100 ppm의 불소 표준 용액(Fluoride standard solution, Istek, Korea)을 이용해 전극을 표준화하였다. 측정이 완료된 후에는 각 시편 및 polyethylene vial을 흐르는 물에 60초간 세척한 후 새로운 탈이온수로 교환하여 다시 항온기에 보관하였다.

(3) 통계 분석

각 재료의 불소 유리량에 대해 SPSS Ver 21.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 Kruskal-Wallis test로 유의성을 검정한 후 Mann-Whitney test로 사후 검정을 시행하였다.

2) 불소 재충전 실험

(1) 시편의 불소 처리

총 28일간의 불소 유리량 측정이 완료된 첫 번째 실험의 시편을 이용하였으며, 재료별로 각 시편을 Table 2와 같이 두 개의 군으로 세부 분류하였다. A군에는 별도의 처치를 시행하지

Table 2. Fluoride treatment protocol

Group	Fluoride treatment	Number
A	No treatment	10
B	1.23% APF gel application for 1 minute	10

Table 1. Materials used in this study and sample grouping

Group	Number	Material	Category	Manufacturer
I	20	Fuji IX GP	Glass ionomer cement	GC Co., Tokyo, Japan
II	20	Riva Self Cure	Glass ionomer cement	SDI, Victoria, Australia
III	20	Cention N	'Alkasite' restorative material	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein
IV	20	Filtek™ Z350XT	Composite resin	3M ESPE, St. Paul, USA

않았으며, B군에는 1.23% acidulated phosphate fluoride(APF) gel(Sultan Topex APF, Sultan Dental Products, Englewood, NJ, USA)을 60초간 적용한 후 다시 60초간 흐르는 물로 세척하였다.

(2) 불소 유리량 측정

시편 처리 후에는, 첫 번째 실험과 동일한 방법을 사용하여 1, 3, 7일 경과 시점에 불소 유리량을 측정하였다.

(3) 통계 분석

각 재료의 불소 유리량에 대해 Kruskal-Wallis test로 유의성을 검정한 후 Mann-Whitney test로 사후 검정을 시행하였다.

Ⅲ. 연구 성적

1. 불소 유리량 측정 결과

Table 3은 각 군의 측정일별 누적 불소 유리량을 정리한 표이며, Fig. 1은 이를 도표로 나타낸 것이다. 모든 군에서, 불소 유리량은 측정 1일차에 가장 높게 나타났으며, 시간 경과에 따라 점차 감소하는 양상을 보였다. 28일간의 불소 유리량은 Riva Self Cure, Fuji IX GP, Cention N의 순으로 높게 나타났다. Mann-Whitney test로 사후 검정한 결과, 각 측정 시점의 불소 유리량은 군간에 차이를 나타내었으나($p < 0.05$), 1일차에는 Riva Self

Table 3. Cumulative fluoride release for 28 days

Experimental period	Cumulative fluoride release (Mean ± SD, $\mu\text{g}/\text{cm}^2$)			
	Group I	Group II	Group III	Group IV
1 st day	12.36 ± 0.78 ^a	13.23 ± 1.86 ^a	5.11 ± 1.42 ^b	0.20 ± 0.04 ^c
3 rd day	29.51 ± 1.85 ^a	34.72 ± 3.26 ^b	11.69 ± 2.73 ^c	0.38 ± 0.06 ^d
7 th day	48.43 ± 3.27 ^a	59.89 ± 5.05 ^b	23.59 ± 6.19 ^c	0.56 ± 0.09 ^d
14 th day	72.08 ± 6.53 ^a	94.92 ± 8.25 ^b	36.17 ± 7.78 ^c	0.74 ± 0.12 ^d
21 st day	88.07 ± 8.55 ^a	118.45 ± 9.79 ^b	45.56 ± 11.49 ^c	0.91 ± 0.14 ^d
28 th day	106.80 ± 11.08 ^a	139.85 ± 11.25 ^b	52.65 ± 14.39 ^c	1.09 ± 0.15 ^d

Group I : Fuji IX GP, Group II : Riva Self Cure, Group III : Cention N, Group IV : Filtek™ Z350XT
When comparing within rows, different superscript letters indicate significant differences by Mann-Whitney test.

