

## 유구치 아말감 수복물에서 레진 접착성 이장재의 미세 변연 누출에 관한 비교 연구

연세대학교 치과대학 소아치과학교실

김종태 · 최병재 · 이제호 · 이종갑

### Abstract

#### AN EXPERIMENTAL STUDY FOR MICROLEAKAGE OF AMALGAM USING RESIN ADHESIVE LINERS IN PRIMARY MOLAR TOOTH

Jong-Tae Kim, D. D. S., Byung-Jai Choi, D. D. S., M. S. D., Ph. D.,  
Jae-Ho Lee, D. D. S., M. S. D., Jong-Gap Lee, D. D. S., M. S., Ph. D.

*Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Yonsei University*

The purpose of this study was to compare the marginal leakage of resin liner which was used as a liner to amalgam restoration.

Control group composed of no liner group, copalite group and experimental group composed of All-bond 2, Vitrebond, Superbond D-liner applied groups were evaluated.

Cl.V preparation with a size of  $3 \times 2 \times 1.5$ mm on 70 extracted primary molars were made and applied appropriate liners for each groups.

After amalgam filling and polishing, polished specimens underwent temperature changed from  $5^{\circ}\text{C}$  to  $55^{\circ}\text{C}$  a thousand times.

After thermocycling, specimens were placed in 2% methylene blue dye solution for 72 hours in an incubator set at  $37^{\circ}\text{C}$ .

The teeth were sectioned buccolingually and the degree of dye penetration was observed with a spectroscopy. ( $\times 30$ )

The following results were obtained.

1. Vitrebond, All-bond 2, Superbond D-liner group exhibited a statistically significant lower degree of dye penetration than no liner and copalite group. (Kruskal-Wallis analysis,  $P < 0.05$ )
2. No liner group and copalite group exhibited a similar degree of dye penetration. (Mann-Whitney analysis,  $P > 0.05$ )
3. All-bond 2 group exhibited a statistically significant lower degree of dye penetration

than Vitrebond group, (Mann-Whitney analysis,  $P < 0.05$ ) Superbond D-liner group also exhibited a lower degree of dye penetration than Vitrebond group but was statistically insignificant. (Mann-Whitney analysis,  $P > 0.05$ )

Key words : microleakage, resin adhesive liners, copalite, amalgam

## I. 서 론

치과용 아말감합금은 약 100년전 G.V Black이 치아 수복 재료로 소개한 이래 시술시의 용이성과 우수한 물리적 성질 등으로 현재까지 가장 널리 사용되는 수복재로서 특히 유구치의 수복에서 차지하는 비중은 매우 높다고 할 수 있다. 그러나 치질과의 접착이 불가능하여 유지 형태를 주기 위해 와동 형성시 frictional lock을 형성하고 와동벽에는 첩와 및 유지구를 형성함으로써 건전한 치질의 부가적 삭제 및 파절 위험성이 높으며, 와동벽과 아말감 사이의 변연 누출로 인한 이차우식증 및 치수 자극을 유발하는 단점이 있다.<sup>69)</sup>

Brekhus와 Armstrong은<sup>9)</sup> 아말감이 치과 임상에서 가장 널리 이용되는 재료일 뿐 아니라 다른 수복재보다 낮은 임상적 실패율을 보인다고 하였지만, 다른 재료에서 볼 수 있듯이 수복 후 구강내에서 시간이 경과함에 따라 성질이 변화되고 수복물이 약화되어 재수복을 요하는 임상적 실패를 초래할 수도 있다고 하였다.<sup>43, 48)</sup>

아말감 재료 자체의 변질과 이에 따른 수복물의 약화 및 임상적 실패를 개선하고자 아말감합금의 개발이 계속되어 왔음에도 불구하고<sup>15, 21, 43, 44, 47)</sup> 아말감의 임상적 실패를 흔히 관찰 할 수 있다. Allan은 영구치 아말감 수복에서 8년간 follow-up 기간 중의 50% 실패율을 보고하였고, 유구치에서의 실패율은 더욱 높아 Dawson등은<sup>17)</sup> 유구치에서 8년의 follow-up 기간 중에 1면 아말감 실패율이 53.9%, 2면 아말감 실패율이 70.7%임을 보고하였다. Healey와 Phillips<sup>33)</sup>는 영구치의 아말감 수복물의 조사에서 실패 원인으로는 2차 우식 발생 (53.5%), 그외 파절

(26.2%), 아말감의 팽창, 치수 및 치주문제 등을 보고하였고, 국내 유치에 대한 정등<sup>80)</sup>의 연구에서는 isthmus부위 파절 및 수복물 탈락 (44.0%), 아말감 변연의 파절, 2차 우식 발생, 치수 노출 등을 보고하였다.

이차우식증은 모든 수복물의 50-60%에서 기존 수복물의 재충전의 주요 원인으로 변연 누출이 와동벽과 아말감 접촉면에서 일어나 결국 변연부의 파괴로 인한 이차우식증을 초래하며 술후의 민감증을 야기하게 된다.

종래의 치과용 아말감합금은 변연 누출의 증가, 부식 및 변색 등의 단점을 갖고 있는 구리의 함량이 낮은 저동형이었으나, 동의 함량을 12-30%까지 높인 고통형 아말감합금이 개발되어 합금의 상 중  $\gamma_2$ 대신 copper-tin phase가 형성되어 재래의 저동 아말감합금보다 물리적 성질 즉, 변연 파절과 크리프에 대한 저항성이 증가되고 부식에 대한 저항성이 증가되었다.<sup>13)</sup>

변연 누출면에서 보면 저동 아말감은  $\gamma_2$ 상이 부식을 야기하여 수복물과 와동벽사이에 생기는 이러한 부식 산물이 시간이 경과함에 따라 충전물 주위의 변연 누출을 감소시켜준다. Picard등은<sup>20)</sup> 재래식 저동 아말감의 변연 누출은 수복물의 수명이 증가함에 따라 감소됨을 보고하였다. 재래식 저동아말감의 가장 흔한 부식산물로는 tin chloride와 tin oxide로써 치질과의 접촉면은 물론 기존의 아말감 내부로도 침투되는 양상을 보인다.<sup>32)</sup> 고통아말감에도 구리의 부식 산물을 볼 수 있으나 그 부산물은 대개 아말감의 표면에 한정되어 나타나며<sup>60)</sup> 부식산물의 축적이 거의 없기 때문에 시간이 지남에 따라 변연 폐쇄능력이 떨어져 cavity liner의 사용이 더욱 필요하다고 하였다.

Sneed와 Hembree등은<sup>63)</sup> 고동 아말감과 여러가지 varnish를 사용한 연구에서 변연 누출이 6개월까지는 멈추었으나, 1년까지 놀라울 정도로 증가됨을 보고하여 varnish가 용해된 후 아말감과 치질간에 형성되는 공간을 고동아말감 자체가 폐쇄하기에는 너무 크다고 주장하였다.

