

Fluoride Release of Several Types of Fluoride-Containing Restorative Materials According to Fluoride Concentration in Toothpaste

Chungho Lee¹, Jewoo Lee^{1,2}, Jiyoun Ra^{1,2}

¹Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Wonkwang University

²Dental Research Institute, Wonkwang University

Abstract

This study was conducted to investigate the fluoride release of fluoride-containing restorative materials in fluoride recharging according to the concentration of fluoride toothpaste used in Korea.

Samples of glass ionomer cement, resin-modified glass ionomer cement, alkasite restorative material, and composite resin were prepared and fluoride release was measured on days 1, 3, 7, 14, 21, 28. Thereafter, fluoride-free, 500 ppm, and 1450 ppm fluoride toothpaste was applied to each restorative materials, and the fluoride release was measured on days 1, 3, 7.

Glass ionomer cement showed the highest cumulative fluoride release until the 7th day of measurement, and from the 14th day onwards, the resin-modified glass ionomer cement showed the highest cumulative fluoride release, but there was no significant difference.

When restorative material groups were recharged with 500 ppm of fluoride toothpaste, the fluoride release was significantly higher only for the alkasite restorative material compared to the fluoride-free toothpaste group ($p < 0.017$). When restorative material groups were recharged with 1450 ppm of fluoride toothpaste, the fluoride release was significantly higher in all restorative groups compared to the fluoride-free toothpaste group ($p < 0.017$).

Key words : Fluoride release, Fluoride recharge, Fluoride toothpaste, Fluoride-containing restorative

I. 서 론

불소함유 수복재는 지속적으로 수복물 주변으로 불소를 방출하여 탈회된 법랑질의 재광화, 우식 유발 미생물의 효소 작용 억제, 치아의 탈회 저항성 증가 등의 우식 예방 효과를 보여, 2차우식의 발생이 수복 실패의 주된 원인인 소아 환자의 수복치료에 유리하다[1-4]. 불소함유 수복재의 종류로는 글라스아이오노머, 레진강화형 글라스아이오노머, alkasite 수복재 등이 있다.

Alkasite 수복재는 urethane dimethacrylate (UDMA) 기반의 자가중합형 수복재이다[5]. Alkasite 수복재는 글라스아이오노머와 유사한 성분으로 구성되어 있지만, UDMA 등의 배합으로 글라스아이오노머에 비하여 굴곡강도 등 개선된 물리적 성질을 가지도록 제조되었다. 또한 alkasite 수복재의 중량비 24.6%인 alkaline-filler는 불소 이온과 수산화 이온을 유리한다[6].

불소함유 수복재는 Acidulated Phosphate Fluoride (APF) gel, 불소바니쉬와 같은 불소 국소 도포 제제나 불소치약에 의하여

Corresponding author : Jiyoun Ra

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Wonkwang University, 895 Muwang-ro, Iksan, Jeollabuk-do, 54538, Korea

Tel: +82-63-850-6633 / Fax: +82-63-858-2957 / E-mail: pedo@wku.ac.kr

Received January 20, 2022 / Revised March 27, 2022 / Accepted March 18, 2022

불소 재충전이 가능하다. Forsten[7]은 15개월 간 물에 보관된 글라스아이오노머 시편을 24시간 동안 불소 용액에 노출시킨 후, 불소 방출량은 대조군의 2배로 증가하였다고 보고하였다.

불소 제재에 의하여 증가된 불소함유 수복재의 불소 방출량은 단기간 내에 수복물의 불소 재충전 이전 수준으로 회귀한다. Creanor 등[8]에 의하면 불소함유 수복재의 불소 재충전 후, 초기 2시간 이내에 재충전된 대부분의 불소가 방출된다고 보고하였다. 그러므로 불소함유 수복재에서의 방출되는 불소를 통한 장기적인 우식 예방 효과를 얻기 위해서는, 주기적인 불소 재충전이 필요하다. 이렇게 불소 함유 수복재를 불소 재충전할 수 있는 불소 제재 중 불소치약은 소아들이 가정에서 쉽게 노출될 수 있다는 점에서 임상적으로 유용하다[9,10].

불소치약은 1950년대에 처음 개발되어, 1964년에 미국치과의사협회(American Dental Association)로부터 승인을 받아 대중에게 보급되었다[11]. 국내에서는 1970년대에 최초의 불소치약이 출시되었고, 2014년 이전까지는 불소함량이 1000 ppm 이하로 제한되었다. 2014년에 식품의약품안전처에서 불소치약의 불소 함량 상한 기준을 1500 ppm으로 상향 조정하였지만 제조하는 이루어지지 않아, 2019년에서야 최초로 불소함량이 1450 ppm인 불소치약이 국내에서 시판되었다.