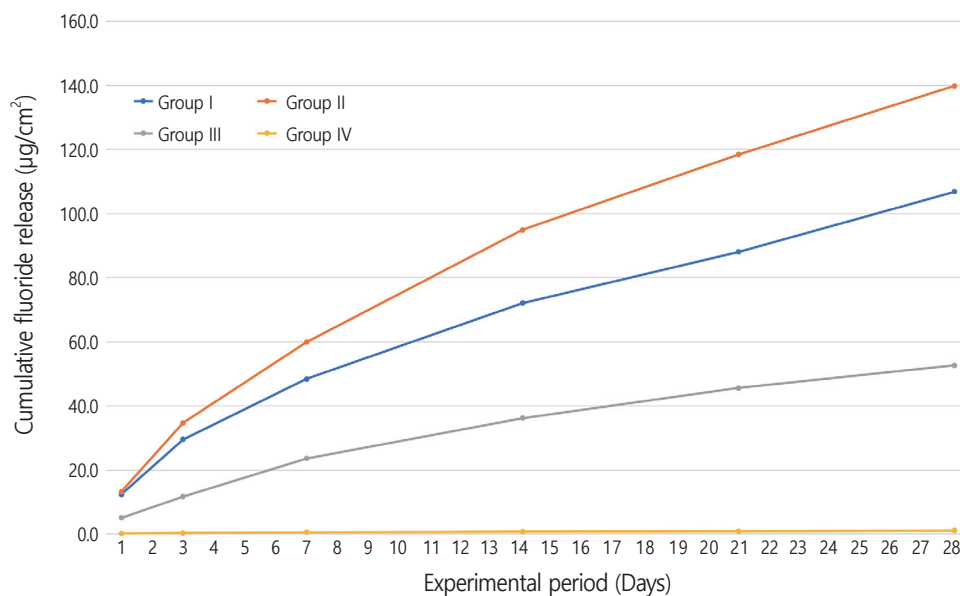


Fig. 1. Cumulative fluoride release for 28 days. Group I : Fuji IX GP, Group II : Riva Self Cure, Group III : Cention N, Group IV : Filtek™ Z350XT.

Cure와 Fuji IX GP 사이에 차이가 나타나지 않았다($p = 0.12$).

2. 불소 재충전 실험

Table 4는 불소 처리 이후 각 군의 불소 유리량을 측정일별로 정리한 표이며, Fig. 2는 각 군의 7일간 누적 불소 유리량을 그래프로 나타낸 것이다. Fig. 3 - 6은 각 재료별로 실험군과 대조

군의 불소 유리량을 일간 유리량으로 환산하여 표시한 것이다. Filtek™ Z350XT를 제외한 I, II, III군의 각 재료는, 1.23% APF gel을 처리한 B군에서 1일차에 A군에 비해 높은 불소 유리량을 나타내었다($p < 0.05$). 불소도포 이후 증가된 불소 유리량은 시간 경과에 따라 점차 감소하였으며, 7일차에는 A군과 B군에서 비슷한 불소 유리량이 측정되었다($p > 0.05$).

