

수종의 접착제를 사용한 아말감 수복시의 미세 변연 누출에 관한 연구

서울대학교 치과대학 치과보존학교실

최상철 · 박준일 · 권혁춘

Abstract

MICROLEAKAGE EVALUATION IN AMALGAM RESTORATIONS USED WITH BONDING AGENTS

Sang-Cheol Choi, Joon-Il Park, Hyuk-Choon Kwom

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Seoul National University

The purpose of this study was to evaluate the effectiveness of copal varnish and five bonding agents(Scotchbond Multi-Purpose Plus Dental Adhesive System, Panavia 21, All Bond 2, Superbond D-Liner II plus, Fuji Duet) in reducing microleakage under amalgam restorations.

Class V cavity were prepared on both buccal and lingual surface of sixty extracted human molars with cementum margin and were filled with different kinds of liners and amalgam. All teeth were stored at 37°C in physiologic saline solution.

After 1 week they were thermally stressed for 500 cycles between 5 and 55 °C in baths containing 0.5% basic fuchsin dye.

The dye penetrations were observed with a stereomicroscope.

Scanning electron micrographs were taken of representative tooth sections from each group to assess the nature of the tooth/liner/amalgam interface.

The statistical test were applied to the results using a one way analysis variance (ANOVA) and Duncan's multiple range test.

* 본 연구는 '95년도 서울대학교 병원 지정 진료연구비 지원에 의한 결과임.

The results were as follows :

1. In all groups, the enamel margin showed significantly lower leakage value than the cementum margin ($p < 0.05$).
2. At the dentin and enamel margins, the leakage value of Copalite-lined group showed significantly higher than that of no liner group ($p < 0.05$), but showed significantly lower than that of bonding agent lined-groups ($p < 0.05$).
3. There was no significant difference between the bonding agent lined-groups ($p > 0.05$).
4. On the backscattered scanning electron microscopy observation, discontinuous gaps were observed between amalgam and dentin in the bonding agent-lined amalgam restorations and the bonding agents appeared to fill the gap space and were mixed with amalgam particles.

At the amalgam/tooth interface, unsealed dentin and continuous gaps were found in both unlined and Copalite-lined restorations.

Key words : bonding agent-lined amalgam restoration, liner, microleakage, backscattered image of scanning electron electron microscopy

I. 서 론

1826년 이후로 아말감은 조각의 편이성, 물성, 가격, 수명, 그리고 생체 적합성 등의 이유로 구치부 수복에 사용되어 왔다¹⁾. 그러나 아말감 수복에 있어서 가장 큰 단점으로 지적되는 것이 아말감은 접착되는 재료가 아니기 때문에 상당한 양의 건전 치질을 삭제해야 하고 이로 인해 치질을 강화시키기보다는 약화시키게 된다는 것이다. 또한 아말감 수복시 변연에 존재하는 틈에 기인하는 미세 누출로 인하여 치아 변색, 변연부 파절, 상아질 과민성, 이차 우식, 그리고 치수 자극이 일어나게 된다.

Mertz-Fairhurst 와 Newcomer는²⁾ 아말감 수복후 주사 전자 현미경(SEM)으로 와동과 아말감 사이의 미세한 틈을 관찰하여 평균적으로 41 μ m의 두께를 가진다고 보고하였다. 아말감 입자의 형태에 따라 미세 누출은 영향을 받는데 Mahler와 Nelson은³⁾ 구상형 합금인 Tytin이 혼합형 합금인 Dispersalloy보다 더 큰 미세 누출을 보인다고 했다.

시술후 초기의 미세 누출과 시술후의 과민 반응을 줄이기 위해 cavity varnish를 사용하게 되었는데 Ben-Amar등⁴⁾은 재래형, 구상형 아말감 모두에서 Copalite cavity varnish의 사용으로 현저하게 미세누출이 감소하였으며 혼합형 아말감은 varnish없이도 좋은 결과를 나타냈다고 했다. 그러나 Liberman등⁵⁾은 시간이 경과할수록 미세 누출에서의 varnish의 역할은 감소하여 영구적인 변연 폐쇄는 일어나지 않는다고 했다.

Buonocore⁶⁾는 인산으로 법랑질의 표면을 처리하여 레진을 치아에 접착시켰고, Fusayama 등^{7,8,9)}은 상아질을 표면 처리하게 되면서 법랑질과 상아질에 여러 종류의 수복 재료를 접착시키려는 노력이 계속되고 있다. 또한 인산 시멘트를 이용해 아말감의 유지를 증가시키려는 시도가 1920년대에 있었으며 이는 Baldwern technique이라고 알려졌다.

최근에 상아질 접착제를 아말감 이장재로 사용하여 미세 누출을 감소시키는데 좋은 결과를 나타낸다는 보고가 있다.^{10,11,12)} 더 나아가

아말감 수복의 임상적 사용을 증가시키기 위해 아말감과 치질 사이에서 화학적으로 결합하는 재료를 개발하려 하고 있다.

접착제의 결합을 증가시키기 위한 상아질에 대한 산 처리가 치수에 유해하다는 보고가 있었으나^{13,14} 현재는 산 부식으로 인한 변연 누출과 상아 세관의 개방으로 인한 세균의 침입 등이 치수에 유해하며^{15,16} 산부식 자체는 치수에 유해하지 않다는 보고가 지배적이고^{17,18} 대부분의 상아질 접착제에서 법랑질과 동일하게 산 표면 처리제를 이용하고 있다. 도말층을 제거하는 상아질 접착제의 경우 산 표면 처리제는 일정 깊이 까지 상아질을 탈회시켜 콜라겐 섬유층을 노출시키며, 여기에 친수성 단량체로 구성된 접착강화제(primer)가 침투되어 이후의 접착 레진의 침투가 용이하게 콜라겐 섬유들의 배열을 변화시키게 된다. 결과적으로 콜라겐 섬유와 접착 레진 사이에 미세 기계적 결합이 이루어지게 되고 하이브리드층이 형성되게 된다.

Varga등¹⁹은 변연부 미세 누출을 줄이기 위해 법랑질과 상아질에 결합하는 4-META (4-methacryloxy-ethyl trimellitate anhydride) resin과 Panavia adhesive resin을 사용하여 우수한 결과를 얻었다. 금속에 대한 4-META의 결합은 미세 기계적인 결합과 화학적 결합에 기인하며²⁰ 상아질에 대한 결합은 전적으로 미세 기계적인 결합에 기인한다²¹. Saiku등²²은 아말감 수복의 4-META bonding agent 사용에 관한 미세 누출의 in vitro 실험에서 varnish나 이장재를 사용하지 않은 군과 비교해서 이장재로 Amalgambond를 사용하여 법랑질과 상아질 변연에서의 미세 누출을 줄일 수 있다고 했으며 같은 Amalgambond를 사용할 때에도 혼합형 아말감 합금이 구상형 아말감 합금보다 미세 누출이 적다고 보고 했다.

Staninec과 Holt²³ 등은 Panavia resin cement를 이용하여 아말감으로 수복한 후 결합 강도를 측정하고 varnish 도포군과 비교하여 미세 누출에서 우수한 결과를 보고 했다.

Ben-Amar와 Nordenberge¹⁰ 등은 상아질 접착제로써 Scotchbond를 사용한 2급 아말감 수

복에서 varnish와의 미세 누출을 비교하여 더 우수한 효과를 보인다고 했다.

Leelawat 등^{24, 25, 26}은 기존의 아말감에 새로운 아말감을 수복할 때 수종의 상아질 접착제를 사용하여 변연부 미세 누출과 결합 강도를 측정 한 결과 이장재가 없는 군과 cavity varnish를 사용한 군과 비교해 4-META 접착제인 Amalgambond와 Clearfil New Bond를 사용한 군에서 미세 누출이 더 적다고 보고 했다.

