

수중 상아질 접착제의 제 V급 와동에서의 미세 변연누출에 관한 비교연구

연세대학교 치과대학 치과보존학교실
강창성 · 박성호 · 이정석

Abstract

AN EXPERIMENTAL STUDY FOR THE EFFECT OF ALL-BOND 2, GLUMA, SCOTCHBOND MULTI-PURPOSE

Chang-Seong Kang, Seong-Ho Park, Chong-Suck Lee
Dept. of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Yonsei University

This study aimed to evaluate the marginal microleakage of Class V cavities of All-bond 2 (Wet-bonding system), Gluma (Adhesion of resin to exposed collagen fibers), and Scotchbond Multi-purpose (Mild Etching System).

Hundred extracted human teeth divided into a control and three experimental groups consisting of eight teeth.

The experimental group was further subdivided into All-bond 2, Gluma and Scotchbond MP groups, Vitrebond served as the control.

The positive control group consisted of specimens filled with resin and with no etching, primer and bonding procedure.

Polished specimens underwent temperature changed from 5°C to 55°C a thousand times.

After thermocycling, specimens were placed in 2% methylene blue dye solution for 24 hours in an incubator set at 37°C.

The teeth were sectioned buccolingually and the degree of dye penetration was observed with a stereomicroscopied (*20).

The following results were obtained.

1. Both the control and the experimental group showed a lower degree of dye penetration on enamel than on dentin margins ($p < 0.05$)
2. Gluma exhibited a statistically significant lower degree of dye penetration than All-bond 2 on enamel margins ($p < 0.05$)

Scotchbond MP also exhibited a lower degree of dye penetration than All-bone 2

but was no statistically significant.

Gluma and Scotchbond MP exhibited a similar degree of dye penetration.

3. The degree of dye penetration of All-bond 2, Gluma and Scotchbond MP showed no statistically significance on enamel margins but was significantly lower than in the control using Vitrebond.
4. All-bond 2 exhibited a statistically significant lower degree of dye penetration than Gluma on dentin margins. All-bond 2 and Scotchbond MP showed a similar degree of dye penetration.
5. The degree of dye penetration of All-bond 2, Gluma and Scotchbond MP showed no statistically significance on dentin margins. There was neither a statistical significance with the control.

Key words : Wet bonding, All-bond 2, Gluma, Scotchbond MP, Vitrebond.

I. 서 론

부단한 물성 연구에도 불구하고, 최근까지 치과 수복 재료중 물리적 혹은 화학적 결합의 형태로 법랑질과 상아질에 완전한 변연 접합성을 이루는 재료는 없었다.⁴⁰⁾ 치과 수복용 resin과 치질 사이의 불충분한 adhesion으로, resin과 치질 사이의 interface에서 saliva, salivary component, 그리고 bacteria에 대한 미세 변연 누출이 발생했으며, 이 미세한 틈에 의한 marginal staining, 수복재의 변연 파괴, 치아와 수복물의 interface에서 2차 우식증의 발생과, 처치후 민감성, 그리고 치수 병변이 초래 되었다.⁴⁹⁾

Buonocore¹¹⁾에 의해 최초로 도입된 개념인 orthophosphoric acid로 법랑질을 부식시킴으로써 법랑질에 대한 adhesion과 법랑질과 수복물 사이의 미세 변연 누출은 해결 되었으나 상아질 접착은 여러가지 면에서 법랑질 접착과는 다른 문제가 있다.

특히 상아질이 65%의 수산화 인회석, 20%의 collagen, 15%의 물로 이루어진데 반하여, 법랑질은 96%의 수산화 인회석, 4%의 collagen과 물로 이루어져 있다. 법랑질 접착은 인산을 사용함으로써 쉽고 안전한 미세한 기계적인 결합 구조를 얻을 수있다. 법랑질 결합

강도는 23 MPa정도로 나타나고, 법랑질 자체의 응집력과 비슷하다. 그러나 상아질 자체에서는 앞의 상황이 적용 되지 않는다. 상아질에 resin을 접착시키는 것은, 상아질이 낮은 표면에너지를 가지고 있고 친수성인 성질을 고려한다면 하나의 어려운 시도라 하겠다.

법랑질 부식의 성공에 힘입어 인산으로 상아질을 부식시키는 시도가 행해졌다. 그러나 resin과 부식된 상아질 사이에는 특기할만한 결합 강도의 증가를 얻지 못했다.⁵¹⁾ 또한 산을 직접 상아질에 도포한다는 것은 치수에 염증 반응을 유발 시킬수 있다는^{50,52)} 견해 때문에 기피되어왔다. 그러나 최근 치수의 염증 반응은 인산 때문이 아니라는 보고가 나오면서 산에 대한 치수 염증은 고려의 대상이 되지 않고 있고, 최근에는 치질과 수복물 사이의 interface로 bacteria가 침투하는 것이 치수염증의 주원인이 밝혀졌다.³²⁾ 그러나 법랑질을 부식시킬때 사용하는 높은 농도의 강산을 사용한 경우 상아세관의 직경을 넓힐뿐 아니라, bonding에 유용한 collagen fiber의 변성을 일으킴이 밝혀진 이후 mild 한 etchant로 상아질을 처리하여 collagen fiber의 변성이나 상아세관의 widening을 방지하게 되었다.

1972년 Wilson과 Kent⁵⁷⁾에 의하여 개발된 glass ionomer cement이 또하나의 심미성 재

료로 각광을 받고 있는데 이것은 법랑질, 상아질, 백아질 모두에 화학적 결합을 하며, 열팽창 계수가 치질과 유사하여 우수한 변연 접합성을 보이며²⁴⁾ 또한 치수에 대한 위해 작용이 낮고, 불소 이온을 유리하여 지속적인 항우식 작용이 있다고 평가, 보고하고 있다. 그러나 복합레진에 비하여 마모저항성, 압축 및 인장강도, 경도가 낮고 또한 자연 경화로 치명적인 수분오염의 가능성이 증가 하는등의 약점을 갖고 있다.^{54,55)} 1982년 Bowen은 ferric oxalate, NTG-GMA 및 PMDM 방식의 상아질 접착제를 개발하였고, Munksgaard와 Asmussen은 HEMA와 Glutaraldehyde⁴⁴⁾ 혼합물의 상아질 접착제에 대하여 연구하였다. 최근 Nakabayashi 등은 hybrid layer⁴⁵⁾를 그리고 Kanca 등은 wet bonding³¹⁾ 개념을 연구하여 각각 상품화하였다.

