

상아질 접착제의 전단결합강도와 미세누출에 관한 연구

조선대학교 치과대학 치과보존학교실

김정호 · 조영곤 · 문주훈

Abstract

A STUDY ON THE SHEAR BOND STRENGTHS AND MICROLEAKAGES OF THREE BONDING AGENTS ON DENTIN

Jeong-Ho Kim, Young-Gon Cho, Joo-Hoon Moon

Dept. of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Chosun University

New bonding agent systems have been supplied which operators can simply apply to conditioned tooth surfaces. The purpose of this study was to evaluate the shear bond strengths and the microleakages of three bonding agents and composite resins to dentin.

Seventy-five extracted human maxillary and mandibular molar teeth were used in this study. For the shear bond strength test, the entire occlusal dentin surfaces of thirty teeth were exposed with Diamond Wheel Saw and smoothed with Lapping and Polishing Machine (South Bay Technology Co., U.S.A.).

For the microleakage test, Class V cavities were prepared in the buccal surfaces of forty-five teeth. They were randomly assigned into 3 groups according to dentin bonding agents (Scotchbond™ Multi-Purpose plus, ONE-STEP™ and Prime & Bond™) and composite resins (Z-100, Aelitefil™ and TPH Spectrum™) to be used.

Bonding agents and composite resins were bonded to exposed dentin surfaces of the tooth crown and to Class V cavities on the buccal surfaces respectively according to manufacturer's directions.

The shear bond strengths were measured by universal testing machine(U™ AGS-100, Japan). In addition, the degree of microleakage at the occlusal and gingival margin was examined by 2% methylene blue and stereomicroscope(Olympus SZH 10, Japan).

The results were as follows :

1. The shear bond strength to dentin was the highest value in SBMP-Plus group(16.68 ± 7.38)

MPa) and the lowest value in Prime & Bond group(11.61±5.82 MPa), but there was no significant difference of shear bond strength among three groups.

2. The degree of microleakage at both occlusal and gingival margin was showed the lowest in SBMP-Plus group and the highest in ONE-STEP group.
3. At both occlusal and gingival margin, there was significant difference of microleakage between SBMP-Plus and ONE-STEP/ Prime & Bond groups($p < 0.05$), but no significant difference of microleakage between ONE-STEP and Prime & Bond group($p > 0.05$).

I. 서 론

수복학 분야에서 치색재의 사용은 경제적인 발전과 환자의 심미적 욕구로 인하여 날로 증가되고 있다. 복합레진의 개선된 물리적 성질은 전치부뿐만 아니라 구치부에서도 사용을 가능하게 하였다. 그러나 복합레진의 대표적인 단점 중 하나는 중합수축이라 할 수 있으며^{4,9)}, 이는 치질과 수복재간에 미세한 간극을 형성하여 미세누출을 일으키게 된다^{6,11,13)}. 이로 인해 발생하는 임상적 문제점은 슬후 과민증, 변연부의 변색, 이차우식증 등¹⁴⁾을 들 수 있다.

따라서 수복재와 치질간의 강한 접착을 얻기 위하여 많은 연구가 진행되었으며^{29,37)}, Buonocore²⁾가 인산을 이용한 법랑질의 산부식법을 소개한 이후 복합레진의 법랑질에 대한 접착은 법랑질에 형성된 미세한 공포와 레진 tag의 기계적 결합에 의해 지속적인 접착을 이룰 수 있어 큰 문제점이 없으나¹⁵⁾, 상아질에서는 법랑질과의 물리적, 화학적 구성성분의 차이로³⁰⁾ 인해 법랑질에서와 같은 접착을 기대하기 곤란하게 되어 계속적으로 해결해야 할 과제로 남아 있다.

상아질에 대한 복합레진의 접착을 개선하기 위해 복합레진의 중합수축을 감소시키는 방법이나 상아질의 표면처리 및 접착강화제(primer)와 접착제를 사용하는 방법이 이용되고 있다^{25,33)}.

치아를 삭제할 때 상아질 표면에 형성된 도말층은 상아질과 수복재간의 접착을 방해하는 요인으로 작용되며, 이의 처리를 위해서 인산, 질산, 말레익산, 수산(oxalic acid) 등이 사용되고 있다²⁶⁾. 산부식법에 의한 상아질의 처리는

1979년 Fusayama 등이 법랑질과 상아질 모두를 동시에 처리하는 total etching 개념이 소개된 이래 이에 대한 많은 연구가 진행되었다³⁶⁾. Kanca²⁰⁾는 산부식제의 종류에 따른 접착제의 상아질에 대한 전단결합강도에 관하여, Gwinnett¹⁷⁾과 Sidhu³⁵⁾는 상아질의 산부식이 복합레진으로 수복된 와동의 미세누출에 미치는 영향에 관하여, Hansen¹⁸⁾은 상아질 표면처리에 따른 상아질의 침투성에 관하여 평가하였다.

산에 의해 처리된 상아질 표면에 휘발성 용매나 HEMA와 같은 친수성 레진으로 구성된 접착강화제를 도포하므로서 표면 젖음성의 증가와 상아질내로의 접착제의 침투가 촉진된다²⁶⁾. 따라서 상아질에 대한 접착은 접착강화제의 종류와 이를 용해하는 용매 및 상아질의 건조 상태 등이 영향을 미친다¹⁹⁾.

Nakabayashi²⁷⁾은 소의 상아질면에 10%의 구연산과 3%의 염화제2철 수용액을 처리하고 HEMA 접착강화제를 도포한 결과 접착제가 상아질의 교원섬유에 확산되어 수지함입층(hybrid layer)이 형성됨을 관찰하고 HEMA는 상아질의 침투성(penetrability)을 향상시킨다고 보고하였다.

Kanca¹⁹⁾는 접착강화제에 사용되는 용매의 종류와 상아질의 건조유무에 따른 전단결합강도를 측정된 결과 아세트산을 용매로 사용한 경우와 상아질이 어느정도 젖어 있는 상태에서 가장 높은 전단결합강도를 나타냈다고 하였으며, Miyazaki²³⁾은 접착강화제의 도포방법에 따라 상아질에 대한 결합강도의 차이가 있음을 보고하였다.

