

## 교합면을 포함하지 않는 2급 글래스 아이오노머 시멘트 수복물의 변연누출

부산대학교 치과대학 치과보존학교실

이영란 · 허 복 · 이희주

Abstract

### MARGINAL LEAKAGE OF CLASS 2 GLASS-IONOMER CEMENT RESTORATIONS NOT INVOLVING OCCLUSAL SURFACE

Young-Ran Lee, Bock Hur, Hee-Joo Lee

*Dept. of Dentistry, Graduate School, Pusan National University*

The microleakage of direct-access Class 2 restorations was evaluated. Cavities were prepared at mesial and distal proximal enamel surfaces of 20 extracted human molars through buccal window. Prepared cavities were filled with Ketac-Fil, Ketac-Silver, and Fuji II LC, following manufacturer's instructions. 4 specimens of each restorations were made through sectioning 1/4 of bucco-lingual length mesio-distally after thermocycling between 5°C and 60°C and imerging 0.5% basic-fuchsin dye solution. Leakage at both occlusal and gingival margin of each specimen was scored 0 to 3 with stereomicroscope. The results were as follows:

1. At occlusal margin, leakage in Ketac-Fil group was more than Ketac-Silver and Fuji II LC group(ANOVA  $p < 0.05$ ) and there was no significant difference between Ketac-Silver and Fuji II LC group( $p > 0.05$ ), and at gingival margin, there was no significant difference among materials( $p > 0.05$ ).
2. Occlusal margin leaked more than gingival margin in Ketac-Silver and Fuji II LC group(t-test  $p < 0.05$ ).
3. Leakage was different according to bucco-lingual location in Ketac-Fil and Fuji II LC group, and lingual specimen exhibited more leakage(ANOVA  $p < 0.05$ ).

## I. 서 론

변연 용선이 undermining되지 않은 얇은 인접면의 우식을 가진 구치를 수복할 때 치질을 최대한 보존하는 와동 형성은 direct-access를 통해 얻어진다. 구치의 인접면 우식의 수복에 있어 이러한 접근은 교합면을 포함하는 전형적인 2급 와동이나 다른 유형의 교합면을 통한 접근보다 교합면과 변연 용선의 치질을 더 많이 보존하는 이점이 있다<sup>1,2)</sup>.

이 수복 방법은 3급 와동의 수복과 유사하지만 인접치가 건전한 구치에 있어서 협측이나 설측(구개측)의 window를 통한 와동의 형성과 충전은 시야의 확보와 접근이 어려워 임상에서 사용에 제한을 받는다. 인접치를 손상시키지 않으면서 우식병소를 완전히 제거하여야 하고 matrix와 wedge를 사용하여 operation field를 적절히 유지하면서 협측이나 설측의 window를 통한 와동 전체의 균일한 충전이 이루어져야 한다. 이러한 술식의 어려움은 수복물의 변연 누출을 야기할 수 있으며 수복물의 변색, 수복물의 붕괴를 야기할 수 있는 문제를 가지므로 누출을 최소화하는 것이 임상 과정에서 중요하다.

글래스 아이오노머 시멘트는 치질과 화학적으로 접착하고 열팽창계수가 치질과 유사하여 미세누출이 적고, 용적의 변화가 적으며, 경화반응동안 열생성이 없고, 불소를 장기간 유리하여 재발우식을 막고, 생체적합성이 우수한 장점을 가지며 취급의 특성에 있어 이러한 수복에 적절히 사용될 수 있다<sup>3,6)</sup>. 재래의 글래스 아이오노머 시멘트는 경화초기에 탈수나 수분접촉에 민감하고 작업시간이 짧고 경화시간이 길며 방사선투과성, 마모저항성이 낮은 단점을 가진다<sup>3)</sup>. 이러한 단점을 보완하기 위해 글래스 아이오노머 시멘트에 무기성분을 첨가한 glass cermet cement가 개발되어 마모저항성이 증가되고 구강내 용해성이 감소되었으며 방사선투과성이 증가되어 인접면 수복에 널리 사용되고 있다<sup>7-9)</sup>. 그 후 개발된 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트는 글래스 아이오노머 시멘트의 폴리아크릴산에 레진성분을 첨가한 것으로 경화시간이 짧고, 충전후 즉시 마무리할 수 있고 초기경화에서 기계적 성질이 우수하며 특히 탈수시 나타나는

