

상아질 접착제의 미세누출에 관한 연구

손정민 · 최남기 · 김선미 · 양규호 · 박지일*

전남대학교 치의학전문대학원 소아치과학교실 및 치의학연구소 및 2단계 BK21
광주 보건대학 치위생과 *

국문초록

본 연구는 여러가지 상아질 접착제들의 법랑질 변연과 상아질 변연에서의 미세누출을 비교 평가하기 위해 이루어졌다. 발거된 건전한 영구치의 협면과 설면에 5급 와동을 형성하고 형성된 50개의 와동을 무작위로 5개의 군으로 나누어 각군에 Adper™ Scotchbond™ Multi-purpose Plus Adhesive (SM; 3M ESPE, USA), Adper™ Single bond 2 (SB; 3M ESPE, USA), Clearfil™ SE Bond (SE; Kuraray Medical Inc., Japan), Adper™ Prompt™ L-Pop™ (PL; 3M ESPE, USA), G-Bond™ (GB; GC Co., Japan)를 적용하고 Filtec™ Z350 A3 (3M ESPE, USA)로 충전하였다. 시편을 37℃ 증류수에 24시간 보관한 후 5℃와 55℃에서 10초씩 1000회 열순환하고 2% methylene blue 용액에 24시간 넣어 염색한 뒤, 주수 하에 치아를 협설로 절단하여 색소의 침투 정도를 화상분석현미경을 이용하여 침투깊이를 측정하고 각 군간의 미세누출 정도를 비교하여 침투깊이에 따라 0~3점으로 분류하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 법랑질 변연에서의 미세누출은 PL(0.85), SB(0.55), GB(0.50), SM(0.35), SE(0.25) 순이었으며 PL은 SM 및 SE와 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다(p<0.05).
2. 상아질 변연에서의 미세누출은 GB(2.10), SE(1.45), PL(1.40), SB(1.05), SM(0.70)순이었으며 GB는 SB 및 SM과 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다(p<0.05).
3. 각 실험재료 군내에서 법랑질 변연에 비해 상아질 변연에서 미세누출이 더 크게 나타났으며, SE, PL, GB에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다(p<0.05).

주요어 : 상아질 접착제, 미세누출, 법랑질, 상아질

I. 서론

복합레진은 아말감을 대체할 수 있는 수복재료로서 그 사용빈도가 급격히 증가하고 있다^{1,2)}. 이는 사람들의 아말감에 대한 거부감과 심미성에 대한 욕구가 증진되었고 복합레진의 물성과 심미성이 많이 개선되어 전치부 수복에만 국한되어 사용되어 왔던 복합레진이 구치부 뿐만 아니라 광범위한 치아소실의 대체에도 사용될 정도로 그 적응증이 확대되었기 때문이다.

1955년에 Buonocore가 법랑질 표면에 아크릴릭 레진의 접착력을 증가시키기 위해 orthophosphoric acid를 사용한 산부식술을 소개한 이후 상아질 접착이 개발되었다³⁾. 1962년에 Bowen은 아크릴릭 레진의 물성을 개선하기 위한 시도로 Bis-GMA 단량체를 개발하였는데 이 재료는 적은 중합 수축과 우

수한 파절 저항성을 나타내어 현재 사용되고 있는 복합레진 재료의 기초를 형성하였다⁴⁾.

복합레진은 심미적이고, 별도의 유지 형태에 필요한 치질의 삭제가 없으므로 치질 소실이 적다는 장점이 있으나, 중합수축으로 인해 접착실패와 미세누출을 초래할 수 있다⁵⁾. 변연의 미세누출은 산, 효소, 이온, 세균, 세균 산물의 수복물 변연으로의 침투를 야기할 수 있으며, 이로 인해 술 후 민감성, 수복물의 변색, 이차우식증, 치수 손상 등의 원인이 되어 수복물의 실패를 야기시킬 수 있다^{6,7)}. 따라서 복합레진의 미세누출을 줄이기 위해 치질과 복합레진의 접착에 관한 지속적인 연구와 발전이 이루어지고 있다.

법랑질에 대한 접착은 산부식을 통한 표면의 미세 다공성을 부여하고 접착성 단량체가 침투하여 미세기계적으로 유지됨으

교신저자: 최 남 기

광주광역시 동구 학동 8번지 / 전남대학교병원 소아치과학교실 / 062-220-5476 / hellopedo@hanmail.net

원고접수일: 2008년 4월 01일 / 원고최종수정일: 2008년 7월 10일 / 원고채택일: 2008년 7월 24일

로써 임상적으로 신뢰할 만한 수준에 이르렀다. 반면 상아질은 많은 유기질을 포함하는 상아세관의 미세구조와 광화 및 습윤의 정도에 따라 다양한 접착의 양태를 보이기 때문에 아직도 불완전한 상태에 있다⁸⁻¹⁰⁾.

