

글라스 아이오노머 수복재의 불소 유리 및 재흡수 양상

배익현 · 김재문 · 정태성 · 김 신

부산대학교 치과대학 소아치과학교실

국문초록

이차 우식은 수복 실패의 주된 원인 중 하나로 지목되고 있으며, 이로 인해 빈번히 재수복을 하게 된다. 이차 우식은 항우식 작용이 있는 불소를 함유한 수복물을 사용하여 예방될 수 있다. 구강내에서 불소를 유리하는 것으로 알려진 글라스 아이오노머 수복재는 불소를 장기간 유리할 뿐 아니라 불소의 재충전 및 재유리 능력이 있어 불소의 저장소 역할을 할 수 있다.

따라서 본 연구는 통상의 글라스 아이오노머와 고점도 글라스 아이오노머 및 복합 레진을 대상으로 불소의 유리 양상과 불소도포를 통한 재흡수 후 유리 양상을 알아봄으로써 기존의 수복재와 새로운 수복재간의 임상적 유용성을 평가할 목적으로 시행하였다. 4종의 수복재를 대상으로 불소 유리량 및 2% NaF로 재충전 후 불소 유리량을 각각 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 실험 대상의 모든 글라스 아이오노머 수복재는 초기에 다량의 불소를 유리하고 이후 점차 감소하는 경향을 보였다.
2. 2% NaF 용액을 통한 재충전 후의 유리량은 Fuji IX, Ketac Fil, Ketac Molar, Z-100의 순으로 나타났다.
3. Fuji IX을 제외한 모든 실험 대상의 수복재에서 수분의 영향으로 표면 경도는 유의하게 감소하였고 불소 재충전 후 유리량은 수분 흡수와 비례하였다($P<0.05$).
4. Fuji IX이 초기 유리량에 비해 재충전 후 더 많은 불소를 유리하였다($P<0.05$).

주요어 : 글라스 아이오노머, 불소, 재충전, Vicker's 경도, 수분 흡수

I. 서 론

수복치료를 받은 치아의 75%가 재수복을 필요로 하며 이 중 40%에서 이차 우식이 원인이라는 보고가 있다^{1,2}. 이차 우식은 수복물과 치아계면의 미세누출, 불소 방출, 수복물의 봉쇄 능력 등에 의해 좌우되므로³ 이차 우식을 억제할 수 있는 수복재의 성질은 임상적으로 매우 중요하다. 근래에 심미수복재로 흔히 사용하고 있는 글라스 아이오노머 시멘트는 저농도의 불소 이온을 지속적으로 방출하는 성질을 가지고 있어 예방적 개념이 가미된 수복에 많이 사용되어 왔다.

불소는 무색, 무취의 할로젠족 기체 상태의 원소로서 단독으로는 존재하지 못하고 다른 원소와 화합물을 이루어 존재하며, 미국 콜로라도주 온천 지역 주민들의 반상치를 조사하는 과정에서 항우식 효과가 있음이 처음으로 밝혀졌다⁴. 불소는 구강내에서 치아와 결합하면 수산화인회석보다 낮은 용해성을 가지는 불화인회석을 생성하고 법랑질의 재광화, 치태 형성을 위한 이온 접착의 방해, 그리고 미생물의 성장과 대사의 억제를 통해 항우식 작용에 기여하는 것으로 알려진 바 있다⁵. 치아의 탈회를 방지하고 재광화를 촉진하기 위해서는 소량의 불소가 일정 기간 동안 지속적으로 치면에 적용되어야 한다⁶⁻⁹. Arends와 christofferson⁶은 저농도의 불소를 자주 적용하는 것이 고농도 불소를 1년 1, 2회 적용하는 것보다 더욱 효과적이라고 주장하였으며, Featherstone 등⁹은 단순히 불소의 농도를 높이는 것은 비효과적이며 저농도 불소를 지속적으로 적용하는 것이 더 효과적이라고 하였다. 이렇게 소량의 불소가 일정 기간 동안 자주 치면에 적용될 수 있는 가장 효과적인 방법은 수복물에서 반복적으로 불소가 유리되는 것이라 하겠다.