화학중합형의 표면균열이 상당히 감소되고 물에 대한 예민성이 감소되어 임상에서 사용이 증가되고 있다<sup>10-12)</sup>.

이 실험에서는 협측 window를 통해 형성된 와동을 대상으로 조성과 경화방식이 다른 세 가지의 글래스 아이오노머 시멘트(화학중합형인 silver cermet ionomer와 재래형 글래스 아이오노머 시멘트, 그리고, 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트)를 사용하여 수복하고 변연 누출의 정도를 수복재료에 따라, 변연 협설 위치에 따라 비교하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험재료

발거된 상, 하악 대구치 20개를 실험대상치로 사용하였다. 수복재료는 silver-cermet ionomer인 Ketac-Silver, 화학중합형 글래스 아이오노머 시멘트인 Ketac-Bond과 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트인 Fuji II LC를 사용하였다.

### 2. 실험방법

발거된 상, 하악 대구치중에서 dentiform의 치아와 형태가 유사하고 인접면이 건전한 20개의 치아를 선택하였다.

#### 1) 와동의 형성

Dentiform의 대구치 대신 발거된 치아를 식립하고 alginate로 인상을 채득한 후 치아를 위치시키고 경석고를 부어 와동 형성을 위한 20개의 cast를 제작하였다.

각 치아의 근심과 원심에 협면에서 각각 window를 형성하여 교합면을 포함하지 않는 2급와동 40개를 고속 #4 bur와 #557 bur를 사용하여 형성하였다. 와동의 폭은 2mm, 깊이는 2mm, 협설에 이르는 길이는 설측 치간공극에 이르도록 하고 초기 인접면 우식병소를 재현하기 위해 교합측, 치은측 와동변연은 모두 법랑질에 위치하도록 하였다.

#### 2) 와동의 충전

와동의 형성후 cast로부터 치아를 제거하고 dentiform에 재식립한 후 무작위로 10개씩 선택하여 두 군으로 나누었다. 한 군은 근심측 와동은 Ketac-Silver로, 원심측 와동은 Ketac-Bond로 충전하

였고, 다른 군은 근심측 와동은 Ketac-Silver로, 원심측 와동을 Fuji II LC로 충전하였다.

충전과정은 협측 window를 통해 드러난 상아질 면을 GC dentin conditioner로 처리하고 0.0015 inch metal matrix band를 가장자리가 약간만 협면의 와연선각너머로 위치되도록 장착한 후 wedge를 삽입하고 각 재료를 제조자의 지시에 따라 적용하였다.

화학중합형 글래스 아이오노머인 Ketac-Silver, Ketac-Fil은 충전후 15분이 경과한 후, 광중합형 글래스 아이오노머인 Fuji II LC는 협측과 교합측에서 각각 40초씩 광조사후 embrasure내 여분의 시멘트를 fine diamond finishing bur로 다듬고 인접면의 finishing은 polishing-strip을 사용하여 완성하였다.

3) thermocycling

충전이 완료된 치아는 dentiform으로부터 제거하여 5°C와 60°C의 water bath에 번갈아 각 30초씩 100회의 thermocycle을 시행하였다.

4) 색소의 침투

치근을 paraffin wax로 coating하고 수복물 변연으로부터 1mm를 포함한 부위를 제외한 전 치면에 nail varnish를 2회 도포한 후 24시간 동안 실온의 0.5% basic fuchsin dye 용액에 담귀 두었다.

