

Fluoride Release of Giomer and Compomer Through the Dental Adhesive Layer

Minseon Hwang, Howon Park, Juhyun Lee, Hyunwoo Seo

Department of Pediatric Dentistry, Oral Science Research Center, College of Dentistry, Gangneung-Wonju National University

Abstract

The aim of this study was to investigate and compare fluoride release of giomer (Beautiful Injectable), compomer (Dyract® XP), and composite resin (Filtek™ Z350XT) through adhesive (Scotchbond Multi-Purpose) layer.

A total of 20 cylindrical specimens (7 mm in diameter and 2 mm in thickness) of giomer, compomer and composite resin were prepared according to the manufacturers' instruction (10 with adhesive and 10 without adhesive). These specimens were immersed individually in 2 mL of deionized water at 37°C. The amount of fluoride release was measured on the 1st, 3rd, 7th, 14th, 21st, and 28th day. To confirm uniform application of the adhesive layer, additional 18 specimens with adhesive were prepared and evaluated by scanning electron microscope.

The giomer and compomer groups with adhesive applied showed no fluoride release until the 3rd day. However, from the 7th day, fluoride was detected. The application of dentin adhesive did not completely prevent fluoride release from giomer or compomer. Fluoride release was significantly ($p < 0.05$) reduced through the adhesive layer. The reduction of fluoride release was more remarkable on the giomer.

Key words : Fluoride, Dental adhesive, Giomer, Compomer

I. 서 론

불소는 탈회된 치아 경조직의 재광화를 촉진하고 치아의 내산성을 증가시키며, 미생물의 대사와 성장을 방해하고 세균막의 발육을 저하하는 등 다양한 기전으로 항우식 효과를 나타낸다 [1,2]. 이러한 불소의 효과를 치아 수복물을 통해 얻고자 불소를 방출하는 여러 수복재가 개발되었다. 가장 초기에 개발된 글라스아이오노머는 느린 경화 반응, 경화 초기의 수분 민감성, 낮은 물성 및 높은 용해도 등의 단점을 보였다[3]. 이러한 단점을 개선하기 위해 복합레진의 특성을 결합한 레진강화형글라스아이오노머, 컴포머 등의 재료가 개발되었다. 레진강화형글라스아이오노머는 경화 초기의 수분 민감성을 극복하였고 치질과의 결합

능력 및 높은 불소 유리능을 유지하였으나 표면활택도와 물리적 성질이 여전히 불량하였다[4]. 레진강화형글라스아이오노머보다 복합레진과 더 유사한 컴포머는 저농도의 불소를 지속적으로 유리하지만 기대와는 달리 부족한 파절 강도와 전단 강도를 보이는 등 임상적 활용에 제한이 있었다[5,6]. 최근에는 불소 유리 및 재충전능을 가지는 pre-reacted glass ionomer (PRG) 필러를 함유한 광중합 레진 제제인 자이오머(Giomer)가 개발되었고 복합레진과 견줄 만한 물성을 가진다고 보고되었다[7,8].

불소 유리 수복재의 노출된 표면에서 외부로 유리되는 불소는 인접 치질에 작용하여 항우식 효과를 보이고 타액의 불소농도를 높여 우식의 예방에 도움을 준다[9,10]. 와동의 내부, 즉 접촉된 치질에 유리되는 불소 역시 상아질로 침투하여 상아질의 광화를

Corresponding author : Howon Park

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Gangneung-Wonju National University, 7 Jukheon-gil, Gangneung, 25457, Korea

Tel: +82-33-640-2464 / Fax: +82-33-640-3113 / E-mail: pedo@gwnu.ac.kr

Received September 12, 2016 / Revised October 27, 2016 / Accepted October 18, 2016

증가시켜 이차 우식에 대한 저항성을 높일 수 있으며, 잔존 우식 병소의 재광화에 도움을 줄 수 있다[11,12].

전통적인 글라스아이오노머나 레진강화형글라스아이오노머는 치질과 화학적 결합을 하므로 치질에 직접적인 불소 전달이 가능하다. 그러나 컴포머나 자이오머는 치질과의 접착을 위해 레진을 이용한 접착 시스템이 필요하므로 치질과 수복물 사이에 접착층(Adhesive layer)이 존재한다.