현재 대부분의 소위 '어린이 불소치약'은 500 ppm의 불소 함량으로 표기되어 있으며, 실제 함량은 500 ppm 미만인 경우가 많다[12]. 하지만 이전 연구에 따르면 550 ppm 미만의 불소 함량을 가진 불소치약을 사용한 군은 위약군과 우식경험영구치면수(DMFS)가 유의한 차이를 나타내지 않으며, 1000 ppm 이상의 농도에서는 불소치약의 불소 함량이 높아질수록 DMFS가 감소하는 경향을 보였다[13].

그 동안의 불소함유 수복재의 불소 재충전에 대한 연구는 불소 제재로서 단일농도의 불소치약 및 APF gel 등을 이용하였지만[10,14], 동일한 불소 제재에서의 불소함량을 변화시켜 적용하며, 최근 시판된 불소함유 수복재인 alkasite 수복재를 포함한 연

구는 거의 없었다. 따라서 이번 연구의 목적은 1450 ppm을 포함한 수준의 불소치약들을 이용하여 글라스아이오노머, 레진강화형 글라스아이오노머, alkasite 수복재의 불소 재충전 후, 불소 재방출량의 차이를 알아보는 것이다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

이번 연구에서는 글라스아이오노머인 Fuji IX GP EXTRA (GC Corporation, Tokyo, Japan), 레진강화형 글라스아이오노머인 Fuji II LC (GC Corporation, Tokyo, Japan), alkasite 수복재인 Cention N (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)을 실험군으로, 복합레진인 Filtek™ Z350XT (3M ESPE, St. Paul, USA)를 대조군으로 사용하였다(Table 1). 각 군당 30개씩의 시편을 제작하였다.

2. 연구 방법

1) 불소 방출량 비교

(1) 시편제작

4가지 연구재료를 제조사의 지시에 따라 I 군은 바로 주형 내로 주입하였고, II, III 군은 Capsule mixer를, IV군은 plastic spatula를 이용하여 혼합 후, 직경 10 mm, 높이 2 mm의 실리콘 주형 내에 충전한 후 과량의 재료를 제거하였다. II군은 경화 후 주형에서 제거하였고, 나머지 군들은 주형 내에서 VALO® LED 광중합기(Ultradent, South Jordan, USA)로 시편의 상, 하면에서 제조사의 지시대로 광중합을 시행한 후, 주형에서 각 시편을 제거하였다. 모든 시편은 주형에서 제거 후, 100% 습도에서 24 시간 동안 보관되었다.

Table 1. Materials used in this study and classification of each group

Group	Category	Brand name	Manufacturer	Component	Curing method
I	Composite resin	Filtek™ Z350XT	3M ESPE, USA	Silica, zirconia, nanoparticle	Light cure (10 s)
II	Conventional Glass ionomer cement	Fuji IX GP EXTRA capsule	GC corporation, Tokyo, Japan	Fluoro-alumino-silicate glass (95 wt%)	Self cure
III	Resin-modified glass ionomer cement	Fuji II LC capsule	GC corporation, Tokyo, Japan	Fluoro-alumino-silicate glass (100 wt%)	Light cure (20 s)
IV	Alkasite restorative material	Cention N	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	Calcium barium aluminum fluorosilicate glass, Calcium fluorosilicate glass (78.4 wt%)	Light cure (20 s)

(2) 불소 방출량 측정

15.0 ml의 Centrifuge tube에 3.0 ml의 탈이온수를 채운 후 제작된 시편을 넣고 밀봉하여 37°C의 incubator (VS-9160C, Bionex, Seoul, South Korea)에 보관하였다. 보관 후 1, 3, 7, 14, 21, 28일 경과 시점에 새로운 탈이온수로 교환하며 불소 유리량을 측정하였다. 연구 재료의 불소 방출량을 측정하기 위하여 일정 기간이 경과된 centrifuge tube에서 시편을 꺼낸 후 동량의 TISAB II (Total Ionic Strength Adjusting Buffer, Thermo Orion, USA) 용액을 첨가한 뒤, fluoride combination electrode (9609BNWP, Thermo Orion, USA)를 이용하여 각 시편의 불소 방출량을 측정하였다. 매 측정 시 1, 10, 100 ppm의 불소 표준용액(Fluoride standard solution, Thermo Orion, USA)으로 전극을 표준화하였다. 측정 완료 후 각 시편 및 centrifuge tube를 탈이온수로 세척하였다.

2) 불소 재충전 실험

(1) 시편의 불소 처리

총 28일간의 불소 방출량 측정이 완료된 각 재료의 시편을 불소치약의 농도에 따라 Table 2와 같이 3개의 군으로 세분화하였다. Group A는 무불소(Weleda, Weleda, Germany), Group B는 500 ppm (Nenedent, Dentinox, Germany), Group C는 1450 ppm (Kissable, Denomics, Korea)의 불소함량을 가진 불소치약으로 각 재료의 시편의 모든 면에 도포 후, 4분간 적용하였다. 그 후 시편과 centrifuge tube를 탈이온수로 세척하였다. 각 subgroup의 시편의 개수는 10개이다.

