J Korean Acad Pediatr Dent 43(3) 2016
ISSN (print) 1226-8496 ISSN (online) 2288-3819
http://dx.doi.org/10.5933/JKAPD.2016.43.3.292

Fluoride Release and Compressive Strength of Several Giomers

Jieun Kang, Seunghoon Yoo, Jongbin Kim, Jongsoo Kim

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Dankook University

Abstract

The aim of this study was to compare the compressive strength and amount of fluoride-release of recently developed giomers (Beautifil Flow Plus F00, Beautifil Flow Plus F03), conventional giomer, resin-modified glass ionomer and composite resin.

Fifteen cylindrical specimens for each group were prepared to measure fluoride release. It was measured using pH/ISE meter and fluoride ion electrode every 24 hours for the first 7 days and every 72 hours until the 31st day. Also, fifteen cylindrical specimens for each group after thermocycling were prepared to measure compressive strength. The universal testing machine (Kyung-sung Testing Machine Co., Korea) was used and the crosshead speed was 1 mm/min.

Recently developed giomers showed more fluoride release and higher compressive strength than conventional giomer. It would be a good alternative to composite resin.

Key words : Giomer, Compressive strength, Fluoride release

Ⅰ. 서 론

치아우식증 치료 시 적절한 재료를 선택하는 것은 치아의 예후에 중요한 영향을 미친다. 특히 소아 환자는 우식 활성도가 높고 구강 위생 관리 능력이 부족하기 때문에 이차 우식의 발생 빈도가 높아 더 신중한 재료 선택이 요구된다[1,2].

불소 유리가 가능한 수복재는 치아의 탈회를 막고 법랑질을 재광화시키며, 이차 우식을 예방한다[1,3-5]. 따라서 우식 활성도가 높은 소아 환자의 치아우식증 치료시 불소의 유리가 가능한 재료를 사용함으로써 이차 우식에 저항성을 갖도록 할 수 있다. 불소를 유리하며 일정한 강도를 가지는 수복재를 개발하려는 노력들이 지속되어 왔다[1,5,6].

불소를 유리하는 대표적인 수복재로 글라스아이오노머 시멘트가 있으며 구강 내에서 불소를 유리하고 재충전 할 수 있는 장점을 지니지만 용해도가 높고, 복합 레진에 비해 강도가 약하며 수분에 취약한 한계가 있다[7]. 이러한 단점을 극복하기 위해 불소 유리 능력은 유지하며 강도를 개선한 콤포머가 개발되었다. 하지만 심미성과 조작성은 우수한 반면, 복합 레진에 비해 물리적 성질이 떨어지고 불소 유리량이 글라스아이오노머에 비해 현저히 적은 것으로 보고되었다[8].

자이오머(Giomer)는 Glass ionomer와 polymer의 합성어로 Fluoro-aluminosilicate glass filler와 폴리아크릴산 사이의 산-염기 반응을 통해 만들어진 수화 실리카겔을 동결 건조 처리하고 가공하여 실란처리 후 PRG 필러를 만들어 이를 레진 기질 내에 포함시켜 제조한다[9]. 이렇게 만들어진 자이오머는 지속적인 불소 유리와 재흡수가 가능하고 심미적이며 물리적 성질이 우수하다고 알려졌다[10,11].

최근 개발된 유동성 자이오머(Beautifil Flow Plus)는 기존

Corresponding author : Jongsoo Kim
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:+82-41-551-1935 / E-mail : jskim@dku.edu
Received November 25, 2015 / Revised December 11, 2015 / Accepted December 11, 2015

의 자이오머에 비해 강도, 내구성, 심미성이 향상되어 모든 종류의 와동 수복 시 사용할 수 있다고 소개된 바 본 연구에서는 기존 임상에서 널리 쓰이고 있는 유동성 복합레진과 광중합형 글라스아이오노머 그리고 기존의 자이오머와 최근에 새로 출시된 자이오머의 압축 강도와 불소 유리량을 측정하고 비교하여 수복재로서의 효용성을 평가해보고자 하였다.