Scherer와 Penugonda²⁷ 등은 Panavia, Imperva Dual, Geristore를 사용한 아말감 수복에서 상아질과 아말감 사이의 계면을 주사 전자 현미경으로 관찰하였다.

임상에서 접착 아말감 법의 사용 증가와 함께 최근에는 상아질 접착제를 생산하는 대부분의 회사에서 새로운 아말감 접착용 접착제를 생산하고 있으나 각 접착제간의 변연부 미세 누출의 폐쇄 능력에 대한 비교, 평가가 부족하며 아말감 수복시 통상적으로 사용하고 있는 cavity varnish와의 비교도 그 효과에 있어서 일정한 결과가 나오고 있지 않다. 또한 국내적으로는 접착 아말감의 연구가 극히 미미한 상황에 있으며 접착 아말감의 접착 기전과 관련된 상아질과 접착제, 그리고 아말감 사이의 경계에 대한 관찰도 부족하다.

이에 저자는 현재 범용되고 있는 5종의 접착 아말감용 접착제(Scotchbond Multi-Purpose Plus Dental Adhesive System, Panavia 21, All Bond 2, Superbond D-Liner II plus, Fuji Duet)를 선정하여 5급와동 형성후 제조자의 지시에 따라 접착제를 도포하고 아말감으로 수복하여 basic fuchsin 염색법을 이용하여 변연 누출을 관찰, 비교 평가하였다. 또한 시편을 임의 선택하여 주사 전자 현미경의 후방 산란상으로 변연 누출 경로와 상아질에 대한 레진 침투 정도, 그리고 아말감과 레진 접착제의 결합 양상을 관찰하여 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험 재료

성별에 관계없이 우식증과 충전물이 없고 파절이나 손상이 없는 발거 된지 한 달이 경과하지 않은 60개의 상, 하악 대구치를 선택하여 표면에 부착된 연조직과 치석을 제거한 후 실은의 생리식염수에 보관한 후 실험 치아로

사용하였다.

충전에는 Tytin (S.S. White) 아말감 합금을, 이장재로는 Copalite (Cooley & Cooley, Texas, U.S.A.)를 사용했으며 접착제로는 Scotchbond Multi-Purpose Plus Dental Adhesive System (3M Dental Products, St. Paul, MN 55144-1000), Panavia 21 (Kuraray Co. Osaka, Japan), All Bond 2 (Bisco Dental Products), Superbond D-Liner II plus (Sun Medical Co.

Table 1. Dentin adhesives used in this study

product	component	chemical composition
Scotchbond Multi-Purpose Plus Dental Adhesive System (3M, U.S.A.)	etchant primer, activator adhesive, catalyst	35% phosphoric acid HEMA & ethanol HEMA & Bis-GMA
Fuji Duet (GC, Japan)	conditioner powder liquid	citric acid alumino sillicate glass polyacrylic acid & HEMA
Panavia 21 (Kuraray, Japan)	etching agent ED primer universal & catalyst paste	phosphoric acid MDP & HEMA & 5-NMSA MDP
All Bond 2 (Bisco, U.S.A.)	etchant primer A primer B bonding resin	10%, 32% phosphoric acid 2% NTG-GMA 16% BPDM Bis-GMA & UDMA & HEMA
Superbond D-Liner II plus (Sun Medical, Japan)	green activator base catalyst polymer (clear)	citric acid & ferric chloride MMA & 4-META & PMMA TBB & MMA PMMA

- * HEMA ; 2-Hydroxyethyl Methacrylate
- Bis-GMA ; Bisphenol Glycidyl Methacrylate
- MDP ; 10-Methacryloxydecyl Dihydrogen Phosphate
- 5-NMSA ; N-Methacryloyl 5-aminosalicylic acid
- NTG-GMA ; N-Tolyglycine Glycidyl Methacrylate
- BPDM ; Biphenyl Dimethacrylate
- UDMA ; Urethane Dimethacrylate
- MMA ; Methyl Methacrylate
- PMMA ; Poly Methyl Methacrylate
- 4-META ; 4-Methacryloxy-Ethyl Trimellitate Anhydride
- TBB ; Tri-n-Butylborane

Shiga, Japan), 그리고 Fuji Duet (GC Corporation Tokyo, Japan)을 사용하였다(Table 1). 가시광선 조사 기구는 Visilux (3M Co., U.S.A.)를 사용하였다.

2. 실험 방법

고속 엔진용 No. 330 bur를 이용하여 깊이 2 mm, 폭 2 mm, 길이 4 mm의 5급 와동을 치아의 협면과 실면에 형성하되 와동의 치은부 변연이 백악 법랑 경계 1 mm 하방의 백악질에 위치하도록 하였다. 와동벽은 butt joint가 되도록 마무리하였다. 와동 형성 후 20초간 수세하고 건조시켰다. 무작위로 7개의 군으로 나누고 각 군은 제조자의 지시에 따라 접착제 처리후 아말감 수복을 시행하였다.

- 1군 ; 이장제가 없는 아말감 군
- 2군 ; Copalite 도포 후의 아말감 군
- 3군 ; Scotchbond Multi-Purpose Plus Dental Adhesive System 도포 후의 아말감 군
- 4군 ; Panavia 21 도포 후의 아말감 군
- 5군 ; Fuji Duet 도포 후의 아말감 군
- 6군 ; All Bond 2 도포 후의 아말감 군
- 7군 ; Superbond D-Liner II plus 도포 후의 아말감 군

이후 모든 군에서 여분의 접착제를 제거하고 아말감 carving을 시행하고 24시간후 Amalgam Polishing Kit (SHOFU INC. Kyoto Japan)로 아말감을 연마하였다. 이후 생리 식염수에 7일간 보관하였다.

근침부위를 Vitrebond (3M Dental Products) 글래스 아이오노머와 치과용 컴파운드로 폐쇄시켰다. 그리고 수복된 와동 변연 1mm를 제외한 전 표면에 Nail varnish를 2회 도포 하고 모든 치아를 5°C와 55°C의 0.5% basic fuchsin 염색 용액 속에서 번갈아 30초씩 총 500회의 Thermocycling을 시행하였다.

이후 흐르는 물에 염색 용액을 세척한 후 시편을 투명 레진에 매몰하였다. Diamond saw (Isomet, Buehler Co. U.S.A.)를 사용하여 협, 설측으로 치아 장축에 평행하게 절단하여 절

단면을 회전 연마 기구(Struers pedemat, W. G)로 연마하였다.

1) 염색 용액의 침투도 관찰

Stereo zoom microscope(WILD MPS51 HEER BRUGG, Switzerland)를 사용하여 ×18배율로 염색 용액의 침투도를 관찰하였으며 통계분석은 One way ANOVA와 Duncan's test를 사용하였다.

염색의 침투 정도는 다음과 같이 판정하였다²⁸⁾.

- 0-염색 용액의 침투가 전혀 없는 경우
- 1-염색 용액의 침투가 와동의 교합면벽과 치은면벽의 1/2을 넘지 않는 경우
- 2-염색 용액의 침투가 와동의 교합면벽과 치은면벽의 1/2을 넘어 측면벽에 도달한 경우
- 3-염색 용액의 침투가 와동의 측면벽을 따라 침투하거나 진행하여 치수에 도달한 경우

2) 주사 전자 현미경 관찰

Stereomicroscope로 염색 용액의 침투도를 측정 한 후 각 군의 대표적인 시편을 선택하여 연마시의 표면 찌꺼기를 수세한 다음 7일 동안 건조기에 위치시켜 수분을 제거하였다. 금 증착 (Gold coating) 후 20KV 전압 하에 주사 전자 현미경 (JEOL JSM-840A, JAPAN)의 후방 산란상(×500)으로 아말감과 접착제, 그리고 상아질 계면의 염색 용액 침투 경로를 관찰하였으며 특징적인 것은 2차 전자 상으로(×1700) 미세 구조를 관찰하였다.