수복재료 선택시 가장 중요하게 고려되어야 하는 것은 변연 접합도이다. 수복재료가 치질과의 interface를 얼마나 잘 sealing할 수 있는가 하는 것은 이차 우식증이나 치수 병변에 대한 저항력을 의미한다 하겠다. 그러므로 재료 선택시 가장 중점을 두어야 할것은 interface로의 bacteria 침투에 대한 저항, 즉 변연 접합도라 하겠다. 최근 사용 되고 있는 상아질 접착제는 변연 접합성을 상당부분 개선 시켰으나, 미세 변연 누출은 여전히 문제로 남아있다. 이러한 문제는 변연부가 상아-백아 복합체로 이루어져 있다면 더욱 심각 하다.

이에 저자는 제 V급 와동에서 대표적으로 사용 되는 각기 다른 bonding mechanism의 재료를 선정하여, wet bonding system의 All-bond 2와 resin을 상아질의 교원섬유 기질에 심어주는 원리를 기본 개념으로 하는 Gluma,

그리고 Mild etching 개념의 Scotchbond multi-purpose 사이에서의 미세 변연 누출을 비교 연구 하여 얻은 결과를 보고 하는 바이다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험 대상

성별, 연령에 관계없이 치아 우식증, 파절 및 충전물이 없는 발거된 치아 100개를 선택 하여 생리적 식염수에 보관하였다가 본 실험에 사용하였다.

2. 실험 재료

실험 재료 및 제조 회사는 table 1과 같다.

3. 실험 방법

치아에 부착된 치석 및 연조직을 완전히 제거한 다음 pumice로 와동 형성 부위를 연마한 다음 각 치아의 협측 백아-법랑 경계 부위에 #557 고속용 bur와 #558 저속용 carbide bur로 길이 3.0 ± 0.5 mm, 깊이 2.0 ± 0.5 mm, 폭 4.0 ± 0.5 mm의 U-shape 와동을 형성하였다.

사용하는 재료에 따라 23개씩 3개의 실험군으로 분류했으며, 23개 치아는 vitrebond로 충전하여 대조군으로 사용했으며, 8개 치아는 positive control로 사용 하였다.

가. All-bond 2

형성된 와동면의 법랑질과 상아질에 All-Etch (10% H₃PO₄)를 15초간 적용시킨다.

이때 법랑질면은 문질러 준다. 철저히 세척한 다음, 1초동안 압축 공기로 건조시키고 Primer A와 Primer B를 혼합하여 법랑질과 상아질에 5회

Table 1. material

Adhesive	Restorative material	Manufacturer	치아갯수
All-bond2	AElitefil	Bisco	23
Gluma	Pekalux	Bayer Dental	23
Scotchbond MP	Z-100	3M	23
Vitrebond	-	3M	23
-	Z-100	3M	8

도포하고 압축 공기로 건조 시켰다. 유리처럼 반들반들 해지지 않았다면 반들 반들해질때 까지 다시 Primer를 도포한후 20초간 광중합한다.

Adhesive resin을 상아질과 법랑질 표면에 도포한후 20초간 광중합한다. AEItefil(Bisco) 복합 레진을 충전하고 제조회사의 지시대로 40초간 광중합 한후 Sof-Lex disc(3M Co.)로 연마하였다.

나. Gluma군

형성된 와동면의 법랑질에 etchant를 도포한후 20-30초간 세척해낸다.

cleanser를 면구에 묻혀 상아질에 도포한후 세척하고(60초), primer를 도포하여 30초간 방치후 압축공기로 표면을 건조시킨다.

sealer를 와동에 도포하고, 압축공기로 불어서 여분의 sealer를 제거한후 광중합 시킨다(20초).Pekalux(Bayer dental)복합 레진을 충전하고 제조회사의 지시대로 30초간 광중합 시킨다.연마는 Sof-Lex disc로 시행한다.

다. Scotchbond Multi-Purpose군

형성된 와동면의 법랑질과 상아질에 15초간 산부식을 시행하고 15초후에 물과 압축공기로 세척해낸다. 부식된 법랑질과 상아질에 Primer를 도포하고 압축 공기로 건조시킨다. Adhesive를 법랑질과 상아질에 도포하고 10초 동안 광중합을 시행 한다. Z-100(3M Co.) 복합 레진을 충전하고 제조회사의 지시대로 40초간 광중합 시킨다. 연마는 Sof-Lex disc로 시행한다.

라. 대조군 (Vitrebond군)

형성된 와동에 Vitrebond를 제조회사가 지시한 분말/ 액 비율 (1.4g/1.0g)에 따라 분말 1 spoon과 액 1 drop을 혼합하여 와동전체에 충전하고 30초간 광중합 한후 Sof-Lex disc (3M Co.)로 연마 한다.

마. positive control군

형성된 와동면에 부식이나 priming, Adhesive resin등을 처치 하지않고 Z-100 복합레진으로만 충전한후 40 초간 광중합시킨다. 그후 Sof-Lex disc로 연마를 시행한다.

연마가 끝난 시편은 24시간 생리적 식염수에

보관 하였다가 5°C와 55°C의 물에 번갈아 30초씩 1000회 온도 변화를 시행하고 수복 와동 주위 1.0 mm를 제외한 치아 전면에 Nail varnish를 2회 도포 하였다. 제작된 시편을 2% methylene blue 용액에 침윤 시켜서 37°C 항온기에 24 시간 보관한후 표면의 색소를 세척하고 수복물의 정중앙을 지나 협설측으로 치아장축에 평행하게 절단하여 절단면을 stereobinocular microscope를 이용하여 20배율로 색소 침투도를 관찰 하였으며 통계 분석은 Mann-Whitney analysis와 Kruskal-Wallis analysis를 사용하였다.

색소 침투도의 판정 기준은 다음과 같다.