Mahler는<sup>64)</sup> 아말감의 입자 모양도 변연 누출에 영향을 줄 수 있어 spherical type이 admixed type보다 더 큰 변연 누출이 있음을 보고하였고, Symer등<sup>70)</sup>은 lathe-cut alloy가 spherical alloy보다 와동벽에 잘 접착한다고 하였으며 수복물의 aging process 및 기계적, 열적인 stress도 변연 누출에 영향을 줄 수 있다고 하였다.

치과용 varnish의 기능은 상아세관을 폐쇄하여 위해 자극원이 상아세관을 통하여 치수로 침투하는 것을 막고 수복물의 변연부에서 폐쇄를 돕는 것이다.<sup>45, 46, 50, 55)</sup>

최근의 연구에서 varnish의 용해 문제로 변연 누출을 감소하기 위해 liner의 기능을 갖는 레진접착제의 개발이 이루어지고 있는데, 이러한 adhesive liner는 치질과 아말감의 결합을 유도할 수 있고 변연부를 폐쇄함으로써 변연 누출을 줄일 수 있다. 레진접착성 이장재로는 Amalgambond (Parkell), Superbond D-liner (Sun-medical), All-bond liner (Bisco), Panavia Ex (Kuraray) 등이 있고, Glass-ionomer liner를 이용한 보고도 있었다. Black에 의해 제안되었던 예방 확대의 개념은 최근 레진계

통의 접착제의 개발로 치질 삭제량을 줄일 수 있고 치질과의 좀 더 강한 접착이 가능함으로써 와동 형성의 크기를 줄일 수 있다. 최근 많은 연구에서 상아질 접착제를 아말감의 liner로서 사용하였는데 Masuhara는<sup>71)</sup> 4-META를, Staninec과 Holt는<sup>64)</sup> Panavia Ex를 이용하여 변연 누출이 현저히 감소되었음을 보고하였으며, Aboush등은<sup>2)</sup> light curing glass ionomer liner/base와 아말감과의 결합을 보고하였다.

이러한 레진 접착성 이장재를 사용한 연구가 많이 진행되었지만, 유치 아말감 하방 레진 접착성 이장재의 미세 변연 누출에 대한 실험 보고는 거의 없었다. 본 연구는 유구치에서 아말감 하방에서 변연 누출을 줄이기 위해 이장재로 사용되어 왔던 copal/varnish와 최근에 개발된 여러 가지 레진접착제를 고동혼합형인 Luxalloy하방에 이장재로 사용 후 변연 폐쇄 효과에 대해 색소 침투 정도를 Spectroscopy로 관찰하여 결과를 보고하는 바이다.

## II. 실험 재료 및 방법

### 가. 실험 재료.

#### 1. 실험 치아

생리적 치근흡수 및 교정적 목적으로 발거된 상악 및 하악 제1,2유구치 중 치아우식증, 파절 및 충전물이 없는 70개의 치아를 선택하여 발치 후 생리식염수에 보관하였다가 본 실험에 사용하였다.

Table 1. Materials and Manufacturer

Materials		Brand Name	Manufacturer
Filling material	Amalgam	Luxalloy <sup>®</sup>	Degussa
Lining materials	Cavity varnish	Copalite <sup>®</sup>	Cooly & Cooly
	Glass ionomer cement	Vitrebond <sup>®</sup>	3M
	Dentine bonding agent	All-bond 2 <sup>®</sup>	Bisco
		Superbond D-liner <sup>®</sup>	Sun-medical

## 2. 실험 재료.

레진 접착성 이장재로 glass ionomer cement는 Vitrebond를, 상아질 접착제는 All-bond 2, Superbond D-liner를 사용하였고 Copal/Varnish는 Copalite를 사용하였다. 충전한 아말감은 고동 혼합형인 Luxalloy를 사용하였다.

### 나. 실험 방법.

치아는 잔존하는 조직의 찌꺼기를 깨끗이 하고 치아의 협면이 노출되도록 자가중합레진에 매몰한 후 치아의 협면의 중앙에 #557 고속용 carbide bur와 #557 저속용 carbide bur를 이용하여 가로 3mm, 세로 2mm, 와동의 깊이는 법랑-상아질 경계부 하방 약 0.5mm (1.5 mm)가 되도록 제 5급와동을 형성하고 물로 깨끗이 세척 후 건조시켰다. 형성된 와동의 치아는 5군으로 분류하고, 레진블럭에 표시 후 아말감 충전 전에 제조회사의 지시에 따라 아래와 같이 5개의 liner로 처리하였다.

제 1군 : control군으로 liner없이 와동내에 아말감을 충전하였다. (12개)

제 2군 : Copalite group (Cooly & Cooly) : 13개

Copalite를 와동벽 및 pulpal floor에 부드러운 붓을 이용하여 1회 도포 후 건조하고 다시 1회 더 도포 후 air-syringe를 이용하여 건조 후 아말감을 충전하였다.

제 3군 : Vitrebond group (3M) : 12개  
와동벽을 10% polyacrylic acid로 conditioning후에 물로 30초간 깨끗이 세척하고 air-syringe로 20초간 건조 후 vitrebond를 제조사의 지시대로 혼합 후 붓을 이용하여 와동벽에 얇게 바른 후 굳기 전에 아말감을 충전하였다.

제 4군 : All-bond 2 group (Bisco) : 13개  
10% phosphoric acid를 법랑질과 상아질에 15초간 처리한 후 30초간 물로 세척 건조하고 primer A & B를

혼합하여 와동의 법랑질 및 상아질에 표면이 glossy할때까지 3-5회 도포하고 5초간 건조시킨 후 bonding resin을 법랑질과 상아질에 도포하고 20초간 광조사 후 아말감을 충전하였다.

제 5군 : Superbond D-liner group (Sun-medical) : 14개

녹색의 10-3 etching액을 상아질에 10초간 처리하고 법랑질은 인산을 이용하여 30초간 처치하고 세척 건조 후 표면에 광택이 날때까지 primer를 4-5회 바른 후 monomer와 TBB를 2 : 1로 혼합한 액을 와동에 처리하고 이장재가 굳기전에 아말감을 충전하였다.

각각의 실험군은 제조 회사의 지시대로 liner를 도포하고 협측의 와동은 Luxalloy (Degussa)로 충전하고 carving 후 24시간 후에 표면을 연마한다. 충전물 주위 1mm를 제외한 협측면에 nail varnish를 2회 도포하고, 각각 5°C와 55°C 온도에 1분간 담그도록 조정된 기계에 1000회 thermocycling한 후에 실험치아는 37°C, 2% methylene blue 용액에 3일 동안 담근 후 흐르는 물에 깨끗이 세척, 건조시켰다. 치아는 협면의 충전물 중앙을 지나도록 microtome을 사용하여 절단하고 각 군의 시편을 spectroscopy를 이용하여 30배율로 아래의 기준에 따라 색소 침투정도를 관찰하였다.

