

수종의 접착성 레진 이장재의 미세변연누출에 관한 전자현미경적 연구

연세대학교 치과대학 보존학교실
금기연 · 이찬영 · 박동수 · 이정석 · 이승중

I. 서 론

아말감은 1826 년이래 보존수복 분야에서 널리 사용되어 왔으며 그 조성은 물리적성질을 증가시키기 위해서 끊임없이 개선되어 왔다.

그러나 두 가지 주요한 단점으로는 치질과의 접착이 불가능하여 유지형태를 주기위해 undercut 를 부여함으로써 파절위험성이 높다는 것과 변연누출로 인한 이차우식증 및 치수자극을 유발한다는 것이다.³³⁾

최근의 치과수복용 아말감은 여러가지 수복재료의 개발에도 불구하고 이상적인 충전재료의 요건을 만족시켜왔다.

그러나 아말감을 와동내에 유지시키기 위해 와동형성시 frictional lock 을 형성하고 와동벽에는 undercut 및 retention groove 를 형성하여 유지형태를 부여해야한다.

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

Cavity varnish 는 수 년간에 걸쳐 아말감수복물 주위의 변연누출을 줄이거나 예방하기 위해 이장재로 사용되어 왔다.

재래식 저동아말감은 감마 2상 (tin-mercury phase) 을 갖고있어 부식을 야기하는 것으로 보고되고 있고, 수복물과 와동벽 사이에 생기는 이러한 부식산물은 시간이 경과함에 따라 충전물 주위의 변연누출을 감소시켜 준다.

Picard⁴³⁾ 등은 재래식 저동아말감의 변연누출은

수복물의 수명이 증가함에 따라 감소됨을 보고하였고, Yates⁴⁴⁾ 등은 아말감의 경화시에 생기는 수축력이 변연누출을 조장하여 치아의 지각과민을 야기한다고 보고하였다.

재래식 저동아말감의 가장 흔한 부식 산물로는 tin chloride 와 tin oxide 로써 치질과의 접촉면은 물론 기존의 아말감 내부로도 침투되는 양상을 보인다.⁵¹⁾ 고동아말감에서도 구리나 동의 부식산물을 볼수 있으나 그 부식산물은 대개 아말감의 표면에 한정되어 나타난다.³⁷⁾

현재 tytin (S S White), dispersalloy (Johnson & Johnson Co.)로 시판되는 고동아말감은 첨가되는 구리가 주석보다 수은에 친화력이 강해 감마 2상 대신 copper-tin phase 가 형성되어 부식에 대한 저항성 및 creep 의 성향도 적다고 보고되고 있다.

그러나 부식산물의 축적이 거의 없기 때문에 시간이 지남에 따라 변연패쇄 능력이 떨어져 cavity liner 의 사용이 더욱 필요하다고 하였다.

Sneed 와 Hembree³⁸⁾ 등은 고동아말감과 여러가지 varnish 를 사용한 연구에서 변연누출이 6 개월까지는 멈추었으나 1년까지 놀라울 정도로 증가됨을 보고하여 varnish 가 용해된후 아말감과 치질간에 형성되는 공간을 고동아말감 자체가 패쇄하기에는 너무 크다고 주장하였다.

Mahler⁶⁾ 는 아말감의 입자모양도 변연누출에 영향을 줄수있어 spherical type 이 admixed type 보다 더 큰 변연누출이 있음을 보고하였고, Symer²³⁾ 등은 lathe-cut alloy 가 spherical alloy 보다는 와동벽에 잘 접착한다고 하였으며 수복물의 aging process 및 기계적, 열적인 stress 도 변연누출에 영향을 미칠수 있다고 하였다.

따라서 이러한 변연누출의 빈도를 감소하기 위해 최근에는 아말감의 수복에 있어 liner 의 기능을 갖는 레진접착제의 개발이 이루어지고 있다.

이러한 adhesive liner는 치질과 아말감의 결합을 유도할 수있고 변연부를 sealing함으로써 변연누출을 줄일 수있다.

이러한 레진접착성 이장재로는 Amalgambond (Parkell), Superbond D-liner(Sun-medical), All-bond liner (Bisco), Panavia EX (Kuraray) 등이 있다. 전통적인 아말감의 와동형성법은 예방을 위한 확대의 외형을 요함으로써 치수보호를 위해 열자극을 차단하기 위한 두꺼운 이장재 사용이 요구되었다.

그러나 Black 에 의해 제안되었던 예방확대의 개념은, 최근 레진계통의 접착제의 개발로 치질삭제량을 줄일 수있고 치질과의 좀더 강한 접착이 가능함으로써 와동형성 개념이 수정을 요하게 되었다.