4세대 상아질 접착제는 산부식을 통해 도말층과 표층의 무기질을 녹이고 이 공간에 프라이머와 접착레진을 침투시키는 3단계의 접착과정으로 혼성층을 형성하게 된다^{11,12)}. 이 과정에서 산부식제의 수세 후, 교원섬유의 붕괴를 막고 레진이 침투할 수 있는 환경을 만들기 위해 습윤상태를 유지하는 것은 필수적이다. 그 후 적용과정을 단순화하여 그 사용을 쉽게 하고 시간을 단축시키며 술자의 기술적 민감성을 줄이기 위해 5세대 상아질 접착제가 개발되었다. 이는 3단계의 과정을 2단계로 단축시킨 것으로서 프라이머와 접착제의 도포를 한 과정으로 하는 'one bottle system' 과 산부식과 프라이머를 한 과정으로 하는 'self-etching primer system' 으로 분류될 수 있다¹³⁻¹⁵⁾. 'One bottle system' 은 4세대 상아질 접착제에서 분리되어 있는 프라이머와 접착제를 단일병에 혼합한 시스템으로서 친수성과 소수성 성분을 포함하고 있다. 아세톤, 에탄올, 물, HEMA를 포함하는 친수성 프라이머는 산부식 처리된 상아질 표면으로 레진이 침투되도록 하고, 접착제에 있는 단량체가 상아질 표면으로 확산되어 상아질과 레진의 혼화층을 형성하고 최대의 결합강도를 얻도록 한다. 이와 같은 'one bottle system' 은 total etching과 습윤접착 술식에 기초를 두며, 우수한 결합강도를 갖는 것으로 보고되고 있으나 아직까지는 술식에 민감한 시스템으로 알려져 있다¹⁵⁻¹⁷⁾.

'Self-etching primer system' 은 산부식-프라이머-접착제 도포의 과정에서 산부식-프라이머를 단일 과정으로 처리하고 접착제를 도포하는 것이다. 습윤접착의 모호함을 배제하고, 수세, 건조 과정이 없으므로 환자의 불편감을 줄일 수 있으며, 상아세관액의 이동을 감소하고, 교원질의 탈수를 막으며, 탈회층과 레진침투층 간에 발생하는 불일치가 없다는 장점을 갖는다^{18,19)}.

6세대 상아질 접착제는 대개 2개의 용기에 따로 보관되어 있고 사용직전 혼합을 하여 사용하며 산부식과 프라이머, 접착 과정을 혼합하여 한번에 적용함으로써 접착실패의 가능성을 현저히 줄이고, 적용단계를 간소화함으로써 빠르고 간편하며, 위생적으로 접착을 할 수 있는 접착제라고 하나 그 결합력에 대해서는 아직 많은 연구가 필요한 상태이다^{9,20,21)}.

최근에 소개된 7세대 상아질 접착제는 6세대와 달리 단일 용기로 구성되어 있으며 산부식, 프라이머, 접착제를 혼합 없이 한번에 적용하게 된다. 모든 과정이 한 단계로 끝나는 장점이 있어, 행동조절이 어렵고 시술시간에 제한을 받는 소아 환자나 진정환자에서 사용하기에 편리한 점이 있다²²⁾.

본 연구는 최근에 개발되어 사용되는 7세대 상아질 접착제를 비롯해 여러가지 종류의 상아질 접착제들을 대상으로 하여 영구치 법랑질 변연과 상아질 변연에서의 미세누출을 비교 평가하기 위해 시행하였다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구 재료

본 연구에서 사용된 접착제는 Table 1에 나타난 것과 같으며, 충전용 복합레진은 Z350(3M ESPE, USA) A3 shade를 사용하였고 Elipar FreeLight 2(3M ESPE St. Paul, MN, USA)로 광중합 하였다. 실험에 사용된 치아는 최근에 발거된 치아로서 치아우식이나 충전물이 없는 영구구치 25개를 0.1% thymol 용액에 보관하여 사용하였다.

2. 연구 방법

1) 시편제작

준비된 25개의 치아의 협설면에 고속엔진용 #701 carbide bur를 이용하여 주수하에 협면과 설면의 치경부에 교합-치은 폭경 1.5 mm, 깊이 2.0 mm, 근원심 폭경 5.0 mm로 5급 와동을 형성하였고 교합면측 변연은 법랑질에 위치하도록 하고 치은측 변연은 백악법랑경계부 1 mm 하방의 상아질에 위치하도록 하였다. 각각의 변연은 치아의 외면에 90° 가 되도록 형성하였으며, 형성된 치아를 무작위로 5개씩 5개군으로 분류하였다. 각 군의 와동에 5종의 접착제 중 하나의 접착제를 제조사의 지시에 따라 도포하고(Table 2) 광중합 한 후 Z350(3M ESPE, U.S.A.) A3 shade를 사용하여 레진 충전하고 Elipar FreeLight 2(3M ESPE St. Paul, MN, U.S.A.)로 10초간 광중합 하였다. 각 실험치아의 복합레진 표면은 Sof-Lex disks (3M Dental Products., U.S.A.)를 순차적으로 사용해 마무리와 연마를 시행하였으며 모든 과정은 동일한 술자가 시행하였다.

2) 시편 처리

시편은 37℃ 증류수에 24시간 보관한 후 5℃와 55℃에서 10초씩 계류시켜 1000회의 열순환을 시행한 후, 충분히 건조시켰다. 치근단공이나 치면을 통해 염색액이 침투되는 것을 막기 위해 치근단공 부위를 Cyanoacrylate cement로 폐쇄하고 수복물 주위를 약 1 mm 남겨두고 전 치면에 nail varnish를 2겹으로 도포하였다. 시편을 건조한 후 2% methylene blue 용액에 넣어 24시간 동안 침적시킨 후 물로 세척하고 고속의 diamond disk를 이용하여 주수하에 각 수복물의 중앙부가 통과되도록 치아의 장축방향에 평행하게 협설방향으로 양분하였다. 각 시편의 절단면은 물이 공급된 상태에서 #600 - 800 - 1000 grit SiO₂ paper로 순차적으로 연마하였고 1개의 치아에 대해 diamond disk의 두께 및 연마된 두께만큼 떨어져 위치한 서로 다른 4부위의 시편이 만들어졌다.