교신저자 : 정 태 성

부산시 서구 아미동 1가 10번지
부산대학교 치과대학 소아치과학교실
Tel : 051-240-7449, 7451
E-mail : tsjeong@pusan.ac.kr

그 동안 수복물에서 불소를 지속적으로 유리시키는 것에 대해 관심이 높아져 왔으며, 최근 글라스 아이오노머 수복물에 불소를 재적용 하였을 때 불소가 재충전되어 다시 불소를 유리한다는 보고가 있었다^{10,11}. Attar와 Onen¹⁰, Attar와 Turgut¹¹은 복합레진과 콤포머, 통상의 글라스 아이오노머 시멘트를 대상으로 초기 불소유리량, 1000 ppm의 NaF, 1.23% APF젤에 적용한 후의 재충전, 재유리량을 측정하였다. 그 결과 불소를 함유한 모든 재료에서 재충전 후 24시간 동안 초기 유리량과 비교하여 유의하게 많은 양의 불소가 유리되었고 24~48시간 경과 후 초기 불소 유리량의 수준으로 회복됨을 보고한 바 있다.

그러나 불소의 반복도포에 의한 연속적인 재충전에 대한 연구는 부족한 실정이며 불소를 반복적으로 적용할 경우 불소 농도의 증감에 대한 결과가 각 연구마다 다르게 나타났다. 따라서 본 연구에서는 통상의 글라스 아이오노머 시멘트와 최근 개발된 Atraumatic Restorative Treatment(ART) 술식에 사용하는 고점도 글라스 아이오노머 시멘트 및 복합 레진을 대상으로 불소의 초기 유리 양상과 반복적인 불소 재충전 후의 유리 양상을 비교하고, 수분 흡수에 따른 수복재 표면의 변화를 관찰함으로써 수복재 간의 임상적 유용성을 평가할 목적으로 시행되었다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구재료

실험군으로 사용한 글라스 아이오노머 시멘트와 대조군으로 사용한 하이브리드 복합 레진 수복재는 Table 1과 같고 불소의 재충전을 위해 2% NaF 용액을 사용하였다.

2. 연구 방법

1) 시편의 제작

수복재의 시편을 제작하기 위해 두께 2 mm, 가로 30 mm, 세로 30 mm의 육면체 아크릴 주형을 제작하고 중앙에 직경 8 mm의 구멍을 형성하였다. 유리판 위에 놓인 주형 내에 실험 재료를 충전하고 투명한 mylar strip으로 덮은 후 그 위에 다시 slide glass를 위치시켜 편평한 면이 되도록 하였다. 글라스 아이오노머 시멘트는 15분 후에, 복합 레진은 제조사의 지시에 따라 XL-3000(3M, USA)으로 600 mW/cm² 수준의 광도를 유지한 상태에서 40초간 광중합한 후 주형으로부터 각각 제거한 후 레진

을 제외한 글라스 아이오노머 시멘트 시편은 100% 상대습도를 유지하여 24시간 보관하였다. 시편은 군별로 7개씩 제작하였다.

2) 불소 유리량의 측정

28개의 플라스틱 용기에 각각 5 ml의 탈이온 증류수를 채운 다음, 완성된 시편을 넣고 Parafilm (American National Can, USA)으로 밀봉하여 37℃ 항온기에 보관하였다. 총 7일간 매 24시간 경과 후 새로운 탈이온 증류수로 교환해 주었으며, 각 재료로부터 용액내로 유리된 불소의 농도를 측정하였다.

불소 농도 측정은 각 용액 5 ml에 미세피펫(Gilson, France)을 사용하여 0.5 ml TISAB III(Total Ionic Strength Adjusting Buffer, Orion, USA)를 첨가한 후 자기혼합기(Hot & Stirrer, Model-MS300, Germany)로 충분히 혼합하였다. 불소 농도는 pH/Ion meter (720A+, ThermoOrion, USA)에 제조자의 지시에 따라 불소이온 전극을 부착하고 1, 10, 100 ppm의 표준 불소용액으로 기기의 표준화를 시행한 다음 측정하였다. 10개의 시편을 측정할 때마다 기기의 표준화를 시행하였으며 모든 측정은 세 번 측정하고 표준정량을 위해 세 번째 값을 선택하였다.

3) 불소의 재충전

7일간 각 재료에 포함된 불소의 유리량을 측정한 이후 시편의 불소 재충전을 위하여 2% NaF 용액에 4분간 적용한 후 탈이온 증류수로 60초간 세척하고 압지 건조시킨 다음 5 ml의 탈이온 증류수를 채운 용기에 밀봉하여 항온기에 보관하였다. 매 24시간 마다 증류수내 불소 이온 농도를 측정하고 새로운 탈이온 증류수로 교환해 주었으며 3일후 2% NaF 용액을 재적용하였으며 이후 동일한 과정을 3회 연속으로 반복하였다.

4) 수분 흡수와 표면 경도 측정

시편의 실험 전후 무게를 측정하는 방법으로 수분 흡수량을 측정하고 표면 경도 변화를 Vicker's 경도 검사기(MVK-H100, AKASHI, Japan)를 사용하여 각 재료별 경도를 측정하였다.

