

유치와 영구치에 수복된 레진과 글라스 아이오노머 수복물의 미세누출 양상에 관한 비교연구

단국대학교 치과대학 소아치과학 교실

전경현 · 김종수 · 김용기

Abstract

A COMPARISON OF GLASS IONOMER vs RESIN RESTORATION IN MICROLEAKAGE PATTERN OF PRIMARY AND PERMANENT TEETH

Kyung-Hyun Jun, Jong-Soo Kim, Yong-Kee Kim

Dept. of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Dankook University

The purpose of this study was to compare the microleakage pattern of glass ionomer with resin restoration in microleakage pattern of primary and permanent teeth. Microscopical observation of interface between tooth structure and restoration was also performed. 80 and 8 sound molar teeth were used for the microleakage test and SEM study respectively. Data were analyzed statistically using ANOVA test and/or t-Test. The results of the present study were as follows:

1. According to the result of microleakage pattern between primary and permanent tooth, primary tooth generally showed more microleakage than permanent tooth in all groups($p < .05$).
2. In the resin-filled groups, occlusal margin was shown to have more microleakage than gingival margin($p < .05$). Whereas the glass ionomer-filled groups showed no statistically significant differences between them($p > .05$).
3. No statistically significant differences in microleakage could be found between two different resin groups($p > .05$), while Fuji II LC group showed less microleakage than Ketac-Fil group($p > .05$).
4. The various type hybrid layer was evident under SEM in resin-filled groups both in pri-

mary and permanent teeth with generally thicker layer in primary group.

Among glass-ionomer group, Fuji II LC group showed more intact adhesion to tooth surface than Ketac-Fil group

I. 서 론

대부분의 충전재는 충전 후 경화함에 따라 수축 또는 팽창이 나타나고 경화 후에도 구강내의 온도 변화에 따른 열팽창계수가 치질과 상이하기 때문에 시간이 경과함에 따라 충전물과 치질사이의 변연부에 누출이 나타나게 된다. 미세누출은 치아와 수복물사이의 세균, 수분, 화학적인 이온과 분자의 통로로 정의되며¹⁾, 이러한 미세누출은 모세관 현상, 변연부 파절, 인접부의 압력 변화, 수복물의 수축과 팽창에 의해 야기되는 것으로 알려져 있다²⁾. 이러한 변연누출로 인해서 이차 우식의 발생이 증가하게 되고, 변연부의 변색이 일어나며³⁾, 세균의 부산물이 상아세관을 통과해 술후 동통과 치수병변을 일으키게 된다⁴⁾. 충전물의 변연누출은 임상적으로 수복의 성공에 대한 척도로 여겨지며 건전한 치수를 유지하기 위해 중요한 의미를 지닌다. 이러한 이유에서 수복물의 충전 후 충전재와 치질 사이에 발생하는 변연누출을 감소시키기 위한 여러 연구가 꾸준히 진행되어 왔다.

1955년 Buonocore⁵⁾의 산부식법이 소개된 이후로 개발된 복합레진은 환자의 심미적 요구의 증대와 부합하여 기계적 성질의 진보로 인해 그 사용이 점차 증가되고 있으며, 자연치와의 뛰어난 색조 재현성, 수은을 방출하지 않고, 열전도성이 없으며, 치질과 직접 결합하는 장점을 지니지만⁶⁾, 복합레진이 아말감을 대체하기 위하여서는 충분한 마모 저항, 형태 재생, 취급 용이성, 변연부의 완벽한 폐쇄능력, 방사선 불투과성, 연마, 심미성 등의 요구조건이 적절하여야 한다. 그러나 복합레진의 기계적, 물리적 성질이 임상적으로 문제를 야기시킬 수 있는데, 이것은 치질과는 다른 열전도율에 의한 중합수축이 일어나게 되고⁷⁾ 이로 인해 치아와의 사이에 간극이 형성되어⁸⁾ 미세누출과 술후감작의 원인이 되므로, 이러한 레진의 단점을 극복하기 위한 많은 연구가 이루어지고 있다.

복합레진과 함께 많이 사용되고 있는 글라스 아

이오노머 시멘트는 1972년 Wilson과 Kent에 의해 개발되었으며, 유기 다산(polyacids)과 알루미늄-실리케이트 유리로 이루어지며 이들간의 화학적 산-염기 반응에 의해 경화되고 성숙된다⁹⁾. 치질과의 물리, 화학적 결합을 통해 치아 표면과는 강한 결합을 이루고, 불소를 유리하여 이차우식을 감소시킬 수 있는 장점을 지닌 반면, 초기의 글라스 아이오노머는 마모와 파절에 대한 저항이 약하고, 상대적으로 낮은 투명도로 인해 비심미적이며 조각 시 세심한 주의가 요구되고, 지연 경화되는 단점을 지녀¹⁰⁾, 임상에서의 적용에 한계를 드러내었다. 이러한 글라스 아이오노머는 계속적인 발전을 통해 무수성의 글라스 아이오노머 시멘트 또는 금속이 첨가된 글라스 아이오노머 시멘트 등이 개발됨으로써 그 물성이나 취급성이 크게 향상되었으며 이에 따라 임상적용 범위도 한층 넓어져서 현재에는 영구치의 3급 또는 5급와동뿐 아니라 유치의 1, 2급와동 충전용 및 치면열구 전색용으로도 추천되기에 이르렀다.

최근에 개발된 레진화-아이오노머(Resin modified-ionomer)는 진성 글라스 아이오노머에 미량의 레진을 추가하여, 레진 성분에 의한 광중합과 진성 글라스 아이오노머 성분에 의한 산 염기 반응에 중합을 이루는 이중 중합(dual cure)의 특성을 지닌다. 기존의 유리 아이오노머 시멘트에 비해서 훨씬 짧은 시간 내에 중합이 이루어지므로 초기경화시의 습기에 대한 민감도가 크게 감소되었고 강도 등의 일반적인 물성과 임상조작성 그리고 심미성도 향상된 것으로 알려져 있다¹¹⁾.

글라스 아이오노머 시멘트가 체적의 변화를 보여 이러한 간극을 형성하는지의 여부에 대해서는 아직도 이견이 많다. 경화하는 동안 체적의 변화가 거의 없어 간극을 거의 형성하지 않는다고 하는 보고가 있었고¹²⁾, 글라스 아이오노머 시멘트의 경화 수축은 느리게 진행되어 24시간 후에도 레진보다 적은 수축을 나타낸다고 하여⁸⁾, 글라스 아이오노머는 레진보다 적은 미세누출을 보이는 것으

로 알려져 있다. 이는 글라스 아이오노머의 화학적 경화반응은 느리게 수축하며 또한 레진과는 달리 와동벽을 향해 반응이 일어나므로 치아와의 사이에 새로 형성된 결합에 큰 영향을 주지 않는다고 하였다¹³⁾. 광중합형 글라스 아이오노머에 포함된 소량의 레진은 중합시 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타나있다.

레진과 글라스 아이오노머의 미세누출에 관한 대부분의 연구가 영구치를 대상으로 이루어져 왔으며, 특히 글라스 아이오노머의 경우 영구치와 유치의 비교 연구가 희소한 것에 착안하여, 소아치과 임상에서 심미적 수복재료로 가장 널리 사용되고 있는 이들 두가지 접착성 재료가 유치와 영구치에서 나타내는 미세누출양상을 비교 분석함으로써 유치의 수복시 재료 선택에 도움을 주고자 본 연구를 시행하였다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

최근에 발거된 협,설면에 우식이나 결손부위가 없는 건전한 영구 대구치와 유구치 각각 44개를 대상 치아로 선정하여 그 중 10개씩을 각 군에 배정하였으며 각 군의 사용된 재료는 Table 1과 같다.

