

상아질 결합제가 컴포머의 불소유리에 미치는 영향에 관한 연구

윤여상 · 김종수 · 권순원 · 김용기

단국대학교 치과대학 소아치과학교실

국문초록

본 연구의 목적은 와동 충전시 충전재와 치질 사이에 개재되는 상아질 결합제가, 수복물에서 유리되는 불소가 와동 벽으로 침투하는 과정에 어떠한 영향을 주는지를 조사함이었고, 부가적으로 레진 강화형-글라스 아이오노머 시멘트의 접착에도 상아질 결합제를 도포 하는것이 치질과의 결합력을 강화시킬 수 있는지에 대해 평가하고자 하였다.

Fuji II LC[®]와 Dyract AP[®]를 선정하여 상아질 결합제의 도포 여부에 따른 불소 유리량 측정과 전단 결합 강도를 비교분석하였으며, 치질 내로의 불소 침투 양상은 교환 시기에 있는 제2유구치에 Fuji II LC[®]와 Dyract AP[®]를 충전하고 3주내에 발거하여 EPMA로 분석하였다. 상아질 결합제는 불소 유리량을 현저하게 감소시키는 것으로 나타났으며(p<0.05) Fuji II LC[®]의 경우 상아질 결합제의 도포가 결합강도를 증가시키지 못하였다. EPMA 분석결과 상아질 결합제는 충전재로부터 유리되어 나오는 불소가 치질 내로 확산되는 것을 방해하는 것으로 확인되었다.

주요어 : 전자 탐침 미세 분석법, 상아질 결합재, 불소 유리, 컴포머, 글라스 아이오노머

I. 서 론

현재 소아치과 임상에서 사용되고 있는 많은 수복 재료들은 불소를 유리하고 있으며¹⁻³⁾, 특히 글라스 아이오노머와 컴포머는 오랜 연구들을 통하여 지속적인 불소 유리와 그로 인한 항우식 효과가 입증 된 바 있다^{4,5)}. 비교적 최근에 개발된 컴포머도 글라스 아이오노머 시멘트에 비해 적은 양이긴 하지만 지속적으로 불소를 유리하며 이로 인해 인접 치질에 항우식 효과를 나타내는 것으로 보고되었다⁶⁾. 하지만 와동에 충전시 상아질 결합제를 통하여 치질과 결합하는 경우에는 수복물에서 유리되는 불소가 와동 벽으로 침투될 수 있는지에 대해 의문을 가지게 된다^{7,8)}.

컴포머는 일반적으로 치질과 직접 접촉시키기 보다는 상아질 결합제를 도포한 후 충전하는 것이 결합력이나 변연 봉쇄성 등의 측면에서 바람직하다고 알려져 있으며, 또한 레진 강화형-글라스 아이오노머 시멘트에서도 치질에 상아질 결합제를 도포 후 충전하는 것이 더 우수한 결합력을 나타낸다고 보고된 바 있다⁹⁾. 반면에 불소 유리로 인한 인접 치질의 항우식 효과를 생각한다면 수복재와 치질의 직접적인 접촉이 바람직하다고 판단할 수 있겠다¹⁰⁾.

유리된 불소가 레진 접착제를 통과하는지에 대한 연구는 많지 않은데, Castro 등¹¹⁾과 Mazzaoui 등¹²⁾은 불소가 포함되지

않은 레진 결합제와 바니쉬에 대해서 연구한 바 있으며, Ferracane 등¹³⁾은 불소가 포함된 레진 접착제에 대한 불소 통과 여부에 대해서 연구한 바 있으나 통과되는 불소의 농도와 치질내 분포 등에서는 매우 미흡한 실정이다.

이런 상반되는 관점 하에서 상아질 결합제가 불소 유리를 방해하는지 여부를 확인하기 위한 불소 유리량을 비교 분석하였고, 컴포머와 레진-강화형 글라스 아이오노머에 대한 상아질 결합제의 전단 결합 강도 증가 여부를 비교 평가하였으며, 유리된 불소가 치질내로 흡수된 양상을 비교 분석하기 위하여 EP-MA(Electron Probe Microanalysis)를 시행하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구재료

컴포머는 Dyract AP[®](Densply, U.S.A.)를 사용하였으며, 레진-강화형 글라스 아이오노머는 Fuji II LC[®](GC, Japan)를 사용하였다. 상아질 결합제는 불소가 포함되어 있지 않은 Scotchbond Multipurpose (3M, U.S.A.) adhesive를 사용하였다.

2. 연구방법

1) 불소 유리량 비교 실험 - 실험실 연구

사용된 재료와 상아질 결합제의 도포 유무에 따라 Table 1과 같이 4 군으로 분류하였다.

① 시편 제작

금속 주형을 사용하여 직경 5mm, 높이 2mm의 시편을 제작한 후(Fig. 1) 각 군당 10개씩 배분하였으며, I 군과 II 군은 상아질 결합제를 도포하지 않았고, III 군과 IV 군은 Scotchbond Multipurpose adhesive를 시편의 전 표면에 2회 도포한 다음, 기포나 불충분한 부분이 없는지 확인한 후 광중합기(Visilux, 3M, U.S.A.)로 20초간 광중합하였다.

② 불소 유리량 측정

제작된 시편들을 각각 종류수가 담긴 플라스틱 용기에 넣고, 1일 2회 오전 10시와 오후 6시에 각각 10초간 흔들어 주었다. 처음 1주간은 매일, 이후 9, 11, 14, 17, 20, 24, 28일에 각 시편의 유리된 불소농도를 측정하였다.

불소의 농도를 측정하기 위하여 TISAB III (Orion, U.S.A.) 용액과 1ppm, 10ppm, 100ppm 표준 용액으로 표준화한 후 불소이온 전극(Fluoride Ion Specific Electrode, Orion, U.S.A.)과 pH/Ion Meter(Istek 750P, Korea)를 사용하여 측정하였다.

③ 통계분석

각 군의 기간 별 유리된 불소 농도와 2주간의 불소농도 누적치를 비교하기 위하여 ANOVA 분석을 시행하였다.