치아의 와동에 접착제를 사용하여 레진강화형글라스아이오노머, 컴포머, 자이오머를 접착한 후 내부 상아질 성분을 분석한 결과 불소가 검출되었으며, 이를 바탕으로 접착층을 통해 상아질로 유리된 불소를 간접적으로 확인할 수 있었다[13]. 그러나 불소 유리 수복재료부터 접착층을 투과하여 유리되는 불소를 직접적으로 평가한 연구는 드물며, 아직 자이오머에 대한 연구는 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 자이오머와 컴포머의 접착층을 통한 불소의 유리를 평가하고 비교하고자 하였다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

자이오머와 컴포머는 각각 Beautifil Injectable (Shofu Inc., Kyoto, Japan), Dyract[®] XP (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany)를 사용하였으며, 대조군으로서 불소 미함유 복합레진인 Filtek[™] Z350XT (3M Dental Products, St. Paul, MN, USA)를 사용하였고, 접착제는 불소 미함유 4세대 접착제인 Scotchbond Multi-Purpose (3M Dental Products, St. Paul, MN, USA) adhesive를 선택하였다. 각 재료의 성분은 Table 1에 나타내었다. 자이오머, 컴포머, 복합레진 그룹은 각각 BI, XP, Z 군이라 명명하였

고, 각 시편에 접착제를 적용한 그룹은 BI-AD, XP-AD, Z-AD 군이라 명명하였다. 각 군당 10개씩 총 60개의 시편을 제작하였다.

2. 연구 방법

1) 시편 제작

내경 7 mm, 높이 2 mm인 금속 주형과 편평한 유리판 사이에 마일라 스트립(Mylar strip)을 개재한 후, 주형 내부에 각 재료를 충전하였다. 충전된 재료 위에 마일라 스트립을 개재한 후 편평한 유리판을 압력을 가하며 눌러 편평한 표면을 형성하였다. 상, 하면에 각각 20초씩 광중합을 시행하였다.

광중합기는 LED 중합기인 Bluephase[®] (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)를 사용하였으며, 일정한 광도를 확인하기 위하여 라디오미터(LED RADIOMETER, Shenghua Industry Co., Ltd., China)를 사용하였다. 10회마다 한 번씩 측정하여 1200 mW/cm² 광량을 확인하였다.

시편은 주형에서 분리하여 군에 따라 접착제를 도포한 뒤 2 mL 탈이온수가 들어있는 폴리에틸렌 튜브에 넣어 37°C 항온기에 연구 기간 동안 보관하였다.

2) 접착제 도포

BI-AD, XP-AD, Z-AD군은 시편을 제작한 직후 접착제를 적용하였다. 균일한 접착층을 형성하기 위해 접착제 필름을 형성한 이전의 실험방법을 변형하여 사용하였다[14,15]. 시편의 상면에 마이크로 피펫을 사용하여 15 µL의 접착제를 떨어뜨렸다(Fig. 1A). 그 후 마일라 스트립을 올려놓아 접착제가 균일하게 퍼지도록 유도한 다음, 슬라이드 글라스를 얹어 편평한 접착층을 형성하였다(Fig. 1B). LED 광중합기로 10초간 중합하였다. 동일한 과정을 하면에도 시행하였다.

Table 1. The materials used in this study

Material	Product	Shade	Composition	Manufacturer
Adhesive	Scotchbond Multi-Purpose Adhesive	-	Bis-GMA, HEMA, Triphenylantimony	3M Dental Products, St. Paul, MN, USA
Giomer	Beautifil Injectable	A2	Bis-GMA, TEGDMA, Aluminofluoro-borosilicate glass, DL-Camphoroquinone, Others	Shofu Inc., Kyoto, Japan
Compomer	Dyract [®] XP	A2	UDMA, TCB, TEGDMA, TMPTMA, SrF ₂ , Strontium-alumino-sodium-fluoro-phosphor-silicate glass, Camphoroquinone	Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany
Composite Resin	Filtek [™] Z350XT	A2	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, Bis-EMA, Silica filler, Zirconia filler, Zirconia/silica cluster filler	3M Dental Products, St. Paul, MN, USA

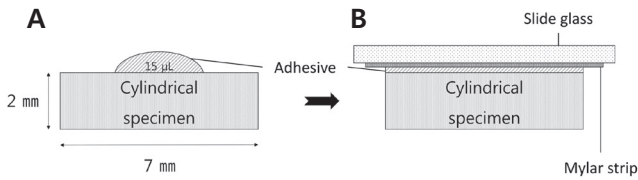


Fig. 1. Schematic representation of a process for applying the adhesive to the upper surface of the specimens. A. The 15 µL of adhesive was pipetted on the upper surface of a specimen. B. The adhesive was covered with a Mylar strip which, in turn, was covered with a slide glass.

