

## 수종 표면 보호재의 도포가 광중합형 유리 아이오너머 수복물의 변연 누출 및 미세 경도에 미치는 영향

단국대학교 치과대학 소아치과학교실

김기섭 · 김용기

### Abstract

#### The effect of various surface coatings on microleakage and microhardness of light-cured glass ionomer restoration

Gi-Seob Kim, Yong-Kee Kim

*Dept. of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Dankook University*

The purpose of this study was to evaluate the efficacy of several surface coating agents in preventing microleakage and increasing microhardness of light-cured glass ionomer restoration. 50 and 25 sound molar teeth were used for the microleakage test and microhardness test respectively. Data were analyzed statistically using Kruskal-Wallis and/or Mann-Whitney test. The results of the present study were as follows:

1. The effect of surface coating in reducing microleakage was proven only at the gingival margin of restorations with statistical significance( $p < .05$ ).
2. The distribution of microleakage score at gingival margin was shown to be better than that of occlusal margin in general but with no statistically significant differences( $p > .05$ ).
3. No statistically significant differences in microhardness could be found between groups ( $p > .05$ ) regardless of depth of measurement.
4. Under the present experimental conditions, the types or application of surface coating agents did not impose any significant effect on microhardness of glass ionomer restorative material whereas the protective effect of surface coating in reducing microleakage was partly proven.

## I. 서 론

1972년 Wilson과 Kent에 의해 개발된 유리 아이오너머 시멘트는 유기 다산(polyacids)과 알루미늄-실리케이트 유리로 이루어지며 이들 간의 화학적 산-염기 반응에 의해 경화되고 성숙된다<sup>1)</sup>. 주로 마모나 부식으로 인한 와동의 충전용으로 시판되었던 초기의 유리 아이오너머 시멘트는 실리케이트와 복합레진 사이의 물성으로서 마모에 대한 저항이나 강도가 복합레진에 크게 못미치고 조작-민감(technic-sensitive)하며 임상적 취급성과 심미성 또한 부족한 것 등이 문제점으로 지적 되었었다<sup>2)</sup>. 그러나 이러한 단점에도 불구하고 임상가들의 지속적인 관심과 애호를 받을 수 있었던 이유는; 유리 아이오너머 재료가 법랑질과 상아질에 물리-화학적 기전에 의해 부착(adhesion)된다는 점과 구강내에서 저농도의 불소를 지속적으로 유리함과 동시에 외부로부터 불소를 흡수하여 다시 유리하는 저장고로서의 역할을 한다는 특성 때문이었다<sup>3)</sup>. 즉, 수복물의 수명을 위태롭게 하는 미세누출과 이차 우식의 예방이라는 관점에서 다른 재료가 갖지 못한 유리한 성질을 보유한 재료로서 임상적용의 가능성이 부각되었다고 볼 수 있다. 이러한 관심 아래 무수성의 유리 아이오너머 시멘트 또는 금속이 첨가된 유리 아이오너머 시멘트 등이 개발됨으로써 그 물성이나 취급성이 크게 향상 되었으며 이에 따라 임상적용 범위도 한층 넓어져서 현재에는 영구치의 3급 또는 5급 와동 뿐 아니라 유치의 1,2급 와동 충전용 및 치면열구 전색용으로도 추천되기에 이르렀다. 그러나 일반적으로 유리 아이오너머 시멘트는 경화반응이 느리게 지속되는 특성이 있어 특히 초기 경화동안 수분오염이나 탈수현상으로부터 철저히 보호되어야 하며<sup>4)</sup> 그렇지 못할 경우 균열현상과 조기 침식이 야기되고 물성과 윤택도가 저하되는 것으로 알려져 있다<sup>5-8)</sup>. 이러한 현상을 극소화하기 위한 방법의 하나로서 초기 경화기간이 지난후 과잉충전으로 인한 여분의 시멘트를 제거한 다음 수복물 표면에 보호재를 도포하도록 권장하고 있다<sup>9)</sup>.

실제 임상에서는 비교적 다양한 표면보호재가 사용되고 있는 바, 이를 도포함으로써 유리 아이오너머 시멘트의 초기경화 동안에 발생하는 탈수와 가수현상을 방지하고 또한 불소의 지속적인 침투를 도와 수복 와동벽 주위에 발생하는 이차우식을 예방하고 인접치면의 항우식도를 증진시킬 수 있다고 보고된 바 있다<sup>5)</sup>. 그러나 각 표면보호재간의 효과를 비교한 연구는 극히 드물며 보고된 결과도 서로 일치하지 않는 등 아직도 이 분야에 관한 연구가 더욱 요구된다.

최근 레진화-아이오너머(Resin modified-ionomer)가 개발되었는데 이는 진성 유리 아이오너머에 미량의 레진을 추가한 것으로서 일반적으로 광중합형 유리 아이오너머 시멘트라고 지칭되는 재료가 이에 속한다. 경화초기에 레진 성분층의 광중합이 먼저 일어나고 그 뒤에 유리 아이오너머 성분층의 전형적인 화학적 산-염기반응이 지속되어 완전히 성숙되는 이중 중합의 과정을 거치게 된다. 기존의 유리 아이오너머 시멘트에 비해서 훨씬 짧은 시간 내에 중합이 이루어지므로 초기경화시의 습기에 대한 민감도가 크게 감소되었고 강도 등의 일반적인 물성과 임상조작성 그리고 심미성도 향상된 것으로 알려져 있다<sup>10)</sup>. 이 재료의 사용지침을 보면 광중합 후에 즉시 연마를 할 수 있고 연마후 술식으로서 표면보호재의 도포 또한 강조하지 않고 있다.

임상 수복학에서의 가장 큰 문제점중 하나로 수복재 주변의 변연 미세누출을 지적할 수 있다. 미세누출은 수복물과 와동과의 긴밀한 접촉이 결여되거나 재료자체의 용해성 또는 치아와 수복재간의 팽창계수가 서로 다른 것에 기인한다고 알려져 있다<sup>11)</sup>. 미세누출은 수복재뿐 아니라 치아에도 좋지않은 영향을 주게 되는데 그 예로서 변연 변색, 재발성 우식증, 파킨 지각반응 그리고 치수손상등이 있다<sup>12,13)</sup>. 변연부의 간극 형성은 수복재료의 경화수축에 의해 생기며 중합수축이 불가피한 레진의 경우가 대표적이다<sup>14,15)</sup>. 유리 아이오너머 시멘트가 체적의 변화를 보여 이러한 간극을 형성하는지의 여부에 대해서는 아직도 이견이 많