5) 통계 처리

윈도우용 SPSS 9.0을 이용하여 평균간 차이의 유의성은 One-way ANOVA test와 Tukey 사후검증을 통하여 확인하였으며 유의수준은 0.05로 하였다.

Table 1. Restorative materials used in this experiment

Material Classification	Product Name	Manufacturer	Group
Conventional Glass Ionomer Cement	Ketac Fil™	3M ESPE, Germany	KF
High viscous Glass Ionomer Cement	Fuji-IX GP™	GC, Japan	FIX
High viscous Glass Ionomer Cement	Ketac Molar™	3M ESPE, Germany	KM
Hybrid composite resin	Z-100™	3M ESPE, Germany	Z1

Ⅲ. 연구 성적

1) 초기 불소 유리량 (Table 2, Fig. 1)

모든 글라스 아이오노머 시멘트 제재에서 초기 24시간 동안 가장 높은 유리량을 보이다가 이후부터는 급격한 감소를 보인 후 측정기간 7일 동안 미량의 불소를 지속적으로 유리하는 양상을 관찰할 수 있었다. 다량의 불소가 유리되었던 1일에는 재료별 불소 유리량에 유의한 차이를 보였으며 KF, FIX, KM, Z1의 순으로 많은 양의 불소를 유리하였다($P<0.05$). 반면, 2일 이후의 불소 유리량에는 유의한 차이가 없었다. Z1의 경우 첫

1일째에는 미량의 불소를 유리하였으나 이후 불소의 유리량은 측정한계 이하이었다.

2) 재충전 후의 불소 유리량 (Table 3, Fig. 2)

모든 글라스 아이오노머 시멘트 재료에서 2% NaF로 재충전 한 직후 초기 유리량보다 많은 양의 불소를 유리하였다. 그 양상은 초기 유리와 비슷한 양상을 보였는데 많은 양의 불소를 최초 24시간 이내에 유리하고 이후 급격히 감소하여 일정한 농도를 유지하였으며 2차, 3차 재충전 후에도 동일한 양상을 보였다. 초기 불소 유리량과 불소의 재충전 직후 유리량에서는 KF

Table 2. Initial Fluoride Release from each specimen (ppm)

Day	KF	FIX	KM	Z1
1	11.82 ± 0.25	9.69 ± 1.02	7.34 ± 1.49	2.39 ± 0.42
2	4.04 ± 0.46	2.78 ± 0.17	1.94 ± 0.13	0.02 ± 0.00
3	2.18 ± 0.21	1.59 ± 0.13	1.44 ± 0.13	0.02 ± 0.00
4	2.20 ± 0.03	1.74 ± 0.32	1.38 ± 0.14	0.03 ± 0.00
5	2.20 ± 0.04	1.84 ± 0.05	1.36 ± 0.11	0.03 ± 0.00
6	2.17 ± 0.04	1.82 ± 0.04	1.24 ± 0.06	0.02 ± 0.00
7	2.17 ± 0.05	1.80 ± 0.02	1.22 ± 0.07	0.02 ± 0.01

Table 3. Fluoride Release after recharging with 2% NaF solution (ppm)

Day	KF	FIX	KM	Z1	
1st recharging	1	9.85 ± 0.62	11.72 ± 0.74	8.51 ± 0.47	0.13 ± 0.03
	2	2.37 ± 0.16	5.14 ± 1.28	1.49 ± 0.02	0.03 ± 0.00
	3	2.29 ± 0.72	1.99 ± 0.08	1.34 ± 0.44	0.03 ± 0.00
2nd recharging	1	8.65 ± 0.47	11.01 ± 1.53	8.18 ± 0.45	0.06 ± 0.01
	2	1.72 ± 0.08	1.85 ± 0.46	1.35 ± 0.08	1.85 ± 0.00
	3	2.60 ± 0.50	2.60 ± 0.14	1.35 ± 0.12	1.79 ± 0.01
3rd recharging	1	8.77 ± 0.89	12.58 ± 0.57	8.83 ± 0.52	0.06 ± 0.01
	2	2.20 ± 0.14	2.20 ± 0.21	1.73 ± 0.10	0.04 ± 0.00
	3	1.44 ± 0.12	1.54 ± 0.30	1.29 ± 0.05	0.04 ± 0.00

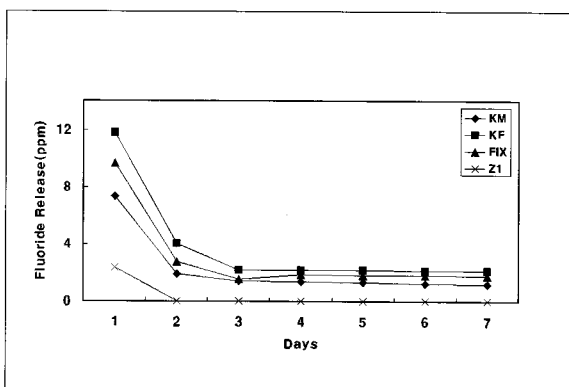


Fig. 1. Initial Fluoride release after specimen preparation.

