

상아질 접착제의 상아세관 밀봉지속효과에 관한 연구

연세대학교 치과대학 보존학교실

김의성 · 박동수

Abstract

A STUDY OF THE DURABILITY OF DENTINAL TUBULE SEALING EFFECTS OF DENTIN BONDING AGENTS

Eui-Seong Kim D. D. S., Dong-Soo Park, D. D. S., M. S. D., Ph. D.

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

The purpose of this study was to observe the sealing ability and durability of All-Bond 2, Gluma Bonding System, Scotchbond 2 and Superbond D-liner which are dentin bonding agents used as desensitizing agents.

The durability of the sealing ability of the materials were compared after 0, 140, 420, 840 tooth brushing strokes. 120 extracted teeth were divided into 5 groups and the agents were applied to the exposed dentin. No agents was applied on group I, the control group. Each specimen went through thermocycling from 5° to 55°C, 200 times. Each group was divide into 4 subgroups and artificial tooth brushing strokes were done for 0, 140, 420, 840 times. Finally the specimens were stored in 0.5% methylene blue solution for 24 hours in a incubator set at 37°C. The tooth were sectioned perpendicular to the long axis and the dye penetration ratio to the pulp was measured.

The following results were obtained.

1. All four dentin bonding agents initially showed excellent sealing ability.
2. All-bond 2, Gluma Bonding System and Superbond D-liner showed durability of dentinal tubule sealing effect after 840 strokes(6-week) artificial tooth brushing.
3. Scotchbond 2 showed a significant decrease in sealing ability after 420 strokes(3-week) artificial tooth brushing. ($P < 0.05$)

Key Words : Dentin bonding agent, Durability of dentinal tubule sealing effect

I. 서 론

치아의 지각과민 증상은 주로 마모, 교모, 부식, 치은 퇴축등의 결과로 치관부, 치경부 및 치근부가 노출되어 외부 자극요소인 온도적, 기계적, 화학적 자극이 가해질때 나타난다고 한다. 이러한 지각반응은 기전이나 치료방법에 대해 모두가 동의하는 정설이 지금까지 존재하지 않아 임상치료에 있어서 어려운 문제로 남아있다. 일반 성인에 있어서 지각과민 반응의 발현 빈도는 학자에 따라 매우 다양하게 보고되고 있는데 이렇게 다양한 발현빈도를 보이는 이유는 진단의 어려움과 진단 기준이 다소 상이하기 때문이다. 연령별로는 20대에서 40대에 주로 나타나며 20대 후반에서 가장 많이 나타난다고 하며 여성이 남성보다 다소 빈발하는 경향을 보이며 영구치의 협착 치경부에서 가장 호발하며 견치와 소구치의 경우가 다소 높다.

이런 동통반응은 동통의 역치, 환경요소, 감정상태, 그리고 이전의 동통경험등에 따라 다양해질 수 있으며 지각 과민 반응의 기전으로 초기에는 상아세관내 신경섬유가 존재하여 자극이 가해질 때 신경전달 체계가 자극을 받아 환자가 동통을 느끼게 된다⁴⁵⁾고 하였고 Avery등⁴⁾에 의하면 조상아 세포가 상아질내에서 신경전달의 수용체로 작용하여 인접 치수 신경으로 자극을 전달하게 되어 동통을 느낀다고 하였다. 최근에는 Hydrodynamic theory가 널리 인정을 받고 있는데 이는 Gysi²¹⁾가 1900년 상아질 지각과민을 수력학의 개념으로 보고한 이래 1970년 대들어 Seltzer⁴⁶⁾가 상아세관내 상아질액의 이동을 보고하였고 이어 Brännström이 지각과민 반응은 상아세관내 상아질액의 이동으로 치수내 신경섬유에 자극을 가해 일어난다는 이 이론을 발표하게 되었다. 이후에도 계속 이 학설을 뒷받침하는 여러 보고가 발표되었으며 최근에는 Pashly⁴⁰⁾의 발표로 Hydrodynamic theory가 타당한 학설로 받아들여 지고 있다. 따라서 지각과민 치아의 치료는 유체이동을 제한하기 위하여 상아세관의 기능적 직경을 감소시키려는 방향으로 집중되었으며 이러한 목적으로 사용된 약제로는 Hoyt와 Bibby²⁴⁾가 sodium fluoride를 사용하여 효과를 본 이래 Ross⁴³⁾는 strontium chloride solution으로 70%의 효과를 보았다고 발표했고 Schaeffer⁴⁴⁾는 전기 영동법을, Greenhill과 Pashley²⁰⁾는 potas-

sium oxalate를 사용하여 지각과민 억제효과를 보고한 바 있다.

Resin제에 의한 상아세관의 밀봉효과는 Brännström등⁷⁾이 보고한 이후 Pashley등³⁹⁾이 ferric oxalate로 처치후 NTG-GMA와 PMDM을 이용해 dentin의 permeability를 지속적으로 감소시킬 수 있음을 보고하였고 Jensen and Doering²⁶⁾은 light curing bonding agent가 최소한 6개월정도의 desensitization 효과를 보인 반면 NaF와 SrCl₂를 이용한 치료는 덜 효과적이라고 하였다. 그 후 계속하여 새로 개발되는 상아질 접착제들이 더욱 결합강도를 높여 그 만큼 지각과민 치아의 치료에 우수한 지각과민 억제효과를 보고 하고 있다. 한편 국내에서는 권과 박⁵³⁾이 여러 가지 상아질 접착제를 사용후 mechanical stress를 가한 후 SEM을 이용한 연구에서 상아세관 밀봉효과를 보고하고 있으나 아직까지도 지각과민 치아에 있어 상아질 접착제를 이용한 연구는 부족한 실정이다.

본 실험의 목적은 첫째 새로운 상아질 접착제로서 상아질 지각과민 치료약제로 사용되고 있는 All-bond 2, Gluma Bonding System, Scotchbond 2, Superbond D-liner의 상아세관 밀봉효과를 관찰하고, 둘째 0, 140, 420, 840회의 치솔질을 시행하여 각 재료 간에 있어 상아세관 밀봉지속효과를 관찰 비교하는데 있다.

II. 연구재료 및 방법

가. 연구 재료

실험에 사용한 치아는 치아우식이나 기타의 손상이 없는 대구치, 소구치 120개를 사용하였으며 발치된 치아는 실험에 사용될 때 까지 생리식염수에 보관하였다. 사용된 상아질 접착제는 제 3세대라고 분류되는 All-bond 2 (Bisco Dental Product, USA), Gluma Bonding System (Bayer AG, Germany), Scotchbond 2 (3M Dental Products Division, USA) 와 4-META/MMA TBB system인 Superbond D-liner (Sun-Medical Co, Japan)를 사용하였다. 또한 표면을 건조시키는데 쓰인 압축 공기는 Clean warmer (대광, 한국)를 사용하였다.