Ⅱ. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

유동성 자이오머 Beautifil Flow Plus F00을 I군(Beautifil Flow Plus F00, Shofu Inc., Kyoto, Japan), Beautifil Flow Plus F03을 II군(Beautifil Flow Plus F00, Shofu Inc., Kyoto, Japan), Beautifil Flow F10을 III군(Beautifil Flow F10, Shofu Inc., Kyoto, Japan), 레진 강화형 글라스아이오노머 수복재 Fuji II LC Improved(GC Co., Japan)를 IV군으로 설정하고 유동성 복합레진(Filtek™ Z350XT, 3M ESPE, USA)을 대조군인 V군으로 설정하였다(Table 1).

광중합기는 Elipar FreeLight 2 LED curing light(3M ESPE, USA)를 이용하였고, 일정한 광도 유지를 위해 Radiometer(Dent-America, USA)를 이용하여 10회 광중합마다 광량을 재확인하였다.

2. 연구 방법

1) 불소 유리량 평가

(1) 시편 제작

시편 제작을 위해 내경 6 mm, 높이 1 mm인 아크릴 주형에 실험 재료를 채우고 주형의 상, 하면에 마일라 스트립(mylar strip)을 개재한 후 압력을 가해 과잉 재료를 제거하였다. 그 후 상, 하면에 각각 20초씩 광중합을 시행하여 각 군당 15개의 시편을 제작하였다.

Table 1. Sample distribution and properties

Group	Material	Product	Composition	Manufacturer
I	Giomer	Beautifil Flow Plus F00	Bis-GMA TEGDMA S-PRG filler based on fluoroboroaluminosilicate glass Polymerization initiator Pigments and others	Shofu Inc., Japan
II	Giomer	Beautifil Flow Plus F03	Bis-GMA TEGDMA Multi-functional glass filler S-PRG filler based on fluoroboroaluminosilicate glass	Shofu Inc., Japan
III	Giomer	Beautifil Flow F10	Bis-GMA TEGDMA Multi-functional glass filler Improved S-PRG filler based on fluoro-boroaluminosilicate glass	Shofu Inc., Japan
IV	Resin-modified glass-ionomer	GC Fuji II LC Improved	Alumino silicate glass Distilled water Polyacrylic acid 2-Hydroxyethylmethacrylate Urethanedimethacrylate Camphorquinone	GC Co., Japan
V	Composite resin	FiltekTM Z350 XT	Bis-GMA UDMA TEGDMA Bis-EMA Silica filler Zirconia filler Zirconia/silica cluster filler	3M ESPE, USA

(2) 불소 유리량 측정

pH/ISE meter(750P, Istek, Korea)에 불소 전극(Fluoride ion electrode, Istek, Korea)을 연결하여 시편으로부터 용출된 불소 이온 농도를 측정하였다. 측정하기 전 0.1 ppm, 1 ppm, 10 ppm 불소 표준 용액(Fluoride standard solution, Istek, Korea)으로 농도 보정을 시행하고 시편으로부터 유리된 불소 이온이 담겨있는 용액에 동량의 TISAB II (Total Ionic Strength Adjuster Buffer, Istek, Korea) 용액을 첨가하여 용액을 안정화시킨 후 불소 이온 농도를 측정하였다. 처음 7일간은 매 24시간 마다 불소 유리량을 측정하고 그 후 31일까지는 72시간마다 한번씩 측정하여 그 값을 3으로 나누었다.

2) 압축 강도 평가

(1) 시편 제작

시편 제작을 위해 내경 3 mm, 높이 4 mm인 아크릴 주형에 실험 재료를 채우고 주형의 상, 하면에 마일라 스트립(mylar strip)을 개재한 후 압력을 가해 과잉 재료를 제거하였다. 그 후 상, 하면에 각각 20 초씩 광중합을 시행하여 각 군당 15개의 시편을 제작하였다.

(2) 열순환

열순환기(Thermocycling machine, 東京技研, Japan)의 수조의 온도를 5℃와 55℃로 설정하고 수중 침적시간 30초, 계류시간 10초로 설정하여 열순환을 5000회 시행하였다.

(3) 압축 강도 시험

만능 시험기(Kyung-Sung Testing Machine Co., Korea)를 이용하여 1 mm/min의 속도로 압축 하중을 가하여 시편이 파절된 시점의 최대값을 기록하였다. 그 후 시편이 파절된 시점의 강도(kgf)를 시편의 단면적(cm^2)으로 나누어 단위면적당 압축 강도인 MPa로 환산하였다.

