

컴포머와 유치 상아질의 결합에 관한 연구

김지태 · 김용기 · 김종수 · 권순원

단국대학교 치과대학 소아치과학 교실

국문초록

치과 임상에서 널리 사용되고 있는 대표적인 심미성 접착 수복재료인 복합 레진과 글라스 아이어노머 시멘트의 단점을 보완하여 개발된 것으로 알려진 컴포머의 유치 상아질에 대한 결합력을 평가하고자 본 실험을 수행하였다. 치아 교환을 이유로 최근에 발거된 유구치 144개를 실험대상 치아로 선정하였으며, 이 중 120개의 치아는 전단강도 측정실험을 위하여 나머지 24개는 결합계면의 주사전자 현미경 관찰을 위해 무작위로 배분하였다. 각 치아마다 3×4mm의 상아질을 노출시킨 후 내경 2.6mm, 높이 2.0mm의 크기로 제작된 폴리에틸렌 주형을 상아질 표면에 고정시킨 다음 각각의 재료를 설정 조건에 따라 충전하였다. 전단강도 실험표본은 만능 시험기를 사용하여 측정하였으며, 주사 전자현미경 관찰 표본 중 1/2은 다시 근원심으로 절단하여 그 결합계면을 관찰하였으며 나머지 1/2은 치아를 완전 탈회시킨 후 상아질 내에 침투된 접착제의 형태를 관찰하였다. 본 실험의 결과 모든 컴포머 군(II~V)의 전단강도가 글라스 아이어노머 군(I)보다 높게 나타났고, 산 부식을 시행한 컴포머 군(III, V)이 산 부식을 시행하지 않고 충전한 컴포머 군(II, IV)에 비해 높은 전단강도를 보였으며(p<.05) 복합 레진 군(VI)과의 비교에서도 통계학적인 유의차가 없었다(p>.05). 서로 다른 접착제를 사용한 컴포머군 간의 비교에서는 모두 유의차가 나타나지 않았다. 상아질-수복재 계면의 관찰결과, 산 부식 처리된 상아질과 결합된 컴포머 군이 처리하지 않은 군에 비해 다소 두꺼운 혼화층이 균일하게 형성되어 있었고 레진 돌기도 더욱 치밀하게 침투한 양상을 보였다. 주사 현미경 관찰에서는 산 부식 하지 않은 컴포머 군이 전반적으로 짧고 얇은 레진 태그가 불규칙하게 분포되어 있는 양상을 보인 반면, 산 부식을 시행한 군과 복합 레진 군에서는 굵고 긴 레진 태그들이 규칙적이며 치밀한 분포를 나타냈다. 이상의 결과로 미루어 상아질의 산 부식 과정이 컴포머의 결합력 증진에 긍정적 요인으로 작용한 반면 상아질 접착제의 종류는 별다른 영향을 주지 않은 것으로 분석되었다. 결합강도의 비교에서 컴포머가 글라스 아이어노머에 비해 우수한 것으로 평가되어 소아 환자의 유구치 심미 수복재료로서의 가능성이 입증되었다.

주요어 : 컴포머, 전단결합강도, 레진 태그, 상아질 결합제

1. 서 론

치아 우식에 이환된 소아환자의 수복처치를 위하여 다양한 재료들이 사용되어져 왔다. 이 중 대표적인 복합 레진은 심미성과 마모 저항성이 높고 치질의 보존적인 삭제가 가능한 장점을 지닌 반면, 시술과정이 복잡하고 작업시간이 길고 수분 및 오염에 민감하므로 비협조적인 소아환자의 경우에는 특히 많은 제약 받게 되며 2차 우식의 발생율이 높은 것이 큰 단점으로 보고되고 있다²⁾. 이에 반하여 1972년에 개발된 이래³⁾ 현재까지 소아 치과영역에서 선호되고 있는 글라스 아이어노머 수복재는 생체 친화성이 우수하고 불소를 지속적으로 유리하는 장점이 있다⁴⁾. 또한 기존의 글라스 아이어노머 제제의 단점인 높은 파절 가능성 및 낮은 심미성^{5,6)} 등을 보완하기 위하여 광중합형인 resin-modified 글라스 아이어노머가 개발되었다. 그러나 기존의 제품에 비해서는 전반적인 물성이 크게 향상되긴 했지만 아

직도 복합 레진의 마모 저항에는 크게 미치지 못하여 임상 적용에 제한을 받고 있다⁷⁻⁹⁾. 복합 레진과 글라스 아이어노머의 단점들을 상호 보완하기 위한 목적으로 최근에 polyacid-modified 복합 레진인 컴포머가 개발되었다^{10,11)}. 컴포머는 복합 레진과 글라스 아이어노머의 합성어로서 저 농도 불소 유리 광중합형 복합 레진이며¹²⁾, Dyract[®](DeTrey Dentsply, German)라는 재료로 1993년에 처음 소개되었다. 이 수복 재료는 복합 레진에 버금가는 높은 심미성 및 조작의 편의성, 탁월한 표면 연마성을 지니고 산 부식 과정이 없이도 높은 결합강도를 나타낼 뿐만 아니라 저 농도의 불소를 지속적으로 유리하는 장점이 있어 소아 환자에 대한 이상적인 수복재료로서 소개되었다¹²⁾. 다양한 제품의 컴포머 중 본 실험에 사용된 Dyract[®]의 기질은 butane tetracarboxylic acid와 HEMA의 반응 산물인 친수성 모노머의 첨가로 변형되어 있으며 이는 2개의 methacrylate와 2개의 carboxyl group을 갖는 TCB 레진으로 형성되어 있다¹²⁾.

Filler는 2.5 μ m 크기인 strontium-aluminum-fluorosilicate glass filler를 함유하며, 이로 인하여 13%w/w의 불소를 유리하게 된다¹²⁾.

제 5세대 접착 시스템은 프라이밍(priming)과 접착을 동시에 시행할 수 있는 single bottle system으로서 이는 4세대 접착 시스템과 마찬가지로 습식 접착(wet bonding)을 기조로 시행하지만, 술식 과정에서 한 단계가 생략됨으로 인하여 시술도 중 발생 가능한 타액오염이나 술자 자신의 기술에 크게 영향을 받지 않는다는 장점이 있다.

