

Amalgambond Liner의 도포가 amalgam 수복재의 변연누출과 유지력에 미치는 영향에 관한 연구

단국대학교 치과대학 소아치과학교실

김태성 · 김종수 · 김용기

Abstract

A STUDY ON THE EFFECT OF AMALGAM CAVITY LINER APPLICATION ON THE MARGINAL LEAKAGE AND RETENTION OF AMALGAM RESTORATIONS

Tae-Sung Kim, D. D. S., Jong-Soo Kim, D. D. S., M. D. S.,
Yong-Kee Kim, D. D. S., M. D. S., Ph.D.

Dept. of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Dankook University

In this study, we tried to evaluate the effect of Amalgambond liner application on the degree of marginal leakage and retention of amalgam restoration by comparing with that of the Copalite and All-bond 2. The results obtained from this experiment were as follows ;

1. Tensile strength representing the bond between amalgam and tooth structure was the highest in Amalgambond, and All-Bond 2, Copalite in descending order. There were statistically significant difference between each group($P < 0.05$).
2. The degree of microleakage in Amalgambond was lower than that of All-Bond 2, and Copalite, but no stastically significant difference could be found($P > 0.05$).
3. The liner such as Amalgambond or All-Bond 2 were evaluated to be superior to the conventional Copalite in bond strength as well as in microleakage. But the result of this study could not show the superiority of one material over the others; Amalgambond and All-bond 2. Besides the results of the study, other factors, such as practical convenience, should be considered in determining the selection of material. The support of well-designed clinical studies on this subject are in demand.

I. 서 론

치아우식증은 유사 이래 인류의 가장 흔한 질병 중의 하나로서 지난 400년 동안 극적인 증가가 있어 왔다¹⁾. 치아우식증의 여러 가지 수복 치료법 중에서 아말감 충전법은 그 재료와 기법이 소개된 이래 최근 까지 약 150여년 동안 가장 흔하게 또한 가장 널리 사용되어 올만큼 임상적으로 우수한 재료와 기법으로 여겨지고 있다²⁾.

아말감은 조작성이 간편하고 물성이 좋으며 수명이 길고 생체 적합도가 우수하고 가격이 낮으며 시간경과에 따라 부식산물이 미세누출을 감소 시키는 장점을 보유하고 있는 반면, 치질과의 결합력이 부족하고 우식 제거시 유지력의 보강과 이차우식 예방을 위해 상당한 양의 건전한 치질을 삭제 하여야 하는 단점을 지니고 있다. 비록 기계적 유지가 수복물의 탈락을 방지하는 효과가 탁월하다 할지라도 특히 와동이 큰 경우 등에는 건전한 치질의 과도한 삭제로 인해 덜 보존적인 와동이 된다³⁾. 이러한 단점을 보완하기 위한 노력이 계속되어 온 바, Markley⁴⁾는 아말감의 유지를 강화 시키는 수단으로써 처음으로 stainless steel pin을 사용하였고, Goldstein⁵⁾은 friction lock pin technique을, Going⁶⁾은 self-thread pin을 dentinal channel에 삽입하는 방법을 제안하였고, Pashley등은 pin의 수와 크기를 증가시켜 10.3Mpa 까지 유지력이 개선되었음을 보고하였다. 그러나 편은 상아질의 간극, 파절, 치주조직의 손상, 치수 자극, 치수 노출을 야기하고⁷⁾ 아말감 수복물의 강도를 감소시키는^{8,9)} 등의 단점들이 문제점으로 지적 되었다.

변연누출은 아말감 수복의 문제점으로 계속 지적 되어온 바 있다. 아말감과 치질과의 결합은 레진 계통의 접착과는 달리 두 계면사이의 간극이 항상 존재함으로써 미세누출은 피할 수 없다. 이러한 간극 사이로 침투되는 구강 삼출액과 세균들은 아말감의 변연 파절과 인접 법랑질의 이차우식, 그리고 치수 손상등을 초래할 수 있다. Varnish는 아말감 수복물로부터 치아내로 이동되는 이온들을 감소 시키고, 포

스페이트 시멘트로 부터 유리되는 산의 상아질 침투를 방지하며, 수복물과 인접치면 사이로 발생하는 세균의 침투를 감소 시키기 위한 목적으로 개발되었다¹⁰⁾. 그러나 이러한 varnish도 아말감과 치아에 접촉되는 정도가 미약하여 미세누출을 해결하기에는 역부족이었다.

편의 단점 없이 결합력을 증대시키면서 varnish의 기능을 함께 보유한 재료의 개발이 연구되면서 dentin bonding system의 응용 가능성이 보고되기에 이르렀다. 약화된 치질을 강화하기 위한 접착제의 사용이 1976년 Denehy와 Torney¹¹⁾에 의해 처음으로 제안되었고, Staninec와 Holt¹²⁾는 최근에 아말감의 이장재료 접착용 레진을 사용하였고 Staninec¹⁵⁾, Shimizu¹⁶⁾, Staninec¹⁷⁾, Ianzano 등¹⁸⁾은 4-META 성분의 레진에 의한 결합에 의해 아말감 수복물의 강도가 현저히 증가했다고 보고하였다. Cooley와 Tseng¹⁹⁾, Varga등²⁰⁾, Ben-Amar 등²¹⁾ 그리고 Liberman 등²²⁾은 4-META based adhesive를 아말감 수복시 이장재료 사용했을때 미세누출 또한 감소하였다고 보고하였다.

Nakabayashi 등²³⁾에 의해 개발된 Amalgambond는 상아질과 법랑질, 알로이에 아말감과 콤팩깃트 레진을 결합시킬 수 있는 자가중합 상아질 결합제이다. Christensen등²⁴⁾은 Copal varnish 대신에 Amalgambond를 이용한 MOD 와동 아말감 수복시 교두의 파절저항이 현저히 증가되었음을 보고한 바 있으며, 다수의 실험실 연구^{31,32)}를 통하여 Amalgambond는 아말감과 콤팩깃트 레진의 결합부위에서 미세누출을 감소시켰고, 아말감 수복물 주위의 미세누출은 상아질을 통상의 와동 이장재 대신에 Amalgambond로 처리시 상당히 감소시켰음이 보고된 바 있다.

Cassandra등⁴²⁾은 Scotchbond 2, All-Bond, Amalgambond를 사용하여 레진에 대한 유구치의 전단강도를 측정 한 결과, Amalgambond가 All-Bond보다 높았다고 보고하였고, Perdigao 등⁴³⁾은 Scotchbond Multi-Purpose, All-Bond 2, Amalgambond Plus, Prisma Universal Bond 3를 사용하여 치질에 대한 레진의 전단 강도를 측정 한 결과, Amalgambond Plus가 All-

Bond 2와 Scotchbond Multi-Purpose, Prisma Universal Bond 3보다 높은 전단강도를 보였다고 보고하였다. Tjan등은 발거치아에 아말감 결합제를 도포한 후 아말감을 결합하였을 때, 전단강도 측정결과 Amalgambond는 All-Bond 2보다 전단강도가 높았다고 보고하였다. Hadavi등⁴⁴⁾은 All-Bond 2, Amalgambond Plus, TMS Minim pins을 이용한 상아질과 아말감의 결합력을 연구결과, 전단강도는 All bond-2가 Amalgambond plus와 TMS pin보다 통계학적으로 유의성있게 높았다고 하였다. Roth 와 Boyer는 대구치에 MOD와동을 형성한 후 결합제를 도포하고 아말감을 충전한 다음 8mm 지름의 강구로 치아를 압박하였을 때 All-Bond 2가 Scotchbond multipurpose와 Amalgambond+HPA, Amalgambond Plus보다 파절하중이 크고 제품간의 교두를 강화하는 정도는 통계적으로 유의한 차이를 보였다고 보고하였다.