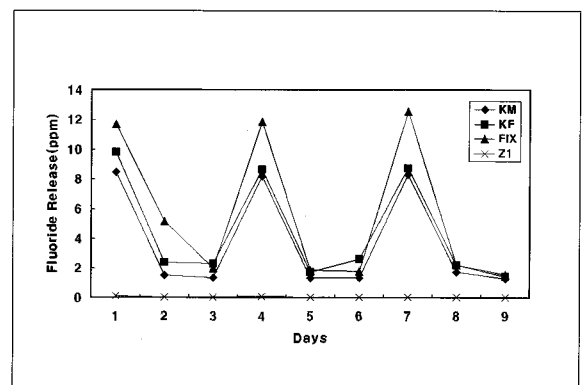


Fig. 2. Fluoride release after recharge with 2% NaF solution.

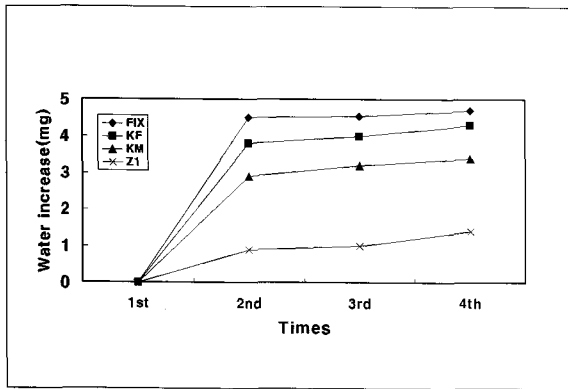


Fig. 3. Water absorption during experiment.

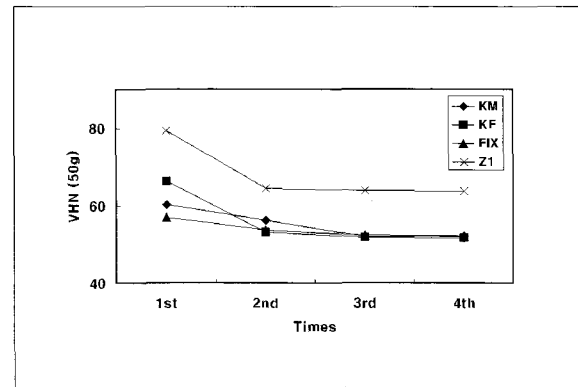


Fig. 4. The changes of surface hardness (Vicker's hardness number).

의 경우 불소의 재충전 직후 일시적인 유리량의 증가를 보였으나 최대 유리량은 초기에 비하여 감소되었다. FIX의 경우 최대 유리량은 초기 유리량보다 재충전 후 높게 나타났으며 이후 재충전에 따른 증가량은 유의성이 없었다. KM은 초기 유리와 재충전 후 유리량에서 차이가 없었다. Z1에서는 재충전 및 재유리가 나타나지 않았다.

3) 수분흡수와 표면경도 측정(Fig. 3, 4)

모든 재료에서 시간이 지날수록 수분의 흡수량이 증가하는 경향을 보이나 유의할만한 수준은 아니었으며, Vicker's 경도를 측정한 결과 FIX를 제외한 모든 재료에서 시간이 지날수록 경도가 유의하게 감소하는 경향을 보였다($P < 0.05$).

IV. 총괄 및 고찰

본 연구는 통상의 글라스 아이오노머 수복재와 최근 ART 술식에 사용하는 고점도 글라스 아이오노머 수복재의 초기 불소 유리와 재충전 후 불소 유리량을 측정하고 표면 물성의 변화를 간접적인 방법으로 비교할 목적으로 시행되었다.