각 군간의 미세 변연 누출 비교를 위해 Kruskal-Wallis analysis와 Mann-Whitney analysis를 사용하여 통계 처리하였다.

색소침투도의 판정기준은 다음과 같다.

- |  |
|--|
| 0 : 색소침투가 관찰되지 않은 경우.                              |
| 1 : 색소침투가 와동깊이의 1/3을 넘지 않는 경우.                     |
| 2 : 색소침투가 와동깊이의 2/3를 넘지 않는 경우.                     |
| 3 : 색소침투가 와동깊이의 2/3는 넘으나, cavity base를 침투하지 않은 경우. |
| 4 : 색소침투가 cavity base까지 일어난 경우.                    |

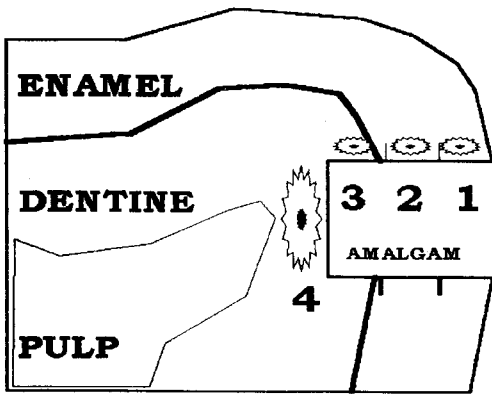


Figure 1. Diagram showing the method of evaluation dye penetration

### III. 실험 성적.

미세 변연 누출도는 충전물의 근, 원심 중 누출이 더 심한 것을 채택하였으며, 각 실험군의

변연 누출은 Table 2 와 같다.

변연 누출은 No liner, Copalite, Vitrebond, Superbond D-liner, All-bond 2 순으로 감소하였다. Kruskal-Wallis analysis를 시행한 결과 P value는 0.0001로 각 군간 변연 누출에 있어 유의차가 있음을 알 수 있다. ( $P < 0.05$ ) Mann-Whitney U-test를 사용한 각 군의 비교는 Table 3 과 같다.

No liner, Copalite group은 거의 모두 cavity floor까지 색소가 침투하였으며 통계학적 유의차는 없었다.

No liner, Copalite group에 비해 Vitrebond, All-bond 2, Superbond D liner의 group은 모두 통계학적 유의차 있는 변연 누출의 감소를 보였으며, Vitrebond와 All-bond 2 group간에는 통계학적인 유의차가 있었으나, Vitrebond와 Superbond D-liner사이에는 통계학적인 유의차가 없었다.

Table 2. Dye penetration score

	0	1	2	3	4	Mean $\pm$ S.D.	Median	Range
No liner					12	4.00 $\pm$ 0.00	4	4-4
Copalite				3	10	3.77 $\pm$ 0.44	4	3-4
Vitrebond			2	9	1	2.92 $\pm$ 0.51	3	2-4
All-bond 2		2	6	4	1	2.31 $\pm$ 0.85	2	1-4
Superbond D-liner		1	8	3	2	2.43 $\pm$ 0.85	2	1-4

Table 3. Comparison between groups ( Mann-Whitney U-test )

Group	1	2	3	4	5
1		0.0911	0.0001*	0.0001*	0.0001*
2			0.0007*	0.0001*	0.0003*
3				0.0420*	0.0647
4					0.8119

\*: statistically significant at  $P < 0.05$

#### IV. 총괄 및 고찰

치과용 아말감은 비교적 조작성이 간단하며 물리적 성질이 적당하여, 오랫동안 사용되어 왔으며 특히, 유구치에서 가장 널리 사용되어 왔다. 국내의 연구에서 아말감이 전체 충전물에서 차지하는 비율은 57.2-71.4% 정도이다. 이러한 아말감의 실패 중 가장 큰 이유는 이차우식증으로 50-60%를 차지하는데 그 원인은 부적절한 와동형성, 남아있는 우식 부분의 불충분한 제거, 부적절한 조작, 불충분한 예방 확대, 아말감 자체 부식에 의한 와동변연의 우식, 환자의 구강관리 부족 등이 보고되고 있으나 근본적으로 아말감은 수복물과 와동 변연부 사이의 접촉 계면에서 보통 41 $\mu$ m 정도의 gap을 보이며, 완전한 접착이 불가능하기 때문에 구강내 타액 및 이온, 세균과 그 독소들이 접착면에서 발견된다. 이러한 현상을 microleakage라 하며 경계부의 변색, 치수자극, 과민증 및 이차우식증을 야기하게 된다.

수복용 충전물의 변연누출을 평가하기 위한 방법으로 여러 학자들에 의해 dye<sup>31)</sup>, bacteria<sup>55)</sup>, radioactive tracer, air pressure<sup>32)</sup>, ion etching, neutron activation analysis, 광학현미경, 전자현미경 등의 방법이 소개되었으며, 이중 유기색소를 이용하는 방법이 수복물 주위의 변연 누출을 평가하는 간단한 방법으로 널리 사용되고 있다.

아말감의 변연 누출에 영향을 미치는 요소로는<sup>16)</sup> 도말층 존재 여부, 입자 조성, dimentional change, plasticity, 충전방법, 충전압 및 burnishing 등이 있는데, 도말층은 수복 재료와 하방의 상아질과의 접촉 계면에 존재하는 층으로써 구성 입자는 매우 미세하고 산에 용해가 잘되며 구강내 타액에 의해 잘 씻겨나간다. 대개 수복물 하방의 도말층은 변연 누출시 수복재와 치질과의 틈새로 타액과 세균이 이동하여 용해된다.

초기에 변연 누출을 줄이면서 술후의 민감증을 줄이기 위해 사용된 varnish는 도말층과 상아질 표면을 덮어 상아세관을 폐쇄하여 위해 자극원이 상아세관을 통하여 치수로 침투하는