시편의 측면은 마이크로 피펫을 사용하여 50 µL의 접착제를 직경 1.5 mm인 마이크로 브러시(Fine size Micro brush, Promisee dental co. ltd, China)에 떨어뜨린 후 모든 면에 골고루 적용하였다. 접착제가 도포되지 않은 면의 가능성을 줄이기 위해 동일한 과정을 한 번 더 시행하여 총 2회 접착제를 적용하였다. 시편의 측면을 네 부위로 나누어 각각 10초간 중합하였다.

3) 불소 유리량 측정

보관 후 1일, 3일, 7일, 14일, 21일, 28일에 불소 유리량을 측정하였다. 매 측정 때 탈이온수는 교체하였다. 측정할 용액은 이온 세기와 pH의 안정화를 위해 동량의 TISAB II (Total Ionic Strength Adjuster Buffer II, Thermo Orion, USA)를 섞은 후 pH/ISE meter (920A+, Thermo, Orion, USA)와 불소 이온 전극 (9609BNWP, Thermo Orion, USA)을 사용하여 불소 유리량을 측정하였다.

측정일 마다 0.1 ppm, 1 ppm, 10 ppm의 불소 표준 용액 (Thermo Orion, USA)으로 농도 보정을 하였다.

4) 접착층의 균일성 평가

동일한 방법으로 상, 하면에만 접착제를 적용한 시편과 측면에만 접착제를 적용한 시편을 각 재료당 3개씩 총 18개를 추가로 제작하였다. 모든 시편은 백금 입자 코팅 후 전계방사형 주사전자현미경(Inspect F, FEI, USA)을 이용하여 균일한 접착층을 가지는지 확인하였다.

3. 통계 분석

각 군당 측정일별 불소 유리량과 총 누적 불소 유리량의 평균과 표준편차를 산출하였다. 자료의 정규성 검사를 위해 Shapiro-

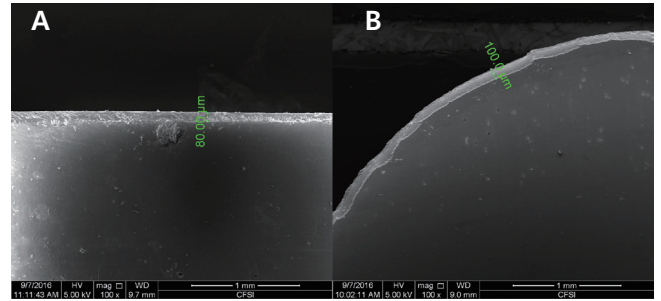


Fig. 2. Scanning electron photomicrographs of adhesive layer. A. Upper adhesive layer. B. Side adhesive layer. (×100)

Wilk test를 시행하였고 검사 결과 정규성을 확인하였다. 대조군을 제외한 실험군의 총 누적 불소 유리량은 이원배치분산분석법을 사용하여 재료와 접착제 적용 여부라는 요인의 상관성에 대한 검정을 시행하였다. 설정한 유의값은 0.05였다. 통계분석은 SPSS 22.0 통계프로그램을 사용하였다.

III. 연구 성적

1. 접착층의 균일성 평가 결과

주사전자현미경으로 시편의 접착층을 촬영한 결과, 재료와 상관없이 상, 하면의 접착층 두께는 80 - 100 µm, 측면의 두께는 100 - 120 µm의 균일한 양상을 보였다(Fig. 2).

2. 불소 유리량 측정 결과

모든 군의 측정일별 불소 유리량은 Table 2에 나타내었으며 대조군인 Z, Z-AD 군을 제외한 모든 실험군에서 불소 유리를 확인하였다. 측정일별 불소 유리량을 측정 기간으로 나누어 일별 불소 유리량을 환산하였고, 그래프로 표현하였다(Fig. 3). 접착제를 적용한 XP-AD, BI-AD 두 군 모두 3일째까지 불소가 검출되지 않다가 7일째부터 불소가 검출되었다. 이후 XP-AD 군은 일별 불소 유리량은 완만하게 감소한 반면, BI-AD 군은 일별 불소 유리량이 감소하다 21일째부터 불소가 검출되지 않았다. XP 군에 비해 BI 군의 일별 불소 유리량이 더 낮았으나, 두 군 모두 일별 불소 유리량은 첫째 날 가장 높았고 3일 동안 급격히 감소하였으며, 7일부터 큰 변화 없이 완만하게 유지되는 양상을 보였다.