Table 1. Experimental materials of each group

| | Materials | Bonding Agents |
|-----------|-------------|----------------|
| Group I | Fuji II LC® | No |
| Group II | Dyract AP® | No |
| Group III | Fuji II LC® | Yes |
| Group IV | Dyract AP® | Yes |

2) 전단 강도 측정 - 실험실 연구

최근 발거된 우전치(牛前齒)를 레진 블록에 매몰한 후 절단하여 상아질을 노출시킨 후, 통법에 따라 활택 연마하여 40개의 상아질 블록을 제작한 다음, Table 1과 같이 4개의 군으로 나누고 10개씩 임의 배정하였다. 직경 2.5mm, 높이 2mm의 폴리에틸렌 튜브를 이용하여 상아질 표면에 군의 조건에 따라 접착시켰다(Fig. 3). Load Scale 500kg, Cross Head Speed 5mm/min으로 전단 강도를 측정하였다.

3) 와동내 불소 침투 양상 비교 실험 - 생체 연구

① 대상치아

생리적 교환시기에 근접한 건전한 좌측과 우측 하악 제2유구치를 가진 비교적 구강 위상상태가 건전한 환아 5명을 대상으로 하였다. 환아와 보호자에게 실험에 대한 설명을 하고 사전 동의를 얻었다. 대상 치아의 구강내 보존 기간은 2주에서 3주였다.

② 와동 형성 및 충전

동일 악궁 내에 존재하는 동명 치아의 협면에 정중선을 기준으로 Fig. 3과 같이 2×1.5×1.5mm 크기의 와동을 2개씩 형성하였다. 좌측 제2유구치에는 Fuji II LC®를, 우측 제2유구치

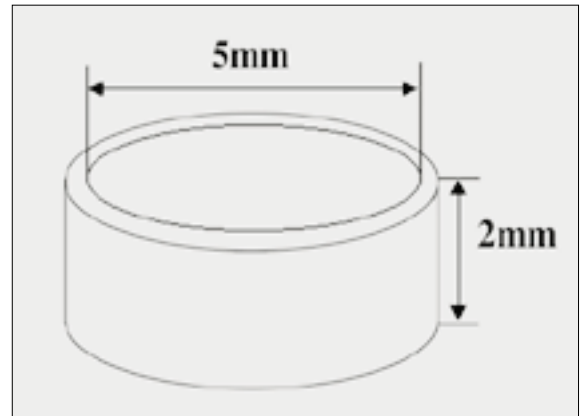


Fig. 1. Schematic draw of disc mold.

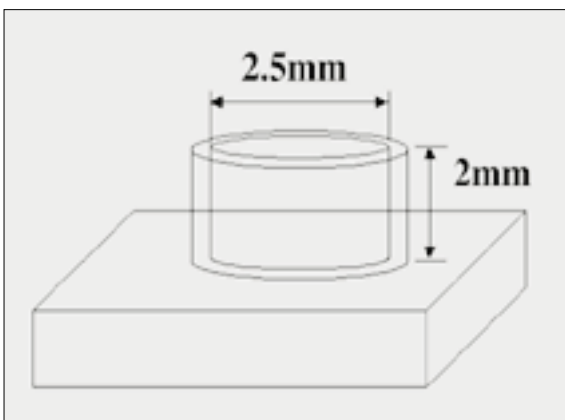


Fig. 2. Attachment of the experimental materials to dentin block with polyethylene tube.

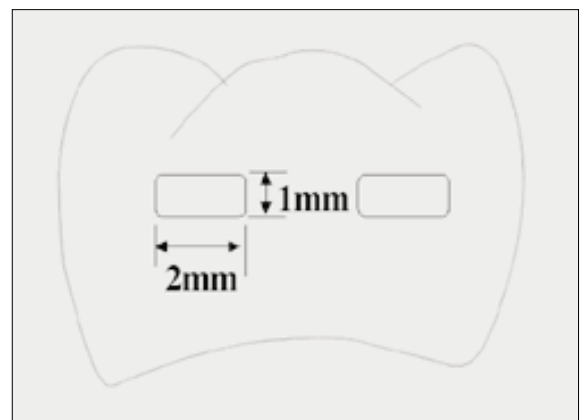


Fig. 3. Cavity preparation on the buccal side.

에는 Dyract AP 를 충전하였다. 이때 근심측 와동에는 상아질 결합제를 도포한 후 충전을 시행하였고 원심측 와동에는 상아질 결합제를 도포하지 않고 직접 수복체를 충전하였다.

③ 시편제작 및 EPMA

충전 2주 후 대상 치아들을 발거한 다음 실험실 연구가 진행되기 전까지 생리 식염수에 보관하였다.

준비된 치아를 장축 방향으로 와동의 중심을 따라 절단하였다. 절단된 시편들을 건조시킨 후 탄소 피복기(CC-40F, JEOL, Japan)로 탄소 피복을 시행하고 전자선 미소부 분석장치(JEOL, Japan)를 이용하여 가속 전압 20kV, dwell time 45 msec, probe current 4.496×10^{-8} A 조건 하에서 와동 주위 치질 내에 침투된 불소의 양과 그 분포양상을 관찰하였다.

Ⅲ. 연구 성적

컴포머와 레진-강화형 글라스 아이오노머에서 유리된 불소가 상아질 접착제를 통과하여 유리된 불소량과 상아질 접착제 적용에 따른 컴포머와 레진-강화형 글라스 아이오노머 충전제의 상아질 결합 강도 및 충전재료로부터 유리된 불소의 치질 내로의 침투 여부를 알기 위한 생체 연구를 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 불소 유리량 비교 실험 - 실험실 연구

실험 기간동안 각 군에서 유리된 불소의 측정치는 Table 2와 같다. 모든 군에서 실험 시작 1주일동안 불소 유리량이 많았으며, 1주일이 지나면서 급격히 감소하는 양상을 나타내었다 (Fig. 4).

전 실험 기간동안 상아질 결합제를 도포하지 않은 Fuji II LC®인 I 군이 가장 높은 불소 유리량을 보여 주었으며, 역시 상아질 결합제를 도포하지 않은 Dyract AP® II 군이 다음으로 높은 불소 유리량을 보여 주었다.

Oneway ANOVA 분석 결과 전 실험 기간동안 군간의 불소 유리량의 차이가 있음을 확인할 수 있었다($p < 0.05$).