III. 실험 결과

1. 각 실험 군의 변연누출도 관찰

시편 처리에 따른 염색 용액의 침투도는 다음과 같다(Table 2, 3).

- 1) 법랑질에 대한 염색 용액의 침투도
- 7군 모두에서 법랑질 변연이 상아질 변연보다

Table 2. Leakage Score

Group	Enamel				Dentin			
	Score				Score			
	0	1	2	3	0	1	2	3
Group 1	0	4	9	2	0	0	3	12
Group 2	5	7	3	0	1	3	8	3
Group 3	14	1	0	0	7	5	3	0
Group 4	13	2	0	0	8	3	3	1
Group 5	14	1	0	0	7	4	3	1
Group 6	13	2	0	0	6	4	4	1
Group 7	14	1	0	0	6	6	3	0

Table 3. Comparison of leakage score

Group	Enamel		Dentin	
	Score		Score	
	Mean	S.D.*	Mean	S.D.*
Group 1	1.8667	0.6399	2.8000	0.4140
Group 2	0.8667	0.7432	1.8667	0.8338
Group 3	0.0667	0.2582	0.7333	0.7988
Group 4	0.1333	0.3519	0.8000	1.0142
Group 5	0.0667	0.2582	0.8667	0.9904
Group 6	0.1333	0.3519	1.0000	1.0000
Group 7	0.0667	0.2582	0.8000	0.7746

* S.D. : Standard Deviation

Vertical bar : No significant between groups at $p < 0.05$ level
(by ANOVA and Duncan's test)

유의성 있게 낮은 염색 용액의 침투도를 보였다 ($p < 0.05$). 접착제 도포군 간의 비교에서는 유의성 있는 차이는 보이지 않았으나 ($p > 0.05$) Panavia 21을 도포한 4군과 All Bond 2를 도포한 6군에서 약간 높은 수치를 나타냈다.

Copalite를 사용한 2군은 사용하지 않은 1군과 비교하여 유의성 있게 낮은 염색 용액의 침투도를 보였으나 ($p < 0.05$) 접착제를 사용한 3군, 4군, 5군, 6군, 7군과 비교했을 때 유의성 있게 높은 염색 용액의 침투도를 보였다 ($p < 0.05$) (Table 4).

2) 상아질에 대한 염색 용액의 침투도

Copalite를 사용한 2군은 사용하지 않은 1군과 비교하여 유의성 있게 낮은 염색 용액의

침투도를 보였으며 ($p < 0.05$), 범랑질에서와 같이 접착제를 사용한 3군, 4군, 5군, 6군, 7군과 비교했을 때 유의성 있게 높은 염색 용액의 침투도를 보였다 ($p < 0.05$).

접착제 도포군 간의 비교에서는 서로 유의성 있는 차이는 보이지 않았으나 ($p > 0.05$), All Bond 2를 도포한 6군과 Fuji Duet을 도포한 5군에서 다소 높은 염색 용액의 침투를 보였다 (Table 5).

2. 주사 전자 현미경 관찰

와동 형성후 아무것도 처리하지 않고 아말감으로 수복한 1군에서는 아말감 상아질 사이에 연속적인 미세 틈을(1-30 μ m) 관찰하였으

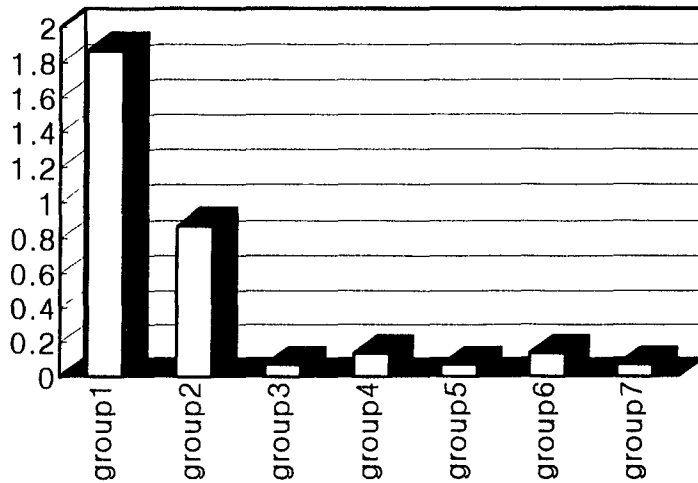


Table 4. Comparison of enamel microleakage score

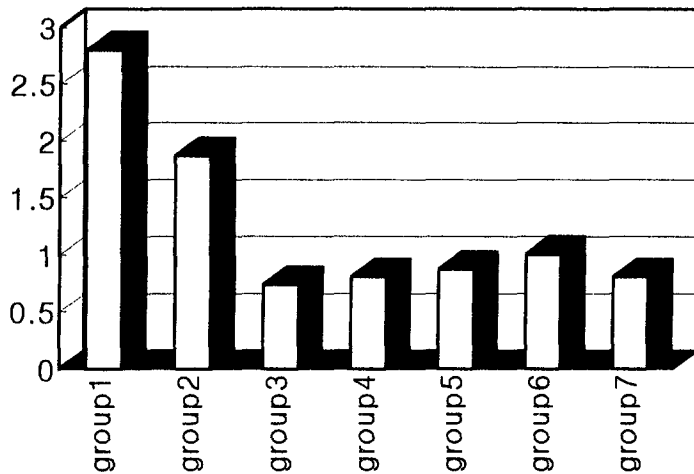


Table 5. Comparison of dentin microleakage score

며(그림 8), varnish 도포후 아말감으로 수복한 2군에서는 아말감과 상아질 사이에 역시 연속적인 미세 틈이 존재하였으며 틈의 크기가 다양하게 나타남을 관찰하였다(그림 9). 아말감 수복용 접착제를 사용한 모든 군에서는(3군-7군) 아말감과 상아질 사이에 존재하는 접착제 층으로 인하여 미세 틈이 없어졌거나 좁아졌으며(1-10 μ m), 이로 인해 불연속적인 양상을 나타냈다. 또한 거의 모든 미세 틈은 접착제와 아말감 사이에서 발생하였으며 경계부는 접착

제의 입자와 아말감의 입자가 서로 섞여 미세 기계적 결합을 이루고 있음을 관찰하였다(그림 10, 11, 12, 13, 14, 15).

IV. 총괄 및 고안

아말감 수복에서 지속적으로 제기되는 문제는 치질과의 결합력과 미세 누출의 가능성이다. 미세 누출로 야기된 틈은 2-25 μ m 정도이며²⁰⁾ 여러 세균들과 타액, 그리고 독소의 이동 통로가

되어 치아 변색이나 과민성, 이차 우식, 그리고 치수 염증과 피사를 야기한다²⁹⁾. 이러한 2-25 μ m 정도 되는 공간은 임상적 시술과 열팽창 계수의 차이, 그리고 교합압등의 결과로 발생하며 연마시 발생된 열과 구강내 온도 변화에 의해 증가하게 된다²⁹⁾. 교합압에 의한 물리적 변화 또한 이 틈을 증가시키게 되며 변연부 파절을 야기할 수도 있다. 아말감 수복 직후 타액과 조직액의 부산물과 음식물의 부산물들이 이 공간을 메우게 되며³⁰⁾ 아말감 부식 산물이 궁극적으로 이 틈을 폐쇄시킨다³¹⁾.