5) 절편의 제작 및 현미경 관찰

염색 용액에서 꺼낸 치아의 wax coating을 제거하고 흐르는 물로 충분히 씻은 후 근원심 방향으로 와동의 협설길이의 1/4, 2/4, 3/4 지점을 지나게 저속 diamond disk로 물을 분사하면서 절단하

여 각 와동당 네 개의 절편(buccal, midbuccal, midlingual, lingual)을 얻었다. 따라서, 각 재료군에 따라 Ketac-Silver군 80개, Ketac-Fil군 40개, Fuji II LC군 40개의 절편을 얻었다.

입체현미경(X20)으로 절편의 변연누출을 관찰하고 교합측 변연과 치은측 변연의 색소침투의 정도를 다음의 기준에 따라 결정하였다.

0 - 염색용액의 침투가 전혀 없는 경우

1 - 염색용액이 교합면벽과 치은면벽에 침투하였으나 측면벽에 도달하지 않은 경우

2 - 염색용액이 측면벽에 침투하였으나 치수쪽으로의 상아질을 통한 침투는 없는 경우

3 - 염색용액의 침투가 진행하여 치수쪽으로의 상아질을 포함하는 경우

III. 연구결과

1. 재료에 따른 변연 누출의 정도 비교

1) 교합측 변연

각 재료에 따라 색소 침투도의 평균을 비교하였을 때(표 1, 그림 1) Ketac-Silver군의 누출도가 가

Table 1. Leakage score of material groups at occlusal margin

	specimens	mean	variance
Ketac-Silver	80	0,048	0,079
Ketac-Fil	40	0,355	0,437
Fuji II LC	40	0,059	0,057

(ANOVA p<0,05)

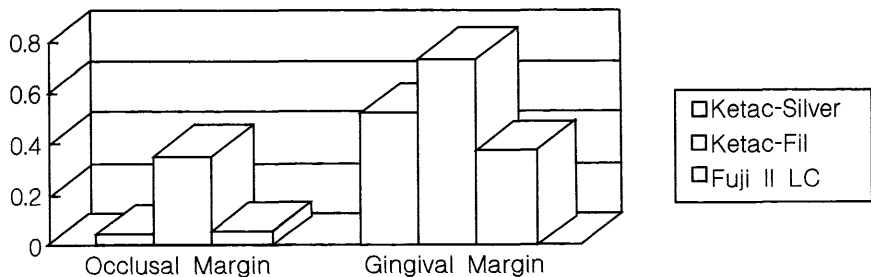


Fig. 1. Mean marginal leakage score of material groups

Table 2. Scheffe test of occlusal margin

	Ketac-Silver	Ketac-Fil	Fuji II LC
Ketac-Silver			
Ketac-Fi	*		
Fuji II LC		*	

( $p < 0.05$ , \* : statistically significant)

장 낮고 Fuji II LC, Ketac-Fil 순으로 수치가 커졌다. ANOVA와 Scheffe test결과 Ketac-Fil군은 Fuji II LC군과 Ketac-Silver군보다 누출이 컸고( $p < 0.05$ ) Ketac-Silver군과 Fuji II LC군 사이에는 유의성 있는 차이를 보이지 않은 것으로 나타났다( $p > 0.05$ ) (표 2).

2) 치은측 변연

각 재료에 따른 색소 침투도의 평균을 비교했을 때 (표 3, 그림 1) 통계적으로 유의성있는 차이를

Table 3. Leakage score of material groups at gingival margin

	specimens	mean	variance
Ketac-Silver	80	0.516	0.844
Ketac-Fil	40	0.742	0.865
Fuji II LC	40	0.381	0.606

(ANOVA,  $p > 0.05$ )

보이지 않았다.(ANOVA,  $p > 0.05$ )

2. 각 재료군내의 교합측 변연과 치은측 변연의 누출의 정도 비교

각 재료군내의 교합측 변연과 치은측 변연의 염색 용액의 침투도를 t-test를 시행하여 비교한 결과(표 4) Ketac-Silver군, Fuji II LC군은 교합측에서 치은측보다 누출이 작았고 Ketac-Fil군은 유의할 차이를 보이지 않았다.