3) 통계 분석

측정된 압축 강도와 불소 유리량을 SPSS 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, U.S.A.) 프로그램을 이용하여 통계처리하였다. 유의 수준은 0.05로 설정하였고 각 군 간의 불소 유리량과 압축 강도를 비교하기 위하여 비모수 통계방법인 Kruskal-Wallis Test, Mann-Whitney Test를 시행하였다.

Ⅲ. 연구 성적

1. 불소 유리량 측정 결과

대조군을 제외한 모든 실험군에서 첫 24시간 동안 가장 많은 양의 불소가 유리되었고 그 이후 점차적으로 감소하여 6일째 이후로는 변화량이 크지 않았다(Fig. 1). 31일 동안의 누적 불소 유리량을 보면 IV군의 불소 유리량이 15.71 ppm으로 가장 많았으며 이는 다른 자이오머 수복재와는 통계학적 유의한 차이를 나타냈다. 자이오머 내에서는 최근 개발된 I군과 II군이 각각 1.28 ppm과 1.24 ppm으로 이전에 개발된 III군의 0.98 ppm 비해 통계학적 유의한 차이를 나타내며($p < 0.05$) 많은 불소 유리량을 나타냈다(Table 2). 31일까지의 누적 불소 유리량을 Figure 2에 그래프로 표현하였다.

Table 2. Cumulative fluoride release of each group for 31 days

Group	Cumulative Fluoride Release (ppm, Mean ± SD)
I	1.28 ± 0.16[a]
II	1.24 ± 0.19[a]
III	0.98 ± 0.11[b]
IV	15.71 ± 0.71[c]
V	0 ± 0[d]

Kruskal-Wallis Test, Mann-Whitney Test

a,b,c: The same character means no statistical difference ($p > 0.05$)

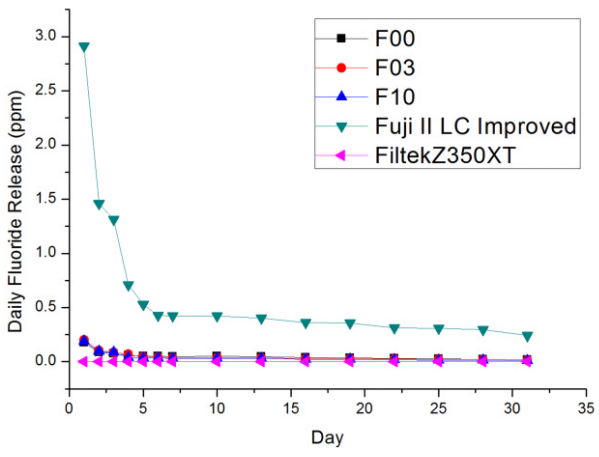

Fig. 1. Daily fluoride release for 31 days.

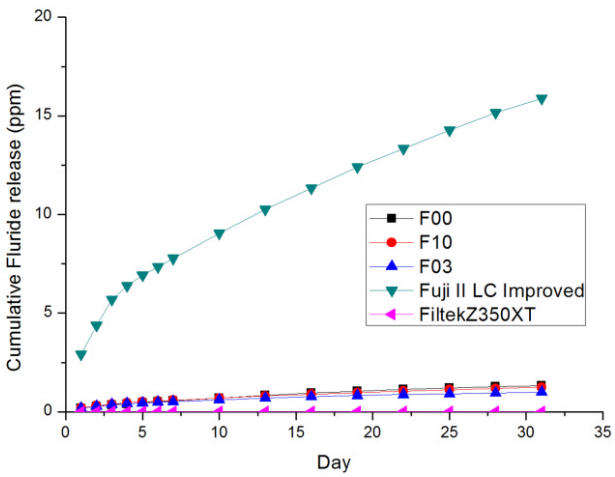

Fig. 2. Cumulative fluoride release for 31 days.