Table 4. Fluoride release after fluoride treatment

Group	1 st day		3 rd day		7 th day	
	Mean ± SD ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	p value	Mean ± SD ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	p value	Mean ± SD ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	p value
I -A	2.43 ± 0.58	0.000	5.36 ± 0.88	0.353	8.96 ± 1.48	0.529
I -B	4.63 ± 0.77		6.19 ± 2.04		8.66 ± 1.94	
II -A	3.60 ± 0.47	0.000	7.56 ± 1.22	0.000	13.82 ± 2.20	0.631
II -B	6.02 ± 1.02		10.27 ± 1.17		14.44 ± 2.15	
III -A	1.11 ± 0.28	0.001	2.45 ± 0.84	0.035	4.19 ± 0.77	0.684
III -B	1.75 ± 0.50		3.35 ± 0.91		4.05 ± 0.84	
IV -A	0.16 ± 0.05	0.143	0.16 ± 0.05	0.684	0.16 ± 0.05	0.280
IV -B	0.13 ± 0.06		0.16 ± 0.04		0.14 ± 0.02	

Group I : Fuji IX GP, Group II : Riva Self Cure, Group III : Cention N, Group IV : Filtek™ Z350XT
 A : no treatment, B : 1.23% APF gel application for 1 minute
 p value from Mann-Whitney test

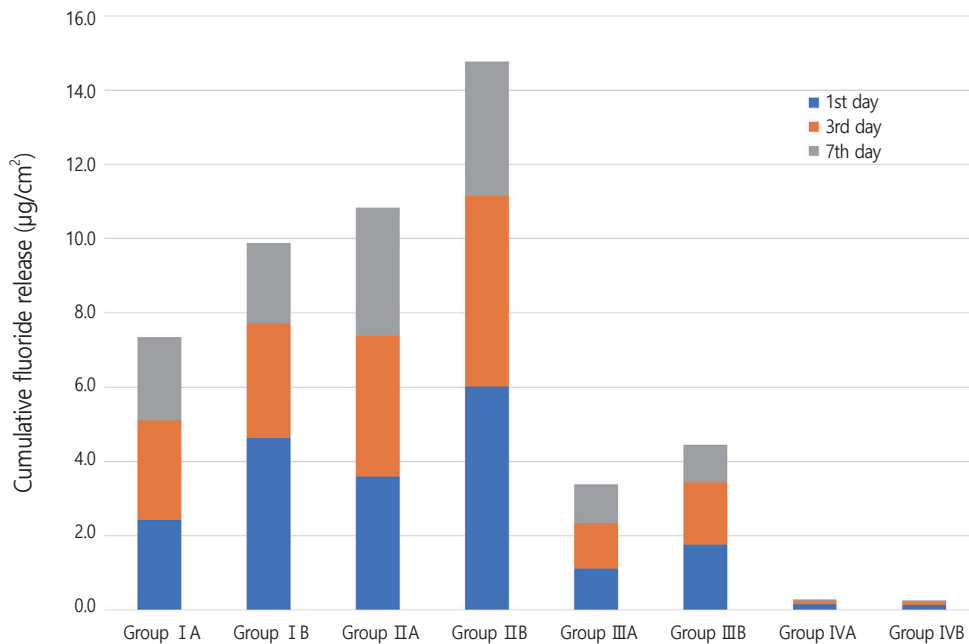


Fig. 2. Cumulative fluoride release after fluoride treatment. Group I : Fuji IX GP, Group II : Riva Self Cure, Group III : Cention N, Group IV : Filtek™ Z350XT. A : no treatment, B : 1.23% APF gel application for 1 minute.

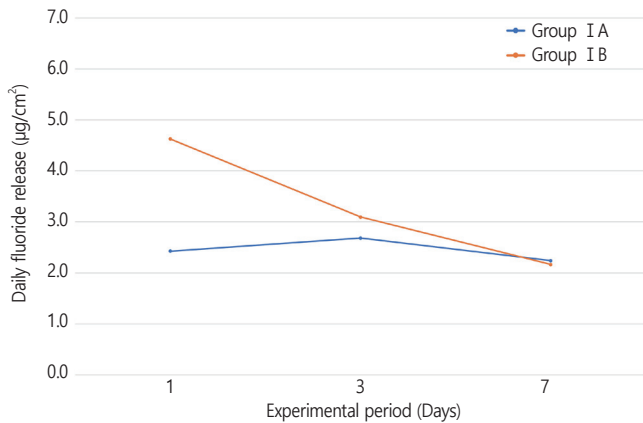


Fig. 3. Daily fluoride release of Group I after fluoride treatment. Group I : Fuji IX GP, A : no treatment, B : 1.23% APF gel application for 1 minute.