3) 변연 미세누출의 관찰 및 평가

각 군의 절단된 시편은 각각 협면과 설면에 있는 복합레진 수복물의 법랑질과 상아질 변연부를 100배율의 디지털 화상분석

Table 1. Bonding systems tested in this study

Materials	Composition	Lot number	Manufacturer
Scotchbond™ Multi-Purpose Plus (SM) - 4th generation	Primer: HEMA, polyalkenoic acid copolymer, water Adhesive : Bis-GMA, HEMA, initiator, amine, water, ethanol	20060221	3M ESPE, USA
Adper™ Single Bond 2 (SB) - 5th generation	HEMA, Bis-GMA, dimethacrylates, polyalkenoic acid copolymer, CPQ photoinitiator, ethanol, water 5mm silica nanofiller	20050816	3M ESPE, USA
Cleafil™ SE Bond (SE) - 5th generation	Primer : MPD, HEMA, hydrophilic DMA, CQ, N,N-Diethanol-p-toluidine, water Adhesive : MDP, Bis-GMA, hydrophobic dimethacrylate, HEMA, CQ, toluidine, silanated colloidal silica	51324	Kuraray, Japan
Adper™ Prompt™ L-Pop™ (PL) - 6th generation	Liquid A : methacylated phosphoric ester, Bis-GMA, initiators based on CQ, stabilizer Liquid B : water, HEMA, polyalkenoic acid, stabilizer	237144	3M ESPE, USA
G-Bond™ (GB) - 7th generation	4-Methacryloxyethyltrimellitate anhydride Urethane dimethacrylate Dimethacrylate component Phosphoric ester monomer	603201	GC, Japan

Table 2. Application protocol for the tested adhesives

Bonding agents	Etching	Rinsing/Dry	Priming/Dry	Adhesive	Light curing
Scotchbond™ Multi-purpose Plus (SM)	etchant (15 s)	rinse(15 s) dry(2 s)	primer dry(5 s)	adhesive	10 s
Adper™ Single Bond 2 (SB)	etchant (15 s)	rinse(15 s) dry(2 s)	primer/adhesive dry(5 s)		10 s
Clearfil™ SE bond (SE)	self etching/ priming(20 s)/dry(3 s)			adhesive /dry(5 s)	10 s
Adper™ Propmp™ L-pop™(PL)			Squeezing, Mixing(5 s)/ rubbing(finger pressure)15 s/ dry (two times)		10 s
G-bond™(GB)		No mixing gentle rubbing (10 s wait, 5 s dry)			10 s

s: second

현미경(Image analyzing microscope: Sometech Inc., Korea)를 이용하여 관찰하고 색소 침투도를 다음과 같은 기준에 의하여 관찰하고, 각 치아의 변연미세누출 점수로 정하였다.

- 0 = 색소침투가 없는 경우
- 1 = 색소가 교합면 또는 치은와벽의 1/2미만까지 침투된 경우
- 2 = 색소가 교합면 또는 치은와벽의 1/2이상 침투되었으나 축벽에는 도달하지 않은 경우
- 3 = 색소가 축벽까지 침투된 경우

4) 통계처리

통계처리프로그램 SPSS 10.1을 사용하여, 각 군 간의 변연미세누출에 대한 상호간의 유의성 검증은 Kruskal-Wallis test를 이용하여 시행하였으며, 사후검증은 Tukey's test를 이용했고 군내 유의성 검정은 Wilcoxon signed rank test를 이용하여 p=0.05 유의수준에서 분석하였다.

Table 3. Distribution of microleakage scores and means at enamel margins

Group		Score				n	Mean	S.D.
		0	1	2	3			
Scotchbond™	(SM)	13	7	0	0	20	0.35	0.49
Multi-purpose Plus								
Adper™ Single Bond 2	(SB)	9	11	0	0	20	0.55	0.51
Clearfil™ SE bond	(SE)	15	5	0	0	20	0.25	0.44
Adper™ Propmpt™, L-pop™	(PL)	3	17	0	0	20	0.85	0.37
G-bond™	(GB)	10	10	0	0	20	0.5	0.51

Table 4. Distribution of microleakage scores and means at dentin margins

Group		Score				n	Mean	S.D.
		0	1	2	3			
Scotch Bond™	(SM)	10	7	2	1	20	0.70	0.86
Multi-purpose Plus								
Adper™ Single Bond 2	(SB)	7	7	4	2	20	1.05	1.00
Clearfil™ SE bond	(SE)	5	5	6	4	20	1.45	1.10
Adper™ Propmpt™, L-pop™	(PL)	2	9	8	1	20	1.40	0.75
G-bond™	(GB)	1	5	5	9	20	2.10	0.97

Table 5. Statistical analysis of microleakage at enamel margin between each group by Turkey test

	SM	SB	SE	PL	GB
SM				*	
SB					
SE				*	
PL					
GB					

*: significant differences(p<0.05)

Table 6. Statistical analysis of microleakage at dentin margin between each group by Turkey test

	SM	SB	SE	PL	GB
SM					*
SB					*
SE					
PL					
GB					

* : significant differences(p<0.05)

Table 7. Statistical analysis of microleakage between enamel and dentin margin in each group by Wilcoxon signed rank sum tes

Group	SM	SB	SE	PL	GB
Margin					
Dentin - Enamel			*	*	*

*: significant differences(p<0.05)

Ⅲ. 연구 성적

각 군의 법랑질과 상아질 변연부에서 미세누출 점수와 평균치는 Table 3과 4에 표시하였다.