다. 경화하는 동안 체적의 변화가 거의 없어 간극을 거의 형성하지 않는다고 하는 보고도 있는 반면<sup>16)</sup>, 유리 아이오너머 시멘트의 경화 수축은 비록 느리게 진행되지만 24시간 후에는 결국 레진과 거의 동일한 수준을 나타낸다는 상반된 보고도 있었다<sup>17)</sup>. 일반적으로 자가중합형 시멘트는 3%의 초기수축을 보인다고 알려졌다. 그러나 화학적 경화반응이므로 느리게 수축하며 또한 레진과는 달리 와동벽을 향해 반응이 일어나므로 치아와의 사이에 새로 형성된 결합에 큰 영향을 주지 않는다고 하였다<sup>18)</sup>. 이중중합형 시멘트도 레진의 양이 5% 미만이므로 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타나 있다. 그러나 비록 광중합에 의한 수분의 균형이 이뤄진다고 할지라도 자가중합형 시멘트에 도포하도록 되어있는 레진 실을 표면 글레이즈로 도포하는 것이 임상술식으로서 추천되고 있다. 모든 유리 아이오너머 시멘트는 두가지 부분으로 되어있어 혼합시에 공기가 포함되게 마련이며 이러한 기포는 외관 형성이나 연마 과정에서 노출되므로, 글레이즈의 도포는 단기간동안 이러한 결함부를 덮어주고 표면을 강화해주는 것으로 알려져 있다<sup>18)</sup>.

광중합형 유리 아이오너머 시멘트나 물성이 향상된 화학중합형 유리 아이오너머 시멘트등이 계속 개발되어 과거에 비해 훨씬 우수한 수복물을 임상적으로 용이하게 완성할 수 있게 되었으나, 아직도 초기 경화시간 동안의 수분오염이나 건조에 의한 탈수 현상 등은 재료의 물성이나 수명에 지대한 영향을 미치는 요인으로서 인정되고 있다. 재료 자체의 질적 향상 외에 임상가들이 노력할 수 있는 부분으로서 중합, 연마후 표면보호재의 도포가 일반적

으로 추천되고 있으며 상당한 효과를 발휘하는 것으로 알려져 있다. 그러나 최근 시판되는 일부 광중합형 유리 아이오너머 재료의 사용 지침 중에는 이와 같은 술식이 생략되어있는 것을 볼 수 있다. 광중합형 유리 아이오너머 시멘트에 관한 연구는 비교적 최근에 이뤄지고 있으며 문헌고찰 결과 이와같은 수복 재료를 대상으로 표면 보호재의 효과나 재료간의 우열을 평가한 연구는 전반적으로 미흡하였으며, 보고된 연구에서도 표면조도나 마모저항 그리고 불소유리 차단효과의 평가가 주종을 이루고 있음에 착안 본 실험을 시행하게 되었다.

본 연구는 여러 가지 물성과 임상적 조작성이 크게 향상되어 성인뿐 아니라 특히 소아환자에게 널리 사용하고 있는 광중합형 유리 아이오너머 수복재를 이용한 수복 과정에서 표면 보호재의 도포가 수복물의 미세 누출 예방이나 미세경도의 증가에 효과가 있는지의 여부와, 이에 대한 수종 표면 보호재간의 우열을 평가해 보고자 시행되었으며 그 결과를 보고하는 바이다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 연구 재료

교정 목적으로 최근에 발거된 소구치중에서 협,설면에 우식이나 결손부위가 없는 건전한 75개를 대상 치아로 선정하였다. 사용된 유리 아이오너머 수복재료의 종류는 Fuji II LC (GC, Japan)였으며 그 위에 도포한 표면 보호재료는 Table 1과 같다.

Table 1. Surface coating agents used in this experiment

Product Name	Polymerization	Manufacturer
Bellfeel Brightener	Light curing	Kanebo, Japan
Fuji Coat LC	Light curing	GC, Japan
Scotchbond™ MP	Light curing	3M, USA
Concise™	Light curing	3M, USA

## 2. 연구 방법

### 1) 실험 1: 미세누출실험

#### (1) 시편제작

##### ① 대상 치아의 준비

생리 식염수에 보관된 대상 치아 50개의 백악-법랑 경계부위를 디스크로 절단하여 치관을 분리한다음, 치관 표면에 잔존하는 유기 물질을 scaler로 제거하고 불소가 함유되지 않은 퍼미스로 세마하여 37°C 탈이온수에 보관하였다.

##### ② 와동 형성

4.0×2.0 mm의 창이 형성된 접착용 테이프를 치관의 협,실면에 부착하고 고속용 #330 카바이드 바를 사용하여 대상 치아당 2개의 4.0×2.0×2.0 mm의 5급 와동을 형성한 다음 저속용 #330 카바이드 바로 와동내면을 평활하게 하였다. 와동을 증류수로 깨끗이 세척한 다음 불순물이 섞이지 않은 온풍(Clean warmer<sup>®</sup>, 세제 상사, 한국)으로 건조시켰다.

##### ③ 충전

와동에 상아질 처리제 (GC dentin conditioner, Japan)를 20초간 적용한후 이를 30초동안 세척한 다음 제조자의 지시에 따라 부드럽게 건조를 시행하여 치면이 완전히 건조되지 않고(dessication) 어느 정도의 습기가 남아있는 상태에서 수복재의 충전을 시행하였다. 테프론이 피복된 충전 기구를 이용하여 수복재인

Fuji II LC 유리 아이오너머를 와동내에 충전한 후 Matrix tape(3M, USA)로 압제한 상태에서 광조사기(Curing Light XL 3000<sup>®</sup>, 3M, USA)를 이용하여 20초 동안 중합하였다. 이와 같이 제작된 충전물의 모든 변연부를 입자크기가 서로 다른 연마용디스크(Sof-lex<sup>®</sup> polishingdisc, 3M, USA)를 물의 분사아래 단계적으로 사용하여 연마하였다.

##### ④ 표면 보호재의 도포

충전과 연마가 완료된 치아를 무작위로 1개의 대조군과 4개의 실험군 총 5개군으로 분류하고, 대조군은 보호재를 도포하지 않았고 실험군은 미리 배정된 보호재로 각각 표면 처리하였다 (Table 2).

##### ⑤ Thermocycling

보호재의 도포가 완료된 후 37°C의 증류수에서 24시간 보관된 시편을 thermocycling unit에 넣고 5°C와 55°C 에서 각각 30초간 침적시키는 방법으로 총 500회 시행하였다.

### (2) 미세누출 측정

#### ① 색소침투

Thermocycling이 완료된 수복물과 수복물 변연 1mm를 제외한 모든 치면에 내산성의 네일 바니쉬를 3회 이상 균일하게 도포하여 충분히 건조 시킨 후, 0.05% basic fuchsin용액에 침적시켜 37°C로 고정된 항온기에서 24시간 보관하였다.