상아질 접착제의 개발로 최근에는 4세대의 접착제가 사용되고 있으며, 이들은 3세대 접착제에 비해 술식에 대한 민감도와 조작시간의 감소, 법랑질과 비슷한 상아질의 결합강도, 수분과 접촉시 결합강도가 저하되지 않는점 등의 장점이 지적되고 있다⁸⁾. 또한 접착제의 사용을 간편하게 하기 위하여 접착강화제와 접착제를 하나의 용액으로 공급하는 접착시스템이 시판되고 있으며 이러한 시스템이 ONE-STEP과 Prime & Bond이다.

ONE-STEP은 법랑질과 상아질의 산부식을 위해 32%의 인산을 사용하며, 접착제는 아세톤에 용해된 BPDM, HEMA, Bis-GMA가 주성분으로 되어 있다. Prime & Bond는 법랑질과 상아질의 부식처리를 위해 36%의 인산을 사용하며, 접착제로는 Eastmeric dimethacrylate resins과 PENTA(dipentaerythritol penta-acrylate monophosphate)가 주성분으로 되어 있다. 이와는 달리 Scotchbond Multi-Purpose plus는 법랑질과 상아질을 35%의 인산으로 부식처리하고, HEMA와 polyalketonic copolymer의 수용액을 함유한 접착강화제와 Bis-GMA와 HEMA가 주성분인 접착제를 2회로 나눠서 도포하는 접착시스템이다.

본 연구에서는 접착강화제와 접착제를 하나로 혼합하여 공급하는 ONE-STEP과 Prime & Bond, 이들을 분리하여 공급하는 Scotchbond Multi-Purpose Plus 접착시스템간의 상아질에 대한 전단결합강도와 미세누출 정도를 상호 비교하기 위하여 시행하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

상아질에 대한 접착제의 전단결합강도를 측정하기 위하여 교합면에 우식병소가 없는 발거된 상,하악 대구치 30개를 사용하였으며, 또한 5급와동에서 접착제의 미세누출을 측정하기 위하여 치경부에 우식병소, 마모증 및 미세균열이 없는 발거된 상,하악 대구치 45개를 실험치아로 사용하였다. 상아질 접착제와 복합레진은 Table 1에서와 같이 Scotchbond™ Multi-Purpose(SBMP) Plus와 Z-100, ONE-STEP™과 Aelitefil™, Prime & Bond™와 TPH Spectrum™을 사용하였다.

2. 실험방법

(1) 전단결합강도의 측정

교합면에 치아우식증이 없는 상,하악 대구치 30개를 수집하여 증류수에 보관한 후, 실험적전에 치관에 부착된 치태, 치석 등의 이물질을 cavitron과 pumice를 담은 저속의 러버컵으로 깨끗이 제거하였다. tray 레진(Harry J. Bosworth Co., U.S.A.)의 분말과 액을 혼합하여 내경 22mm, 높이 19mm의 페놀링(phenolic ring)에 레진을 완전히 채운후, 각 대구치의 치근부를 레진에 식립하였다. 식립된 각 대구치의 교합면은 Diamond Wheel Saw(South Bay Technology CO., U.S.A.)를 이용하여 페놀링의 상부에 평행하도록 법랑질 직하방의 상아질을 노출시킨 다음 Lapping and Polishing Machine(South Bay Technology CO., U.S.A.)에서 1000, 1600,

Table 1. Three bonding agents and composite resins used in this study

Bonding agent	composite resin(shade)	Manufacturer
SBMP-Plus	Z-100(A2)	3M Dent. Prod.
ONE-STEP	Aelitefil(A2)	BISCO Dent. Prod.
Prime&Bond	TPH Spectrum(A2)	Dentsply detrey

2200 grits의 silicon carbide paper를 순차적으로 사용하여 상아질 표면을 평활하게 하였다.

3종의 접착제와 복합레진을 상아질 표면에 접착하기 위해 30개의 치아는 무작위로 10개씩 선택하여 3개의 군으로 분류하였다(Table 2).

1) Scotchbond Multi-Purpose Plus(SBMP-Plus)군 직경 6mm와 높이 4mm의 gelatin 캡슐 내부에 상아질과 접촉되지 않는 부위 2mm 정도를 일차적으로 Z-100(shade No. A2)을 충전하고 광조사기(Visilux 2, 3M)로 40초간 조사하였다.

상아질에 대한 접착제의 도포범위와 복합레진의 접착부위를 정확하게 제한하기 위하여 직경 6mm의 punch로 adhesive tape에 구멍을 뚫어 이를 삭제된 상아질 표면의 중앙에 부착하였다. tape의 구멍에 의해 노출된 상아질 표면은 35%의 인산을 15초간 도포하여 산부식 처리하고 압축된 air water spray를 이용하여 15초간 세척한 후 압축공기로 2초간 건조하였다.

primer를 용기에 분배하고 공급된 술에 용액을 적셔 상아질 표면에 도포한후 압축공기로 5초간 건조한 다음, adhesive를 술에 적셔 상아질 표면에 도포하고 광조사기로 10초간 조사하였다(Table 2).

Z-100을 일부 충전한 gelatin 캡슐에 Z-100을 완전히 채우고 접착제가 도포된 표면에 약간의 압력을 가해 위치시킨 다음 캡슐 주변에 나온

과잉의 레진은 explorer로 제거하고 상아질과 접촉되는 레진의 협설, 근원심의 4방향에서 각각 40초간 광조사하였다.

2) ONE-STEP군

SBMP-Plus군과 동일한 방법으로 gelatin 캡슐 내부의 2mm 정도를 일차적으로 Aelitefil (shade No. A2)로 충전하고 40초간 광중합시켰다.

tape의 구멍에 의해 노출된 상아질 표면은 32%의 인산을 15초간 도포하여 산부식 처리하고, 15초간 세척한 후 압축공기로 2초간 건조하였다. ONE-STEP을 용기에 분배하고 공급된 술에 용액을 적셔 상아질 표면에 2회 연속적으로 도포한후 압축공기로 10초간 건조한 다음 광조사기로 10초간 조사시켰다.