Scheffe test 결과 전 실험 기간동안 I 군은 다른 군들에 비해 통계학적으로 유의하게 높은 불소 유리량을 보여주었으며, IV 군은 이와 반대로 가장 낮은 불소 유리량을 보여 주었다 ($p < 0.05$). 2일과 3일을 제외하고 II 군과 III 군간에는 통계학적 유의차가 없었다. 실험 2일과 3일에서는 II 군과 III 군, III 군과 IV 군간에 통계학적 유의차를 보이지 않았다.

전 실험 기간동안 각 군의 총 불소 유리량은 Fig. 5와 같다. 모든 군에서 시간에 따라 총 불소 유리량이 증가하는 것을 알 수 있었다.

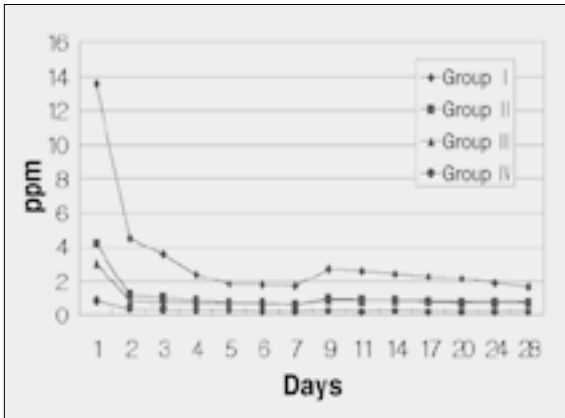


Fig. 4. Amount of fluoride release from each group for experimental period.

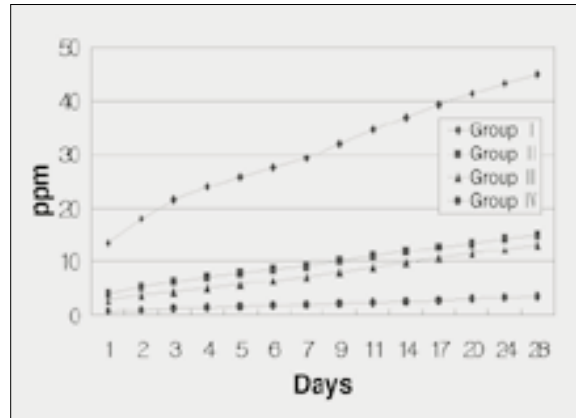


Fig. 5. Cumulative amount of fluoride release from each group for experimental period.

Table 2. Fluoride release from each group for experimental period.

| Day | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Group I | 14.0±2.2 | 4.5±0.9 | 3.5±0.9 | 2.4±0.5 | 1.8±0.3 | 1.8±0.3 | 1.7±0.3 |
| Group II | 4.1±0.7 | 1.2±0.3 | 1.0±0.2 | 0.9±0.2 | 0.7±0.1 | 0.7±0.1 | 0.6±0.1 |
| Group III | 3.0±0.6 | 0.8±0.2 | 0.7±0.2 | 0.7±0.2 | 0.7±0.2 | 0.7±0.2 | 0.6±0.2 |
| Group IV | 0.8±0.1 | 0.3±0.1 | 0.3±0.1 | 0.2±0.0 | 0.2±0.0 | 0.2±0.0 | 0.1±0.0 |
| Day | 9 | 11 | 14 | 17 | 20 | 24 | 28 |
| Group I | 2.7±0.3 | 2.6±0.3 | 2.4±0.4 | 2.3±0.4 | 2.1±0.4 | 1.9±0.3 | 1.6±0.3 |
| Group II | 1.0±0.1 | 0.9±0.1 | 0.9±0.1 | 0.8±0.1 | 0.7±0.1 | 0.8±0.1 | 0.7±0.1 |
| Group III | 0.9±0.1 | 0.9±0.1 | 0.9±0.1 | 0.9±0.1 | 0.8±0.1 | 0.8±0.1 | 0.8±0.1 |
| Group IV | 0.2±0.1 | 0.2±0.0 | 0.2±0.0 | 0.2±0.0 | 0.2±0.0 | 0.2±0.0 | 0.2±0.0 |

상아질 결합제 도포 여부에 따른 총 불소 유리량을 통계 분석한 결과는 Table 3과 같다.

레진 강화형 글라스 아이오노머가 컴포머에 비해 높은 불소 유리량을 보여 주었으며($p < 0.05$), 상아질 결합제를 도포한 경우에서도 동일한 결과를 보여 주었다($p < 0.05$).

상아질 결합제를 도포한 군이 도포하지 않은 군에 비해 재료와 무관하게 통계학적으로 유의하게 낮은 불소 유리량을 보였다($p < 0.05$).

2. 전단 강도 측정 - 실험실 연구

상아질 결합제 도포 유무에 따른 각 재료의 전단 결합 강도는 Table 4와 Fig. 6과 같다.

Fuji II LC[®]의 경우, 상아질 결합제를 도포하지 않은 경우의 전단 결합 강도는 4.33 ± 2.05 MPa이었으며, 상아질 결합제를 도포한 경우에는 4.25 ± 2.44 MPa이었다. *t*-test 분석 결과 유의한 차이를 보이지 않아, Fuji II LC[®] 경우 상아질 결합제가 전단 결합 강도 증가에 영향을 주지 않는 것으로 판단

되었다.

Dyract AP[®]의 경우, 상아질 결합제를 도포하지 않은 경우의 전단 결합 강도는 측정할 수 없었으며, 상아질 결합제를 도포한 경우에는 12.55 ± 2.2 MPa로 측정되었다. 이는 Dyract AP[®]가 상아질 결합제를 도포하지 않고는 상아질에 결합할 수 없음을 보여주는 결과이다.

3. 와동내 불소 침투 양상 비교 실험 - 생체 연구

상아질 결합제를 도포하지 않고 충전한 Fuji II LC[®]의 전자 현미경 소견을 Fig. 7에 나타내었다. 치질과 Fuji II LC[®]간에 상아질 결합제가 매개되어 있지 않은 양상을 관찰할 수 있다. Fig. 8에서는 상아질 결합제가 매개되어 Fuji II LC[®]가 치질과 결합하는 양상을 보여 주고 있다.

Fig. 9에서는 Dyract AP[®]가 치질과 사이에 미세 누출이 있어 이를 통해 유기물들이 함입된 양상을 보여 주고 있으며, Fig. 10에서는 Dyract AP[®]가 상아질 결합제를 매개로 치질과 견고하게 결합하고 있는 양상을 보여 주고 있다.