ART 술식은 단면의 우식성 병소에서 연화, 감염된 상아질을 수기구(hand instrument)를 사용하여 최소한으로 제거한 후 불소를 함유한 자가중합형 재료로 수복하는 술식으로 개발도상국에서 뿐 아니라 심신 장애인 등 구강 위생관리가 힘든 환자에 유용하게 사용하고 있다¹²⁾. 이 술식에서는 최근 개발된 고점도의 글라스 아이오노머 시멘트를 사용할 것이 추천되는데 이는 이 재료의 여러 유용한 성질에 기인한다. 글라스 아이오노머 시멘트는 법랑질과 상아질에 화학적으로 결합하고 불소를 유리하므로 ART 술식 및 교합력을 받지 않은 와동의 수복에 임상적으로 널리 사용되고 있다.

이미 많은 연구들에서 글라스 아이오노머 시멘트 내에 함유된 불소가 항우식 작용이 있음을 보고한 바 있다. 글라스 아이오노머 시멘트는 수복물 주위 대략 3 mm까지 산에 대한 저항성을 가지고 있으며¹³⁾ 글라스 아이오노머 시멘트로 수복하였을

경우 우식병소 본체(body of lesion)의 깊이는 17%까지 감소하며, 글라스 아이오노머 수복물 주변의 외부 병소 깊이는 37%까지 감소될 수 있다고 보고된 바 있다¹⁴⁾.

글라스 아이오노머 시멘트가 항우식 작용을 하는 것은 불소를 유리하기 때문이다. 글라스 아이오노머 시멘트 내에서 불소는 음이온과 교환, 유리되어 인접치면의 우식 저항성을 증가시키며¹⁴⁾, 7.5 mm 떨어진 법랑질에 2,250 ppm, 백악질에 6,100 ppm까지 불소농도를 증가시킨다는 보고도 있다¹⁵⁾. 이렇게 유리된 불소는 HF 형태로 불소 이온을 유리하여 세포내 산성도를 낮추는가 하면, *S. mutans*의 대사도 방해한다^{16,17)}. 또한 법랑질의 용해성을 감소시키고, 산성화된 조건하에서 불화인회석의 형성을 도모하여 재광화를 촉진한다⁷⁾.

글라스 아이오노머 시멘트에서의 불소 유리는 불소를 함유한 글라스와 폴리산 용액을 포함한 산-염기 경화 반응 중에 이루어진다¹⁸⁾. 본 연구 결과에서 나타난 불소의 유리 양상은 Z1을 제외한 모든 글라스 아이오노머 시멘트에서 유사하였다. 첫 24시간 동안 다량의 불소가 유리되는 "burst out" 양상을 보이고 이후 점차 감소하여 일정량의 불소 농도를 유지하는 것으로 나타났다. 이는 Xu와 Burgess⁵⁾, Attar와 Onen¹⁰⁾, Suljak과 Hatibovic-Kofman¹⁹⁾, Hatibovic-Kofman 등²⁰⁾의 연구와 일치하는 결과였다.

재료간 유리량에 있어서는 다양한 차이가 나타났으며 특히 첫 24시간 동안 재료간 차이가 유의하게 나타났다. 고점도 글라스 아이오노머 시멘트의 경우 통상의 글라스 아이오노머시멘트보다 유의하게 적은 양의 불소를 방출하였는데, 이는 Gao 등²¹⁾의 연구 결과와 유사하며, 고점도의 재료가 용해성이 낮아졌기 때문인 것으로 해석된다. 또 다른 요인으로 각 재료간 불소함량의 차이와 pore 수의 차이⁵⁾, 경화 기간 중의 재료의 불안정성과 경화시간의 변위, 유리물의 빠른 감소²⁰⁾를 고려할 수 있다. 시간이 경과하면서 재료 간 불소 유리량의 차이는 점차 없어지며 긴 시간동안 일정한 농도의 불소를 유리하였다. Forsten²²⁾은 글라스 아이오노머시멘트에서 29개월이 지나도 일정량의 불소가 유리되며 적어도 2년간은 불소를 유리한다고 보고한 바 있다.

글라스 아이오노머 제재는 불소를 흡수하여 상당량을 다시 유리할 수 있는 능력을 가지고 있다. 본 연구 결과에서 나타난 재충전 후 불소의 흡수량과 유리 양상은 모든 글라스 아이오노머 시멘트에서 재충전 후 유의한 수준으로 유리량의 증가를 보였으며, 첫 24시간 동안 많은 양의 불소를 유리하고 3일 이내에 이전의 유리량과 동일한 수준으로 돌아오는 경향을 보였다. 불소의 반복적인 재충전 후에도 비슷한 양상을 보였다. Rothwell 등²³⁾은 불소 치약을 Fuji II LC, Dyract, Vitremer, Fuji IX에 적용한 결과, 불소의 재충전 후 모든 재료에서 유리량이 증가하고 이후 3일 동안 유리량이 급격히 감소하여 이전의 불소 유리 수준으로 회복하였다고 보고하였다. Hatibovic-Kofman 등²⁰⁾은 5종의 글라스 아이오노머 시멘트를 대상으로 NaF로 불소의 재충전 실험을 한 결과 모든 재료에서 재충전 후 불소의 유리량이 유의하게 증가하고 이후 5일 동안 급격히 감소하여 일정량을 유지한다고 하였다. 이러한 불소의 유리 양상은 Xu와 Burgess⁵⁾, Hatibovic-Kofman과 Suljak¹⁹⁾의 연구에서도 유사하며 본 연구와도 비슷한 결과를 보였다.