(2) 불소 재방출량 측정

시편 처리 후, 첫 번째 연구와 동일한 방법을 이용하여 1, 3, 7일 경과 시점에 불소 재방출량을 측정하였다.

(3) 통계 분석

통계분석은 윈도우용 SPSS 25.0 (IBM, USA)로 시행하였다. 초기 불소 방출량($p = 0.0083$) 및 불소치약 재충전 후 불소 재방출량($p = 0.0167$)을 Kruskal-Wallis test로 유의성을 검정하고 Mann-Whitney test로 사후검정을 시행하였다.

III. 연구성적

1. 불소 방출량

측정시점 7일차까지는 II, III, IV군의 순서로, 14일차부터는 III, II, IV군의 순서로 누적 불소 방출량이 높았다(Fig. 1). 하지만 II군과 III군의 모든 측정 시점에서의 누적 불소 방출량은 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 3). IV군은 모든 측정 시점에서 II군과 III군에 비하여 누적 불소 방출량이 유의하게 낮았다($p < 0.0083$, Table 3).

28일간의 전체 누적 불소 방출량 중 1일차에서만 II군에서 26%, III군에서 22%, IV군에서 14%의 불소 방출량을 보였다.

2. 불소 재충전 후 재방출량

Table 4는 불소치약 적용 후 각 수복재 군의 측정시점 별로 불소 재방출량을 정리한 표이며, Fig. 2 - 5는 각 수복재 군의 불소치약 적용 후 7일간 누적 불소 재방출량과 7일간 초기 누적 불소 방출량을 함께 표시하여 도표로 나타낸 것이다. 모든 수복재 군에서 불소치약 적용 후 1일차에는 C, B, A군 순으로 높은 불소 재방출량을 보였다. 하지만 IV군을 제외하고는 A군과 B군 간에 불소 재방출량의 차이는 유의하지 않았고, A군과 C군 간에는 모든 수복재 군에서 유의한 차이를 보였다(Table 4, $p < 0.0167$). III군의 7일간의 누적 불소 재방출량은 불소치약의 농도에 관계없이 다른 수복재 군들에 비해 가장 높았다(Fig. 4).

IV. 총괄 및 고찰

이 연구의 목적은 불소함유 수복재들의 불소치약의 농도에 따른 불소 재충전 및 재방출량을 알아보는 것이다. 이번 연구에서는 1, 3, 7, 14, 21, 28일에 시편의 불소 방출량을 측정하였으며, 28일이 경과한 수복재의 시편에 불소치약을 도포하여 불소 재충전 후 1, 3, 7일에 불소 재방출량을 측정하였다.

글라스아이오노머는 Moor 등[15]이 'burst effect'로 표현한 수복 후 초기에 수복재 주변으로 다량의 불소를 방출하는 단계를

Table 2. Concentration of fluoride toothpaste in subgroups

Subgroup	Fluoride concentration	Brand name	Manufacturer	Component
A	Free	Weleda	Weleda, Germany	Dental type silica
B	500 ppm	Nenedent	Dentinox, Germany	Sodium monofluorophosphate
C	1450 ppm	Kissable	Denomics, Korea	Sodium fluoride

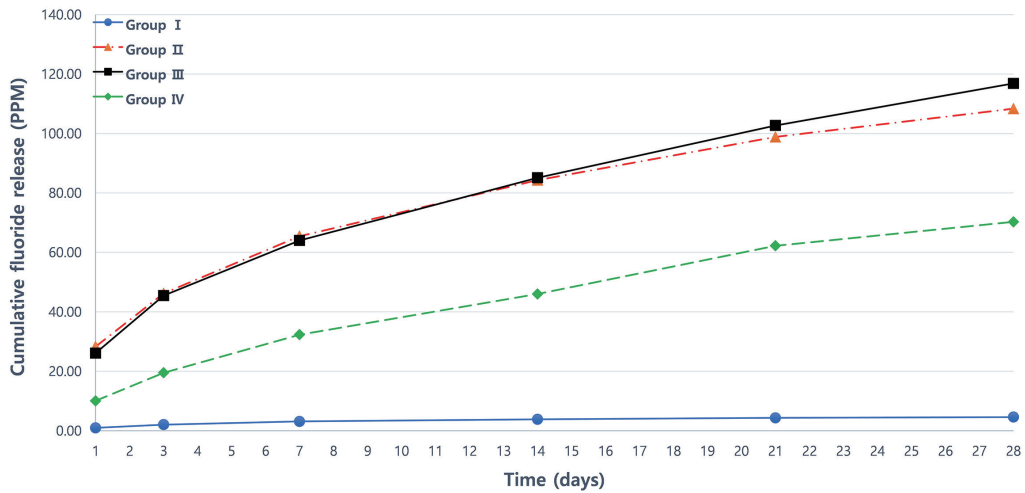


Fig. 1. Cumulative fluoride release for 28 days. Group I : Filtek™ Z350XT, Group II: Fuji IX GP EXTRA, Group III: Fuji II LC, Group IV: Cention N.