최근 많은 연구에서 상아질 접착제를 아말감의 liner 로써 사용하였는데 Masuhara¹⁷⁾ 는 4-META 를, Staninec 과 Holt²⁾ 는 Panavia Ex 를 이용하여 변연누출이 현저히 감소되었음을 보고하였다.

따라서 본 논문은 아말감 하방에서 변연누출을 줄이기 위해 이장재로 사용되어 왔던 Copal/Varnish 와 최근에 개발된 여러가지 레진접착제를 고통 및 저동아말감 하방에서 이장재로 사용한 후 변연패쇄 효과를 Spectroscopy 와 SEM 을 이용하여 상아질과 cavity liner 및 아말감 사이의 interface 를 관찰하고 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 재료 및 방법

1. Microleakage Test

100 개의 발치한지 1 개월이내의 우식증이 없는 성인 구치를 0.5% chloroform 용액에 보관한 후 실험에 사용하였다.

치아는 잔존하는 조직의 찌꺼기 및 치석을 깨끗이 제거하고 증류수에 세척한 후 치아의 협면과 설면 각각의 중앙에 #330 bur를 사용하여 깊이 2mm, 가로 3mm, 세로 2mm 의 제 5급 와동을 형성하고 물로 깨끗이 세척후 건조시켰다.

형성된 와동의 치아는 각 20개씩 5 군으로 분류하고 아말감 충전전에 제조회사의 지시에 따라 아래와 같이 5개의 liner 로 처리하였다.

제 1 군 : No liner group
(Control)--20개

제 2 군 : Copal / varnish group
(Cooly & Cooly)--20개

제 3 군 : Panavia EX
(Kuraray Co.)--20개

제 4 군 : All-bond 2 group
(Bisco Co.)--20개

제 5 군 : Superbond D-liner
(Sun-Medical Co.)--20개

제 1 군 : control 군으로 liner 없이 와동내에 아말감을 충전한다.

제 2 군 : copal / varnish (Cooly & Cooly Co.) 를 와동벽 및 pulpal floor 에 부드러운 붓을 이용하여 30 초간에 걸쳐 2-3 회 도포하고 warm cleaner 를 이용하여 건조시킨다.

제 3 군 : 와동벽을 37% phosphoric acid 를 이용하여 15초간 산처리한후, 물로 30초간 깨끗이 세척하고 warm cleaner 를 이용하여 20 초간 건조후 powder 와 liquid 를 혼합하고 붓을 이용하여 와동벽에 얇게 바른후 이장재가 굳기전에 아말감을 충전하고 6 분간 Oxyguard 를 도포하여 산소에 의한 이장재의 중합방해를 막아준다.

제 4 군 : 10 % phosphoric acid 를 법랑질과 상아질에 15 초간 처리한 후 30 초간 물로 세척, 건조하고 primer A 와 B 를 혼합하여 와동의 법랑질 및 상아질에 표면이 glossy 할때까지 3-5 회 도포하고 5 초간 건조시킨 후 bonding resin 를 법랑질과 상아질에 도포하고 20 초간 광조사시킨다.

제 5 군 : 녹색의 10-3 etching 액을 상아질에 10 초간 처리하고 법랑질은 인산을 이용하여 30초간 처리하고 세척 건조후, 표면이 광택이 날때까지 primer 를 4-5 회 바른후 monomer 와 TBB 를 2:1 로 혼합한 액을 와동에 처리하고 이장재가 굳기전에 아말감을 충전한다.

각각의 실험군은 제조회사의 지시대로 liner 를 도포하고 협측와동은 고통아말감인 Tytin (S S White)을 설측와동은 저동아말감인 Standalloy (Deggusa) 를 충전하고 carving 후 24 시간후에 표면을 연마한다.

모든 치아는 부식산물의 형성을 유도하기 위해 Lactate Solution 에 한 달간 보관한후 충전물 주위 2 mm 를 제외한 전 치아 표면을 nail varnish 로 2-3 겹 도포하고 각각 5°C/55°C 온도에 1 분간 담그도록 조정된 기계에 1000회 thermalcycling 한 후 0.5% basic fuschin dye 에 3 일동안 담근후 흐르는 물에 세척하였다.

치아는 협설면의 충전물 증상을 지나도록 micro-tome 을 사용하여 절단하고 각군의 20개의 시편을 Spectroscopy 를 이용하여 아래의 기준에 따라 색소침투 정도를 측정하였고 동일 시편의 경우에 교합면쪽과 치은면쪽의 값이 다른 경우는 큰쪽을 선택한 후 Mann Whitney U-Test 를 통해 상관성을 평가하였다.