이처럼 소아 환자에게 이상적인 수복 재료로 소개되어진 컴포머는 글라스 아이어노머에 비하여는 현저히 낮은 불소 유리양상을 보이며¹³⁾ 중합 수축의 양이 아직도 상당히 크다는 단점이 지적되고 있다¹⁴⁾. 컴포머의 수복시 치면 처리방법에 대한 다양한 연구 결과, 법랑질을 산 처리한 경우가 처리하지 않은 경우보다 높은 결합강도를 보인다는 의견의 일치성을 보인 반면, 상아질의 치면 처리에 대해서는 결과가 일치하지 않아 논란의 대상이 되고 있다. Triolo 등¹⁵⁾은 상아질 치면처리가 결합강도를 증진시킨다고 보고하였으나 Abate 등^{16,17)}은 이에 상반된 결과를 보고하였고, Barkmeier 등¹⁸⁾은 상아질의 치면처리 여부가 결합력의 증감에는 별다른 영향을 미치지 못한다고 보고하였다.

기존의 양대 심미 수복 재료인 복합 레진과 글라스 아이어노머의 단점을 보완할 목적으로 개발되어 최근 소아치과 치료에 도입된 컴포머는 그 임상 활용도에 비해 아직은 이를 뒷받침할 만한 연구 실적이 미흡한 상황이다.

이에 저자는 컴포머의 유치 상아질에 대한 결합력을 기존의 심미 수복재료와 비교 분석하여 유치 수복 재료로서의 임상적 효용성을 평가함과 아울러, 산 부식과정 또는 접착제의 종류가 컴포머의 결합력 향상 요인으로 작용할 수 있는지의 가능성에 대해서도 평가해 보고자 본 실험을 시행하였다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

1) 실험 대상치아

치아 교환을 이유로 최근에 발거된 유구치 중에서 협면 또는 설면이 건전한 144개를 실험대상 치아로 선정하였으며 전단강도 실험에는 120개를, 주사전자 현미경 관찰 실험에는 24개를 각각 무작위로 분배하여 사용하였다.

2) 실험 재료

본 실험에서 사용된 수복 재료로 글라스 아이어노머는 Fuji IX[®] GP(GC, Japan), 컴포머는 Dyract[®] AP(Dentsply, German), 복합 레진으로는 Z-100[™](3M, USA)을 선택하였다. 상아질 치면 처리 및 접착제로서는 Dentin conditioner(GC, Japan), Prime and Bond[™]2.1 (Dentsply,

German), Prime and Bond[®] NT(Dentsply, German)와 Scotchbond Multipur pose System[®](3M, USA)을 사용하였다. 광중합기는 XL3000(3M, USA)을 사용하였고, 일정한 광도를 유지하기 위하여 Radiometer(Dent -America, USA)를 사용하여 측정하면서 반복 조사하였다.

2. 실험 방법

실험대상 치아 표면에 있는 이물질들을 스케일러로 제거한 후 저속 핸드피스에 부착된 러버 컵을 사용하여 불소가 포함되지 않은 페미스로 10초 동안 치면 세마를 시행하였으며 실험 전까지 증류수에 보관하였다.

1) 전단 결합강도 실험

(1) 수복재료의 접착

① 치아의 레진 블록 매물

교정용 아크릴릭 레진에 매물하기 위한 주형을 제작한 후 벤틸레이트 디스크를 사용하여 치아를 치경부에서 절단하여 치근을 분리하였다. 건전한 협면 또는 설면이 주형의 기저부와 가능한 평행하게 노출되도록 아크릴릭 레진으로 매물하였다. 매물 후 레진의 경화시 발생하는 열을 분산시키기 위하여 차가운 탈이온수에 즉시 담근 다음 30분간 방치하였고, 주형에서 레진 블록을 제거한 후 치아의 탈수를 막기 위하여 실온의 탈이온수에 보관하였다.

② 상아질의 노출

경조직 연마기를 사용하여 상아-법랑 경계부 하방 0.5mm까지 노출시킨 다음 3x4mm 정도의 상아질이 얻어질 때까지 sili-cone carbide paper로 연마하여 탈 이온수에 보관하였다. 이와 같은 과정을 거쳐 제작된 실험용 레진 블록 총 144개를 총 6개의 군으로 무작위 배분하였고, 각 군당 24개의 표본을 다시 전단강도 실험용 20개와 주사전자 현미경 관찰용 4개의 표본으로 각각 배분하여 다음 실험과정을 거치도록 하였다(Table 1).

③ 상아질 표면 처리 및 수복제의 적용

각 군의 수복재료를 노출된 상아질 면에 부착하기 위하여 내경 2.6mm, 높이 2.0mm의 크기로 제작된 원추형 폴리에틸렌 주형의 외연을 접착성 왁스로 고정된 후, 각 제조사의 지침에 따라 I군은 폴리 아크릴산을 사용하여 치면 처리를 시행한 후 글라스 아이어노머 수복재료인 Fuji IX[®] GP를, II군은 산 처리를 시행하지 않고 직접 Prime and Bond[™]2.1를 적용한 후 컴포머인 Dyract[®] AP를 적용하였으며 III군은 37% 인산을 사용하여 15초간 산 처리 후 II군과 동일한 과정을 거치게 하였고 IV군은 산 처리를 시행하지 않고 Prime and Bond[®] NT를 적용하였고, V군은 37% 인산을 사용하여 15초간 산 처리 후 IV군과 동일한 과정을 거쳤다. VI군은 통상적인 복합레진 충전 방법으로 완료하였다(Table 1,2).

Table 1. Distribution of groups and samples according to various experimental conditions

Group	Restorative Material	Surface Treatment	Adhesive	Sample Number	
				Bond Strength	
				Test	Sem
I	GI	conditioning	No	20	4
II	Compomer	No Etching	PB 2.1	20	4
III	Compomer	Etching	PB 2.1	20	4
IV	Compomer	No Etching	PB NT	20	4
V	Compomer	Etching	PB NT	20	4
VI	Resin	Etching	SBMS	20	4

Table 2. Detailed experimental conditions applied to each group in surface treatment, bonding and curing procedures

Group	Surface Treatment	Time	Bonding Materials	Application & Curing Time
I	Polyacrylic Acid	15 sec.	No	No
II	No Etching	0	Prime&Bond [®] 2.1	2times for 20sec. & 10sec.
III	Phosphoric Acid	15 sec.	Prime&Bond [®] 2.1	2times for 20sec. & 10sec.
IV	No Etching	0	Prime&Bond [™] NT	1times for 20sec. & 10sec.
V	Phosphoric Acid	15 sec.	Prime&Bond [™] NT	1times for 20sec. & 10sec.
VI	Maleic acid	15 sec.	SB Multipurpose System [™]	10sec.