나. 연구 방법

1. 시편제작

치아에 부착되어 있는 연조직 및 치석을 물리적으로 제거한 후 orthocryl resin (Dentaurum, Germany)에 치아의 협면 혹은 설면이 수평면에 평행이 되게 위로 나오도록 매몰하고 위로 나온면을 2mm 정도 삭제하여 상아질이 노출되도록 하여 생리식염수에 보관하였다.

2. 상아질 접착제의 도포

형성된 치아시편을 다음과 같이 각군당 24개씩 5개의 군으로 나누었다.

Group I : 상아질 접착제를 도포하지 않은 군 (대조군)

Group II : All-bond 2를 도포한 군

Group III : Gluma Bonding System을 도포한 군

Group IV : Scotchbond 2를 도포한 군

Group V : Superbond D-liner를 도포한 군

(가) Group I (대조군) : 상아질 접착제를 도포하지 않은 군

노출된 상아질 면에 도말층을 제거 하기 위하여 16% EDTA를 도포 후 세척한다.

(나) Group II : All-bond 2를 도포한 군

(1) All-Etch를 상아질 표면에 15초간 도포한 후 30초간 물로 세척한다음 면구로 표면의 과도한 수분을 제거한다.

(2) All-bond 2 primer A와 B를 혼합한 후 상아질 표면에 5회 도포한 후 20초간 광중합한다.

(3) All-bond 2 adhesive를 상아질 표면에 도포한 후 20초간 광중합한다.

(다) Group III : Gluma Bonding System을 도포한 군

(1) Gluma cleanser를 면구에 묻혀 상아질면에 30초간 도포한후 60초간 물로 세척한후 압축공기로 표면을 건조시킨다.

(2) Gluma primer를 도포하여 30초간 방치후 압축공기로 건조시키고 sealer를 도포하고20초간 광중합시킨다.

(라) Group IV : Scotchbond 2를 도포한 군

(1) Scotchbond 2 primer (Scotchprep)를 40초간 도포후 압축공기로 표면을 건조시킨다.

(2) Scotchbond 2 adhesive를 상아질 표면에 도포한후 20초간 광중합한다.

(마) Group V : Superbond D-liner를 도포한 군

(1) Surface treatment agent를 상아질 표면에 30초간 위치후 물로 씻어낸다.

(2) Primer를 도포후 압축공기로 건조시킨다.

(3) 16°C - 22°C의 dappen dish에 liquid 2방울과 catalyst 1방울을 혼합하여 상아질 표면에 도포후 압축공기로 살짝 분다.

(5) Bis-GMA계통의 bonding agent인 All-bond 2 adhesive를 도포후 20초간 광중 합한다.

3. 마모 실험

모든 시편은 3일간 생리식염수에 보관후 5°C와 55°C의 물속에 번갈아 30초씩 200회의 온도변화를 시행한 후 각 군을 4개의 소집단으로 나누어 각각 0, 140, 420, 840회의 치솔질을 K236 마모시험기에서 치솔질을 시행하였다. 이때 치솔질 횟수는 하루에 2회씩 1회에 치아당 10회의 치솔질로 가정⁵⁴⁾하여 하루 20회씩으로 계산하면 각각 치솔질 안한것과 1주, 3주, 6주간의 치솔질 횟수에 해당된다. K236 마모시험기의 압력은 1cm²당 200g의 하중⁵⁴⁾이 가해지도록 하였으며 치솔의 운동거리는 5cm, 치솔질 속도는 분당 200회의 속도로 시행하였고 치솔질 동안 표면에는 생리식염수가 계속 공급되도록 하였으며 치솔은 777(력키, 한국)을 사용하였고 12주마다 새것으로 교환하였다.

4. 색소 침투

치솔질이 끝난후 상아질에 2mm×3mm의 window를 제외한 시편의 전면에 3회의 nail varnish를 도포하였다. 제작된 시편을 0.5% methylene blue 용액에 침윤시켜서 37°C 항온기에 24시간 보관한 후 6시간 동안 흐르는 물에서 표면의 색소를 세척하고 window의 정중앙을 지나고 치아의 장축에 수직이 되도록 시편을 절단하여 절단면을 관찰하였다. Window에서 부터 치수에 이르는 최단거리를 버어니어 캘리퍼스로 측정하고 window중앙과 중앙으로 부터 좌우측 각각 1mm 떨어진 부위에서 색소가 침투된 거리를 측정하여 3가지 값의 평균값을 갖고서 치수까지의 거리에 대한 비율을 계산하였다. 예를 들어 색소가 치수까지 도달한 경우는 1.000으로 하고 색소가 치수까지 거리의 반만큼 도달한 경우는 0.500으로 하였다.

5. 통계 분석

치솔질 기간에 따른 색소침투비율과 상아질 접착

제들에 따른 색소침투비율의 차이를 보기 위해 Kruskal-Wallis test를 시행하였고, 각각의 집단간 비교를 위해서는 Mann-Whitney U test를 시행하였다. 참고적으로 치솔질 기간에 따른 색소침투비율에 있어서 각 치솔질 기간에 따라 독립적인 치아시편을 관찰하였기 때문에 Kruskal-Wallis test를 시행하였다.

III. 연구 성적

총 120개의 시편중 실험도중에 망실된 8개를 제외한 112개의 시편으로 분석하였다. 치솔질 횟수와 상아질 접착제에 따른 색소침투율과 치솔질 횟수간과 재료간의 P value가 Table 1에 나타나 있다.

Table 1에 의하면 실험에 사용된 4가지 상아질

접착제 모두 0회에서 840회(6주) 동안의 치솔질 횟수에는 상아세관 밀봉효과에 있어 통계적 유의차가 없었다. 각 치솔질 횟수에 따라서는 140회(1주)에 각 재료간에 유의차가 있음($p < 0.1$)을 보이고 있다.