이장재로서 copal varnish를 사용하는 것이 아말감 수복 후의 미세 누출을 감소시키는 가장 믿을 만한 방법으로 알려져 사용되어 왔다³²⁾. Copalite는 gum copal, rosin, rosin ester, 합성 레진(phenol-formaldehyde group), 그리고 chlorbutanol로 구성되며 두 개의 병에 담겨져 있다.

본 실험에서 thermocycling전 일주일간 모든 시편을 생리 식염수에 보관한 것은 레진의 hydrolytic degradation을 일으켜 인위적으로 미세 누출을 야기하기 위함이다. 만약 더 오랜 시간 식염수에 저장했다면 더 큰 값의 미세 누출을 얻었을 것이다. Nakabayashi등³³⁾은 장기간 물에 보관한 후 4-META 접착제의 질의 저하는 하이브리드 층의 상아질과 변화되지 않은 상아질 사이에 있는 노출된 콜라겐의 띠에서 일어나며 과도하게 탈회된 상아질과 단량체가 상아질 내로 충분히 들어가지 못한 약한 상아질의 띠는 레진에 의해 보호받지 못하고 degradation이 일어나기 쉽게 된다고 했다.

아말감 수복에서의 미세 누출을 결정할 수 있는 또다른 인자는 와동벽에 대한 아말감의 적합(adaptation)과 응축(condensation)의 정도이다³¹⁾. 레진 접착제를 사용하여 아말감 수복한 경우 흔히 응축이 잘 되지 못한 경우를 발견 할 수 있는데(그림 13), 이는 아말감 응축을 레진 접착제가 굳기 전에 모두 끝내지 못함에 기인한다³⁴⁾. 이는 레진 접착제를 사용하여 아말감을 수복하는 경우 단점 중의 하나가 된다. 각 접착 재료간의 경화 시간의 차이는 조금씩 있지만 이러한 현상은 모두에서 발견

되며 접착 아말감 수복시 아말감 응축의 정도가 미세 누출을 측정하는 실험의 결과에 영향을 미칠 수 있다.

본 실험에서는 Copalite 도포 후 아말감을 수복한 군이 이장재를 도포 하지 않은 군과 비교하여 유의성 있게 낮은 변연 누출을 보인 것은(Table 2, 3) Ben-Amar등^{10,11)}과 Derkson등³⁵⁾의 실험 결과와 유사하며 Newman등³⁴⁾과 Chang과 Chan³⁶⁾등의 실험 결과와 상치된다.

Mahler등³⁷⁾은 각각의 다른 종류의 아말감 합금으로 미세 누출을 측정했는데, 구상형 아말감이 절삭형이나 혼합형 아말감보다 큰 미세 누출을 보이며 이는 거친 입자의 특성에 기인하며 다른 것에 비해 입자간 간격이 더 크기 때문이라고 했다. 전통적인 절삭형 아말감은 수복후 수개월 이내에 부식이 일어난다. Copalite는 아말감 부식 이전 미세 누출을 줄이기 위해 resinous film을 형성하게 된다. 임상에서는 절삭형 아말감 보다 새로운 고동 구상형 아말감을 더 많이 사용하고 있는데, 이는 부식이 빨리 일어나지 않으며 종종 2년이 걸려 부식이 일어난다³¹⁾. Newman등³⁴⁾은 고동 구상형 아말감 수복시 copal varnish가 효과적으로 변연 폐쇄를 하지 못하는 것은 고동 구상형 아말감의 부식 이전에 copal varnish가 파괴되며, 고동 구상형 아말감의 초기 수축이 재래형 아말감 보다 커서 copal varnish가 이를 효과적으로 보상할 수 없으며, copal varnish는 지용성을 띠며 다공성이고 상아질이나 아말감과 결합하지 못하기 때문이라고 했다. 본 실험에는 Tytin 아말감 합금을 사용했으며 이는 고동 구상형 아말감으로 우수한 물리적 특성을 가지고 있으나 혼합형 아말감과 비교해 미세 변연 누출이 많으며 이는 접착제간의 미세 변연 폐쇄 효과에 대한 비교에 더 유용하다.

본 실험에서는 수종의 접착제를 도포 한후 아말감을 수복한 군이 Copalite 도포 후 아말감을 수복한 군과 비교해서 유의성 있게 낮은 변연 누출 정도를 보였는데 이는 Cooley등³⁸⁾과 Ben-Amar등¹⁰⁾과 Leelawat등²⁴⁾의 실험 결과와 일치 한다. 반면, Newman등³⁴⁾의 실험 결과에서는 varnish를 도포한 군과 레진 접착제를 도

또한 군간에 술후 민감성에 있어서 유의할 만한 차이가 없다고 했다. Varga 등¹⁹⁾은 1986년 아말감 수복 하방에 접착제를 이용한 실험에서 아말감과 법랑질 사이의 변연부 폐쇄 효과에 대하여 평가한 바 접착제를 사용하지 않은 군과 비교하여 결합력과 변연 폐쇄에 있어서 뛰어난 결과를 나타냈다고 발표하였다. Staninec과 Holt²³⁾ 등은 레진 접착제와 치질과의 결합은 기계적 결합과 이온 결합에 기인하며 레진 접착제와 아말감과의 결합은 기계적 결합과 Van der Waals 결합에 기인한다고 했으며 이러한 결합은 특정한 결합 없이 미세 공극을 만드는 varnish와 비교하여 미세 누출, 이차 우식 등으로 인한 여러 가지 아말감 수복의 단점들을 줄일 수 있다고 보고했다.

Cooley와 Tseng³⁸⁾ 등은 1991년 4-META (4-Methacryloxy-Ethyl Trimellitate Anhydride) resin인 Amalgambond와 cavity varnish와의 비교에서 Amalgambond가 varnish에 비해 변연 누출이 적음을 보고했으며 이는 Leelawat 등^{24, 25, 26)}과 Varga 등¹⁹⁾과 Saiku 등²²⁾의 실험 결과와 유사하다. Christensen 등³⁹⁾은 아말감 수복시 통상적으로 4-META resin을 사용하여 미세 누출을 줄여야 한다고 제안했다. Amalgambond는 법랑질, 상아질, 그리고 기존의 아말감에 결합하는 최근의 4-META resin이며 본 실험에 사용된 Superbond D-Liner II plus는 같은 구성 성분을 가지고 상품명만을 달리한 것이다. 이는 5%의 4-META를 단량체에 포함하고 있는데 4-META의 각각의 성분은 친수성과 소수성을 띠고 있어 상아 세관을 통과하여 관주 상아질과 관내 상아질에 스며들어 하이브리드층을 만들며 산에 저항성이 높고 거의 불투과성을 가지게 된다⁴⁰⁾. 그러나 methylmethacrylate는 다른 레진에 비해 cross-linking이 적기 때문에 수분의 흡수에 더 민감하며 1994년 Tani 등⁴¹⁾은 Superbond D-Liner II system의 낮은 filler 함량으로 상대적으로 낮은 결합 강도를 가진다고 했다.

Shimizu 등⁴²⁾은 글래스 아이오노머 base와 fluoride 처리 유무에 따른 아말감 수복의 변연부 미세 누출을 줄이기 위한 adhesive liner의

사용을 연구한 바 아말감 수복의 변연 누출을 줄이는데 접착제로써 Panavia-Ex의 사용이 효과적이라고 했으며 이는 Staninec과 Holt²³⁾ 등의 실험 결과와 일치한다.