2. 연구 방법

1) 실험 1: 미세누출실험

(1) 시편제작

① 대상 치아의 준비

생리 식염수에 보관된 대상 치아의 백악-법랑 경계부위를 디스크로 절단하여 치관을 분리한 다음, 치관 표면에 잔존하는 유기 물질을 스케일러로 제거하고 불소가 함유되지 않은 페미스로 세마 하여 37°C 탈이온수에 보관하였다.

② 와동 형성

3.0×2.0mm의 창이 형성된 접착용 테이프를 치관의 협,설면에 부착하고 특별히 고안된 장치를 이용하여 고속용 #330 카바이드 바로 대상 치아당 2개의 3.0×2.0×2.0mm의 5급와동을 형성하였다. 와동을 증류수로 깨끗이 세척한 다음 불순물이 섞이지 않은 온풍(Clean warmer®, 세제 상사, 한국)으로 건조시켰다.

③ 충전

와동에 각군의 표면처리제를 사용하여 상아질을 처리하고, 수복재의 충전을 시행하였다. 테프론이 피복된 충전 기구를 이용하였으며, Matrix tape(3M, USA)로 압접한 상태에서 광조사기(Curing Light XL 3000®, 3M, USA)를 이용하여 중합하였다. 충전물의 모든 변연부를 입자크기가 서로 다른 연마용 디스크(Sof-lex® polishing disc, 3M, USA)를 사용하여 물의 분사아래 단계적으로 연마하였다.

④ Thermocycling

보호재의 도포가 완료된 후 37°C의 증류수에서 24시간 보관된 시편을 thermocycling unit에 넣고 4°C와 55°C 에서 각각 30초간 침적시키는 방법으로 총 600회 시행하였다.

(2) 미세누출 측정

① 색소침투

Table 1. Dentin treatment agents & filling materials used in this experiment

Group	Surface Treatment	Filling	Tooth No.	
			Primary	Permanent
I	10% Maleic acid	Z-100	10	10
II	10% Phosphoric acid	Z-100	10	10
III	10% Polyacrylic acid	Fuji II LC	10	10
IV	20% Polyacrylic acid	Ketac-fil	10	10

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

② 표면 절단과 미세누출 양상 조사

색소침투가 완료된 표본을 꺼내어 흐르는 물에 세척하고 건조한 다음, 경조직 절삭기(Velrus, Japan)와 Abor Diamond Wafering Blades(Buehler Isomet, USA)로 수복물이 포함되도록 협설 방향으로 절단하여 각 치아 표본 당 약200 μ m 두께의 절편을 3개씩 취하였다. 이렇게 얻어진 시편을 800~1000 grit의 실리콘 카바이드 페이퍼로 연마하고 CCD Color Camera(Toshiba, Japan)가 장착된 입체현미경(Olympus, Japan)을 통해 영상을 컴퓨터에 입력하였다.

③ 색소 침투의 평가

화상분석 프로그램을 이용하여, 전체 와동벽의 길이에 대한 색소의 침투율을 교합면과 치은면측에서 각각 측정하여 백분율로 환산한 후 평균을 산출하여 각 절편의 대표값으로 하였다.

2) 실험 2: 주사 전자현미경 관찰

표본의 치질과 레진의 계면을 관찰하기 위해 주사 전자현미경 관찰용 절편을 습한 상태에서 1000 grit의 실리콘 카바이드 페이퍼를 이용하여 활택한 후 도말층을 제거하고 주변 상아질을 용해시켜 계면을 양각시키고자 0.01M/L 염산용액으로 20초간 세척하였다. 그 후 이들 표본을 증류수로 수세한 다음 37°C에서 24시간 건조시켰다. 완성된 표본을 주사 전자현미경 코터(Biorad, England)를 이용하여 20nm의 두께로 금피복을 시행한 다음 주사전자현미경(JSM-5200, JEOL, Japan)으로 가속

전압 25KV에서 관찰하였다.

III. 연구 성적

1. 미세누출 측정결과

각 군당 80개(20×4)의 시편에서 각각의 영상을 획득하여 컴퓨터에서 화상분석 프로그램을 사용하여 색소가 침투된 길이를 백분율로 환산한 값에서 평균값을 그 시편의 대표값으로 하였으며 그 결과는 Table 2와 같다.

1) 유치 내에서의 각 군의 비교

교합면측 변연에서 Ketac-Fil[®]로 충전한 IV군은 다른 모든 군과 비교해 높은 미세누출양상을 보였고, Scotchbond[™]로 충전한 I군이 Fuji II LC[®]로 충전한 III군에 비해 높은 미세누출을 보였다 ($p<.05$) (Table 3).

치은면측 변연에서는 Fuji II LC[®]로 충전한 III군이 다른 모든 군에 비해 적은 미세누출을 보였으며, Scotchbond[™]로 충전한 I군이 Ketac-Fil[®]로 충전한 IV군보다 더 높은 미세누출을 보였다 ($p<.05$) (Table 4).

교합면측과 치은면측에서의 미세누출의 차이를 t-Test로 검증한 결과(Table 7)에서 레진으로 충전한 I군과 II군은 유의차를 보였으나($p<.05$), 글라스 아이오노머로 충전한 III군과 IV군에서는 유의차를 보이지 않았다.

2) 영구치 내에서의 각 군의 비교

교합면측 변연에서 Ketac-Fil[®]로 충전한 IV군은 다른 모든 군과 비교해 높은 미세누출양상을 보였고, Scotchbond[™]로 충전한 I군이 Fuji II LC[®]로 충전한 III군에 비해 높은 미세누출을 보였다 ($p<.05$) (Table 5).

Table 2. Data representing the degree of dye penetration in each group at occlusal and gingival margin (M \pm SD, %)

Group	Occlusal		Gingival	
	Primary	Permanent	Primary	Permanent
I	5.62 \pm 2.23	2.06 \pm 0.93	18.71 \pm 2.57	13.51 \pm 2.61
II	3.76 \pm 0.97	1.37 \pm 0.48	17.10 \pm 2.17	10.40 \pm 2.43
III	2.05 \pm 1.13	0.85 \pm 0.18	4.51 \pm 2.38	2.20 \pm 0.52
IV	8.52 \pm 3.08	6.62 \pm 1.07	13.94 \pm 2.67	8.18 \pm 4.46

치은면측 변연에서는 Fuji II LC[®]로 충전한 III군이 다른 모든 군에 비해 적은 미세누출을 보였으며, Scotchbond[™]로 충전한 I군이 Ketac-Bond[®]로 충전한 IV군보다 더 높은 미세누출을 보였다(p<.05) (Table 6).

교합면측과 치은면측에서의 미세누출의 차이를

t-Test로 검증한 결과(Table 8)에서 레진으로 충전한 I군과 II군은 유의차를 보였으나(p<.05), 글라스 아이오노머로 충전한 III군과 IV군에서는 유의차를 보이지 않았다.