Table 4. Results of t-test of leakage score

	Ketac-Silver *	Ketac-Fil	Fuji II LC *
occlusal mean score	0.048	0.355	0.058
gingival mean score	0.516	0.742	0.381
P-value	0.0002	0.0642	0.0259

( $p < 0.05$ , \* statistically significant)

Table 5. Leakage score of occlusal margin

	Buccal		Midbuccal		Midlingual		Lingual	
	mean	variance	mean	variance	mean	variance	mean	variance
Ketac-Silver	0	0	0.06	0.06	0.12	0.25	0	0
Ketac-Fil *	0	0	0.13	0.13	0.38	0.27	1	1
Fuji II LC	0	0	0.1	0.1	0.1	0.11	0	0

( $p < 0.05$ , \* statistically significant)

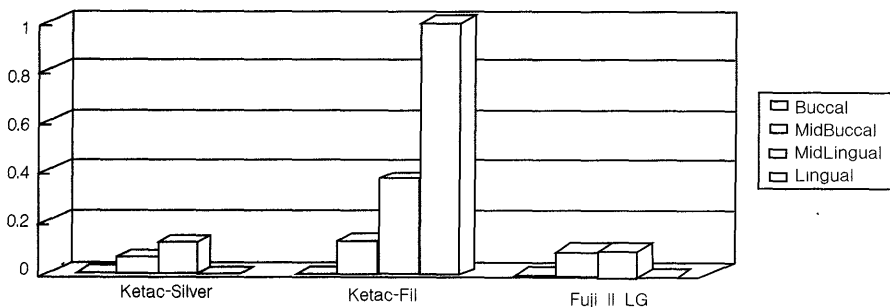


Fig 2. Mean leakage score at different bucco-lingual location of occlusal margin

Table 6. Leakage score of gingival margin

	Buccal		Midbuccal		Midlingual		Lingual	
	mean	variance	mean	variance	mean	variance	mean	variance
Ketac-Silver	0,5	1,04	0,19	0,29	0,81	1,23	0,56	0,79
Ketac-Fil	0,5	0,86	0,5	0,57	1,1	0,98	0,86	1,14
Fuji II LC *	0	0	0	0	0,56	0,78	0,89	1,11

( $p < 0,05$ , \* statistically significant)

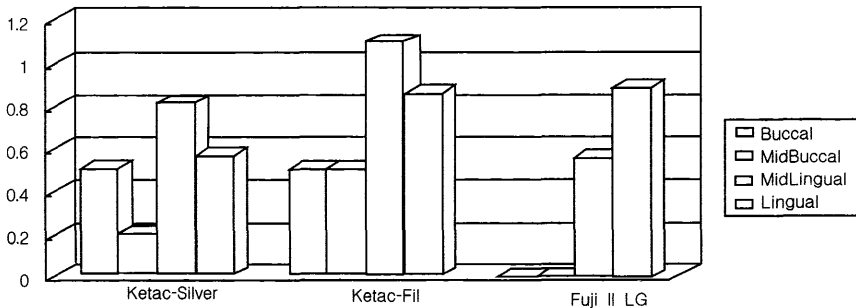


Fig. 3. Mean leakage score at different bucco-lingual location of gingival margin

### 3. 각 재료군내의 변연의 협설 위치에 따른 누출의 정도

#### 1) 교합측 변연

교합측 변연에서 협설 위치에 따른 염색 용액의 침투도는 표 5, 그림 2와 같다. ANOVA(유의수준 0.05)를 사용하여 통계분석한 결과 다른 군에서는 유의할 차이를 보이지 않았으나 Ketac-Fil군에서는 차이를 보였으며 염색 용액의 침투도의 평균치가 협측에서 설측으로 갈수록 증가하였다. Scheffe test를 통한 사후검증 결과 buccal specimen과 lingual specimen간에는 유의할 차이가 있는 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ).