이상의 문헌고찰 결과, 아말감의 치질결합에 대한 연구가 심도 있게 진행되어 오고 있으나 국내의 연구발표는 미흡한 것으로 사료되며, 특히 Amalgambond liner와 수복용 상아질 결합제의 비교에 관한 다소 상반된 연구 결과는 이에 관한 재 연구의 가치가 충분한 것으로 사료되었다.

본 연구는 기존의 Copal varnish와 상아질 결합제에 대한 Amalgambond의 효율성을 평가하기 위한 것으로서 각 이장재의 도포후 충전된 아말감 수복재의 결합 강도를 만능 시험기로 측정한 후 파절된 단면을 주사 전자현미경으로 관찰함과 아울러 미세누출 정도를 서로 비교한 결과 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 문헌 고찰

1. 상아질 결합제

약화된 치질을 강화하기 위한 접착제의 사용이 1976년 Denehy와 Torney¹¹⁾에 의해 처음으로 제안되었고, Staninec와 Holt¹²⁾는 최근에 아말감의 이장재로 접착용 레진을 사용한 바 있다. Monomer 4-META 성분의 치과재료는

약 10년전에 일본에서 개발되었는데 이것은 친수성과 소수성 성질 모두를 지니고있어, 치질에 도포시 아말감의 접착력을 증진시킨다¹³⁾. 또한 4-META 성분은 치질과 금속 합금의 결합 강도를 증진시켰고, 약화된 교두의 치관내 지지 (intracoronal support)를 제공하였으며 파절 저항을 현저히 개선시켰다¹⁴⁾.

Staninec¹⁵⁾은 인접면 와동에서의 아말감 유지에 대한 접착용 레진 이장재의 효과와 기계적 언더컷의 효과를 연구한 결과, 접착용 레진 이장재가 기계적 점와보다 유지력이 크다고 보고하였고, Shimizu등¹⁶⁾은 4-META based adhesive가 Panavia보다 아말감에 강한 결합을 보인다고 보고하였다. Staninec등¹⁷⁾은 유치의 접착성 아말감 임상 SEM 연구 결과, 2-3년동안 언더컷 없이도 수복물이 유지되었다고 보고하였다. Ianzano등¹⁸⁾ 역시 4-META 성분의 레진 접착에 의해 아말감 수복물의 강도가 현저히 증가했다고 보고하였다. Cooley와 Tseng¹⁹⁾은 5급 아말감 수복물의 교합변연과 치은변연 모두에서 미세누출이 감소되었다고 보고하였고 Varga등²⁰⁾은 4-META based adhesive를 아말감 수복시 이장재로 사용했을 때 미세누출이 감소하였다고 보고하였다. Ben-Amar등²¹⁾ 그리고 Liberman등²²⁾도 접착 레진을 이용한 아말감 수복시 아말감 주변의 미세누출이 감소하였다고 보고하였다.

그러나 상아질 결합제의 단점으로는 기술적 용이 비교적 복잡하고 성공적인 기술을 위해서는 술자의 숙련이 필요하며 술자에 의한 변위가 크고(technic-sensitive), 재료가 열에 특히 민감하고 사용하지 않을 때에는 냉동 보관이 필요하다는 것 등을 지적할 수 있다.

2. Amalgambond의 임상적 사용

Nakabayashi등²³⁾에 의해 개발된 Amalgambond는 상아질과 법랑질, 알로이에 아말감과 복합레진을 결합시킬수 있는 자가중합 상아질 결합제이다. Amalgambond는 변연의 미세누출을 효과적으로 감소시키고, 아말감의 유지력을 증가시켜 유지가 부족하거나 결여된 치아에 유지용 핀이나 다른 종류의 기계적 유지물

대신에 사용될 수 있다. Amalgambond는 접착분자인 4-Methacryloxyethyl trimellitate anhydride(4-META)에 기초를 두고 있다. 구성요소로는 activator(10% Citric acid, 3% Ferric chloride), adhesive agent(HEMA), base(MMA, 4-META), catalyst(TBB), polymer(PMMA)가 있다.

Amalgambond는 'hybridization' 과정에 의해 치질과 결합되고 hybrid layer는 전 처치된 상아질내로 monomer의 확산과 중합에 의해 형성된다. Acid-resistant hybrid layer는 5 m의 두께로 adhesive resin, collagen, hydroxyapatite로 구성된다. Amalgambond에 의한 아말감의 결합은 주로 기계적 결합이고, 아말감 충전시 Amalgambond는 wet(unpolymerization) 해야하며, 아말감과 결합을 위해 두께가 충분해야 한다. 아말감과 Amalgambond 사이의 결합강도는 충전재와 amalgam particle 사이의 기계적 결합이 강할수록 증가한다. 아말감과 Amalgambond의 결합은 알로이의 입자모양에 따라 달라지기도 하는데, 구상형 입자의 비율이 높을수록 Amalgambond의 결합강도가 높다. Amalgambond는 임상에서 광범위하게 적용되고 있는데 그 예를 들면; 아말감, 콤팩짓트 레진, 도재, 콤팩짓트 인레이, 콤팩짓트 전장관의 상아질, 법랑질 및 기존 수복물에 대한 접착시, 파면성 상아질로 인한 동통의 감소 및 결합성 아말감 금관등이 있다.

3. Amalgambond의 상아질 결합강도

Misra²⁹⁾는 Amalgambond와 상아질과의 결합을 기계적 결합이라고 언급하였고, Copal varnish 대신에 Amalgambond를 이용한 MOD 와동 아말감 수복시, 교두의 파절저항이 Copal varnish(98kg)보다 57kg 증가했다고 보고된 바 있다. Christensen등²⁴⁾은 대구치 MOD 와동의 교두 파절저항 강도실험 결과, Amalgambond와 아말감을 함께 사용한 경우가 아말감만 단독으로 사용한 경우보다 교두파절 저항이 현저히 높았으며 또한 Copal varnish보다(2,085N) Amalgambond(2,635N)의 교두파절 저항이 높았다고 보고하였다. 이외에도 편과의 비교실험

험연구들을 살펴보면, Amalgambond는 4개의 amalgapins(1.597N)과 regular TMS pins (1.259N)보다 큰 파절저항 (1.834N)을 나타낸 것으로 보고되었고²⁵⁾, Burgess등²⁶⁾도 Amalgambond plus(1.361N)가 4개의 minim pins(1.028N)보다 높은 결합강도를 보였음을 보고한 바 있다. Amalgambond에 의한 아말감과 상아질의 결합강도에 관한 실험결과에서 1991년 Cooley, Tseng과 Barkmeier는 3.31MPa, 1991년 Masaka는 17.7MPa, Pashley등은 3.1MPa 이었다고 보고하였다. 최근에 Staninec등²⁷⁾은 접착용 레진 이장재의 사용으로 아말감과 치질의 결합기술이 콤팩짓트 레진의 치질과의 결합과 유사한 강도를 증명하였다. 그리고 circumferential slot과 4-META로 처리된 아말감 사이의 강도는 통계학적 유의차가 없는 반면, 핀으로 강화시켰을 때의 강도는 유의차 있게 높았다²⁸⁾.