3) 유치와 영구치의 각 군 비교

유치와 영구치의 교합면과 치은면측에서의 미세

Table 3. Statistical comparison between groups at occlusal margin (Primary tooth)

	I	II	III	IV
I				
II				
III	*			
IV	*	*	*	

ANOVA-test (*:p<.05)

Table 4. Statistical comparison between groups at gingival margin (Primary tooth)

	I	II	III	IV
I				
II				
III	*			
IV	*	*	*	

ANOVA-test (*:p<.05)

Table 5. Statistical comparison between groups at occlusal margin (Permanent tooth)

	I	II	III	IV
I				
II				
III	*			
IV	*	*	*	

ANOVA-test (*:p<.05)

Table 6. Statistical comparison between groups at gingival margin (Permanent tooth)

	I	II	III	IV
I				
II				
III	*			
IV	*	*	*	

ANOVA-test (*:p<.05)

Table 7. Statistical comparison between occlusal & gingival margin in primary teeth

		O	G
I	O		
	G	*	
II	O		
	G	*	
III	O		
	G		
IV	O		
	G		

t-Test (*:p<.05)

Table 8. Statistical comparison between occlusal & gingival margin in permanent teeth

		O	G
I	O		
	G	*	
II	O		
	G	*	
III	O		
	G		
IV	O		
	G		

t-Test (*:p<.05)

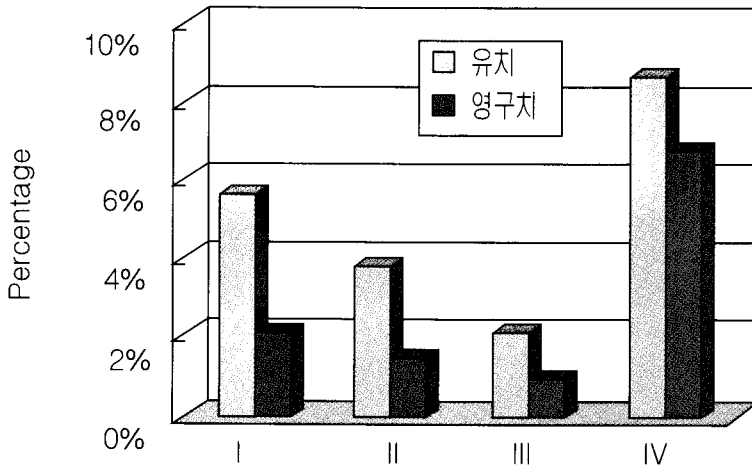


Fig. 1. Comparison of microleakage between primary & permanent teeth (Occlusal margin)

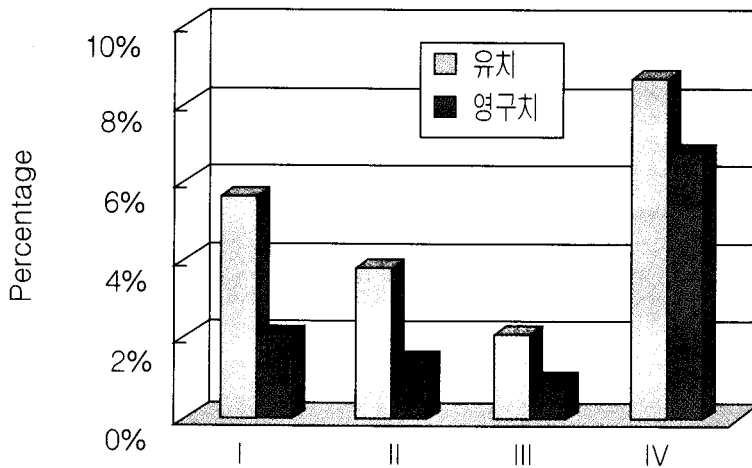


Fig. 2. Comparison of microleakage between primary & permanent teeth (Gingival margin)

누출 양상의 비교 결과(Fig. 1, 2), Fuji II LC[®]로 충전한 III군을 제외한 모든 군에서 유치가 영구치에 비해 더 높은 미세누출을 보였다($p < .05$).

에서 치질과의 긴밀한 결합을 보였으나, Ketac-Bond[®]군은 모든 다른 군에 비해 큰 간극을 관찰할 수 있었다.

2. 주사 전자현미경 관찰

레진으로 충전된 I군과 II군은 유치와 영구치 모두에서 다양한 형태의 혼화층을 관찰할 수 있었으며, 특히 I군 유치에서는 혼화층의 두께가 영구치보다 더 두껍게 나타났으며, 또한 혼화층의 내부 균열이 관찰되었다.

글라스 아이오노머로 충전된 III군과 IV군의 비교에서는 Fuji II LC[®]군은 유치와 영구치 모두

IV. 총괄 및 고안

수복물 변연을 통한 세균의 침투가 치수 자극의 주원인이며, 세균과 그 부산물이 상아세관을 통과하는 것을 얼마나 방지할 수 있는지가 수복물의 성패와 치수조직의 생활력 유지에 결정적으로 기여하고, 치아와 수복물의 변연에서의 착색과 이차우식을 유발하게 된다. 이러한 미세누출을 감소시키

기 위해 여러 종류의 재료를 통해 연구를 거듭해 왔으며, 이러한 재료들의 물리, 화학적 물성의 향상을 도모하려는 연구 또한 병행되어왔다.

복합 레진은 뛰어난 색조 재현성과 수은을 방출하지 않고, 열전도성이 없다는 장점을 지닌 반면, 치아와는 다른 열팽창계수의 차이와 경화시에 발생하는 중합수축 등으로 변연밀폐가 매우 어려우며, 또한 변연부 접합성은 범랑질의 산 탈회 방법, 상아질접착제의 사용, 와동형태 및 형성방법, 수복물의 충전방법, 마무리 술식과 수복재 자체의 성질에 좌우된다.

인위적 변연누출을 위해 온도변화 실험에서, Nelson¹⁴⁾과 Selzer¹⁵⁾는 구강내에서 충전물의 가장 낮은 온도는 4°C의 얼음물을 마실 때의 9°C이고 가장 높은 온도는 60°C의 커피를 마실 때의 52°C로 측정된다고 하였으며 복합레진의 열팽창계수(20-32×10⁻⁶mm/°C)가 치질의 열팽창계수(11.4×10⁻⁶mm/°C)보다 2-3배 크므로 복합레진 수복물이 2.6-7.1%의 체적 수축을 보이게 되는데¹⁶⁾, 복합 레진이 상아질과 범랑질보다 더 잘 팽창하고, 수축하게 되어 이 간극이 더욱 심화되게 된다.

복합 레진에서의 이러한 간극을 감소시키기 위해 Hembree¹⁶⁾은 와동의 형태를 변형시키는 방법으로 미세누출을 줄이는 실험을 하였으며, Oldenberg¹⁷⁾는 변연에 사각을 포함하는 기존의 와동형성 방법으로 보통의 기존 방법과 변형된 형성 방법보다 2.5%의 실패율 감소를 보고하였다. Soderholm¹⁸⁾은 복합 레진내의 필러 함유량을 증가시켜 열팽창계수를 감소시키면, 자연치질의 열팽창과 비슷하게 하는 방법을 보고하였으나, Puckett¹⁹⁾ 등은 필러 함유량은 중합 수축과 반비례한다고 하였다.