본 연구에서는 특히 불소의 반복적인 재충전의 결과, 고점도의 글라스 아이오노머 시멘트에서 불소의 유리량이 유의하게 높거나 비슷한 수준으로 나타났다. 그러나 Gao 등²¹⁾은 고점도의 글라스 아이오노머 시멘트에 1.1% NaF로 재충전하였을 경우 유의한 증가를 보이지 않았다고 하였는데, 이러한 차이는 실험에 사용한 재료의 화학적 구성의 차이, 표면 에너지, porosity의 차이¹⁹⁾ 그리고 불소 용액의 농도 차이, 시편의 노출 표면적과 실험 환경의 차이에서 비롯된 것으로 보인다.

불소의 유리와 재흡수에 관한 기전은 아직까지 명확하게 확인된 바는 없으나 Kuhn과 Wilson²⁴⁾은 surface wash off, diffusion through pores and cracks, diffusion through bulk의 세 가지 이론으로 설명한 바 있는데, 각 시편 제작 후 불소의 유리와 불소의 재흡수 후 첫 24시간동안의 불소의 유리량이 유의하게 많은 것은 'surface wash off 이론', 일정 기간 동안 일정량의 불소 유리를 유지하는 것은 'diffusion through bulk 이론', 또한 불소를 재흡수하는 동안 글라스 아이오노머 시멘트의 pore나 crack으로 불소가 스며든 후 글라스 아이오노머 시멘트 주변 불소량이 적어질 경우 불소이온이 재유리되는 가역적인 반응은 'diffusion through pores and cracks 이론'으로 설명된다고 주장한 바 있다. 본 연구의 결과에서도 또한 이러한 관점에서 불소의 유리와 재충전을 생각할 수 있으나 불소의 재충전 후 충분히 세척한 후 불소의 재유리량을 측정하였으므로 'surface wash off 이론'만으로 첫 24시간 동안의 불소 유리를 해석하는 데에는 한계가 있을 것으로 생각된다. 한편 Rothwell 등²³⁾은 그의 연구에서 bulk diffusion보다는 surface wash off에 의해 불소가 재충전되는 것이라고 하였으며 Xu와 Burgess⁵⁾는 다공성이 많은 재료일수록 많은 양의 불소를 흡수하여 유리한다고 하였다. 이는 본 연구에서 레진보다 글라스 아이오노머 시멘트에서 불소의 재충전량이 많은 것은 표면의 다공성이 큰 영향을 끼쳤음을 시사한다.

수복물은 항상 구강내의 타액에 의한 액화된 환경에 노출되므로 글라스 아이오노머 시멘트의 경우 친수성의 요소로 인하여 수분을 흡수하게 되고 수분의 흡수는 수복물의 여러 물리적인 성질의 감퇴를 초래할 수 있다. Xu와 Burgess⁵⁾은 수복재를 수분 내에 2개월 동안 보관하였을 때 강도가 48%까지 감소한다고 하였으며 Cattani-Lorente 등²⁵⁾은 수분이 글라스 아이오노머 시멘트 내로 확산되어 가소제 역할을 함으로써 굽힘 강도와 경도를 가역적으로 변화시키며, 글라스 아이오노머 시멘트의 요소를 가수분해하거나 용해시켜서 비가역적으로 변화시킨다고 하였다. 본 연구에서도 수분의 흡수와 경도 변화를 관찰한 결과, 모든 재료에서 시간이 경과할수록 수분의 흡수량이 유의한 수준은 아니었으나 다소 증가하였고, 이에 따라 F1X을 제외한 모든 재료에서 시간이 지날수록 경도가 유의하게 감소하는 경향을 보여 물성에 부정적인 영향이 있었음을 알 수 있었다. 그러나 실질적으로 구강 내에서는 타액내의 염분이나 단백질로 인해서 이러한 수분의 영향은 다소 감소될 것²⁵⁾이라는 보고가 있으므로 실제 임상에서의 적용을 위해서는 더 많은 연구가 필요한 것으로 생각되었다. 또한 본 연구 결과를 토대로 수분 흡수와 불소 유리 사이의 상관성을 볼 때 글라스 아이오노머 수복재의 불소 재충전에서 불소 유리량은 수분 흡수와 비례하며, 수분 흡수가 많을수록 재충전 후 다량의 불소를 유리되는 것으로 사료되었다.