4. Amalgambond의 미세누출

아말감과 치아의 인접면에는 항상 틈이 존재하는데, 이것은 와동벽을 따라 미생물과 구강 삼출액이 통과하기에 충분히 크기 때문에 이차 우식유발율이 높고 술후 동통등을 야기한다. 이를 "미세누출"이라 하는데, 밀봉은 와동 형성시 사용했던 여러 재료와 치아의 수복 재료 뿐만 아니라 음식물과 여러 구강 물리적 요소들과의 상호 작용에 의해 영향 받는다³⁰⁾. 와동 수복 직전에 와동에 도포하는 와동 이장재는 조기 변연 미세누출을 상당히 감소시킨다. 실험실 연구에서 Amalgambond는 아말감과 콤팩짓트 레진의 결합부위에서 미세누출을 감소시켰고³¹⁾, 아말감 수복물 주위의 미세누출은 상아질을 통상의 와동 이장재 대신에 Amalgambond로 처리시 상당히 감소했다³²⁾.

여러 연구에서, Copal varnish 대신에 Amalgambond를 이용한 아말감 수복은 법랑질과 백악질 변연 모두에서 감소된 미세누출을 보였으며 이는 상아질내에서 4-META/MMA의 중합시 발생하는 체적 변화가 상아질 표면방향으로 발생되기 때문이다. 감소된 미세누출은 술후 감각을 줄이고, 이차우식 예방으로 치수

건강에도 도움이 된다³³⁻³⁵).

III. 연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

교정치료를 위해 발거된 대구치 중에서 협설면에 우식이나 결손 부위가 없는 건전한 대구치 160개를 대상치아로 선정하였으며, 이장재로는 3종의 상품화 된 치과재료를 사용하였다 (Table 1).

2. 연구 방법

1) Retention Test

① 대상치아의 준비

생리식염수에 보관된 대상 대구치(80개)의 치관을 치면세마 후, CEJ부위를 disc를 이용하여 절단하여 치관을 분리하였다. 교정용 자가중합레진에 협면을 노출시킨 상태로 매몰하였다. 노출된 협면 범랑질을 600 grit의 젓은 사포로 연마하였다.

② 와동형성

와동형성의 규격화를 위하여 특별히 고안된 Isoparallelometer milling device(Fig 1)에 레진블럭을 고정시키고, #701 highspeed carbide bur로 대상치아의 협면에 3.0×3.0×2.0 mm의 표준화된 5급와동을 형성한 후, 증류수로 깨끗이 세척하고 불순물이 섞이지 않은 온

풍으로(Clean warmer, 세제상사, 한국) 건조시켰다.

③ Liner의 와동내벽 도포

Group I은 대조군으로 아무 처리도 하지 않았으며, Group II는 Copalite, Group III은 Amalgambond, Group IV는 All-Bond 2로 각각의 지시서에 따라 치면 처리하였다.

④ 아말감 충전

Flat headed casting nail의 head부위에 Copalite를 얇게 도포한 후 nail head를 pulpal floor상에 위치시키고, small diameter condenser를 이용하여 와동을 아말감으로 충전시켰다.

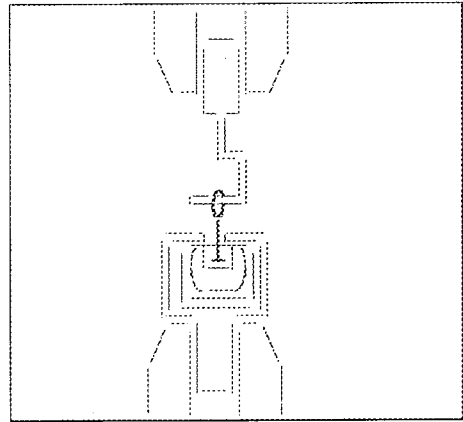


Fig. 1. Diagram of the retention test assembly designed and used in the experiment

Table. 1. Dental materials used in the experiment

Material	Component	Manufacturer
Copalite	Solvent	Cooley & Cooley
	Thinner	
Amalgambond [®]	Activator	Parkell
	Adhesive agent	
	Base	
	Catalyst	
	Polymer	
All - Bond 2	Etchant	Bisco
	Adhesive	

Table 2. Scoring system for the degree of microleakage

Score	Extent of dye penetration
1	측벽 1/2까지
2	측벽 1/2을 지나 axial wall 직전까지
3	axial wall을 약간 침범
4	axial wall 모두를 침범
5	axial wall에서 pulp쪽으로 약간 침범
6	pulp까지 침범

(Adopted from William P. Kelsey ; 1988 Quintessence International)

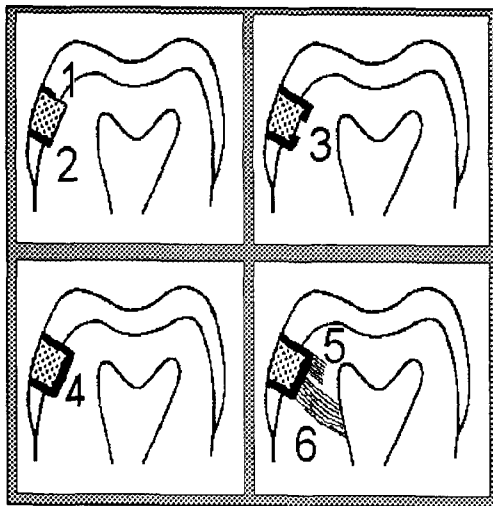


Fig. 2. Schematic drawing of scoring method of the degree of microleakage

그리고 carving과 burnishing을 시행한 후 37°C 증류수에 24시간 보관하였고, 5°C와 55°C에서 500회 thermocycling을 시행한 후 37°C 증류수에 보관하였다.

⑤인장강도 측정

각 군 표본의 인장강도를 측정하기 위해 Universal Testing Machine(Model No.4204, Instron, USA)으로 full load scale 50kg, 분당 2.0 mm의 cross-head speed로 측정하였다.

2) 주사전자 현미경 관찰

표본의 와동저를 관찰하기 위해 경조직 절삭기(ISOMET, USA)를 사용하여 절편을 형

성하였고, 표본을 37°C에서 6시간 건조시킨 후 SEM coater (Biorad, England)를 이용하여 20 nm의 두께로 금피복을 시행한 다음 주사전자 현미경으로 가속전압 20kV하에서 500, 700배의 비율로 관찰하였다.

3) Microleakage Test

①대상 치아의 준비

생리식염수에 보관된 대상 대구치(80개)의 치관을 치면세마 후, CEJ부위를 disc를 이용하여 절단하여 치관을 분리하였다.

②와동형성

#701 highspeed carbide bur로 대상치아의 협면에 3.0×2.0×2.0mm의 5급와동을 형성한 후, 3% hydrogen peroxide로 10초간 처리하였고, 증류수로 깨끗이 세척하고 불순물이 섞이지 않은 온풍으로(Clean warmer, 세재상사, 한국) 건조시켰다.