Table 2. Sample distribution according to the various surface coating materials applied to glass-ionomer restorations (microleakage test)

Group	Coating agent	Curing	Sample number
I	None	-	20
II	Surface Brightner*	30 sec	20
III	Bonding Agent**	10 sec	20
IV	Varnish***	10 sec	20
V	Sealant****	20 sec	20

\* Bellfeel Brightener (Kanebo, Japan)

\*\* Scotchbond<sup>TM</sup>MP (3M, USA)

\*\*\*Fuji Coat LC (GC, Japan)

\*\*\*\*Concise<sup>TM</sup> (3M, USA)

② 표면 절단과 미세 누출 양상 조사

색소침투가 완료된 표본을 꺼내어 흐르는 물에 세척하고 건조한 다음, 경조직 절삭기 (Velnus, Japan)와 Abor Diamond Wafering Blades(Buehler Isomet, USA)로 수복물이 포함되도록 협설 방향으로 절단하는 방법으로 각 치아 표본당 3개의 약200 $\mu$ m 두께의 절편을 취하였다. 이렇게 얻어진 각군당 60개(10치아/군 x 2와동 x 3절편), 총 300개의 시편을 80~1000 grit의 실리콘 카바이드 페이퍼로 연마하고 입체 현미경(Olympus, Japan)에 연결된 CCD Color Camera(Toshiba, Japan)를 통해 30배로 capture 하여 각 표본의 미세누출의 정도를 관찰하였다. 색소 침투의 평가는 교합면과 치은면측으로 나누어 측정하였고 4단계의 평가기준에 의하여 시행하였다(Table 3,

Figure 1). 시편에 대한 사전 정보나 편견이 전혀 없는 2명의 평가자를 선정하여 평가기준에 대한 교육을 반복하여 평가자내 및 평가자간의 일치 신뢰수준 90%까지 도달한 다음에 미세누출 정도를 평가하도록 하여 실험성적의 객관화에 주력하였다. 각 치아당 얻어진 3가지의 누출 점수중에서 가장 높은 점수를 해당 치아의 미세누출 대표값으로 취하였다.

2) 실험 2: 미세경도 측정

25개의 대상치아를 이용하여 실험 1과 같은 방법으로 와동 형성 및 충전을 시행하여 총 50개의 수복와동을 준비하고 Table 2의 실험 조건에 의하여 각각 표면 처리한 다음 37 $^{\circ}$ C의 증류수에 24시간동안 보관하였다.

Table 3. Criteria used in evaluating for the degree of marginal microleakage

Score	Extent of dye penetration
0	No penetration
1	Partial penetration into enamel wall
2	Moderate penetration into enamel and dentin wall
3	Severe penetration into axial wall
4	Extensive penetration toward pulp along dentinal tubules

(Adopted from Hembree JH. 1976, JADA)

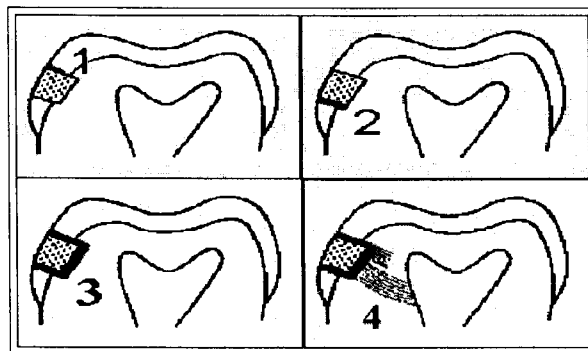


Figure 1. Schematic drawing of scoring method for the degree of microleakage

**Table 4.** Sample distribution according to the various surface coating materials applied to glass-ionomer restorations (microhardness test)

Group	Coating agent	Sample number
I	None	10
II	Surface Brightner	10
III	Bonding Agent	10
IV	Varnish	10
V	Sealant	10

각 치아표본을 협설면으로 와동이 포함되도록 절단하고, 노출된 절단면을 금속 현미경(Nikon, Japan)상에서 소상이 보이지 않을 때까지 알루미나 분말로 활택한 후, 활택면이 노출되도록 아크릴릭 레진에 매몰한 다음 활택면과 레진 주형의 기저부가 평행이 되도록 조절하였다. 완성된 표본을 Vickers diamond indenter가 부착된 미세경도 측정기(Type M, Shimadzu CO., Japan)를 이용하여 25gm의 하중을 5초간 적용하는 조건으로, 범랑질의 최외각 표면으로부터 200 $\mu$ m 떨어진 위치를 기점으로 하여 150 $\mu$ m 간격으로 총 5개, 3개 점의 수직계측과 수평계측을 각각 시행하여 1개의 시편당 총 15점 계측을 시행하였다. 모니터상에 형성된 압흔의 길이에 의해 자동 환산되어 출력된 Vickers Hardness Number를 기록하였다.

### III. 연구 성적

#### 1. 미세누출 측정결과

각 군당 60개(20x3)의 시편을 사용하였으나, 실험중 파손되거나 측정이 불가능한 것은 제외하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

##### ① 교합면측 변연(Table 5, Figure 2)

대조군이나 실험군 모두에서 다양한 정도의 미세누출을 확인할 수 있었으며, 전반적으로 미세누출지수 1과 2에 집중적인 분포(83%)를 하고있음을 알 수 있었다. 범랑질에만 국한된 미세누출을 나타내는 지수 1을 가장 많이 보유한 군은 Fuji Coat Varnish 도포군(IV)이었고 가장 적었던 군은 Sealant 도포군(V)이었다. 와동의 치수측 와동저 이상을 침범한 지수 3과 4의 분포를 보면 Scotchbond(2/16)와 Fuji Coat Varnish(1/16) 도포군에서 다른 군에 비

**Table 5.** Frequency of microleakage scores measured in each group ( Gingival margin )

Group	Score					Total
	0	1	2	3	4	
I	0	8	4	6	1	19
II	0	10	6	1	0	17
III	0	12	7	0	0	19
IV	0	12	6	1	1	20
V	0	7	11	1	0	19
Total	0	49	34	9	2	94

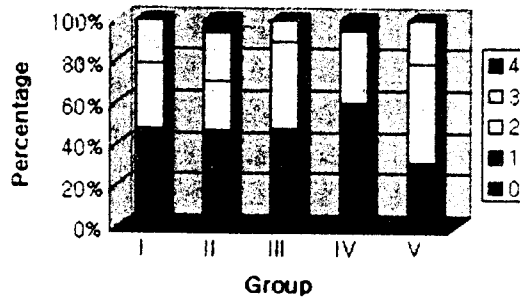


Figure 2. Bar graph representing the distribution of microleakage scores within each group ( Occlusal margin )

Table 6. Statistical comparison between groups on the microleakage scores of occlusal margin

	1 군	2 군	3 군	4 군	5 군
1 군					
2 군	-				
3 군	-	-			
4 군	-	-	-		
5 군	-	-	-	-	

statistically no significant difference ( $p < .05$ ) (from Kruskal-Wallis Test)

해 적은 분포를 나타냈다. 이와같은 성적을 토대로 비모수 통계방법인 Kruskal-Wallis Test를 이용하여 군간의 유의성을 검증한 결과는 Table 6에 정리되었으며, 각 군간의 유의차가 없는 것으로 나타났다( $p=0.083$ ).