법랑질 변연부에서의 미세누출은 SE, SM, GB, SB, PL의 순으로 증가하였고(Table 3) PL은 SM, SE보다 통계학적으로 높은 미세누출을 보였으며(p<0.05) 다른 군들 사이에는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다(p>0.05)(Table 5).

상아질 변연부에서의 미세누출은 SM, SB, PL, SE, GB의 순으로 증가하였고(Table 4) GB는 SM, SB보다 통계학적으로 높은 미세누출을 보였으며(p<0.05) 다른 군들 사이에는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다(p>0.05)(Table 6).

각 군 내에서의 법랑질 변연과 상아질 변연에서의 미세누출

을 비교한 결과, 각 군에서 모두 법랑질 변연에서보다 상아질 변연에서 더 높은 미세누출을 보였고(Table 3, 4), SE, PL, GB에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다(Table 7).

Ⅳ. 총괄 및 고찰

광중합 복합레진의 물리적 성질이 개선되고 다양한 세대의 상아질 접착제가 개발되면서 복합레진의 직접적 수복 빈도가 크게 증가하여 최근에는 직접적 심미 수복 술식에서 복합레진이 가장 많이 사용되고 있다. 광중합 복합레진은 중합하기 전에 재료의 형태를 조정할 수 있고, 색 안정성 및 심미성이 뛰어나며 화학적으로 활성화되는 재료에 비해 더 완벽하게 중합된다는 장점을 가지고 있다²³⁾. 하지만 필연적으로 발생하는 복합레진의 중합수축으로 인해 수축간극의 발생과 이로 인한 변연부 미세누출이라는 단점도 가지고 있다²⁴⁾. 이러한 미세누출은 세균, 타액, 분자나 이온등이 유입을 가능하게 하여 변연착색, 이차 우식, 술후 민감증, 치수병변등을 유발할 수 있다²⁵⁾.

미세누출을 평가하는 방법에는 색소, 박테리아 등을 이용한 침투법, 중성자 활성화 분석법, 유체이동 측정법, SEM 검사법, 전기 화학적 검사법 등이 있다²⁶⁾. 전기 화학적 방법은 접착 계면에 미세누출이 존재할 경우 미세전류가 매질을 통해 흐른다는

사실을 이용한 방법으로 시편을 파괴하지 않고, 수복물 전체의 미세누출을 정량적으로 측정할 수 있으며, 연구자의 주관이 개입되지 않고, 지속적인 평가가 가능하다. 하지만 미세누출의 정확한 위치를 알기 어렵고, 치아의 연령, 치수강내 물질, 와동의 깊이, 크기, 경화상아질의 양, 전해질의 양, 전극의 위치, 주변 환경에 따라 미세전류값이 변할 수 있다는 단점을 갖고 있다^{27,28)}.

본 연구에서 사용된 색소 침투법은 치아-수복물 변연을 따라 염색약을 침투시키는 방법으로 평가를 위해 시편을 절단해야 하며, 절단된 면만을 평가한다는 점과, 평가자의 주관이 개입될 수 있다는 단점이 있으나 정성적 결과를 보여주며 간단하고 경제적이며, 빠른 방법으로 기존 연구들에서 가장 많이 사용되고 있는 방법이다^{29,30)}.

복합레진의 중합수축은 제품에 따라 1.7%~7.1%정도 나타나며³¹⁾, 레진 수복물의 변연이 법랑질에 위치할 경우에는 산부식을 통해 형성된 미세 다공성의 법랑질 표면에 접착성 단량체가 침투해 미세기계적으로 유지되어 그 결합력이 중합 수축력을 능가하므로 문제가 되지 않는다. 하지만 2급이나 5급 와동 등의 경우에서처럼 치경부 변연이 상아질에 위치하는 경우에는 법랑질과 달리 그 조성과 구조가 복잡하고 많은 유기질을 포함하는 상아세관과 삭제 시 형성되는 도말층 등의 이유로 광화 및 상아질이 습윤된 정도에 따라 다양한 접착 양상을 나타내기 때문에 아직도 정확히 예측할 수 없다. 레진과 치아간의 결합을 매개하는 상아질 접착제의 개발이 시도된 이후 이의 발달과 더불어 복합레진과의 결합력이 계속해서 증가하고 있지만, 아직은 법랑질 변연에서 보다 상아질 변연에서 미세누출의 빈도 및 깊이가 다소 높은 편이다³²⁻³⁴⁾. 하지만 박 등³⁵⁾은 법랑질 변연이 상아질 변연보다 미세누출이 많았다고 하였다.

4세대에서 7세대까지 개발되어 사용되고 있는 5종의 상아질 접착제를 사용하여 미세누출을 평가한 본 실험에서도 법랑질 변연은 0.25~0.85점의 미세누출을 보였으나 상아질 변연은 0.70~2.10점의 미세누출을 보였으며, SE, PL, GB 군에서는 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다($p<0.05$).

이번 연구에서 관찰된 바와 같이 법랑질 변연에서의 미세누출은 상아질 접착제의 종류에 관계없이 거의 유사한 미세누출 양상을 보이며 임상적으로 신뢰할 수 있지만³⁶⁾, 상아질에서는 모든 상아질 접착제들에서 낮은 봉쇄능력을 보여 높은 미세누출 양상을 보여주었다.

상아질 접착제의 계속적인 개량에도 불구하고, 현재까지 상아질에 위치한 변연부위에서 만족할만한 결과를 제공할 수 있는 상아질 접착제는 없다³⁷⁾.