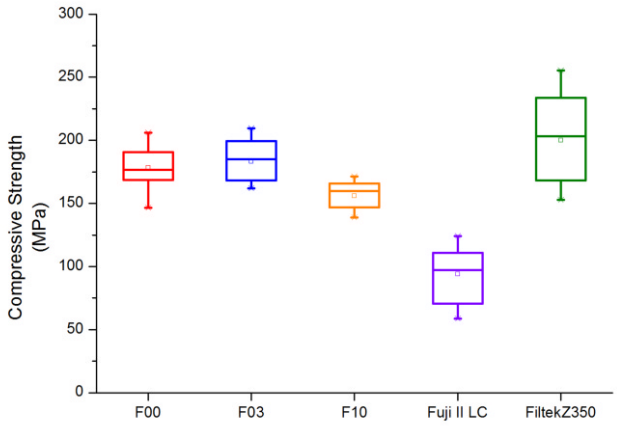

Fig. 3. Comparison of compressive strength after thermocycling.

Table 3. The compressive strength of each group after thermocycling

Group	Compressive Strength (MPa, Mean ± SD)
I	178.49 ± 15.82[a]
II	183.17 ± 15.98[a]
III	156.16 ± 11.07[b]
IV	94.08 ± 20.37[c]
V	200.15 ± 32.78[a]

Kruskal-Wallis Test, Mann-Whitney Test

a,b,c: The same character means no statistical difference ($p > 0.05$)

2. 압축 강도 측정 결과

각 군의 압축 강도 측정 결과를 Table 3과 Figure 3에 나타내었다. V군이 가장 높은 압축 강도를 보였고, II군, I군, III군, IV군 순으로 높은 압축 강도를 보였다. V군, II군, I군 사이에는 통계학적 유의차가 없었지만($p > 0.05$), Ⅳ군은 다른 모든 군에 비해 통계적으로 유의하게 낮은 압축 강도를 기록하였다($p < 0.05$).

Ⅳ. 총괄 및 고찰

구강 내 수복물 실패의 가장 큰 원인 중 하나는 이차 우식이며 특히 우식 활성도가 높은 소아환자에게서 그 빈도가 더 높다[3,12]. 이러한 이차 우식을 예방하기 위한 불소 유리 수복재의 개발을 위한 많은 시도와 연구들이 있어왔다.

불소의 치아 우식 예방효과에 관한 몇 가지 이론들이 존재하는데 그 중 첫 번째는 불소가 칼슘과 인의 재침착을 유도하여 치태나 타액으로 칼슘과 인이 유리되지 않도록 하여 치아의 탈회를 막아 우식 예방 효과를 나타낼 수 있다는 것이다[1,3]. Tantbirojn 등[13]은 레진 강화형 글라스아이오노머로 수복했을 경우 수복물 변연으로부터 7.0 mm의 거리에서 탈회를 억제하는 효과가 나타났으며 1.0 mm의 거리 내에서 더 강한 탈회 억제 효과를 발견할 수 있었다고 보고하였고, Dijkman 등[14]은 불소 유리량이 많아질수록 법랑질의 탈회가 감소하며 1개월간 200~300 ㎍/cm^{2}의 불소 유리를 통해 이차 우식 발생을 완전히 막을 수 있다고 하였다. 두 번째는 세균의 해당 과정에서 enolase와 proton-extruding ATPase를 억제하여 세균의 대사를 방해하고 세균의 군락화를 막아 우식 예방에 기여한다는 것이다[1,3,15]. 이러한 살균 효과를 나타낼 수 있는 불소 농도에 관해서는 논란이 있는데 DeSchepper 등[16]은 20 ppm 이상의 농도와 pH 5 이하인 환경에서 직접적인 살균 효과를 나타낼 수 있다고 하였고 불화 나트륨 100~200 ㎍/mL 농도가 streptococci의 성장을 억제할 수 있는 최소 농도이며 살균을 위해서는 30배 정도의 더 높은 농도가 필요하다는 연구도 있다[17]. 하지만 실제 불소 유리 수복재의 불소 유리 양상은 처음에 가장 많은 양의 불소를 방출하고 그 후 첫 3일동안 급격하게 유리량이 줄어드는 과정을 거치며 이후에는 상대적으로 저농도의 불소를 오랜 시간동안 방출하는 양상을 보인다[14]. 이러한 'burst effect'를 통해 수복 직후에는 살균 효과를 기대할 수 있지만 장기간의 적은 양의 불소 유리로는 이차 우식을 예방할 수 있는 효과를 기대하기 어렵다[14].