Table 3. Statistical comparison by *t*-test of total amount of fluoride release from each group.

| | Bonding | No-Bonding | Student <i>t</i> -Test |
|-------------------------|------------------|------------------|------------------------|
| Fuji II LC [®] | 15.03 ± 1.72 | 44.83 ± 2.83 | $p = 0.000$ |
| Dyract AP [®] | 3.51 ± 0.47 | 13.17 ± 1.67 | $p = 0.000$ |
| Student <i>t</i> -Test | $p = 0.000$ | $p = 0.000$ | |

Table 4. Statistical comparison by *t*-test of shear bond strength of each group. (Unit:MPa)

| | Bonding | No-Bonding | <i>t</i> -Test |
|-------------------------|------------------|-----------------|----------------|
| Fuji II LC [®] | 4.33 ± 2.05 | 4.25 ± 2.44 | $p > 0.05$ |
| Dyract AP [®] | 12.55 ± 2.20 | — | |

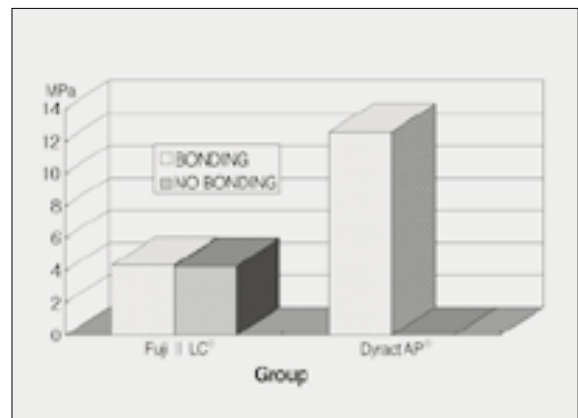


Fig. 6. Shear bond strength of each group.

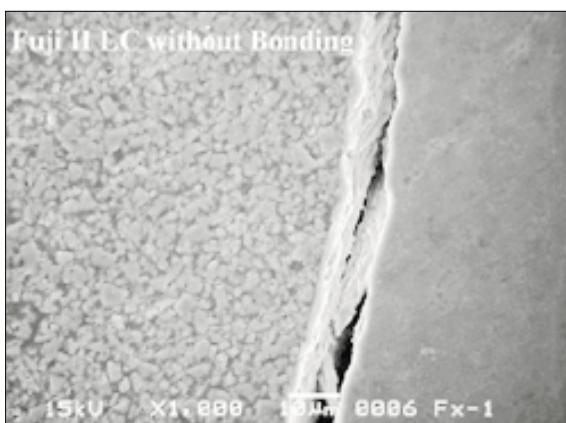


Fig. 7. SEM view of Fuji II LC[®] without dentin bonding adhesive.

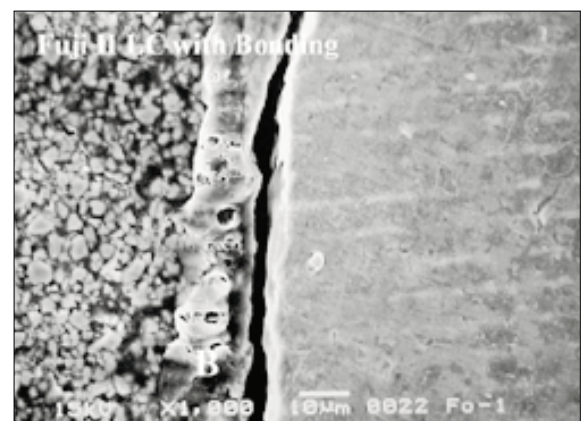


Fig. 8. SEM view of Fuji II LC[®] with dentin bonding adhesive.

상아질 결합제를 도포하지 않고 충전한 I군의 EPMA 소견은 Fig. 11에 나타나 있다. 충전물내의 불소 농도는 80에서 100ppm 정도로 나타나고 있으며, 불소 분포 양상은 상아-법랑 경계를 기준으로 하방에 넓게 분포하고 있고, 영상 분석 프로그램에서 측정된 불소 분포 범위는 20ppm을 기준으로 $432.6 \pm 59.4\mu\text{m}$ 정도였으며, 다른 군에 비해 가장 넓고 깊은 치질 내 불

소 침투 양상을 보여 주었다(Table 5). 그러나 상대적으로 상아질 결합제를 도포한 III군의 경우 치질 내 불소 분포 범위가 $153.4 \pm 78.8\mu\text{m}$ 로 나타나 매우 감소한 것을 알 수 있었다(Fig. 13). 이러한 결과를 토대로 상아질 결합제에 의해 Fuji II LC®에 포함되어 있는 불소가 치질 내로 확산되는 것이 방해된다고 판단되었다.

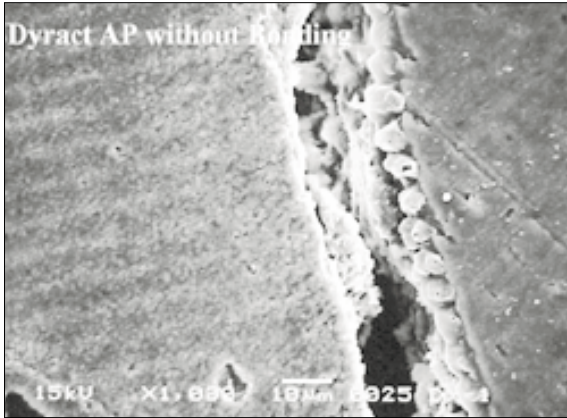


Fig. 9. SEM view of Dyract AP® without dentin bonding adhesive.

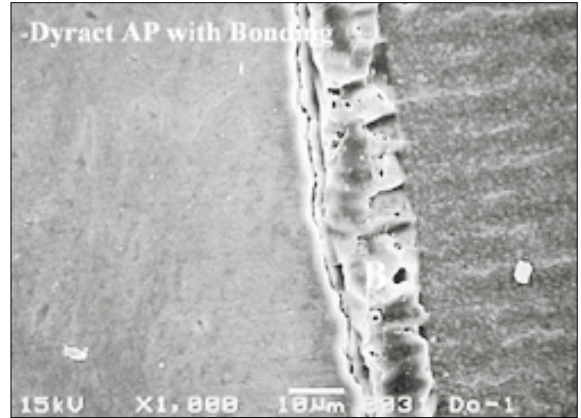


Fig. 10. SEM view of Dyract AP® with dentin bonding adhesive.