각각의 치솔질 횟수에 있어서 각 재료간의 색소침투율이 Table 2에서 Table 5까지에 나타나있다. Table 2에서 나타나듯 치솔질을 하지 않은 경우, 4가지 재료 모두 상아질 접착제를 도포하지 않은 군보다 유의차($p < 0.05$)있는 상아세관 밀봉효과를 나타내었다. Scotchbond 2는 140회의 치솔질 부터 이미 Gluma($p < 0.05$)와 Superbond D-liner($p < 0.1$)보다 유의차있게 낮은 상아세관 밀봉효과를 나타내고 있으며 (Table 3) 420회에는 All-bond 2보다 상아세관 밀봉효과가 유의차있게 감소하여($p < 0.05$, Ta-

Table 1 : A comparison of the effect of the tooth brushing strokes and four dentin bonding agents on dye penetration ratio

Dentin Bonding Agents	치솔질 횟수(기간)				A
	0회	140회 (1주)	420회 (3주)	840회 (6주)	
Group I (control)	1.000(6) ^a 0.384	1.000(6) 0.000	1.000(5) 0.000	1.000(6) 0.499	0.588
Group II (All-bond 2)	1.000(6) 0.000	1.000(5) 0.667	1.000(6) 0.000	1.000(6) 1.000	0.236
Group III (Gluma)	0.000(5) 0.000	0.000(6) 0.000	0.000(6) 1.000	0.000(5) 1.000	0.187
Group IV (Scotchbond 2)	0.000(4) 0.000	0.310(6) 0.923	1.000(6) 1.000	1.000(5) 1.000	0.108
Group V (Superbond D-liner)	0.000(5) 0.000	0.000(6) 0.000	0.000(6) 1.000	0.176(6) 1.000	0.118
B	1.000	0.079*	0.102	0.704	

Statistical Analysis : Kruskal-Wallis test

* : statistically significant difference, $P < 0.1$

A : 2-tailed p-value among the brushing period groups

B : 2-tailed p-value among the material groups(Control 제외)

a : median(n)

range

Table 2 : A comparison of dye penetration ratio of four dentin bonding agents in non tooth brushing groups

	Group I (control)	Group II (All-bond 2)	Group III (Gluma)	Group IV (Scotchbond 2)	Group V (Superbond D-liner)
Group I (control)					
Group II All-bond 2	0.001*				
Group III (Gluma)	0.002*	1.000			
Group IV (Scotchbond 2)	0.004*	1.000	1.000		
Group V (Superbond D-liner)	0.002*	1.000	1.000	1.000	

Statistical Analysis : Mann-Whitney U test

* : statistically significant difference, $P < 0.05$

Table 3 : A comparison of dye penetration ratio of four dentin bonding agents in 140-stroke (1-week) tooth brushing groups

	Group I (control)	Group II (All-bond 2)	Group III (Gluma)	Group IV (Scotchbond 2)	Group V (Superbond D-liner)
Group I (control)					
Group II (All-bond 2)	0.002*				
Group III (Gluma)	0.001*	0.273			
Group IV (Scotchbond 2)	0.002*	0.290	0.058**		
Group V (Superbond D-liner)	0.001*	0.272	1.000	0.059**	

Statistical Analysis : Mann-Whitney U test

* : statistically significant difference, $P < 0.05$

** : statistically significant difference, $P < 0.1$

ble 4) 상아질 접착제를 하지 않은 대조군과 별차이를 나타내지 않았다. (Table 4, 5)

또한 각 재료에 있어서 치술질을 하지 않은 군과 각각의 치술질 회수에 따른 색소침투율의 비교를 Table 6에 나타냈다. Table 6에 의하면 All-bond 2와

Gluma, 그리고 Superbond D-liner는 840회동안 계속 상아세관 밀봉효과가 지속됨을 확인할 수 있으며 Scotchbond 2는 420회와 840회에서 0회와 비교할 때 상아세관 밀봉효과가 유의차($p < 0.05$) 있게 감소하였다.

Table 4 : A comparison of dye penetration ratio of four dentin bonding agents in 420-stroke (3-week) tooth brushing groups

	Group I (control)	Group II (All-bond 2)	Group III (Gluma)	Group IV (Scotchbond 2)	Group V (Superbond D-liner)
Group I (control)					
Group II (All-bond 2)	0.002*				
Group III (Gluma)	0.011*	0.140			
Group IV (Scotchbond 2)	0.174	0.019*	0.154		
Group V (Superbond D-liner)	0.029*	0.138	0.847	0.269	

Statistical Analysis : Mann-Whitney U test

* : statistically significant difference, $P < 0.05$

Table 5 : A comparison of dye penetration ratio of four dentin bonding agents in 840-stroke (6-week) tooth brushing groups

	Group I (control)	Group II (All-bond 2)	Group III (Gluma)	Group IV (Scotchbond 2)	Group V (Superbond D-liner)
Group I (control)					
Group II (All-bond 2)	0.011*				
Group III (Gluma)	0.087*	0.669			
Group IV (Scotchbond 2)	0.294	0.260	0.549		
Group V (Superbond D-liner)	0.047	0.471	0.919	0.545	

Statistical Analysis : Mann-Whitney U test

* : statistically significant difference, $P < 0.05$

** : statistically significant difference, $P < 0.1$

IV. 총괄 및 고찰

상아질 지각과민 현상은 인류가 오래전 부터 겪어오던 심각한 문제중에 하나로 아직도 그 기전과 치료가 명백해지지 않고있는 분야이다. 이러한 상아질 지각과민 반응의 정의는 학자마다 다른데

Brough등¹³⁾은 “마모, 교모, 부식, 변연누출, 우식증과 같은 외부적인 자극요소에 의해 구강내 노출된 상아질에 자극이 가해질 때 일어나는 과민 반응”으로 정의하였다. 이러한 지각과민 반응을 야기하는 자극으로는 Johnson²⁸⁾과 Naylor³⁶⁾는 온도적 변화를 들었고 Klepac³¹⁾은 전기적 자극을 Tronstad⁴⁹⁾는 기

Table 6 : A comparison of dye penetration ratio between non tooth brushing groups and each tooth brushing groups

	Group I (control)	Group II (All-bond 2)	Group III (Gluma)	Group IV (Scotchbond 2)	Group V (Superbond D-liner)
0회와 140회	0.317	0.273	1.000	0.116	1.000
0회와 420회	0.361	1.000	0.176	0.046*	0.174
0회와 840회	0.902	0.139	0.134	0.007*	0.080