Table 3. Cumulative fluoride release for 28 days (Mean ± SD, ppm)

Time	Group I	Group II	Group III	Group IV
Day 1	0.97 ± 0.30 ^a	28.00 ± 7.55 ^c	26.17 ± 5.13 ^c	10.03 ± 3.54 ^b
Day 3	2.05 ± 0.70 ^a	45.71 ± 13.72 ^c	45.93 ± 10.09 ^c	19.55 ± 6.08 ^b
Day 7	3.15 ± 1.05 ^a	64.81 ± 19.71 ^c	64.73 ± 14.39 ^c	32.38 ± 11.44 ^b
Day 14	3.87 ± 1.26 ^a	83.44 ± 26.56 ^c	86.17 ± 18.66 ^c	46.08 ± 14.75 ^b
Day 21	4.35 ± 1.41 ^a	97.79 ± 32.87 ^c	104.07 ± 22.38 ^c	62.15 ± 14.90 ^b
Day 28	4.62 ± 1.49 ^a	107.18 ± 37.43 ^c	118.45 ± 25.09 ^c	70.20 ± 14.64 ^b

Group I : Filtek™ Z350XT, Group II: Fuji IX GP EXTRA, Group III: Fuji II LC, Group IV: Cention N
 Different lowercase superscripts when comparing within rows indicate significant differences by Kruskal-Wallis test and Mann-Whitney test ($p = 0.0083$).

Table 4. Fluoride release after fluoride recharging by applying fluoride toothpaste (Mean ± SD, ppm)

Group-Subgroup	1st day	3rd day	7th day
I -A	0.03 ± 0.02 ^a	0.03 ± 0.02 ^b	0.20 ± 0.05 ^a
I -B	0.10 ± 0.02 ^b	0.00 ± 0.00 ^a	0.19 ± 0.05 ^a
I -C	1.13 ± 0.67 ^c	0.02 ± 0.04 ^b	0.23 ± 0.05 ^a
II -A	1.75 ± 0.70 ^a	2.75 ± 0.82 ^a	3.92 ± 1.01 ^a
II -B	2.05 ± 1.08 ^a	3.30 ± 1.52 ^a	4.18 ± 1.69 ^a
II -C	4.64 ± 2.03 ^b	6.42 ± 5.50 ^b	6.38 ± 2.98 ^a
III -A	6.55 ± 1.16 ^a	6.66 ± 0.96 ^a	7.88 ± 2.44 ^a
III -B	8.17 ± 1.58 ^a	8.94 ± 3.23 ^a	8.50 ± 2.06 ^a
III -C	10.87 ± 1.46 ^b	7.31 ± 1.40 ^a	8.59 ± 1.22 ^a
IV -A	2.54 ± 0.54 ^a	4.70 ± 0.66 ^a	4.27 ± 0.66 ^a
IV -B	3.72 ± 0.66 ^b	6.30 ± 0.98 ^b	4.70 ± 0.38 ^a
IV -C	5.00 ± 1.01 ^c	7.12 ± 1.45 ^b	4.49 ± 0.54 ^a

Group I : Filtek™ Z350XT, Group II: Fuji IX GP EXTRA, Group III: Fuji II LC, Group IV: Cention N.
 Subgroup A: Weleda (fluoride-free), Subgroup B: Nenedent (550 ppm), Subgroup C: Kissable (1450 ppm)
 When comparing in the same group and day, different superscript letters indicate significant differences by Kruskal-Wallis test Mann-Whitney test ($p = 0.0167$).

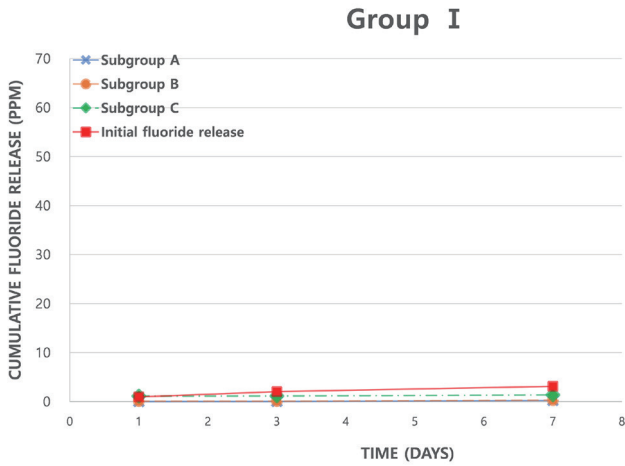


Fig. 2. Cumulative fluoride release after fluoride recharging and initial fluoride release. Group I: Filtek™ Z350XT, A: Weleda, B: Nenedent, C: Kissable.