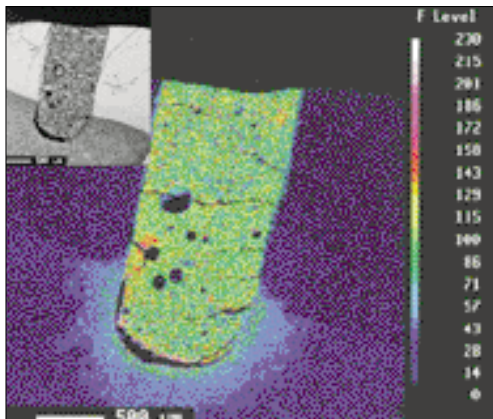


Fig. 11. EPMA view of Fuji II LC® without dentin bonding adhesive.

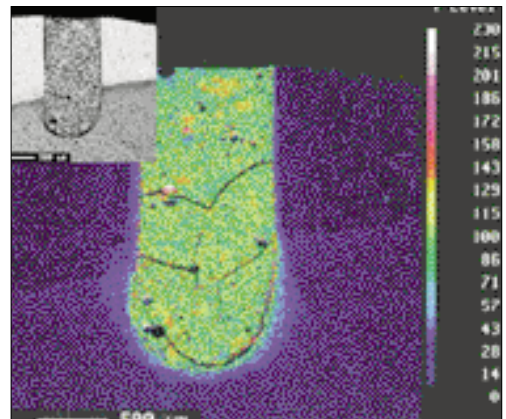


Fig. 12. EPMA view of Fuji II LC® with dentin bonding adhesive.

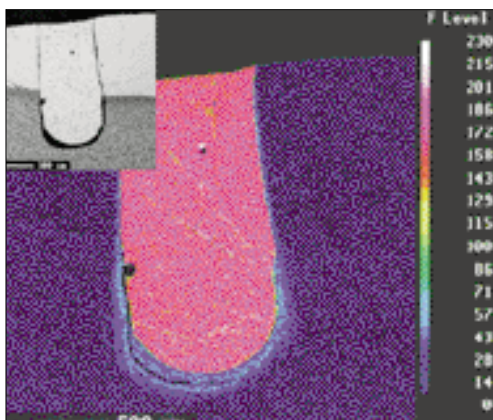


Fig. 13. EPMA view of Dyract AP® without dentin bonding adhesive.

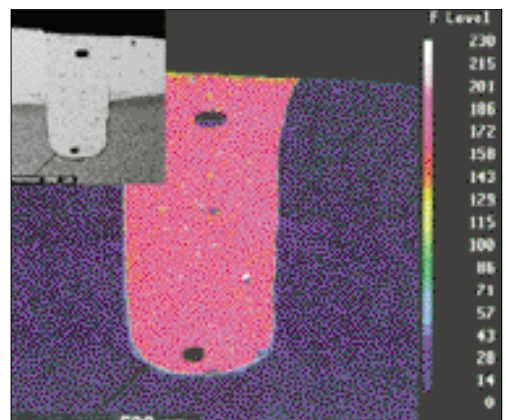


Fig. 14. EPMA view of Dyract AP® with dentin bonding adhesive.

Table 5. Measurement of fluoride distribution around cavity base of each group by image analyzer

| | Distance | Max. Distance |
|-----------|--------------|---------------|
| Group I | 432.6±59.4µm | 526µm |
| Group II | 68.6±49.2µm | 124µm |
| Group III | 153.4±78.8µm | 328µm |
| Group IV | 15.8± 6.9µm | 22µm |

Dyract AP[®]의 불소 침투 양상은 Fuji II LC[®]에 비해 매우 적었으며, Dyract AP[®]도 상아질 접촉제에 의해 방해를 받는 것으로 판단되었다(Fig. 12, 14).

IV. 총괄 및 고안

여러 학자들¹⁻³⁾에 의해서 알려진 바와 같이, 현재 소아치과 임상에서 널리 사용되고 있는 충전재료들 중 글라스 아이오노머 시멘트, 불소를 함유한 복합 레진, 불소 유리 치면 열구 전색제, 불소 함유 접착제 그리고 컴포머 등이 불소를 유리하는 것으로 알려져 있다. 충전 재료에 함유되어 있는 불소는 장기적으로 서서히 유리되면 인접 치질에 대한 항우식 효과를 나타내며^{4,5,14-18)}, 이는 구강 건강 관리가 미흡하고 식이 조절이 어려운 소아 환자의 충전재료로서 우선 선택되어져할 장점으로 여겨지고 있다.

여러 가지 충전재중 글라스 아이오노머는 이온 교환에 의해 법랑질, 상아질과 직접적인 화학 결합이 가능하며, 불소 유리, 치아 구조에 대한 생체 친화성이 우수하며, 다루기 쉽고, 심미적이며, 비교적 마모 저항성이 우수하며, 우수한 유지력 등 많은 장점을 가지고 있다¹⁹⁾.

최근 개발된 컴포머는 글라스 아이오노머의 단점을 보완하여 소아치과 임상의 새로운 재료로서 각광을 받고 있다. 복합 레진의 심미성과 글라스 아이오노머의 불소 유리 특성을 수용하였으며, 마모 저항성도 상당히 증가되었다^{6,20,21)}.

유리된 불소에 의한 항우식 효과에 대해서는 이미 많은 선행들의 연구가 있어 왔고 이에 대해서는 논쟁의 여지가 없으나, 각 재료로부터 유리된 불소가 치질 내로 침투하는 정도와 분포 등에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 이러한 점에 착안하여 소아치과 임상에서 많이 사용되고 글라스 아이오노머와 컴포머로부터 유리된 불소가 치질 내로의 침투 양상을 검증하고자 하였다.

전통적인 글라스 아이오노머로부터 유리되는 불소량에 대해서 Joop과 Jan²²⁾, Araujo 등²³⁾은 최대 100에서 10ppm 이하 까지 다양하게 나타난다고 하였으며, 레진-강화형 글라스 아이오노머의 경우 Forsten¹⁸⁾, Araujo 등²³⁾과 Strother 등²⁴⁾은 전통적인 글라스 아이오노머보다 낮아 대부분 50에서 7ppm 정도로 나타난다고 보고하였다. 본 연구에서 사용된 Fuji II LC[®]의 28일간 불소 유리량은 44.83±2.83ppm으로 기존 연구에서

보고된 값과 유사하며 이는 레진-강화형 글라스 아이오노머 중 불소 유리량이 비교적 높은 경우에 해당하며 본 연구에서도 이러한 이유로 Fuji II LC[®]를 선택하게 되었다. 불소 유리량이 많은 경우 치질 내 불소 침투가 용이할 것으로 판단하였으며 EPMA 분석 결과에서도 뚜렷한 양상을 관찰할 수 있을 것으로 기대하였다.