그러나 Itota 등[10]은 자이오머, 콤포머, 레진 강화형 글라스아이오노머 등의 수복재는 주위의 불소 농도가 높을 때 이를 재충전하여 불소 농도가 낮을 때 다시 유리하는 능력을 가지고 있으며 그 중 자이오머가 다른 재료에 비해 유의하게 더 많은 불소 유리를 나타내었다고 보고하였다. 또한 총 불소 유리량이 많기 때문에 장기적으로 우식 예방 효과를 나타낼 수 있고 이러한 특성으로 인해 재료의 선택 기준에 있어 중요한 요인이 될 것이라고 하였다.

자이오머는 가장 최근에 개발된 하이브리드 레진계 수복재로 'pre-reacted 글라스아이오노머'라고도 알려져있다[5,9]. PRG 필러 기술을 이용하여 레진 기질에 필러를 함유시킴으로써 복합 레진의 강도와 심미성을 갖추도록 고안되었으며, 불소 유리능 뿐만 아니라 불소 재충전 능력도 가지고 있다[3,10,12,18]. 자이오머의 기질의 주성분은 Bis-GMA와 TEGDMA로 여기에 UDMA, Bis-EMA 등이 기질로 첨가된 복합 레진에 비해 더 많은 수분을 흡수할 수 있으며 광범위한 산-염기 반응을 통해 glass 필러 주위에 넓은 범위의 수화층이 형성되어 불소의 유리와 재충전이 용이한 장점이 있다[10,19,20].

Gordan 등[21]은 자이오머 수복물의 13년 후 임상적 평가에 관한 연구에서 대부분의 자이오머 수복물이 건전하게 유지되었으며, S-PRG 필러의 효과 때문일 것이라고 보고했으며 Sunico 등[22]은 자이오머로 수복한 1급 및 5급 와동 수복물의 2년 후 임상 검사를 시행하여 80% 성공률을 보고하였다.

김 등[12]은 자이오머, 레진 강화형 글라스아이오노머, 콤포머, 복합 레진의 우식억제 효과와 주변 치질로의 불소침투 양상을 비교하여 자이오머가 레진 강화형 글라스아이오노머나 콤포머에 비해 탈회 억제 효과와 불소 침투 양상에서 우식 예방 효과

가 더 뛰어난 것으로 보고하였다. 하지만 본 연구에서는 수복물의 불소 유리량을 측정하였고 레진 강화형 글라스 아이오노머가 다른 수복재에 비해 통계적으로 유의하게 더 많은 불소를 유리하였다.

레진 계열의 수복재는 수분 흡수로 인해 기질의 가소성이 증가하고 실란 결합이 가수분해되어 강도가 저하될 수 있다. 따라서 레진 계열의 수복재의 강도 평가시 구강 내 액상 환경을 재현하는 것이 필요하다. 이번 연구에서는 압축 강도를 측정하기 이전에 구강 내의 액상 환경과 온도 변화를 반영하기 위해 5℃와 55℃로 온도를 설정하여 열순환을 시행하였다. 이는 약 6개월 동안의 구강 환경의 온도 변화를 반영한 것이다[5,23-25].

전통적인 글라스아이오노머는 물리적 성질이 낮아 그 사용이 제한적이다[26]. 본 연구에서 자이오머 계열이 레진 강화형 글라스아이오노머에 비해 약 2배 정도의 높은 압축 강도를 나타내었으며 복합 레진에 비해서는 낮은 결과가 나타났으나 복합 레진과 자이오머 사이에 통계학적 유의성은 없었다. 최근 새로 개발된 자이오머인 Beautifil Flow Plus F00과 Beautifil Flow Plus F03은 기존의 자이오머인 Beautifil Flow F10에 비해 높은 압축 강도를 나타냈다. 기존의 자이오머에 비해 압축 강도가 향상된 것은 필러의 함량이 높아지고 Bis-GMA의 함량은 낮아져[27] 물리적 성질이 개선되었기 때문인 것으로 사료된다.