## ② 치은측 변연

교합면측 변연과 마찬가지로 대조군이나 실험군 모두에서 다양한 정도의 미세누출을 보였으며, 전반적으로 교합면측 변연에 비해 양호한 미세누출 양상을 보였으나 통계학적인 유의차는 없었다( $p=.155$ ). 교합면측과 유사하게 지수 1과 2에 집중 분포하고 있었으며 (88%), 지수 3과 4의 분포에서는 비도포 대조군인 I군에서 가장 많았던 반면 Scotchbond 도포군(III)은 하나도 발견되지 않았다.

비모수 통계방법인 Kruskal-Wallis Test를 이용한 군간의 유의성 검증 결과 유의차가 있는 것으로 나타났으므로 Mann-Whitney Test를 계속하여 검증한 결과(Table 8), 대조군인 I군과 모든 실험군 사이에서 통계학적 유의차가 발견되었으며( $p < .05$ ) Scotchbond 도포군(III)과 Sealant 도포군(V) 사이에서도 유의차를 보였다( $p < .05$ ).

## 2. 미세경도 측정결과

각 군당 10개의 시편에서 15점 계측을 하여 얻어진 150개의 계측치로부터 환산된 평균과 표준편차를 각 측정 깊이에 따라 정리한 결과 (Table 9) 모든군이 측정깊이와 무관하게 유사한 범위의 미세경도를 나타내고 있음을 알

Table 7. Frequency of microleakage scores measured in each group (Gingival margin)

Group	Score					Total
	0	1	2	3	4	
I	0	8	4	6	1	19
II	0	10	6	1	0	17
III	0	12	7	0	0	19
IV	0	12	6	1	1	20
V	0	7	11	1	0	19
Total	0	49	34	9	2	94

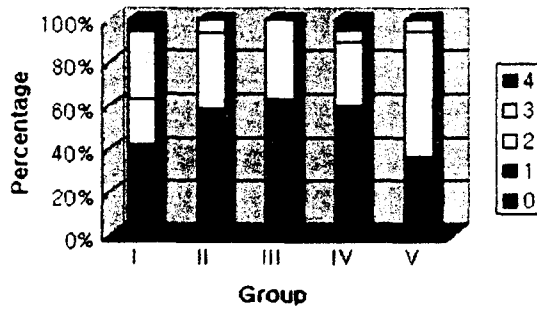


Figure 3. Bar graph representing the distribution of microleakage scores within each group (Gingival margin)

Table 8. Statistical comparison between groups on the microleakage scores of gingival margin

	1 군	2 군	3 군	4 군	5 군
1 군					
2 군	*				
3 군	*				
4 군	*				
5 군	*		*		

\* statistically significant difference( $p < .05$ ) (from Mann-Whitney Test)



Table 9. Mean and standard deviation of microhardness values(VHN) measured at several points in each group

	Depth(from outer surface)				
	200 $\mu\text{m}$	350 $\mu\text{m}$	500 $\mu\text{m}$	650 $\mu\text{m}$	800 $\mu\text{m}$
I 군	61.79 $\pm$ 13.85	59.49 $\pm$ 17.12	62.35 $\pm$ 15.05	70.94 $\pm$ 12.15	68.47 $\pm$ 15.31
II 군	56.01 $\pm$ 17.23	70.83 $\pm$ 8.61	63.07 $\pm$ 6.07	68.07 $\pm$ 13.09	62.47 $\pm$ 9.39
III 군	60.11 $\pm$ 14.88	57.43 $\pm$ 20.02	59.83 $\pm$ 13.56	59.13 $\pm$ 15.13	65.79 $\pm$ 18.84
IV 군	68.79 $\pm$ 11.15	55.39 $\pm$ 14.55	69.96 $\pm$ 5.41	61.98 $\pm$ 18.86	67.15 $\pm$ 12.93
V 군	61.23 $\pm$ 10.43	60.80 $\pm$ 21.14	61.30 $\pm$ 10.08	61.03 $\pm$ 7.11	61.56 $\pm$ 17.62

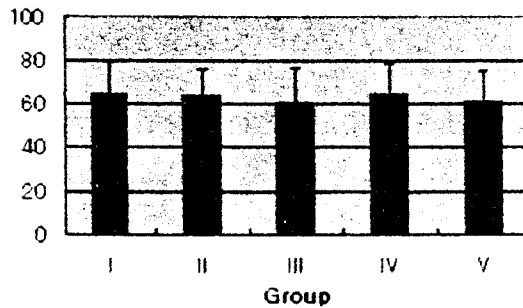


Figure 4. Bar graph representing the mean microhardness values measured in each group

수 있었으며 통계학적 유의차 또한 발견되지 않았다( $p > .05$ ). Figure 4는 Table 9의 성적을 깊이에 관계없이 각 군의 평균 미세경도 값을 표준편차와 함께 정리한 도표로서, 역시 각 군간의 통계학적 유의차는 없었다( $p > .05$ ).

#### IV. 총괄 및 고안

유리 아이오노머 시멘트는 치아 경조직의 친수성 조직에 영구적으로 접착하는 성질을 갖고 있어 조직과 계면 사이에 존재하는 변연 부위를 밀봉해 줄 가능성을 제공한다는 것이 가장 큰 장점이다. 유리 아이오노머의 법랑질에 대한 결합은 거의 전적으로 이온과 자

기력에 의해 이루어지는 반면, 상아질과의 결합은 보다 복잡하고 동적인 반응에 의해 발생하는 것으로 이에 대한 기전을 정확히 분석하기란 어려운 것으로 알려져 있다<sup>19)</sup>. 임상적으로 유지력 증가를 위한 형태를 별도로 부가하지 않아도 되는 유리한 조건을 제공하며 5급 와동이나 침식면의 수복에 주로 사용되어왔다. 그러나 그들의 심미성이나 기계적인 물성등에 대한 문제점은 끊임없이 지적 되어왔다. 특히 초기경화중인 유리 아이오노머가 물이나 공기에 노출이 되면 물성이 현저히 감소하는 것으로 알려져 있으며 따라서 수복물의 예후에 심각한 영향을 주게되므로 이것이 임상에서 유리 아이오노머의 사용을 제한시키는 주된

이유가 되기도 하였다. 그러나 최근 레진을 첨가하여 조성을 변화시킨 레진화 아이오너머가 등장함으로써 그러한 문제점의 많은 부분을 보완하게 되었고 결과적으로 폭넓은 임상 적용이 다시 가능하게 되었다. 이들 재료를 혼합하면 유리 아이오노머 제재의 기본적 경화 반응인 산-염기간의 반응이 시작되어 아주 천천히 진행되고 이와 더불어 광선에 의한 중합반응 체계에 의해 경화가 촉진 되는 이중중합의 특성을 나타낸다.