Bullard²⁰⁾ 등은 낮은 열팽창 계수를 가진 재료의 충전이 미세누출을 줄일 수 있다고 하였으며, 복합 레진내 레진 기질을 감소시키기 위해 무기질 필러의 첨가는 중합수축과 탄성을 개선시킬 수 있었다.

레진 수복물이 물을 흡수하여 팽창하는 현상을 수화성 팽창이라고 하며, 이러한 수분의 재흡수와 중합수축에 관한 연구에서 수분의 재흡수에 의한 체적 팽창과 산부식 방법으로는 초기의 중합 수축을 극복할 수 없다고 하였다²¹⁾.

1세대 상아질결합제는 50년대 말, 60년대 초에 걸쳐 개발된 것으로 임상적으로는 큰 성공을 거두지 못하였으며, 2세대 상아질 접착제는 20년이 지난 후에야 소개되었던 것으로 대부분이 Bis-GMA의 할로포스포러스 에스테르로 인-칼슘 결합을 통해 상아질의 무기질 성분에 접착시키려 했던 것이다. 그러나 이런 형태의 접착은 구강내에서 시간경과에 따라 용해되어 임상적으로 실패하는 원인이 되었다. 제3세대 상아질 접착제는 1982년 Bowen²²⁾에 의해 개발된 옥살레이트 상아질 결합체계로부터 시작되었다. 이것은 취급이 매우 번거롭고 결과 또한 예측 불가능하였지만 접착강도는 크게 향상되었다. 3세대 접착제는 산성의 용액을 이용하여 치면처리를 시행하여 도말층을 변형시키거나, 제거하지만 기존의 1, 2세대 상아질 접착제는 변형되지 않은 원형의 도말층에 접착시키는 방법을 취하고 있어 각광 받게 되었다. 이에 따라 대부분의 실패는 주로 도말층 자체내 또는 도말층과 상아질간의 접착부위에서 일어났던 것이다. 도말층의 제거나 변형처리 후에 접착레진을 도포함으로써 수복물과의 결합을 도모할 뿐만 아니라 상아질과도 접착하는 것이다. 산 부식에 의한 복합레진과 범랑질간의 결합강도는 16-22MPa인 반면, 1세대 상아질 결합제는 3MPa이었고, 2세대 상아질 결합제는 10MPa이었고, 3세대는 도말층을 제거 또는 변형시켜 결합력을 15-18MPa까지 이르게 발전하게 되었다. 최근에는 상아질을 3% 페릭산과 10% 시트릭산을 혼합한 액으로 처리한 후 접착제를 도포하여 혼성층을 형성하는 Superbond C&B, Superbond D Liner와 10% 인산인 All-Etch로 부식하는 All-Bond[®]라는 제 4세대 상아질 결합제가 개발되고 있으며, 실험실 연구에 의하면 상아질에 대한 결합력이 20 MPa를 상회하는 것으로 보고되었다²³⁾.

본 연구에 사용된 복합레진의 치면처리제는 4세대 상아질 결합제인 Scotchbond[™]의 10% maleic acid와 All-Bond II[®]의 10% 인산을 사용하였으며, 두 재료의 치면처리의 효과가 미세누출에 어떤 영향을 주며 치질과의 계면에는 어떤 차이를 나타내는지를 비교해 보았다.

적층방법에의 연구에서 Hansen²⁴⁾은 적층으로 충전하는 것이 단층으로 한꺼번에 충전하는 것에 비해 25%의 미세누출 감소 효과가 있다고 하였으며,

Donly와 Jensen²⁵⁾, Leinfelder²⁶⁾는 적층중합이 미세누출을 감소시키는데 탁월하였고, 2급와동에서 협-설 적층중합시 최소의 중합수축과 응력이 발생했다고 보고하였다. Donly²⁵⁾등은 협-설 적층중합수축은 치은-교합 적층중합보다 적었으나 통계학적 유의성은 없었다고 하였으며 단층중합 수축보다는 통계학적 유의성 있게 적었다고 하였다.

글라스 아이오노머를 레진의 하방에 base로 이용하였을 경우 미세누출을 줄일 수 있다고 하였고²⁷⁾, 충전 방법에 관한 연구에서 가압 충전법²⁸⁾과 비가압 충전법²⁹⁾을 이용하여 미세누출을 줄일 수 있다고 하였으나 Azarba³⁰⁾등은 이 두 가지 방법의 차이가 없다고 하였다.

표면 보호재의 사용에 대한 연구에서 실란트와 접착제의 사용이 미세누출을 감소시킬 수 있다고 하였으며³¹⁾, 전중합 레진 볼³²⁾과 글라스 인서트를 이용한 연구^{33,34)}에 이르기까지 다양한 연구가 이루어졌다.

레진과 함께 임상에서 가장 널리 이용되고 있는 글라스 아이오노머 시멘트는 치아 경조직과 산 염기 반응을 통해 직접 결합하는 것으로 알려져 있으며 상아질에 대한 결합은 아직 정확하게 밝혀지지 않았지만 극성 이온 결합을 하는 것으로 믿어진다³⁵⁾. 글라스 아이오노머의 폴리 아크릴릭 이온이 인회석 결정과 반응하여 칼슘과 인을 치환하여³⁶⁾, 상아질과 긴밀한 결합을 이루게 되고 미세누출을 방지하게 된다. 초기에 개발된 진성 글라스 아이오노머의 많은 장점에 비해 조작의 편의성, 자연 경화, 탈수 반응에 의한 색조의 변화 등의 단점을 지니고 있어 임상적으로 그 사용이 제한되었으나, 이러한 단점들을 극복하면서 최근에 개발된 레진화 글라스 아이오노머는 기본적 경화 반응인 산 염기간의 반응이 시작되어 아주 천천히 진행되고 이와 더불어 광선에 의한 중합반응 체계에 의해 경화가 촉진되는 이중 중합의 특성을 나타낸다.

Sidhu³⁷⁾는 진성 글라스 아이오노머와 레진화 글라스 아이오노머를 대상으로 발생하는 간극의 크기를 전자현미경으로 관찰한 결과, 진성 글라스 아이오노머보다 레진화 글라스 아이오노머의 간극이 더 작은 것을 확인하였고, 이것은 레진화 글라스 아이오노머내의 레진 성분에 의해 경화 수축되는 양보다 더 강한 치질과의 결합을 시사하였다.

Feilzer⁶¹⁾는 진성의 글라스 아이오노머에서와는 다르게 레진화 글라스 아이오노머의 자연된 수분 누출은 지속적인 수분흡수를 일으켜 지속적인 스트레스 완화 효과를 초래한다고 하였다. Wilson³⁸⁾은 치아와 광중합형 글라스 아이오노머의 사이에 존재하는 층을 "ion exchange layer"라는 용어를 이용해 설명하였으며, Mount¹³⁾가 이를 실험적으로 보여 주었다.

전통적인 화학 중합형 글라스 아이오노머는 체적에서 3%-4%의 응축을 보이며³⁹⁾ 광중합 유리 아이오노머는 체적이 광원에서 노출 후 5분 동안에 3.28%-4.78%가 수축이 됐고 12시간 지속이 되었다³⁸⁾. 글라스 아이오노머가 체적변화를 보여 이러한 간극을 형성하는지의 여부에 대한 이견은 많지만 치질과의 부착이 매우 양호한 재료임은 분명하다.