4세대 상아질 접착제는 산부식을 이용해 도말층을 제거하여 상아세관을 개방시키고 교원 섬유를 노출 시킨 후, 소수성 및 친수성 단말을 갖는 프라이머를 도포, 침투시켜 친수성인 상아세관에는 친수성 단말이 부착하고 다른 편의 소수성 단말과 결합하는 접착제를 도포하여 상아질과 교원질 내부로의 레진 침투를 용이하게 해주는 것이다³⁸⁾. 그러나 혼성층을 형성하는 과정 중 산부식제를 수세한 후 수분을 제거하는 과정에서 과도한

수분이 존재하는 경우 접착제의 단량체가 희석되어 효과가 감소하게 되고 과도하게 건조되는 경우에는 교원 섬유층이 수축하거나 붕괴되어 접착제의 단량체가 탈회된 상아질 표면을 충분히 적시거나 침투하는 것이 어렵게 된다. 탈회된 상아질 표면의 적절한 습윤정도를 유지하는 것은 매우 어려워 술자에 따라 매우 다른 결과를 보여주게 되며, 시술 과정이 복잡하고 시간이 오래 걸려 타액이나 혈액에 의한 오염 가능성도 증가된다^{39,40)}.

5세대 상아질 접착제 중 one-bottle system은 치질을 처리한 후 프라이머와 접착제를 혼합한 단일용액을 도포함으로써 적용과정을 2단계로 단축하였으나 4세대 상아질 접착제와 마찬가지로 total-etching과 습윤 접착 술식에 따른 비슷한 문제점이 지적되고 있다⁴¹⁾. 다른 5세대 상아질 접착제인 'self-etching primer system'은 프라이머에 함유된 산과 HEMA 및 물에 의해 치질의 처리와 priming을 동시에 수행한 후 접착제를 도포하는 2단계의 적용과정이 이용된다^{17,42)}. 6세대 상아질 접착제는 'all-in-one' 접착제 혹은 자가 산부식 접착제로 불리며 처리제, 프라이머, 접착제를 혼합하여 적용과정을 1단계로 단순화 시켰고⁴³⁾, 7세대 상아질 접착제는 처리제, 프라이머, 접착제의 혼합과정이 필요없이 한 용기 안에 용액이 들어 있어 그 적용과정이 더욱 단순화되어 산부식 처리 후 수세와 건조 그리고 재습윤 처리 과정 없이 산 부식과 동시에 레진 단량체가 상아질 내로 침투되므로 건조에 의한 교원 섬유의 수축 가능성을 감소하며 상아질 표면의 과도한 수분이 레진의 침투를 방해하는 것을 방지하며 결합강도가 약화되지 않는다고 하였다. 6세대와 7세대 상아질 접착제는 모두 1단계 자가 부식형 상아질 접착제라 할 수 있지만 상아질 접착제는 복합레진을 치아에 효과적으로 접착시키기 위해 젖음성, 산도, 강도 등의 여러가지 특성이 요구되는데, 단일한 화학 성분으로 이러한 특성을 얻는다는 것은 매우 어렵다⁴⁴⁾.

본 연구에서 법랑질 변연부에서의 미세누출은 SE, SM, GB, SB, PL의 순으로 증가하였고 PL은 SM, SE보다 유의하게 높은 미세누출을 보였으며($p<0.05$) 다른 군 사이에서는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다($p>0.05$).

상아질 변연부에서의 미세누출은 SM, SB, PL, SE, GB 순으로 증가하였고 GB는 SM, SB보다 통계학적으로 높은 미세누출을 보였으며($p<0.05$) 다른 군 사이에서는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다($p>0.05$). 법랑질 변연과 상아질 변연에서 모두 6세대와 7세대 상아질 접착제에서 높은 미세누출이 나타났고 어떠한 접착제도 미세누출을 완벽하게 방지할 수는 없었다. Korasli 등⁴⁵⁾은 5세대와 6세대 상아질 접착제 간의 미세누출을 비교하여 6세대 상아질 접착제의 미세누출이 더 높음을 보고하였고 Deliperi 등⁴⁶⁾은 4세대, 5세대, 6세대, 7세대 상아질 접착제 간의 미세누출 비교에서 7세대 상아질 접착제인 I-bond에서 법랑질 변연과 상아질 변연 모두에서 가장 많은 미세누출을 보였다고 하였다. 반면 2005년 Theodosis 등⁴⁴⁾은 1급 와동에서의 5, 6, 7세대 상아질 접착제의 미세누출에 대한 연구에서 5세대 상아질 접착제의 미세누출도가 가장 낮았고 6세대인 Adper Prompt L-Pop에서 가장 많은 미세누출을 보

였다고 하여 본 연구의 범랑질 변연부에서 미세누출 평가 결과와 일치하였다. 이에 대해 Pashley⁴⁷⁾는 친수성인 1단계 자가부식시스템에서 물을 흡수하여 water-filled channel를 형성하는 경우 결합력이 매우 낮아진다고 하였고 Fabianelli 등⁴⁸⁾은 1단계 자가부식 시스템이 불안정한 산성 모노머와 범랑질을 산부식 하기에는 부적절한 산도를 가지고 있어서 범랑질 접착에는 효과적이지 않다고 지적하였으며, Fritz와 Finger⁴⁹⁾는 상아질에서도 1단계 자가부식 시스템이 낮은 전단결합강도를 보인다고 하였다. 어떤 연구에서는 6세대 상아질 접착제에서 filler의 결여때문에 많은 미세누출이 발생한다고 하였다. Yazici 등⁵⁰⁾은 분리된 프라이머의 부족이 상아질 접착제의 침투 깊이나 젖음성의 감소를 야기하여 접착과 봉쇄능력을 감소시킬 수 있다고 하였다. 게다가, filler를 함유한 상아질 접착제에서 얻어지는 접착층의 두께가 두꺼워질수록 중합의 초기동안에 접착을 유지하기 위한 계면의 성질이 향상되는데 반해 1단계 자가부식 시스템에서는 그렇지 못하므로 미세누출이 많이 발생하게 된다고 하였다⁵¹⁾.