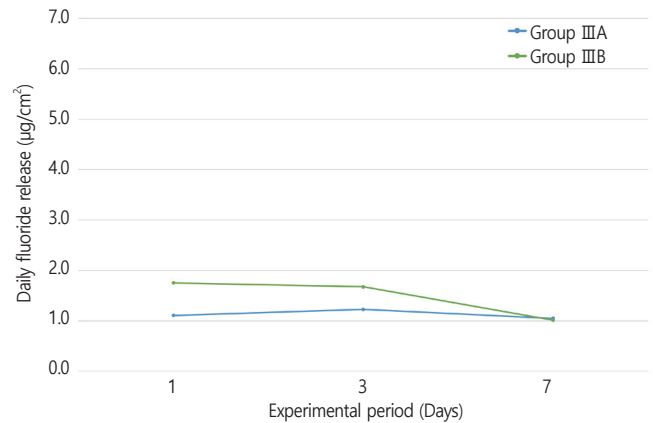


Fig. 5. Daily fluoride release of Group III after fluoride treatment. Group III : Cention N, A : no treatment, B : 1.23% APF gel application for 1 minute.

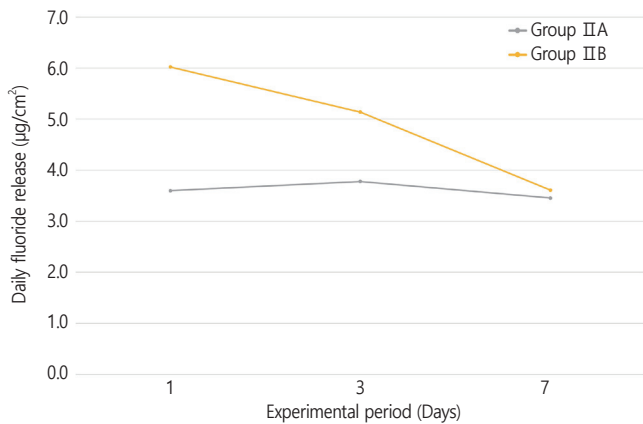


Fig. 4. Daily fluoride release of Group II after fluoride treatment. Group II : Riva Self Cure, A : no treatment, B : 1.23% APF gel application for 1 minute.

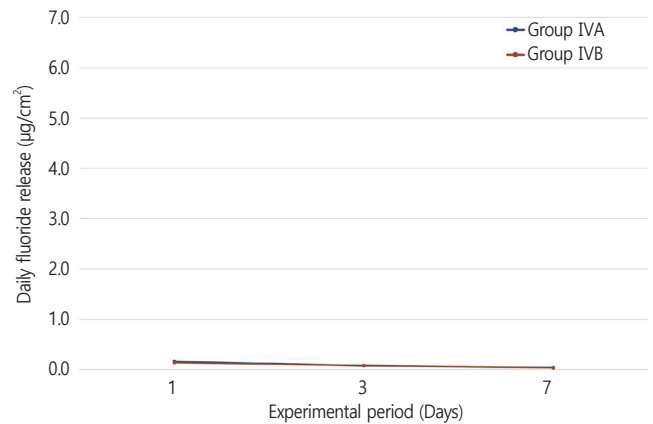


Fig. 6. Daily fluoride release of Group IV after fluoride treatment. Group IV : Filtek™ Z350XT, A : no treatment, B : 1.23% APF gel application for 1 minute.