것을 막고, 치료 후 치수 과민반응과 galvanic shock을 경감시키며 충전물 변연에서 폐쇄를 돕는 이장재로 사용되어 왔다. Varnish는 gum copal, 합성레진 및 rosin을 유기용매에 녹인 것으로 그외에 불소, thymol, eugenol 등이 첨가될 수 있다<sup>28)</sup>. 보통 1회 도포시 Copalite의 경우 30초면 건조되고 2 $\mu$ m 두께로 얇으므로 많이 사용되는데, 보통 2회 도포를 추천하며 전통적으로 아말감 하방에서 변연누출을 줄이는 이장재로 사용되어 왔다.<sup>45, 46, 50, 55)</sup> 그러나 그 효과에 대해서는 초기의 Barber등<sup>7)</sup>, Dolyen<sup>18)</sup>, Andrew & Hembree<sup>4)</sup>, Swartz & Phillips<sup>67)</sup>의 연구에서는 변연 누출 방지에 효과적이라고 하였으나, Powell등<sup>61)</sup>은 치질과 아말감의 접촉 계면에서 varnish를 사용하였을 때 시간이 지남에 따라 미세한 용해가 일어나기 때문에 변연 누출이 증가한다고 하였고, Leelawat등<sup>42)</sup>은 구강내 타액에 의해 실험상 4-24% / weight / week 비율로 용해되어 결국 6개월 후에는 완전히 소실된다고 하였다. 이처럼 copal / varnish는 초기 변연 누출을 효과적으로 줄일 수 있지만 그 작용기전은 단지 치질과 아말감 사이의 틈새를 막아주는 mechanical barrier일 뿐 아말감이나 치질과 화학적인 결합은 일어나지 않는다. 따라서 이러한 copal / varnish는 구강내 반복적인 교합압과 thermal stress에 의해 타액에 점차 용해되어 접촉 계면에서 변연 누출을 허용할 수 있다.

아말감 수복의 임상적인 유용성을 증가시키기 위한 방법으로 Ben-Amer등<sup>29)</sup>은 Scotchbond adhesive를 제 2급와동의 이장재로 사용시 상아질 와동 경계부의 완전한 밀폐를 보고하였으며, Smith는<sup>62)</sup> varnish는 thermal stress에 용해되어 사라지지만 상아질 접착제의 경우는 단지 기계적인 접착 뿐 아니라 상아질과 분자 화학적인 측면에서도 화학적인 결합을 하기 때문에 상대적으로 변연 폐쇄에 더 효과적이라고 하였다. Schimizu등은 panavia cement을 이장재로 사용하여 아말감 주위의 변연 누출을 줄이는 데 일시적으로 효과는 있었지만 완전한 변연부 밀폐를 얻지 못했음을 보고하였다.

Panavia Ex는 BIS-GMA계통의 phosphate

ester로써 filler를 포함하여 보통 인레이, 은레이, crown 접착시 사용되는 자가중합용 레진으로 치과 구조용 합금이나 치질과도 결합이 가능한 것으로 보고되고 있다. 그러나 Eliades<sup>22)</sup>는 phosphate ester계통의 접착제는 상아질의 칼슘과 이온결합을 통하여 결합하며, 수분과 접촉시  $Ca^{2+}$ -phosphorus의 결합기전이 깨어짐으로써 견고한 결합이 불가능하여 수분에 대한 phosphate monomer의 비효율성을 지적하였다.

아말감 이장재로 최근 접착성 레진을 많이 사용하고 있는데, 이들 재료의 사용 목적은 아말감과 치질과의 밀접한 결합을 유도하고 Black이 제안한 예방 확대의 개념을 수정하는 불필요한 치질삭제량을 줄여 수복물의 유지를 증가시키고 변연 누출을 줄여 술후의 민감증을 없애기 위한 이장재로 사용이 제안되었다. Staninec<sup>66)</sup>은 접착성 레진이장재와 아말감 유지를 위한 undercut과의 상호연관성을 알아보기 위한 실험에서 기계적인 유지형태보다는 레진 이장재를 이용한 균에서 수복물의 유지가 지속됨을 보고하였고, Coolly와 Tseng<sup>12)</sup>은 제 5급형 아말감 충전시 교합면과 치은쪽의 와동 경계는 4-META로 처리한 균이 copal/varnish균보다는 변연 누출이 현저히 줄었음을 보고하였다. 이와같이 접착성 레진이장재는 와동의 경계부를 밀폐함으로써 수복물 주위의 변연 누출을 줄일 수 있다고 보고되고 있다.

본 연구에서는 4-META계통의 superbond D-liner, All-bond 2 및 light curing glass-ionomer 이장재인 Vitrebond를 사용하였다.

Glass ionomer cement은 fluoroaluminosilicate glass분말과 polyacrylic acid액으로 구성되어 혼합시 용액내 수소이온에 의해 glass에서  $Ca^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $F^{2-}$  등이 유리되면서 수소이온에 의해 대체되어 표면에 silicious gel이 형성된다. 이때 유리된 금속이온 중 초기 경화시에는  $Ca^{2+}$ 에 의해, 후기 경화시에는  $Al^{3+}$ 에 의해 다염기 기질을 형성한다.<sup>66)</sup> 치질과의 결합은 상아질과 법랑질에 있는 apatite와의 결합에 의해 이루어지며 상아질내에 25% 가량 존재하는 교원섬유와의 결합은 무시할 정도이다. Glass ionomer

cement은 법랑질과 상아질 및 백아질과의 화학적 접착력이 우수하고 중합 수축이 적고 열팽창계수가 치질과 비슷하여 우수한 변연 접착성을 보이며 치수에 대한 위해 작용이 적고 불소 이온을 유리하여 항우식 작용 등의 장점이 있다고 하였다.<sup>49, 51, 59, 66)</sup> 그러나 마모저항성, 압축강도, 인장강도 및 경도가 낮고 표면 평활정도가 떨어지며 자연경화로 치명적인 수분오염의 가능성이 증가하는 단점이 있다.<sup>14, 52)</sup> 자연 경화로 인한 수분오염을 줄이기 위해 개발된 것이 광중합형 glass ionomer cement로 구성 성분에 빛을 감지할 수 있는 물질과 HEMA, 광중합기시제 및 methacryoxy group이 달려있는 polyacrylic acid를 사용함으로써 기존의 산염기반응이 일어나는 동안 빛에 의한 중합기전에 의해 짧은 시간내에 초기경화를 획득할 수 있다.<sup>8, 34, 36)</sup> 또한 Joynt, Davis<sup>35)</sup> 40%, 25%, 10% polyacrylic acid 사용시 결합력이 모두 증대되었는데, 10% 사용시 가장 우수한 결합력을 얻을 수 있다고 하였으며 Aboush<sup>2)</sup>은 uncured vitrebond와 아말감과의 bonding을 보고하였다. 최근에는 아말감 하방 이장재로 불소유리, 상아질과의 결합, 낮은 열전달을 등의 장점때문에 사용이 증가되고 있다.

상아질 접착제의 결합 기전은 여러가지가 있으며 그 중 1980년 Nordenvall과 Brannstrom은 부식된 상아질의 상아세판내로 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 component사이의 화학적 결합을 제시했으며 Nakabayashi등은 미리 처리한 dentinal substrate의 하부 구조로 monomer가 침투해 들어가서 그곳에 중합이 일어나 소위 hybrid layer를 형성하는 기전을 제시했다.