Statistical Analysis : Mann-Whitney U test

* : statistically significant difference, $P < 0.05$

계적 자극을 원인으로 들었고 Bender⁶⁾는 치석제거 술후의 동통을 보고하였다. 이러한 자극원들에 의한 동통야기 기전에 관해서는 처음에 외부의 자극이 직접 치수신경을 자극하여 동통이 야기된다는 가설이 제시되었다. 그러나 이러한 가설은 Arwill²⁾이 신경 섬유말단이 상아세관내 조상아세포와 세포돌기에서 조금 떨어져 있음을 보고함으로써 반박하였고, Byers¹⁵⁾은 방사선 동위원소 추적법을 이용하여 상아 질내 1/2 정도까지만 신경섬유가 도달하고 있음을 보고하였다. Avery⁴⁾은 조상아세포 돌기에서 특정 cholinesterase를 발견한 뒤 조상아세포가 상아질내에서 신경전달의 수용체로 작용하여 인접 치수신경으로 자극을 전달하게 된다고 보고하였으나 조직학적으로 치수신경과 조상아세포사이의 synaptic connection을 발견할수 없어서 조상아 세포들을 신경전달의 수용체로 보기는 힘든 실정이다. 이에 비해서 상아세관내 투과도와 상아세관액의 이동에 의한 동통에 관한 가설이 새로 대두되었는데 이는 Gysi²¹⁾에 의해 처음 주장되었으며 Brännström⁸⁻¹²⁾에 의해 정립된 hydrodynamic theory (유체 역학이론)이다. Garberoglio와 Brännström¹⁸⁾은 상아질은 상아세관을 가지고있는 다공성 구조로 치수쪽에서는 1mm²당 45,000개의 상아세관이 있고 그 직경은 2.5mm이며 상아질 중간부분에서는 29,500개로 1.2mm, 법랑질 쪽에서는 20,000개에 0.9mm로 상아세관의 모양이 치수쪽으로 갈수록 직경이 증가하는 원뿔형태를 띠고 있으며 전체 상아질 부피의 10%를 차지한다고 보고하여 수와 크기가 파민 반응에 밀접한 연관성을 가지고 있다고 하였고 Mjor²³⁾등은 이러한 상아세관이 주로 원형질액과 비슷한 상아세관액으로 채워져 있음을 보고하였다. 이런 조직학적 소견을 근거로해서

Pashley⁴⁰⁾, Brännström¹²⁾은 외부자극이 가해지면 상아세관액의 외측으로의 이동이 일어나게되어 상아세관내에 모세관현상이 일어나서 조상아 세포의 흡입과 상아세관액의 변형이 일어나게 됨으로써 결과적으로 신경섬유말단을 변화시켜 동통이 야기됨을 보였다. 이에반해 Anderson¹⁾은 비슷한 자극이 항상 같은 정도의 동통을 야기하지는 않으며 상아세관액의 이동도 일정하지 않음을 보고하였고 Horiuchi²³⁾도 여러자극이 항상 같은 정도의 동통을 야기치 않으며 모든 자극이 상아세관액의 이동을 통해 동통유발이 되지는 않는다고 보고하여 hydrodynamic theory가 모든 동통을 설명할 수 없음을 보여 그 한계성을 지적하였다.

이로인해 아직까지 지각파민 반응의 정확한 기전은 논란의 대상이 되고 있다. 최근들어 지각파민의 기전에 있어서 상아세관의 투과력에 의한 상아세관액의 변형에 따른 동통야기 기전외에 신경의 생리적 개념으로 sensory nerve에 의한 동통야기 개념이 제기되고있다. 이 기전은 일반적인 신경전달체계의 원칙을 따르는데 외부의 자극에 의해 치수의 감각성 신경섬유의 활동이 변형되어 동통을 유발한다는 것으로 치수감각신경의 배열상태의 일시적인 파피 즉, 신경세포 외액의 K⁺와 신경세포내액의 Na⁺이온의 비정상적인 배열에 기초를 두고있다. 따라서 이런 기전에 입각할때 세포 외액으로 K⁺이온의 공급은 신경막내로 Na⁺의 이동을 방해하므로써 지각파민 반응을 저하시킬 수 있다⁶⁾³⁰⁾. Greenhill과 Pashley²⁰⁾는 potassium oxalate가 가장 우수한 hydraulic conductance의 감소를 보고하였는데 이런 관점에서 볼때 설명이 가능하다고 할 수 있겠다.

Kim^등³⁰⁾도 실제로 동물실험에서 K⁺ 이온이 신경

섭유 탈분극 방지에 있어서 가장 효과적임을 밝혀 위의 가설을 뒷받침 하였으나 인체에의 적용이 문제점으로 남아있는 상태이며 현재까지 사용되는 약제들은 주로 상아세관을 밀봉하여 상아세관의 투과력 억제 및 상아질액의 이동을 방지함으로써 동통을 감소시키는 목적으로 사용되고 있다. Hiatt²²⁾와 Pashley⁴⁰⁾는 상아세관의 크기를 작게하거나 밀봉시키는 방법들을 사용하였는데 상아세관의 밀봉은 크게 2가지로 나누게 된다. 즉, 치아자체의 생리적 변화에 의한 밀봉과 약제를 사용하는 경우이다. Karlsson 등²⁰⁾은 성견에서 생리적인 2차 상아질 형성에 의한 상아세관의 밀봉을 보고하였고 Souder와 Schoonover⁴⁷⁾는 노화나 지속적인 자극에 의해 생리적 상아세관의 밀봉이 일어난다고 보고하였다. 그러나 Brännström⁷⁾에 의하면 이러한 불규칙한 상아질의 형성은 최소한 3개월이 걸리며 투과성이 없는 barrier는 아니라고 하였다. 지각과민 해소약제로는 Hoyt와 Bibby²⁴⁾는 동량의 NaF/kaolin/Glycerin paste를 사용하여 지각과민 억제효과를 보았다고 보고하였고, Ross⁴³⁾는 strontium chloride의 지각과민 억제효과를 보고하였다. Schaeffer⁴⁴⁾는 이온 영동법을 사용해서 더욱 배전된 효과를 보았다고 주장하였다. 이에 반하여 Brough 등¹³⁾은 이온 영동법 사용 여부에 따른 지각과민 치아의 치료효과에 차이가 없다고 보고하였다. 그 밖에 사용된 치료약제들로는 cavity varnishes, antiinflammatory agents, silver nitrate, zinc chloride, formalin, calcium hydroxide, sodium fluoride, sodium silicofluoride, stannous fluoride 등이 있다.

최근에는 Dayton 등¹⁷⁾이 지각과민증을 호소하는 환자에게 dental adhesive material로 상아세관을 밀봉함으로써 우수한 결과를 얻었다는 보고를 시작으로 Brännström⁷⁾, Johnson 등²⁸⁾은 restorative resin material로 상아세관을 밀봉함으로써 우수한 결과를 얻었다고 보고하였고, Pashley 등³⁹⁾은 HEMA와 glutaraldehyde primer를 사용한 Gluma가 상아세관 밀봉에 큰 효과를 보았다고 보고하였으며 Trowbridge 등⁵⁰⁾은 Gluma의 우수한 wetting ability 때문에 dentin이 blood나 saliva에 contamination되었을 지라도 resin의 결합강도를 증가시킬 수 있다고 하여 지각과민 치아에 있어서의 치료가능성을 암시하고 있다.