Aelitefil을 일부 충전한 gelatin 캡슐에 Aelitefil을 완전히 채워 접착제가 도포된 표면에 위치시킨 다음 캡슐 주변에 나온 과잉의 레진은 explorer로 제거하고 상아질과 접촉되는 레진의 협설, 근원심의 4방향에서 각각 40초간 광조사하였다(Table 2).

3) Prime & Bond군

gelatin 캡슐내에 TPH Spectrum(shade No. A2)의 충전과 중합은 SBMP-Plus군과 동일한 방법으로 시행하였으며, 상아질 표면은 36%의 인산을 20초간 도포하여 산부식 처리하고, 15

Table 2. Group classification and procedure for applying bonding agents and composite resins

Group	No. of specimens	Application procedure
SBMP-Plus	10	Etching(15s)-rinsing(15s)-drying(2s)-priming(2 times)-drying(5s)-applying adhesive(10s)-curing(10s)-Z-100(40s, curing)
ONE-STEP	10	Etching(15s)-rinsing(15s)-drying(2s)-applying adhesive(2 times)-drying(10s)-curing(10s)-applying adhesive-Aelitefil(40s, curing)
Prime&Bond	10	Etching(20s)-rinsing(15s)-drying(2s)-applying adhesive(leave 30s)-drying(5s)-curing(10s)-applying adhesive-drying(10s)-curing(10s)-TPH Spectrum(40s, curing)

초간 세척한 후 압축공기로 2초간 건조하였다. Prime & Bond를 용기에 분배하고 공급된 솔에 용액을 적셔 상아질 표면에 도포한후 30초간 방치하고 압축공기로 5초간 건조한 다음 광조사기로 10초간 조사시켰다. 다시한번 Prime & Bond를 상아질 표면에 도포하고 10초간 건조시킨 다음 10초간 광조사하였다(Table 2). TPH Spectrum의 상아질 표면에 대한 접착과 광중합은 SBMP-Plus군과 같은 방법으로 하였다.

접착이 완료된 각군의 시편은 실온의 증류수에 보관하여 24시간 방치한 후 5-55°C에서 30초간 담구고, 1분간 제거하는 방식으로 300회 열순환하였다. 48시간후 만능시험기(AGS-100, Shimadzu Co.)에 전단장치를 부착하고 용량 50kg의 load cell을 이용하여 분당 50mm의 crosshead speed에서 각 시편의 전단결합강도를 측정하였다.

(2) 미세누출의 측정

발거된 45개의 상,하악 대구치협면 치경부에 고속의 No. 701 bur를 이용하여 5급 와동을 형성하였다. 각 와동의 교환-치은 폭경은 2.5mm, 근원심 폭경은 3.0mm, 축벽의 깊이는 각각 교환면 측에서 1.5mm, 치은측에서 1.0mm로 하였고 와연우각은 직각이 되도록 형성하였으며, 교환면연과 치은면연이 상아질이나 백악질에 위치되도록 하였다.

와동의 형성이 완료된 대구치는 와동에 서로 다른 상아질 접착제와 복합레진을 충전하기 위하여 각각 15개의 치아를 무작위로 선택하여 3개의 군으로 분류하였다.

각 와동은 산부식 처리하기 전에 압축된 air water spray로 30초간 세척, 건조시켰다.

5급와동에 대한 각 군의 상아질 접착제의 도포술식은 Table 2에서와 같은 방법으로 시행하였으며, 복합레진의 충전은 적층으로 하였고 복합레진의 중합을 위해 광조사기로 40초씩 조사하였다.

충전이 완료된 각 치아는 air water spray가 공급되는 고속의 finishing bur로 치아의 외형과 와연을 마무리하고, 다시 Sof-Lex disc (3M Dental Prod.)로 최종 마무리와 연마를 하였다.

치근이 흡수된 치아는 저속의 No. 1 이나 No. 2 round bur로 근점에 작은 와동을 형성하고 Copalite를 2회 도포한 다음 아말감을 충전하였다. 각 치아에 충전된 복합레진과 인접한 치질 1mm를 제외한 전체의 치면과 근점에 nail varnish를 2회 도포하였고, 경화후 시편은 실온의 증류수에 24시간동안 보관하였다. 각 군의 치아는 2% methylene blue dye에 24시간 침잠시킨 후 흐르는 물에 세척하였다.

tray 레진을 혼합하여 원형의 플라스틱 링에 가득 채운후 각 치아는 복합레진 부위가 상방으로 노출되도록 하여 tray 레진에 포매하였다. 경화후 Diamond Wheel Saw를 이용하여 치아의 협설방향으로 레진 수복물의 중앙이 통과되도록 절단하여 2개의 절편으로 분리한 후 Lapping and Polishing Machine(South Bay Technology CO.)에서 1000, 1600, 2200 grits의 silicon carbide paper를 순차적으로 사용하여 절단된 표면을 평활하게 하였다.

각 치아의 와벽과 복합레진의 계면을 따라 침투된 색소의 침투정도는 양측 절단면의 교환면측과 치은측 모두에서 Munro등²⁴⁾이 이용한 Fig.1의 기준에 따라 3명의 관찰자가 35-40배율의 광학입체현미경 (Olympus SZH 10, Japan)하에서 측정하여 평균치로 환산하였다.

(3) 통계처리

각 군의 전단결합강도치는 ANOVA를 이용하여 유의성 검정을 시행한후 Tukey'sstudentized range(HSD) test로 사후검정하여 각 군간의 유의성을 평가하였다.

각군의 미세누출정도는 SAS package를 이용하여 one-way ANOVA와 Duncan's multiple range test를 시행하여 통계적인 검증을 하였다.