BI 군의 28일간 누적 불소 유리량은 1.794 ppm, BI-AD 군은 0.013 ppm으로 99.3%의 유리량 감소를 보였고, XP 군은 7.368

Table 2. Fluoride release from each group for experimental period

Day Group	1 (ppm, Mean ± SD)	3 (ppm, Mean ± SD)	7 (ppm, Mean ± SD)	14 (ppm, Mean ± SD)	21 (ppm, Mean ± SD)	28 (ppm, Mean ± SD)
BI	0.198 ± 0.038	0.212 ± 0.030	0.271 ± 0.019	0.362 ± 0.020	0.379 ± 0.016	0.373 ± 0.021
BI-AD	0.000	0.000	0.009 ± 0.005	0.004 ± 0.003	0.000	0.000
XP	0.447 ± 0.053	0.779 ± 0.076	1.233 ± 0.118	1.727 ± 0.085	1.713 ± 0.210	1.469 ± 0.067
XP-AD	0.000	0.000	0.030 ± 0.014	0.079 ± 0.037	0.081 ± 0.059	0.083 ± 0.045
Z	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Z-AD	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

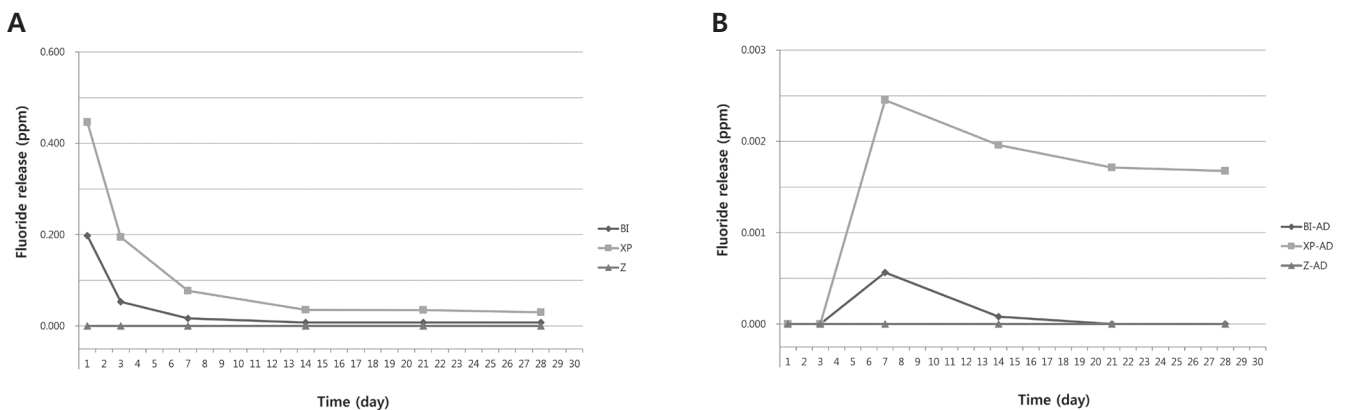


Fig. 3. Daily fluoride release for 28 days. A. Group BI, XP, Z. B. Group BI-AD, XP-AD, Z-AD.

Table 3. Cumulative fluoride release of each group for 28 days

Material Treatment	Beautifil Injectable (ppm, Mean ± SD)	Dyract® XP (ppm, Mean ± SD)	Adhesive Effect (p value)	Material Effect (p value)	Interaction Effect (p value)
No Adhesive	1.794 ± 0.110	7.368 ± 0.308	0.000*	0.000*	0.000*
Adhesive	0.013 ± 0.006	0.272 ± 0.148			

Two-way ANOVA (* : p < 0.05)

ppm, XP-AD 군은 0.272 ppm으로 96.3%의 유리량 감소를 보였다. 재료와 접착제 적용 여부에 따른 누적 불소 유리량의 변화를 알아보기 위한 이원배치분산분석 결과, 컴포머를 사용한 XP, XP-AD 군은 자이오머를 사용한 BI, BI-AD 군에 비해 높은 누적 불소 유리량을 보이며 재료에 따라 컴포머인 Dyract® XP가 자이오머인 Beautifil Injectable보다 유의하게 높은 누적 불소 유리량을 보임을 확인하였다(p < 0.05). 또한, XP, BI 군보다 XP-AD, BI-AD

군이 감소한 누적 불소 유리량을 보이며 접착제 적용에 따라 누적 불소 유리량이 유의하게 낮은 것을 확인하였다(p < 0.05). 재료와 접착제 적용 여부에 따른 교호작용(Interaction effect) 역시 유의한 값을 보였으며(p < 0.05), 재료에 따라 접착제 적용으로 인한 영향이 서로 다른 것을 확인하였다(Table 3). 28일 동안의 측정일별 누적 불소 유리량은 그래프로 표현하였다(Fig. 4).