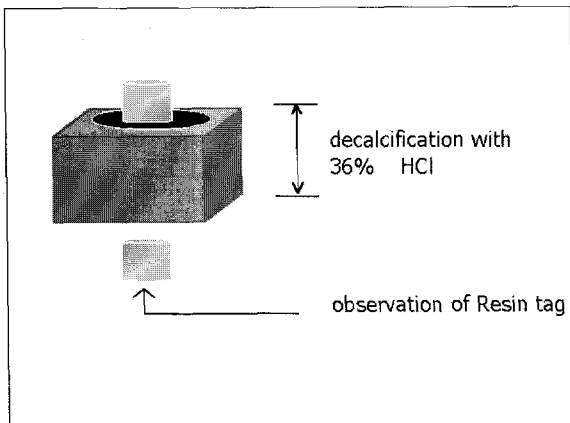


Fig. 1. Specimen preparation for SEM evaluation of resin tags.

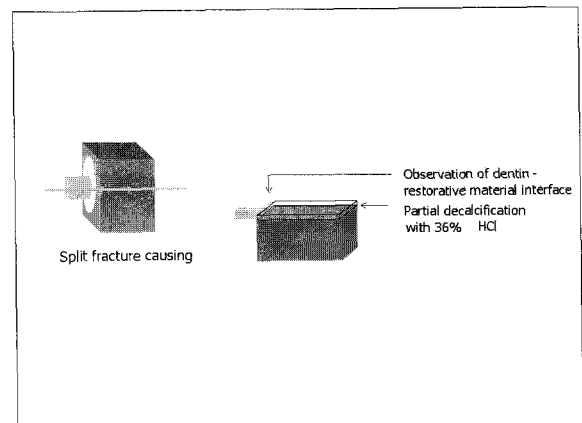


Fig. 2. Specimen preparation for SEM evaluation of dentin-restorative material interface

(2) 열 순환 및 보관

각 수복재료의 중합이 완료된 다음 폴리에틸렌 주형을 제거하고, 37℃의 100% 상대습도에서 24시간 동안 보관한 후 Thermocycling 기기(동경기연, Japan)를 이용하여 5℃-55℃에서 각각 1000회(60sec/cycle)의 열 순환을 시행한 후 37℃ 탈 이온수에 7일간 보관하였다.

(3) 전단 결합강도 측정

상아질면과 수복재 사이의 접착 계면이 특별히 고안된 기구의 장축과 평행이 되도록 레진 블록을 고정시킨 다음, 만능 시험기(M1000 EC, UK)를 이용하여 100kg의 하중, crosshead speed 5mm/min의 조건하에 각 표본의 상아질 전단 결합강도를 측정하였다(Fig. 2).

2) 주사 전자현미경 실험

전단강도 실험과 동일한 조건의 치면 처리 및 수복재 충전과정을 거친 각 군당 4개씩의 표본 중에서 2개는 상아질 내로 침투된 레진 태그의 관찰용으로, 나머지 2개는 상아질-수복물 계면의 현미경 관찰을 위해 사용하였다.

(1) 상아질 내로 침투된 레진 태그의 관찰

치아의 완전 탈회를 위하여 36% 염산용액에 24시간 동안 담근 후 남아 있는 수복재를 2% 차아염소산 나트륨 용액에 30분간 위치시켜 잔존 유기물들을 제거한 다음 탈 이온수로 세척하여 24시간 동안 완전 건조시켰다(Fig. 1).

(2) 상아질-레진 계면의 관찰

레진-상아질 계면의 관찰을 위해 치아와 수복재 결합부위에 서 시상면으로 파절을 유발시키고 그 파절면을 36% 염산 용액에 10초간 부식시킨 후, 2% 차아 염소산 나트륨 용액으로 30초간 수세하고 탈 이온수에 세척하고 24시간 동안 완전 건조시켰다(Fig. 2).

(3) 주사 전자 현미경 관찰

준비된 시편을 SEM coater(Model No. E500M, BIO-RAD, English)를 이용하여 20nm 두께의 금 피복을 시행한 후 주사전자 현미경(JSM-5200, JEOL, Japan)을 사용하여 가속전압 15kV하에서 300배, 1000배, 2000배의 배율로 관찰하였다.

3) 통계 분석

만능 시험기(M1000 EC, UK)를 사용하여 측정된 전단강도의 데이터를 대상으로 각 군간의 측정치 차이는 일차원 공분산 분석법(ANOVA)을 통하여 검정하였으며 이의 사후 검정을 위하여 Scheffe test를 시행하였다.

Ⅲ. 연구성적

1. 전단강도 측정 결과

총 120개의 치아를 대상으로 측정된 각 군의 평균 전단강도와 표준편차는 Table 3에 표기하였으며 Figure 5는 이를 그래프로 나타낸 것이다. 복합레진 군(VI)이 가장 높은 수치를 보인 반면, 글라스 아이어노머 군(I)이 가장 낮은 전단 강도 수치를 나타냈다. 일차원 공분산 분석법에 의해 검정한 각 군간의 비교

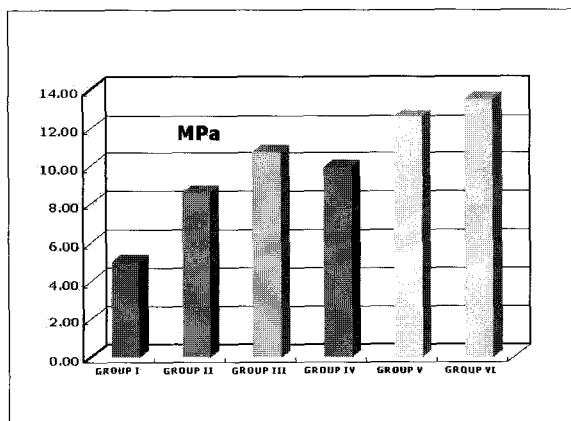


Fig. 3. Bar graph representing the mean shear bond strength values of each group.

결과를 보면, 글라스 아이어노머 군(I)이 복합레진 군(VI)과 모든 컴포머 군(II~V)에 비해 낮은 전단강도를 보였으며 (p<0.05) 컴포머 군간에서는 치면을 산 부식 처리한 컴포머 군(III, V)의 전단강도가 산 부식 처리를 시행하지 않은 군(II, IV)에 비해 각각 유의성 있게 높은 전단강도를 보였으며 (p<0.05) 복합레진 군(VI)과의 비교에서는 유의한 차이를 발견할 수 없었다(p>0.05). 서로 다른 접착제를 도포한 컴포머 군간의(II와 VI, III과 V) 비교에서는 Prime and Bond NT를 사용한 군(VI, V)이 더 높은 전단강도를 보였으나 유의차는 없었다(p>0.05) (Table 3,4 & Fig. 5).