III. 실험성적

1. 전단결합강도

각 군의 전단결합강도는 Table 3에서 처럼 SBMP-Plus군, ONE-STEP군, Prime & Bond군 순으로 SBMP-Plus군이 16.68±7.38MPa로 가장 큰 전단결합강도를 나타냈으며, Prime &

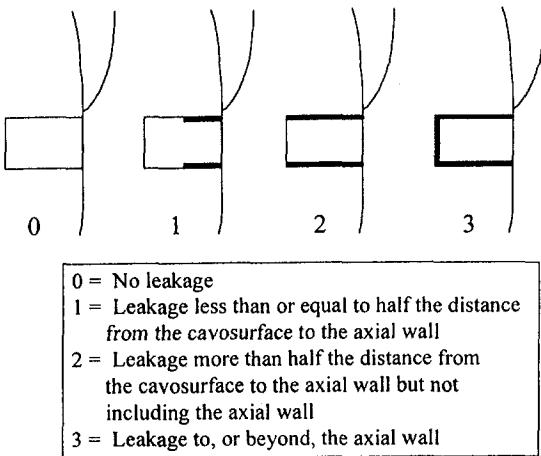


Fig. 1. Schematic and numerical scoring scale for microleakage of dentinal walls

Bond군이 11.61±5.82MPa로 가장 작은 전단 결합강도를 나타냈다.

각 군간의 전단결합강도에 대한 차이는 ANOVA와 Tukey's studentized range(HSD) test로 검정한 결과 Table 4와 같이 모두 유의할 만한 차이가 없었다($P>0.05$).

2. 미세누출정도

각 군의 교합면측과 치은측의 미세누출정도는 Table 5-6과 Fig.5-7에서와 같다. 교합면측에서의 미세누출정도는 SBMP-Plus군에서 15개의 시편중 색소침투가 없는 0도가 11개의 시편에서 나타나 가장 낮은 미세누출정도를 보였고, ONE-STEP군에서 와동의 측벽까지 침투된 3도가 14개의 시편에서 나타나 가장 높은 미세누출정도를 보여 SBMP-Plus군, Prime & Bond군, ONE-STEP군 순으로 미세누출정도가 높아짐을 보였다.

교합면측에서의 각 군간의 미세누출정도의 차이는 ANOVA와 Duncan's Multiple Range Test로 검정한 결과 Table 5에서 처럼 SBMP-Plus군과 Prime & Bond군, SBMP-Plus군과 ONE-STEP군 사이에는 미세누출정도에 유의한 차이가 있었으며($P<0.05$), Prime & Bond군과 ONE-STEP군 간의 미세누출정도는 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).

Table 3. The shear bond strength of bonding agents to dentin surface(MPa)

Group	Number of specimens	shear bond strength	
		Mean± S.D.	Range(min-max)
SBMP-Plus	10	16.68± 7.38	6.86-26.97
ONE-STEP	10	12.55± 5.22	5.46-22.41
Prime&Bond	10	11.61± 5.82	4.94-20.89

Table 4. ANOVA and Tukey's test for comparing shear bond strengths of bonding agents

Group	SBMP-Plus	ONE-STEP	Prime&Bond
SBMP-Plus	—	NS	NS
ONE-STEP	NS	—	NS
Prime&Bond	NS	NS	—

NS : No significant difference between groups(F value=2.13, $p>0.05$)

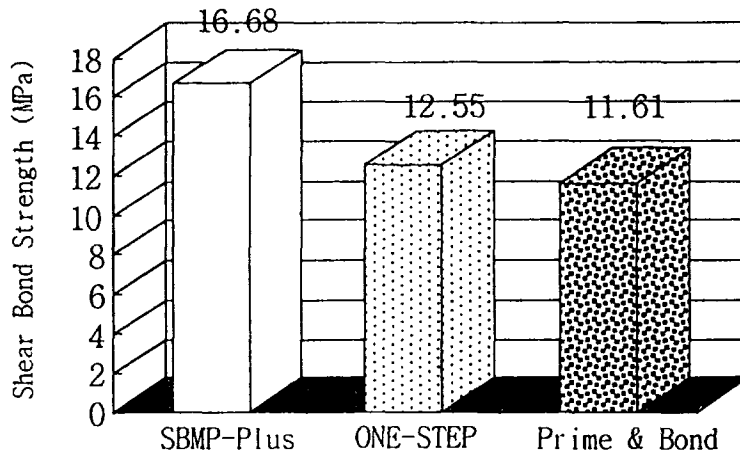


Fig.2. The shear bond strength of bonding agents to dentin surface(MPa)

Table 5. Degree of dye penetration on the occlusal wall

Group	Number of specimens	Grade of dye penetration			
		0	1	2	3
SBMP-Plus	15 *	11	1	0	3
ONE-STEP	15]*	0	0	1	14
Prime & Bond	15]	1	2	2	10

ANOVA($p < 0.0001$), Duncan's multiple range test($p < 0.05$)

* : Statistically significant difference

Table 6. Degree of dye penetration on the gingival wall

Group	Number of specimens	Grade of dye penetration			
		0	1	2	3
SBMP-Plus	15 *	8	3	0	4
ONE-STEP	15]*	0	0	0	15
Prime & Bond	15]	0	0	4	11

ANOVA($p < 0.0001$), Duncan's multiple range test($p < 0.05$)