본 연구에서 31일간의 누적 불소 유리량을 비교하면 Beautifil Flow Plus의 불소 유리량은 Beautifil Flow 보다 통계적으로 유의하게 높았다. 평균 필러 입자의 크기는 0.8 ㎛로 동일하면서 필러의 양이 증가했기 때문인 것으로 사료된다.

따라서 최근 개발된 Beautifil Flow Plus는 행동 조절이 어렵고 빠른 시간 안에 치료를 해야하는 소아환자에 있어서 복합 레진 정도의 강도를 보이며 불소를 유리하고 재충전하는 특징을 가지기 때문에 수복 치료 시 유용할 것으로 사료된다.

본 연구의 한계점은 불소 유리 관찰 기간이 31일로 비교적 짧아서 장기간의 불소 유리 양상을 관찰할 수 없었다는 점과 자이오머의 불소 재충전 양상을 파악하지 못했다는 점이다. 따라서 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Ⅴ. 결 론

자이오머를 포함하여 현재 임상에서 널리 쓰이고 있는 수종의 수복재의 불소 유리 양상과 열순환 후 압축 강도를 평가하였을 때, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

대조군인 복합 레진을 제외한 모든 군에서 불소 유리량은 첫 24시간 동안 가장 높게 측정되었고 이후 점차 감소하는 양상을 보여 약 6일 이후부터 31일까지 낮은 농도의 불소를 지속적으로 유리하였다.

31일간의 누적 불소 유리량을 비교하였을 때, 레진 강화형 글라스아이오노머가 가장 높은 불소 유리량을 보였으며($p < 0.05$), 자이오머인 Beautifil Flow Plus F00, Beautifil Flow Plus F03, Beautifil Flow F10 순으로 높은 불소 유리량을 보였다. Beautifil Flow Plus와 Beautifil Flow 간 불소 유리량의 차이는 통계적으로 유의하였다($p < 0.05$). 대조군인 복합 레진은 연구 기간 동안 불소가 유리되지 않았다.

열순환 후 압축 강도는 복합 레진에서 가장 높게 나타났으며, Beautifil Flow Plus F03, Beautifil Flow Plus F00, Beautifil Flow F10 순으로 높게 측정되었다. 복합 레진과 Beautifil Flow Plus는 통계적으로 유의한 차이가 없었으며($p > 0.05$), Beautifil Flow Plus와 Beautifil Flow는 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.05$). 레진 강화형 글라스아이오노머는 가장 낮은 압축 강도를 나타냈다($p < 0.05$).

최근 개발되어 출시된 자이오머는 기존의 자이오머에 비해 불소 유리량은 유의하게 많아졌으며 압축 강도도 개선되어 복합 레진과 비교하여 통계적 유의 차가 없는 것으로 나타나 임상적 가치가 높은 것으로 사료된다.

References

1. Korean Academy of pediatric dentistry : Pediatric, adolescent dentistry. 5th ed. 278, 350-354, 2014.
2. Valpio M : Clinical aspects of restorative treatment in the primary dentition. *Swed Dent J Suppl,* 96:1-47, 1993.
3. 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.
4. Park JY, Kim JS, Kim SO : Comparative study on the fluoride release and compressive strength of several F-containing restorative materials. *J Korean Acad Pediatr Dent,* 35:469-476, 2008.
5. Yoon M, Kim JS, Yoo SH : Changes of compressive strength and microhardness of composite resin, giomer and compomer after thermocycling treatment. *J Korean Acad Pediatr Dent,* 37:438-444, 2010.
6. Abdel-karim UM, El-Eraky M, Etman WM : Three-year clinical evaluation of two nano-hybrid giomer restorative composites. *Tanta Dental Journal,* 11:213-222, 2014.
7. Um CM, Oilo G : The effect of early water contact on glass-ionomer cements. *Quintessence Int,* 23:209-214, 1992.
8. 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.
9. Gonulol N, Ozer S, Sen Tunc E : Water Sorption, Solubility, and Color Stability of Giomer