③치면처리

Group I은 대조군으로 치면처리하지 않았으며, Group II는 Copalite, Group III은 Amalgambond, Group IV는 All-Bond 2로 각각의 지시서에 따라 치면처리하였다.

④아말감 충전

small diameter condenser를 이용하여 와동을 아말감으로 충전시켰다. 그리고 carving과 burnishing을 시행한 후 37°C 증류수에 24시간 보관하였고, 5°C와 55°C에서 500회 thermocycling을 시행한 후 37°C 증류수에 보관하였다.

⑤색소 침투

수복물과 주변 1mm를 제외한 모든면에 nail varnish를 3회 이상 균일하게 도포하여 충분히 건조시킨 후 0.05% basic fuchsin dye용액에 24시간 보관하였다.

미세누출 양상은 교합연과 치은연 부위에서 색소 침투 정도에 따라 다음과 같은 6단계로 나누어 측정하였다(Table 2).

IV. 연구 결과

⑥표본절단과 미세누출 양상 조사

표본을 basic fuchsin용액에서 꺼내 흐르는 물에 씻은 다음 경조직 절삭기(Velnus, Japan)와 Abor diamond wafering blades (Buehler Isomet, USA)를 사용하여 협설면으로 절단하였다. 절단한 표본을 stereoscope(Nikon, Japan)하에서 배율 45배로 관찰하였다.

1. Retention Test

Amalgambond군의 인장강도가 가장 높았으며 Copalite군이 가장 낮은 인장강도를 나타냈다. 이상의 자료를 토대로 각 실험군간의 유의차를 검증하기 위한 통계분석 결과(Table 5)로서 I 군과 II 군 사이에서는 유의차가 없었으나(P>0.05), I 군과 III군, I 군과 IV군,

Table 3. Tensile bond strength values measured in each group

Group Sample	I	II	III	IV
1	2.362	2.644	8.268	5.235
2	3.503	3.933	8.644	10.480
3	6.040	3.852	9.624	5.732
4	2.173	5.544	14.720	5.208
5	2.953	4.295	10.460	9.799
6	1.638	5.315	12.027	8.349
7	3.987	6.872	12.161	3.208
8	7.570	3.450	19.050	7.356
9	5.020	6.711	12.320	6.550
10	8.772	1.584	7.960	8.792
11	8.121	5.369	13.020	17.920
12	7.530	3.356	12.540	8.362
13	9.376	5.490	13.290	7.074
14	1.221	2.886	10.640	8.201
15	5.480	2.631	12.210	3.302
16	8.282	1.812	8.899	8.859
17	2.107	4.188	10.100	8.362
18	3.450	8.403	14.160	10.360
19	1.341	2.510	18.860	9.201
20	5.221	5.034	10.120	7.772

Table 4. Mean and standard deviation of tensile bond strength values measured in each group

Group	I	II	III	IV
Mean ± S.D	4.81 ± 2.71	4.29 ± 1.79	11.95 ± 3.08	8.01 ± 3.12

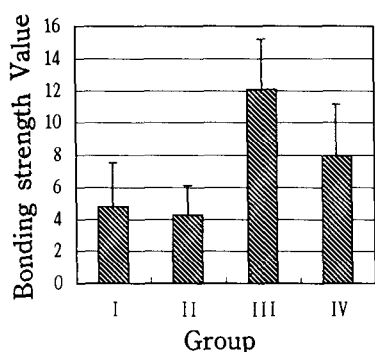


Fig. 3. Bar graph representing the mean tensile bond strength values(kgf) with standard deviation in each group

Table 5. Statistical analyses on the differences in tensile bond strength values between groups

	I	II	III	IV
I				
II	--			
III	*	*		
IV	*	*	*	

* : Statistically significant difference (P<0.05)

-- : No Statistically significant difference (P>0.05)

from Scheffe's Multiple Range Test

Table 6. Microleakage scores obtained at both occlusal and gingival margins of samples in each group

Group Sample	I		II		III		IV	
	occlusal	gingival	occlusal	gingival	occlusal	gingival	occlusal	gingival
1	5	6	4	4	4	0	4	4
2	3	6	4	4	1	1	1	4
3	4	6	4	4	1	1	2	4
4	6	6	4	4	0	1	4	2
5	6	6	4	4	0	4	4	4
6	6	6	4	4	4	4	3	2
7	6	4	4	4	4	3	4	4
8	5	6	4	2	3	3	4	1
9	4	4	4	4	1	1	4	4
10	5	6	4	4	1	1	3	2
11	5	6	4	4	2	5	1	6
12	6	6	1	2	4	2	4	4
13	4	4	4	4	4	6	4	4
14	6	6	4	4	1	2	4	4
15	6	6	4	4	4	4	2	4
16	5	6	4	5	0	3	3	1
17	6	6	3	3	4	4	2	4
18	5	6	3	2	2	3	4	4
19	6	4	4	4	2	2	2	4
20	6	5	4	4	4	2	3	3

Table 7. Mean and standard deviation of microleakage scores obtained at both occlusal and gingival margins of samples in each group

Group	I		II		III		IV	
	O	G	O	G	O	G	O	G
Mean± S.D	4.40 ± 2.09	5.67 ± 0.82	3.74 ± 0.73	3.68 ± 0.82	2.23 ± 1.68	2.65 ± 1.69	3.17 ± 1.10	3.44 ± 1.29

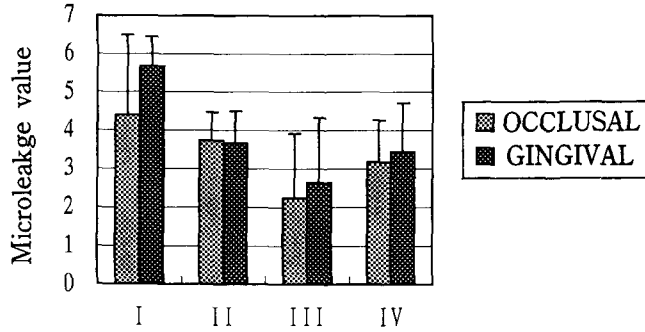


Figure 4. Bar graph representing the mean microleakage scores with standard deviation at both occlusal and gingival margins in each group

Table 8. Frequency of various microleakage scores in each group

Score	0	1	2	3	4	5	6
Group I	0	0	0	0	2	0	18
Group II	0	0	0	2	17	1	0
Group III	0	5	3	3	7	1	1
Group IV	0	0	0	4	15	0	1

II군과 III군, II군과 IV군, III군과 IV군 사이에서는 각각 유의차가 있었다($P < 0.05$).

2. 주사 전자 현미경 관찰

파절된 치질을 주사전자 현미경으로 관찰한 결과, All-Bond 2는 레진과 상아질 표면 사이에서 파절된 adhesive failure pattern을 보였으며 상아세관이 많이 노출되어 있는 것을 볼 수가 있었다. 반면, Amalgambond는 아말감과 레진 사이에서 파절된 cohesive failure pattern을 보였으며 amalgam particle이 레진 사이에 박혀 있는 것을 볼 수가 있었다.