* : Statistically significant difference

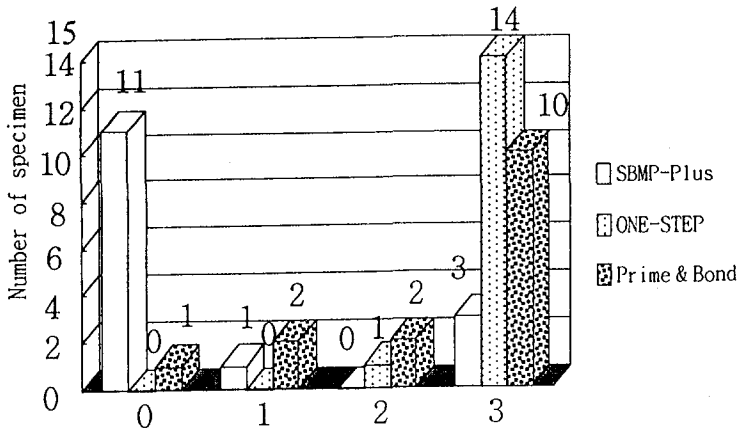


Fig. 3. Degree of dye penetration on the occlusal wall

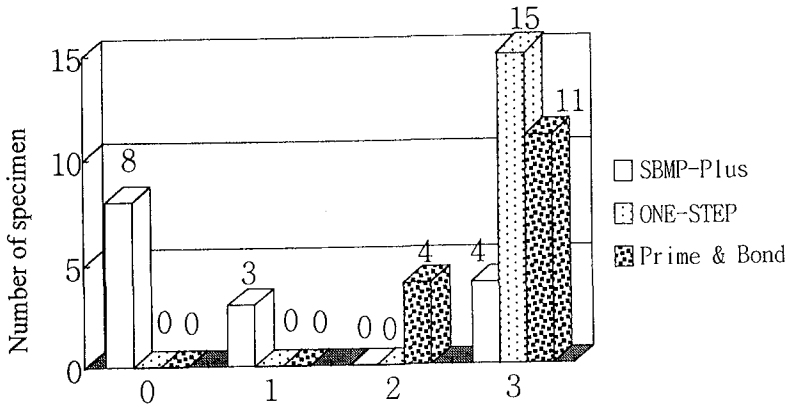


Fig. 4. Degree of dye penetration on the gingival wall

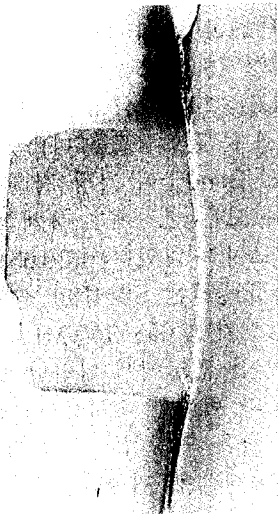


Fig. 5. Microleakage of SBMP-Plus and Z-100

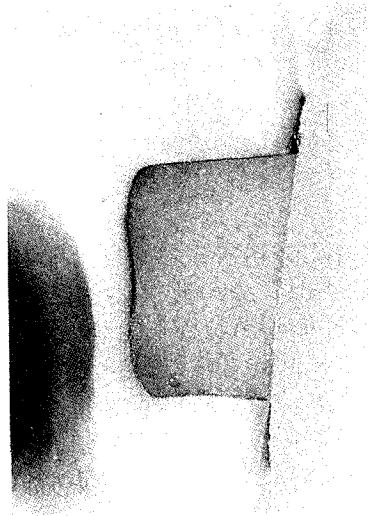


Fig. 6. Microleakage of ONE-STEP and Aelitefil

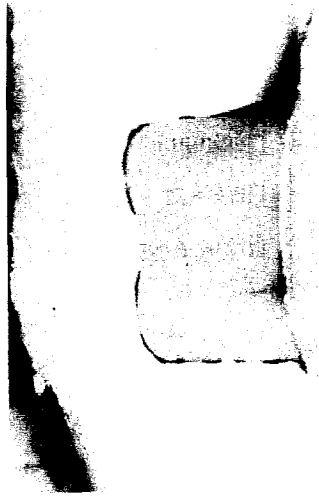


Fig. 7. Microleakage of Prime & Bond and TPH Spectrum

IV. 총괄 및 고찰

과거에 사용되었던 접착제는 치질에 대한 접착력이 부족하여 우식증이나 결손부의 수복시 유지력을 얻기위해 불필요한 치질의 삭제를 필요로 하였으나 상아질 접착제의 개선과 함께 보존적인 수복이 가능하게 되었다.^{12, 21, 36)}

상아질 접착제는 연대에 따른 세대(generation)로 분류되며 현재 치과 진료실에서 사용되는 접착제는 3세대와 4세대 접착제이다. 일반적으로 3세대 접착제는 상아질에 대한 접착력을 향상시키기 위해서 접착강화제로 상아질 표면을 변형시키고 접착제와 상아질간에 수지 침투를 형성시키는 기계적인 접착방법을 이용하고 있다.

3세대 접착제 이후에 개발된 4세대 접착시스템은 상아질의 표면에 형성된 도말층을 제거하여 접착제와 치질간에 강한 접착을 유도하며 이는 3세대 접착제에 비해 시술시간이 짧고, 법랑질과 비슷한 상아질의 접착강도를 갖으며, 습기가 있는 표면에서도 접착강도가 저하되지 장점을 가지고 있다. 이러한 우수한 성질로 인하여 4세대 접착제는 복합레진의 수복은 물론 세라믹 비니어나 금속수복물 및 치

관형성후 과민증의 방지를 위해 이용되고 있다.^{3, 5)}

복합레진의 치질에 대한 접착은 중합수축시 수축력에 저항하고 수복된 치아가 기능을 하는 동안 변연의 integrity를 유지하여야 한다. 그러나 접착된 복합레진 수복물은 접착력을 초과하는 스트레스에 의해 접착이 저하될 수 있으므로 접착제의 상아질에 대한 결합강도의 향상은 변연 미세누출을 방지하는데 중요한 역할을 한다고 할 수 있다.³¹⁾

이러한 근거에 의하여 본 연구에서는 상아질에 대한 접착제의 결합강도와 미세누출을 동시에 평가하도록 설계하였다.

상아질 접착제의 상아질에 대한 결합강도는 많은 연구가들에 의해 상호 비교되었다.^{10, 31)} Kanaka¹⁰⁾는 상아질의 건조상태에 따른 복합레진의 상아질에 대한 전단결합강도를 측정된 결과 상아질이 젖어 있는 상태에서 22.4 ± 2.8 MPa를 나타내었고, 건조된 상아질에서는 6.4 ± 2.7 MPa를 나타내어 상아질에 어느정도 수분이 있는 경우가 높은 결합강도를 나타내었다고 보고하였다. 또한 Barkmeier⁵⁾은 SBMP의 법랑질과 상아질에 대한 전단결합강도의 연구에서 법랑질에서는 26.8 ± 5.2 MPa, 상아질에서는 25.5 ± 7.5 MPa를 나타내어 법랑질과 비슷한 결합강도를 나타냈다고 하였다.