IV. 총괄 및 고찰

글라스 아이오노머의 불소 유리량은 중합 후 첫 24시간동안 가장 높게 나타난다. Moor 등[8]이 'burst effect'라고 표현한 이 단계에서는 재료의 표면으로부터 급속하게 다량의 불소가 유리된다. 이후, 불소 유리는 점차 감소하여 'bulk diffusion' 과정으로 전환된다[9,10]. 이렇게 두 단계로 명확하게 구분되는 불소 유리양상은 글라스 아이오노머 계열에서 뚜렷하며, 다른 수복재에서는 그렇지 않다[11,12]. 감소하던 불소 유리량은 10 - 20일 가량이 경과되고 난 뒤에는 'plateau' 상태를 이루게 되며 지속적으로 저농도의 불소를 유리한다. 이와 같이 장기간에 걸친 'plateau

release'는 재발성 우식의 발생을 억제하는 데 기여할 수 있다[13]. 저농도의 불소를 통한 우식 예방 효과는 과거 시행된 여러 연구 결과로 뒷받침되고 있다. 기존 연구 결과에 따르면, *in vivo* 환경에서 비자극성 타액에 글라스 아이오노머 수복물을 위치시켰을 때, 불소농도는 baseline의 0.04 ppm으로부터 0.8 - 1.2 ppm 수준까지 증가되었다[14,15]. 그 농도는 시간 경과에 따라 지속적으로 감소되기는 하였지만 1년 경과 시점까지도 0.3 ppm 수준에 머물러, baseline의 10배에 가깝게 측정되었다. 또한, Featherstone 등[16]은 타액 내 불소 농도를 baseline인 0.001 mmol/L에서 약 5 - 10배 증가시켰을 시에 효과적으로 우식을 예방할 수 있다고 보고하였다.

기존 연구 결과들에 따르면 글라스 아이오노머와 레진강화형 글라스아이오노머의 불소 유리량은 비슷한 수준이며, 일부 연구에서는 레진강화형 글라스아이오노머에서 더 높은 불소 유리량이 측정되었다[16,17]. 레진을 기반으로 한 컴포머에서는 글라스 아이오노머 기반의 재료보다 현저하게 낮은 불소 유리량이 보고되었다[18,19]. Pre-reacted glass ionomer(PRG) filler를 이용하는 자이오머의 경우, 불소 유리량은 컴포머보다는 약간 더 높은 수준이지만 글라스 아이오노머 계열에 비해서는 낮게 나타났으며 [20,21], 일부 연구에서는 오히려 컴포머보다도 낮은 불소 유리량을 보였다[11,22]

이 연구에서, 글라스 아이오노머인 Fuji IX GP와 Riva Self Cure는 첫 24시간동안 가장 높은 불소 유리량을 나타내었으며, 두 재료간 차이를 보이지 않았다($p = 0.12$). 하지만 시간이 경과함에 따라 Riva Self Cure에서 지속적으로 더 높은 불소 유리량을 나타내었으며($p < 0.05$), 이것은 Shiozawa 등[7]의 연구 결과와 일치한다. 불소 유리량은 21일 경과 후로는 더 이상 크게 감소하는 경향을 보이지 않았으며, 'plateau' 상태에 도달하여 지속적인 수치를 보였다. Cention N 군에서도 첫 24시간동안 가장 높은 불소 유리량이 나타났으며 이후 시간 경과에 따라 감소하는 경향을 보였다. 하지만, 감소의 폭은 글라스 아이오노머에 비해 현저하게 작았으며, 비교적 지속적인 양상을 나타내었다.

28일간의 누적 불소 유리량은 Riva Self Cure에서 $139.85 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 로 가장 높았으며, Fuji IX GP에서 $106.80 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, Cention N에서 $52.65 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 이 검출되었다. Cention N의 불소 유리량은 Fuji IX GP의 약 49% 수준으로 나타나, 글라스 아이오노머의 약 10 - 20% 수준의 불소 유리량을 보이는 자이오머나 컴포머에 비해 높게 나타났[11,18,21].