3. Microleakage Test

Amalgambond군이 Copalite와 All-Bond 2군보다 미세누출이 적었고, Copalite군이 미세누출 또한 가장 크게 나타났다. 각각 미세누출 측정치의 빈도를 나타내는 표와 그래프(Table 8, Figure 5)로서 Amalgambond군이 score 1부터 6까지 골고루 분포되어 있는 반면, Copalite군과 All-Bond 2군은 주로 score 4에 편중되어 분포하고 있다. 각 실험군간의 유의차를 검증하기 위한 통계분석 결과(Table 9)로서 I군과 II군, I군과 III군, I군과 IV군 사이에서는 유의차가 있었으나($P < 0.05$), II군과 III군, II군과 IV군, II I군과 IV군 사이에서는 유의차가 없었다($P > 0.05$).

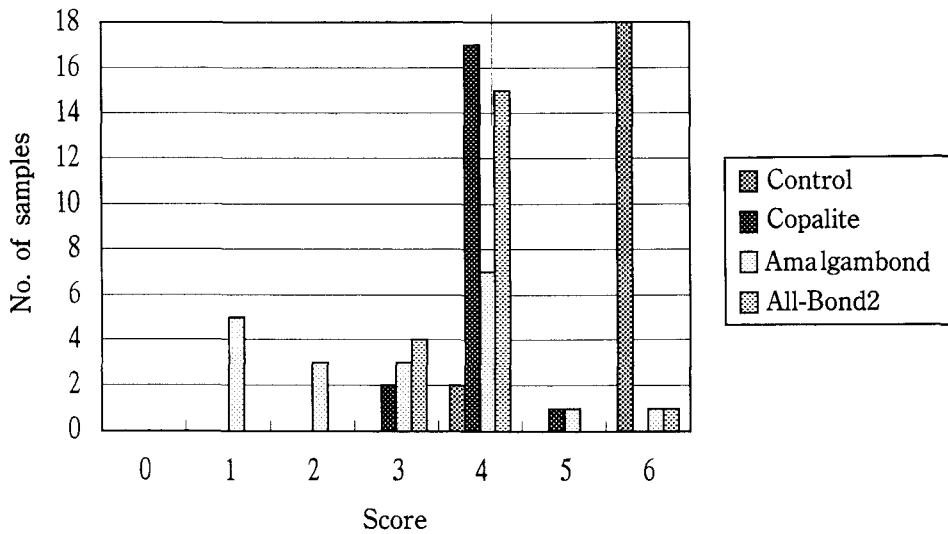


Figure 5. Bar graph representing frequency of microleakage scores in each group

Table 9. Statistical analyses on the differences in microleakage scores between groups

	I	II	III	IV
I				
II	*			
III	*	--		
IV	*	--	--	

* : Statistically significant difference (P<0.05)

-- : No Statistically significant difference (P>0.05)

from Kruskal-Wallis one way Anova Test

V. 총괄 및 고안

아말감 결합용 레진중 Amalgambond는 상아질과 법랑질, 알로이에 아말감과 콤팩트 레진을 결합시킬 수 있는 자가중합 상아질 결합제로서, 변연미세누출을 효과적으로 감소시키고, 아말감의 유지력을 증가시킨다. 구성요소로 activator(10% Citric acid, 3% Ferric chloride), adhesive agent(HEMA), base(MMA, 4-META), catalyst(TBB), polymer(PMMA)가 있다. 본 실험에 사용된 Amalgm-

bond Plus는 4-META, MMA/TBB system으로서, 상아질을 10-3용액(10% citric acid + 3% ferric chloride)으로 전처리 함으로서 도말층이 제거되지만, 3% ferric chloride가 탈회 부위의 교원섬유를 안정화 시켜, 이 부위로 4-META, MMA/TBB resin이 침투되어 교원섬유와 미세 기계적으로 결합되어 hybrid layer를 형성함으로써 해서 결합을 이루게 된다. hybrid layer는 5 μ m의 두께로 adhesive resin, collagen, hydroxyapatite로 구성된다. 이러한 hybrid layer는 상아질과의 결합강도를 증가시킬 뿐만 아니라 산부식에 대하여 저항성을 가지고 있어 지각과민증과 이차우식증을 방지할 수 있는 역할을 한다. Nakabayashi등³⁶⁾에 의하면, 이 system의 촉매제인 TBB는 초기 중합시에 산소와 수분이 필요하므로 수분이 풍부한 상아질에서 효율적일 뿐만 아니라 치면 쪽에서 먼저 중합이 시작됨으로 상아질쪽으로 수축이 되어 간극이 줄어들게 된다고 하였다.

아말감 결합용 레진을 사용하였을 때 상아질에 대한 아말감의 전단결합 강도는 실험법 및 제품에 따라 큰 차이를 보이는데, 8.3MPa, 14.6-15.3MPa, 9.5-12.1MPa, 10.53MPa, 4.73MPa, 2.45MPa등으로 다양하였으나 기준이 되는 결합강도에 관한 연구는 아직 미흡하여 어느정도의 결합강도가 적정한지를 현재는 평

가할 수 없다.

Charlton³⁷⁾은 아말감수복물과 치질사이에서 Copalite, Prisma Universal Bond 2, Amalgambond, Panavia EX의 미세누출 감소 정도와 결합력 개선에 대한 연구를 하였다. 인장강도 실험결과 Amalgambond와 Panavia EX가 가장 높은 37kgf를 나타냈고, Prisma Universal Bond 2는 31kgf, Copalite는 22kgf, 대조군은 26kgf를 나타냈다. 미세누출 실험결과 Amalgambond의 미세누출이 가장 적었다고 보고 하였다. Al-Moayad³⁸⁾등은 Amalgambond, Panavia EX, Vitrebond의 아말감과 치질과의 결합력에 대한 효과에 대해 연구하였는데, 인장강도 실험 결과 Amalgambond가 109N으로 Panavia EX의 82N보다 높았다고 보고하였고, Pashley³⁹⁾등과 Tjan³⁹⁾은 amalgambond를 이용한 상아질과 아말감의 전단결합강도가 3.1-4.7MPa 이었다고 보고한 바 있다.

Lo⁴⁰⁾과 Hasewaga⁴¹⁾은 amalgambond Plus를 이용한 상아질과 아말감의 전단 결합강도가 8.7-15.3MPa 이었다고 보고 하였고, Staninec(1993)등은 Amalgambond를 도포한 후 아말감을 수복하였을 때 상아질 인장결합강도측정시 Amalgambond는 3.7MPa, amalgambond Plus는 8.3MPa를 나타냈다.

Cassandra⁴²⁾은 Scotchbond 2, All-Bond, Amalgambond를 사용하여 레진에 대한 유구치의 전단강도를 측정한 결과, Amalgambond(12.62MPa)가 All-Bond(11.60MPa)보다 높았다고 보고하였고, Perdigo⁴³⁾은 Scotchbond Multi-Purpose, All-Bond 2, Amalgambond Plus, Prisma Universal Bond 3를 사용하여 치질에 대한 레진의 전단강도를 측정한 결과, Amalgambond Plus(17.47MPa)가 All-Bond 2(16.84MPa)와 Scotchbond Multi-Purpose(16.14MPa), Prisma Universal Bond 3(11.40MPa)보다 높은 전단강도를 보였다고 보고하였다. Hadavi⁴⁴⁾은 All-Bond 2, Amalgambond Plus, TMS Minim pins을 이용한 상아질과 아말감의 결합력을 연구하였다. 전단강도 측정에서 All-bond 2(11.10Mpa)는 Amalgambond plus(6.343Mpa)와 TMS pin(6.868MPa)