2. 주사 전자 현미경 소견

상아세관에 침투된 레진 태그의 관찰을 위해 시행한 36% 염산 탈회과정에서 치아와 함께 완전히 분해되어 현미경으로 관찰할 수 없었던 글라스 아이어노머 군(I)을 제외한 나머지 군에서는 비교적 양호한 표본들을 얻을 수 있었다. 산 부식 처리를 하지 않은 컴포머 군(II, IV)의 경우는 전반적으로 짧고 얇은 레진 태그가 불규칙하게 분포되어 있는 양상이 관찰된 반면, 산 부식 처리된 컴포머 군(III, V)과 복합레진 군(VI)에서는 굵고 긴 레진 태그들이 규칙적이며 치밀한 분포를 보여주고 있었다. 레진 태그 주위의 측방분지(lateral branch) 형성은 관찰하

Table 3. Mean shear bond strength values(MPa) with standard deviation in each group

Group	I	II	III	IV	V	VI
Shearbond Strength (M±S.D)	4.98 ±1.28	8.56 ±2.24	10.70 ±2.39	9.89 ±1.68	12.55 ±2.20	13.45 ±3.16

Table 4. Statistical comparison on the shear bond strength values between groups

GROUP	I	II	III	IV	V	VI
I						
II	*					
III	*	*				
IV	*	-	-			
V	*	*	-	*		
VI	*	*	-	*	-	

(*: p < .05, -: p > .05, Scheffe test)

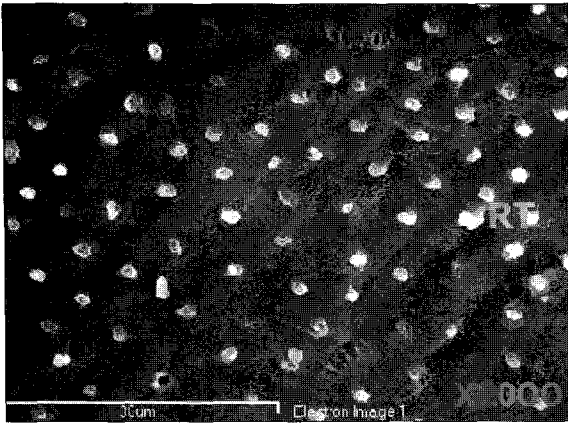


Fig. 4. SEM view of resin tag in group II (X2000).

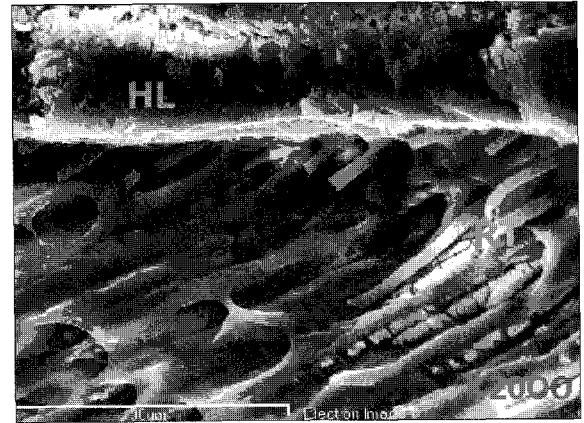


Fig. 5. SEM view of hybrid layer in group II (X2000).

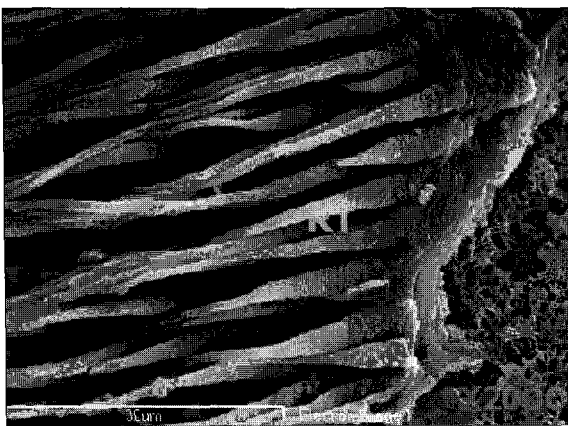


Fig. 6. SEM view of resin tag in group III (X2000).

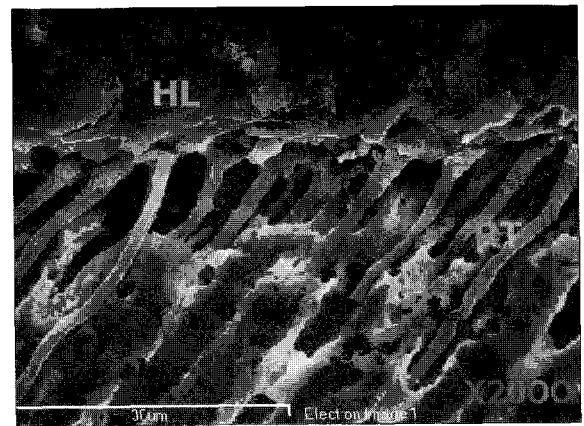


Fig. 7. SEM view of hybrid layer in group III (X2000).



Fig. 8. SEM view of resin tag in group IV (X2000).

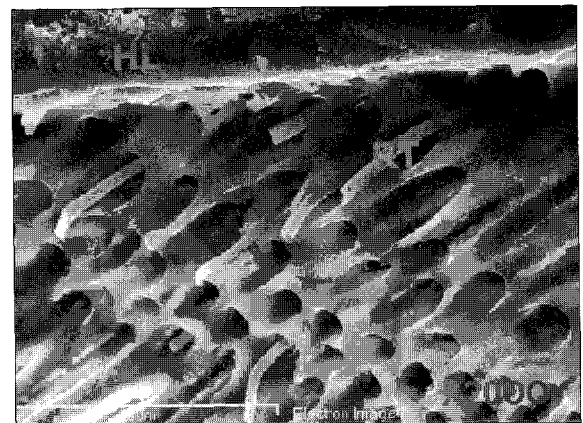


Fig. 9. SEM view of hybrid layer in group IV (X2000).

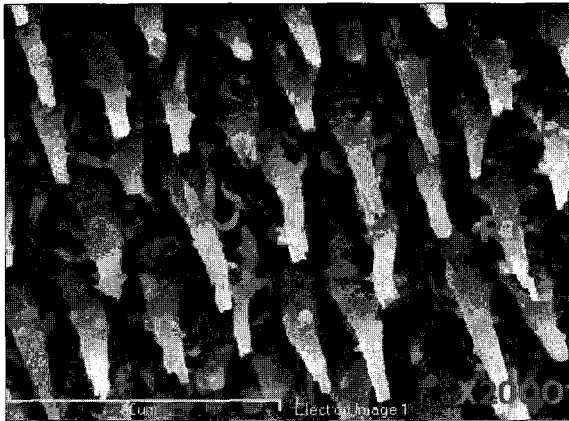


Fig. 10. SEM view of resin tag in group V (X2000).