본 실험에서 사용된 Gluma는 HEMA와 glutaraldehyde를 이용한 system으로써 dentin cleanser, dentin primer, dentin bond adhesive resin의 3부분으로 구성되어 있다. Dentin cleanser는 EDTA용액이며 dentin primer는 HEMA와 glutaraldehyde로 구성되고 bonding resin은 Bis-GMA와 TEGDMA로 구성되어 있다. Gluma는 Asmussen과 Munskgaard에 의해 개발되었는데 ethylene diamine tetra acetic acid의 표면처리로 도말층을 제거한 후 교원 섬유가 풍부한 표면을 노출시킨 뒤 glutaraldehyde를 도포하면 N(hydroxy methyl) compound를 형성하며 교원 섬유의 amino 및 amino group과 결합하고 여기에 활성화 수소를 포함하고 있는 HEMA(hydroxy ethyl methacrylate)가 결합함으로써 상아질 표면에서 이중결합을 형성하며 이것이 resin과 copolymerization을 이루는 것이다³⁶⁾. Scotchbond 2 system은 primer와 adhesive resin으로 구성되어 있으며 primer는 maleic acid와 HEMA를 포함하고 adhesive resin은 Bis-GMA와 HEMA를 포함하고 있다. Scotchbond 2의 자세한 기전은 밝혀지지 않았지만 maleic acid, HEMA 등의 구성성분으로 보아 maleic acid에 의하여 표면의 유기질성분이 제거된 후 노출된 상아세관내로 친수성의 HEMA가 침투되어 유지력을 증가시키는 것으로 생각된다. All-Bond 2 system은 dentin conditioner와 primer, adhesive resin으로 구성되어 있으며 dentin conditioner로는 10% phosphoric acid를 포함하고 있으며 primer A는 NTG-GMA in acetone을 primer B는 BPDM in acetone으로 구성되어 있으며 unfilled resin adhesive는 hydrophilic monomer인 HEMA를 포함하고 있다. 특히 All-Bond 2의 primer에 포함되어 있는 acetone이 좋은 water chaser일 뿐 아니라 매우 좋은 건조제로서 약간의 습기가 있는 상아질에서 더욱 우수한 결합강도를 나타내는 것을 특징으로 하고 있다.

Superbond D-liner는 4META/MMA-TBB system으로서 10% citric acid와 3% ferric chloride로 etching하여 도말층을 제거하고 primer로서 HEMA를 도포한 후 liquid(4-META/MMA)와 catalyst(TBB)를 혼합하여 도포해서 화학적으로 중합이 일어나는 것이다. Nakabayashi 등³⁷⁾에 의하면 이 system은 중합이 일어나는데 수분과 산소가 있어야 하므로 상아세관내의 조건과 유사한 아주 좋은 조건

이라고 할 수 있으며 중합도 반응이 개시되는쪽 즉 치질쪽에서 먼저 일어나므로 다른 상아질 접착제보다 긴밀한 침투가 이루어져 hybrid layer가 가장 이상적으로 생길 수 있는 상아질 접착제라고 주장하였다. 본 실험에서는 Superbond D-liner도포후 Bis-GMA 계통의 unfilled resin인 All bond 2의 bonding agent를 도포하였다.

Resin adhesive들에 의한 상아질에 대한 결합력이 증가되어왔으나 구강내 여러 chemical, mechanical, thermal stress에 어느정도 견디어 낼수있는가 하는 것은 아직도 미지수로 남아있다. 거의 대부분이 resin adhesive를 바른다음 최소 3-6주 정도의 지각과민 완화증상을 보였다고 보고하고있는데⁽¹⁷⁾⁽³⁹⁾, 가장 큰 자극이라고 할수있는 mechanical stress에 대한 resin adhesive의 상아세관 밀봉지속 효과에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다.

권과 박⁽³³⁾에 의하면 unfilled resin이 떨어져 나갈때 상아질과 resin사이의 결합이 깨져서 떨어져 나간다고 하였으나 Silverstone⁽⁴⁰⁾은 범랑질에 sealant후 그 sealant가 떨어져 나가더라도 resin tag이 남아있어 caries에 저항을 나타낸다고 하였고 Yu등⁽⁵²⁾에 의하면 상아질에 resin이 fracture되어도 Gluma에서 resin tag이 그대로 남아있음을 보고하였다. 본실험 결과 대부분 치질과 resin사이에서 떨어져 나간것으로 추측되나 마모에 대해 어떤 것은 특히 Gluma나 Superbond D-liner는 resin tag이 남아있는 것으로 생각된다.

각 재료의 상아질에 대한 결합강도를 살펴보면 Triolo와 Swift⁽⁴⁰⁾에 의하면 결합강도가 높은 순으로 Superbond D-liner와 같은 성분인 Amalgambond, All bond, Gluma, Scotchbond 2 를 보고하였고 Prati등⁽⁴¹⁾은 Superbond와 Scotchbond 2가 Gluma보다 높은 결합강도를 보인다고 보고하였으며 Barkmeier와 Cooley⁽⁵⁾에 의하면 Gluma가 Scotchbond 2 보다 2배정도의 높은 결합강도를 보고하고 있다. 이와같이 결합강도에 있어 다양한 결과는 상아질 접착제가 워낙 technique sensitive한데다가 실험방법상의 한계때문으로 추측된다. Mojon등⁽³⁴⁾에 의하면 실험방법에 있어서 순수한 tensile stress를 가하기 어려우며 그렇게 할 수 있다고 하더라도 stress가 모든 접촉면에 균일하게 분포되지 않기 때문에 대응으로 shear bond test를 사용한다고 하였다. 본연구에서는