#### 2) 치은측 변연

치은측 변연에서 협설 위치에 따른 염색 용액의 침투도는 표 6과 그림 3과 같다. ANOVA를 사용하여 통계분석한 결과 다른 군에서는 유의할 차이를 보이지 않았으나 Fuji II LC군에서는 협설 위치에 따라 유의할 차이를 보였다.

## IV. 총괄 및 고안

협측 window를 통한 교합면을 포함하지 않는 2

급 와동에서 세 종류의 글래스 아이오노머 시멘트 재료간의 누출을 비교하였을 때, 치은측 변연에서는 세 종류 모두 유의할 차이를 보이지 않았지만, 교합측 변연에서는 Ketac-Silver와 Fuji II LC사이에는 유의할 차이가 없었지만 Ketac-Fil은 이들 두 재료보다 누출이 큰 것으로 나타났다. 이전의 5급 와동에 대한 글래스 아이오노머 시멘트 수복물의 누출에 관한 연구에서는 Thornton<sup>13)</sup>은 Ketac-Fil과 Ketac-Silver의 경우 두 재료 모두 현저한 누출을 보였으나 두 재료간 차이는 없는 것을 보고했고 이는 Ketac-Fil의 법랑질과 상아질에 대한 결합력이 Ketac-Silver보다 약간 크지만, 글래스 아이오노머 시멘트의 치질과의 결합은 약한 것으로 50°C가 넘는 온도차의 thermocycling에 의해 결합에 분리가 일어나기 때문이라고 생각하였다. Thermocycling이 글래스 아이오노머 시멘트 수복물의 변연 누출에 미치는 영향에 관해서는 상반된 견해가 있는데 Thornton<sup>13)</sup>과 Arcoria<sup>14)</sup>는 thermocycling이 치질과 수복물간 결합을 약화시킴을 보고했고 Chan<sup>15)</sup>은 thermocycling이 누출에 큰 영향을 주지는 못하며 cycling의 횟수에 있어 thermal stress는 누출에 미치는 영향이 급속하게 나타나므로 횟수의 증가에

따른 변화는 거의 없다고 하였고 Doerr의 연구<sup>16)</sup>에서도 thermocycling이 누출에 미치는 영향은 없는 것으로 나타났다. Ketac-Silver와 Ketac-Fil 간의 누출의 차이는 Cooley에 의한 다른 연구<sup>17)</sup>에서도 없는 것으로 나타났는데 Ketac-Silver는 첨가된 40%의 silver particle로 인해 약간 점성이 높아지지만 이것에 의한 누출의 증가는 없었다. 이러한 조성의 변화는 수복물의 경화반응을 촉진시키고 수분에 대한 민감성을 낮추므로 표면의 crack형성이 줄기 때문에 본 실험의 결과는 Ketac-Fil보다 누출이 적은 것으로 나타났다. 세 재료중 Ketac-Fil은 수복물 자체가 전체적으로 염색되는 경향이 뚜렷이 나타났는데 이는 수복물 표면의 다수의 crack과 crazing에 의한 것이다. Kaplan<sup>18)</sup>의 글래스 아이오노머 시멘트와 레진의 미세누출 비교에서도 재래의 글래스 아이오노머 시멘트 수복물 자체의 염색현상이 나타남을 보고하였고 최근에 도입된 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트와 재래의 아이오노머 시멘트와의 비교연구에서 Puckett등<sup>19)</sup>도 Ketac-Fil의 염색현상을 보고하였다. 수복물의 crack과 crazing에 의한 이러한 염색 현상은 Ketac-Silver와 Fuji II LC에서는 거의 나타나지 않았다.