- 0 : 색소 침투가 관찰되지않는 경우
- 1 : 색소침투가 와동 깊이의 1/3을 넘지 않는 경우
- 2 : 색소 침투가 와동깊이의 2/3을 넘지 않는 경우
- 3 : 색소 침투가 와동깊이의 2/3는 넘으나 cavity base를 침투 하지않는 경우.
- 4 : 색소 침투가 cavity base까지 일어난 경우

III. 실험 성적

미세 변연 누출도는 법랑질 변연과 상아-백아 변연에서 각각 따로 평가했다.(Table 2) All-Bond 2, Gluma, Scotchbond MP는 법랑질 변연에서 약간의 미세 누출만을 나타냈다. 이에 반해 대조군으로 사용한 Vitrebond는 높은 색소 침투도를 나타냈다.(Table 2) 이 data로 Mann-Whitney analysis를 시행한 결과, All-Bond 2가 Gluma에 비해 높은 색소 침투도를 보였으며(Table 3), Scotchbond MP 역시 All-Bond 2에 비해 낮은 색소 침투도를 보였으나, 통계학적 유의차는 없었다(Mann-Whitney analysis). All-Bond 2, Gluma, Scotchbond MP는 Vitrebond에 비해 낮은 색소 침투도를 보였다 (Mann-Whitney analysis, $P < 0.05$). 이 data로 Kruskal-Wallis analysis를 시행한 결과, All-Bond 2, Gluma, Scotchbond MP 사이에는 미세누출도에 있어서 차이를 보

Table 2. Dye penetration score

group	Enamel margin						
	score					sum	mean + S.D.(median)
	0	1	2	3	4		
All-bond2	12	8	1	1	1	17	0.739± 1.054(0.000)
Gluma	19	2	2			6	0.261± 0.6194(0.000)
Scotchbond MP	18	4	1			6	0.261± 0.541(0.0000)
Vitrebond		5	6	8	4	57	2.478± 1.039(3.000)

group	Dentin margin						
	score					sum	mean + S.D.(median)
	0	1	2	3	4		
All-bond2	3	10	5	5		58	2.522± 0.994(2.000)
Gluma	3	2	7	11		72	3.130± 1.0584(3.000)
Scotchbond MP	2	4	12	5		66	2.870± 3.000(0.869)
Vitrebond	1	2	16	4		69	3.000± 0.674(3.000)

Table 3. Comparison between groups at the enamel margin (Mann-Whitney analysis)

	P-value		P-value
All-bond 2	0.0395 *	All-Bond 2	0.0000 *
Gluma		Vitrebond	
All-bond 2	0.0596 -	Gluma	0.0000 *
Scotchbond MP		Vitrebond	
Gluma	0.7869 -	Scotchbond MP	0.0000 *
Scotchbond MP		Vitrebond	

- : No significance

* : Statistically significant at $P < 0.05$

Table 4. Comparison between groups at the dentinal margin (Mann-Whitney analysis)

	P-value		P-value
All-bond 2	0.0369 *	All-Bond 2	0.0518 -
Gluma		Vitrebond	
All-bond 2	0.1743 -	Gluma	0.2400 -
Scotchbond MP		Vitrebond	
Gluma	0.0518 -	Scotchbond MP	0.6421 -
Scotchbond MP		Vitrebond	

- : No significance

* : Statistically significant at $P < 0.05$

Table 5. Comparison of dye penetration among three groups

	EM	DM
All-bond 2		
Gluma	0.0561 -	0.0678 -
Scotchbond MP		

- : No significance

* : Statistically significant at $P < 0.05$

이지 않았다. (Table 5)

상아-백아 변연은 범랑질 변연에 비해 높은 색소 침투도를 보였으나 각재료간의 차이는 없었다 (Table 2). 이 data로 Mann-Whitney analysis를 시행한 결과 All-Bond 2는 Gluma에 비해 낮은 색소 침투도를 보였다 (Table 4). Vitrebond의 미세 변연 누출은 세종류의 상아질 접착제와 비슷한 결과를 보였다. 이 data로 Kruskal-Wallis analysis를 시행한 결과 All-Bond 2, Gluma, Scotchbond MP는 비슷한 정도의 색소 침투도를 보였다.

Positive control로 사용한 8개의 치아 모두에서 상아질 뿐 아니라 범랑질에서도 degree 4의 색소 침투를 보였다.

IV. 총괄 및 고찰

1955년 Buonocore¹¹⁾에 의해 소개된 산부식법으로 범랑질에서의 변연 누출 억제는 만족할만한 결과를 얻었지만 치경부의 범랑질은 얇고 prism구조가 불규칙하며²⁶⁾ 특히 상아/백아질은 범랑질과 유. 무기질 조성의 차이로 인하여 치은측 변연 누출이 만족스럽게 억제되지 않고 있는 실정이다. 이에 화학적으로 치질과 결합하는 방법에 대한 연구를 거듭하여 상아질 접착제를 개발 하였다. 1951년 Hagger에 의해 처음 소개된 초기의 상아질 접착제는 일차적으로 치질의 calcium과 레진의 phosphate group의 반응으로 collagen과의 수소 결합 가능성도 있었으나 수분의 영향으로 결합력이 급격히 감소되는 단점이 있었다.²⁵⁾ 그후 계속적인 상아질 접착제의 연구로 결합력의 개선을

보이고 있는데 제품마다 그 결합 기전에 있어서 차이를 보이고 있다.^{32,37)}

상아질 접착제의 결합 기전은 여러 가지가 있으며 그중 1980년 Nordenvall과 Brännstrom은 부식된 상아질의 상아세관내로 resin tag를 형성하는 기전을 제시했으며, 1982년 Bowen등은 미리 처리된 dentinal substrate에 precipitate를 형성하고 이것과 adhesive resin 사이의 화학적 혹은 기계적 결합기전을 제시했다. 그리고 1984년 Munksgaard와 Asmusen등은 레진과 치질의 organic components사이의 화학적 결합을 제시했으며, Nakabayashi등은 미리 처리한 dentinal substrate의 하부구조로 monomer가 침투해 들어 가서 그곳에서 중합이 일어나 소위 hybrid layer를 형성하는 기전을 제시했다.