4가지 재료 모두 치출질 기간에 따른 통계적 유의차가 없었는데(Table 1) 이는 실험에 사용된 4가지 상아질 접착제 모두 840회(6주)동안의 치출질에 의해 상아질 밀봉효과가 떨어지지 않고 지속되고 있음을 나타낸다고 하겠다. 그러나 각각의 치출질 횟수에 따른 재료간의 색소 침투율 비교(Table 2, 3, 4, 5)에서 나타나듯 Scotchbond 2는 140회(1주)부터 다른재료들의 상아세관 밀봉지속효과보다 떨어짐을 알 수 있으며 또한 치출질을 하지 않은 군과의 비교(Table 6)에서 Scotchbond 2는 420회(3주)부터 상아세관 밀봉지속효과가 떨어지는 것으로 봐서 Scotchbond 2의 상아세관 밀봉지속효과는 다른 재료들보다 현저하게 낮은 것으로 생각된다. 이상을 종합해 볼 때 실험에 사용된 상아질 접착제중 Gluma와 Superbond D-liner의 상아세관 밀봉지속효과가 가장 좋았으며 다음으로 All-bond 2, 가장 좋지않은것은 Scotchbond 2였다. 이는 Gluma를 제외하면 Triolo와 Swift⁽⁴⁰⁾의 결합강도에 대한 보고와 일치하는 것이다. Resin과 치질의 결합은 기계적 뿐만 아니라 화학적으로도 기여를 하게 되는데 기계적 결합의 관점에서 보면 Gardon⁽¹⁹⁾은 resin의 interpenetration은 resin이 상아질 표면을 용해시키거나 약화시키는 능력에 달려 있다고 하였으며 따라서 Asmussen, Hansen, Peutzfeldt⁽³⁾는 Gluma에서 intermediary resin으로 Bis-GMA와 TEGDMA의 비율을 50 : 50으로 한것이 우수한 결합력을 나타낸다고 실험적으로 증명한 바 있다. Gluma가 우수한 결합력을 보이는 이유는 이러한 기계적 결합뿐만 아니라 Johnson⁽²⁷⁾이 지적한 대로 glutaraldehyde와 protein이 반응할 때 산소의 빠른 소비가 일어나고 따라서 HEMA의 중합이 발생하게 되는 화학적 결합이 큰 기여를 할 것으로 생각된다. 4META MMA/TBB System에서 처음 논의되었던 hybrid layer는 Jacobsen과 Finger⁽²⁶⁾에 의해 All bond 2, Gluma, Scotchbond 2 모두에서도 hybrid layer가 형성됨을 보였다.

본 연구에서 온도변화의 횟수를 200회로 한것은 미세누출실험에 있어 온도변화의 횟수는 100회시 1500회와 비교해서 결과에 유의차가 없었다는 Crim과 Garcia-Godoy⁽¹⁰⁾의 보고와 상아질 접착제의 결합강도 실험에 있어 온도변화의 횟수를 100에서 4000회까지 했을 때도 유의차가 없었다는 Burger, Cooley, Garcia-Godoy⁽¹⁴⁾의 보고에 근거를 둔 것이

다. 또한 자료처리에 있어 절단면으로 부터 치수까지의 최단거리에 있어 각 소집단간에 유의수준 1%에서도 통계적 유의차가 없었으므로 색소 침투율을 절단면으로 부터 치수까지의 거리에 대한 비율로 나타내어 자료분석을 시행하였다. 이러한 사전분석이 필요한 이유는 절단면으로부터 치수까지의 거리가 각 비교집단간에 차이가 있다면 예를 들어 그 거리가 짧은 경우 색소침투율이 높게 나타날 수 있기 때문이다. 또한 색소침투된 거리의 측정에 있어 3군데에서 측정하였는, 색소침투를 이용한 실험의 한계점인 양의 측정 관점에서 조금이라도 보상을 하기 위한 것으로서 색소가 침투된 면적을 계산하는 것이 있을 수 있으나 본 연구에서는 window의 크기가 치아마다 약간씩 다르므로 면적계산은 의의가 없고 또 색소침투가 3mm 전체에 걸쳐 동일한 거리만큼 침투한것이 아니므로 이용한 방법이였다.

본 연구 결과 상아질 지각과민 치아의 치료에 있어서 상아질 접착제를 이용하여 도포후 치술질을 시킴으로써 그 지속효과가 재료에 따라 840회(6주)까지 지속이 되므로 그 치료가능성을 확인할 수 있었으나 치술질 횟수가 적어 임상적으로 적용하기는 어렵고 또한 Jacobsen과 Finger²⁵⁾에 의하면 상아질 접착제의 형태학적 구조에 대한 연구는 in vivo나 in vitro에서 차이를 나타내지 않는다고 하였으나 Wu와 Mckinney⁵¹⁾에 의하면 Bis-GMA계통의 unfilled resin을 ethanol이나 cyclohexanol에 2주간 담궈두었을 경우 마모저항성은 35%만 유지된다고 하여 실제 구강내에서의 마모저항성은 실험실에서의 조건보다 훨씬 약할 것이라고 하였고 또한 Mandras³²⁾은 구치부에서 CIV restoration이 occlusal stress를 받을 경우 받지 않은 경우보다 microleakage가 더 많이 일어난다고 하여 occlusal stress가 CIV 수복물의 유지에 미치는 영향에 대해 보고하였다. 따라서 상아질 지각과민 치아에 있어 상아세관 밀봉지속효과는 실험실에서보다 구강내에서 불리한 조건이 훨씬 많으므로 구강내에서와 보다 유사한 조건에서 보다 지속적이고 근원적인 연구가 이루어져야 할 것으로 본다.

V. 결 론

상아질 지각과민 치아의 치료방법중 하나인 상아질

접착제를 이용하여 mechanical stress하에서 상아세관 밀봉 지속효과를 알아보기 위해 All-bond 2, Gluma Bonding System, Scotchbond 2, Superbond D-liner를 발치한 치아의 상아질에 도포후 0, 1, 3, 6주간의 치술질 횟수에 해당하는 0, 140, 420, 840회의 치술질을 시행하고 methylene blue를 이용한 색소침투법을 이용하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 4가지 상아질 접착제 모두 도포직후에는 상아세관 밀봉효과가 우수했다.
2. All-bond 2, Gluma Bonding System 그리고 Superbond D-liner는 치술질을 시행 후에도 도포직후와 비교해 840회(6주)동안 상아세관 밀봉지속효과를 나타내었다.
3. Scotchbond 2는 420회(3주)의 치술질 후부터 상아세관 밀봉효과가 유의차있게 감소했다. ($P < 0.05$)

참고 문헌

1. Anderson, D.J. et al : The sensitivity of human dentin, J. Dent. Res., 37 : 669-677, 1958
2. Arwill, T. et al : Ultrastructure of nerves in the dentin-pulp border zone after sensory and autonomic nerve transection in the cat, Acta Odontol. Scand., 31 : 273-281, 1973 (#53에서 재인용)
3. Asmussen, E., Hansen, E.K. & Peutzfeldt, A. : Influence of the solubility parameter of intermediary resin on the effectiveness of the gluma bonding system, J. Dent. Res., 70 : 1290-1293, 1991
4. Avery, J.K., & Rapp, R.A. : An investigation of the mechanism of neural impulse transmission in human teeth, Oral Surg., 12 : 190-198, 1959
5. Barkmeier, W.W. & Cooley, R.L. : Resin adhesive systems : In vitro evaluation of dentin bond strength and marginal microleakage, J. Esthet. Dent., 1 : 67-72, 1989
6. Bender, I.B. : Pain conference summary, J. Endo., 12 : 509-517, 1986.
7. Brännström, M. et al : Transmission and cont-