충전재로부터 유리된 불소의 변연 법랑질 및 인접 치아에 대한 항우식 효과에 대한 연구들을 살펴보면, 1987년 박과 양³⁾은 불소 함유 복합 레진으로부터 유리된 불소가 변연 치질의 불소 농도를 증가시키며 이로 인해 항우식 효과가 나타나한다고 보고하였으며, Forss와 Seppa²⁵⁾, Hattab 등²⁶⁾ 등, Tyas²⁷⁾는 글라스 아이오노머에서도 우수한 항우식 효과를 보인다고 보고하였으며, Friedl 등²⁸⁾은 항우식 효과는 불소에 의한 재광화 뿐만 아니라 우식 발생과 중요한 관련이 있는 Mutans Streptococcus의 수를 감소시킴으로써 얻는 결과라고 보고하였으며, 저자도 이를 뒷받침할 만한 연구들이 필요하다고 사료되었다.

앞에서 살펴본 바와 같이 글라스 아이오노머로부터 유리된 불소량과 항우식에 대한 견해는 어느 정도 일치하고 있으나, 컴포머의 불소유리 양상에 대해서는 좀 더 다양한 연구들이 진행되어져야 할 것으로 사료된다.

그러나 충전재료로부터 유리되는 불소가 치질로 전달되는 과정에서 어떠한 원인에 의해서 방해를 받는다면 불소 유리량과 무관하게 치질에 대한 항우식 효과를 기대할 수 없게 된다.

Mazzaoui 등¹⁰⁾은 상아질 결합제를 사용할 경우, 글라스 아이오노머로부터 유리되는 불소가 장애를 받을 뿐만 아니라, 칼슘 이온 등이 통과하지 못해 치질과의 직접적인 결합이 이루어지지 못하므로 오히려 방해 요인으로 작용할 수 있다고 주장하였으며, Pereira 등⁹⁾은 레진-강화형 글라스 아이오노머 충전시 레진 결합제를 사용할 경우 전단 결합 강도를 증가시킬 수 있다고 주장하였으나, 본 연구에서는 Fuji II LC[®]에서 다소 증가하는 양상을 보이기는 하였으나 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았으므로 적극 추천할 수 있는 것은 아니라고 사료되었다.

최근 레진 결합제에 의한 장애로 인해 불소 유리량이 영향을 받는지에 대한 논란이 계속되고 있다. 유리된 불소가 레진 결합제를 통과할 수 있는지에 대한 연구들이 Castro 등¹¹⁾, Ferracane 등¹³⁾과 Mazzaoui 등¹⁰⁾에 의해 진행되었다. 이들의 연구 결과를 살펴보면, 레진 결합제를 표면에 도포한 경우의 불소 유리량이 도포하지 않은 군에 비해 현저하게 감소하였다고 하였으며, 특히 28일간 Fuji II LC[®]로부터 유리된 불소량의 경우, 레진 결합제를 도포하지 않은 군에서 26.0±3ppm이었고, 도포한 군에서는 6.6±2ppm으로 나타나 레진 결합제 도포시 현격한 불소 유리량의 감소를 나타내었다고 하였다. 본 연구에서도 Fuji II LC[®]에 상아질 결합제를 도포하지 않은 군에서는 44.83±2.83ppm이었으나 도포한 군에서는 15.03±1.72ppm으로 불소 유리량이 현저하게 감소하는 양상을 나타내어 동일한 결과를 보여, 상아질 결합제에 의해 불소 유리량이 감소된다고 할 수 있었다.

이상의 결과에서처럼 Fuji II LC[®]에 대한 상아질 결합제의 사용이 결합력을 증가시켜 주지 못하고, 오히려 불소 유리량만 감소시킨다면 Fuji II LC[®]에 대한 상아질 결합제의 사용을 하지 말아야 할 것으로 사료되었다. 컴포머의 상아질 결합제 도포 유무에 대한 불소 유리량 측정 결과에 대한 선학들의 연구가 미비하여 비교할 수는 없었으나, Dyract AP[®]에서도 Fuji II LC[®]와 마찬가지로 불소 유리량이 13.17±1.67ppm에서 3.51±0.47ppm으로 감소하는 것으로 보아 불소 유리량이 감소하는 것을 알 수 있었으며, Fuji II LC[®]에서도 유사한 결과를 보였듯이 불소 유리가 완전히 차단되지는 않는 것을 알게 되었다.