결합력 증가를 위하여 도말층 제거에 대한 많은 논란이 있어 왔는데 이는 도말층이 수복물과 치질과의 미세 간격을 밀봉하여 줌으로써 자연적인 보호층 역할을 할수 있으며 레진 접착에 도움을 준다는 주장과 정상 상아질의 조성이나 구조와는 다른 오염층으로서 낮은 표면에너지를 갖고 있으며 실제 상아질과의 상호작용을 방해함으로써 레진의 접착을 방해한다는 주장이 맞서고 있기 때문이다.^{20,25)} 그러나 최근 개발되는 상아질 접착제는 도말층 제거를 기본 원칙으로하고 있어 대표적으로 도말층을 제거하지 않고 상아질 접착을 시도한 Scotchbond도 Scotchbond 2로 재개발 되어 도말층을 제거하고자 하였다.^{25,32,37)} 산부식법으로 도말층을 제거하게 되면 smear plug와 관주 상아질의 용해로 상아세관의 면적이 10-25% 증가하여 dentinal fluid의 계속적인 영향을 받게되어 상아질에 대한 부착성이나 소수성 재료인 레진의 침투에 의한 기계적 결합을 방해 한다.^{22,29)} 이에 Brännstrom¹¹⁾은 상아세관 입구의 smear plug는 제거하지 않고 표층의 도말층만을 제거 하는 것이 바람직하다고하여 0.1-0.2% EDTA 사용의 장점을 보고 하였다.¹⁰⁾

Glass ionomer cement(GIC)은 fluoroaluminosilicate glass분말과 polyacrylic acid액으로 구성 되어 혼합시 용액내 수소 이온에 의해

glass에서 Ca, Al, F와 같은 이온들을 유리시키고 표면에 silicious gel을 형성한다. 이때 빠져나온 금속이온중 초기 경화시에는 Ca^{+2} 에 의해, 후기 경화시에는 Al^{+3} 에 의해 polysalt기질을 형성한다.⁵⁵⁾ 치질과의 결합은 상아질과 법랑질에 있는 apatite와의 결합에 의해 이루어지며 상아질내에 25%가량 존재하는 교원섬유와의 결합은 무시할 정도이다. 초기 부착은 cement의 유리 카르복실기에 의해 수소 결합을 이루며 경화가 진행됨에 따라 cement이나 hydroxy apatite로 부터 유래된 양이온과의 이온 결합으로 대체된다.⁵⁷⁾ 일반적으로 GIC은 경화중 수분과 만나면 물성에 치명적인 손상을 받게되므로 충전재료의 경우 최소 24시간 후에 연마 하여야 하며 그동안 Varnish를 도포하여 수분과의 접촉을 억제 하여야 한다.^{43, 55)} 이에 경화시간을 단축시키려는 연구가 진행 되어 Ketac bond나 G. C. lining cement같은 이장용 재료의 경우는 최소 2분이 경화시 필요하다고 하였고 광중합형 이장제인 Vitrebond는 광중합 시간인 30초안에 경화가 일어나 초기 경화시 수분오염에 대한 GIC의 단점을 보완하였다.

본실험에 사용된 Gluma는 HEMA와 glutaraldehyde를 이용한 system으로써 dentin cleanser, dentin primer, dentin adhesive resin의 3부분으로 이루어져 있다.

Dentin cleanser는 EDTA용액이며 dentin primer는 HEMA와 glutaraldehyde로 구성되고 bonding resin은 Bis-GMA와 TEGDMA로 구성되어 있다. Gluma는 Asmussen과 Munks-gaard 에 의해 개발되었는데 ethylene diamine tetra acetic acid(EDTA)의 표면 처리로 smear layer를 제거한후 교원 섬유가 풍부한 표면을 노출시킨뒤 glutaraldehyde를 도포하여 N(hydroxy methyl) compound를 형성하며 교합 섬유의 amino 및 amino group과 결합하고 여기에 활성화 수소를 포함하고있는 HEMA(hydroxy ethyl methacrylate)가 결합하므로써 상아질 표면에서 이중결합을형성한다고 보고하였다.^{2, 3, 37)}

Scotchbond MP는 etchant, primer와 adhesive resin으로 구성되어 있으며 Etchant는 10

%의 maleic acid를 포함하고 primer는 13%의 polycarboxylic acid와 40%의 HEMA를 포함하며 adhesive는 Bis-GMA와 HEMA를 포함한다. Scotchbond MP의 자세한 기전은 밝혀지지 않았지만 maleic acid, HEMA등의 구성 성분으로 보아 maleic acid에 의하여 표면의 유기질이 제거된후 노출된 상아세관내로 친수성의 HEMA가 침투되어 유지력을 증가시키는 것으로 생각된다.¹⁾ 4세대로 분류되는 All-Bond 2 system 은 dentin conditioner와 primer, adhesive resin으로 구성되어 있으며 dentin conditioner는 10% phosphoric acid를 포함 하고 있으며 primer A는 NTG-GMA in acetone을 primer B는 BPDMA in acetone으로 구성 되어 있고 unfiller resin adhesive 는 hydrophilic monomer 인 HEMA를 가지고 있다. All-Bond 2 system은 primer성분에 들어있는 acetone이 water와 접촉시 vapor pressure를 야기 시키고 일부는 증기화 시키며 acetone은 water의 surface tension을 감소시켜 resin mixture가 water로 coating되어 있는 상아세관 안으로 침투 될수있게 하기때문에 상아세관이 완전히 건조 되지 않은 상황에서 강한 결합력을 보일수있다고 한다. SEM으로 관찰 한 결과 dentinal tubule안으로 들어가 있는 resin의 microtag이 다른 resin의 tag과는 달리 hollow를 형성하고 있는 경우가 있었는데 이는 primer가 resin의 inner wall로 침투해 들어간후 solvent가 증발되면서 monomer성분이 그곳에서 중합되었기 때문이다. 만약 혼합된 primer 가 dentin wall 에 부착되지않는다면 resin의 중합수축으로 인해 hollow가 형성되는 것이아니라, 상아세관 보다 작은 크기의 tag이 형성된다. 이것은 microtag에 대한 중요한 증거이며 이로써 primer/resin infiltrated layer가 형성된다. 이처럼 resin과 dentin이 서로 섞여 있는 영역을 Nakabayashi는 hybrid layer^{45, 46)}로 보고했다. 임상에서는 extra-primer 와 bonding resin을 도포하게 되고, 이로써 hollow space는 채워지게 된다. 또한 중합하는데 있어서 표면의 oxygen inhibition effect에도 불구하고 상당히 얇은 5 micron 정도의 두께에서도 중합이 되는 유

일한 제품이라고도 언급하고있다.^{6, 25, 30, 39)} 그리고 대부분의 conventional gel etchants는 silica를 사용하여 consistency를 유지 하고 있는데, 이 경우 산부식후 washing후에도 dentin surface에 찌꺼기를 남기게되어 상아질과의 결합력에 해를 준다.