All-bond 2 system은 dentine conditioner와 primer, adhesive resin으로 구성되어 있다. Dentine conditioner는 10% phosphoric acid를

포함하고 있으며, primer A는 NTG-GMA in acetone을, primer B는 BPDM in acetone으로 구성되어 있고 unfilled resin adhesive는 hydrophilic monomer인 HEMA를 가지고 있다. All-bond 2 system은 primer 성분에 들어있는 acetone이 물과 접촉시 vapor pressure를 야기시켜 일부는 증기화시키고 표면장력을 감소시켜 resin mixture가 물로 coating되어 있는 상아세관 안으로 침투될 수 있게 하기 때문에 상아세관이 완전히 건조되지 않은 상황에서 강한 결합력을 보일 수 있다고 한다.

4-META 계열인 superbond D-liner는 친수성 및 소수성기를 갖고 있어 중합과정에서 치질과의 접착을 촉진하며 법랑질, 상아질은 물론 금속 alloy와의 접착도 보고되고 있는데, Nakabayashi등은<sup>57)</sup> 탈회된 상아질의 subsurface내로 monomer의 확산 및 침투가 일어나고 중합 결과 견고하고 acid-resistant하며 resin, collagen 및 hydroxyapatite crystal로 이루어진 수지침층을 형성하며 이를 resin-dentine composite이라 하였다. Hybrid layer의 형성 조건으로는 첫째 dentin substrate의 penetrability가 좋아져야 하는데 만일 pure acid로 상아질을 처리할 경우 건조과정 중 노출된 collagen의 collapse를 야기하여 변성을 야기하지만 10-3용액으로 상아질을 처리하면 노출된 collagen을 ferric ion이 안정화시켜 상아질의 penetrability를 좋게 한다. 둘째 monomer의 확산성이 우수해야 하는데 4-META/MMA-TBB resin의 경우 결합력을 증가시키기 위해 PMMA powder가 있어야 하지만 film thickness가 커지는 단점때문에 powder대신 고분자량의 methacrylate인 HEMA를 첨가하여 monomer의 diffusability를 개선시킨 제품이 superbond D-liner이다. 4-META adhesive의 반응 기전은 10-3용액으로 상아질 처리 후 노출된 collagen에 ferric ion이 작용하여 collapse를 막아주고 안정화시키면 반응개시제인 TBB가 상아질의 수분과 산소를 촉매제로하여 접촉 계면에서 중합반응이 시작되고 중합수축 반응은 반응개시점을 향한다. 더욱이 이러한 레진계통의 이장재는 아말감 alloy와 organo-

metallic bonding을 함으로써 변연 누출을 줄이는데 기여할 수 있다고 보고되고 있다. Saiku 등은 4-META를 접착제로 사용하였을 때, copalite를 사용한 아말감 충전물보다 적은 미세 누출을 보인다고 하였으며, 변연 누출의 형태도 상아세관으로 침투하는 형태가 아니라 아말감-접착제의 계면에 국한되어 보인다고 보고하였다.

아말감과 접착제의 접착은 미세역학적, 화학적 결합「micromechanical, chemical (hydrogen bonding)」 등으로 추측된다. Charlton, Moore등은<sup>58)</sup> 아말감과 레진이장재의 화학작용은 아말감의 압축강도에 영향을 미친다고 하였고 레진접착제를 이장재로 사용하는 경우에는 중합이 일어나기 전에 아말감을 충전해야 하는데 이때 두 물질간에 micromechanical bonding이 일어나 경화되지 않은 아말감이 레진을 둘러싸고 아말감 alloy가 굳으면서 레진내로 연결되어 결합된다고 하였다.

아말감 접착제의 주성분은 상아질 접착제와 유사하나 접착면의 종류가 상아질인 복합레진의 경우와는 상황이 매우 다르다. 치아와 접착제 사이의 계면은 상아질 접착제와 마찬가지로 미세기계적 결합에 관한 이론이 적용되나, 다른 계면인 아말감과 접착제 사이는 기계적으로 얽힘 구조를 이루어야 서로 연결될 수 있다. 따라서 접착제가 얇게 도포된 경우와 아말감과 접착제간에 적당한 얽힘 구조를 형성하지 못한 경우에는 실패를 초래하는데, 접착제의 도포 두께는 상대적으로 두꺼워 10-15 $\mu$ m정도가 되어야 아말감과 기계적으로 얽힘 구조를 이룰 수 있다. 금등<sup>59)</sup>의 접착성 레진이장재를 이용한 전자현미경적 연구에서는 no liner, copal / varnish군에서는 아말감과 와동벽사이에 연속적인 gap이 보였고 도말층과 copal/varnish로 보이는 층이 관찰되었으며, All-bond 2와 4-META adhesive인 superbond D-liner군에서는 아말감과 와동벽 사이의 공간이 resin liner로 보이는 물질로 거의 채워져 있었고 상아세관안으로도 레진 tag이 침투된 양상이 관찰되었으며, resin liner는 아말감보다는 치질과 좀 더 밀착된 결합양상을 보이며 불규칙적인 균열선도 관찰됨을



보고하였다.

최근에는 아말감에 대한 결합 강도를 증가시킨 새로운 제품이 소개되었는데, All-bond 2는 All-bond Liner F로 Amalgambond는 Amalgambond plus HPA로 변화되었다. 두 제품의 화학적 성상은 서로 다르지만 모두 아말감과의 기계적 결합을 유도하기 위해 filler를 첨가하여 아말감 응축시 filler에 의한 요철에 아말감이 결합될 수 있는 개념으로 개발되었다. Amalgambond HPA (high performance adhesive)에서는 methylmethacrylate fiber를 filler로 사용하고, All-bond Liner-F에서는 filler로 barium, glass, strontium, quartz를 이용하며 불소 성분으로는 MEMHF (Morpholine ethylmethacrylate hydrofluoride)를 이용하여 결합 강도를 2-3배 증가시켰다. 앞으로 아말감 접착제의 응용에 새로운 장을 열 수 있을지 지속적인 연구가 필요하다.

본 실험에서 변연 누출 정도를 비교하였을 때, Vitrebond, All-bond 2, Superbond D liner group이 Copalite group보다 상아질의 색소 침투가 현저히 감소하였다. ( $P < 0.05$ ) Copalite group은 No liner group과 상아질의 색소 침투에 차이가 없었으며, Vitrebond와 Superbond D-liner group간에는 통계학적 차이가 없었지만, Vitrebond와 All-bond 2 group사이에는 통계학적 차이가 존재하였다.

본 실험에서 비교적 미세 변연 누출이 크게 나타난 것은 1000회 thermocycling과 3일동안 색소가 침투되도록하여 관찰했기 때문으로 사료된다.