Nelson 등<sup>20)</sup>은 경화하는 동안의 수분과의 접촉은 재료의 표층의 질에 치명적이라고 하였고 특히 반응하는 동안의 수분의 양은 아주 중요하다고 강조하였다. 수분의 양이 과다하면 칼슘, 알루미늄, 염소 이온이 반응부위에서 유리되어 없어지는 반면, 반응부위에서 수분이 증발하게 되면 양이온과 음이온들이 자유롭게 움직이고 상호작용할 수 있는 능력을 상실하게 된다. 그러므로 임상적으로 와동내벽은 습기가 남아있도록 하여 상아세관으로 부터의 수분의 소실을 감소하고 온도 과민반응을 줄여 주도록 추천되고 있다. 광중합형 레진화 유리 아이오너머는 수성 시멘트이므로 지속적인 수분의 공급이 있어야 한다. 그러므로 구강건조증 환자나 불소국소도포를 매일 받는 환자에게는 금기로 알려져 있다. 따라서 이런 환자의 경우에 유리 아이오너머 수복을 시행할 때에는 레진 적층에 의한 피복을 추가적으로 시행하도록 권장하고 있다<sup>21)</sup>.

광중합형 유리 아이오너머의 등장으로 퇴색되긴 하였으나 일반적으로 유리아이오너머의 경우에는 혼화 후 6-15분동안을 경화기간으로 간주하고 이 기간동안 수분으로 부터의 철저한 격리를 강조하여 왔으며, 경화한 후에도 과잉 시멘트를 제거한 다음에 부가적으로 바니쉬나 접착제등으로 표면보호를 해주도록 권장하였다. 또한 유리 아이오너머의 느린 경화반응 때문에 이 기간동안 가수 및 탈수로부터 보호해야 한다는 것이 아직도 인정되고 있으며<sup>4)</sup> 만일 보호가 안될 경우 수복재의 균열, 침식이 발생하고 물성과 윤택도가 저하된다고 하였다<sup>5-8)</sup>. 비록 광중합에 의한 수분의 균형이

이뤄지는 이중중합 시멘트라고 할지라도 자가 중합형에 도포하도록 되어있는 레진 밀봉재를 표면 글레이즈로 도포하는 것이 일반적으로 추천 되고 있다<sup>22)</sup>. 모든 유리 아이오너머는 두 가지 부분으로 되어있으므로 혼화시에 공기가 포함되게 마련이다. 이러한 기포는 조형이나 연마과정에서 노출되게 되며, 글레이즈의 도포는 단기간동안 이러한 결함부를 덮어주고 표면을 강화한다. 표면 보호재의 종류에 따른 보호효과의 차이에 대한 연구는 그리 많지 않으나 많은 임상가나 학자들<sup>23,24,25)</sup>이 광중합형 결합레진을 바니쉬보다 선호하고 있다. 이에 반해 Monica 등<sup>26)</sup>은 몇몇의 표면보호재가 유리 아이오노머 수복물의 표면을 보호하는데 부분적으로 효과적이지만 그 중에서도 낮은 점도를 가진 네일 바니쉬가 가장 좋은 보호효과를 보였다고 주장하는등 의견이 일치되고 있지 않다. 본 실험에서는 Scotchbond<sup>TM</sup> 와 Fuji Coat Varnish 가 유사하게 가장 좋은 결과를 보였고 Sealant가 가장 불량하게 나타났다. 비록치은면층의 Sealant와 Scotchbond간에서는 통계학적 유의차가 발견되었으나 다른 모든 군 사이에서는 아무런 유의차가 나타나지 않았으므로 도포재의 종류는 미세누출 결과에 별다른 영향을 주지 못한 것으로 판단되었다. 유리 아이오노머 제재의 또 다른 장점은 불소를 유리할 수 있다는 점이다. 용액내로 유리된 불소는 치아 및 주위 조직내로 침투되어 인접 치질의 산에 대한 용해도를 감소시키고 이차 우식 형성을 차단하는 효과를 기대할 수 있다. Hattab 등<sup>27)</sup>은 미량의 불소라도 탈회 용액 내에 존재하면 법랑질 용해 속도를 감소시킨다고 보고하였고, 법랑질 병소로부터의 광물질 소실 또한 줄여 준다는 사실은 이미 선학들에 의해 입증된 바 있다<sup>28)</sup>. 그러나 이차 우식을 예방할 수 있는 최소의 불소 유리량은 아직 밝혀지지 않고 있다. 이러한 불소유리 능력이 표면보호재의 도포로 인하여 어떠한 영향을 받지는 않는지에 대한 연구가 보고된 바 있다. Castro 등<sup>29)</sup>은 그들의 실험에서 표면 보호재의 도포가 불소유리를 완전히 차단하지는 못하였으나 실험재료중 Ketac-Varnish<sup>TM</sup>

가 Scotchbond™나 Visiobond™보다 불소 유리 차단효과가 큰 것으로 나타났다고 보고하였는데 이 결과에는 재료의 점도와 직접적인 영향을 주었을 것으로 추정하였다. 이들은 임상적으로 불소의 효과를 기대하는 측면에서는 광중합레진이 추천된다고 결론 지었다. 불소의 유리는 유리 아이오너머를 약화시키지 않는 것으로 알려져 있는데 이는 불소자체가 기질을 형성하는 개체가 아니기 때문이라고 밝혔다.

임상 수복학에서 가장 큰 문제점중의 하나로 지목되는 것은 수복물 변연의 미세누출 현상이다. 미세누출은 수복재뿐 아니라 치아에 좋지않은 영향을 주는데 이에겐 과민지각 반응, 변연 변색, 재발성 우식증 그리고 치수 손상등이 있다. 유리 아이오너머의 가장 중요한 성질은 치질에 화학적으로 접착하는 성질이다<sup>30)</sup>. 유리 아이오너머의 부착은 시멘트내의 카복실 이온과 치질내의 칼슘 이온간의 이온성 흡인작용에 의해 이뤄진다. 유리 아이오너머의 법랑-상아질에 대한 부착기전은 완전히 규명되지는 않았으나, 두 물질사이에 이온교환이 존재하는 것만은 분명하다.