6세대 상아질 접착제의 가장 중요한 장점 중 하나는 교차오염을 방지할 수 있다는 것이다. 처리제, 프라이머, 접착제가 하나의 특유한 용기로 구성되어 산부식, 세척, 건조의 과정을 제거하여 사용단계를 단순화하고 신속하게 수행되도록 하였다.

7세대 상아질 접착제는 기술적 민감성을 야기하는 불확실한 혼합과 다단계 과정을 제거하여 기술적 민감도를 줄여서 6세대 상아질 접착제보다 더 나은 결과를 나타냈으나 5세대 상아질 접착제보다는 떨어진 결과를 나타냈다⁴⁴⁾.

상아질에서 얻어지는 낮은 결합력은 봉쇄능력을 약화시키고 중합 수축 동안에 증가되는 응력을 중화시키기에는 불충분하다. C-factor는 치아 와동에서 복합레진과 결합된 면과 결합되지 않은 면의 비로 정의되며 C-factor가 증가하면 접착계면에서 수축응력이 증가되어 봉쇄능력을 저하시킨다⁵²⁾. 따라서 C-factor를 줄이기 위해 적층 충전 방법이 제안되었다. 적층 충전 방법은 중합동안 와동벽과의 접촉을 줄이고 한번에 더 적은 양을 중합함으로써 수축의 총 양을 줄이기 위한 시도로 사용되었다⁵³⁾. 하지만 Winkler 등⁵⁴⁾과 Versluis 등⁵⁵⁾은 적층충전보다 단일충전 시 오히려 더 낮은 수축 응력을 보였다고 하였고 김 등⁵⁶⁾의 연구에서도 flowable resin을 이장한 균을 제외하고 단일 충전한 균에서 가장 낮은 수축응력을 보였다고 하였으며 Ghavamnasiri 등⁵⁷⁾은 단일 충전한 균과 적층 충전한 균 사이에서 미세누출의 차이는 통계학적으로 유의하지 않았다고 하였다. 따라서 본 연구에서는 충전단계에서의 일관성을 부여하고 적층 충전의 양과 방법에 따라 수축응력의 차이가 발생해 미세누출에 영향을 미치는 것을 방지하기 위해 단일충전을 시행하였다.

6세대와 7세대 상아질 접착제를 일컫는 1단계 접착 시스템은 다단계 접착 시스템에 비해 접착력이 개선되었기 때문이 아니라 사용하기 쉽고, 편리하며 덜 혼란스럽기 때문에 선호되고 있다⁵⁸⁾. 비록 1단계 접착 시스템이 total-etching 시스템보다 낮은 결과를 보여주지만 접착 치과학의 최신 경향은 보다 더 사용

하기 편리하고 단순한 1단계 접착 시스템 쪽으로 진행되고 있으므로 술자는 이에 대한 완전한 지식과 적절히 사용할 수 있는 능력이 필요하다⁴⁴⁾. 여러 문헌에 의하면 연구실 실험 결과가 임상 상황을 추정할 수 있는가에 대해서는 논란의 여지가 많다. 구강내에서는 상아질 접착제의 사용과 복합레진의 조작이 어렵고, 수복물이 여러 요인에 의해 영향을 받기 때문에 이번 연구의 결과만을 가지고 실제 임상에 적용하기에는 무리가 있다. 미세누출의 측정을 위해서는 다양한 방법들의 특성을 잘 이해하고, 활용하는 복합적인 분석방법이 필요하며, 향후 사용하기 편리하고 단순한 7세대 상아질 접착제의 장점은 더욱 개선하고 높은 미세누출 및 낮은 접착강도의 단점은 보완하는 연구 및 개발이 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 여러 가지 상아질 접착제들의 범랑질 변연과 상아질 변연에서의 미세누출을 비교 평가하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 범랑질 변연에서의 미세누출은 PL(0.85), SB(0.55), GB(0.50), SM(0.35), SE(0.25) 순이었으며 PL과 SM, SE는 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.05$).
2. 상아질 변연에서의 미세누출은 GB(2.10), SE(1.45), PL(1.40), SB(1.05), SM(0.70) 순이었으며 GB와 SB, SM은 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.05$).
3. 각 군내에서 범랑질 변연에 비해 상아질 변연에서 미세누출이 더 크게 나타났으며 SE, PL, GB에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.05$).

참고문헌

1. Ferracane JL : Current trends in dental composites. Crit Rev Oral Biol Med, 6:302-318, 1995.
2. Willems G, Lambrechts P, Braem M, et al. : Composite resins in the 21st century. Quint Int, 24:641-658, 1993.
3. Bowen RL : Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. J Am Dent Assoc, 66:57-64, 1963.
4. Hervas-Garcia A, Martinez-Lozano MA, Cabanes-Vila J, et al. : Composite resins. A review of the materials and clinical indications. Med Oral Patol Oral Cir Bucal, 11:E215-20, 2006.
5. Sakaguchi RL, Peters MC, Nelson SR, et al. : Effects of polymerization contraction in composite restorations. J Dent, 20:178-182, 1992.
6. Geurtsen W : Substances released from dental resin composites and glass ionomer cements. Eur J Oral Sci, 106:687-695, 1998.