치질 내 불소 함량을 측정하는 방법 중 파괴적인 방법으로는 불소 이온 전극을 이용하는 방법²⁹⁻³³⁾이나 Gas Chromatography^{34,35)} 등이 있으나 시편의 모양을 보존할 수 없어, 특정 부위의 불소 농도를 측정할 수 없고, 불소의 분포 범위를 확인할 수 없으며, 반복 실험이 불가능한 단점이 있다. 비파괴적인 방법으로 Electron Probe Microanalysis³⁶⁻³⁹⁾와 Proton-Induced Gamma-ray Emission Analysis⁴⁰⁻⁴²⁾ 등이 있으며 특정 부위의 원소 농도와 정확한 분포 양상을 파악할 수 있는 장점이 있다. EPMA에는 두 가지 시스템이 있는데, Line Scan만 가능한 Energy Dispersive Spectroscopy System의 경우 특정 부위에 대한 선분석만 시행할 수 있어 넓은 면적의 농도 분포를 알 수 없는 단점이 있으며, 본 연구에서 사용된 Wavelength Dispersive Spectroscopy System의 경우는 시편 표면의 특정 원소들의 분포와 농도를 정확하게 파악할 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 충전물 주위 상아질 내로의 불소 침투에 대한 분포와 농도를 알고자 하였으며, WDX 시스템은 이러한 연구 목적에 적합한 분석 시스템이었다. 불소는 원자량이 매우 작아 EPMA 분석시 4시간에서 7시간 정도의 시간이 소요되어, 원자량이 높은 칼슘이나 인보다 많은 시간이 소요되었다. Yamamoto 등³⁹⁾의 연구에서도 EPMA 분석법을 이용하여 와동 주위의 불소 농도 분포에 대한 2차원적 분석을 보고한 바 있는데, 본 연구 결과와 마찬가지로 상아-법랑 경계를 따라 넓게 퍼져나가는 양상을 보여 주었으며 와동 치수벽 하방에서 가장 깊게 침투하는 양상을 보여 주었다. 불소 농도는 4000에서 5000ppm정도 분포를 보였으나 본 연구에서는 이보다 훨씬 낮은 50에서 70ppm 정도의 분포를 보여 주어 많은 차이가 있지만, Yamamoto 등³⁹⁾의 연구에서는 치근이 건전한 제1소구치를 대상으로 하여 혈관 분포가 비교적 건전하게 남아 있어 상아질 내로의 수분 공급이 원활하였다. 또한 대상 치아를 불화나트륨으로 3일에 한 번씩 충전재에 재 도포해 주어 생리 식염수에 보 관하여 지속적인 불소 공급과 조절된 환경 속에서 충분한 불소 침투가 이루어 졌을 것으로 사료되지만, 본 연구에서는 대상 치아를 교환 시기에 있는 제2유구치로 선정하여 이미 치수의 기능이 상실되고, 상아질내 수분 손실이 상당 부분 일어났을 것으로 생각되었다. 결과적으로 추가적인 불소 공급 없이 처음 수복된 Fuji II LC[®]의 불소만이 상아질 내로 침투되어 이렇게 커다란 차이를 보였을 것으로 생각되지만, 실험실 연구가 아닌

생체 연구라는 점에 큰 의의가 있을 것으로 생각되었다. 그러나 대상 치아의 구강내 보존 기간을 늘리고, 지속적인 불소 공급에 대한 조건 등을 보완한 연구가 계속 진행되어야 할 것으로 사료되었다.

본 연구는 상아질 결합재가 충전재로부터 유리되는 불소량에 영향을 주는지 여부와 유리된 불소가 치질 내로 어떻게 침투하는지에 대한 의문을 가지고 시작하였으며, 여러 가지 미비한 연구 여건과 보완되어야 할 사항들이 많았지만, 분명한 것은 상아질 결합제의 무분별한 사용은 오히려 치질 내 불소 침투를 방해한다고 생각되며, 유리된 불소는 법랑질보다는 상아질 내로 깊고 넓게 침투한다고 할 수 있다.

V. 결 론

레진-강화형 글라스 아이오노머와 컴포머를 대상으로 상아질 결합재가 불소 유리량과 진단 결합 강도에 미치는 영향에 대한 실험실 연구를 진행하여 분석하고, 각 재료로부터 유리된 불소의 치질 내 침투 양상을 알아보기 위하여 교환 시기에 있는 제2유구치를 대상으로 충전하고 3주내에 발거하여 EPMA 관찰한 후 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 불소 유리량 비교 결과 상아질 결합제를 도포하지 않은 Fuji II LC[®]가 가장 높은 불소 유리량을 상아질 결합제를 도포하지 않은 Dyract AP[®], 상아질 결합제를 도포한 Fuji II LC[®], 상아질 결합제를 도포한 Dyract AP[®]순으로 낮아졌으며, 각 군간의 통계학적 유의차를 보였다 (p<0.05).
2. 결합 강도 비교 결과 상아질 결합제를 도포하지 않은 Fuji II LC[®]와 상아질 결합제를 도포한 Fuji II LC[®]간에는 통계학적 유의차가 없었으며, 상아질 결합제를 도포한 Dyract AP[®]에서 가장 높은 결합 강도를 보였지만 상아질 결합제를 도포하지 않은 Dyract AP[®]에서는 진단 결합 강도를 측정할 수 없었다.
3. 치질 내 불소 침투 양상을 분석하기 위한 EPMA 관찰 결과, 상아질 결합제를 도포하지 않은 Fuji II LC[®]가 상아-법랑 경계 하방에서 가장 넓고 깊게 침투하였으며, 상아질 결합제를 도포한 Dyract AP[®]에서는 치질 내 불소 침투가 매우 미약하였다.

참고문헌

1. Phillips RW, Swartz M : Effect of certain restorative materials on solubility of enamel. J Am Dent Assoc 54:623, 1957.
2. 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(2):117-123, 1993.