보다 통계학적 유의성있게 높았다. Tjan⁴⁵⁾등은 발거치아에 아말감 결합제를 도포한 후 아말감을 결합하였을 때, 전단강도 측정결과 Amalgambond는 4.73MPa, All-Bond 2는 2.45MPa로 Amalgambond의 전단강도가 높았다고 보고 하였다. Roth와 Boyer는 발거한 대구치에 폭경 5mm, 깊이 4mm의 MOD와동을 형성한 후 결합제를 도포하고 아말감을 충전한 다음 8mm 지름의 강구로 치아를 압박하였을 때의 파절 하중은 All-Bond 2가 83kg, Scotchbond multi-purpose는 68kg, Amalgambond+HPA는 58kg, Amalgambond Plus는 51kg으로 제품간의 교두를 강화하는 정도는 통계적으로 유의한 차이를 보였다고 보고하였다. 이와같이 문헌 고찰을 통해 나타난 바로는 아말감의 치질결합에 대한 연구가 심도 있게 진행되어 오고 있으나 국내의 연구발표는 미흡하였으며, 특히 Amalgambond liner와 수복용 dentin bonding agent의 비교에 관한 다소 상반된 연구 결과는 이에 관한 재 연구의 가치가 충분한 것으로 사료되었다.

본 연구에서는 기존의 Copal varnish와 dentin bonding agent에 대한 Amalgambond의 효율성을 결합력과 미세누출 양면에서 비교 평가하였는데, 아말감은 치질과 결합하지 않기 때문에 와동을 형성 후 인장결합강도를 측정하였다. 와동형성시 isoparallelometer device를 직접 고안, 제작하여 이용하였다. isoparallelometer device는 와동의 가로, 세로, 깊이를 균일화, 표준화 시키는데 결정적인 역할을 하였다. 아말감을 탈락 시킬 때 다른 어떠한 영향을 받지 않고 단순히 이장재의 접착능력만을 유도하기 위해, 와동벽을 직각으로 형성하지 않고 #701 highspeed carbide burs를 이용하여 bur자체의 경사도를 와동에 재현시켰다. 5개의 와동 형성후 bur를 교환하여 와동벽이 거칠어지거나 타는 현상을 방지 하였다. 인장결합강도는 Instron사의 만능 시험기를 이용하여 측정하였다. 정확한 측정값을 얻기위하여 zig에 부착시키는 test assembly를 직접 고안, 제작하였다. 상단 zig에 부착되는 test assembly는 zig와 직각으로 연결되고 hook 모양을 하고

있다. 하단 zig에 부착되는 test assembly는 zig와 직각으로 연결되고, box모양으로, box 내면은 resin block과 평행하게 면이 다듬어져 있다. 결국 상단 zig, 상단 test assembly, 하단 test assembly, resin block, 하단 zig가 직각으로 연결되어 측정값의 오차를 최소로 하였다. 그 결과 Amalgambond의 인장결합강도는 11.95 kgf로 Copalite(4.29 kgf)나 All-Bond 2(8.01 kgf)보다 통계학적 유의성 있게 높았다. 파절된 치질을 주사전자 현미경으로 관찰한 결과, All-Bond 2는 레진과 상아질 표면 사이에서 파절된 adhesive failure pattern을 보였으며 상아세관이 많이 노출되어 있는 것을 볼 수가 있었다. 반면, Amalgambond는 아말감파 레진 사이에서 파절된 cohesive failure pattern을 보였으며 amalgam particle이 레진 사이에 박혀 있는 것을 볼 수가 있었다. Copalite군은 대조군보다 인장강도가 낮았다. 그 이유는 와동형성시 거칠어진 면이 Copalite에 의해 매끄럽게 처리 되었고, 또한 Copalite는 아말감과 결합능력이 없기 때문이다.

유지력을 증가시키기 위한 방법으로 Amalgambond와 핀을 함께 사용하는 연구보고가 있다. Imbery등은 복잡한 아말감 수복물의 전단력에 대한 저항을 평균 파절강도로 측정하였는데 4개의 amalgapin을 사용하여 아말감을 수복하였을 때와 Amalgambond 도포후 아말감 수복한 경우, Amalgapin과 Amalgambond를 동시에 사용한 경우에서 파절강도는 1,597-1,834N으로 차이는 없었다고 하였고, 또한 아말감을 충전시 유지핀을 사용하는 경우와 결합용 레진을 도포한 후 전단결합강도를 측정하였는데, Amalgambond만 사용한 경우는 802N, Amalgambond Plus를 사용한 경우는 1,386N, Amalgambond Plus와 유지핀을 사용한 것은 1,858N의 결합력을 보여 Amalgambond만을 사용한 경우 통계학적으로 낮은 결합강도를 보였으며, Amalgambond Plus를 사용한 경우와 유지핀을 사용한 경우의 결합강도는 유사하다고 하였다. 그러나 Lo등은(1994) 아말감 결합용 레진과 유지핀을 동시에 사용할 경우의 전단결합강도는 결합용레진만을 사용한 경우보다 3-5배 증가

한다고 하였다.

Cooley등은 Amalgambond와 Cavity varnish를 이용하여 아말감과 치질사이의 미세누출 정도를 연구하였는데, Amalgambond가 교합 변연과 치은변연 모두에서 통계학적 유의성 있게 미세누출이 적었다고 보고하였고, Charlton등도 Amalgambond와 Copalite를 이용한 아말감과 치질사이의 미세누출 정도를 연구한 바, Amalgambond가 교합변연과 치은변연 모두에서 통계학적 유의성있게 미세누출이 적었다고 보고하였다. 또한 Edgren⁴⁵⁾등은 아말감 수복물에서의 Amalgambond와 Copalite의 미세누출에 대한 연구결과, Amalgambond가 Copalite보다 미세누출이 적었다고 보고하였고, Hadavi등은 Prisma Universal Bond 2와 Cover Up II, Amalgambond를 이용하여 아말감과 레진 사이의 미세누출에 대해 연구하였는데, 실험결과 Amalgambond의 미세누출이 가장 적은 것으로 보고하였다. 본 실험 결과도 Amalgambond의 미세누출이 All-Bond 2와 Copalite보다 적은 것으로 나타났고, 변연 미세누출은 교합 변연에서 보다 치은변연에서 많았다. 아말감은 수복물은 6개월후 부식산물에 의해 미세누출이 차단되는데, 본 연구의 실험방법에서는 부식산물에 의한 미세누출 차단정도를 확인하지는 못했다. 충분한 시간을 가지고 연구한다면 아말감의 미세누출에 대한 더욱 정확한 결과를 기대할 수 있을 것 같다.

VI. 결 론

Amalgambond 이장재의 도포가 아말감 수복재의 변연누출과 유지력에 미치는 효과를 평가 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 아말감 충전재의 치질에 대한 결합 정도를 나타내는 인장강도의 측정치는 Amalgambond가 가장 높았고, 그 다음이 All-Bond 2 그리고 Copalite가 가장 낮은 수치를 보였으며 모든 군간에 통계학적인 유의차를 보였다($p < 0.05$).
2. 인장강도 측정후 파절된 치질의 주사전자

현미경 관찰 결과, Amalgambond는 아말감과 레진 사이에서 파절된 cohesive failure pattern을 보였으며, All-Bond 2는 레진과 상아질 표면 사이에서 파절된 adhesive failure pattern을 보였다.