불소를 적용한 후 나타나는 재충전 효과는 수복재 표면의 미세한 pore에 잔류되거나 matrix 내에 결합된 불소 이온이 점차 용해되면서 나타나는 것으로 생각된다[23]. 이와 같은 재충전 효과는 수복재의 종류와 투과성, 그리고 적용하는 불소 제재의 종류나 농도, 적용 빈도 등에 영향을 받는 것으로 알려져 있다 [24,25]. 불소의 재충전 효과는 레진을 기반으로 하는 수복재보다는 글라스 아이오노머 계열에서 뚜렷하게 나타나며, 이는 재료의 다공성 구조에 기인한다[26]. 재충전 효과는 경화 초기의 불소 유리량이 높은 재료일수록 더 높게 나타나며, 초기의 'burst effect'만큼 높은 유리량을 나타내지는 못하는 것으로 알려져 있다[18]. 또한, 적용하는 불소의 농도에 영향을 받으며, 1.23% APF gel의 적용이 불소 바니쉬, 1% NaF gel이나 4% SnF₂ 제재보다 뛰어난 효과를 나타내는 것으로 보고된 바 있다[27,28].

이 연구에서는 Cention N의 불소 재충전 여부를 확인하기 위해, 재충전 효과가 가장 뛰어난 것으로 알려진 1.23% APF gel을

이용하였다. 또한, 표면에 잔류된 불소이온의 washout 뿐 아니라 실질적으로 재료 내에 결합되어 bulk diffusion을 통한 재충전을 나타낼 수 있는지 알아보기 위해, 불소도포 후에는 60초간 흐르는 물로 세척하였다. 그 결과, Fuji IX GP와 Riva Self Cure, Cention N 군에서 불소도포 이후 불소 유리량의 증가가 나타났다($p < 0.05$). 불소의 재충전에 관한 기존 연구 결과들과 마찬가지로, 불소 유리량은 불소도포 후 1일차에 가장 높게 나타난 이후 점차 감소하는 양상을 보였으며, 7일 경과 시에는 대조군과 비슷한 수준에 도달하였다[18,29,30].

최근 발표된 Gupta 등[31]의 연구에서, Cention N의 불소 유리량은 pH에 따라 급격하게 변화하는 것으로 보고되었다. 중성 환경에서 Cention N의 불소 유리량이 글라스 아이오노머보다 적게 나타난 반면, pH 4.0의 산성 환경에서는 Cention N의 불소 유리량이 글라스 아이오노머에 비해 약 1.5배 가량 높았다. 추가적으로, Cention N은 수산화이온의 유리를 통한 pH 조절이 가능하다는 장점을 가지고 있기에, 실제 그 우식 예방 효과는 더 뛰어날 것으로 사료된다.

이 연구에서, 두 종류의 글라스 아이오노머 중 Riva Self Cure의 불소 유리 및 재충전 효과가 더 뛰어나게 나타났다. 또한, Cention N에서 기존의 컴포머나 자이오머에 비해 높은 불소 유리량과 재충전 효과를 확인하였다. Cention N에서 나타나는 수산화이온의 방출 및 그로 인한 우식 예방 효과에 대해서는, 향후 추가적인 연구를 통한 검증이 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

글라스 아이오노머 수복재인 Fuji IX GP, Riva Self Cure와 'alkasite' 계열의 Cention N, 복합레진 Filtek™ Z350XT를 대상으로 28일간의 불소 유리량 측정 및 1.23% APF gel 도포 이후 재충전 양상을 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

Riva Self Cure는 Fuji IX GP에 비해 약 1.3배 더 높은 불소 유리량을 보였다($p = 0.00$). 또한, Cention N의 불소 유리량은 Riva Self Cure의 38%, Fuji IX GP의 49% 수준으로 나타났[$p < 0.05$]. 초기 24시간동안의 'burst effect'는 글라스 아이오노머에 비해 Cention N에서는 뚜렷하게 관찰되지 않았다.