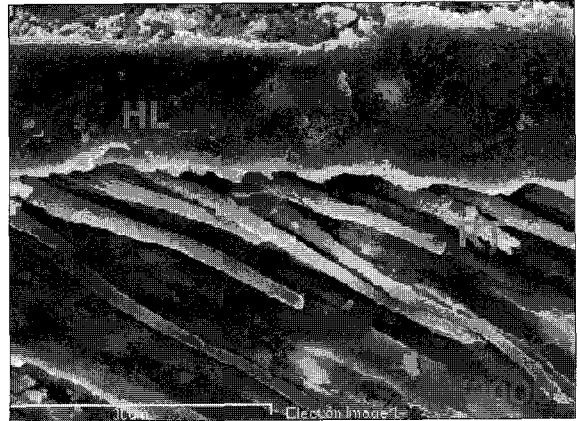


Fig. 11. SEM view of hybrid layer in group V (X2000).

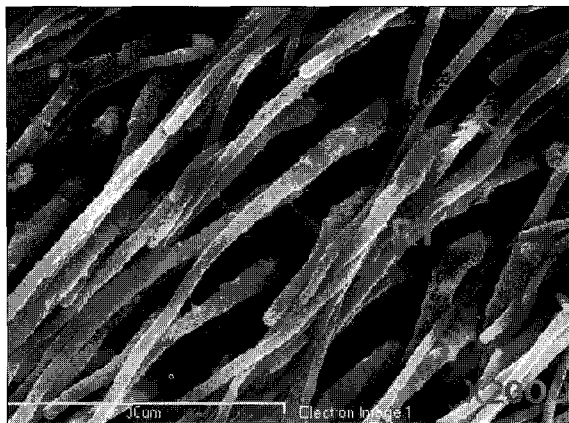


Fig. 12. SEM view of resin tag in group VI (X2000).

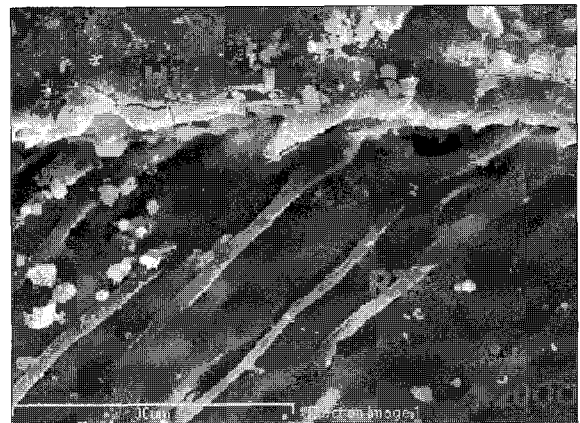


Fig. 13. SEM view of hybrid layer in group VI (X2000).

기 용이하지 않았으나 V군에서는 다소 뚜렷한 형태의 분지가 관찰되었다(Fig. 4, 6, 8, 10, 12). 상아질-수복재 계면의 관찰 결과, 산 부식 처리 컴포머 군(III, V)에서 비 처리 컴포머 군(II, IV)에 비해 두껍고 균일하게 형성된 혼화층과 치밀하게 침투된 레진 태그를 관찰할 수 있었다(Fig. 5, 7, 9, 11, 13).

IV. 총괄 및 고안

컴포머는 제 5세대 접착 시스템을 사용하게 되며 이는 프라이머와 결합제가 하나로 혼합된 single bottle system으로 구성되어 있다¹²⁾. 최근 사용되고 있는 제 4, 5세대 상아질 접착 시스템은 습식 결합(wet bonding) 방식을 사용하여 상아질 접착을 유도하는 반면, 이전 세대의 시스템에서는 건식 결합(dry bonding)법을 사용하였다. 건식 결합방법에서는 노출된 교원 섬유 망이 붕괴되어 접착제의 침투가 불안정하게 되어 결합력이 감소되는 것으로 보고되었으며¹⁹⁾ Kanka²⁰⁾는 이를 극복하기 위해 습식 결합방법을 처음 주장하였다. 습식 결합법의 원리는

상아질 면에 어느 정도의 습기를 유지시켜 콜라겐 섬유의 팽창을 유도함으로써 재개방된 섬유사이의 미세 공간을 통하여 접착제가 원활히 침투되어 접착강도가 증가된다는 것이다¹⁹⁾. Edward 등²¹⁾의 보고에 따르면 상아질 면의 습한 정도는 전단 강도에 그리 큰 영향을 미치지 않는다고 하였으나, 본 실험에서는 상아질 표면의 습한 정도를 가능한 균일하게 시행하기 위해 근관치료용 paper point를 사용하여 물기를 제거했다.

본 실험에서 사용된 one bottle system의 프라이머와 결합제는 친수성으로서 용액 내에 들어있는 용매인 아세톤과 물의 치환으로 인하여 교원 섬유망과 상아세관 내에 깊숙이 침투하게 된다. 그 후 용매의 기화로 인해 일차 중합이 일어나게 되며 혼화층(hybrid layer)과 레진 태그가 형성되어 치질과 결합하는 기전을 가지고 있다^{22,23)}. 치질과 수복재 간의 결합력은 형성된 혼화층의 균일성과 형태, 레진 태그의 길이와 형태, 레진 태그 주변의 측방분지의 형성 정도 등의 인자에 의해 좌우되는 것으로 알려져 있다²³⁾. Gwinnett 등²²⁾에 의하면 레진 태그, 특히 측방분지의 결합력에 대한 역할은 불명확하긴 하지만 상아질과

수복재 사이의 결합력에 긍정적인 영향을 미친다고 보고한 바 있다. 본 연구의 주사 전자 현미경 관찰 결과 V군에서, 다른 군에서는 별로 찾지 못했던 측방분지의 양상을 다수 확인할 수 있었으나 이 현상과 결합력간의 상관관계는 명확히 찾아낼 수 없었으며 본 실험의 진단강도의 결과에 별다른 영향을 주지는 않은 것으로 분석되었다.