Ben-Amar 등^{10, 11)}은 접착제로써 Scotchbond를 사용한 아말감 수복에서 미세 누출이 감소 되었다고 했다. Scotchbond Multi-Purpose Plus Dental Adhesive System은 Scotchbond Multi-Purpose를 개선하여 나온 최근의 접착 체계로써 35%의 인산과 HEMA(2-Hydroxyethyl Methacrylate), 에탄올과 Bis-GMA(Bisphenol Glycidyl Methacrylate)로 구성된다.

All Bond 2는 법랑질과 상아질 모두를 부식 시키는 10% 인산과 법랑질만을 부식시키는 32% 인산으로 구성되며 친수성 접착 체계를 구성하는 NTG-GMA(N-Tolyglycine Glycidyl Methacrylate)와 BPDm(Biphenyl Dimethacrylate)의 접착 강화제(primer)를 가지며 용매로 에탄올과 아세톤을 사용하고 있다. 법랑질과 상아질의 부식과 전처리후 접착 레진이 노출된 콜라겐 섬유층으로 흘러 들어가 미세 결합을 이루게 된다. Hadavi 등⁴³⁾과 DeSchepper 등⁴⁴⁾은 All Bond 2를 이용하여 아말감 접착하여 결합 강도를 측정하였다.

Fuji Duet은 기존의 글래스 아이오노머에 레진 성분을 첨가한 것으로 용액 성분에서 HEMA(2-Hydroxyethyl Methacrylate)가 들어 있는 최근의 접착 아말감용 접착제이다.

접착 아말감 수복시 사용되는 접착제의 상호 비교에 관하여는 Yu 등¹²⁾이 6가지 종류의 접착제를 비교하여 발표했으나 최근에 사용되는 여러 종류의 접착제의 미세 누출을 비교한 연구는 미미하며 접착제간의 결합 강도의 비교 측정 연구는 다양한 결과를 보이고 있다.

본 실험에서 접착제간의 미세 누출에 관한 상호 비교는 통계적 유의성을 보이지 않았으나 법랑질에서는 Panavia 21을 도포한 4군과 All Bond 2를 도포한 6군에서 약간 높은 수치를 나타냈으며(Table 4), 상아질에서는 All Bond 2를 도포한 6군과 Fuji Duet을 도포한 5군에서 다소 높은 염색 용액의 침투를 보였다(Table 5).

접착 아말감 수복법에서는 접착제의 사용에 기인한 효과적인 폐쇄 효과로 미세 누출과 상아질 파민성, 이차 우식, 그리고 변연부 파절 등을 줄일 수 있으며 또한 아말감 수복물의 결합력의 증가를 가져오는데^{38, 42, 43, 44, 45, 46, 47)} 이는 광범위한 우식을 가진 와동에서도 아말감으로 수복 할 수 있게 한다. 접착 아말감 수복법의 또다른 장점은 파절 저항을 증가시키며^{23, 45, 48)} 아말감 유지를 위한 핀의 사용을 대체할 수 있다는 것이다^{43, 49)}. Torii등⁵⁰⁾은 아말감 수복한 와동의 71%가 재수복을 하게되는데 이중 58%가 이차 우식에 기인한 것으로 아말감과 접착제 그리고 치질과의 변연을 따라 변연 폐쇄를 이루어 이차 우식을 줄여야 한다고 했다.

임상에서 어떤 접착제를 사용하여 아말감 수복할 것인가는 미세 누출 이외에도 이러한 여러 가지 성격을 모두 고려해야 하는 복잡한 과정이 된다.

그림 2는 thermocycling을 거친 시편들에서 Copalite층이 부분적으로 파괴되어 아말감과 상아질 사이에 미세 틈을 형성하여 염색 용액이 침투한 것을 보여주며 이장재를 사용하지 않은 군과 비교했을때(그림 1), 염색 용액의 침투가 다소 제한 받고 있음을 보여준다. 접착제를 사용한 군간의 비교에서는, 범광질 변연에서는 염색 용액의 침투가 거의 일어나지 않아 모두가 유사한 양상을 보였으며 상아질 변연에서는 grade 0에서 3까지의 다양한 염색 용액의 침투 양상을 나타냈으나 그 정도는 1, 2군과 비교했을 때 미약한 것으로 나타났다(그림 3, 4, 5, 6, 7).

SEM의 결과에서 이장재를 사용하지 않은 군과 Copalite를 이장재로 사용한 군에서는 아말감과 상아질 사이에 1-30 μ m의 연속적인 틈이 발견되었으며(그림 8, 9), 이는 Copalite를 이장재로 사용한 군에서 Copalite 층이 파괴되었거나 사라진 것을 의미하며³⁶⁾ Yu등¹²⁾과 Saiku등²²⁾과 Leelawat등²⁵⁾과 Chang과 Chan등³⁶⁾의 실험 결과와 유사하다. 염색 용액은 상아 세관을 따라 들어가 치수를 향하여 진행되는 모습을 보이고 있다. 아말감 수복용 접착제를 사용한 모든 군에서는(3군-7군) 아말감과 상아질 사이에 존

재하는 접착제 층으로 인하여 미세 틈이 없었거나 1-10 μ m 정도로 좁아진 양상을 보였으며 이로 인해 불연속적인 양상을 나타냈다(그림 10, 11, 12, 13, 14, 15). 또한 존재하는 거의 모든 미세 틈은 접착제와 아말감 사이에서 일어났으며 이는 아말감과 레진 접착제의 결합 실패를 의미한다. 아말감 수축과 thermocycling과 SEM 시편 제작 과정 중에 발생한 stress를 인정한다고 해도 아말감과 레진의 기계적, 화학적 결합은 치질과의 결합과 비교해 약한 것으로 나타났다. 레진 접착제와 치질 사이에서는 잘 발달된 레진 tag와 상아 세관 내로의 레진의 침투, 그리고 하이브리드 층이 관찰되어 긴밀한 결합을 보이며(그림 10, 11), 접착제와 아말감 경계부는 접착제의 입자와 아말감의 입자가 서로 섞여 미세 기계적 결합을 이루고 있음이 관찰되었다(그림 11). 이는 Saiku등²²⁾과 Leelawat등²⁵⁾과 Scherer와 Penugonda²⁷⁾등과 Chang과 Chan³⁶⁾등의 실험과 유사한 결과를 보이고 있다. Tanaka등^{51, 52)}은 4-META 레진 접착제의 단량체가 치질내로 들어가 중합되어 결합을 증진시킨다고 했으며 carboxyl compound가 metallic material와 반응하여 metallic oxide나 아말감 합금의 금속 성분과 함께 organometallic compound를 형성하여 미세 틈을 줄인다고 했다.

임상적인 시술 후의 결과에 대한 장기적인 시술 후 검사가 아직도 부족하며 이러한 결과는 와동 형성, 사용된 아말감 합금의 종류, 아말감 응축, 교합, 그리고 환자의 식습관이나 위생 관리 등의 이유로 객관화시켜 평가하기도 힘들다⁵³⁾.

최근에 임상 시술 후의 결과에 대한 보고가 나오고 있으며 접착 아말감 법의 효과에 대한 찬, 반 의견이 다양하게 제기되고 있다^{34, 36, 47, 48, 54)}. 아말감 수복후 copal varnish는 서서히 용해되며 이때 아말감도 부식이 일어난다. 그러므로 자연스럽게 copal varnish가 용해되어 형성한 틈을 아말감 부식 산물이 메우게 되어 미세 누출을 막게 된다. 그러나 접착 아말감시 결합에 실패한 레진의 얇은 층이 있으면 이러한 현상을 방해하기 때문에 아말감 수복의 미세 누출에

관한 레진 접착제의 장기적인 효과는 재고되어야 하며 레진 접착제를 사용한 아말감 수복의 경우 초기의 치질 강화 효과는 일시적이라는 주장이 있다⁴⁷⁾.