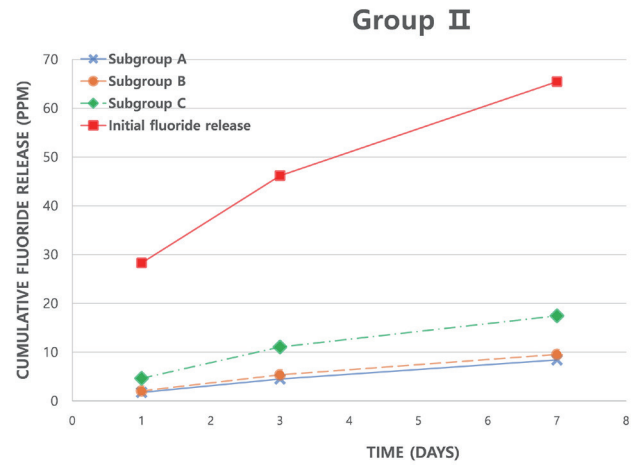


Fig. 3. Cumulative fluoride release after fluoride recharging and initial fluoride release. Group II: Fuji IX GP EXTRA, A: Weleda, B: Nenedent, C: Kissable.

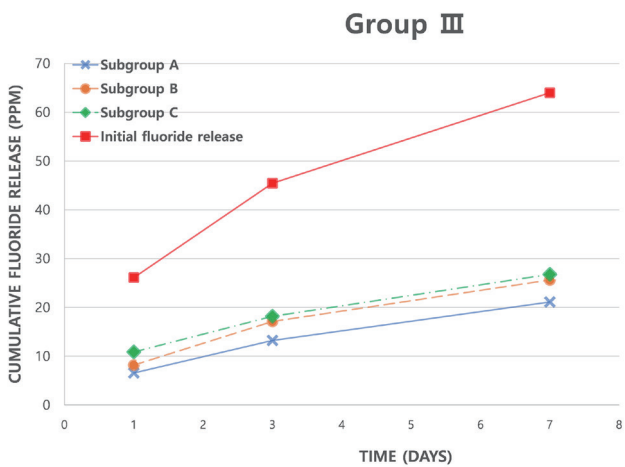


Fig. 4. Cumulative fluoride release after fluoride recharging and initial fluoride release. Group III: Fuji II LC, A: Weleda, B: Nenedent, C: Kissable.

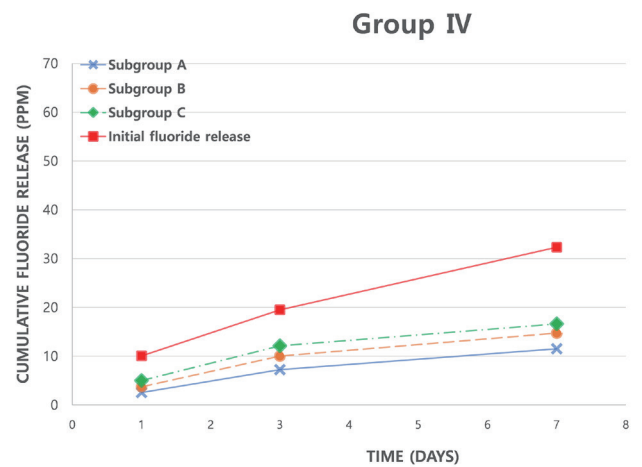


Fig. 5. Cumulative fluoride release after fluoride recharging and initial fluoride release. Group IV: Cention N, A: Weleda, B: Nenedent, C: Kissable.

거치며, 불소 방출량은 시간이 경과할수록 감소한다[16]. 이번 연구에서도 28일간의 누적 불소 방출량 중 시편 제작 후 1일차에만 글라스아이오노머에서 26%, 레진강화형 글라스아이오노머에서 22%, alkasite 수복재에서 14%가 방출되었고, 모든 군에서 시간이 경과할수록 불소 방출량이 감소하는 양상을 보였다.