본 연구에서 각 군의 전단결합강도는 SBMP-Plus군이 16.68 ± 7.38 MPa, ONE-STEP군이 12.55 ± 5.22 MPa, Prime & Bond군이 11.61 ± 5.82 MPa로 나타나 SBMP-Plus군이 가장 큰 결합강도를 나타냈으며(Table 3), Prime & Bond군이 가장 작은 결합강도를 나타냈으나 모든 군간에는 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$) (Table 4).

Miyazaki²³⁾은 SBMP의 상아질에 대한 전단결합강도가 17.06 ± 3.49 MPa를 나타내었다고 보고하여 본 연구에서 나타난 SBMP-Plus군의 결합강도와 비슷한 결과를 나타냈다.

미세누출은 임상적으로 감지할 수 없는 와벽과 수복재간에 미생물, 용액, 분자, 이온의 통로로 정의된다. 복합레진의 미세누출은 중합수축, 치질과 수복재간의 열팽창계수 차이로

발생될 수 있다. 이러한 중합수축과 열팽창계수의 차이는 수복재와 치질계면에 큰 힘을 발휘하여 접착의 실패나 간격(gap)을 형성할 수 있다. 치질과 수복재간에 발생하는 변연 간극은 일반적으로 10-20 μm 로 알려져 있으며 0.2-5.0 μm 크기의 미생물은 이러한 변연 간극으로 침투되어 미세누출, 이차 우식증, 치수병변을 일으킬 수 있으므로 변연 간극을 최소화하도록 하여야한다.

복합레진과 치질의 접착을 증대시키기 위하여 치질에 대한 산부식 처리가 이용되어 왔다. 산부식 처리된 법랑질과 복합레진의 계면간에는 훌륭한 접착을 얻을 수 있지만 레진의 변연이 상아질이나 백악질에 위치할때 접착에 문제가 발생된다.

상아질에 대한 복합레진의 강한 기계적 접착을 얻기 위한 여러 방법이 연구되고 있으며 인산에 의한 상아질의 산부식 처리는 이러한 접착을 얻기 위한 하나의 방법이다. 상아질 표면의 산처리를 위하여 여러 가지 산이 이용되고 있으나 인산은 쉽게 구입할 수 있고 또한 법랑질을 부식할때 사용되는 동일한 산부식제이므로 상아질의 산부식 처리를 위해 주로 사용되고 있다.

Gwinnett등¹⁶⁾은 total etch가 레진의 전단결합강도와 미세누출에 미치는 영향을 평가한 결과 total etch는 전단결합강도를 저하시키지 않고 미세누출을 뚜렷이 감소시킨다고 보고하고 이러한 이유는 레진과 상아질간에 형성된 수지침착층때문이라고 설명하였다.

또한 Sidhu³⁵⁾는 상아질을 37%의 인산으로 15초간 처리한 군과 처리하지 않는 군으로 분류하여 와벽과 복합레진간의 간격을 현미경적으로 평가한 결과 산처리 군에서는 25 μm , 산처리하지 않는 군에서는 63 μm 의 간격을 나타내어 상아질을 산으로 처리한 군이 통계학적으로 우수한 접착을 나타냈다고 보고하였다.

본 연구에 사용된 접착시스템은 32-36%의 농도를 가진 인산을 공급하고 있으며 제조회사의 의하면 이러한 농도의 인산으로의 처리는 접착제와 치질간에 강한 접착력을 나타낸다고 한다.

미세누출을 평가하는 방법으로는 색소법, 방사선 동위원소법, 세균침투법, pH변화, 공기압, 주사전자현미경을 이용한 방법 등이 이용되고 있다³²⁾. 색소법은 사용이 편리하기 때문에 가장 흔히 이용되고 있으며, 본 연구에서도 2% methylene blue를 이용하여 미세누출을 평가하였다.

본 연구에서 색소를 이용한 미세누출의 평가는 교합면측과 치은측 모두에서 관찰하였다. 교합면측에서의 미세누출정도는 15개의 시편중 색소의 침투가 없는 0도가 SBMP-Plus군에서는 11개, Prime & Bond군에서 1개, ONE-STEP군에서는 0개로 나타나 SBMP-Plus군이 가장 낮은 미세누출을 보였으며, 색소가 축적까지 침투된 3도가 ONE-STEP군이 14개, Prime & Bond군이 10개, SBMP-Plus군이 3개를 나타내어 ONE-STEP군이 가장 높은 미세누출을 보였다(Table 5와 Fig. 3,5,6,7). 교합면측에서의 미세누출정도에 대한 각 군간의 차이는 SBMP-Plus군과 ONE-STEP군, SBMP-Plus군과 Prime & Bond군간에는 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈으나 ($p < 0.05$), ONE-STEP군과 Prime & Bond군간에는 유의한 차이를 나타내지 않았다(Table 5).

치은측에서의 미세누출정도는 교합면측과 비슷한 결과를 나타냈으며 15개의 시편중 색소의 침투가 없는 0도가 SBMP-Plus군에서는 8개, Prime & Bond군과 ONE-STEP군에서 모두 0개를 나타내어 교합면측에서와 같이 SBMP-Plus군이 가장 낮은 미세누출을 보였으며(Fig. 5), 색소가 축적까지 침투된 3도가 ONE-STEP군이 15개, Prime & Bond군이 11개, SBMP-Plus군이 4개를 나타내어 ONE-STEP군이 가장 높은 미세누출을 보였다(Table 6와 Fig. 4,5,6,7). 치은측에서의 미세누출정도에 대한 각 군간의 차이는 교합면측에서와 같은 결과를 나타내었다(Table 6).

미세누출에 관한 본 연구의 결과는 양등²⁾이 SBMP와 ONE-STEP 접착제의 구치부에서의 미세누출에 관한 연구에서 SBMP군이 ONE-STEP군보다 색소에 의한 미세누출이 적어 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다고 보고한

결과와 일치하였다.