Mahler 등⁵⁴⁾은 Panavia 21을 사용하여 접착 아말감 수복하였을 경우 1년후의 변연부 파괴와 1내지 2주 후의 술후 민감성 검사에서 접착제를 사용하지 않은 군과 비교하여 큰 차이를 나타내지 않았다고 보고하였다. 그러나 Christensen 등³⁹⁾은 고동 구상형 아말감의 경우 술후 민감성은 수주 후에 사라지며 접착 아말감은 이를 감소 시켜 줄 수 있다고 했다.

현재 범용되고 있는 상아질 접착제는 많은 연구와 개선에도 불구하고 법랑질 변연에서보다 상아질 변연에서 높은 미세 변연 누출을 보이고 있다. 시편의 손상을 최소화하는 cryo-SEM 등과 같은 보다 진보적인 실험 방법을 통하여 미세 변연 누출의 주요 경로를 밝혀내고 상아질 뿐 아니라 아말감과 더욱 잘 결합하여 미세 누출을 감소시킬 수 있는 접착제의 개발이 필요하다. 또한 미세 변연 누출의 폐쇄 능력 뿐 아니라 결합력과 파절 저항력 등을 장기적인 임상 결과로 관찰과 평가한 후 접착 아말감의 효과에 대한 정확한 판단이 가능할 것이며 이에 대한 더 많은 연구가 필요하리라 사료된다.

IV. 결 론

아말감 수복시 Copalite와 수종의 접착제를 사용한 경우에 따른 각각의 미세 변연 누출 정도를 알아보기 위하여 발거된 건전한 60개의 대구치의 치경부 협, 설면에 5급와동을 형성한 후 각각의 접착제에 따라 7개의 군으로 나누고 제조자의 지시에 따라 접착제를 도포하고 아말감 수복하였다. 접착제로는 Scotchbond Multi-Purpose Plus Dental Adhesive System, Panavia 21, All Bond 2, Superbond D-Liner II plus, 그리고 Fuji Duet을 사용하였다. 모든 시편을 5°C와 55°C의 0.5% basic fuchsin 염색 용액 속에서 번갈아 30초씩 총 500회의 Thermocycling을 시행하여 법랑질 변연과 치경부의 상아질 변연에서의 변연 누출 정도를 관찰하고

주사 전자 현미경의 후방 산란 상으로 아말감과 접착제, 그리고 상아질간의 경계면을 비교, 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 모든 군에서 법랑질 변연이 상아질 변연보다 유의성 있는 낮은 변연 누출 정도를 보였다($p < 0.05$).
2. 법랑질과 상아질 변연 모두에서 Copalite를 도포하고 아말감 수복한 군이 아말감만을 수복한 군보다 유의성 있게 낮은 변연 누출 정도를 보였으나 ($p < 0.05$) 수종의 접착제를 사용한 군과 비교하였을 때 유의성 있게 높은 변연 누출 정도를 보였다($p < 0.05$).
3. 각각의 접착제를 사용한 군간의 변연 누출 정도의 비교에서는 유의성 있는 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$).
4. 주사 전자 현미경 상에서 변연 누출은 접착제를 사용했을 경우, 접착제를 사용하지 않거나 Copalite를 사용한 경우와 비교하여 불연속적인 양상을 보였으며 아말감과 상아질 사이에 얇은층을 이루어 미세 틈을 좁혀 주고 있었으며 경계부는 접착제의 입자와 아말감의 입자가 서로 섞여 미세 기계적 결합을 이루고 있음이 관찰되었다.

참고문헌

1. Craig, R.G. : Restorative dental materials. St Louis: The CV Mosby Co, 1985.
2. Mertz-Fairhurst, E.J. and Newcomer, A.P. : Interface gap at amalgam margins. Dent. Mat. 4 : 122-128, 1988.
3. Mahler, D.B. and Nelson, L.W. : Factors affecting the marginal leakage of amalgam. JADA 108 : 51-54, 1984.
4. Ben-Amar, A., Nordenberg, D., Bar, D., Gordon, M. and Judes, H. : Marginal microleakage. Dent. Mat. 2 : 45-47, 1986.
5. Liberman, R., Ben-Amar, A., Nordenberg, D. and Jodaikin, A. : Long-term sealing properties of amalgam restorations. : an

- in vitro study. *Dent. Mat.* 5 : 168–170, 1989.
6. Buonocore, M.G. : A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surface. *J. Dent. Res.* 34 : 849, 1955.
 7. Fusayama, T., Nakamura, M., Kurosaki, M. and Iwaku, M. : Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. *JDR* 58 : 1364–1370, 1979.
 8. Fusayama, T. : The problems preventing progress in adhesive restorative dentistry. *Adv. Dent. Res.* 2 : 158–161, 1988.
 9. Fusayama, T. : Optimal cavity wall treatment for adhesive restoration. *J. Esth. Dent.* 2 : 95–99, 1990.
 10. Ben-Amar, A., Nordenberg, D., Liberman, R. and Judes, H. : Long term use of dentin adhesive as an inter facial sealer under Class II amalgam restorations. *J. Oral Rehab.* 17 : 37–42, 1990.
 11. Ben-Amar, A., Nordenberg, D., Liberman, J., Fisher, J. and Gorfil, C. : The control of marginal microleakage in amalgam restorations using a dentin-adhesive : a pilot study. *Dent. Mat.* 3 : 94–96, 1987.
 12. Yu, X-Y., Wei, G. and Xu, J-W. : Experimental use of a bonding agent to reduce marginal microleakage in amalgam restorations. *Q.I.* 18 : 783–787, 1987.
 13. Macko, D.J. and Rutberg, M. : Pulpal response to the application of phosphoric acid to dentin. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* 45 : 930–946, 1978.
 14. Stanley, D.R., Goings, R.E. and Chauncey, H.H. : Human pulp response to acid pretreatment of dentin and to composite restorations. *JADA* 91 : 817–825, 1975.
 15. David, H., Pashley. : Smear layer : Physiological considerations. *Oper. Dent. Supplement* 3 : 13–29, 1984.
 16. Brönstrom, M. : Smear layer : Pathological and treatment considerations. *Oper. Dent. Supplement* 3 : 35–42, 1984.
 17. Stanley, H.R. : Pulpal considerations of adhesive materials. *J. Dent. Res. Supplement* 5 : 151–164, 1992.
 18. Cox, C.F. : Effects of adhesive resins and various dental cements on the pulp. *J. Dent. Res. Supplement* 5 : 165–176, 1992.
 19. Varga, J., Matsumura, H. and Masuhara, E. : Bonding of amalgam filling to tooth cavity with adhesive resin. *Dent. Mat.* 5 : 158–164, 1986.
 20. Swift, E.J. Jr. : New adhesive resins. *Amer. J. of Dent.* 2 : 358–360, 1989.
 21. Misra, D.N. : Adsorption of 4-methacryloxy-ethyl trimellitate anhydride on hydroxyapatite and its role in composite bonding. *JDR* 68 : 42–47, 1989.
 22. Saiku, J.M., Germain, Jr. H.A. and Meiers, J.C. : Microleakage of a dental amalgam alloy bonding agent. *Oper. Dent.* 18 : 172–178, 1993.
 23. Staninec, M., Holt, M. and et al : Bonding of amalgam to tooth structure: Tensile adhesion and microleakage tests. *J. of Pros.* 59 : 397–402, 1988.
 24. Leelawat, C., Scherer, W., Chang, J., Schulman, A. and Vijayaraghavan, T. : Addition of fresh amalgam to existing amalgam: microleakage study. *J. Esth. Dent.* 4 : 41–45, 1992.
 25. Leelawat, C., Scherer, W., Chang, J., David, S. and Schulman, A. : Addition of fresh amalgam to existing amalgam utilizing various adhesive liners : a SEM study. *J. Esth. Dent.* 4 : 50–53, 1992.
 26. Leelawat, C., Scherer, W., Chang, J., Vijayaraghavan, T. and LeGeros, J. : Bonding fresh amalgam to existing amalgam : a shear and flexural strength study. *J. Esth. Dent.* 4 : 46–49, 1992.