장기간 지속적으로 방출되는 저농도의 불소는 2차우식의 예방에 영향을 미친다[3]. Arends와 Christoffersen[17]은 *in vitro* 상에서 1 ppm의 농도로 불소가 존재할 때, 법랑질의 탈회를 감소

시키지만, *in vivo* 상에서는 법랑질의 유기질 함량, 획득피막, 치태 및 pH 등 여러 조건들로 인하여 1 ppm 보다 더 높은 불소 농도가 필요할 수 있다고 보고하였다. 앞선 연구에 의하여 법랑질 탈회를 감소시키는 유효불소농도를 1 ppm이라고 가정할 때, 이번 연구에서 불소치약으로 수복재의 불소 재충전 후 1일차에 불소 재방출량을 측정하였을 때 대조군인 I-A, B군을 제외하고는 모두 유효불소농도를 만족하였다. 하지만 이는 24시간 동안 누적된 불소 방출량을 측정한 것이므로, 구강 내 환경과 유사한 조

건에서, 수복재에서 방출되는 불소량이 지속적으로 유효불소농도로서 유의미한지에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

수복재에서 방출되는 불소는 수복재의 조성과의 관련이 있다 [18]. 이번 연구에서 측정 시점 7일차까지는 연구재료 중 글라스아이오노머가 가장 높은 누적 불소 방출량을 보였으나, 14일차 이후로는 레진강화형 글라스아이오노머의 누적 불소 방출량이 가장 높았다. 하지만 모든 측정시점에서 글라스아이오노머와 레진강화형 글라스아이오노머의 누적 불소방출량의 차이는 유의하지 않았다. 또한 수복재들을 불소 재충전하였을 때, 레진강화형 글라스아이오노머는 불소치약의 농도에 관계없이 불소 재방출량이 다른 군들에 비하여 높았다. Creanor 등[8]은 불소함유 수복재들의 불소 방출량을 비교하였을 때, 레진강화형 글라스아이오노머의 불소 방출량이 글라스아이오노머 보다 높은 수준을 보이며, 이는 수복재의 조성 성분 중 불소의 함유가 많을수록 더 많은 불소를 방출하기 때문이라고 보고하였다. 이번 연구에서 글라스아이오노머로 사용된 Fuji IX GP EXTRA는 분말의 95%, 레진강화형 글라스아이오노머로 사용된 Fuji II LC는 분말의 100%가 fluoro-alumino-silicate glass로 구성되어 있어, 이러한 수복재의 조성의 차이가 불소 방출량 차이에 기여하였을 것으로 사료된다.

Alkasite 수복재는 산성 조건에서 중성일 때 보다 더욱 높은 수준의 불소 방출량을 보이며, 특히 산성 조건에서 글라스아이오노머보다 불소 방출량이 높다. 또한 자가중합된 alkasite 수복재는 광중합되었을 때보다 높은 수준의 불소 방출량을 보인다 [19]. 이번 연구에서 alkasite 수복재의 시편 제작 시에 광중합의 방법을 이용하였으며 탈이온수를 이용하여 불소 방출량을 측정하였으며, alkasite 수복재는 글라스아이오노머보다 낮은 수준의 불소 방출량을 보였다. 하지만 alkasite 수복재는 연구 조건에 따라 불소 방출량의 차이를 보이므로, 연구 조건을 변경하여 불소 방출량을 측정하는 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

불소 재충전에 이용되는 불소제재의 농도가 높을수록 수복재의 불소 재방출량은 높아진다[20]. Takahashi 등[21]의 연구에 따르면 불소함유 수복재에 2%, 0.2%, 0.02% NaF 용액을 적용하였을 때, 2% NaF 용액으로 불소 재충전을 하였을 때만이 대조군에 비하여 불소 재방출량의 유의한 차이를 보였다. 이번 연구에서 500 ppm의 불소치약을 적용하였을 때 alkasite 수복재를 제외한 모든 군에서 대조군과 비교하여 불소 재방출량의 차이는 유의하지 않았지만, 1450 ppm의 불소치약을 적용했을 때에는 모든 군에서 유의한 차이를 보였다. 따라서 불소함유 수복재의 불소 재방출에 의한 장기적인 우식 예방효과를 얻기 위해서는 특정 농도 이상의 불소 제재에 의한 불소 재충전이 필요할 것으로 사료

된다.

이번 연구에서 불소치약을 4분간 1회 적용하였으나, 이는 실제로 양치가 이루어지는 구강 내 환경과는 차이가 있다. Shin 등 [22]은 국내 3 - 6세의 어린이들의 평균 양치시간을 1.57분으로 보고하였다. 또한 Lee 등[23]은 국내 2 - 5세의 어린이들의 하루 평균 양치 횟수가 2 - 3회인 경우를 97.4%로 보고하였다. 그러므로 이번 연구 조건보다 불소치약의 적용 시간은 감소시키며, 적용 횟수는 증가시키는 임상적 상황과 유사한 조건에서의 불소 재방출량이 우식을 예방하는 유효불소농도에 도달했는가에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