본 연구의 결과에서 볼 수 있듯이 글라스 아이오노머 제재는 불소를 흡수하여 상당량을 다시 유리할 수 있는 능력이 있다. 이러한 연구 결과가 가지는 임상적인 의미는 글라스 아이오노머 수복재나 이장재는 불소를 오랜 기간에 걸쳐 지속적으로 유리할 수 있고, 반복 도포를 통하여 불소의 저장소 역할을 하게 되며, 우식에 저항할 수 있는 구강내 환경이 조성된다는 사실이다. 따라서 구강위생 관리가 성인에 비해 일정하지 않은 어린이 환자와 우식위험도가 높은 환자들을 대상으로 한 수복에 글라스 아이오노머 시멘트를 사용하여 불소의 효과를 최대한 이용하는 것이 바람직할 것으로 생각되었다. 추후의 연구에서는 실험실 내에서의 불소 측정이 불소 농도의 측정시기²⁶⁾, 시편의 노출 표면적²⁷⁾ 등에 의해 측정값이 영향을 받을 수 있으며 보관 용액의 종류 및 산도²⁸⁻³⁰⁾ 등에 따라 구강내의 조건과 다른 결과가 나올 수 있으므로 이러한 점을 고려하여 *in vitro*와 *in vivo*에서의 차이의 한계를 고려하여 실험을 설계하여야 할 것으로 사료되었다.

V. 결 론

본 연구는 불소 유리 수복재들의 불소 유리 양상을 비교하고 수분 흡수에 따른 수복재 표면의 변화를 관찰해 볼 목적으로, 통상의 글라스 아이오노머 시멘트와 ART 용도로 개발된 고점도 글라스 아이오노머 시멘트 및 복합 레진을 대상으로, 초기 및 2% NaF용액에 의한 불소 재충전 후의 불소 유리 양상을 비교, 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 실험 대상의 모든 글라스 아이오노머 수복재는 초기에 다량의 불소를 유리하고 이후 점차 감소하는 경향을 보였으며 이중 Ketac Fil에서 불소가 가장 많이 유리되는 것으로 나타났다.
2. 2% NaF 용액의 도포를 통한 재충전 후의 유리량은 Fuji IX, Ketac Fil, Ketac Molar, Z-100의 순으로 나타났다.
3. Fuji IX을 제외한 모든 실험 대상 수복재에서 수분의 영향으로 표면 경도는 유의하게 감소되었으며 불소 재충전 후의 유리량은 수분 흡수와 비례하여 나타났다($P<0.05$).
4. Fuji IX이 초기 유리량에 비하여 재충전 후 더 많은 불소를 유리하는 것으로 나타났다($P<0.05$).

참고문헌

1. Kidd EA, Toffenetti F, Mjor IA : Secondary caries. *Int Dent J*, 42:127-138, 1992.
2. MacInnis WA, Ismail A, Brogan H : Placement and replacement of restorations in a military population. *J Can Dent Assoc*, 57:227-231, 1991.
3. Hattab FN, Mok NY, Agnew EC : Artificially formed carieslike lesions around restorative materials. *J Am Dent Assoc*, 118:193-197, 1989.
4. 김종배, 백대일, 문혁수 등 : 임상예방치학, 2판, 이우문화사 p196, 1993.
5. Xu X, Burgess JO : Compressive strength, fluoride release and recharge of fluoride-releasing materials. *Biomaterials*, 24:2451-2461, 2003.
6. Arends J, Christoffersen J : Nature and role of loosely bound fluoride in dental caries. *J Dent Res*, 69:601-605, 1990.
7. Margolis HC, Moreno EC : Physicochemical perspective on the cariostatic mechanism of systemic and topical fluorides. *J Dent Res*, 69:606-613, 1990.
8. Ten Cate JM : In vitro studies on the effect of fluoride on de- and remineralization. *J Dent Res*, 69:614-619, 1990.
9. Featherstone JDB, Glana R, Shariati M, et al. : Dependence of in vitro demineralization of apatite and remineralization of dental enamel on fluoride concentration. *J Dent Res*, 69:620-625, 1990.
10. Attar N, Onen A : Fluoride release and uptake characteristics of aesthetic restorative materials. *J Oral Rehabil*, 29:791-798, 2002.
11. Attar N, Turgut MD : Fluoride release and uptake capacities of fluoride-releasing restorative materials. *Oper Dent*, 28:395-402, 2003.
12. Cole BO, Welbury RR : The atraumatic restorative