글라스 아이오노머가 구강내에서 지속적인 불소의 저장고라는 장점 외에도 레진에 비해 적은 경화수축을 보여 미세누출을 감소시킬 수 있는 능력을 지닌다. 글라스 아이오노머의 미세누출은 표면의 미세 균열을 통해 수분을 재흡수 하는 기전에 의해 보상받게 된다³⁹⁾. 표면이 수분에 너무 빨리 노출 될 경우, 물성의 상실이나 색조의 변화가 나타날 수 있으므로 표면 보호재의 사용이 권장된다⁴⁰⁾.

본 연구에서는 임상적으로 가장 널리 이용되고 있는 두가지 심미적 재료인 레진과 글라스 아이오노머를 충전재로 하였으며, 미세누출의 양상의 차이를 관찰하였는데 레진의 경우 치아 표면의 전처리제의 종류에는 큰 차이를 보이지 않았으나 레진화 글라스 아이오노머와의 비교에서는 통계학적으로 유의한 차이를 보였다.

미세누출을 평가하기 위한 방법으로는 색소 이용법, 방사선 동위원소 이용법, 전기 화학법, 방사화분석법, 전자현미경 등이 이용되어 왔는데, 그 중에서 염색을 이용하여 염색이 침투한 정도를 가지고 미세누출 정도를 평가하는 방법이 가장 널리 쓰여지고 있다. 그러나 이 방법은 다른 실험방법과 비교, 평가하기에는 편리하나, 변연접합성을 직접 관찰할 수가 없으므로, 본 실험에서는 베이직 폭신 염색제를 이용한 색소 이용법으로 미세누출 정도를 평가하였고 주사 전자현미경으로 수복물과 치질사이의 변연접합성을 정확히 파악하였다. 즉,

수복물 주위의 틈에 대한 형태학적 관계를 관찰할 수 있었다.

Thomas⁴¹⁾는 미세누출의 평가를 위해 시각적으로 판단하기 용이한 3차원적인 평가 방법을 제안하였으며, 와동 측벽으로의 미세누출이 더 많이 일어난다고 하였다. Laura⁴²⁾는 미세누출을 평가하기 위해 컴퓨터를 이용하여 각 표본을 mm 단위로 측정하였으나, 본 연구에서는 하나의 와동에서 얻어진 4개의 영상을 컴퓨터에 입력하고, 이를 화상분석 프로그램을 이용해 전체 와동 길이에 대한 색소가 침투된 길이를 백분율로 환산한 값을 얻었다.

지금까지의 대부분의 연구는 유치의 조성과 형태학적 차이를 고려하지 않고, 영구치와의 비교만으로 그 결과를 추정하여 왔으며, 결합력에서의 유치와 영구치의 차이를 비교한 연구를 보면, Triolo⁴³⁾는 영구치의 Amalgam bond($23.3 \pm 5.7 \text{MPa}$)와 All-bond($19.3 \pm 5.6 \text{MPa}$)을, Elkins⁴⁴⁾는 유치에서는 Amalgam bond ($12.6 \pm 7.5 \text{MPa}$)과 All-bond($11.6 \pm 6.6 \text{MPa}$)를 보고하였다. 이 두 가지 다른 실험에서 유치가 영구치에 비해 더 적은 결합력을 나타내는 것으로 볼 수 있으며, 도말층을 제거하고 상아세관내로의 기계적 결합을 이루는 레진의 경우 치면처리제 Gluma system으로 한 연구에서⁴⁵⁾ 영구치는 $10.8 \pm 3.1 \text{MPa}$ 인 반면에 유치에서는 $8.3 \pm 4.6 \text{MPa}$ 의 결합력을 보였다. 이러한 기계적 물성의 차이는 유치와 영구치의 물리, 화학적 조성의 차이에 의해 기인하는 것으로 이에 대한 많은 연구를 통해 유치에서의 한계를 극복하려는 노력이 계속되고 있다.

Lakoma⁴⁶⁾는 상아질내의 광성분의 차이를 측정하기 위한 방법으로 중성자 활성화 분석법을 이용해 영구치에서 보다 유치에서 칼슘과 인의 농도가 더 낮게 나타나는 것을 관찰할 수 있었으나, 이는 통계학적으로는 유의하지 않다고 하였다. Hirayama⁴⁷⁾는 이를 더 구체화하기 위해서 에너지 분산 분광기를 사용하였으며, 관주 상아질과 관간 상아질에서의 칼슘과 인의 농도는 유치에서 보다 영구치에서 더 높게 나타남을 확인할 수 있었다.

미세경도 실험에서 영구치 치관의 중앙에서의 경도가 유치에서의 같은 부위에서 보다 더 높은 값을 보였으며⁴⁸⁾, 이는 영구치가 유치에 비해 더 많이 광화 되었음을 입증한다. Koutsis⁴⁹⁾는 상아세관

에 대한 비교에서, 영구치에서 그 직경이 더 굵고 단위면적당 집중도에서도 더 높게 나타나므로 레진 수복시 기계적 결합을 이루는 resin tag의 특성에 차이가 있다고 설명하였다. Nör⁵⁰⁾ 유치와 영구치에 서로 다른 치면처리제를 이용하였을 경우 소위 resin-dentin inter-diffusion zone이라고 불리는 혼화층의 두께 차이를 보고한 바 있었는데 여기서 유치가 영구치보다 상대적으로 두꺼운 혼화층을 형성하는 것을 보여 주었다. 이러한 것으로 미루어 유치 상아질은 산성의 상아질 전처리제에 대한 반응성의 차이를 보이는 것으로 추정할 수 있다.

본 연구에서는 고속용 카바이드 바를 이용하여 치질 삭제를 시행하였다. 모든 형태의 와동 형성시 발생하는 도말층은 수복물로부터 치수로의 원소의 확산을 방지하는 보호능력을 지니며, 세균의 치수로의 침입을 제한시킬 수 있고, 상아세관내의 액체의 유동성을 감소시켜 술후에 발생할 수 있는 감각을 감소시키는 장점을 지니고 있는 반면, 도말층을 제거하여 상아 세관을 노출시켜 혼화층을 형성하여 궁극적으로 상아질에 강하고 안정적인 결합을 이루게 하기 위해서 꼭 제거되어야 한다.

Nör⁵¹⁾ 등은 고속용 카바이드 바를 이용한 와동 형성시 1-2 μm 의 혼화층을 관찰하였으며, 산성의 치면 전처리제에 대해 영구치에서 보다 유치에서 더 빠르게 도말층이 제거된다고 하였으며, 이것은 유치와 영구치의 화학적 조성의 차이와 화학반응성의 차이에 기인하는 것으로 추정하였다.

도말층의 제거에서 이러한 차이를 나타내는 이유에 대한 연구가 이루어져 왔는데, Brannstrom⁵²⁾은 도말층의 조성은 그 하방의 상아질의 조성과 같으므로, 이러한 근거에서 유치와 영구치의 도말층은 각각의 다른 화학적 조성과 화학적 반응성을 보이므로 그 제거에도 차이가 있다고 하였으며, Koutsis⁴⁹⁾은 상아세관의 크기와 밀도의 차이를 보이는 유치는 상아질 투과성이 영구치에 비해 떨어지고, 도말층의 제거도 영구치보다 더 빨리 이루어진다고 하였다. 또 다른 하나의 가설은 유치 상아질내의 수분이 영구치에 비해 적게 포함되어 있어 도말층 제거에 이용되는 산성의 전처리제의 효과를 변경시키게 된다는 것이다.