치약의 불소 농도, 양치질 횟수, 양치 시 사용되는 치약의 양은 불소치약을 통한 불소 섭취량에 영향을 미치는 요인이다. 미국 식품의약국(Food and Drug Administration)은 불소치약의 사용량에 대해 6세 미만의 어린이에게는 완두콩 크기의 양으로 제한하였고, 2세 미만 어린이의 경우에는 치과의사와 상담하여 사용 여부를 결정해야 한다고 명시하였다[24]. 어린이들의 불소치약의 사용으로 인한 불소증 발병의 위험을 피하기 위해서, 불소치약에 함유된 불소는 소아의 체중 kg당 0.10 mgF 이하로 섭취가 제한되어야 한다[25]. Bentley 등[25]은 1450 ppm의 치약으로 부모가 생각하는 완두콩 크기의 양으로 자녀에게 양치를 하도록 하였을 때 평균적으로 0.42 mgF이 섭취되었다고 보고하였고, 연구 대상 중 16%의 어린이에서 체중 kg당 0.10 mgF을 초과하는 양의 불소치약의 섭취가 있었다고 보고하였다. 그러므로 1450 ppm 불소치약 사용 시, 불소증 발병의 위험을 줄이기 위해 보호자의 세심한 감독이 필요하며, 치과의사가 적절한 양의 치약이 사용되도록 시각 보조 자료 사용 및 실제 시연을 하여 환아의 보호자에게 교육을 하여야 한다.

이전 연구에서는 수복재의 불소 재충전에 있어 불소치약 단독 사용보다는 추가적인 불소 적용 수단이 필요하다고 보고하였지만[14], 이번 연구에서 1450 ppm의 불소치약만으로 대조군에 비하여 통계적으로 유의한 차이를 보이는 것을 확인하였다. 특히 레진강화형 글라스아이오노머는 불소치약의 농도에 관계없이 7일 간의 가장 높은 누적 불소 재방출량을 보였으며, 28일 간의 누적 초기 불소 방출량도 가장 높았다. 그러므로 이번 연구는 불소함유 수복재들의 불소 방출량 및 1450 ppm의 불소치약을 포함한 수종의 불소치약들을 이용한 불소 재충전에 의하여 불소함유 수복재들의 불소 재방출량을 확인하고, 우식 예방에 있어 효용성을 제시하였다는 것에 의의가 있을 것으로 사료된다.

V. 결 론

이 연구는 불소함유 수복재인 글라스아이오노머, 레진강화형

글라스아이오노머, alkasite 수복재에 무불소치약 및 500 ppm, 1450 ppm의 불소치약을 적용하여, 각 수복재들이 적용된 불소치약의 농도별 불소 재방출량의 차이를 확인하고자 시행되었으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

재료 자체의 누적 불소 방출량은 불소 측정시점 7일차까지 글라스아이오노머가 가장 높았고, 14일차 이후로는 레진강화형 글라스아이오노머가 가장 높았으나 글라스아이오노머와 레진강화형 글라스아이오노머의 불소방출량의 차이는 유의하지 않았다. 500 ppm의 불소치약으로 수복재를 불소 재충전 시, 글라스아이오노머와 레진강화형 글라스아이오노머는 대조군과 유의한 불소 재방출량의 차이를 보이지 않았다. 1450 ppm의 불소치약으로 수복재를 불소 재충전 시, 모든 군에서 대조군과 유의한 불소 재방출량의 차이를 보였다. 레진강화형 글라스아이오노머는 불소치약의 농도에 관계없이 불소 재방출량이 다른 군들에 비하여 가장 높았다.

따라서 레진강화형 글라스아이오노머의 수복 및 1450 ppm 불소치약의 사용이 어린이들의 우식 활성도 억제에 기여할 것으로 사료된다. 치과의사는 소아의 우식 위험도에 맞춰 적절한 수복 재료를 선택하고, 필요 시 고농도 불소치약의 사용을 교육하여 불소의 재광화 능력을 충분히 활용해야 할 것으로 사료된다.