- rol of dentinal pain : resin impregnation for the desensitization of dentin, J. Am. Dent. Assoc., 99 : 612-618, 1979
8. _____ : Dentinal and pulpal response VI : Some experiments with heat and pressure illustrating the movement of odontoblasts into the dentinal tubules, Oral Surg., Oral Med., Oral Path., 15 : 203-212, 1962
 9. _____ : Dentine sensitivity and aspiration of odontoblast, J. Am. Dent. Assoc., 66 : 366-370, 1963
 10. _____ : Sensitivity of dentin, Oral Surg., Oral Med., Oral Path., 21 : 517-526, 1966
 11. _____ : The cause of postoperative sensitivity and its prevention, J. Endo., 12 : 475-481, 1986
 12. _____ : The hydrodynamic theory of dentinal pain : Sensation in preparation, caries, and dentinal syndrome, J Endo., 12 : 453-457, 1986
 13. Brough, K.M. et al : The effectiveness of iontophoresis in reducing dentin hypersensitivity, J. Am. Dent. Assoc., 111 : 761-765, 1985.
 14. Burger, K.M., Cooley, R.L. & Garcia-godoy, F. : Effect of thermocycling times on dentin bond strength, J. Esthet. Dent., 4 : 197-198, 1992
 15. Byers, M.R. & Kish, S.J. : Delineation of somatic nerve endings in rat teeth by radioautography of axon-transported protein, J. Dent. Res., 55 : 419-425, 1976
 16. Crim G.A. & Garcia-godoy, F. : Microleakage : The effect of storage and cycling duration, J. Prosthet. Dent., 5 : 574-576, 1987
 17. Dayton, R.E. et al : Treatment of hypersensitivity root surfaces with dental adhesive materials, J. Periodontol., 45 : 873-878, 1974
 18. Garberoglio, R. & Brännström, M. : Scanning electric microscopic investigation of human dentinal tubules, Arch. Oral Biol., 21 : 355-362, 1976
 19. Gardon, J.L. : Cohesive-energy dentistry. In : Encyclopedia of Polymer Science and Technology, Vol.3, H.F. Mark, N.G. Gaylord, N.M. Bikales, New York : Interscience publishers, pp. 833-862, 1965 (#3에서 재인용)
 20. Greenhill, J.D. & Pashley D.H. : The effects of desensitizing agents on the hydraulic conductance of human dentin in vitro, J. Dent. Res., 60 : 686-698, 1981
 21. Gysi, A. : An attempt to explain the sensitivity of dentin, Brit. J. Dent. Res., 43 : 865, 1900 (#42에서 인용)
 22. Hiatt, W.H. & Jhonson, E. : Root preparation : I. Obturation of dentinal tubules in treatment of root hypersensitivity, J. Periodontol., 43 : 373-380, 1972
 23. Horiuchi, M. & Matthews, B. : In vitro observation of fluid flow through human dentin caused by pain producing stimuli, Arch. Oral Biol., 18 : 275-294, 1973
 24. Hoyt, W.H. & Bibby, B.G. : Use of sodium fluoride for desensitizing dentin, J. Am. Dent. Assoc., 30 : 1372-1376, 1943
 25. Jacobsen, T. & Finger, W.J. : Morphology of coupling sites between bonding agents and dentine in vivo and in vitro, J. Dent., 21 : 150-157, 1993
 26. Jensen M.E. & Doering J.V. : A comparative study of two clinical techniques for treatment of root surface hypersensitivity, Gen. Dent., 35 : 128, 1987 (#50에서 재인용)
 27. Johnson, T.J.A. : Glutaraldehyde fixation chemistry. Scheme for rapid crosslinking and evidence for rapid oxygen consumption, In : Science of biological preparation, M. Mueller, et al., Chicago : SEM Inc., AMF O'Hare, USA, 51-62, 1985 (#35에서 재인용)
 28. Johnson, G. & Brännström, M. : Pain reaction to cold stimulus in teeth with experimental fillings, Acta Odontol. Scand., 29 : 639-647, 1971.
 29. Karlsson, U.U. & Penny, D.A. : Natural desensitization of exposed teeth roots in dogs, J. Dent. Res., 54 : 982-986, 1975
 30. Kim, S. : Hypersensitivity teeth : Desensitization of pulpal sensory nerves, J. Endo., 12 : 482-

485, 1986

31. Klepac, R.K. et al : Reports of pain after dental treatment, electrical tooth pulp stimulation, and cutaneous shock, *J. Am. Dent. Assoc.*, 100 : 692-695, 1980.
32. Mandras, R.S., Retief, D.H. & Russel, C.M. : The effect of thermal and occlusal stresses on the microleakage of the scotchbond 2 dentinal bonding system, *Dent. Material*, 7 : 63-67, 1991
33. Mjor, I.A. : Human coronal dentine : Structure and relations, *Oral Surg.*, 33 : 810, 1972 (#53에서 재인용)
34. Mojon, P. et al : Early strength of luting cements to a precious alloy, *J. Dent. Res.*, 71 : 1633-1639, 1992
35. Munksgaard, E.C. : Amine-induced polymerization of aqueous HEMA/Aldehyde during action as a dentin bonding agent, *J. Dent. Res.*, 69 : 1236-1239, 1990
36. Munksgaard, E.C. & Asmussen, E. : Bond strength between dentin and restorative resins mediated by mixture of HEMA & Glutaraldehyde, *J. Dent. Res.*, 63 : 1087-1089, 1984
37. Nakabayashi, N., Nakamura, M. & Yasuda, N. : Hybrid layer as a dentin bonding mechanism, *J. Esthet. Dent.*, 3 : 133-138, 1991
38. Naylor, M.N. : A thermo-electric teeth stimulator, *Bri. Dent. J.*, 110 : 228-230, 1961
39. Pashley, D.H., et al : The effects of a multi-step dentin bonding system on dentin permeability, *Dent. Mat.*, 4 : 60, 1988 (#50에서 재인용)
40. Pashley, D.H. : Dentin permeability, dentin sensitivity and treatment through tubule occlusion, *J. Endo.*, 12 : 465-474, 1986
41. Prati, C., Nucci, C. & Montanari, G. : Shear bond strength and microleakage of dentin bonding systems, *J. Prosthet. Dent.*, 65 : 401-407, 1991
42. Rosenthal, M.W. : Historic review of the management of tooth hypersensitivity, *Dent. Cli. N. Amer.*, 34 : 403-427, 1990
43. Ross, M.R. & Branch, L. : Hypersensitive teeth : Effect of strontium chloride in a compatible dentifrice, : *J. Periodontol.*, 32 : 49-53, 1960
44. Schaeffer, M.L., Bixler, D. & Yu, P. : The effectiveness of iontophoresis in reducing cervical hypersensitivity, *J. Periodontol.*, : 695-700, 1971
45. Seltzer, S. : Hypothetics mechanics for dentin sensitivity, *Oral Surg.*, 31 : 388-399, 1960
46. Silverstone, L.M. : In vitro studies with special reference to the enamel and the enamel-resin interface : Proceedings of an international symposium on the acid etch technique, St. Paul : North Central Publishing Co., 1975
47. Souder, W. & Schoonover, I.C. : Experimental remineralization of dentine. *J. Am. Dent. Assoc.*, 31 : 1579-1586, 1944
48. Triolo, P.T. & Swift, E.J. : Shear bond strengths of ten dentin adhesive systems, *Dent. Material*, 8 : 370-374, 1992
49. Tronstad, L. & Langeland, K. : Effect of attrition of subjacent dentine and pulp, *J. Dent. Res.*, 56 : 17-30, 1971
50. Trowbridge, H.O. & Silver, D.R. : A review of current approaches to in-office management of tooth hypersensitivity, *Dent. Cli. N. Amer.*, 34 (3) : 561-581, 1990
51. Wu, W. & McKinney J.E. : Influence of chemicals on wear of dentinal composites, *J. Dent. Res.*, 61 : 1180-1183, 1982
52. Yu X.Y. et al : Scanning electron microscopic study of dentinal surfaces treated with various dentinal bonding agents, *Quintessence Int.*, 21 : 989-999, 1990
53. 권오택, 박동수 : Dentin bonding agents들의 상아세관 밀봉효과에 관한 연구, 대한 치과 보존학회지, 18 : 483-496, 1993
54. 김종배, 신승철 : 회단 강모면의 형태에 따른 잇솔의 유형별 치면 착색제 제거효과에 관한 실험적 연구, 대한 치과 의사 협회지, 25 : 185-193, 1987