하지만 All-Etch와 Uni-Etch는 semigel을 사용하여 표면의 debris를 없애 주어 훌륭한 wetting과 깨끗한 dentin surface가 가능해졌다.

All-bond 2 system은 wet bonding principle을 주장하고 있으며 상아질면을 축축하게 하는 방법으로는 짧은 시간동안(1-5초) 압축 공기로 건조시키거나 sponge를 이용하여 과량의 수분을 제거하거나, aspiration을 이용할 수도 있으며 혹은 통상적인 방법으로 상아질 표면을 철저히 건조시킨후 cavity cleanser(Bis-co)로 re-wetting시킬 수도 있다. 이렇게 상아질 표면을 수분으로 축축히 축임으로써 collapsed되어 있는 교원 섬유를 부풀려서 primer의 침투가 용이³¹⁾해져 'hybrid layer'의 형성이 가능해지는 것이다. All-Bond 2는 10% phosphoric acid로 치질구조에서 hydroxyapatite를 선택적으로 녹여 낸다. Primer는 상아 세관안으로 50-100 micron까지 침투해 들어가며 그후 축방으로 퍼져 peritubular dentin을 5-10 micron까지 파고 들어간다. All-Bond 2는 4-META 대신에 biphenyl dimethylmethacrylate(BPDM)을 사용한다. 산부식후 primer는 collagenous fiber의 사이사이 공간으로 파고들어가 Hybrid layer를 형성 한다.³⁰⁾ 이렇게 형성된 hybrid layer는 상당히 산에 강하여 염산으로 상아질과 법랑질을 모두 녹여낸뒤에도 여전히 남아 있게 된다. 이것은 치질과의 결합뿐 아니라 불소의 사용없이도 caries 에 저항할수 있는 능력을 부여한다.⁴⁵⁾

한편 결합강도와 변연 누출과의 관계에 있어 일반적으로 결합력이 강할경우 중합수축이나 온도 변화에 의한 수축을 견딜수 있을 것으로 생각 할수있는데 이를 위하여 상아질과 17 MPa이상의 결합력이 필요하다고 한다.¹³⁾ 그러나 Kanca³²⁾는 4 가지 상아질 접착제의 변연

누출도에 대한 연구에서 결합 강도와 변연 누출정도와는 미미한 상관 관계를 갖으며 Davidson¹⁸⁾ 등은 결합력 만이 변연 누출을 해결하는 방법이 아니라고 했다.

복합 레진의 중합 수축은 변연 누출에 가장 큰 영향을 미치는것으로 결합력이 약한 방향에서 강한 부위 쪽으로 일어나며 전체 체적의 2.0-3.0%^{17, 23, 40)} 정도이다. 복합 레진의 법랑질과의 결합력은 20-29MPa^{4, 13)} 정도의 범위를 가지고 있으며 상아질 접착제의 경우 Gluma는 9-11 MPa, Scotchbond MP는 17.3-24.7 MPa, 그리고 All-bond 2는 29.3 MPa정도를 나타내며 Vitrebond¹³⁾의 경우 5.41 MPa정도의 결합력을 갖는다 한다. 상아-백아 변연에서 Gluma는 All-bond 2에 비해 높은 색소 침투도를 보이고 있다(P<0.05). 또한 Gluma는 Scotchbond MP에 비해서도 높은 색소침투도를 보이고 있다 (P value=0.0518). Vitrebond는 All-bond 2에 비해 다소 높은 색소침투도를 보였다. 이는 All-bond 2, Scotchbond MP가 상아질에서 기계적 결합을 기본 결합기전으로 가지는데비해 Gluma나 Vitrebond의 경우 화학적 결합을 이용 하고 있으며 결합강도가 상대적으로 약한것에 그 이유가 있겠다.

미세 누출도에 영향을 주는 요인으로 온도 변화를 주는 방법이 사용되고 있는데 온도 차이와 변화를 주는 횟수에 따른 영향에 대해 연구 되었다. 이에 Nelson⁴⁷⁾ 등은 Crim¹⁴⁾ 등이 주장한 5℃와 60℃가 실제 구강내에서는 9℃와 52℃로 측정되어 43℃의 온도 차이만을 나타낸다고 보고 하였고 60℃이상에서는 교원 섬유의 변형을 야기⁵⁶⁾하므로 과도한 온도 변화는 임상적으로 의의가 적다고 볼수가 있다. 변연 누출도에서 온도 변화를 준 경우와 주지않은 경우 간에는 분명한 차이가 있으나 온도 변화를 준 횟수에는 차이가 없다는 보고가 있다¹⁴⁾. 하지만 이미 composite resin은 그러한 보고가 있었던 1984년에 비해 놀랄 만큼 발전 했으며 결합 기전 역시 다양하기 이를 데 없다. 따라서 Prismafil에 대한 100회와 1500회의 온도 변화 시행후 온도 변화의 횟수는 미세변연 누출에 영향을 주지 않는다는 결론을 오늘날에도 적용시키기

에는 무리가 따를 것 이다. 이번 실험에서 비교적 높은 수치의 색소 침투도를 보인 원인으로 온도 변화 횟수가 1000회 였다는 것도 하나의 요인 일수 있겠다.

이번 실험에서 Vitrebond를 사용한것은 익히 알려진 glass-ionomer의 변연 접합도를 상아질 접착제의 변연접합도와 비교해 보고싶었기 때문이며, Vitrebond를 Sandwich술식으로 처리 하지 않고 filling material로 처리한것은 sandwich술식의 base로 사용시 composite resin의 증합수축에 의해 vitrebond자체의 변연 누출도가 과장 되기 때문에 순수한 Vitrebond만의 변연 누출도를 보기 위함이었다.