수복 재료로 glass ionomer 수복시 미세 변연 누출에 대한 실험 보고에서는 glass ionomer는 충전 과정시 condensing불가능, manipulation상의 취약점 및 범랑질에서의 상대적 약한 결합력, 온도 변화에 따른 민감한 물성 변화 등으로 큰 변연 누출을 보이는데, 아말감 하방에 사용시 변연 누출 감소에 다른 상아질 접착제와 비슷한 효과를 보이고 더구나 이장재료부터 지속적인 불소유리에 의한 항우식, 항세균 작용, 또한 다른 상아질 접착제 비해 슬식상의 덜 복잡함등을 고려한다면 임상적 유용성이

있으리라 사료된다.

Going과 Sawinsky, Guzman등은<sup>30)</sup> 온도 변화가 있게 되면 충전물의 변연 누출이 증가함을 보고하였다. 실험 치아들은 생활 치수를 가지고 있지 않으므로 상아세관액의 운동에 의한 영향이 배제되며, 이번 실험에서도 구강내 조건을 재현하기 위해 5°C / 55°C thermocycling을 1000회 시행하였는데 이러한 과정이 실제 생체내의 과정을 그대로 반영하는 지는 의문이 있다.

미세 누출을 측정하는 방법으로 색소 침투법을 사용하였는데 이는 객관성이 부족하고 정량 분석이 불가능하다. 또한 색소 침투도를 평가하기 위해 시편의 수직절단을 시행하는데 절단면에서의 색소 침투도가 그 시편에서의 전반적인 침투정도를 대표한다고 보기는 어렵다. 색소를 이용한 변연누출 실험에 대한 임상적 응용에서는 색소 분자와 세균의 크기가 차이 나므로 색소가 침투했다고 해서 세균이 침투하는 것은 아니며, 재료로부터의 불소 배출에 의한 세균 억제 기능도 고려하여야 할 것이다.

변연 누출의 평가 실험에서는 수복물의 모든 부위에서 변연 누출을 측정하는 것이 바람직한 것으로 사료되며, 앞으로 resin liner와 수복물 사이의 접촉 계면에서 일어나는 결합 기전에 대한 분자화학적 측면에서 지속적인 연구와 수복물과 치질의 열팽창계수의 차이에 따른 수축과 팽창을 어느정도 보상할 수 있는 bonding agent의 개발이 필요하리라 사료된다.

## V. 결 론

유구치에서 아말감 하방 레진이장재의 변연 누출도를 평가하기 위해 Vitrebond, All-bond 2, Superbond D-liner를 실험군, Copalite, No liner를 대조군으로 하여 제조회사의 지시에 따라 인위적으로 형성한 와동에 도포한 후 아말감을 충전하였다. Carving 후 24시간 후에 표면을 연마하고 24시간 동안 생리식염수에 보관하였다가 5°C 와 55°C 의 물에 번갈아 1분간 1000회 온도 변화를 거친 다음 methylene blue dye를 이용한 색소 침투법으로 변연 누출도를 관찰하여 다음의 결론을 얻었다.

1. Vitrebond, All-bond 2, Superbond D-liner group이 이장재를 사용하지 않은 군에 비해 낮은 색소 침투도를 보였으며 통계학적 유의차가 있었다. (Kruskal-Wallis analysis,  $P < 0.05$ )
2. Vitrebond, All-bond 2, Superbond D-liner group이 Copalite 군에 비해 낮은 색소 침투도를 보였으며 통계학적 유의차가 있었다. (Kruskal-Wallis analysis,  $P < 0.05$ )
3. 이장재를 사용하지 않는 군과 Copalite군 사이에는 색소 침투도 정도에 통계학적 유의차가 없었다. (Mann-Whitney analysis,  $P > 0.05$ )
4. All-bond 2 group이 Vitrebond group에 비해 낮은 색소 침투도를 보였으며 통계학적 유의차가 있었고, (Mann-Whitney analysis,  $P < 0.05$ ) Superbond D-liner group이 Vitrebond group에 비해 낮은 색소 침투도를 보였으나 통계학적 유의차는 없었다. (Mann-Whitney analysis,  $P > 0.05$ )

#### 참고 문헌

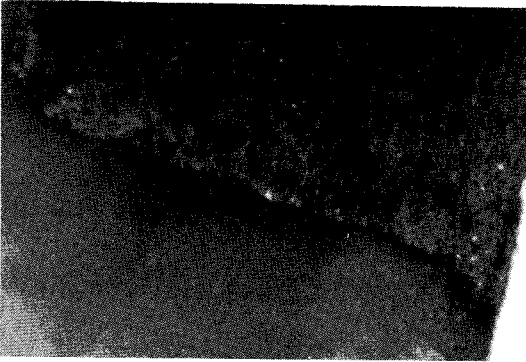
1. Aboush, Y. E. Y., Al-Moayad, M., Elderton, R.J. : Bonded amalgam restorations : a comparative study of glass-ionomer and resin adhesives. Bri dental J, 175 : 363-367, 1993.
2. Aboush, Y. E. Y., Elderton, R.J. : Bonding dental amalgam to a light-curing glass-ionomer liner/base. Bri dental J, 170 : 219-222, 1991.
3. Allan, D. N. : The durability of conservative restorations. Bri Dent J, 126 : 172-177, 1969.
4. Andrews, J. T., Hembree, J. H. Jr. : In vitro evaluation of marginal leakage of corrosion-resistant amalgam alloy. J. Dent. Child, 542 : 367-370, 1975.
5. Andrews, J. T., Hembree, J. H. : Marginal leakage of amalgam alloys with high content of copper : A Laboratory study. Oper dentistry, 5 : 7-10, 1980.
6. Balanko, M. : Bonded silver amalgam restorations. J. Esthe. Dent., 4 : 54-57, 1992.
7. Barber, D., Lyell, J., Massler, M. : Effectiveness of copal resin varnish under amalgam restorations. J. Prosth. Dent. 14 : 533-536, 1984.
8. Barry, T. I., Clinton, D. J., Wilson, A. D. : The structure of a glass ionomer cement and its relationship to the setting process. J. Dent. Res, 58 : 1072-1079, 1979.
9. Brekhus, P. J., Armstrong, W. D. : Civilization A disease. J.A.D.A. 23 : 1459-1470, 1939.
10. Chang, J., Scherer, W., Martini, R. : Shear bond strength of a 4-META adhesive system. J. of pros. dentistry, 67 : 42-45, 1992.
11. Cooley, R. L., McCourt, J. W. : Bond strength of resin to amalgam as affected by surface finish. Quintessence Int., 20 : 237-239, 1989.
12. Cooley, R. L., Tseng, E. Y. : Dentin bond strength and microleakage of 4-META to amalgam and composite. J. Dent. Res, 70 : 395, 1035, 1991.
13. Craig, R. G. : Restorative Dental Materials. 7th ed., C. V. Mosby Co., 1985.
14. Crip, S., Lewis, P. G., Wilson, A. D. : Glass ionomer cement : Chemistry of erosion. J. Dent. Res., 55 : 1032-1041, 1976.
15. Dahl, J. E., Eriksen, H. M. : Reasons for replacement of amalgam dental restorations. J. Dent. Res., 86 : 404-407, 1978.
16. David, B., Mahler. : Factors affecting the marginal leakage of amalgam. J. A. D. A., 108 : 51-54, 1984.
17. Dawson, L. R., Simon, J. F., Taylor, P. P. : Use of amalgam and stainless steel restorations for primary molars. J Dent Child., 48 : 420-422, 1981.