Alkinmade<sup>31)</sup> 등은 유리 아이오너머의 부착이 침윤반응에 기초를 둔 부착의 예라고 했다. 치아나 유리 아이오너머 표면 모두 에너지가 높은 상태로서, 치아에 폴리악릴 약산을 적용하게되면 치아의 표면 에너지가 감소하여 치면을 적실 수 있는 능력을 증진시키는 결과가 된다. 유리 아이오너머의 물리화학적 결합은 상아질면의 청결도에 의존한다<sup>32)</sup>. 와동형성시 발생하는 도말층(1-2um)은 수복재의 상아질 결합을 방해하는 주 요인으로 간주되고 있다. 수복재료가 건전 상아질에 제대로 접촉이 되게하려면 상아질 조절제를 적용하여 도말층을 제거하고 부착에 보다 적합한 표면을 마련해 주어야한다. 프라이머 또한 표면의 습윤성을 증진시키기 위해 적용하고 있다. 조절제는 상아세관을 침식 또는 탈회시키지도 않으며 오직 표면 에너지만을 변화하여 습윤성을 향상시킨다. 조절제를 세척, 건조할 때 너무 심하게 건조하면 시멘트내의 수분이 치아를 재

수화하려고 빠져나가서 탈수되어 약화시킨다. 적용하고 건조시키면 상아질에 부착촉매제가 물리적으로 흡수되고 소수성군이 노출되어 습윤의 호조건인 표면이 만들어져 미세기계적 표면연결을 증진시킨다<sup>33)</sup>

Pachuta<sup>34)</sup>는 Fuji II LC재료를 사용하여 여러 가지 상아질 전처치가 수복물의 변연누출에 미치는 영향을 연구한 결과 처리방법은 결과에 별다른 영향이 없는 것으로 평가되었다. 주사 전자현미경 관찰에서도 처리하지 않은 군에서도 유리 아이오너머와 치질간에 긴밀한 접촉을 이룸을 보였다. 그 이유는 아마도 재료의 pH가 모두 유사(2.0-2.5)하였기 때문에 도말층을 어느정도 변형함으로써 긴밀한 접촉이 이뤄진 것으로 추론하였다. 법랑질에서 더 심한 미세누출을 보였으나 그것이 상아질로 침투하지는 않았다. 법랑질 산부식을 하지않은 것이 원인이 될것으로 여겨진다. 광중합형 유리 아이오너머는 화학중합형 유리 아이오너머의 문제점인 지연 경화반응을 해소해 주는 것으로 알려져있으며, 아이오너머와 레진을 합해 놓은 성질을 지닌다. Siduh<sup>35)</sup>는 이러한 광중합형 유리 아이오너머의 밀봉 효과를 평가하기위해 치질과의 계면에 발생하는 간극을 광학현미경으로 측정하여 보고하였는데, Fuji II LC(8um), VariGlass(10um), Fuji Cap II(26um)의 순서로 변연 수축간극이 넓어짐을 확인하였다. 그러나 이들간의 차이가 24시간 보관하는동안 수분의 흡수에 의해 보상될것인지의 여부는 알려져 있지 않다. Pashley<sup>36)</sup>는 보통 세균의 크기가 0.2-5um이므로 이러한 간극은 감소시켜야 한다고 주장하였다. 결론적으로 유리 아이오너머의 조성을 변화시킨 결과가 유리 아이오너머 고유의 부착능력에 나쁜 영향을 주지는 않았다고 평가된다. 실제로 Lin<sup>37)</sup>은 광중합형 유리 아이오너머의 상아질 결합력이 훨씬 우수하다고 보고하였다. 자가중합형 유리 아이오너머는 3%의 초기수축을 보인다고 알려졌으나 화학적 경화기전이므로 느리게 수축하며 와동벽을 향해 반응이 일어나므로 치아와의 사이에 새로 형성된 결합에 큰 영향을 주지 않는다. 또한 그 후로 환경적인

수축을 보상해줌으로써 빠른시간내에 균형상태를 이루게된다. 이중 중합형 시멘트도 크게 다를바 없으며 레진의 양이 5%미만이므로 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타나있다<sup>10)</sup>. 전통적인 화학 중합형 유리 아이오노머는 체적에서 3%-4%의 응축을 보이며<sup>21)</sup> 광중합 유리 아이오노머는 체적이 광원에서 노출후 5분 동안에 3.28%-4.78%가 수축이 됐고 12시간 지속이 되었다<sup>35)</sup>. 유리 아이오노머가 체적변화를 보여 이러한 간극을 형성하는지의 여부에 대한 이견은 많지만 치질과의 부착이 매우 양호한 재료임은 분명하다<sup>18)</sup>. 본 실험에서는 FUJI II LC를 이용하여 5급 와동을 수복하고 그 위에 Surface brightener, LC bonding agent, GI LC Varnish, Sealant를 도포하고 변연 접합성을 비교한 결과 표면 도포재의 종류에 관계없이 대부분 미세누출 지수 1과 2에 분포하는 비교적 우수한 변연 접합성을 보여 유리 아이오노머 재료의 우수한 접착성이 재확인 되었다. 그러나 도포한 실험군에서도 완전한 밀봉은 이뤄지지 않았음을 주목할 필요가 있다. 또한 본 연구의 결과 레진의 미세누출 실험에서 보이는 양상과는 다소 다른 누출양태를 나타냈는데 이는 교합면측 변연과 치은면측 변연에서의 누출도에 별다른 차이가 없다는 것이었다. 통계학적인 유의차는 없었으나 전반적으로 교합면측에서 오히려 누출의 정도가 다소 심한 것으로 관찰된 이유는 교합면측 변연은 주로 법랑질이고 치은측 변연은 상아질이 많이 분포하고 있으므로 유리 아이오노머의 특성상 상아질과의 결합이 더욱 견고하였으리라 사료되며 또한 산부식과정을 거치지 않고 직접 충전한것도 결과에 부분적으로 작용하였으리라 분석된다. 치은측 변연의 경우 대조군이 모든 실험군에 비해 심한 미세누출을 보임으로서 표면보호재의 도포효과가 입증되었으므로 비록 광중합형 유리아이오노머 시멘트를 사용한다 할지라도 초기경화시 타액이나 수분의 오염은 Varnish나 Bonding agent등의 도포로 극소화하여 주는 것이 수복물의 수명을 연장시킬 것으로 사료된다. 마모 저항은 표면강도와 관계가 있다. 물질의

강도가 증가하면 마모 계수는 감소하게 된다. 연마 마모는 반사응력의 거친 면에 의해 부드러운 부위가 제거되는 것인데 연화된 면은 빠르게 제거된다. 그러므로 수분이동의 제거를 위해서 글라스 아이오노머 위에 광중합형 접착재를 바르는 것은 이점이 거의 없다. Moore등<sup>38)</sup>은 실험실 과정의 실험에서 금속첨가 아이오노머는 마모 저항에서 향상을 보인다고 했다. 표면 강도는 압흔에 대한 저항 정도로 한정되며 물질의 강도, 비례 한계, 연성, 순응성 그리고 마모와 절삭에 대한 저항에 의해 영향을 받는다. 강도는 표면에 형성된 압흔의 길이에 근거하여 계산한다. 이 실험은 물질의 연성과는 거의 무관하며 단단하고 부드러운 물질에도 적용 가능하다. 이 실험은 법랑질, 백악질, 포세린, 금, 레진, 아크릴, 그리고 시멘트 같은 다양한 물질간의 비교가 가능하다<sup>23)</sup>.