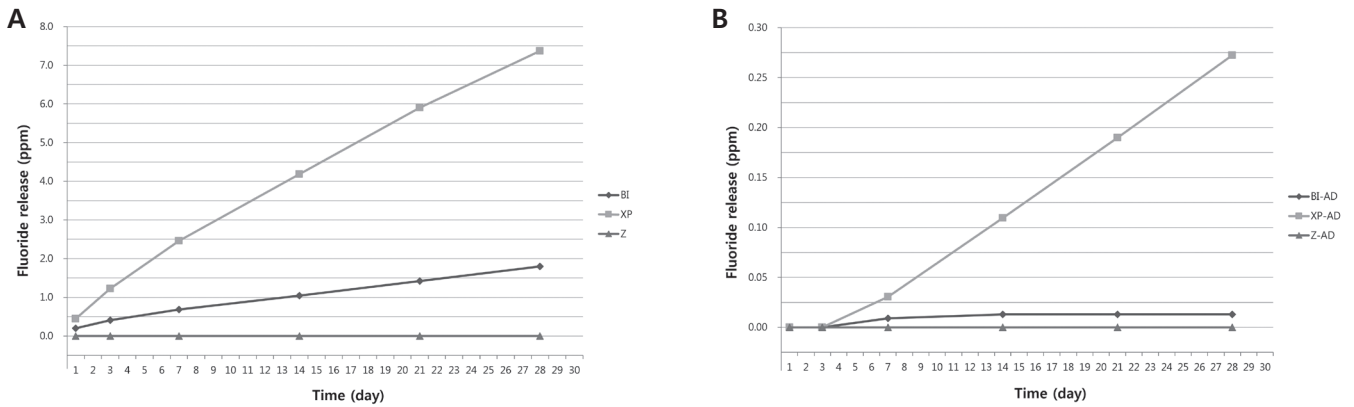


Fig. 4. Cumulative fluoride release for 28 days. A. Group BI, XP, Z. B. Group BI-AD, XP-AD, Z-AD.

IV. 총괄 및 고찰

본 실험에서 사용한 컴포머인 Dyract® XP는 polyacid와 methacrylate가 한 분자에 결합되어 있으며, 초기 광중합 반응 후 수분에 노출되면 glass 입자와 산-염기 반응이 발생하여 불소가 유리된다[16]. 자이오머인 Beautifil Injectable은 fluoroaluminosilicate glass (FASG)와 polyalkenoic acid 사이의 부분적인 반응(Surface reaction type)에 의해 생성된 실리카겔을 동결 처리한 S-PRG 필러에 의해 불소가 유리된다. 한달 동안 총 200 - 300 µg/cm² 정도의 불소 유리는 이차 우식을 완전히 예방할 수 있다고 알려져 있다[17]. 또한 0.12 ppm 정도의 불소 농도는 법랑질의 용해 속도를 감소시킬 수 있고, 0.012 ppm 미만의 미량의 불소라도 법랑질의 재광화를 촉진한다고 보고되었다[18,19]. 이와 같이 불소는 탈회에 대한 치질의 저항성을 높이고, 재광화를 촉진하므로 수복재로부터 유리되는 불소의 양과 양상에 대한 평가가 필요하다.

시편에 도포한 접착층은 불소의 유리를 방해하는 장벽으로 작용하기 때문에 시편마다 균일한 접착층을 형성하는 것이 중요하였다. 따라서 마이크로 피펫을 사용하여 일정한 양의 접착제를 적용하였다. 상, 하면에는 마일라 스트립과 편평한 유리판을 이용하여 균일한 표면을 형성하였고, 측면은 같은 방법을 적용할 수 없었기 때문에 동일한 크기의 마이크로 브러시를 2회 적용하였다. 주사전자현미경으로 관찰 시 실험 재료와 접착층 간의 차이가 뚜렷하게 관찰이 되었다. 따라서 시편의 측면 혹은 상, 하 면에만 접착제를 적용한 추가적인 시편을 제작하여 주사전자현미경으로 관찰하였고 균일한 두께를 확인하였다. 치면과 접착 시 접착층의 두께는 평활하거나 볼록한 면에서 60 - 80 µm, 오목한 면에서 200 µm 이상 나타난다고 보고되었다[20]. 따라서

본 실험에서 형성한 접착층의 두께가 실제 임상적 상황과 크게 다르지 않음을 알 수 있다.

본 연구 결과 접착층을 통한 불소의 유리를 확인하였다. 일정한 두께로 형성한 접착층이 물에 대한 투과도를 보임은 이미 밝혀진바 있다[14]. 접착층에는 친수성 폴리머 영역 혹은 수분이 갇힌 영역이 존재하며, 이러한 영역을 통해 수분의 이동이 일어날 수 있다[14,21-23]. 접착층을 통해 침투한 수분과 컴포머, S-PRG 필러의 반응으로 인해 불소가 유리되었다고 추측할 수 있다. 이전의 연구들에서도 다양한 불소 유리 수복재에 접착제를 적용하였을 때, 접착제를 투과하여 불소가 유리될 수 있다고 보고하였다[24-27].