1.23% APF gel의 도포 이후 Riva Self Cure, Fuji IX GP, Cention N 모두 불소 유리량의 증가를 보였으며($p < 0.05$), 이후 시간 경과에 따라 점차 감소되어 7일차에는 대조군과 비슷한 수준으로 회복되었다. 글라스 아이오노머 계열에서 나타나는 불소의 재충전 양상이 Cention N에서도 확인되었다.

수복재의 불소 유리 및 재충전의 관점에서, Cention N은 컴포머나 자이오머에 비해 뛰어난 결과를 보였다. 실제 임상 환경에

서의 우식 예방 효과를 평가하기 위해서 향후 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Authors' Information

Dongyun Lee <https://orcid.org/0000-0003-4870-5352>

Jong-Soo Kim <https://orcid.org/0000-0001-8752-332X>

Miran Han <https://orcid.org/0000-0003-0312-6023>

Jisun Shin <https://orcid.org/0000-0003-2147-5163>

References

- Collins CJ, Bryant RW, Hodge KL : A clinical evaluation of posterior composite resin restorations: 8-year findings. *J Dent*, 26:311-317, 1998.
- Wilder AD Jr, May KN Jr, Leinfelder KF, et al. : Seventeen-year clinical study of ultraviolet-cured posterior composite Class I and II restorations. *J Esthet Dent*, 11:135-142, 1999.
- Rawls HR : Preventive dental materials: sustained delivery of fluoride and other therapeutic agents. *Adv Dent Res*, 5: 50-55, 1991.
- McLean JW : Alternatives to amalgam alloys: 1. *Br Dent J*, 157:432-433, 1984.
- Um CM, Oilo G : The effect of early water contact on glass-ionomer cements. *Quintessence Int*, 23:209-214, 1992.
- Kim SM, Park HW, Lee JH, Seo HW : Fluoride release and microhardness of giomer according to time. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 37:429-437, 2010.
- Shiozawa M, Takahashi H, Iwasaki N : Fluoride release and mechanical properties after 1-year water storage of recent restorative glass ionomer cements. *Clin Oral Investig*, 18:1053-1060, 2014.
- De Moor RJ, Verbeeck RM, De Maeyer EA : Fluoride release profiles of restorative glass ionomer formulations. *Dent Mater*, 12:88-95, 1996.
- Dhondt CL, De Maeyer EA, Verbeeck RM : Fluoride release from glass ionomer activated with fluoride solutions. *J Dent Res*, 80:1402-1406, 2001.
- Lee SY, Dong DR, Huang HM, Shih YH : Fluoride ion diffusion from a glass-ionomer cement. *J Oral Rehabil*, 27:576-586, 2000.
- Mousavinasab SM, Meyers I : Fluoride release by glass ionomer cements, compomer and giomer. *Dent Res J*, 6:75-81, 2009.
- Tiwari S, Kenchappa M, Gupta M, et al. : Antibacterial activity and fluoride release of glass-ionomer cement, compomer and zirconia reinforced glass-ionomer cement. *J Clin Diagn Res*, 10:ZC90-93, 2016.
- Wiegand A, Buchalla W, Attin T : Review on fluoride-releasing restorative materials--fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation. *Dent Mater*, 23:343-362, 2007.
- Koch G, Hatibovic-Kofman S : Glass ionomer cements as a fluoride release system in vivo. *Swed Dent J*, 14:267-273, 1990.
- Hatibovic-Kofman S, Koch G : Fluoride release from glass ionomer cement in vivo and in vitro. *Swed Dent J*, 15:253-258, 1991.
- Featherstone JDB, Zero DT : Laboratory and human studies to elucidate the mechanics of action of fluoride-containing dentifrices. Oxford University Press, New York, 41-50, 1992.
- Gao W, Smales RJ : Fluoride release/uptake of conventional and resin-modified glass ionomers, and compomers. *J Dent*, 29:301-306, 2001.
- Attar N, Onen A : Fluoride release and uptake characteristics of aesthetic restorative materials. *J Oral Rehabil*, 29: 791-798, 2002.
- Bertacchini SM, Abate PF, Macchi RL, et al. : Solubility and fluoride release in ionomers and compomers. *Quintessence Int*, 30:193-197, 1999.
- Itota T, Carrick TE, Yoshiyama M, McCabe JF : Fluoride release and recharge in giomer, compomer and resin composite. *Dent Mater*, 20:789-795, 2004.
- Yap AU, Tham SY, Zhu LY, Lee HK : Short-term fluoride release from various aesthetic restorative materials. *Oper Dent*, 27:259-265, 2002.
- Naoum S, Ellakwa A, Martin F, Swain M : Fluoride release, recharge and mechanical property stability of various fluoride-containing resin composites. *Oper Dent*, 36:422-432, 2011.
- Gao W, Smales RJ, Gale MS : Fluoride release/uptake from newer glass-ionomer cements used with the ART approach. *Am J Dent*, 13:201-204, 2000.
- Han L, Cv E, Iwaku M, et al. : Effect of fluoride mouth rinse on fluoride releasing and recharging from aesthetic dental materials. *Dent Mater J*, 21:285-295, 2002.
- Preston AJ, Higham SM, Agalamanyi EA, Mair LH : Fluoride recharge of aesthetic dental materials. *J Oral Rehabil*, 26:936-940, 1999.