< scoring system for microleakage by Going >

0 : no visible penetration

1 : along occlusal or gingival wall but less than half way to axial wall

2 : along occlusal or gingival wall, more than half way to axial wall

3 : along occlusal or gingival wall, up to and along axial wall

2. Scanning electron micrography observation

절단된 시편은 SEM 관찰을 위해 건조후 gold-palladium alloy 의 얇은 막을 진공하에서 coating 하고 600 X 와 3000 X 배율로 관찰하고 Tri-X pan film (Kodak)을 이용하여 사진을 촬영하였다.

III. 실험성적

1. Data of Leakage Score

1. Microleakage degree of experimental groups

Group (N = 20)	Microleakage degree							
	고동아말감				저동아말감			
	0	1	2	3	0	1	2	3
No Liner	0	0	3	17	0	1	7	12
Copal/Varnish	0	2	5	13	0	8	7	5
Panavia Ex	0	6	9	5	0	10	8	2
All-Bond 2	1	17	2	0	0	18	2	0
Superbond D-liner	1	18	1	0	1	17	2	0

2. Comparison between control (No liner) and experimental groups (P < 0.05)

실험군	고동아말감		저동아말감	
	P-value	Signif.	P-value	Signif.
Copal / Varnish	0.0599	N	0.0000	Y **
Panavia Ex	0.0001	Y **	0.0002	Y **
All-Bond 2	0.0001	Y **	0.0000	Y **
Superbond D-liner	0.0000	Y **	0.0000	Y **

(Mann-Whitney U-test) ** Statistically Significant

3. Comparison between copal/varnish and other resinous liners (P < 0.05)

실험군	고동아말감		저동아말감	
	P-value	Signif.	P-value	Signif.
Panavia EX	0.0618	N	0.0502	N
All-Bond 2	0.0000	Y **	0.0021	Y **
Superbond D-liner	0.0000	Y **	0.0017	Y **

(Mann-Whitney U-test) ** Statistically Significant

4. Comparison between high and low copper amalgam using various liners (P < 0.05)

실험군	P-value	Significance
No liner	0.0730	N
Copal/varnish	0.0001	Y **
Panavia Ex	0.1356	N
All-Bond 2	0.7714	N
SuperBond D-liner	0.6856	N

(Mann-Whitney U-test) ** Statistically Significant

2. 전자현미경 관찰소견

전자현미경 소견상 No Liner, Copal/Varnish 군에서 아말감과 와동벽사이에 연속적인 gap이 보였고 도말층과 Copal/Varnish 로 보이는 층이 관찰되었으며(Fig 1,2,3,4), Panavia EX 군에서는 대조군이 나 Copal/Varnish 군보다는 gap 이 감소된 것으로 관찰되었고 Panavia resin 으로 보이는 층이 아말감과 와동벽 사이에 관찰되었다.(Fig 5,6) 또한 All-bond 2 와 4-META adhesive 인 Superbond D-Liner 군에서는 아말감과 와동벽사이의 공간이 resin liner로 보이는 물질로 거의 채워져 있었고 상아세관 안으로도 레진 tag 가 침투된 양상이 관찰되

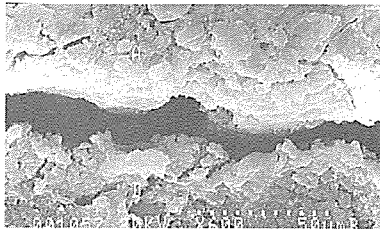
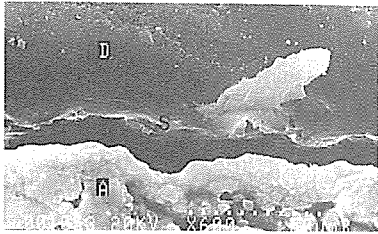
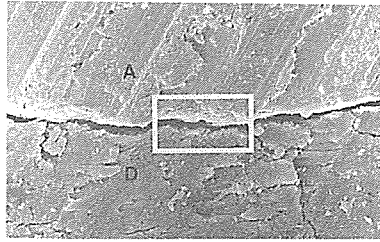
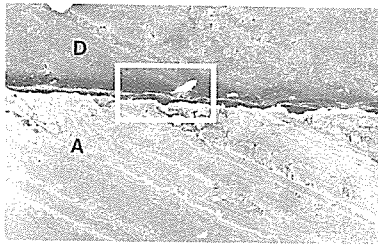


Fig 1,2 : High copper amalgam (H) and Low copper amalgam (L) of SEM features in No Liner group. (x600, x 3000)
(S: smear layer , D: dentin , A: amalgam)