이번 실험의 문제점은 생활 치수를 가지고 있지 않으므로 상아세관액의 운동에 의한 영향이 배제 되었다는 것³⁰⁾과 미세누출을 측정하는 방법으로 색소 침투법을 사용하였는데 이는 객관성이 부족 하고 정량 분석이 불가능 하다. 또한 색소 침투도를 관찰하기 위해 시편의 수직 절단을 시행 하게 되는데 절단면에서의 색소 침투도가 그 시편에서의 전반적인 침투 정도를 대표한다고 보기는 어렵다.²¹⁾

본 실험에서는 법랑질에서 All-bond 2가 Gluma 나 Scotchbond MP에 비해 다소 높은 색소침투도를 보였다. All-bond 2는 법랑질 처리에 10% phosphoric acid를 사용하는데 비해 Gluma 의 경우 37% phosphoric acid를 사용하고 있다는 차이가 있다. 따라서 All-bond 2와 gluma 사이에서 나타난 법랑질에서의 색소침투도 차이는 결국 10% phosphoric acid와 37% phosphoric acid 사이의 차이로 하겠다. 다시말해 10% phosphoric acid 는 37% phosphoric acid에 비해 충분한 정도의 micromechanical undercut을 형성해 내지 못하기 때문 인듯하다. All-bond 2는 Scotchbond MP에 비해서도 높은 색소 침투도가 나타났다. All-bond 2는 10% phosphoric acid 를 사용하고 있으며, Scotchbond MP는 10% maleic acid를 사용하고 있어 두system모두 산을 약화시켜 사용하고 있으나 둘 사이에는 뚜렷한 차이가 있다. 즉, All-bond 2의 경우에는 산 부식후 깨끗한 표면을 얻기 위해 silica성분을

빼내고 etchant를 semigel형태로 만들어 공급 하고 있다. 그러나 semigel type은 법랑질에도포시 한곳에 특정 시간 동안 유지 되지 못하고 주위로 퍼져 나가고 만다. 따라서 특정 부분에 적정농도의 산을 유지시킬 수가 없게된다. 이렇게 되어 충분한 산부식 효과를 거두지 못한듯 하다. 하지만 법랑질에서의 변연 누출정도는 상아질의 그것과 비교시 무시할 정도였으며 세종류의 상아질 접착제 모두는 대조군인 Vitrebond에 비해 통계학적 유의차를 보이는 정도의 낮은 변연 누출 정도를 보였다. 이는 상아질 접착제의 경우 법랑질에서의 결합은 미세기계적 결합에 의존하는데 비해, Vitrebond의 경우에는 glass ionomer의 polyacrylate와 치아 경조직에 있는 mineral사이의 molecular interaction에 의한 physiochemical bonding에 의해 치질과 결합하지만 이러한 chemical bonding은 구강내에서 쉽게 파괴되기때문 인듯하다.¹⁴⁾하지만 상아질 변연에서의 변연누출은 법랑질에서의 변연 누출에 비해 월등히 높게 나타났다. 결국 상아질 접착제는 법랑질과는 거의 완벽한 sealing을 이루었지만 아직까지 상아질과의 완전한 결합이라는 이상을 성취해내지 못했고 지금현재로는 어떠한 재료를 사용하든 상아질 변연에서의 미세 변연누출을 막아내지 못하고 있다. 상아질에서의 미세누출 억제요인에 대한 계속적인 연구가 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

상아/백아질 변연을 갖는 제V급 외동에서 변연 누출도를 평가 하기 위하여 All-Bond 2, Gluma , Scotchbond MP를 실험군으로 사용하고, Vitrebond를 대조군으로 사용하여 제조 회사의 지시에 따라 인위적으로 형성한 제V급 외동에 충전하였다. 각실험군은 23개의 치아로 구성했으며 복합 레진 하방을 adhesive resin 으로 처리하지 않은군을 positive control로 사용 하였으며 8 개의 치아로 구성 했다. 각군은 복합 레진 충전후 Sof-Lex disc로 연마를 시행했으며, 24 시간 동안 생리 식염수에 보관 하였다가 5°C와 55°C의 물에 번갈아 30초씩 1000회

온도 변화를 거친다음 methylene blue dye를 이용한 색소 침투법으로 변연 누출도를 관찰하여 다음의 결론을 얻었다.

1. 모두 법랑질 변연이 상아질변연에서 보다 낮은 색소 침투도를 보였다. ($P < 0.05$)
2. 법랑질 변연에서 All-Bond 2가 Gluma에 비해 다소 높은 색소 침투도를 보였으나 (Mann-Whitney analysis, $P < 0.05$), All-bond 2, Gluma, Scotchbond MP사이에는 비슷한 정도의 색소 침투도에 나타났으며 (Kruskal-Wallis analysis, $P > 0.05$), 대조군인 Vitrebond에 비하여 낮은 색소침투도를 보였다(Mann-Whitney analysis, $P < 0.05$).
3. 상아질 변연에서 All-Bond 2가 Gluma에 비해 낮은 색소침투도를 보였으나(Mann-Whitney analysis, $P < 0.05$), All-bond 2, Gluma 와 Scotchbond MP 사이에는 비슷한 정도의 색소 침투도가 나타났으며(Kruskal-Wallis analysis, $P > 0.05$) 대조군인 Vitrebond와도 비슷한 정도의 색소침투도를 보였다(Mann-Whitney analysis, $P > 0.05$).
4. 상아질 접촉계의 꾸준한 연구에도 불구하고 여전히 상아질 변연 누출은 개선 되지않고 있다.