레진-상아질간 확산대(resin-dentin interdiffusion zone)라고도 불리는 혼화층은 삭제된 상아질면에 축적된 도말층을 제거하고 상아세관을 개방하기 위해 약산의 조절제(conditioner)가 사용되며, 이로 인해 상아질의 수산화 인회석이 부분적으로 탈회되고 2~5 μ m 정도의 교원 섬유가 노출되게 된다. 조절제를 세척해낸 다음 건조하게 되는데 이 때 상아질의 습도를 어느정도 유지함으로써 교원 섬유의 붕괴를 방지하도록 주의한다. 이로 인해 교원 섬유 사이의 공간에 잔여 수분이 남아있게 되며 이 잔여 수분에 의하여 one bottle system에 들어있는 용매가 monomer와 습기가 있는 상아질의 교원 섬유를 긴밀하게 접촉 시킴으로써 비로소 균일한 혼화층이 형성되게 되는 것이다²⁰⁾. 이상의 과정을 거쳐 형성된 혼화층은 수복재와 상아질과의 결합과 수복물의 유지에 있어서 매우 중요하게 작용하게 된다²⁴⁾. Tam과 Pillar²⁵⁾는 이상적인 혼화층의 두께에 대해서 언급한 바, 노출된 교원섬유 주위에 접촉 레진이 강하게 결합될 수 있을 정도로 충분히 크면 된다고 하였다. 본 실험에서도 각 군의 시편들을 주사전자 현미경을 사용하여 그 혼화층을 관찰한 결과 각 군이 서로 다른 두께와 분포 양상을 보였으나, 컴포머 군 중에서 결합력이 가장 두드러게 나타난 상아질 산 부식처리 컴포머 군에서 특히 균일하게 형성된 혼화층을 관찰할 수 있었다. 이는 혼화층의 두께보다는 균일성이 결합력 증가에는 더욱 중요한 역할을 한다는 문헌상의 결과^{20,24,25)}와 일치함을 시사해준다. 주사 현미경 관찰 과정만으로는 레진 태그 및 혼화층의 질·양적인 분석이 사실상 불가능한 점이 한계로 느껴졌으며 보다 첨단화된 기기와 분석법이 개발되기를 기대하게 되었다.

상아질과의 결합력 측면에서 일반적으로 영구치와 유치의 물리화학적 조성의 차이에 의해 유치가 영구치에 비해 더 낮은 결합력을 나타내는 것으로 알려져 있으며, 많은 연구를 통해 유치에서의 한계를 극복하려는 노력이 계속되고 있다. Johnsen²⁶⁾은 미세경도 측정 실험으로 영구치 치관의 중앙에서의 경도는 유치에서의 동일한 부위에서 측정된 경도보다 높게 나타남을 보고한 바 있으며 이는 영구치가 유치에 비해 석회화 정도가 높은 것에 기인하는 것으로 분석하였다. Lakomaa와 Rytomaa²⁷⁾는 상아질 내 광물질 성분의 차이를 측정하기 위한 방법으로 중성자 활성화 분석법을 시도한 결과, 영구치의 칼슘과 인의 농도가 유치에 비해 높았다고 보고하였으며, Hirayama²⁸⁾는 이를 더 구체화하기 위하여 에너지 분산 분광법을 사용하여 영구치와 유치의 관주 상아질과 관간 상아질에서의 칼슘과 인의 농도 차이를 분석한 결과 역시 유치에서 더 낮은 수치를 보였다고 보고하였다. 유치와 영구치의 상아세관의 비교에서 Koutsis 등²⁹⁾은 영구치에서 그 직경이 더 크고 단위 면적 당 숫자에서 유치보다 더 높게 나타나므로 레진 수복 시 기계적 결합을 이루는

하나의 요인인 레진 태그의 특성에서 차이를 보인다고 보고하였다. 본 실험에서 대상치아를 탈락 시기에 근접하여 발거한 유치로 선정하여 표본간의 차이를 극소화하려 시도하였으나 이와 같은 노력이 실험 결과에 어느 정도의 영향을 준 것인지에 대해서는 명확한 결론을 내리기가 어렵다. 그러나 대상 치아의 선정에 있어 표준화하려는 구도상의 노력은 지속되어야 할 것으로 사료되며 유치의 조성과 형태학적 차이를 고려한 유치와 영구치와의 비교 연구가 권장된다.

법랑질에 비해 구조나 성분 측면에서 변위가 많고 복잡한 상아질을 대상으로 시행되는 실험에서는 오차 발생의 여지를 확실히 극복할 수 있는 실험상의 설계가 수월하지 않다. Aboush와 Jenkins³⁰⁾는 상아질은 외생(heterogenous)의 재료이므로 치아의 형태나 각 부위에 따라 그 조성 성분이 다르다고 하였으며, Causton^{31,32)}은 동일 치아의 동일 부위에서도 법랑-상아 경계부의 거리 또는 발치 후 경과 시간에 따라 성분이 다르다고 보고하였다. 그 밖에 치아의 외상 유무나 수복 여부 및 우식 여부에 의해서도 상아질의 성분이 변한다고 보고되고 있다³³⁾. 이러한 점을 감안하여 본 실험에서는 상아질을 법랑-상아 경계부에서 0.5mm 하방에서 3×4mm가 되도록 노출시켜 시편의 균일화를 기하고 실험 오차를 줄이기 위하여 위해 노력하였으나, 유치 표본을 구하기가 영구치에 비해 용이하지 않은 이유로 이상의 여러 조건을 완전히 충족시켜 줄 수는 없었다.

컴포머를 상아질에 부착시키기 위해서 사용된 one bottle 접착 시스템은 두 가지(Prime and Bond 2.1과 Prime and Bond NT)를 선택하였다. 임상사용 시 두 제품의 가장 큰 차이점은 적용 횟수에 있어 NT는 1회 도포하는 반면 2.1은 2회 도포해야 한다는 것이다. NT에는 nanofiller가 함유되어 있어 기질과의 호환성을 높여주고 중합 시에 각 인자간의 원활한 교차 결합이 되도록 유도해주는 역할을 하게 된다. 그 외의 장점으로 는 접착제 내의 filler로 인하여 치아와 수복물 간의 응력이 분산되고³⁴⁾, 충분한 탄성계수가 부여되며, 이로 인해 변연 적합도가 우수해지고³⁵⁾ 점도가 감소하고 wettability가 증가하여 상아세관 내로의 접착제 침투 정도가 증가된다고 보고되었다³⁶⁾. One bottle system의 컴포머에 관한 지침서에 따르면 형성된 와동이 큰 경우에만 상아질 처리를 시행하도록 되어 있다. 그러나, Ferrari 등³⁷⁾은 형성된 와동을 산 처리를 시행하지 않고 심미 수복재를 부착할 경우, 잔존하는 도말층이 수복재와 치질간의 긴밀한 결합에 방해되므로 도말층을 반드시 제거해야 한다고 하였다. 이들은 모든 형태의 와동 형성 시 발생하는 도말층은 수복물로부터 치수로의 원소 확산을 방지하는 작용을 하게 되며 세균의 침입을 제한시킬 수 있고, 상아세관 내 액체의 유동성을 감소시켜 술 후에 발생할 수 동통이나 민감성을 감소시킬 수 있는 장점을 지니고 있는 반면, 상아세관을 노출시켜 혼화층을 형성하여 궁극적으로 상아질에 강하고 안정적인 결합을 이루게 하기 위하여서는 도말층이 반드시 제거되어야 한다고 주장하였다. 여러 선행들의 연구결과에 따르면 법랑질은 산 처리 과정이 결합강도를 증가시킨다^{38,39)}는 사실에 일치된 의견을 보인 반면, 상아질에 관해서는 의견의 일치를 보지 못한 상태이