7. Hamid A, Okamoto A, Iwaku M, *et al.* : Component release from light-activated glass ionomer and compomer cements. *J oral Rehabil*, 25:94-98, 1998.
8. Pradelle-Plasse N, Nechad S, Tavernier B, *et al.* : Effect of dentin adhesives on the enamel-dentin/composite interfacial microleakage. *Am J Dent*, 14:344-348, 2001.
9. Bouillaguest S, Gysi P, Wataha JC, *et al.* : Bond strength of composite to dentin using conventional, one-step, and self-etching adhesive systems. *J Dent*, 29:55-61, 2001.
10. Toledano M, Osorio R, de Leonardi G, *et al.* : Influence of self-etching primer on the resin adhesion to enamel and dentin. *Am J Dent*, 14:205-210, 2001.
11. Besnault C, Attal JP : Influence of a simulated oral environment on microleakage of two adhesive systems in Class II composite restorations. *J Dent*, 30:1-6, 2002.
12. Li H, Burrow MF, Tyas MJ : The effect of load cycling on the nanoleakage of dentin bonding systems. *Dent Mater*, 18:111-119, 2002.
13. Leinfelder KF : A conservative approach to placing posterior composite resin restorations. *J Am Dent Assoc*, 127:743-748, 1996.
14. 양계식, 김대엽, 이광희 등 : 차아염소산 나트륨의 사용이 복합레진 수복물의 미세누출에 미치는 영향. *대한소아치과학회지*, 30:54-60, 2003.
15. 조영근, 김영관, 안중모 : 상아질 접착제의 미세누출과 변연부 혼화층. *대한치과보존학회지*, 27:34-43, 2002.
16. Gallo JR, Burgess JO, Xu X : Effect of delayed application shear bond strength of four fifth-generation bonding systems. *Oper Dent*, 26:27-35, 2001.
17. Hanning M, Reinhardt KJ, Bott B : Composite-to-dentin bond strength, micromorphology of the bonded dentin interface and marginal adaptation of class II composite resin restorations using self-etching primers. *Oper Dent*, 26:157-165, 2001.
18. Chigara H, Yukitani W, Hasegawa T, *et al.* : Self-etching dentin primers containing phenyl-P. *J Dent Res*, 73:1088-1095, 1994.
19. Rosa BT, Perdigao J : Bond strengths of nonrinsing adhesives. *Quint Int*, 31:353-358, 2000.
20. Inoue S, Vargas MA, Abe Y, *et al.* : Micro-tensile bond strength of eleven contemporary adhesives to dentin. *J Adhesive Dent*, 3:237-245, 2001.
21. De Munk J, Van Meerbeek B, Inoue S, *et al.* : Micro-tensile bond strength of one- and two-step self-etch adhesives to bur-cut enamel and dentin. *Am J Dent*, 16:414-420, 2003.
22. Freeman G : Seventh-generation adhesive systems. *Dent Today*, 21:106-111, 2002.
23. Burgess JO, Walker RS, Porche CJ, *et al.* : Light curing-an update. *Compend Contin Educ Dent*, 23:889-892, 2002.
24. Fayyad MA, Shortall AC : Microleakage of dentine-bonded posterior composite restorations. *J Dent* 15:67-72, 1987.
25. Qvist V : Pulp reactions in human teeth to tooth colored filling materials. *Scand J Dent Res*, 83:54-66, 1975.
26. Jacobsen PH, Von Fraunhofer JA : Assessment of microleakage using a conductimetric technique. *J Dent Res*, 54:41-48, 1975.
27. Iwami Y, Yamamoto H, Ebisu S : A new electrical method for detecting marginal leakage of *in vitro* resin restorations. *J Dent*, 28:241-247, 2000.
28. Pradelle-Plasse N, Wenger F, Colon P : Effect of conditioners on dentin permeability using an impedance method. *J Dent*, 30:251-257, 2002.
29. Raskin A, D'Hoore W, Gonthier S, *et al.* : Reliability of *in vitro* microleakage tests: a literature review. *J Adhes Dent*, 3:295-308, 2001.
30. Alani AH, Toh GC : Detection of microleakage around dental restorations: a review. *Oper Dent*, 22:173-185, 1997.
31. R. Labella, P. Lambrechts : Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composites and filled adhesives. *Dent Mater*, 15:128-137, 1999.
32. Qvist V : Resin restorations leakage, bacteria, pulp. *Endod Dent Traumatol*, 9:127-152, 1993.
33. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, *et al.* : A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue : methods and results. *J Dent Res*, 84:118-32, 2005.
34. Eick JD, Gwinnett AJ, Pashley DH, *et al.* : Current concepts on adhesion to dentin. *Crit Rev Oral Biol Med*, 8:306-335, 1997.
35. 박창후, 최남기, 양규호 등 : 광중합기 종류에 따른 복합레진과 콤포머의 미세누출에 관한 연구. *대한소아치과학회지*, 33:438-446, 2006.
36. Brackett WW, Haisch LD, Pearce MG, *et al.* : Microleakage of Class V resin composite restorations placed with self-etching adhesives. *J Prosthet Dent*, 91:42-45, 2004.
37. Santini A, Ivanovic V, Ibbetson R, *et al.* : Influence