그러나 접착층을 투과하여 유리된 불소의 양은 접착제를 적용하지 않은 군에 비해 현저히 감소하였으며, 접착제를 적용한 군에서는 3일째까지 불소가 검출되지 않았다. 3일째까지 불소가 검출되지 않은 이유는 접착제 내부로의 수분 침투 및 불소의 확산에 필요한 시간 때문이라 추측된다. 그러나 본 연구 결과와 달리 이전의 연구에서는 첫날부터 불소가 유리되었으며 접착층으로 인한 유리량의 감소 정도가 더 적었다[24,26,27]. 이는 다양한 실험방법의 차이에서 기인했다고 추측된다. 윤 등[27]의 연구는 본 연구와 동일한 접착제 및 동일 계열의 컴포머를 사용했으나 시편이 담긴 용액을 흔드는 과정을 포함하였고, 이로 인한 불소의 확산이 촉진되었을 것이라고 생각된다. Vercruysse 등[26]은 컴포머의 측면, 하면에는 접착제를 도포하고 상면에 네일 바니쉬(nail varnish)를 도포하였다. 그러나 본 실험의 예비연구에서 네일 바니쉬는 불소의 유리를 완전히 차단하지 못하였으며, 글라스아이오노머시멘트의 표면 코팅제의 효과를 비교한 이전의 연구에서도 불소가 바니쉬를 투과한다는 것이 밝혀졌으며, 따라서 바니쉬를 투과한 불소로 인한 차이가 있었을 것으로 추측된

다[25,28,29]. 또한 Mazzaoui 등[24]의 연구는 본 연구와 동일한 접착제를 적용하였으나 적용 횟수가 한 번이었으므로, 더 얇은 접착층이 형성되어 접착층의 방해 효과가 작았을 것이라 추측된다.

BI-AD 군에서 21일부터 불소가 검출되지 않았다. 이는 불소의 유리가 중지되었다기보다는 접착제를 통과한 불소의 양이 본 실험에서 사용한 기기로 검출되지 못할 만큼 소량이었기 때문이라고 생각된다. BI 군의 불소 유리량은 점차 낮아지다 유지되는 양상을 보였으며 따라서 접착층에 포화되는 불소의 양 또한 감소하여 외부로 확산되는 불소의 양이 검출되지 않을 정도로 소량이었을 것이라 추측된다.

각 구간 누적 불소 유리량에 대한 통계적 분석 결과 재료와 접착제 적용 여부 사이의 교호작용이 확인되었고($p < 0.05$), 재료에 따른 접착제의 효과가 다를 수 있었다. 동일한 조건으로 접착제를 적용하였을 때 자이오머와 컴포머 군은 각각 99.3%, 96.3%의 누적 불소 유리량의 감소를 보였으며, 컴포머에 비해 자이오머에 대한 접착층의 방해 효과가 더욱 컸음을 의미한다. 이러한 차이는 두 재료의 방출 기전이 다르기 때문이라 생각된다. 이전의 연구에서도 불소를 유리하는 기전이 다름에 따라 접착층을 통과하는 불소 유리량의 감소율이 글라스아이오노머시멘트는 43 - 74%, 불소 유리 복합레진은 91 - 96%로 서로 다르다고 보고되었다[24].

접착제의 효과 이외에도 컴포머인 Dyract[®] XP와 자이오머인 Beautifil Injectable의 불소 유리 양상과 유리량의 차이를 관찰할 수 있었다. 불소 유리 수복재는 초기에 많은 양의 불소를 유리한 뒤 유리량이 급격히 감소하는 'Burst effect'를 보인 후 상대적으로 낮은 양을 지속적으로 유리하는 양상을 보인다[16,30]. 컴포머와 자이오머의 불소 유리에 관한 여러 연구에서도 이와 같은 불소 유리 양상이 보고되었고, 본 연구에서도 BI 군과 XP 군 모두 이러한 양상을 보였다[30-32].