26. Xu X, Burgess JO : Compressive strength, fluoride release and recharge of fluoride-releasing materials. *Biomaterials*, 24:2451-2461, 2003.
27. Bilgin Z, Ozalp N : Fluoride release from three different types of glass ionomer cements after exposure to NaF solution and APF gel. *J Clin Pediatr Dent*, 22:237-241, 1998.
28. Kim SY, Kim JS, Yoo SH : Comparative study of fluoride release and re-uptake of several restorative materials. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 34:408-419, 2007.
29. Attar N, Turgut MD : Fluoride release and uptake capacities of fluoride-releasing restorative materials. *Oper Dent*, 28:395-402, 2003.
30. Bae IH, Kim JM, Jeong TS, Kim S : Fluoride release and recharge of glass ionomer cements. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 32: 136-143, 2005.
31. Gupta N, Jaiswal S, Bansal P, *et al.* : Comparison of fluoride ion release and alkalizing potential of a new bulk-fill alkasite. *J Conserv Dent*, 22:296-299, 2019.

국문초록

수종의 불소함유 수복재의 불소 유리 및 재충전

이동연 대학원생 · 김종수 교수 · 한미란 교수 · 신지선 교수

단국대학교 치과대학 소아치과학교실

이 연구는 두 종류의 글라스 아이오노머와 'alkasite' 계열 수복재의 불소 유리 및 재충전 양상을 비교, 평가하기 위해 시행되었다.

글라스 아이오노머 Fuji IX GP와 Riva Self Cure, 'alkasite' 수복재인 Cention N, 복합레진 Filtek™ Z350XT의 시편을 직경 10.0 mm, 높이 2.0 mm의 원반 형태로 제작하였다. 총 28일간 불소 유리량을 측정 한 이후, 각 재료별로 시편을 두 군으로 분류하였다. 실험군에는 1.23% acidulated phosphate fluoride(APF) gel을 1분간 도포하고, 이후 7일간의 불소 유리량 측정을 통해 대조군과 비교하여 각 재료의 불소 재충전 여부를 평가하였다.

불소 유리량은 Riva Self Cure, Fuji IX GP, Cention N의 순으로 높게 나타났다($p < 0.05$). Cention N의 불소 유리량은 Fuji IX GP의 약 49% 수준으로 측정되었다. 또한, Riva Self Cure, Fuji IX GP, Cention N에서 1.23% APF gel의 도포 후 불소 유리량의 증가가 관찰되어($p < 0.05$), 글라스 아이오노머뿐 아니라 Cention N에서도 불소의 재충전 양상이 확인되었다.