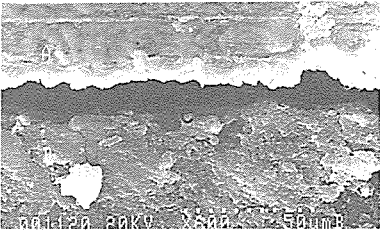
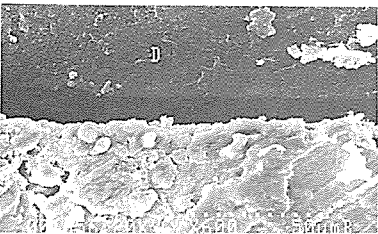
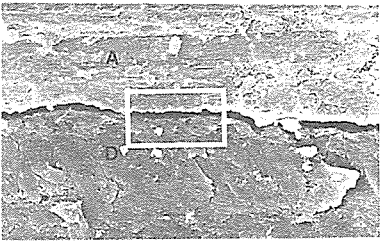
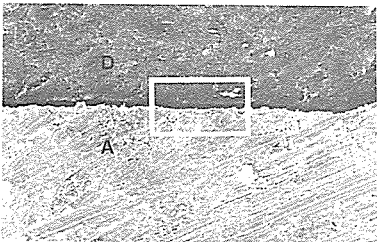


Fig 3,4 : High copper amalgam (H) and Low copper amalgam (L) of SEM features in Copal/ Varnish group. (x 600, x 3000)
(C: Copalite , D: dentin , A: amalgam)

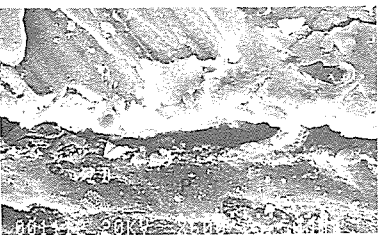
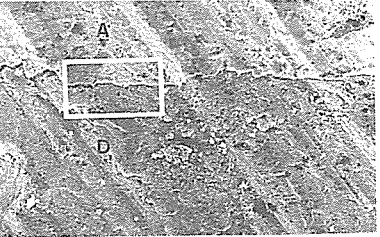
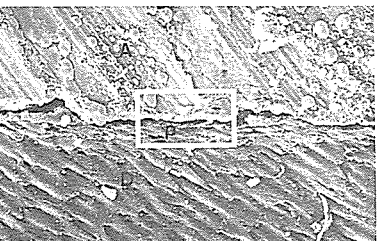


Fig 5,6 : High copper amalgam (H) and Low copper amalgam (L) of SEM features in Panavia EX group. (x 600, x 3000)
(P: Panavia applied layer , D:dentin , A: amalgam)

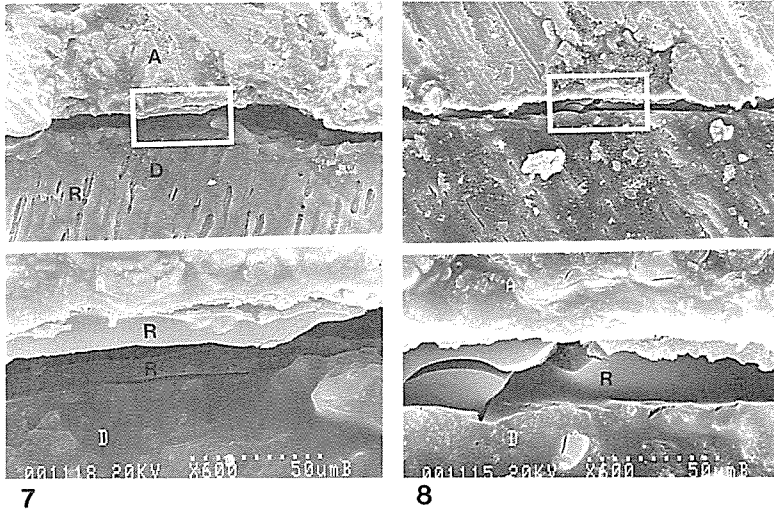


Fig 7,8 : High copper amalgam (H) and Low copper amalgam (L) of SEM features in All-bond 2 group. (x 600, x 3000)
 (R: All-bond 2 resin liner, D: dentin , A: amalgam)