3. 박영준, 양홍서 : 불소방출 레진의 합성과 충전된 치질내의 불소 농도 변화에 관한 연구. *대한치과기재*, 14(1):35-54, 1987.
4. Hotta M, Aono M : Adaptation to the cavity floor of the light-cured glass ionomer cement base under a composite restoration. *J Oral Rehabil* 21:679-685, 1994.
5. Pereira PN, Yamada T, Inohoshi S, Burrow MF : Adhesion of resin-modified glass ionomer cements using resin bonding systems. *J Dent* 26:479-485, 1998.
6. McDoDonald RE, Avery DR : *Dentistry for the child and adolescent*, 7th. Mosby, St. Louis, 360-362, 2000.
7. Lavis JF, Peters MCRB, Mount GJ : In vitro changes to Dyract compomers restorative immersed various media. *J Dent Res* 74:491(Abs. 727), 1995.
8. Peutzfeldt A, Garcia-Godoy F, Amunsen E : Surface hardness & wear of glass ionomers and compomers. *Am J Dent* 10:15-17, 1997.
9. Pereira PN, Yamada T, Inohoshi S, Burrow MF : Adhesion of resin-modified glass ionomer cements using resin bonding systems. *J Dent* 26:479-485, 1998.
10. 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.
11. Castro GW, Gray SE, Buikema DJ, Reagan SE : The effect of various surface coatings on fluoride release from glass ionomer cements. *Oper Dent* 19:194-198, 1994.
12. 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.
13. Ferracane JL, Mitchem JC, Adey JD : Fluoride penetration into the hybrid layer from a dentin adhesive. *Am J Dent* 11:23-28, 1998.
14. DeSchepper EJ, Berry EA, Cailleateau JG, Tate WH : A comparative study of fluoride release from glass-ionomer cements. *Quint Int* 22:215-220, 1991.
15. Swartz ML, Phillips RW, Clark HE : Long-term fluoride release from glass ionomer cements. *J Dent Res* 63:158, 1984.
16. Wilson AD, Groffman DM, Kuhn AT : The release of fluoride and other chemical species from glass ionomer cement. *Biomaterials* 6:431-433, 1985.
17. Grobler SR, Rossouw RJ, VanWykKotze TJ : A comparison of fluoride release from various dental materials. *J Dent* 26:259-265, 1998.
18. Forsten L : Resin-modified glass ionomer cements : fluoride release and uptake. *Acta Odontol Scand* 53:222-225, 1995.
19. Mount G : Glass-ionomer cements: past, present and future. *Oper Dent* 19:82-90, 1994.
20. Lavis JF, Peters MCRB, Mount GJ : In vitro changes to Dyract compomers restorative immersed various media. *J Dent Res* 74:491(Abs. 727), 1995.
21. Peutzfeldt A, Garcia-Godoy F, Amunsen E : Surface hardness & wear of glass ionomers and compomers. *Am J Dent* 10:15-17, 1997.
22. Joop A, Jan R : Fluoride release from a composite resin. *Quint Int* 19:513-514, 1988.
23. Araujo FB, Garcia-Godoy F, Cury JA, Conceio EN : Fluoride release from fluoride-containing materials. *Oper Dent* 21:185-190, 1996.
24. Strother JM, Kohn DH, Dennison JB, Clarkson BH : Fluoride release and re-uptake in direct tooth colored restorative materials. *Dent Mater* 14:129-136, 1998.
25. Forss H, Seppa L : Prevention of enamel demineralization adjacent to glass ionomer filling materials. *Scan J Dent Res* 98:173-178, 1990.
26. Hattab FN, El-Mowafy OM, Salem NS, El-Badrawy WA : An in vivo study on the release of fluoride from glass-ionomer cement. *Quint Int* 22:221-224, 1991.
27. Tyas MJ : Cariostatic effect of glass ionomer cements : a five-year clinical study. *Aust Dent* 36:236-239, 1991.
28. Friedl KH, Schmalz G, Hiller KA, Shams M : Resin-modified glass ionomer cements : fluoride release and influence on *Streptococcus mutants* growth. *Eur J Oral Sci* 105:81-85, 1997.
29. McCann HG : Determination of fluoride in mineralized tissues using the fluoride ion electrode. *Arch Oral Biology* 13(4):475-477, 1968.
30. Larsen MJ, Kold M, von der Fehr FR : A modified enamel biopsy method from fluoride studies. *Caries Res* 6(3):193-202, 1972.
31. Weatherell JA, Robinson C, Strong M, Nakagaki H : Micro-sampling by abrasion. *Cares Res* 19(2):97-102, 1985.
32. Ikemi T, Koulouride T : Abrasion biopsy in studies

- of mineral density of experimental enamel lesions. *J Dental Res* 67:508-514, 1988.
33. Temin SC, Csuros Z, Mellberg JR : Fluoride uptake from a composite restorative by enamel. *Dent Mater* 5(1):64-5, 1989.
34. Munksgaard EC, Bruun C : Determination of fluoride in superficial enamel biopsies from human teeth by means of gas chromatography. *Arch Oral Biology* 18(6):735-744.
35. Bruun C, Givskov H : Calcium fluoride formation in enamel from semi- or low-concentrated F⁻ agents in vitro. *Caries Res* 27(2):96-99, 1993.
36. Besic FC, Knowles CR, Wiemann MR Jr, Keller O : Electron probe microanalysis of noncarious enamel and dentin and calcified tissues in mottled teeth. *J Dent Res* 48(1):131-139.
37. Hals E, Selvig KA : Correlated electron probe microanalysis and microradiography of carious and normal dental cementum. *Caries Res* 11(1):62-75, 1977.
38. Chu JS, Fox JL, Higuchi WI, Nash WP : Electron probe micro-analysis for subsurface demineralization and remineralization of dental enamel. *J Dent Res* 68(1):26-31, 1989.
39. Yamamoto H, Iwami Y, Unezaki T, Tomii Y, Tuchitani Y : Fluoride uptake around cavity wall: two-dimensional mapping by electron probe microanalysis. *Oper Dent* 25:104-112, 2000.
40. Nelson DG, Coote GE, Shariati M, Featherstone JD : High resolution fluoride profile of artificial in vitro lesions treated with fluoride dentifrices and mouthrinses during pH cycling conditions. *Caries Res* 26(4):254-262, 1992.
41. Pearce EI, Coote GE, Larsen MJ : The distribution of fluoride in carious human enamel. *J Dental Res* 74(11):1775-1782, 1995.
42. Shu M, Pearce EI, Sissons CH, Coote GE, Miller JH : Fluoride distribution in sound and carious root tissue of human teeth. *Caries Res* 32(4):239-246, 1998.

Abstract

A STUDY ON THE EFFECT OF DENTIN ADHESIVE TO FLUORIDE RELEASE OF COMPOMER

Yeo-Sang Yoon, Jong-Soo Kim, Soon-Won Kwon, Yong-Kee Kim

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Dankook Univeristy

It is well known that glass-ionomer cement and compomer can release fluoride which can inhibit the progression of dental caries. The purposes of this study were to evaluate whether the fluoride from fluoride-containing filling materials can penetrate the dentin bonding adhesive and the dentin bonding adhesive can increase the bond strength of resin-modified glass ionomer.

The amount of fluoride release from resin-modified glass ionomer and compomer was measured during 28 days of period and statistically analyzed by t-test. The bond strength of each material with/without dentin bonding adhesive was measured and also statistically analyzed by t-test.

The distribution of fluoride from each material into the tooth was explored by electron probe microanalysis system(EPMA). The experimental teeth used were second primary molars about to exfoliate.

The amount of fluoride release from each material was diminished by dentin bonding adhesive during 28 days($p < 0.05$) and the bond strength was not increased by dentin adhesive in resin-modified glass ionomer. The bond strength of group VI was not detectable.

The distribution of fluoride from each material into teeth was according to dentino-enamel junction and dispersed into pulp from pulpal floor. The widest distribution was shown in resin-modified glass ionomer cement filled without the application of dentin bonding adhesive.

Key words : Electron Probe Microanalysis, Dentin bonding adhesive, Fluoride release, Compomer, Glass ionomer