참고 문헌

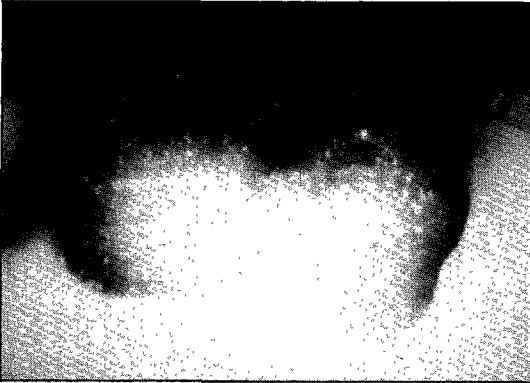
1. Aasen, S & Axman, J : Comparison of adhesion and microleakage for Scotchbond 2 and light cured Scotchbond., J. Dent. Res., 67 : 309 abstr # 1571, 1988.
2. Asmussen, E. & Munksgaard, E. C. : Formaldehyde as bonding between dentin and restorative resins., Scand. J. Dent. Res., 92 : 480-483, 1984.
3. Asmussen, E. & Munksgaard, E. C. : Bonding of restorative resins to dentin promoted by aqueous mixture of aldehyde band active monomers., Int. Dent. J., 35 : 160-165, 1985.
4. Barkmeier, W.W., Shaffer, S.E & Gwinnett, A. J. : Effect of 15 vs 60 second enamel acid conditioning and morphology., Oper. Dent., 11 : 111-116, 1986.
5. Ben-Amar, A., Liberman, R., Serebro, L. & Moses, P. : The effect of dentinal pre-treatment on microleakage in class V composite resin restorations with two dentinal adhesive systems., Quintessence Int., 20 : 903-905, 1989.
6. Bertolitti, R. L. : Total etch-The rational dentin bonding protocol., 3 : 1-6, 1991.
7. Brännstrom, M. : Smear layer : Pathological considerations., Oper. Dent. (Suppl), 3 : 13-29, 1984.
8. Brännstrom, M. : Communication between the oral environment and the dental pulp associated with restorative treatment., Oper. Dent., 9 : 57-68, 1984.
9. Brännstrom, M. : The cause of postoperative sensitivity and it's prevention., J. Endod., 12 : 475-481, 1986.
10. Brännstrom, M., Nordenvall, K.J. & Glantz, P.O. : The effect of EDTA containing surface active solutions on the morphology prepared dentin : an in vivo study., J. Dent. Res., 59 : 1127-1131, 1980
11. Buonocore, M. G. : Simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces., J. Dent. Res., 34 : 849, 1955
12. Carlo Prati & Gianni Monatanari : Comparative microleakage study between the sandwich & conventional three-increment techniques., Quintessence Int., 20 : 587-594, 1989.
13. Cooley, R.L. & Barkmeier, W. W. : Dentinal shear bonding strength, microleakage, and contraction gap of visible light-polymerized liners/bases., Quintessence Int., 22 : 467-474, 1991

14. Crim, G. A. & Garcia—Godoy, F. : Microleakage : the effect of storage and cycling duration., *J. Prosthet. Dent.*, 57 : 574—576, 1987.
15. Crim, G. A. & Mattingly, S. L. : Evaluation of two methods for assessing marginal leakage., *J. Prosthet. Dent.*, 45 : 160—163, 1981.
16. Croll, T. P. : Visible light cured glass—ionomer cement base/liner as an intrim restorative material., *Quintessence Int.*, 22 : 137—141, 1991.
17. Davidson, C. L. & De Gee, A. J. : Relaxation of contraction stresses by flow dental composites., *J. Dent. Res.*, 63 : 146—148, 1984.
18. Davidson, C.L. & Kemp—scholte, C.M : Short—comings of composite resin in class V restorations., *J. Esthet. Dent.*, 1 : 1—4, 1989.
19. Donly, K. J., Dowell, A., Anixiadas, C. & Croll, T. P : Relationship among visible light source, composite resin polymerization shrinkage and hygroscopic expansion., *Quintessence Int.*, 21 : 883—886, 1990.
20. Emanuel, R. & Broome, MAJ. J. C. : Surface energy of chemomechanically prepared dentin., *Quintessence Int.*, 19 : 369—372, 1988.
21. Finger, W. J. & Ohsawa, M. : Effects of bonding agent on gap formation in dentin cavities., *Oper. Dent.*, 12 : 1000—104, 1987.
22. Garberglio, R. & Branstrom, M. : Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules., *Arch. Oral Biol.*, 21 : 355—362, 1976.
23. Goldman, M. : Polymerization shrinkage of resin based restorative materials., *Aust. Dent. J.*, 28 : 156—161, 1983.
24. Gordon, M., Wasserstein, A., Gorfil, C. & Imber, S. : Microleakage in three designs of glass—ionomer under composite resin restorations., *J. Oral Rehabil.*, 18 : 149—154, 1991.
25. Gwinnett, A.J. : Dentin Bonding system : The latest generation., *J. Esthet. Dent.*, 1 : 5—9, 1989.
26. Gwinnett, A. J. : The ultrastructure of prismless enamel of permanent human teeth., *Arch. Oral Biol.*, 12 : 381—389, 1967.
27. Hinoura, K., Onose, H., Moore, B. K. & Phillips, R. W. : Effect of the bonding agent on the bonding strength between glass ionomer cement and composite resin., *Quintessence Int.*, 20 : 31—35, 1989.
28. Holtan, J. R. : Nystrom, G. P. & Phelps II, R. A. : Microleakage on marginal placement of glass—ionomer liner., *Quintessence Int.*, 21 : 117—122, 1990.
29. Johnson, G. & Branstrom, M. : The sensitivity of dentin : changes in relation to condition at exposed tubule apertures., *Acta Odont. Scand.*, 32 : 29—38, 1974.
30. Kanca III, J. : Dental adhesion on the all bond system., *J. Esthet. Dent.*, 3 : 129—132, 1991.
31. Kanca III, J. : Resin bonding to wet substrate. I. Bonding to dentin., *Quintessence Int.*, 23 : 39—41, 1992.
32. Kanca III, J. : Effect of dentin drying on bond strength., *J. Dent. Res (Special issue)* 70 : 394 (Abstr no 1029) 1991.
33. Kanca III, J. : The effect on microleakage of dentin enamel bonding system., *Quintessence Int.*, 20 : 359—349, 1989.
34. Kanca III, J. : An alternative hypothesis to the cause of pulpal immation in teeth treated with phosphoric acid on the dentin., *Quintessence Int* 21 : 83—86, 1990.
35. Kemp—Scholte, C. M. & Davidson, C. L. : Overhanging of class V composite resin