18. Dolyen, R. C. : Micromasurement of cavity lining using U-V and reflected light and the effect of the liner on marginal penetration evaluated with Ca<sup>45</sup>. *J Dent Res.*, 45 : 12–15, 1966.
19. Douglas, W. H., Chen, C. J., Craig, R. G. : Neutron activation analysis of microleakage around a hydrophobic composite restorative. *J dent Res.*, 59 : 1507–1510, 1980.
20. Eakle, W. S., Staninec, M., Lacy, A. M. : Effect of bonded amalgam on the fracture resistance of teeth. *J of pros dentistry*, 68 : 257–260, 1992.
21. Easton, G. S. : Cause and prevention of amalgam failures. *J. A. D. A*, 28 : 392–399, 1941.
22. Eliades, G. C., Vouglouklakis, G. J. : P–NMG study of p-based dental adhesives and electron probe microanalysis of simulated interfaces with dentin. *J. Dent Mater*, 5 : 101–108, 1989.
23. Ben-Amar, A., Nordenberg, D., Fisher, J. : The control of marginal leakage in amalgam restorations using a dentine adhesive : a pilot study. *Dent. Mater.* 3 : 94–99, 1987.
24. Fitchie, J. G., Hembree, J. H. : Microleakage of a new cavity varnish with a high-copper spherical amalgam alloy. *Oper Dent.*, 15 : 136–140, 1990.
25. Geiger, F., Reller, U., Lutz, F. : Burnishing, finishing, and polishing amalgam restorations : a quantitative scanning electron microscopic study. *Quintessence international*, 20 : 461–468, 1989.
26. Gendusa, N. J. : Hydrolysis of 4–META / MMA–TBB resin : A Myth. *J. Esthe. Dent.*, 4 : 58–60, 1992.
27. Going, R. E., Sawinski, V. J. : Marginal leakage of a new restorative material. *J. A. D. A*, 73 : 101–105, 1966.
28. Going, R. E. : Status report on cement bases, cavity liners, varnishes, primers and cleansers. *J. A. D. A.*, 85 : 654–660, 1972.
29. Greasley, A., Baker, D. L. : Physical properties of lathe-cut and spherical amalgams. *Bri Dent J.*, 144 : 303–311, 1978.
30. Guzman, H. J., Swartz, M. L., Phillips, R. W. : Marginal leakage of dental restorations subjected to thermal stress. *J. Pros Dent*, 21 : 166–175, 1969.
31. Hadavi, F., Hey, J. H., Ambrose, E. R. : The influence of an adhesive system on shear bond strength of repaired high-copper amalgams. *Oper dentistry*, 16 : 175–180, 1991.
32. Harper, W. E. : The character of the adaptation of amalgam to the walls of cavity attained by present methods of instrumentation and the use of the best known alloys, as indicated by the air pressure test. *Dent rev.*, 26 : 1179–1198, 1917.
33. Healey, H. J., Phillips, R. W. : A Clinical study of amalgam failures. *J Dent Res.*, 28 : 439–446, 1949.
34. Jordan, R. E., Suzuki, N., Maclean D. F. : Light cured glass-ionomer. *J. Esthe. Dent.*, 2 : 53–61, 1990.
35. Joynt, R. B., Davis, E. L., Pierse, E. L. : Effect of dentinal pretreatment on bond strength between glass ionomer cement and dentine. *Oper. Dent.*, 15 : 173–177, 1990.
36. K. Hinoura, M. Miyazaki, H. Onose. : Dentine bond strength of light cured glass ionomer cement. *J. Dent.*, 70 : 1542–1544, 1991.
37. Kelsey, W. P., Panneton, M. J. : A comparison of amalgam microleakage between a copal varnish and two resin-compatible cavity varnishes. *Quintessence international*, 19 : 895–898, 1988.
38. Kidd EAM. Microleakage : a review. *J Dent.*, 4 : 199, 1976.

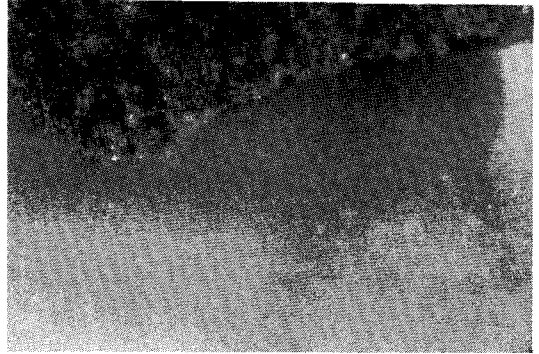
39. Lacy, A. M., Staninec, M. A. : The bonded amalgam restoration. Quintessence international, 20 : 521-524, 1989.
40. Leelawat, C., Scherer, W., Chang, J : Addition of fresh amalgam to existing amalgam utilizing various adhesive liners : A SEM Study. J. Esthe. Dent., 4 : 50-53, 1992.
41. Leelawat, C., Scherer, W., Chang, J : Bonding fresh amalgam to existing amalgam : A shear and flexural strength study. J. Esthe. Dent., 4 : 46-49, 1992.
42. Leelawat, C. : Addition of fresh amalgam to existing amalgam utilizing various adhesive liners : A SEM study. J Esthet Dent., 4 : 50-53, 1992.
43. Leinfelder, K. F., Lemons, J. E. : Clinical restorative materials and techniques. Lea & Febiger, Philadelphia, 1988, 1-27.
44. Leinfelder, K. F. : The amalgam restoration. Dent Cli North America, 27 : 685-696, 1983.
45. Lund, N. H., Matthews, J. L., Miller, A. W. : Cavity varnish and its application : 'Once is not enough' J. Prosth. Dent, 40 : 534-537, 1978.
46. Lyell, J., Babber, D., Massler, M : Effects of saliva and sulfide solutions on the marginal seal of amalgam restorations. J Dent Res., 43 : 375-379, 1964.
47. Mahler, D. B., Marantz, R. L. : The effect of the operator on the clinical performance of amalgam. J. A. D. A., 99 : 38-41, 1979.
48. Mahler, D. B., Terkla, L. G., Van Eysden, J. : Marginal fracture of amalgam restoration. J Dent Res., 52 : 823, 1973.
49. Maldonado, A., Swartz, M.L., Phillips, R. W. : An *in vitro* study of certain properties of a glass ionomer cement. J. A. D. A. 96 : 785-791, 1978.
50. Martin, N. D., : The permeability of the dentin to P32 using the direct tissue radioautography technique. Oral Surg, 41 : 1461-1464, 1951.
51. Mckinney, J. W., Antonucci, J. W., Rupp, N. W. : Wear and microhardness of glass ionomer cements. J. Dent. Res., 66 : 1134-1139, 1987.
52. Mclean, J. W., Wilson, A. D., : The clinical development of the glass ionomer cement : formation and properties. J. Dent. Res., 22 : 31-36, 1977.
53. Michael, B. : Bonded silver amalgam restorations. J. Esthe. Dent., 4 : 54-57, 1992.
54. Mojon, P., Hawbolt, E. V., MacENTEE, M. I. : Maximum bond strength of dental luting cement to amalgam alloy. J Dent Res, 68 : 1545-1549, 1989.
55. Mortensen, D. W., Boucher, N. E., Ruge, G. : A method of testing for marginal leakage of dental restorations with bacteria. J Dent Res., 44 : 58-63, 1965.
56. Myers, D. R. : Factors producing failure of class II silver amalgam restorations in primary molars. J Dent Child., 44 : 226-229, 1977.
57. Nakabayash, N., Gendusa, N. J. : Dentine adhesion of modified 4-META /MMA-TBB resin : function of HEMA. Dent mater, 8 : 259-264, 1992.
58. Newman, S. M. : Microleakage of a copal rosin cavity varnish. J of pros dent, 51 : 499-502, 1984.
59. Pashley, D. H. : Dentine bonding : overview of the substrate with respect to adhesive materials. J. Esthe. Dent., 3 : 133-138, 1991.
60. Phillips, R. W., Gilmore, H. W. : Adaptation of restorations in vivo and assessed by Ca<sup>45</sup>. J Am Dent Assoc., 62 : 9-20, 1961.
61. Powel, G. L., Daines, D. J. : Solubility of cavity varnish : a study *in vitro*. Oper Dent., 12 : 48-52, 1987.
62. Smith, G. A., Wilson NGF. : Microleakage