Retief등³¹⁾은 상아질과 복합레진의 미세누출을 방지하는 데 요구되는 전단결합강도를 연구한 결과 21 MPa의 전단결합강도는 미세누출을 완전히 감소시킬 수 있다고 하였다. 본 연구에서 SBMP-Plus군으로 전단결합강도가 16.68 ± 7.38 MPa로 다른 군에 비해 높게 나타났는데 이는 SBMP-Plus군의 미세누출정도가 모든 군중에서 가장 낮게 나타난 이유를 설명할 수 있다.

Meerbeek등²²⁾은 5급병소에서 여러 가지 상아질 접착시스템의 미세누출을 임상적으로 관찰한 결과 어떠한 접착시스템도 미세누출을 방지하지 못하였다고 보고하였으며, Sidhu등³⁴⁾도 연구에 사용된 모든 상아질 접착제는 치경부 와동의 치은측 변연에서 미세누출을 완전히 제거하지 못한다고 하였다. 이와같이 본 연구에서 4세대의 접착제를 사용하였음에도 불구하고 레진과 상아질의 접착은 미세누출을 방지할 만큼 강하지 못함을 나타내고 있다.

Fitchie³³⁾는 5급와동에서 미세입자형과 강화형 복합레진의 미세누출을 평가한 결과 치은측 변연에서 미세입자형이 강화형 레진보다 보다 미세누출이 적었다고 보고하였다. 한편, Barnes등⁶⁾과 Ferrari등¹²⁾은 5급와동에서 복합레진의 미세누출에 관한 생체(in vivo)와 실험실적인(in vitro) 연구에서 미세누출은 생체의 연구에서 더 적게 나타났다고 보고하고, 이러한 결과는 생체에서는 마무리과정이 더욱 어려워 레진이 변연부에 남게되고 또한 치태의 축적으로 색소가 침투되는 것을 방지하기 때문이라고 설명하였다.

따라서 본 연구는 강화형 복합레진의 사용과 실험실적인 상태에서 얻은 결과이므로 향후 미세입자형 복합레진을 이용하거나 생체에서의 미세누출에 대한 연구가 더 진행되어야 할 것으로 사료된다.

이상의 연구결과를 종합하여 보면 상아질에 대한 전단결합강도와 미세누출은 상호 밀접한 관계를 갖고 있는 것으로 나타났으며, 접착강화제와 접착제를 하나로 공급한 ONE-STEP과 Prime & Bond 접착시스템은 SBMP-Plus시스

템에 비해 작은 전단결합강도치와 높은 미세누출정도를 보였다.

V. 결 론

상아질에 대한 접착제의 전단결합강도와 5급와동에서의 미세누출정도를 비교하기 위하여 상,하악 대구치 75개를 3개의 군으로 분류하여 Scotchbond™ Multi-Purpose Plus와 Z-100, ONE-STEP™과 Aelitefil™, Prime & Bond™와 TPH Spectrum™을 절단된 상아질 표면과 5급와동에 접착시켰다.

상아질에 대한 접착제의 전단결합강도는 만능시험기(AGS-100, Shimadzu co.)를 이용하여 측정하였고, 미세누출정도의 측정은 2% methylene blue에 24시간동안 시편을 침잠시켜 와벽과 접착제간의 색소침투정도를 광학입체현미경(Olympus SZH 10)상에서 3명의 관찰자가 평가하여 평균치로 환산한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 각 군의 상아질에 대한 전단결합강도는 SBMP-Plus군이 16.68 ± 7.38 MPa, ONE-STEP군이 12.55 ± 5.22 MPa, Prime & Bond군이 11.61 ± 5.82 MPa를 나타내어 SBMP-Plus군이 가장 큰 결합강도를 나타내었고, Prime & Bond군이 가장 작은 결합강도를 나타냈으나 세군간에는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$).
2. 미세누출정도는 SBMP-Plus군의 교합면측에서 15개의 시편중 0도가 11개, 치은측에서 8개를 나타내어 가장 적은 미세누출을 보였고, Prime & Bond군의 교합면측에서는 3도가 10개, 치은측에서는 11개에서 나타났으며, ONE-STEP군이 교합면측에서 3도가 14개, 치은측에서는 15개를 나타내어 큰 미세누출을 보였다.
3. 각 군간의 교합면측과 치은측의 미세누출정도는 SBMP-Plus군과 Prime & Bond군, SBMP-Plus군과 ONE-STEP군간에는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었으나($p < 0.05$).

05) Prime & Bond군과 ONE-STEP군간에는 유의한 차이를 나타내지 않았다($p>0.05$).