3. Amalgambond의 미세누출은 All-Bond 2, Copalite 군보다 다소 적게 나타났지만 구간에서의 통계학적 유의차는 발견할 수 없었다($p > 0.05$).
4. Amalgambond나 All-Bond 2와 같은 이장재가 기존의 Copalite보다는 우수한 재료로 평가 되었으나, Amalgambond와 All-Bond 2간의 우열은 평가 할 수 없었다.

참고문헌

1. Charbeneau, G.T., Cartwright, C.B., Comstock, F.W., Kahker, F.W., Snyder, D.T., Dennison, J.B., Margeson, R.D. : Principles and practice of operative dentistry, 2nd Ed., Philadelphia, Science Pub. Center, P. 51, 1981.
2. Charbeneau, G.T., Cartwright, C.B., Comstock, F.W., Kahker, F.W., Snyder, D.T., Dennison, J.B., Margeson, R.D. : Principles and practice of operative dentistry, 2nd Ed., Philadelphia, Science Pub. Center, P. 231-232, 1981.
3. Hadavi, F., Hey, J.H., Strasdin, R.B. : Bonding amalgam to dentin by different methods. The Journal of Prosthetic Dentistry., 72 : 250-254, 1994.
4. Markley, M.R. : Pin reinforcement and retention of amalgam foundation and restorations. JADA., 56 : 675-679, 1958.
5. Goldstein, P.M. : Retention pins are friction locked without the use of cement. JADA., 73 : 1,103-106, 1966.
6. Going, R.E. : Pin retained amalgam. JADA., 73 : 619-624, 1966.
7. Webb, E.L., Straka, W.F., Philips, C.L. : Tooth crazing associated with threaded pins. The Journal of Prosthetic Dentistry., 61 : 624-628, 1989.
8. Moffa, J.P., Going, R.E., Gettleman, L. : Silver pins : their influence on the strength and adaptation of amalgam. The Journal of Prosthetic Dentistry., 28 : 491-499, 1972.
9. Ceconni, B.T., Asgar, K. : Pins in amalgam : a study in reinforcement. The Journal of Prosthetic Dentistry., 26 : 159-169, 1971.
10. Craig, R.G. : Restorative Dental Materials. 447-448, 1980.
11. Deney, G.E., Torney, E.Y. : Internal enamel reinforcement through micromechanical bonding. The Journal of Prosthetic Dentistry., 36 : 171-175, 1976.
12. Staninec, M., Holt, M. : Bonding of amalgam to tooth structure : tensile adhesion and microleakage tests. The Journal of Prosthetic Dentistry., 59 : 397-402, 1988.
13. Nakabayashi, N., Kojima, K., Masuhara, E. : The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. J Biomed Mater Res., 16 : 265-273, 1982.
14. Watanabe, F., Powers, J.M., Lorey, R.E. : In vitro bonding of prosthodontic adhesives to dental alloys. J Dent Res., 67 : 479-483, 1988.
15. Staninec, M. : Retention of amalgam restoration : bonding vs undercuts. J Dent Res., 68 : 189, 1989.
16. Shimizu, A.U., Kawakami, M. : Bonded strength between amalgam and tooth hard tissues with application of fluoride, glass ionomer cement and adhesive resin cement in various combinations. Dent Mat J., 5 : 225-232, 1986.
17. Staninec, M., Truong, T., Lowe, A. : An SEM study of in vivo bonded amalgam restorations. J Dent Res., 72 : 111, 1993.
18. Ianzano, J.A., Mastrodomenico, J., Gwin-

- nett, A.J. : Strength of amalgam restorations bonded with 4-META. *J Dent Res.*, 70 : 300, 1991.
19. Cooley, R.L., Tseng, E.Y. : Dentin bond strength and microleakage of 4-META to amalgam and composite. *J Dent Res.*, 70 : 395, 1991.
 20. Varga, J., Matsumura, H., Masuhara, E. : Bonding of amalgam filling to tooth cavity with adhesive resin. *Dental Materials J.*, 5 : 158–164, 1986.
 21. Yu, Wei, Xu, Ben-Amar. : Experimental use of a bonding to reduce in amalgam restorations. *Quintessence International.*, 18 : 783–787, 1987.
 22. Liberman, R., Matalon, S., Gorfil, C. : The effect of experimental adhesives on the microleakage around amalgam restorations. *J Dent Res.*, 68 : 656, 1989.
 23. Nakabayashi, N., Masuhara, E., Mochida, E., Ohmori, I. : Development of adhesive pit and fissure sealants using MMA resin initiated by tri-n-butyl borane derivative. *J Biomed Mater Res.*, 12 : 149–165, 1978.
 24. Christensen, G.J., Hunsaker, K.J., Banger, V., Christensen, R. : Influence of Amalgambond on molar cusp fracture resistance. *J Dent Res.*, 70 : 300, 1991.
 25. Imbery, T.A., Hilton, T.J., Reagan, S.E., Caldon, W.P. : Fracture resistance of amalgam retained by Amalgambond, pins and amalgapins. *J Dent Res.*, 72 : 132, 1993.
 26. Burgess, J.O., Alvarez, A.N., Sunmitt, J.B. : Fracture resistance of complex amalgams. *J Dent Res.*, 72 : 132, 1993.
 27. Staninec, M., Holt, M. : Bonding of amalgam to tooth structure : tensile adhesion and microleakage tests. *The Journal of Prosthetic Dentistry.*, 59 : 397–402, 1988.
 28. Pashley E.L., Comer, R.W., Parry, E.E. : Amalgam buildups : shear strength and dentin sealing properties. *Oper Dent.*, 16 : 82–89, 1991.
 29. Misra, D.N. : Adsorption of 4-META on hydroxyapatite and its role in composite bonding. *J Dent Res.*, 68 : 43–47, 1989.
 30. Grossman, E.S., Witcom, M.J., Jodaikin, A. : Elements in marginal seals at amalgam-tooth interfaces. *J Dent Res.*, 65 : 998–1000, 1986.
 31. Hadavi, F., Hey, J.H., Ambrose, E.R., Elbadrawy, H.E. : Effect of different adhesive systems on microleakage at the Amalgam/Composite resin interface. *Operative Dentistry.*, 18 : 2–7, 1993.
 32. Cooley, R.L., Tseng, E.Y., Barkmeier, W.B. : Dentinal bond strengths and microleakage of a 4-META adhesive to amalgam and composite resin. *Dental Reseach.*, 22 : 979–983, 1991.
 33. Masaka, N. : Restoring the severely compromised molar through adhesive bonding of amalgam to dentin. *Compend Contin Educ Dent.*, 12 : 90–98, 1991
 34. Cox, C.F., Keall, C.L., Keall, H.J. : Biocompatibility of surface sealed dentinal materials against exposed pulps. *The Journal of Prosthetic Dentistry.*, 57 : 1–8, 1987.
 35. Cox, C.F. : Biocompatibility of dentinal materials in the absence of bacterial infection. *Oper Dent.*, 12 : 146–152, 1987.
 36. Nakabayashi, N. : Hybrid layer as a Dentin bonding mechanism. *J Esthet Dent.*, 4 : 133–138, 1991.
 37. Charton, D.G., Moore, B.K., Swartz, M.L. : In vitro evaluation of the use of resin liners to reduce microleakage and improve retention of amalgam restorations. *Operative Dentistry.*, 17 : 112–119, 1992.
 38. Al-Moayad, M., Aboush, Y.E.Y., Elderton, R.J. : Bonded amalgam restoration : a comparative study of glass-ionomer and resin adhesives. *Dental Materials.*, 20 : 363