- of conventional and ternary amalgam restoration *in vitro*. *Bri Dent J*, 144 : 69, 1978.
63. Sneed, W. D., Hembree, J. H. : Effectiveness of three cavity varnishes in reducing leakage of a high-copper amalgam. *Oper Dent*, 9 : 32-34, 1984.
  64. Stainec, M., Holt, M. : Bonding of amalgam to tooth structure : tensile adhesion and microleakage tests. *J. Pros Dent.*, 59 : 397-402, 1988.
  65. Staninec, M. : Retention of amalgam restorations : undercuts versus bonding. *Quintessence international*, 20 : 347-351, 1989.
  66. Sumiya, Hobo : *Esthetic adhesive dentistry*. Koonja publishing, 27-96, 1991.
  67. Swartz, M. L., Phillipse, R. W. : In vitro studies on the marginal leakage of restorative materials. *J. A. D. A.*, 62 : 141-151, 1961.
  68. Swartz, M. L. : Research in dental materials. *J. A. D. A.*, 79 : 901-917, 1969.
  69. Swarzt, M. L., Charlton, P. G. : *In vitro* evaluation of the use of resin liners to reduce microleakage and improve retention of amalgam restoration. *Oper Dent.*, 17 : 112-119, 1992.
  70. Symer, A. L., Wing, G. : Microscopic investigation of marginal adaptation of dental amalgam (Abstract). *J Dent Res.*, 60 : 1064-1069, 1981.
  71. Tanaka, T., Nagata, K., Takeyama, M., Masuhara. : 4-META opaque resin. A new resin strongly adhesive to nickel chrome alloy. *J Dent Res.*, 60 : 1697-1706, 1983.
  72. Temple-Smithson, P. E., Causton, B. E., Marshall, K. F. : The adhesive amalgam-fact or fiction ?. *Bri dental J*, 172 : 316-319, 1992.
  73. Wang, T., Nakabayashi, N. : Effect of 2-(Methacryloxy)ethyl phenyl hydrogen phosphate on adhesion to dentine. *J. Dent RES* 70(1) : 59-66, 1991.
  74. Wiczowski Jr, G., Yu, X. Y., Joynt, R. B. : Microleakage evaluation in amalgam restorations used with bases. *J. Esthe. Dent.*, 4 : 37-40, 1992.
  75. Youdelis, W. V. : Amalgam as a restorative material : Is there anything new ?. *J. Esthe. Dent.*, 4 : 61-63, 1992.
  76. Yu, X. Y., Wei, G., Xu, J. W. : Experimental use of a bonding agent to reduce marginal microleakage in amalgam restoration. *Quintessence international*, 18 : 783-787, 1987.
  77. 강창성, 이정석 : 수종의 상아질 접착제의 제 V급 와동에서의 미세변연누출에 관한 비교연구. 연세대학교 대학원 치의학과 석사학위 논문, 1994.
  78. 권병렬, 이종갑 : 상아질 접착제를 사용한 광중합 복합레진과 glass ionomer cement의 전단결합력에 관한 연구. 연세대학교 대학원 치의학과 석사학위 논문, 1995.
  79. 금기연 등 : 수종의 접착성 레진이장체의 미세변연누출에 관한 전자현미경적 연구. *대한치과의사협회지*, 32(9) : 654-664, 1994.
  80. 김강연, 박영준 : 상아질 결합제 종류에 따른 레진/상아질 결합계면에 관한 연구. 전남대학교 대학원 치의학과 석사학위 논문, 1994.
  81. 김보혜, 손홍규 : 광중합 glass ionomer cement의 결합강도에 대한 실험적 연구. *대한소아치과학회지*, 20 : 590-600, 1993.
  82. 이선희, 손홍규 : 수종 치과재료의 제 I급 와동에서의 변연 누출에 관한 실험적 연구. 연세대학교 대학원 치의학과 석사학위 논문, 1995.
  83. 정미영, 김종철 : 유구치 II급 아말감 수복물의 임상적 실패에 대한 연구. *대한소아치과학회지*, 19 : 1-9, 1992.

논문 사진 부도



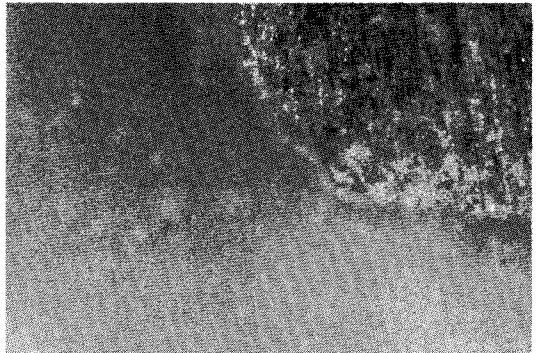
〈Copalite group의 dye penetration〉



〈Vitrebond group의 dye penetration〉



〈All bond 2 group의 dye penetration〉



〈Superbond D-liner group의 dye penetration〉