본 연구에서는 수복물 표면의 미세경도를 측정하지 않고 절단된 내측면의 경도를 서로 비교하였는데 그 이유는 우선 본 실험조건하에서 표면측의 경도를 측정하게되면 실험군에도포되어있는 표면보호재 자체의 경도가 측정 결과에 상당한 영향을 줄것으로 추정되었기 때문이며 또한 광중합 후에 지속되는 수복재의 성숙과정에 표면 보호재의 도포 여부가 어떤 영향을 주는지를 분석하기 위해서는 표면보다는 내측면의 미세경도를 측정함이 더욱 논리적일것으로 사료되었기 때문이었다. 바니쉬층이 두꺼울 수록 표면 미세 경도는 약해진다. 컷산에 노출된 FUJI II의 평균 VHN은 물에 노출된 물질의 VHN보다 유의성 있게 낮다<sup>24)</sup>. 수성 경화형과 기존의 유리 아이오노머를 사용하여 각각의 마모도와 미세경도를 비교하였는 바, 유형에 관계없이 공기중에서 보관한 것이 가장 높은 경도를 보였고(물,유산순으로) 수성경화형이 기존의 유리 아이오노머보다 높은 미세경도 절대치를 나타냈다. 마모와 경도의 변화는 반드시 일치하지는 않는다. 공기건조에 의해서 생긴 균열은 커다란 국소적 응력을 야기하여 결국 재료의 손실을 촉진한 것으로 해석된다. 파괴적파절의 발생률은 공기보관군에서 가장 많은 것으로 나타

났으나 빈도에서는 유의차가 없었다<sup>39)</sup>. Metal-filled GIC의 경우 금속이 구강내의 산에 의해 쉽게 침해받는 것으로 여겨지는 불화칼슘 알루미늄 실리케이트를 대체하게 되어 화학적 붕괴현상을 감소시킴으로써 마모저항은 상당히 향상되었다고 하였다<sup>38)</sup>. 그러나 파과적 파절과 화학적 용해성이라는 두가지 결함은 계속 문제점으로 남아있게된다. 이러한 문제를 극복하기 위해 이들은 수용성의 단량체로 구성된 혼성 시멘트-컴퍼지과 유리 아이오너머로 혼합된 재료를 개발하였다<sup>9)</sup>. 이들 재료는 마모저항을 제외하고는 우수한 물성을 보이며 심미성 또한 양호한 것으로 인정되나, 상당한 수분의 흡수가 지속되므로 이의 장기적 영향(색조, 마모저항등)에 관하여는 미지수이다. 유리 아이오너머재료는 외생으로서 딱딱한 부위와 연한부위가 재료전체에 고루 분포하므로<sup>40)</sup> 이에 의한 계측상의 오차를 줄이기 위해 1개의 시편당 총 15점을 반복계측하는 방법을 설정하였다. 그 결과 계측 깊이나 군에 따른 미세경도의 유의차가 나타나지 않았으므로 미세누출 결과와는 달리 실험조건이 미세경도에 별다른 영향을 주지 않은 것으로 분석되었다. 향후 유리 아이오너머 재료의 개발에 관한 전망은 밝다고 하겠으며, 이론상으로는 HEMA보다 덜 소수성의 레진을 포함시켜 수분의 흡수없이 광중합이 가능하게 한다면 많은 개선이 있을것으로 예상된다. 현재 폴리알키노익산의 분자량을 증가시켜 파절저항도를 향상시키는 방법이 고안되고 있으며 또한 폴리비닐/폴리 아크릴산을 사용하여 종래보다 물성이 향상된 자가중합형 시멘트를 개발할 단계에 이르러 그 귀추가 주목된다.

성인에 비해 유구치의 인접면에 우식증이 빈발하고 수복후에도 구강관리가 소홀하여 수복물 주변에 이차우식이 자주 발생하는 소아환자에게 있어서 불소를 유리하는 유리 아이오너머는 무척 매력적인 재료이다. 많은 글라스 아이오너머 제품간에 다소 양적인 차이는 있으나 수복물로부터 유리되어 나온 저농도의 불소는 수복물 주변과 인접치아의 법랑질에 흡수되어 이차적으로 발생하는 우식을

예방하고 또는 기존의 초기 우식병소를 재광화한다는 사실은 이미 충분히 인정되고 있다. 또한 복합레진에 비해 비교적 단순한 과정을 거치므로 시술시간을 줄일 수 있다는 임상적인 장점이 있다. 시술시간 길어질수록 아무리 치료를 잘 받는 소아환자도 그 협조도는 점점 낮아진다. 또 행동양태가 아주 좋지 않은 소아환자를 상대로 치료할 때 과정이 단순할수록 양질의 작품을 만들 수 있으므로 다소 만족스럽지 못한 상태에서도 잘 견뎌주는 재료가 이런경우에 특히 필요하다. 이런 측면에서 소아치과 임상영역에서 유리 아이오너머의 보다 폭 넓은 적용이 권장된다고 하겠다. 마모저항에 관한 실험이 함께 병행되었다면 하는 아쉬움이 있으며 향후 소아치과 임상에 도움을 주기위한 목적으로 이 방면에 많은 연구가 이루어졌으면 하는 바램이다.

## V. 결론

본 연구는 여러 가지 물성과 임상적 조작성이 크게 향상되어 성인뿐 아니라 특히 소아환자에게 널리 사용하고 있는 광중합형 유리 아이오너머 수복 재료중 한가지를 선택하여, 여러 가지 종류의 표면보호재 도포가 과연 수복물의 미세 누출이나 미세경도에 어떠한 영향을 초래하는지에 관해 알아보고자 함이 목적이었으며 그 결과는 아래와 같다:

1. 전반적으로 교합면측 변연에 비해 치은측 변연에서 양호한 미세누출 양상을 보였으나 통계학적인 유의차는 없었다(p=.155).
2. 부위에 관계없이 대조군이나 실험군 모든 시편에서 다양한 정도의 미세누출이 확인되었으며, 전반적으로 미세누출지수 1과2에 집중적인 분포를 하고있음을 알 수 있었다.
3. 교합면측 변연에서는 대조군(I)과 Sealant 도포군(V)에 비해 Scotchbond 도포군(III)과 Fuji Coat Varnish 도포군(IV)이 우수한 미세누출지수의 분포를 나타냈으나, 군간의 유의성을 검증한 결과 각 군간의 유의차

는 없는 것으로 나타났다( $p=0.083$ ).

4. 치은측 변연에서는 대조군이 실험군에 비해 불량한 미세누출 지수의 분포를 나타냈으며 Scotchbond 도포군(III)이 가장 우수하였다. Kruskal-Wallis Test와 Mann-Whitney Test로 검증한 결과 대조군(I)과 모든 실험군(II,III,IV,V) 사이에서 통계학적 유의차가 발견되었으며( $p<.05$ ) Scotchbond 도포군(III)과 Sealant 도포군(V) 사이에서도 유의차를 보였다( $p<.05$ ).
5. 미세경도 측정치는 군이나 측정깊이의 변화와 관계없이 통계학적 유의차를 보이지 않았다( $p>.05$ ).