광중합형 글래스 아이오노머 시멘트와 재래의 글래스 아이오노머 시멘트의 변연누출을 비교한 연구들을 보면 Puckett<sup>19)</sup>은 Fuji II LC가 Ketac-Fil보다 누출이 큰 것을 보고했고 Brackett<sup>20)</sup>과 Crim<sup>21)</sup>은 두 재료간 차이가 없음을 보고하여 레진성분이 10%정도 첨가된 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트는 복합레진에 중합수축에 의한 미세누출의 뚜렷한 경향을 보이는 것과는 달리 재래형 글래스 아이오노머 시멘트와 누출의 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 본 실험에서는 재래형 글래스 아이오노머 시멘트인 Ketac-Fil보다 유의성있게 누출이 작았으며 이것은 초기 광조사에 의한 중합으로 수복물 표면의 crack이 감소된 것에 의한 것으로 생각된다.

각 재료군내 교합측 변연과 치은측 변연의 누출을 비교했을 때 Ketac-Fil은 유의할 차이를 보이지 않았고 Ketac-Silver와 Fuji II LC는 교합측 변연보다 치은측 변연에서 누출이 더 큰 것으로 나타났다. 대부분의 글래스 아이오노머 시멘트의 변연 누

출에 관한 연구에서 교합측 변연이 법랑질에 위치할 때 상아질이나 법랑질에 위치하는 치은측 변연보다 누출이 적은 것으로 보고되었는데 글래스 아이오노머 시멘트의 법랑질에 대한 결합력이 상아질에 대한 결합력보다 큰 데 기인한다. 법랑질은 상아질이나 백악질보다 조성에 있어 많은 무기질을 함유하며 글래스 아이오노머 시멘트는 법랑질의 더 많은 이온과 결합하여 더 강한 결합을 하게 되고 약한 상아질과의 결합은 글래스 아이오노머 시멘트가 용적의 변화가 작지만 3-4% 정도의 경화시 생기는 수축에 의해 분리가 일어난다<sup>22)</sup>. 본 실험에서는 초기 우식 병소의 재현을 위해 교합측 변연과 치은측 변연이 모두 법랑질에 위치하였지만 교합측 변연에서 누출이 더 적은 것으로 나타났는데 법랑질이 치경부 쪽으로 갈수록 얇아지는 데 기인한 것으로 생각된다. Fuks등<sup>23)</sup>은 유구치 2급 와동에서 글래스 아이오노머 시멘트 수복후 치은측 변연의 누출을 평가했는데 변연이 법랑질에 위치했음에도 Ketac-Silver의 사용시 70%에서 누출이 있었으며 이것은 거의 누출이 없는 영구치와 유의할 차이를 보이는 것으로 그 원인을 법랑소주의 방향이 다른 것 또는 법랑질이 성인에서 보다 얇기 때문인 것으로 생각하였다. Ketac-Fil은 교합측 변연과 치은측 변연의 누출의 차이를 보이지 않았는데, 이것은 충전하는 동안과 초기 경화동안 수분에 민감하고 경화후 탈수에 의한 crack과 crazing으로 인해 변연을 통한 미세누출보다 수복물 자체의 균열을 통한 염색액의 침투에 의한 것으로 생각되며 수복물의 균열은 변연 누출과 마찬가지로 외부 물질의 유입 통로가 되어 수복물의 실패를 초래하게 되므로 임상에서 사용할 때 고려해야 할 것이다.