또한, 자이오머는 컴포머에 비해 유의하게 낮은 불소 유리량을 보였다. 컴포머와 자이오머의 불소 유리량을 비교한 이전의 여러 연구에서도 컴포머인 Dyract[®] XP가 자이오머인 Beautifil II (Shofu Inc., Kyoto, Japan)보다 높은 불소 유리량을 보였다[16,33]. 자이오머의 불소 유리량은 S-PRG 필러의 함량과 연관이 있음을 고려하였을 때 앞선 연구에서 사용한 Beautifil II (70%)보다 필러 함량이 낮은 Beautifil Injectable (50 - 60%)이 Dyract[®] XP보다 낮은 유리량을 보임은 이전의 연구와 동일한 양상을 보였다고 생각할 수 있다[34].

본 연구는 접착제와 프라이머가 분리되어 있는 전통적인 4세대 접착제를 사용하였다. 최근 접착의 과정을 단순화하고자 프라이머 혹은 산처리 과정을 혼합한 다양한 접착 시스템이 개발

되었다. 접착제의 투과도는 친수성 단량체의 양, 용매의 종류, 중합 정도 등에 따라 달라지게 된다[14,21-23,35,36]. 따라서 향후에는 다양한 종류의 접착제를 적용하였을 때 투과되는 불소의 유리량에 대한 연구가 필요할 것이다. 또한, 접착제를 투과하여 유리된 불소에 의해 발생하는 항우식 효과에 대한 평가도 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 자이오머와 컴포머의 접착층을 통한 불소의 유리를 평가하고 비교하고자 하였다.

자이오머와 컴포머의 불소가 접착층을 투과하여 유리되는 것을 확인하였다. 그러나 접착층을 투과하여 유리되는 불소의 양은 유의하게 감소하였으며 불소의 유리량 감소는 컴포머보다 자이오머에서 더 현저하였다($p < 0.05$).

References

1. Han L, Okamoto A, Fukushima M, Okiji T : Evaluation of a new fluoride-releasing one-step adhesive. *Dent Mater J*, 25:509-515, 2006.
2. 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.
3. McLean JW, Nicholson JW, Wilson AD : Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cements and related materials. *Quintessence Int*, 25:587-589, 1994.
4. Fritz UB, Finger WJ, Uno S : Resin-modified glass ionomer cements: bonding to enamel and dentin. *Dent Mater*, 12:161-166, 1996.
5. Yap AU, Chung SM, Chow WS, *et al.* : Fracture resistance of compomer and composite restoratives. *Oper Dent*, 29:29-34, 2004.
6. Nujella BP, Choudary MT, Reddy SP, *et al.* : Comparison of shear bond strength of aesthetic restorative materials. *Contemp Clin Dent*, 3:22-26, 2012.
7. Melody FM, YA UJ, Natalie TW, *et al.* : Effects of thermal fatigue on shear punch strength of tooth-colored restoratives. *J Conserv Dent*, 19:338-342, 2016.
8. Yap AU, Wang X, Wu X, Chung SM : Comparative hardness and modulus of tooth-colored restoratives: a depth-sensing microindentation study. *Biomaterials*, 25:2179-2185, 2004.