Restoratives. *J Esthet Restor Dent,* doi: 10.1111/jerd.12119, 2014.
10. Itota T, Carrick TE, Yoshiyama M, McCabe JF : Fluoride release and recharge in giomer, compomer and resin composite. *Dent Mater,* 20:789-795, 2004.
11. Roberts TA, Miyai K, Ikemura K, *et al.* : Fluoride ion sustained release preformed glass ionomer filler and dental compositions containing the same. *Unitied States Patent* No. 5,883,153;1999.
12. Kim SY, Choi SC Park JH, *et al.* : In vitro study of demineralization inhibition effect and fluoride uptake into adjacent teeth of light-cured fluoride-releasing restoratives. *J Korean Acad Pediatr Dent,* 37:288-297, 2010.
13. 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.
14. Dijkman GE, de Vries J, Lodding A, Arends J : Long-term fluoride release of visible light-activated composites in vitro: a correlation with in situ demineralisation data. *Caries Res,* 27:117-123, 1993.
15. Ikemura K, Tay FR, Endo T, Pashley DH : A review of chemical-approach and ultramorphological studies on the development of fluoride-releasing dental adhesives comprising new pre-reacted glass ionomer (PRG) fillers. *Dent Mater J,* 27:315-339, 2008.
16. DeSchepper EJ, White RR, von der Lehr W : Antibacterial effects of glass ionomers. *Am J Dent,* 2:51-56, 1989.
17. Xu X, Burgess JO : Compressive strength, fluoride release and recharge of fluoride-releasing materials. *Biomaterials,* 24:2451-2461, 2003.
18. Kim JS : Comparison of compressive strength and surface microhardness between flowable composite resin and giomer. *J Korean Acad Pediatr Dent,* 39:383-388, 2012.
19. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G : Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials,* 24:655-665, 2003.
20. Williams JA, Billington RW : Increase in compressive strength of glass ionomer restorative materials with respect to time: a guide to their suitability for use in posterior primary dentition. *J Oral Rehabil,* 16:475-479, 1989.
21. Gordan VV, Blaser PK, Riley JL 3rd, *et al.* : A clinical evaluation of a giomer restorative system containing surface prereacted glass ionomer filler: results from a 13-year recall examination. *J Am Dent Assoc,* 145:1036-1043, 2014.
22. Sunico MC, Shinkai K, Katoh Y : Two-year clinical performance of occlusal and cervical giomer restorations. *Oper Dent,* 30:282-289, 2005.
23. Gale MS, Darvell BW : Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent,* 27:89-99, 1999.
24. Ernst CP, Canbek K, Euler T, Willershausen B : In vivo validation of the historical in vitro thermocycling temperature range for dental materials testing. *Clin Oral Investig,* 8:130-138, 2004.
25. Indrani DJ, Cook WD, Harcourt JK, *et al.* : Fracture toughness of water-aged resin composite restorative materials. *Dent Mater,* 11:201-207, 1995.
26. Donly KJ, Segura A, Kanellis M, Erickson RL : Clinical performance and caries inhibition of resin-modified glass ionomer cement and amalgam restorations. *J Am Dent Assoc,* 130:1459-1466, 1999.
27. TIAN F, Yap AU, Wang X, Gao X : Effect of staining solutions on color of pre-reacted glass-ionomer containing composites. *Dent Mater J,* 31:384-388, 2012.

국문초록

수종의 자이오머의 불소 유리량과 압축 강도 평가

강지은 · 유승훈 · 김종빈 · 김종수

단국대학교 치과대학 소아치과학교실

본 연구의 목적은 최근 개발된 두 종류의 자이오머(Beautifil Flow Plus F00, Beautifil Flow Plus F03)의 불소유리량과 열순환 후 압축강도를 기존의 자이오머, 레진 강화형 글라스아이오노머, 복합 레진과 비교하여 평가하는 것이다.

불소 유리량 측정을 위해 군별로 15개씩의 시편을 제작하여 31일간 pH/ISE meter를 이용하여 불소 농도를 측정하였고 압축 강도 측정을 위해 군별로 15개씩의 시편을 제작하여 열 순환 후 만능 경성 시험기를 이용하여 시편이 파절된 시점의 최대강도를 측정하였다.

최근 개발되어 출시된 자이오머는 기존의 자이오머에 비해 불소 유리량은 유의하게 증가하였다. 압축 강도도 개선되었으며, 복합 레진과 비교하여 통계적 유의 차가 없는 것으로 나타나 임상적 가치가 높은 것으로 사료되었다.

주요어: 자이오머, 압축 강도, 불소 유리