- treatment (ART) technique: does it have a place in everyday practice? *Dent Update*, 27:118-120, 122-123, 2000.
13. Wilson AD : The development of glass ionomer cement. *Dent update*, 4:401-412, 1977.
14. Hicks MJ, Flaitz CM, Silverstone LM : Secondary caries formation in vitro around glass ionomer restorations. *Quintessence Int*, 17:527-532, 1986.
15. Retief DH, Bradley EL, Denton JC, et al. : Enamel and cementum fluoride uptake from a glass ionomer cement. *Caries Res*, 18:250-257, 1984.
16. Seppa L, Forss H, Ogaard B : The effect of fluoride application on fluoride release and the antibacterial action of glass ionomers. *J Dent Res*, 72:1310-1314, 1993.
17. Jenkins GN : Review of fluoride research since 1959. *Arch Oral Biol*, 44:985-992, 1999.
18. Smith DC : Composition and characteristics of glass ionomer cements. *J Am Dent Assoc*, 120:20-22, 1990.
19. Suljak JP, Hatibovic-Kofman S : A fluoride release-adsorption-release system applied to fluoride-releasing restorative materials. *Quintessence Int*, 27:635-638, 1996.
20. Hatibovic-Kofman S, Koch G, Ekstrand J : Glass ionomer materials as a rechargeable fluoride-release system. *Int J Paediatr Dent*, 7:65-73, 1997.
21. 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.
22. Forsten L : Short- and long-term fluoride release from glass ionomers and other fluoride-containing filling materials *in vitro*. *Scand J Dent Res*, 98:179-185, 1990.
23. 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.
24. Kuhn AT, Wilson AD : The dissolution mechanisms of silicate and glass-ionomer dental cements. *Biomaterials*, 6:378-82, 1985.
25. Cattani-Lorente MA, Dupuis V, Payan J, et al. : Effect of water on the physical properties of resin-modified glass ionomer cements. *Dent Mater*, 15:71-78, 1999.
26. Kupietzky A, Houpt M, Mellberg J, et al. : Fluoride exchange from glass ionomer preventative resin restorations. *Pediatr Dent*, 16:340-345, 1994.

27. Fukazawa SK, Soda KG : Mechanism of erosion for GIC in an acidic buffer solution. *J Dent Res*, 66: 1770-1774, 1987.
28. Glockman E, Sigusch B, Gehroldt C, et al. : Fluoride release of different types of glass ionomer cements. *J Dent Res*, 76:316, 1997.
29. Viera AR, de Souza IP, Modesto A : Fluoride uptake and release by composites and glass ionomers in a high caries challenge situation. *Am J Dent*, 12:14-18, 1999.
30. El Mallakh BF, Sarkar NK : Fluoride release from glass-ionomer cements in de-ionized water and artificial saliva. *Dent Mater*, 6:118-122, 1990.

Abstract

FLUORIDE RELEASE AND RECHARGE OF GLASS IONOMER CEMENTS

Ik-Hyun Bae, Jae-Moon Kim, Tae-Sung Jeong, Shin Kim

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Pusan National University

The replacement of dental restorations due to secondary caries is a continuing problem in restorative dentistry. The secondary caries can be partly prevented by using fluoride containing dental materials such as glass ionomer cement, which releases and be recharged with fluoride ion acting as a fluoride reservoir.

For the purpose of investigating the behaviors of fluoride release and recharge of conventional and high viscosity glass ionomer cements, the experiment was performed on the seven specimens each from 4 kinds of materials : 1 kind of conventional glass ionomer cement, 2 kinds of high viscosity glass ionomer cements and 1 kind of composite resin. The amount of fluoride release was measured over 7 days with pH/ion meter and fluoride specific electrode. After measuring daily fluoride release, the specimens were recharged with 2% NaF solutions for 4 minutes and measured for 3 days with recharging repeated two consecutive times. The results were as follows :

1. Significantly more fluoride was released at first day after recharge in all materials except Z-100.
2. High viscosity glass ionomer cements released more or nearly equal amount of fluoride after recharge compared with the initial release($P<0.05$).
3. The fluoride release after recharge with 2% NaF solution was in order of Fuji IX, Ketac Fil, Ketac Molar, Z-100.

Key words : Glass ionomer, Fluoride, Recharge, Vicker's hardness, Water absorption