각 재료군내의 변연의 협설 위치에 따른 누출의 평가에서 Ketac-Fil의 교합측 변연과 Fuji II LC의 치은측 변연에서 협측보다 설측이 누출이 더 큰 것은 협측 window를 통한 와동형성과 충전의 어려움과 관계되는 것으로 생각된다. Aboush<sup>20)</sup>는 형성된 와동내면의 표면이 거칠수록 글래스 아이오노머 시멘트의 법랑질과 상아질에 대한 결합력이 감소함을 보고했다. 또, 상아질의 표면에 대한 polyacrylic acid의 처리는 smear layer를 제거함으로써 치질과 긴밀한 접촉으로 누출을 감소시키는 것으

로 알려져 있다<sup>26)</sup>. 협착 window를 통한 와동의 형성에 있어 설측으로 갈수록 기구의 접근이 어려워 와동 내면과 cavosurface margin이 불규칙하며, dentin conditioner의 적용도 어려워지므로 치면에 대한 글래스 아이오노머 시멘트의 결합력이 감소하는 것으로 생각된다. 이러한 접근 방식은 충전재의 삽입에도 어려움을 야기하며 와동 전면에 걸친 긴밀한 접착의 실패로 현미경 관찰에서 몇 절편에서 수복재의 와동 내부에 void가 나타난 것이 현미경 관찰에서 확인되었다. 이러한 현상은 Wilkie<sup>27)</sup>의 2급 와동의 다른 유형인 occlusal tunnel preparation에 관한 연구에서 보고된 와동의 형성과 충전재 삽입시의 접근의 어려움으로 void와 불완전 충전을 야기하여 누출이 생기는 경우와 유사하였다.

본 연구결과는 글래스 아이오노머 시멘트를 사용하여 이러한 와동을 수복할 때 접근의 어려움이 변연 누출을 야기할 수 있고 재래의 글래스 아이오노머 시멘트는 표면의 균열로 인한 누출이 있으므로 이러한 단점을 개선한 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트나 silver cermet ionomer를 사용하는 것이 더 유리함을 보여주었다. 게다가, 이들은 재래형보다 인접면 마모에 대한 저항성이 더 큰 장점이 있고 방사선 불투과성이며 재래의 글래스 아이오노머 시멘트가 지니는 다른 우수한 장점을 모두 가지고 있다. 불소의 장기간 유리는 변연 누출에 의해 생길 수 있는 이차우식의 가능성을 줄이고 최근 연구<sup>4)</sup>에서 나타난 것처럼 인접치의 우식을 예방하고 재광화를 촉진시키는 역할을 하므로 이러한 수복에서는 가장 적합한 것으로 생각된다.

## V. 결 론

발거된 대구치에 교합면을 포함하지 않는 2급 와동을 형성하고 3종류의 글래스 아이오노머로 충전하고 각각 교합측 변연과 치은측 변연에서 변연 누출 정도를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 교합측 변연에서 Ketac-Fil군은 Ketac-Silver군과 Fuji II LC군보다 누출이 컸고( $p < 0.05$ ) Ketac-Silver군과 Ketac-Fil군 간에는 유의할 차이를 보이지 않았으며( $p > 0.05$ ), 치은측 변연에

서는 세 재료 모두 유의할 차이를 보이지 않았다( $p > 0.05$ ).

2. Ketac-Silver군과 Fuji II LC군에서 교합측 변연이 치은측 변연보다 누출이 적었다( $p < 0.05$ ).
3. Ketac-Fil의 교합측 변연과 Fuji II LC군의 치은측 변연에서 변연의 협설 위치에 따라 누출 정도의 차이가 있었으며 설측이 더 컸다 ( $p < 0.05$ ).