논문 사진부도①

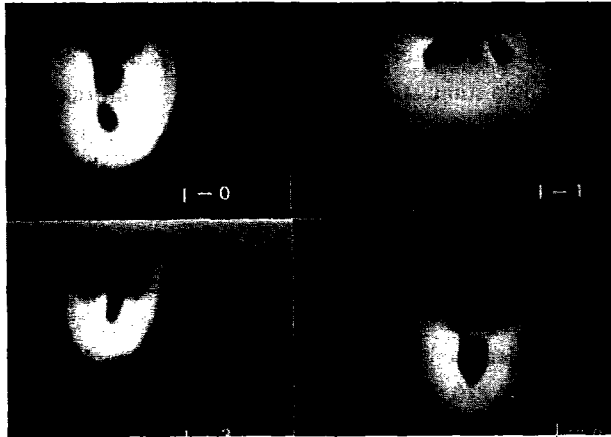


사진 1. 대조군으로서 치솔질 횟수에 상관없이 치수까지 색소가 침투되어 있다.

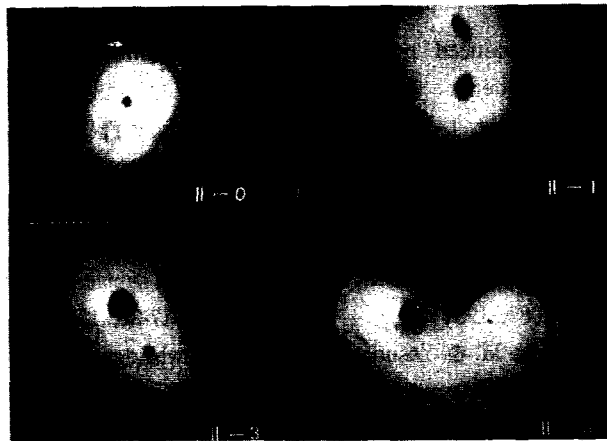


사진 2. All bond 2로서 840회 치솔질 했을때 색소가 다소 침투되어 있다.

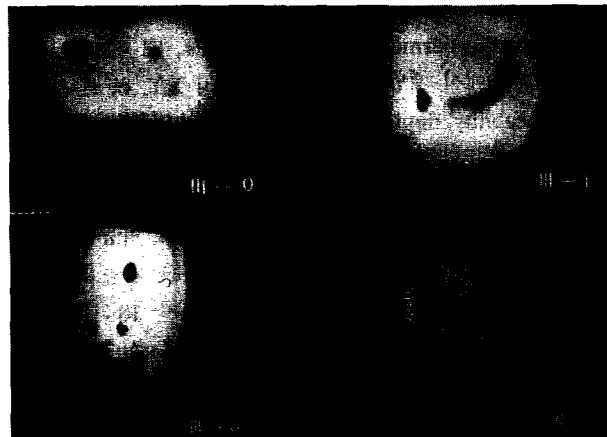


사진 3. Glumal Bonding system으로서 840회까지 색소가 침투되어 있지 않다.

논문 사진부도②

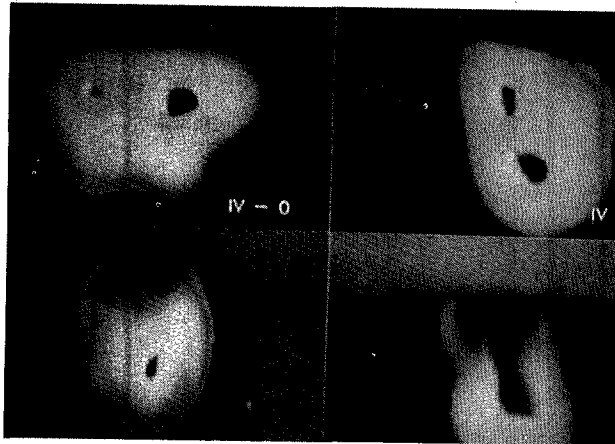


사진 4. Scotchbond 2로서 420회 치술질 했을때 부터 많은양의 색소가 침투되고 있다.

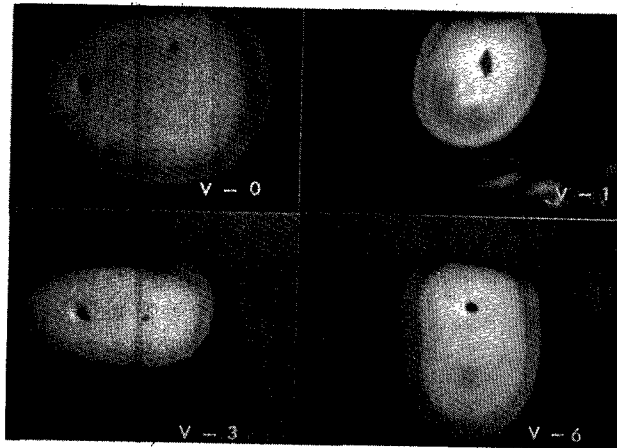


사진 5. Superbond D-liner로서 840회까지 색소가 침투되어 있지 않다.