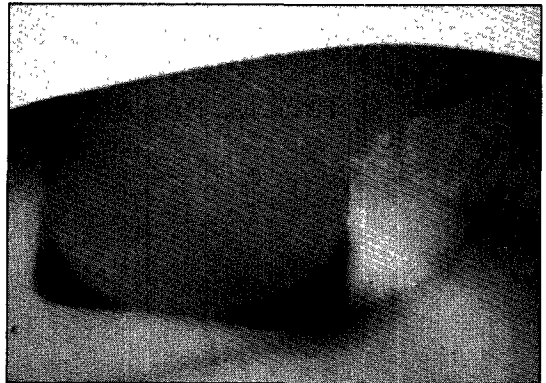
- restorations from hygroscopic expansion., *Quintessence Int.*, 20 : 551–553, 1989.
36. Koeingsberg, S., Fuks, A & Grajower, R. : The effect of three filling techniques on marginal leakage around class II composite resin restoration in vivo., 1989.
 37. Krejci, I., Lutz, F. & Loher, C. E. : Quantitative in vivo evaluation of four restorative concepts for mixed class V restorations., *Quintessence Int.*, 2 : 455–465, 1991.
 38. Kubbo, S. et al. : Principles and mechanisms of bonding dentin adhesive materials., *J. Esthet. Dent.*, 3 : 62–69, 1991.
 39. Leinfelder, K. F. : Current developments in dentin bonding systems : Major progress found in today's products., *J. Amer. Dent. Assoc.*, 124 : 40–42, 1993.
 40. Lukomsky, E. H. : Fluoride therapy for exposed dentin and alveolar atrophy., *J. Dent. Res.*, 20 : 649, 1941
 41. Lutz, F., Krejci, I. & Oldenburg, T. R. : Elimination of polymerization stress at the margins of posterior composite resin restorations : a new restorative technique., *Quintessence Int.*, 17 : 777–784, 1986.
 42. McCourt, J. W., Cooley, R. L. & Huddleston, A. M. : Fluoride release from fluoride-containing liners/bases., *Quintessence Int.*, 21 : 41–45, 1990.
 43. Mclean, J. W., Powis, D. R., Prosser, H. J. & Wilson, A. D. : The use of glass-ionomer cements in bonding composite resins to dentin., *Brit. Dent. J.*, 158 : 410–414, 1985.
 44. Mount, G. A. : Esthetics with glass-ionomer cements and the 'sandwich' technique., *Quintessence Int.*, 21 : 93–101, 1990.
 45. Munksgaard, E. C. & Asmussen, E. : Dentin polymer bonding promoted by Gluma and various resins., *J. Dent. Res.*, 64 : 1409–1411, 1985.
 46. Nakabayashi, N., Kojima, K., Masuhara, E. : The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrate., *J. Biomed. Mat. Res.*, 16 : 265–273, 1982.
 47. Nakabayashi, N. : Hybrid layer as a dentin bonding mechanism., *J. Esthet. Dent.*, 3 : 133–138, 1991.
 48. Nelson, R. L., Wolcott, R. B. & Paffenbarger, G. C. : Fluid exchange at the margins of dental restorations., *J. Amer. Dent. Assoc.*, 44 : 188–295, 1952.
 49. Peutzfeldt, A. & Asmussen, E. : Bonding and gap formation of glass ionomer cement used in conjunction with composite resin., *Acta Odontol. Scand.*, 47 : 141–148, 1989.
 50. Philips, R. W. : New concepts in materials and for restorative dentistry., *J. Amer. Dent. Assoc.*, 70 : 652–661, 1965.
 51. Retief, D. H., Austin, J. C., Fatti, L. P. : pulpal response to phosphoric acid., *J. Oral Pathol.*, 3 : 114–122, 1974.
 52. Rider, M., Tanner, A. M., Kenney, B. : Investigation of adhesive properties of dental composite materials using an improved tensile test procedure and scanning electron microscopy., *J. Dent. Res.*, 56 : 368–378, 1978.
 53. Stanley H. R., Going, R. E., Chanuncey, H. H. : Human pulpal response to acidic pretreatment of dentin and to composite restoration., *J. Amer. Dent. Assoc.*, 91 : 817–825, 1975.
 54. Smith, G. E. : Surface deterioration of glass-ionomer cements during acid etching : an SEM evaluation., *Oper. Dent.*, 13 : 3–7, 1988.
 55. Swartz, M. L. : Research in dental materials., *J. Amer. Dent. Assoc.*, 79 : 901–917, 1969.
 56. Swift, E. J. : An update on glass-ionomer

- cements., Quintessence. int., 19 : 125-130, 1988.
57. Wei, S. H. Y. & Barkmeaie, W. W. : Conference report : International symposium an adhesives in dentistry., J. Dent. Res., 15 : 53-60, 1990.
58. Wilson, A. D. & Mclean, J. W. : Glass-Ionomer Cement ., Quintessence Pub Co. Inc., 1988.
59. Zyskind , D., Trenkel,A., Fuks, A. & Hirschfeld, Z. : Marginal leakage around V-shaped cavities restored with glass-ionomer cements : An in vitro study.,Quintessence Int., 22 : 41-45, 1991.
60. 박성호,이정석,박동수,이찬영, 이승중 : 상아질 접착제의 사용에 의한 광중합형 복합 레진의 변연 접합도에 관한 실험적 연구, 대한치과보존학회지, 15(1) : 141-152, 1990. 61.

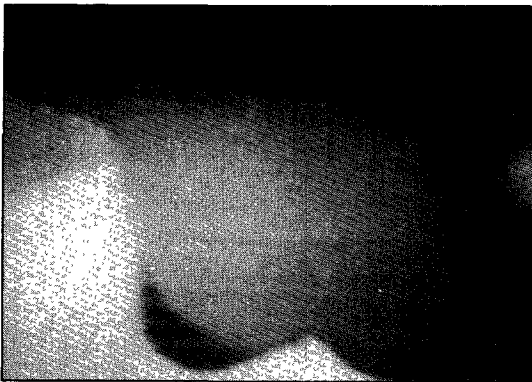
논문 사진부도



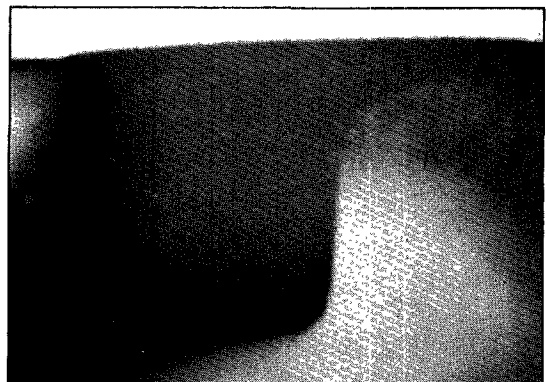
〈Vitrebond의 dye penetration〉



〈Scotchbond MP의 dye penetration〉



〈All-bond 2의 dye penetration〉



〈Gluma의 dye penetration〉