9. Hatibovic-Kofman S, Koch G : Fluoride release from glass ionomer cement in vivo and in vitro. *Swed Dent J*, 15:253-258, 1991.
10. Haznedaroglu E, Guner S, Duman C, Menten A : A 48-month randomized controlled trial of caries prevention effect of a one-time application of glass ionomer sealant versus resin sealant. *Dent Mater J*, 35:532-538, 2016.
11. Itota T, Nakabo S, Iwai Y, *et al.* : Inhibition of artificial secondary caries by fluoride-releasing adhesives on root dentin. *J Oral Rehabil*, 29:523-527, 2002.
12. ten Cate JM, van Duinen RN : Hypermineralization of dentinal lesions adjacent to glass-ionomer cement restorations. *J Dent Res*, 74:1266-1271, 1995.
13. Kim SY, Choi SC, Kim KC, *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.
14. Hashimoto M, Tay FR, Ito S, *et al.* : Permeability of adhesive resin films. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, 74:699-705, 2005.
15. King NM, Hiraishi N, Yiu CK, *et al.* : Effect of resin hydrophilicity on water-vapour permeability of dental adhesive films. *Eur J Oral Sci*, 113:436-442, 2005.
16. Mousavinasab SM, Meyers I : Fluoride release by glass ionomer cements, compomer and giomer. *Dent Res J (Isfahan)*, 6:75-81, 2009.
17. Xu X, Burgess JO : Compressive strength, fluoride release and recharge of fluoride-releasing materials. *Biomaterials*, 24:2451-2461, 2003.
18. Borsboom P, Mei H, Arends J : Enamel lesion formation with and without 0.12 ppm F in solution. *Caries Res*, 19:396-402, 1985.
19. Clarkson BH, Wefel JS, Feagin FF : Fluoride distribution in enamel after in vitro caries-like lesion formation. *J Dent Res*, 65:963-966, 1986.
20. Lodovici E, Reis A, Geraldini S, *et al.* : Does adhesive thickness affect resin-dentin bond strength after thermal/load cycling? *Oper Dent*, 34:58-64, 2009.
21. Tay FR, King NM, Chan KM, Pashley DH : How can nanoleakage occur in self-etching adhesive systems that demineralize and infiltrate simultaneously? *J Adhes Dent*, 4:255-269, 2002.
22. Tay FR, Pashley DH : Water treeing--a potential mechanism for degradation of dentin adhesives. *Am J Dent*, 16:6-12, 2003.
23. Tay FR, Pashley DH, Yoshiyama M : Two modes of nanoleakage expression in single-step adhesives. *J Dent Res*, 81:472-476, 2002.
24. Mazzaoui SA, Burrow MF, Tyas MJ : Fluoride release from glass ionomer cements and resin composites coated with a dentin adhesive. *Dent Mater*, 16:166-171, 2000.
25. Hattab FN, Amin WM : Fluoride release from glass ionomer restorative materials and the effects of surface coating. *Biomaterials*, 22:1449-1458, 2001.
26. Vercruyse CW, De Maeyer EA, Verbeeck RM : Fluoride release of polyacid-modified composite resins with and without bonding agents. *Dent Mater*, 17:354-358, 2001.
27. Yoon YS, Kim JS, Kwon SW, Kim YK : A study on the effect of dentin adhesive to fluoride release of compomer. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 28:228-237, 2001.
28. Castro G, Gray S, Buikema D, Reagan S : The effect of various surface coatings on fluoride release from glass-ionomer cement. *Oper Dent*, 19:194-198, 1994.
29. Kamatham R, Reddy SJ : Surface coatings on glass ionomer restorations in Pediatric dentistry-Worthy or not? *J Indian Soc Pedod Prev Dent*, 31:229-233, 2013.
30. Vermeersch G, Leloup G, Vreven J : Fluoride release from glass-ionomer cements, compomers and resin composites. *J Oral Rehabil*, 28:26-32, 2001.
31. Kang JE, Kim JB, Kim JS : Fluoride Release and Compressive Strength of Several Giomers. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 43:292-298, 2016.
32. 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.
33. Dionysopoulos D, Koliniotou-Koumpia E, Helvatzoglou-Antoniades M, Kotsanos N : Fluoride release and recharge abilities of contemporary fluoride-containing restorative materials and dental adhesives. *Dent Mater J*, 32:296-304, 2013.
34. Kamijo K, Mukai Y, Tominaga T, *et al.* : Fluoride release and recharge characteristics of denture base resins containing surface pre-reacted glass-ionomer filler. *Dent Mater J*, 28:227-233, 2009.
35. Paul S, Welter D, Ghazi M, Pashley D : Nanoleakage at the dentin adhesive interface vs μ -tensile bond strength. *Oper Dent*, 24:181-188, 1999.
36. Cadenaro M, Antonioli F, Sauro S, *et al.* : Degree of conversion and permeability of dental adhesives. *Eur J Oral Sci*, 113:525-530, 2005.

국문초록

자이오머와 컴포머의 치과용 접착제를 통한 불소 유리에 관한 연구

황민선 · 박호원 · 이주현 · 서현우

강릉원주대학교 치과대학 소아치과학교실 및 구강과학연구소

본 연구는 접착층을 통한 자이오머(Beautifil Injectable)와 컴포머(Dyract® XP)의 불소 유리를 직접적으로 평가하고 비교하였다.

자이오머와 컴포머 그리고 불소를 함유하지 않은 복합레진의 원통형 시편을 각각 20개씩 제작하였다. 20개 중 10개의 시편은 접착제(Scotchbond Multi-Purpose)를 균일하게 도포하였다. 각 시편은 2 mL 탈이온수에 넣어 37°C에서 보관하였으며 1, 3, 7, 14, 21, 28일째 유리된 불소를 측정하였다. 접착제를 적용한 추가적인 시편을 제작하여 주사전자현미경으로 접착제가 균일하게 도포되었는지 확인하였다.

자이오머와 컴포머에 접착제를 도포한 군은 3일째까지 불소가 검출되지 않았으나 7일째부터는 불소가 검출되었다. 접착제는 불소의 유리를 완전히 차단하지 못하였으며, 접착제를 투과하는 자이오머와 컴포머의 불소 유리량은 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 불소의 유리량 감소는 컴포머보다 자이오머에서 더 현저했다.

주요어: 불소, 치과용 접착제, 자이오머, 컴포머