참 고 문 헌

1. 권병인 안식환 김성교 : Benzalkonium chloride가 BPDM/HEMA계 접착제의 상아질 접착에 미치는 영향. 대한치과보존학회지. 21(2), 569-584, 1996.
2. 양인서 신동훈 : 수복에 따른 구치부 복합 레진 수복물의 변연부 미세누출 및 적합도. 대한치과보존학회지. 22(1), 334-343, 1997.
3. 이기환 임미경 : 상아질 접착제의 전단결합 강도 및 주사전자현미경적 연구. 대한치과보존학회지. 20(1), 289-302, 1995.
4. Abdalia, A. and Davison, C. : Shear bond strength and microleakage of new dentin bonding systems. Am. J. Dent. 6(6), 295-298, 1993.
5. Barkmeier, W.W. and Erickson, R.L. : Shear bond strength of composite to enamel and dentin using Scotchbond Multi-Purpose. Am. J. Dent. 7(3), 175-179, 1994.
6. Barnes, D.M., Thompson, V.P., Blank, L.W. and McDonald, N.J. : Microleakage of Class 5 Composite Resin Restorations : a Comparison between in Vivo and in Vitro. Oper. Dent. 18, 237-245, 1993.
7. Buonocore, M.G. : A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J. Dent. Res. 34, 849-853, 1955.
8. Burke, F.J.T. and McCaughey, A.D. : The four generations of dentin bonding. Am. J. Dent. 8(2), 88-92, 1995.
9. Chan, K.C. : Microleakage between Glass-Ionomer Cement and Composite Resins. J. Esth. Dent. 4(4), 114-116, 1992.
10. Dickinson, G.L., Stevens, J.T., Overberger, G.L. and McCutcheon, W.R. : Comparison of Shear Bond Strengths of Some Third-Generation Dentin Bonding Agents. Oper. Dent. 16, 223-230, 1991.
11. Ferrari, M., Finger, W.J. and Gesi, A. : Marginal Leakage of a New Adhesive Restorative System : A Preliminary In Vivo Investigation. J. Esth. Dent. supp.(4), 32-35, 1992.
12. Ferrari, M., Yamamoto, K., Vichi, A. and Finger, W.J. : Clinical and laboratory evaluation of adhesive restorative systems. Am. J. Dent. 7(4), 217-219, 1994.
13. Fitchie, J.G., Puckett, A.D. Reeves, G.W. and Hembree, J.H. : Microleakage of a new dental adhesive comparing microfilled and hybrid resin composites. Quin. Int. 26(7), 505-510, 1995.
14. Fortin, D., Perdigao, J. and Swift, E.J. : Microleakage of three new dentin adhesives. Am. J. Dent. 7(6), 315-317, 1994.
15. Franchi, M. and Breschi, L. : Effects of acid-etching solutions on human enamel and dentin. Quint. Int. 26(6), 431-435, 1995.
16. Gwinnett, A.J., Dickerson, W. and Yu, S. : Dentin Bond Shear Strength and microleakage for Syntac/Heliomolar : A Comparison between the Manufacturer's and Total Etch Technique. J. Esth. Dent. 4(5), 164-168, 1992.
17. Gwinnett, A.J. and Yu, S. : Shear bond strength, microleakage and gap formation with fourth generation dentin bonding agents. Am. J. Dent. 7(6), 311-314, 1994.
18. Hansen, S.E., Swift, E.J. and Krell, K.K. : Permeability Effects of Two Dentin Adhesive Systems. J. Esth. Dent. 4(5), 169-172, 1992.
19. Kanka III, J. : Effect of resin primer solvents and surface wetness on resin composite bond strength to dentin. Am. J. Dent. 5(4), 213-215, 1992.

20. Kanca III, J. : Etchant composition and bond strength to dentin. *Am. J. Dent.* 6(6), 287–290, 1993.
21. McLean, J.W. : Dentinal bonding agents versus glass-ionomer cements. *Quint., Int.* 27(10), 659–667, 1996.
22. Meerbeek, B.V., Peumans, M., Gladys, S., Braem, M., Lambrechts, P. and Vanherle, G. : Three-year clinical effectiveness of four total-etch dentinal adhesive systems in cervical lesions. *Quint. Int.* 27(11), 775–784, 1996.
23. Miyazaki, M., Platt, J.A., Onose, H. and Moore, B.K. : Influence of Dentin Primer Application Methods on Dentin Bond Strength. *Oper. Dent.* 21, 167–172, 1996.
24. Munro, G.A., Hilton, T.J. and Hermesh, C.B. : In Vitro Microleakage of Etched and Rebonded Class 5 Composite Resin Restorations. *Oper. Dent.* 21, 203–208, 1996.
25. Nakabayashi, N. : Adhesive Bonding with 4-META. *Oper. Dent. Supp.*(5), 125–130, 1992.
26. Nakabayashi, N. and Takarada, K. : Effect of HEMA on bonding to dentin. *Dent. Mat.* 8, 125–130, 1992.
27. Nakabayashi, N., Watanabe, A. and Gendusa, N.J. : Dentin adhesion of “modified” 4-META/MMA-TBB resin : function of HEMA. *Dent. Mat.* 8, 259–264, 1992.
28. Pashley, D.H. : The Effects of Acid Etching on the Pulpodentin Complex. *Oper. Dent.* 17, 229–242, 1992.
29. Reeves, G.W., Fitchie, J.G., Hembree, J.H. and Puckett, A.D. : Microleakage of New Dentin Bonding Systems Using Human and Bovine Teeth. *Oper. Dent.* 16, 230–235, 1995.
30. Reifeis, P.E., Cochran, M.A. and Moore, B.K. : An in Vitro Shear Bond Strength Study of Enamel/Dentin Bonding Systems on Enamel. *Oper. Dent.* 20, 174–179, 1995.
31. Retief, D.H., mandras, R.S. and Russell, C.M. : Shear bond strength required to prevent microleakage at the dentin/restoration interface. *Am. J. Dent.* 7(1), 43–46, 1994.
32. Scherer, W., Kaim, J.M., Weiner, E., Weiner, S. and Caruso, J. : Third Generation Dentin Bonding Agents : A Microleakage Study. *J. Esth. Dent.* 2(2), 33–35, 1990.
33. Schrerer, W., Binder, D., David, S., Christina, M. and Mello, T. : Effects of pH on the Dentin Surface. *J. Esth. Dent.* 4(4), 159–163, 1992.
34. Sidhu, S.K. and Henderson, L.J. : Dentin adhesives and microleakage in cervical resin composites. *Am. J. Dent.* 5(5), 240–244, 1992.
35. Sidhu, S.K. : The effect of acid-etched dentin on marginal seal. *Quint. Int.* 25(11), 797–800, 1994.
36. Tay, F.R., Gwinnett, A.J., Pang, K.M. and Wei, S.H.Y. : Micromorphologic relationship of the resin-dentin interface following a total-etch technique in vivo using a dentinal bonding system. *Quint., Int.* 26(1), 63–70, 1995.
37. Triolo, P.T. and Swift, E.J. : Shear bond strengths of ten dentin adhesive systems. *Dent., Mat.* 8, 370–374, 1992.
38. Walshaw, P.R. and McComb, D. : Clinical considerations for optimal dentinal bonding. *Quint. Int.* 27(9), 619–625, 1996.