- 367, 1993.
39. Tjan, A.H.L., Tan, D.E., Berry, F.A. : Shear bond strength of amalgam to dentin pretreated with Optibond. *J Dent Res.*, 73 : 221, 1994.
 40. Lo, C.S., Millstein, P.L., Nathanson, D. : In vitro shear strength of pin retained vs. resin bonded amalgam. *J Den Res.*, 73 : 387, 1994.
 41. Hasegawa, T., Retief, D.H. : Shear bond strengths of two commercially available dentin-amalgam bonding systems. *J Dent Res.*, 73 : 221, 1994.
 42. Cassandra, J.E., McCourt, J.W. : Bond strength of dentinal adhesives in primary teeth. *Quintessence international.*, 24 : 271—273. 1993.
 43. Perdigao, J., Swift, J.R., Denehy, G.E., Wefel, J.S., Donly, K.J. : In vitro bond strengths and SEM evaluation of Dentin Bonding Systems to different dentin substrates. *J Den Res.*, 73 : 44—55, 1994.
 44. Hadavi, F., Hey, J.H., Strasdin, R.B., McMeekin, G.P. : Bonding amalgam to dentin by different methods. *The Journal of Prosthetic Dentistry.*, 72 : 4, 1994
 45. Edgren, B.N., Denehy, G.E. : Microleakage of amalgam restorations using Amalgambond and Copalite. *Am J Dent.*, 5 : 296—298, 1992.

EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 6. Representative photomicrograph of fracture surface in Control group
- Fig. 7. Representative photomicrograph of fracture surface in Copalite group
- Fig. 8. Representative photomicrograph of fracture surface in Amalgambond group
- Fig. 9. Representative photomicrograph of fracture surface in All-Bond 2 group
- Fig. 10. Scoring system (1) of microleakage
- Fig. 11. Scoring system (2) of microleakage
- Fig. 12. Scoring values (3) of microleakage
- Fig. 13. Scoring values (4) of microleakage
- Fig. 14. Scoring values (5) of microleakage
- Fig. 15. Scoring values (6) of microleakage

논문사진 부도

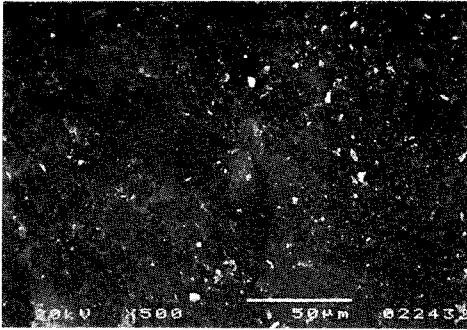


Figure 6.



Figure 7.

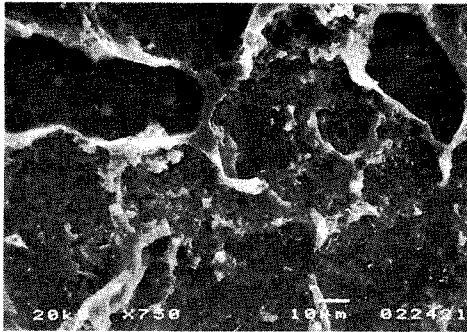


Figure 8.

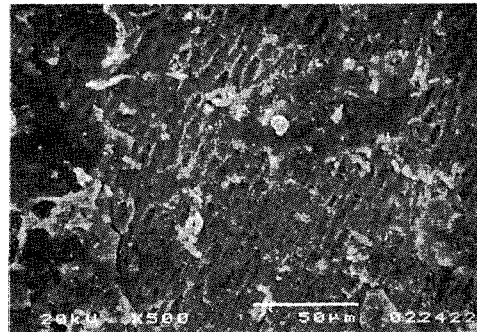


Figure 9.

논문사진 부도

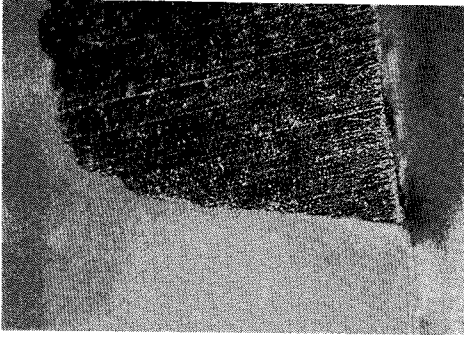


Figure 10

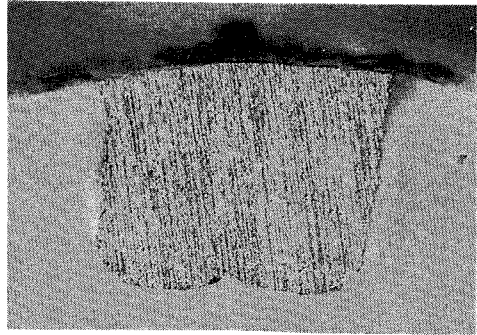


Figure 11.

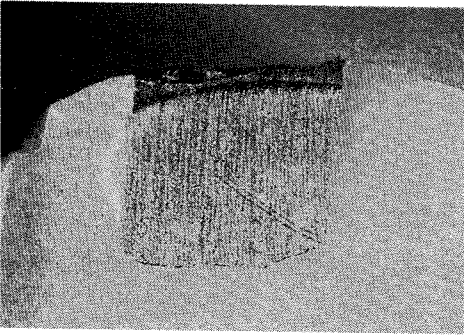


Figure 12.

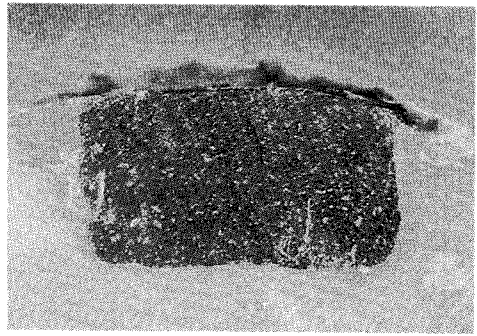


Figure 13.

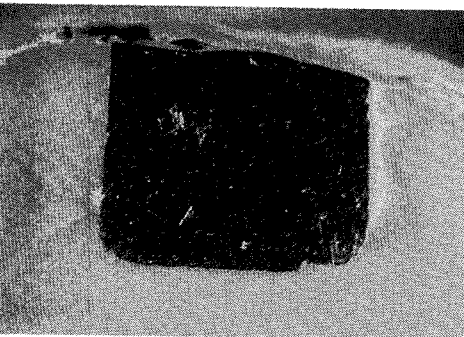


Figure 14.

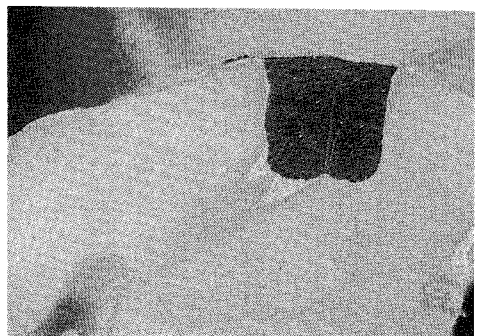


Figure 15.