다. 각 실험에서 측정된 수치상에는 차이가 많았으나, Faika 등¹⁷⁾과 Abate 등¹⁶⁾은 상아질에 산 처리를 하지 않았을 경우가 산 처리된 상아질에 비해 오히려 높은 결합강도를 보인다고 보고하였고 유무에 따른 결합강도는 큰 차이가 없다고 보고하였다. Triolo 등¹⁵⁾은 그 반대되는 의견을 주장하였고, Barkmeier 등¹⁸⁾은 상아질 산 처리 관심과 임상 경험에서 느낀 사건을 실험을 통해 확인해 보려는 의도에서 본 실험을 구상하게 되었으며, 그 결과 상아질의 산 부식과정이 컴포머의 결합강도를 복합레진에 거의 근접하는 수준까지 증가시킬 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 보다 많은 표본을 대상으로 영구치와의 비교까지 시행하지 못한 점이 아쉬움으로 남으며 향후 불소 유리의 특성을 지닌 재료의 지속적인 개발과 이에 대한 다양한 연구가 필요할 것으로 사료되었다.

V. 결 론

본 실험의 목적은 소아 심미 수복재로서 최근 부상한 컴포머의 결합강도를 글라스 아이어노머와 복합레진과 비교하고, 산 부식 과정의 시행 여부나 접착 시스템의 종류가 컴포머의 결합강도에 미치는 영향을 평가하기 위함이었다.

실험대상 유구치 144개 중 120개의 치아는 전단강도 측정 실험, 24개는 결합계면의 주사전자 현미경 관찰을 위해 사용하였다. 노출된 상아질에 폴리에틸렌 주형을 고정시킨 각각의 실험 재료를 충전하였으며 만능 시험기를 사용하여 전단강도를 측정하고 주사 전자현미경 하에서 상아질-수복물 결합계면과 상아질 내에 침투된 레진 태그의 형태를 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 모든 컴포머 군(II~V)의 전단강도가 글라스 아이어노머 군(I)보다 높게 나타났다($p < .05$).
2. 상아질 산 부식을 시행한 컴포머 군(III, V)이 시행하지 않은 군(II, IV)에 비해 높은 전단강도를 보였으며($p < .05$), 복합레진 군(VI)과의 비교에서는 유의한 차이를 발견할 수 없었다($p > .05$).
3. 서로 다른 접착 시스템을 도포한 컴포머 군 간의 비교에서는 유의한 차이를 발견할 수 없었다($p > .05$).
4. 상아질을 산 처리하지 않은 컴포머 군(II, IV)에서는 전반적으로 짧고 얇은 레진 태그가 불규칙하게 분포되어 있는 양상을 보인 반면, 상아질 산 부식 컴포머 군(III, V)과 복합레진 군(VI)에서는 규칙적이고 치밀하게 분포된 굵고 긴 레진 태그들이 관찰되었다.
5. 혼화층의 존재는 모든 군에서 확인되었으나 산 부식 처리 컴포머군과 복합레진 군에서 특히 두껍고 균일한 형성을 관찰되었다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때, 불소 유리의 특성을 지닌 컴포머가 결합력에서 글라스 아이어노머에 비해 우수한 것이 확인됨으로써 소아환자의 심미 수복재료로서의 임상적 효용성이 입증되었다. 또한 상아질 산 부식 과정이 컴포머의 결합력 향상에 긍정적인 요인으로 작용한 것으로 평가되었으나 접착제의 종류

는 별다른 영향을 주지 않는 것으로 분석되었다.

참고문헌

1. Letzel H : Survival rates and reasons for failure of posterior composite restorations in multicenter clinical trial. J Dent 17, (Suppl):10-17, 1989.
2. Varpio M : Clinical aspects of restorative treatment in the primary dentition. Swed Dent J 96, (Suppl):36-40, 1993.
3. Rawls HR, Zimmerman BF : Fluoride-exchanging resins for caries protection. Caries Res, 17:32-43, 1983.
4. Levine RS : The action of fluoride in caries prevention. Br Dent J, 140:9-14, 1976.
5. Berg JH : The continuum of restorative materials in pediatric dentistry, A review for the clinician. Pediatr Dent, 20:93-100, 1998.
6. Quist V, Teglers PT, Lauberg L, Poulsen A : Glass ionomer versus amalgam restorations in primary teeth-11/2 year results. J Dent Res, 73:417 (Abs 2523), 1994.
7. Burgess J, Norling B, Summit J : Resin ionomer restorative materials. The new generation. J Esthet Dent, 6:207-215, 1994.
8. McCabe JF : Resin-modified glass-ionomers. Biomaterials, 19:521-527, 1998.
9. van Dijken JW : 3-year clinical evaluation of a compomer, a resin modified glass ionomer and a resin composite in class III restorations. Am J Dent, 9:195-198, 1996.
10. Lavis JF, Peters MCRB, Mount GJ : In vitro changes to Dyract[®] compomers restorative immersed various media. J Dent Res, 74:491(Abs727), 1995.
11. Peutzfeldt A, Garcia-Godoy F, Amunsen E : Surface hardness & wear of glass ionomers and compomers. Am J Dent, 10:15-17, 1997.
12. Burgess JO, Norling BK, Rawls HR, Ong L : Directly placed esthetic restorative materials. The Continuum Compendium, 17:731-748, 1996.
13. Millen BJ, Abiden F, Nicholson JW : In vitro caries inhibition by polyacid-modified composite resins. J Dent, 26:133-136, 1998.
14. Brackett WW, Gunnin TD, Gilpatrick RO, et al : Microleakage of class V compomer and light cured ionomer restorations. J Prosthet Dent, 79:261-263, 1998.
15. Triolo PT, Barkmeier WW, Los SA : Bonding effica-