27. Scherer, W., Penugonda, B., Allen, K., Ruiz, M. and Poveda, C. : Bonding amalgam to tooth structure : a scanning electron microscope study. *J Esth. Dent.* 4 : 199–201, 1992.
28. Bagley, A., Wakefield, C.W. and Robbins, J.W. : In vitro comparison of filled and unfilled universal bonding agents of amalgam to dentin. *Oper. Dent.* 19 : 97–101, 1994.
29. Ben-Amar, A. and Cardish, H.S. : The fluid filled gap under amalgam and resin composite restorations. *Am. J Dent.* 4 : 226–229, 1991.
30. Kelsey, W.P. and Panneton, M.J. : A comparison of amalgam microleakage between a copal varnish and resin-compatible cavity varnishes. *Q.I.* 9 : 865–868, 1988.
31. Ben-Amar, A. : Reduction of microleakage around new amalgam restorations. *JADA* 119 : 725, 1989.
32. Leinfelder, K.F. : Changing restorative traditions: the uses of bases and liners. *JADA* 125 : 65–67, 1994.
33. Nakabayashi, N., Ashizawa, M. and Nakamura, M. : Identification of a resin-dentin hybrid layer in vital human dentin created in vivo : durable bonding to vital dentin. *Q.I.* 23 : 135–141, 1992.
34. Newman, J.E., Hondrum, S.O. and Clem, D.B. : Microleakage under amalgam restorations lined with Copalite, amalgam-bond plus, and vitrebond. *Gene. Dent.* 340–344, 1996.
35. Derkson, G.D., Pashley, D.H. and Derkson, M.E. : Microleakage measurement of selected restorative materials. A new in-vitro method. *J Pros. Dent.* 56 : 435–448, 1986.
36. Chang, J.C., Chan, J.T. and Chheda, H.N. : Microleakage of a 4-META bonding agent with amalgams. *J Pros. Dent.* 75 : 495–498, 1996.
37. Mahler, D.B. and Nelson, L.W. : Sensitivity answers sought in amalgam alloy microleakage study. *JADA* 125 : 282–8, 1994.
38. Cooley, R.L., Tseng, E.Y. and Barkmeier, W.W. : Dentinal bond strengths and microleakage of a 4-META adhesive to amalgam and composite resin. *Q.I.* 22 : 979–983, 1991.
39. Christensen, G.J. : Should you and can you afford to bond amalgams ? *JADA* 125 : 1381–1382, 1994.
40. Nakabayashi, N. : Resin reinforced dentin due to infiltration of monomers into the dentin at the adhesive interface. *J Jpn. Dent. Mat. Dev.* 1 : 78–81, 1982.
41. Tani, C., Itoh, K., Hisamitsu, H. and Wakumoto, S. : Effect of filler content on bonding efficacy of 4-META/TBB bonding agent. *Den. Mat.* 13 : 131–137, 1994.
42. Shimizu, A., Ui, T. and Kawakami, M. : Bonding strength between amalgam and hard tissue with application of fluoride, glass ionomer cement and adhesive resin cement in various combinations. *Dent. Mat.* 5 : 225–232, 1986.
43. Hadavi, F., Hey, J.H., Strasdin, R.B. and McMeekin, G.P. : Bonding amalgam to dentin by different methods. *J Pros. Dent.* 72 : 250–254, 1994.
44. DeSchepper, E.J., Cailleateau, J.G., Roeder, L. and Powers, J.M. : In vitro tensile bond strengths of amalgam to treated dentin. *J Esth. Dent.* 3 : 117–120, 1991.
45. Santos, A.C. and Meiers, J.C. : Fracture resistance of premolars with MOD amalgam restorations lined with Amalgam-bond. *Oper. Dent.* 19 : 2–6, 1994.
46. Roeder, L.B., Deschepper, E.J. and Powers, J.M. : In vitro bond strength of repaired amalgam with adhesive bonding systems. *J Esth. Dent.* 3 : 126–128, 1991.

47. Bonilla, E. and White, S.N. : Fatigue of resin-bonded amalgam restorations. *Oper. Dent.* 21 : 122–126, 1996.
48. Oliveira, J.P., Cochran, M.A. and Moore, B.K. : Influence of bonded amalgam restorations on the fracture strength of teeth. *Oper. Dent.* 21 : 110–115, 1996.
49. Imbery, T.A., Burgess, J.O. and Batzer, R. C. : Comparing the resistance of dentin bonding agents and pins in amalgam restorations. *JADA* 126 : 753–759, 1995.
50. Torii, Y., Staninec, M., Kawakami, M. and Imazatu, S. : Inhibition of caries in vitro around amalgam restorations by amalgam bonding. *Oper. Dent.* 14 : 142–148, 1989.
51. Tanaka, T., Nagata, K., Takeyama, M., Nakabayashi, N. and Masuhara, E. : Heat treatment of gold alloy to get adhesion with resin. *J. Jap. Soc. Dent. Mat. Appar.* 21 : 95, 1980.
52. Tanaka, T., Nagata, K., Takeyama, M., Atsuta, M., Nakabayashi, N. and Masuhara, E. : 4-META opaque resin. A new resin strongly adhesive to nickel chromium alloy. *J. Den. Res.* 60 : 1697–1706, 1981.
53. Gwinnett, A.J. and Baratieri, L.N. : Adhesive restorations with amalgam : Guidelines for the clinician. *Q.I.* 25 : 687–695, 1994.
54. Mahler, D.B. and Engle, J.H. : One-year clinical evaluation of bonded amalgam restorations. *JADA* 127 : 345–349, 1996.

EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 1. Dye penetration in group 1. (no liner)($\times 18$)
- Fig. 2. Dye penetration in group 2. (Copalite)($\times 18$)
- Fig. 3. Dye penetration in group 3. (Scotchbond Multi-Purpose Plus Dental Adhesive System)($\times 18$)
- Fig. 4. Dye penetration in group 4. (Panavia 21)($\times 18$)
- Fig. 5. Dye penetration in group 5. (Fuji Duet)($\times 18$)
- Fig. 6. Dye penetration in group 6. (All Bond 2)($\times 18$)
- Fig. 7. Dye penetration in group 7. (Superbond D-Liner II plus)($\times 18$)
- Fig. 8. Amalgam/Dentin interface in group 1. (no liner)(backscattered image, SEM, $\times 500$)
- Fig. 9. Amalgam/Dentin interface in group 2. (Copalite)(backscattered image, SEM, $\times 500$)
- Fig. 10. Amalgam/Dentin interface in group 3. (Scotchbond Multi-Purpose Plus Dental Adhesive System)(backscattered image, SEM, $\times 500$)
- Fig. 11. Higher magnification of Amalgam/Dentin interface in group 3. (Scotchbond Multi-Purpose Plus Dental Adhesive System) (backscattered image, SEM, $\times 1700$)
- Fig. 12. Amalgam/Dentin interface in group 4. (Panavia 21)(backscattered image, SEM, $\times 500$)
- Fig. 13. Amalgam/Dentin interface in group 5. (Fuji Duet)(backscattered image, SEM, $\times 500$)
- Fig. 14. Amalgam/Dentin interface in group 6. (All Bond 2)(backscattered image, SEM, $\times 500$)
- Fig. 15. Amalgam/Dentin interface in group 7. (Superbond D-Liner II plus) (backscattered image, SEM, $\times 500$)