상아질 전처리제는 궁극적으로 도말층을 제거하여, 관간 상아질을 부분적으로 탈회시켜 콜라겐 섬유를 노출시키고, 혼화층을 형성하기 위해 사용된다⁵³⁾. 그러나 관간 상아질의 탈회에 의해 삭제된 양이 너무 과도할 경우 콜라겐 섬유의 수축이 일어나고 프라이머와 치면 접착제가 콜라겐 섬유의 하방까지 완전히 스며들지 못하고 두터운 층을 형성하게 된다⁵⁴⁾. 이상적인 혼화층의 두께는 노출된 콜라겐 섬유주위로 치면 접착제가 완전히 안정적으로 결합하기에 충분한 두께이다. 그러나, 이러한 상황에서 제거된 광물 성분은 완전히 프라이머로 채워지지 못하고, 혼화층 하방에 약한 결합을 보이는 부분을 남기게 되는데, 이것은 미세누출을 유발하는 원인을 제공하게 되거나^{55,56)}, 수복물의 결합력을 부분적으로 상쇄시키게 된다⁵⁷⁾.

도말층의 제거는 적용된 산의 농도와 접촉되는 시간과 직접적인 관련이 있는 것으로⁵⁸⁾ 알려져 있으며, 유치와 영구치의 혼화층 두께의 차이는 유치에서 낮은 결합 강도를 보이는 것과 직접적인 관련이 있는 것으로 보인다⁵⁹⁾.

결합강도의 비교에서는 영구치가 유치보다 높은 값을 보이는 것으로 알려져 왔으나, 새로운 재료의 개발로 차이가 통계학적으로 유의하지 않다는 설명도 있었다. 이러한 결합강도의 차이는 상아질의 두께 차이가 고려되어야 하는데 치관부위에서 치수 쪽으로 갈수록 전체 칼슘의 함량이 적어지게 되고 결합력은 감소하게 되는 것이다. 유치는 영구치보다 관주 상아질이 관간 상아질에 비해 덜 결정화 되어있고, 그것이 2-5배 가량 된다고 하였다. 영구치에 비해 유치는 치수조직에서 0.4-0.5mm 떨어진 위치에서 상아세관은 더 적은 직경과 더 적은 밀도를 보인다⁴⁰⁾.

Nör⁵⁰⁾은 유치와 영구치에서의 레진과 상아질 계면의 주사 전자현미경적 관찰연구에서, 유치는 영구치에 비해 25-30% 혼화층의 두께증가를 보이고 치면 접착제가 완전히 스며들지 않아 낮은 결합력은 지니게 된다고 하였으며, 얇은 혼화층이 레진의 균일한 상아질 결합을 제공한다면, 유치에서의 산 부식 시간을 더 적게 하여 영구치와 비슷한 혼화층을 형성할 것을 추천하였는데, 유치에서는 영구치 적용시간의 1/2로도 충분하다고 하였다.

유치는 영구치에 비해 전체 체적이 적고, 상대

적으로 큰 치수강을 가지고 있어 와동 형성시 깊이가 고려되어야 한다.

본 연구에서는 레진 충전군에서 치은연측 변연에서의 미세누출은 유치군에 비해 영구치 군에서 더 적게 나타났는데 이것은 법랑 소주의 주행 방향과 상대적으로 얇은 법랑질의 두께에 기인하는 것으로 보인다⁶⁰⁾.

V. 결 론

본 연구는 여러 가지 물성과 임상적 조작성이 크게 향상되어 성인뿐 아니라 특히 소아환자에게 널리 사용하고 있는 광중합형 유리 아이오노머 수복재료와 레진 수복재료를 유치와 영구치에 각각 사용하여, 미세누출과 그 표면관찰을 하여 어떠한 차이가 있는지에 관해 알아보고자 함이 목적이었으며 그 결과는 아래와 같다:

1. 영구치와 유치의 전반적인 미세누출 양상 비교 결과, 모든 재료 군에서 유치가 영구치에 비해 더 많은 미세누출을 보였다($p<0.05$).
2. 복합레진 충전군의 경우 교합면측에 비해 치은면측에서 더 많은 미세누출을 보였으나, 글라스 아이오노머 충전군의 경우에는 그 차이가 없었다($p>0.05$).
3. 복합레진 충전군에서 전처리제의 종류에 따른 미세누출 정도에서는 서로 유의한 차이가 없었으나($p>0.05$), 글라스 아이오노머 재료 충전군에서는 광중합형 글라스 아이오노머군인 Fuji II LC[®]군이 자가 중합형 글라스 아이오노머군인 Ketac-Bond 군보다 적은 미세누출 양상을 나타냈다($p<0.05$).
4. 복합레진 충전군의 주사 전자현미경적 관찰에서는 유치, 영구치 공히 다양한 형태의 혼화층의 형성이 뚜렷하였으며 전반적으로 유치에서 다소 두터운 양상이 관찰되었다. 글라스 아이오노머 충전군의 관찰에서는 광중합형 글라스 아이오노머군의 경우가 자가 중합형 글라스 아이오노머군에 비해 전반적으로 더욱 긴밀한 치질과의 결합을 보이고 있었다.
5. 영구치에 비해 유치에서의 높은 미세누출은 임상적 적용시 영구치와는 다른 치면처리와 임상

적 배려가 요구되며, 유치에서 영구치와 유사한 결과를 얻기 위한 더 많은 영구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Bauer JF, Henson JL.: Microleakage around dental restorations a summarizing review. *J Am Dent Assoc.*, 1972;87:1349-57.
2. Bullard RH, Leinfelder KF, Russell CM.: Effect of coefficient of thermal expansion on microleakage. *J Am Dent Assoc.*, 1988;116:871-4.
3. Eriksen HM, Pears G.: In vitro caries related to marginal leakage around composite resin restorations. *J Oral Rehab.*, 1978;5:15-20.
4. Bergenholtz G, et al.: Reactions of the dental pulp to microbial provocation of calcium hydroxide treated dentin. In: *Endodontics*, 3rd Ed. Ingle JI, Taintor JF, Eds. Philadelphia: Lea & Febiger, 1985;p330.
5. Buonocore MG.: A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces *J Dent Res.*, 1955;34:849.
6. Jordan RE, Suzuki M.: Posterior composite restorations: where and how they work best. *J Am Dent Assoc.*, 1991;122:31-7.
7. Craig RG (ed).: *Dental Restorative materials*. St Louis: Mosby, 1987;262.
8. Feilzer AJ, DeGee AJ, Davidson CL.: Curing contraction of composite and glass ionomer cements. *J Prosthet Dent.*, 1988;59:297-300.
9. Wilson AD, Kent BE.: A new translucent cement for dentistry. *Br Dent J.*, 1972;132:133-5.
10. Wilson AD, McLean JW.: *Glass-ionomer cement*. Chicago: Quintessence Publishing., 1988.
11. Alton M, Lacy, Douglas A.: Young Modern concepts and materials for the pediatric dentist. *Pediatric Dentistry*, 1996;18(7):469-78.
12. Hotz P, McLean JW, Seed I, Wilson AD.: The Bonding of glass ionomer cements to metal and tooth substrates. *Br Dent J.*, 1977;142:41-7.
13. Mount GJ.: Adhesion of glass-ionomer cement in the clinical environment. *Oper Dent.*, 1991; 16:141-8.
14. Nelson RJ, Wolcott RB, Paffenbarger GG.: Fluid exchange at the margins of dental restorations. *J Am Dent Assoc.*, 1952:288-95.
15. Seltzer S.: The penetration of microorganisms between the tooth and direct resin fillings. *JADA.*, 1955;51:561.
16. Hembree, J.H.: Microleakage of microfilled composite resin restorations with different cavosurface designs. *J. Prosth. Dent.*, 1984;52:653.
17. Oldenberg TR, Vann WF, Dilley DC.: Composite restorations for primary molars: two-year results. *Pediatr Dent.*, 1985;2: 96-113.
18. Soderholm, K.: Influence of silane treatment and filler fraction on thermal expansion of composite resins. *J Dent Res.*, 1984;63:1321-26.
19. Puckett, A.D., Smith, R.S.: Method to measure the polymerization shrinkage of light-cured composites. *J Prosthet Dent.*, 1992;68:56-5.
20. Bullard, R.H., Leinfelder, K.F., Russell, A.C.M.: Effect of coefficient of thermal expansion on microleakage. *J Am Dent Assoc.*, 1988;116:871-4.
21. Bowen BL.: Hardening shrinkage and hygroscopic expansion of composite resins. *J Dent Res.*, 1982;61:654.
22. Bowen, R.L., Cobb, E.N., Papson, J.E.: Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues. Improvement in bond strength to dentin. *J Dent Res.*, 1982;61:1070.
23. Byoung I, Suh.: All-bond-fourth generation dentin bonding system *J Esthetic Dent.*, 1991; 3(4):139.
24. Hansen EK.: Effect of cavity depth and application technique on marginal adaptation of resins in dentin cavities. *J Dent Res.*, 1986; 65:1319-21.
25. Donly, K.J., Jensen, M.E.: Posterior composite polymerization shrinkage in primary teeth: An in vitro comparison of three techniques. *Pediatr Dent.*, 1986;8:209-12.
26. Leinfelder, K.F.: Using a composite resin as a