Authors' Information

Chungho Lee <https://orcid.org/0000-0002-9136-3653>

Jewoo Lee <https://orcid.org/0000-0001-9640-4752>

Jiyoung Ra <https://orcid.org/0000-0002-2569-3259>

References

- Jih MK, Lee SH, Lee NY : Retrospective study of survival rates according to the type of dental restoration of proximal caries in primary molars. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 42:249-256, 2015.
- Lee HS, Hyun HK, Jang KT : Remineralization effect of interproximal caries adjacent to glass ionomer restoration : In vitro study using QLF. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 38:244-249, 2011.
- Forsten L : Fluoride release and uptake by glass-ionomers and related materials and its clinical effect. *Biomaterials*, 19:503-508, 1998.
- Nakajo K, Imazato S, Takahashi N, *et al.* : Fluoride released from glass-ionomer cement is responsible to inhibit the acid production of caries-related oral streptococci. *Dent Mater*, 25:703-708, 2009.
- Jagvinder M, Sunakshi S, Sonal M, Ashok S : Cention N: A review. *Int Cur Res*, 10:69111-69112, 2018.
- Todd JC : Scientific documentation: Cention N. Ivoclar Vivadent Press, Schaan, 2016.
- Forsten L : Fluoride release and uptake by glass ionomers. *Scand J Dent Res*, 99:241-245, 1991.
- Creanor SL, Carruthers LMC, Foye RH, *et al.* : Fluoride uptake and release characteristics of glass ionomer cements. *Caries Res*, 28:322-328, 1994.
- Moon JW, Yu MK, Lee KW : An effect of fluoride recharging on fluoride release and surface change of fluoride-releasing restorative materials. *J Dent Rehabil Appl Sci*, 21:25-32, 2005.
- Rothwell M, Anstice HM, Pearson GJ : The uptake and release of fluoride by ion-leaching cements after exposure to toothpaste. *J Dent*, 26:591-597, 1998.
- Pretty IA : High fluoride concentration toothpastes for children and adolescents. *Caries Res*, 50:9-14, 2016.
- Park NK, Song JH : Evaluation of total and soluble fluoride concentrations in ten toothpastes for children. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 45:235-241, 2018.
- Walsh T, Worthington HV, Shi X, *et al.* : Fluoride toothpaste prevents caries in children and adolescents at fluoride concentrations of 1000 ppm and above. *Evid Based Dent*, 11:6-7, 2010.
- Lee YH, Kim JS, Yoo SH : Comparative study on fluoride release and re-uptake capacity of several fluoride-releasing restorative materials. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 33:25-34, 2006.
- De Moor RJ, Verbeeck RM, De Maeyer EA : Fluoride release profiles of restorative glass ionomer formulations. *Dent Mater*, 12:88-95, 1996.
- Temin SC, Csuros Z : Long-term fluoride release from a composite restorative. *Dent Mater*, 4:184-186, 1988.
- Arends J, Christoffersen J : Nature and role of loosely bound fluoride in dental caries. *J Dent Res*, 69:601-605, 1990.
- Walls AWG : Glass polyalkenoate (glass ionomer) cements: A review. *J Dent*, 14:231-246, 1986.
- 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, 2019.
- Linlin HAN, Edward CV, Masaaki IWAKU, *et al.* : Effect of fluoride mouth rinse on fluoride releasing and recharging

- from aesthetic dental materials. *Dent Mater J*, 21:285-295, 2002.
21. Takahashi K, Emilson CG, Birkhed D : Fluoride release in vitro from various glass ionomer cements and resin composites after exposure to NaF solutions. *Dent Mater*, 9:350-354, 1993.
 22. Shin YS, Lee HS, Song JS, Lee JH : Effectiveness of sonic and manual toothbrush in preschool children. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 43:374-381, 2016.
 23. Lee KH, Choi CH, Hong SJ : Relationship of the use of some fluoride containing dentifrice on the korean market to children's fluoride intake in different age groups. *J Korean Soc Dent Hyg*, 12:881-896, 2012.
 24. Wright JT, Hanson N, Zentz RR, *et al.* : Fluoride toothpaste efficacy and safety in children younger than 6 years : a systematic review. *J Am Dent Assoc*, 145:182-189, 2014.
 25. Bentley EM, Ellwood RP, Davies RM : Fluoride ingestion from toothpaste by young children. *Br Dent J*, 186:460-462, 1999.

국문초록

치약 내 불소농도에 따른 수종의 불소함유 수복재의 불소 방출량

이충호¹ · 이제우^{1,2} · 라지영^{1,2}

¹ 원광대학교 치과대학 소아치과학교실

² 원광대학교 치의학교육연구센터

이 연구는 국내에서 불소치약의 농도에 따른 불소함유 수복재의 불소 재방출량의 차이를 알아보기 위하여 시행되었다.

글라스아이오노머(Fuji IX GP EXTRA), 레진강화형 글라스아이오노머(Fuji II LC), alkasite 수복재(Cention N), 복합레진(Filtek™ Z350XT)의 시편이 제작되었고, 1, 3, 7, 14, 21, 28일에 불소 방출량이 측정되었다. 그 후, 각 수복재에 무불소, 500 ppm, 1450 ppm의 불소치약을 적용하여 불소 재방출량을 1, 3, 7일에 측정하였다.

글라스아이오노머가 측정 7일차까지는 가장 높은 누적 불소 방출량을 보였고, 14일차부터는 레진강화형 글라스아이오노머가 가장 높은 누적 불소 방출량을 보였으나, 두 수복재의 누적 불소 방출량의 차이는 유의하지 않았다.

500 ppm의 불소치약으로 불소 재충전 시에는 alkasite 수복재만 불소 재방출량의 차이가 유의하였고($p < 0.017$), 1450 ppm의 불소 치약으로 불소 재충전 시에는 모든 수복재 군이 무불소치약군에 비하여 불소 재방출량이 유의하게 높았다($p < 0.017$).