## 참고문헌

1. T. P. Croll: Lateral-access Class II restoration using resin-modified glass-ionomer or silver-cermet cement, *Quintessence Int* 26:121-126, 1995
2. G. J Mount: An Atlas of Glass ionomer cements: A Clinician's Guide, B.C. DECKER pp86-90, 97-99, 1990
3. J. W. Mclean: Glass-ionomer cements, *Br Dent J* 164:293-299, 1988
4. J. H. Berg, K. J. Donly, and W. R. Posnick: Glass ionomer-silver rest.: a demineralization-remineralization concept, *Quintessence Int* 19:639-641, 1988
5. M. L. Swartz, R. W. Phillips, and H. E. Clark: Long-term F Release from glass ionomer cements, *J Dent Res* 63(2):158-160, 1984
6. E. J. Swift: Effects of glass ionomers on recurrent caries, *Oper Dent* 14:40-43, 1989
7. J. W. Mclean, O. Gasser: Glass-cermet cements, *Quintessence Int* 5:333-343, 1985
8. A.W.G.Walls et al: The properties of a glass polyalkenoate (ionomer) cements incorporating sintered metallic particles, *Dent Mater* 3:113-116, 1987
9. T. P. Croll, R. W. Phillips: Six years' experience with glass-ionomer-silver cermet cement, *Quintessence Int* 22:783-793, 1991
10. T. P. Croll: Class I and Class II Light-Hardened Glass-Ionomer/Resin Restorations, *Compend Contin Educ Dent* 14(7):908-916
11. T. P. Croll, C. M. Killian: Glass-ionomer-resin restoration of primary molars with adjacent Class II carious lesions, *Quintessence Int* 24:723-

- 727, 1993
12. R. S. Mathis, J. L. Ferracane: Properties of a glass-ionomer/resin-composites hybrid material, *Dent Mater* 5:355-358, 1989
  13. J. B. Thornton, D. H. Retief, and E. L. Bradley: Marginal leakage of two glass ionomer cements: Ketac-Fil and Ketac-Silver, *Am J Dent* 1 :35-38, 1988
  14. C. J. Arcoria et al: Microleakage in restorations with glass ionomer liners after thermocycling, *J Dent* 18:107-112, 1990
  15. M. F. Chan, J. C. Jones: Significance of thermal cycling in microleakage analysis of root restorations, *J Dent* 22:292-295, 1994
  16. C. L. Doerr, T. J. Hilton, and C. B. Hermes: Effect of thermocycling on the microleakage of conventional and resin-modified glass ionomers, *Am J Dent* 9:19-21, 1996
  17. R. L. Cooley, J. W. Robbins: Glass ionomer microleakage in Class V restorations, *General Dent MARCH/APRIL*:113-5, 1988
  18. Isaac Kaplan et al: Microleakage of composite resin and glass-ionomer cement restorations in retentive and nonretentive cervical cavity preparations, *J Prothet dent* 68:616-23, 1992
  19. A. D. Puckett et al: Microleakage and thermal properties of hybrid ionomer restoratives, *Quintessence Int* 26:577-581, 1995
  20. W. W. Brackett et al: Microleakage of light-cured glass-ionomer restorative materials, *Quintessence Int* 26:583-585, 1995
  21. G. A. Crim: Marginal leakage of visible light-cured glass ionomer restorative materials, *J Prothet Dent* 69:561-3, 1993
  22. W. Scherer et al: Microleakage of capsulated glass ionomer cements, *Am J Dent* 2:355-357, 1989
  23. A. B. Fuks et al: Microleakage of Class II glass ionomer-silver restorations in primary molars, *Oper Dent* 17:62-69, 1992
  24. Y.E.Y. Aboush, C. B. G. Jenkins: An evaluation of bonding of glass-ionomer restoratives to dentin and enamel, *Br Dent* 161:179-184, 1986
  25. 허승면, 조영곤, 문주훈: 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트의 치질접착에 관한 연구, *대한치과보존학회지* 21(2):489-498, 1996
  26. 조정희, 홍찬의, 신동훈: 상아질 표면처리가 글래스 아이오노머 시멘트의 변연 누출에 미치는 영향에 관한 연구, *대한치과보존학회지*:17(1) 95-103, 1992
  27. R. Willkie, A. Lidums, and R. Smales: Class II glass ionomer cermet tunnel, resin sandwich and amalgam restorations over 2 years, *Am J dent* 6:181-184, 1993