- posterior restorative material, *J Am Dent Assoc.*, 1991;122:65-70.
27. A.J. McCulloch, B.G.N. Smith.: In vitro studies of cuspal movement produced by adhesive restorative materials, *Br Dent J.*, 1986;161:405-9.
 28. Jacobsen, P.H.: Clinical aspects of composite restorative materials, *Brit Dent J.*, 1975;139:276.
 29. Phillip, R.W.: Science of dental materials, Philadelphia: W.B. Saunders company., 1982:44-45.
 30. Azarbal, P. Denehy, G.E.: Insertion techniques and adaptation of composite resin to cavity margins, *J Prosth Dent.*, 1981;46:66.
 31. McCourt, J.W., Eick, J.D.: Penetration of fissure sealants into contraction gaps of bulk packed autocured composite resin, *J. Pedo.*, 1988;12:167.
 32. Feinman RA.: The plunging ball technique: Class II direct composite resins, *Pract Periodont Aesthet Dent.*, 1992;4:43-8.
 33. Bowen RL, Setz, L.E.: Posterior Composite Restorations with Novel Structure, *J Dent Res.*, 1986;65:797, Abs. no 642.
 34. George, L.A., Richard, N.D.: Polymerization shrinkage in a composite restoration involving a glass-ceramic insert, *J Dent Res.*, 1993;72:351.
 35. Beech, DR.: Improvement in the adhesion of polyacrylate cement to human dentin, *British Dental Journal*, 1973;135:442-5.
 36. Wilson AD, Prosser HD, Powis DM.: Mechanism of adhesion of polyelectrolyte cements to hydroxyapatite, *Journal of Dental Research*. 1983;62:590-2.
 37. Sidhu SK.: Marginal contraction gap formation of light-cured glass ionomers, *Am J Dent.*, 1994;7:115-8.
 38. Barnes DM, Thompson VP, Blank LW, McDonald NJ.: Microleakage of class V composite resin restorations: a comparison between in vivo and in vitro, *Oper Dent.*, 1993;18:237-45.
 39. Davidson CL.: Glass-ionomer bases under posterior composition, *J Esthet. Dent.*, 1994;6:223-6.
 40. Earl MSA, Hume WT, Mount GJ.: Effect of varnishes and other surface treatments on water movement across the glass ionomer cement surface, *Austr Dent J.*, 1989;3:298-301.
 41. Thomas J. Hilton, Richard S. Schwartz, Jack L. Ferracane.: Microleakage of four Class II resin composite insertion techniques at intraoral temperature, *Quintessence Int.*, 1997;28:135-144.
 42. Laura M. Borem, Robert J. Feigal.: Reducing microleakage of sealants under salivary contamination: Digital-image analysis evaluation, *Quintessence Int.*, 1994;25:283-9.
 43. Triolo Jr PT, Swift Jr EJ.: Shear bond strengths of ten dentin adhesive systems, *Dent Mater.*, 1992;8:370-4.
 44. Elkins CJ, McCourt JW.: Bond strength of dentin adhesives in primary teeth, *Quintessence Int.*, 1993;24:271-3.
 45. Salama FS, Tao L.: Comparison of Gluma bond strength to primary vs. permanent teeth, *Pediatr Dent.*, 1991;13:163-6.
 46. Lakomaa EL, Rytmaa I.: Mineral composition of enamel and dentin of primary and permanent teeth in Finland, *Scand J Dent Res.*, 1977;85:89-95.
 47. Hirayama A.: Experimental analytical electron microscopic studies on the quantitative analysis of elemental concentrations in biological thin specimens and its application to dental science, *Shikwa Gahuko* 1990;90:1019-36.
 48. Johnsen DC.: Comparison of primary and permanent teeth, In: *Oral Development and Histology*, Avery JK, ed, Philadelphia: BC Decker, 1987; p 180-90.
 49. Koutsi V, Noonan RG, Horner JA, Simpson MD, Matthews WG, Pashley DH.: The effect of dentin depth on the permeability and ultrastructure of primary molars, *Pediatr Dent.*, 1994;16:29-35.
 50. Nør JE, Feigal RJ, Dennison JB, Edwards

- CA. Dentin bonding: SEM comparison of the resin-dentin interface in primary and permanent teeth. *J Dent Res.*, 1996;75:1396-1403.
51. Jacques E, N r, Robert J, Feigal, Joseph B, Dennison, Chris A, Edward BS. Dentin bonding: SEM comparison of the dentin surface in primary and permanent teeth *Pediatr Dent.*, 1997;19:246-52.
52. Brannstrom M.: Smear layer: pathological and treatment considerations. *Oper Dent(Suppl 3)*., 1984: :35-42.
53. Pashley DH, Horner JA, Brewer PD.: Interactions of conditioners on the dentin surface *Oper Dent(Suppl 5)*., 1992:137-50.
54. Prati C, Pashley DH, Montanari G.: Hydrostatic pressure and bond strength of bonding systems. *Dent Mater* 7:54-8, 1991.
55. Sano H, Shono T, Takatsu T, Hosoda H.: Microporous dentin zone beneath resin-impregnated layer. *Oper Dent.*, 1994:19:59-64.
56. Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, Horner JA, Matthews WG, Pashley DH.: Nanoleakage: Leakage within the hybrid layer. *Oper Dent.*, 1995:20:18-25.
57. Tam LE, Pashley DH.: Effects of dentin surface treatments on the fracture toughness and tensile bond strength of a resin-composite adhesive interface. *J Dent Res.*, 1994;73:1530-8.
58. Heymann HO, Bayne SC.: Current concepts in dentin bonding :focusing on dentin adhesion factors *J Am Dent Assc.*, 1993;124:27-36.
59. Bordin-Aykroyd S, Sefton J, Davies EH.: In vitro bond strength of three current dentin adhesives to primary and permanent teeth. *Dent Mater.*, 1992;8:74-8.
60. Guelmann M, Fuks AB, Holan G, Grajwer R.: Marginal leakage of class II glass-ionomer-coverage: an in-vitro study. *Journal of Dentistry for Children* 1989;56:277-82.
61. Albert J, Feilzer, Afrodite I, Kakaboura, Anton J, de Gee, Carel L, Davidson.: The influence of water sorption on the development of setting shrinkage stress in traditional and resin-modified glass ionomer cements. *Dent Mast.*, 1995;11:186-90.

EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 3. Scanning showing the quality of bond to tooth structure (primary teeth, Scotchbond™, ×3500)
- Fig. 4. Scanning electron micrograph of sectioned surface showing the quality of bond to tooth structure (permanent, Scotchbond™, ×3500)
- Fig. 5. Scanning electron micrograph of sectioned surface showing the quality of bond to tooth structure (primary teeth, All-bond II , ×3500)
- Fig. 6. Scanning electron micrograph of sectioned surface showing the quality of bond to tooth structure (permanent, All-bond II , ×3500)
- Fig. 7. Scanning electron micrograph of sectioned surface showing the quality of bond to tooth structure (primary teeth, Fuji II LC , ×1500)
- Fig. 8. Scanning electron micrograph of sectioned surface showing the quality of bond to tooth structure (permanent, Fuji II LC , ×1500)
- Fig. 9. Scanning electron micrograph of sectioned surface showing the quality of bond to tooth structure (primary teeth, Ketac-Fil , ×1500)
- Fig. 10. Scanning electron micrograph of sectioned surface showing the quality of bond to tooth structure (permanent, Ketac-Fil , ×1500)

사진부도

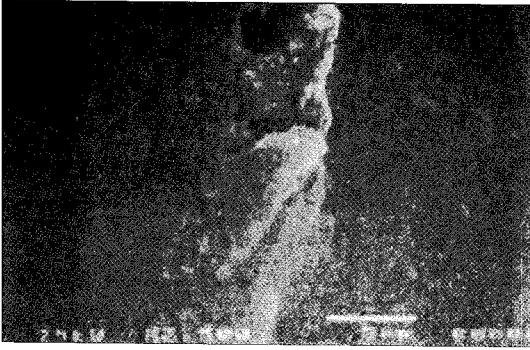


Fig. 3

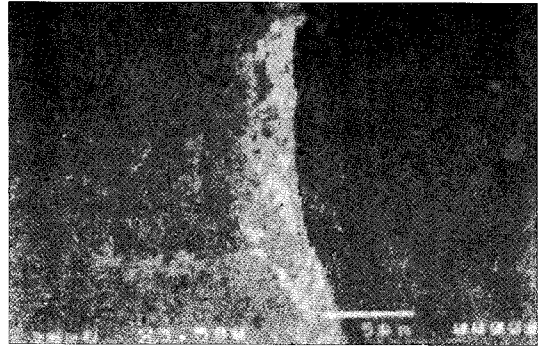


Fig. 4

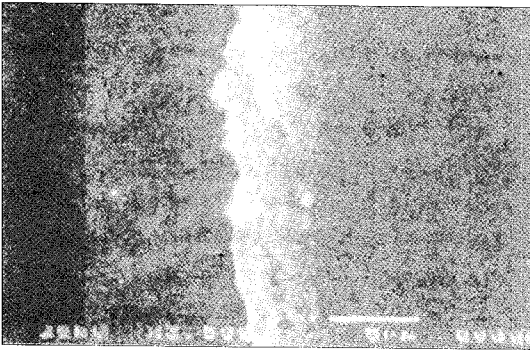


Fig. 5

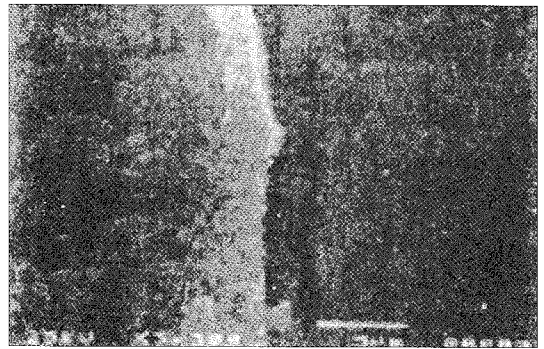


Fig. 6

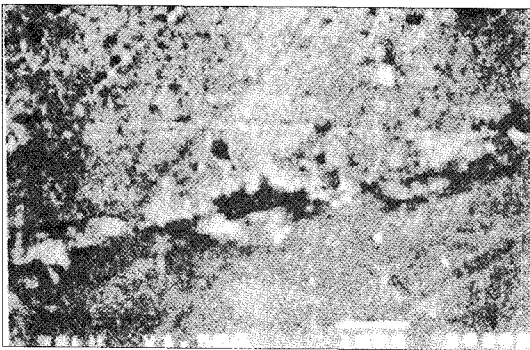


Fig. 7

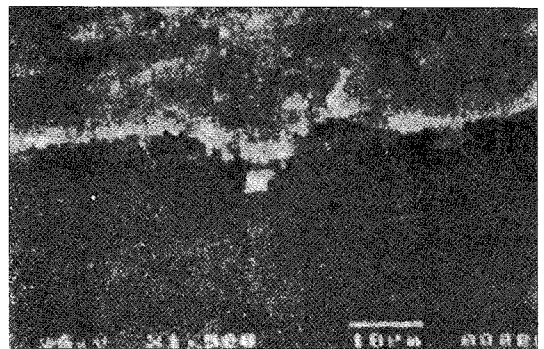


Fig. 8

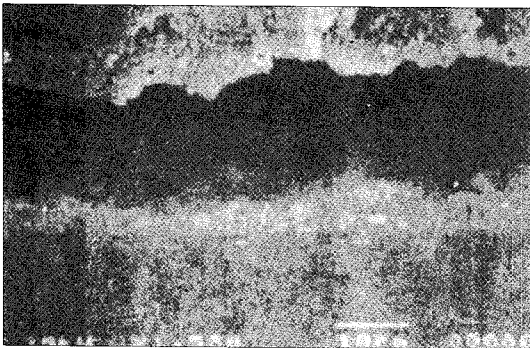


Fig. 9

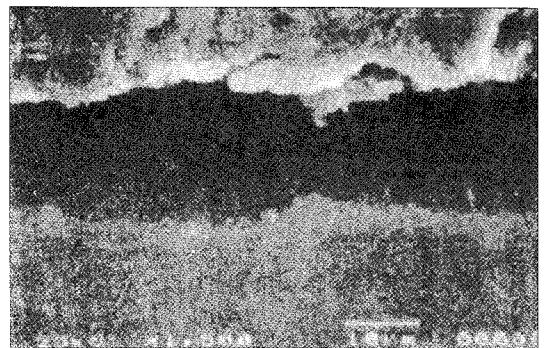


Fig. 10