이상의 결과를 종합하여 볼 때, 본 연구의 실험 조건하에서는 표면 보호재의 종류나 도포여부가 수복재의 미세경도에는 별다른 영향을 주지 않는 것으로 평가되었으나, 표면 보호재 비도포군인 대조군이 도포군에 비하여 불량한 미세누출 결과를 나타내어 보호재의 도포효과가 입증되었으며 실험재료간의 차이에서는 치은측 변연에서 Scotchbond도포가 Sealant도포보다 우수한 보호효과가 있는 것으로 나타났다.

## 참 고 문 헌

1. Wilson A D. & Kent B E. : A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. Br Dent J. 1972 ; 132 : 133-135
2. Crisp S, Ferre A J, Lewis B G, Wilson A D. Properties of improved glass ionomer cement formulation. J Dent 1975 ; 3 : 113-117
3. Wilson A D & Mclean J W Clinical uses in glass ionomer cement. Quintessence Publishing Co. Inc., Chicago, IL. 1988 : 131-139
4. Mount G J. An atlas of the GIC : A clinician's guide 1989 ; 47 London Martin Dunitz

5. Earl MSA, Hume WR & Mount GJ. Effect of varnishes and other surface treatments on water movement across the glass ionomer cement surface. Australian Dental Journal 1985 ; 30(4) : 298-301
6. Mclean JW Glass ionomer cements Br Dent J 1988 ; 164 : 293-300
7. Mclean JW & Wilson AD. The clinical development of the glass-ionomer cement III. The erosion lesion. Aust Dent J 1977 ; 22 : 190-195
8. Mounr GJ & Makinson OF. Glass-ionomer restorative cements: Clinical implications of the setting reaction. Oper Dent 1982 ; 7 : 134-141
9. McKinney JE, Antonucci JM & Rupp N W Wear and microhardness of a silver-sintered glass ionomer cement. J Dent Res 1988 ; 67(5) : 831-835
10. Alton M. Lacy, Douglas A. Young Modern concepts and materials for the pediatric dentist. Pediatric Dentistry 1996 ; 18(7) : 469-478
11. Pashley DH, Depew DD. Effects of the smear layer, copalite and oxalate on microleakage. Oper Dent 1986 ; 11 : 95-102
12. Alperstein KS, Graver HT, Herold RCB. Marginal leakage of glass ionomer cement restorations. J Prosthet Dent 1983 ; 50 : 803-807
13. Cooley RL & Robbins J. Glass ionomer microleakage in class V restorations. Gen Dent 1988 ; 2 : 113-115
14. Phair CB & Fuller JL. Microleakage of composite resin restorations with cementum margins. J Prosthet Dent 1985 ; 53 : 361-364
15. Crim JA. Assessment of microleakage of 12 restorative systems. Quint Int 1987 ; 18 : 419-421
16. Holtz P, Mclean JW, Sced I & Wilson A D. The bonding of glass ionomer ceme-

- nts to metal and toothy substrates. *Br Dent J* 1977;142:42-47
17. Feilzer AJ, de Gee AJ & Davidson CL. Curing contraction of composites and glass-ionomer cements. *J Prosth Dent* 1988;59:297-300
  18. Mount GJ. Adhesion of glass-ionomer cement in the clinical environment. *Oper Dent* 1991;16:141-148
  19. Hembree JH and Andrew JT. In situ evaluation of marginal leakage using an ultraviolet light-activated resin system. *J Am Dent Assoc.*;92:414-18,1982
  20. Nelson GV, Osborne JW, Gale EN et al. A three-year clinical evaluation of composite resin and a high copper amalgam in posterior primary teeth. *J Dent Child* 1980;47:41-47
  21. Feilzer A, Degee A, Davidson C. Curing contraction of composites and glass-ionomer cements. *J Prosth Dent* 1988;59:297-300
  22. Hinoura K, Onose H, Matsuzaki M, Kuroda T, Moore BK, Volumetric shrinkage of light cured glass ionomer bases(Abs-tract). *J Dent Res* 1992;71:632
  23. Craig RG. Restorative dental material. 9th ed. St. Louis : CV Mosby. 1993:86-89
  24. Haddad D, Mount GJ & Makinson OF. Efficiency of protective sealants for glass ionomer cements. *Am J Dent* 1992;5:286-288
  25. Wilson AD & McLean JW. Glass-ionomer cement.1988; Chcago: Quintessence Publishing
  26. Monica CS, Maria FL Navarro et al. Glass ionomer cement surface protection. *Am J Dent* 1994;7:203-206
  27. Hattab FN, El-mowafy OM, Salem N and El-Badrawy WAG : An in vitro study on release of fluoride from glass ionomer cement. *Quintessence Int* 1991;22:221-224
  28. Clarkson BH, Wefel JS and Feagin FF: Fluoride distribution in enamel after in vitro caries-like lesion formation *J Dent Res* 1986;65:963-966
  29. Castro GW, Gray SE, Buikema DJ & Reagan SE. The effect of various surface coatings on fluoride release from glass-ionomer cement.
  30. Coury TL, Miranda FJ, Witter RD et al. Adhesiveness of glass ionomer cement to enamel and dentin : a laboratory study. *Oper Dent* 1982;7:2-6
  31. Alkinmade AO & Nicholson JW. Review : glass-ionomer cements as adhesives. Part I. Fundamental aspects and their clinical relevance. *J Mater Sc.* 1993;4:95-101
  32. White GJ, Beech DR, Tyas MJ. Dentin smear layer : An asset or liability for bonding? *Dent Mater* 1989;5:379-383
  33. Erickson RL. Surface interactions of dentin in adhesive materials. *Oper Dent Suppl* 1992;5:81-92
  34. Pachuta SM & Meiers JC. Dentin surface treatments and glass ionomer microleakage. *Am J Dent* 1995;8:187-190
  35. Siduh SK. Marginal contraction gap for formation of light-cured glass ionomers. *Am J Dent* 1994;7:115-118
  37. Lin A, McIntyre NS & Davidson RD. Studies on the adhesion of glass-ionomer cements to dentin. *J Dent Res* 1992;71:1836-1841
  36. Pashley DH. Clinical correlations of dentin structure and function. *J Prosthet Dent* 1991;66:777-781
  38. Moore BK, Swartz ML & Phillips RW. Abrasion resistance of metal reinforced glass-ionomer materials. *J Dent Res* 1985;64:371, Abst. No. 1766

39. McKinney J E, Antonucci J M & Rupp N W. Wear and microhardness of glass ionomer cements. *J Dent Res* 1987;66(6): 1134-1139
40. Diaz-Arnold AM, Wistrom DW & Swift

JR EJ. Topical fluoride and glass ionomer microhardness. *Am J Dent* 1995;8:3: 134-136