- of cavity configuration on microleakage around Class V restorations bonded with seven self-etching adhesives. *J Esthet Restor Dent*, 16:128-135, 2004.
38. 이상엽, 이광희, 김대업 등 : 7세대 결합제의 미세누출에 관한 연구. *대한소아치과학회지*, 33:422-428, 2006.
 39. Miyazaki M, Onose H, Moore BK : Effect of operator variability on dentin bond strength of two-step bonding systems. *Am J Dent*, 13:101-104, 2000.
 40. Tay FR, Gwinnett JA, Wei SHY : Micromorphological spectrum from overdrying to overwetting acid-conditioned dentin in water-free, acetone-based, single bottle primer/adhesives. *Dent Mater*, 12:236-244, 1996.
 41. Yoshiyama M, Urayama A, Kimochi T, *et al.* : Comparison of conventional vs. self-etching adhesives bonds to caries-affected dentin. *Oper Dent*, 25:163-169, 2000.
 42. Miyasaka K, Nakabayashi N : Combination of EDTA conditioner and phenyl-P/HEMA self-etching primer for bonding to dentin. *Dent Mater*, 15:153-157, 1999.
 43. Pontes DG, de Melo AT, Monnerat AF : Microleakage of new all-in-one adhesive systems on dentinal and enamel margins. *Quint Int*, 33:136-139, 2002.
 44. Theodosis N, Emad Al-Badawi, White GE : An in vitro evaluation of microleakage in class I preparations using 5th, 6th, 7th generation composite bonding agents. *J Pediatr Dent*, 29:323-328, 2005.
 45. Korasli D, Ziranman F, Ozyurt P, *et al.* : Microleakage of self-etch primer/adhesives in endodontically treated teeth. *J Am Dent Assoc*, 138:634-640, 2007.
 46. Deliperi S, Bardwell DN, Wegley C : Restoration interface microleakage using one total-etch and three self-etch adhesives. *Oper Dent*, 32:179-184, 2007.
 47. Pashley DH : The evolution of dentin bonding. *Dent Today*, 22:112-119, 2003.
 48. Fabianelli A, Kugel G, Ferrari M : Efficacy of self etching primers on sealing margins of class II restorations. *Am J Dent*, 16:37-41, 2003.
 49. Fritz UB, Finger WJ : Bonding efficiency of single bottle enamel/dentin adhesive. *Am J Dent*, 12:277-282, 1999.
 50. Yazici R, Baseren M, Dayangac B : The effect of current-generation bonding systems on microleakage of resin composite restorations. *Quint Int*, 33:763-769, 2002.
 51. Van Meerbeek B, Williens G, Celis JP, *et al.* : Assessment by nanoindentation of the hardness and elasticity of the dentin bonding area. *J Dent Res*, 72:1434-1442, 1993.
 52. Davidson CL, Feilzer AJ : Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. *J Dent*, 25:435-440, 1997.
 53. Loguercio AD, Reis A, Ballester RY : Polymerization shrinkage: effects of constraint and filling technique in composite restorations. *Dent Mater*, 20:236-43, 2004.
 54. Winkler MM, Katona TR, Paydar NH : Finite element stress analysis of three filling techniques for class V light cured composite restorations. *J Dent Res*, 75:1477-1483, 1996.
 55. Versluis A, Douglas WH, Cross M, *et al.* : Does an incremental filling technique reduce polymerization shrinkage stresses. *J Dent Res*, 75:871-878, 1996.
 56. 김효석, 이난영, 이상호 등 : 적층충전법이 복합레진의 중합수축에 미치는 영향. *대한소아치과학회지*, 32:481-490, 2005
 57. Ghavamnasiri M, Moosavi H, Tahvildarnejad N : Effect of centripetal and incremental methods in Class II composite resin restorations on gingival microleakage. *J Contemp Dent Pract*, 8:113-120, 2007.
 58. Irinoda Y, Matsumura Y, Kito H, *et al.* : Effect of sealant viscosity on the penetration of resin into etched human enamel. *Oper Dent*, 25:274-282, 2000.

Abstract

A STUDY ON THE MICROLEAKAGE OF DENTIN BONDING SYSTEMS

Jeong-Min Son, Nam-Ki Choi, Seon-Mi Kim, Kyu-Ho Yang, Ji-il Park*

*Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry,
Chonnam National University and Dental Research Institute and second stage of BK 21
Department of Dental Hygiene, Gwang Ju Health college*

The objective of this study was to compare the microleakage of five adhesive systems in the enamel and dentin of permanent teeth.

Class V cavity preparations with occlusal margins in enamel and gingival margins in dentin were prepared on both buccal and lingual surfaces of 25 extracted human molar teeth. The tested adhesives were: Adper Scotchbond Multi-purpose Plus Adhesive (SM), Adper Single bond 2 (SB), Clearfil SE Bond (SE), Adper Prompt L-Pop (PL) and G-Bond (GB).

The results were as follows:

1. At the enamel margins, PL showed the highest leakage value(0.85), and others showed values of SB(0.55), GB(0.50), SM(0.35) and SE(0.25) in decreasing order. There were statistically significant differences in PL vs. SM and PL vs. SE($p < 0.05$).
2. At the dentin margins, GB showed the highest leakage value(2.10), and others showed values of SE(1.45), PL(1.40), SB(1.05), SM(0.70) in decreasing order. There were statistically significant differences in GB vs. SB and GB vs. SM($p < 0.05$).
3. Dentin margins showed high dye penetration rate than enamel margins in all material tested groups and there were statistically significant differences for SE, PL and GB.

Key words : Dentin bonding system, Microleakage, Enamel, Dentin