논문사진부도 I



Fig. 1

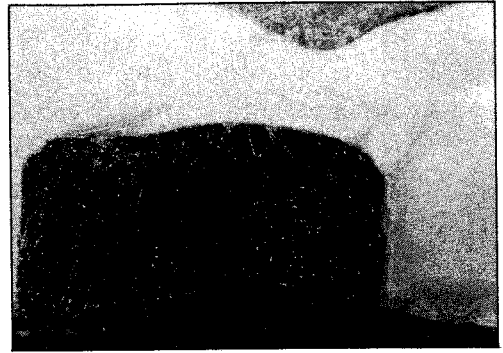


Fig. 2

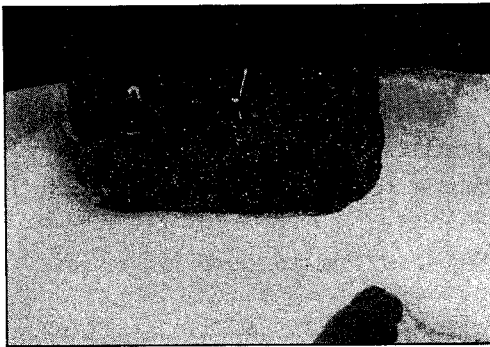


Fig. 3

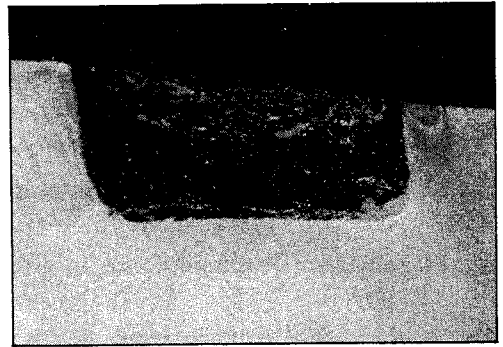


Fig. 4

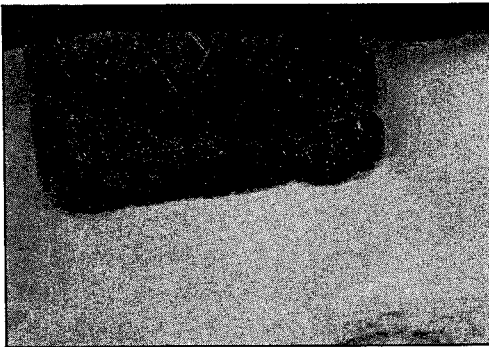


Fig. 5



Fig. 6

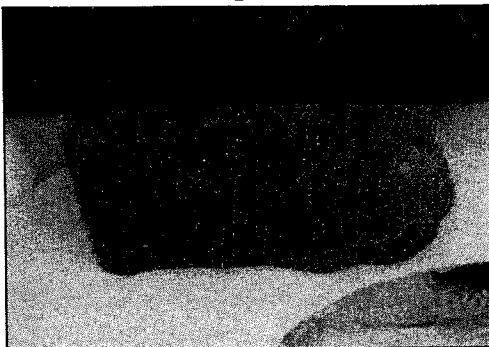


Fig. 7



Fig. 8

논문사진부도 II

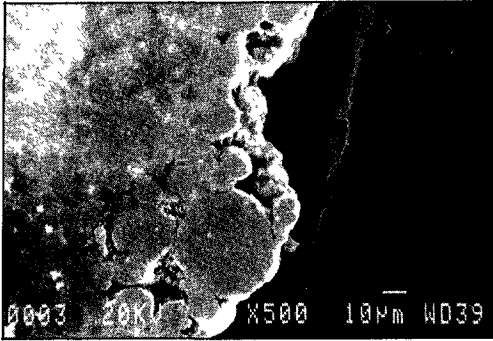


Fig. 9

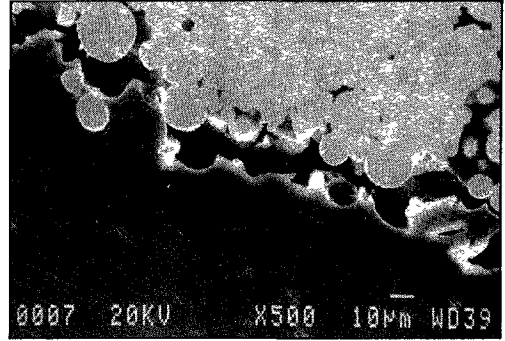


Fig. 10

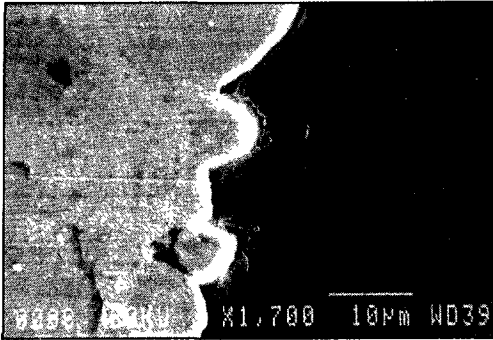


Fig. 11

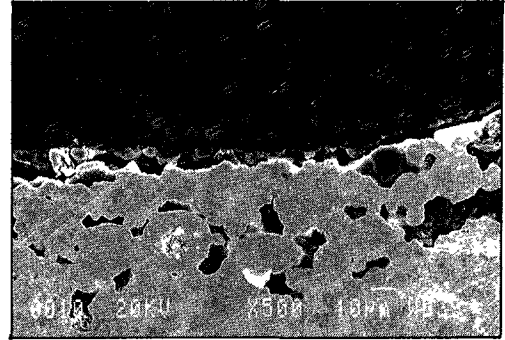


Fig. 12

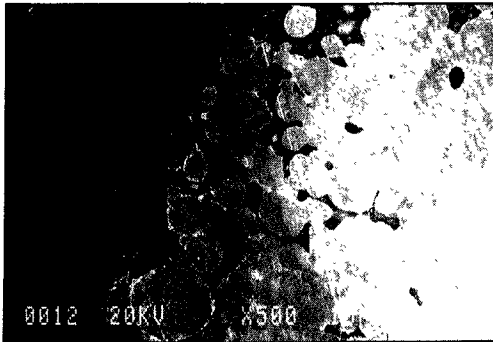


Fig. 13

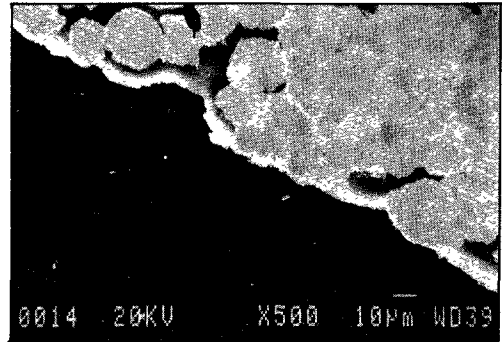


Fig. 14

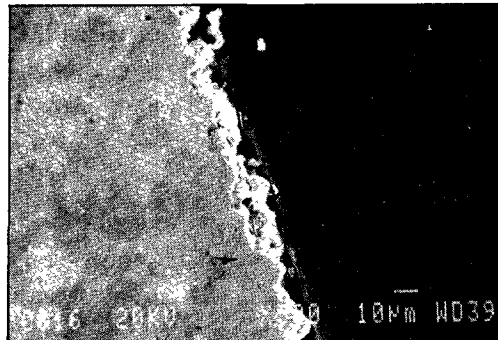


Fig. 15