- cy of a compomer using different conditioning procedures. *J Dent Res*, 74:107, 1995.
16. Abate PF, Bertacchini SM, Polack MA, Macchi RL : Adhesion of a compomer to dental structures. *Quint Int*, 28:509-512, 1997.
 17. Megid FY, Salama FS : Shear bond strength of Dyract compomer materials to dentin of primary molars. *J Clin Pediatr Dent*, 21:305-310, 1997.
 18. Barkmeier WW, Hammesfahr DD, Latta MA : Bond strength to composite to enamel and dentin using Prime & Bond 2.1. *Oper Dent*, 24:51-56, 1999.
 19. Maciel KT, Carvalho RM, Ringle RD, et al : The effect of acetone, ethanol, HEMA, and air on the stiffness of human decalcified dentin matrix. *J Dent Res*, 75:1851-1858, 1996.
 20. Kanka J : Resin bonding to wet substrate. I. Bonding to dentin. *Quint Int*, 23:39-41, 1992.
 21. Edward J, Swift JR, Stephen C, et al : Shear bond strength of a new one-bottle dentin adhesive. *Am J Dent*, 10(4):184-188, 1997.
 22. Gwinnett AJ, Tray FR, Pang KM, Wei SH : Quantitative contribution of the collagen network in dentin hybridization. *J Dent Res*, 74:403(Abstr 20), 1995.
 23. Nakabayashi N, Ashizawa M, Nakamura M : Identification of a resin dentin hybrid layer in vital human dentin created in vivo : Durable bonding to vital dentin. *Quint Int*, 23:135-141, 1992.
 24. Jacobsen T, Söderholm K-J : Some effects of water on dentin bonding. *Dent Mater*, 11:132-136, 1995.
 25. Tam LE, Pillar RM : Effects of dentin surface treatments on the fracture toughness and tensile bond strength of a dentin-composite adhesive interface. *J Dent Res*, 73:1530-1538, 1994.
 26. Johnsen DC : Comparison of primary and permanent teeth. *Oral Development and Histology*. Philadelphia, BC Decker : 180-90, 1987.
 27. Lakomaa EL, Rytömaa I : Mineral composition of enamel and dentin of primary and permanent teeth in Finland. *Scand J Dent Res*, 85:89-95, 1977.
 28. 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*, 90:1019-1036, 1990.
 29. Koutsi V, Noonan RG, Horner JA, et al. : The effect of dentin depth on the permeability and ultrastructure of primary molars. *Pediatr Dent*, 16:29-35, 1994.
 30. Aboush YEY, Jenkins CBG : Factors affecting the tensile bond strength of a glass ionomer restorative to dentin. *J Dent Res*, 63:511, Abst. No. 194, 1984.
 31. Causton BE : Improved bonding of composite restorative to dentin-A study in vitro of the use of a commercial halogenated phosphate ester. *Br Dent J*, 156:93-95, 1984.
 32. Causton BE, Johnson NW : Changes in the dentin of human teeth following extraction and their implications for in vitro studies of adhesion to tooth substance. *Arch Oral Biol*, 24:229-232, 1979.
 33. Mjor IA, Boca Raton : Dentin and pulp: In reaction patterns in human teeth. CRC press, 63-156, 1983.
 34. Fortin D, Swift EJ, Denehy GE, Reinhardt JW : Bond strength and microleakage of current dentin adhesives. *Dent Mater*, 10:253-258, 1994.
 35. Staninec M, Kawakami M : Adhesion and microleakage tests of a new dentin bonding system. *Dent Mater*, 9:204-208, 1993.
 36. Van Meerbeer B, Peumans M, Gladys S, et al : Three-year clinical effectiveness of four total etch dentin adhesive systems in cervical lesions. *Quint Int*, 27:775-784, 1996.
 37. Ferrari M, Goracci G, Garcia-Godoy F : Bonding mechanism of three "one-bottle" systems to conditioned and unconditioned enamel and dentin. *Am J Dent*, 10:224-130, 1997.
 38. Cehreli ZC, Usmen E : Effect of surface conditioning on the shear bond strength of compomers to human primary and permanent enamel. *Am J Dent*, 12:26-30, 1999.
 39. Cortes O, Garcia C, Perez L, Perez D : A comparison of the bond strength to enamel and dentin of two compomers. An in vitro study. *J Dent Child*, 46:29-31, 1998.

Reprint request to:

Jee-Tae Kim, D.D.S., M.S.D.

Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Dankook University

San 29, Anseo-Dong, Cheo-An, Chungnam, 330-714, Korea

E-mail : pedo@pedo.anseo.dankook.ac.kr

Abstract

A STUDY ON THE BONDING OF COMPOMER TO DECIDUOUS DENTIN

Jee-Tae Kim, Yong-Kee Kim, Jong-Soo Kim, Soon-Won, Kwon

Department of Pediatric Dentistry, Graduate School of Dentistry, Dankook University

The purpose of this study was to evaluate the bonding of compomer to deciduous dentin which is known to have been developed to improve the weak properties of glass ionomer cement and composite resin. 120 sound primary molars were used for the shear bond strength test and another 24 for the scanning electron microscopic evaluation. Each material was filled into polyethylene mold attached to exposed dentinal surface (3x4mm in diameter) of sample blocks. Shear bond strength was measured using Universal testing machine and data were analyzed statistically with Oneway-ANOVA and *Scheffe* test. Scanning electron microscopic observation was performed in order to evaluate the pattern of distribution and penetration of resin tags and hybrid layer. Compomer groups (II-V) showed significantly higher bond strength values than glass ionomer group (I) ($p < .05$). Etching-compomer groups (III, V) showed the significantly higher bond strength than non-etching compomer groups (II, IV) ($p < .05$), but slightly lower values than composite resin group (VI) with no statistically significant difference ($p > .05$). No significantly different bond strength was found between compomer groups of different bonding system ($p > .05$). Scanning electron micrographs showed more irregular distribution of short and thin resin tags in non-etching compomer groups (II, IV) whereas the more regular and intimate distribution of long and thick tags in etching compomer groups (III, V) and composite resin group (VI). The evaluation of hybrid layer also showed more regular formation of thicker layer in etching compomer groups (III, V). Based on the results of present study, the use of compomer as an esthetic restorative material for primary molars might be justified.

Key words : Compomer, Shear bond strength, Resin tag, Dentin bonding agent