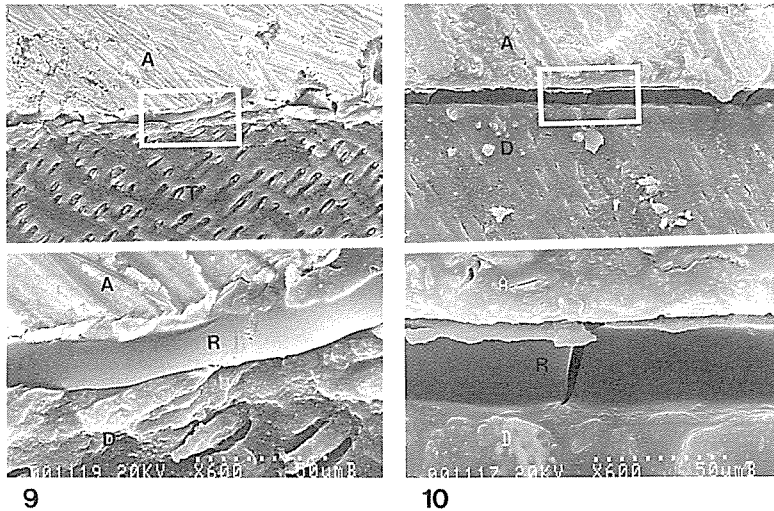


Fig 9,10: High copper amalgam (H) and Low copper amalgam (L) of SEM features in Superbond D-liner group. (x 600, x 3000)
 (R: Superbond resin liner , T: tag , D: dentin , A: amalgam)

었다.(Fig 7,9) 그러나 아말감과 와동벽 사이의 접촉 계면을 채우고 있는 resin liner 는 아말감보다는 치질과 좀더 밀착된 결합양상을 보였으며 불규칙적으로 균열선이 관찰되었다.(Fig 8,10)

IV. 총괄 및 고찰

1. Microleakage Test

아말감은 수복물과 와동 변연부사이의 접촉계면에서 변연누출을 보인다.

즉 아말감은 치질과의 완전한 접착이 불가능하기 때문에 구강내 타액 및 이온, 세균과 그 독소들이 접착면에서 발견된다 .

이러한 현상을 microleakage 라 하며 경계부의 변색, 치수자극, 과민증 및 이차우식증을 야기한다.⁵²⁾ 수복용충전물의 변연누출을 평가하기 위한 방법으로 여러 학자들에 의해 Dye⁴²⁾, Bacteria⁴⁶⁾, 광학 현미경⁴⁵⁾, Radioactive tracer⁴⁷⁾, Air Pressure⁴⁸⁾, 전자현미경⁵⁰⁾, Neutron Activation Analysis⁴⁹⁾, Replica technique⁴³⁾, Ion etching⁵¹⁾ 등의 방법이 소개되었고 이중 유기색소를 이용하는 방법이 수복물 주위의

변연누출을 평가하는 간편한 방법으로 널리 사용하고 있다.

아말감의 변연누출에 영향을 미치는 요소로는^{6,40)} 도말층존재 여부, 입자조성, dimensional change, plasticity, 충전방법, 충전압 및 burnishing 등이 있다.

임상적으로 적절한 결합이란 접착면에서의 변연누출을 예방할수 있어야 한다. 따라서 아말감 하방에 처리하는 이장재의 종류도 변연누출의 양에 상당한 영향을 미친다.

도말층은 수복재료와 하방의 상아질과의 접착면에 존재하는 층으로써 구성입자는 매우 미세하고 산에 용해가 잘되며 구강내 타액에 의해 잘 씻겨나간다.

대개 수복물하방의 도말층은 변연누출시 수복재와 치질과의 틈새로 타액이나 세균이 이동하여 용해된다.

따라서 초기에 변연누출을 줄이면서 술후의 민감증을 줄이기 위해 사용된 Varnish 는 도말층과 상아질표면을 덮어 상아세관을 패쇄하여 투과도를 줄이고 산의 공격으로부터 상아질을 보호하는 이장재로 사용하여 왔다.

Mahler⁶⁾ 등은 아말감의 변연패쇄를 개선하려면 plasticity 를 증가시키고 condensation force 를 높이는 것이 burnishing 보다는 더 효과적이라 하였다. Copal/Varnish 는 gum copal, 합성레진 및 rosin 를 유기용매에 녹인 것으로 상아질내로 여러 분자들의 침투를 줄여 전통적으로 아말감하방에 변연누출을 줄이는 이장재로 사용되어 왔다.

그러나 그 효과에 대해 Powell³⁶⁾ 등은 치질과 아말감의 접착계면에서 Varnish 를 사용하였을때 시간이 지남에 따라 미세한 용해가 일어나기 때문에 변연누출이 증가한다고 하였고, Leelawat¹³⁾ 등은 구강내 타액에 의해 Varnish 는 vitro 상에서 4%-24%/weight/week 비율로 용해되어 결국 6개월 후에는 완전히 소실된다고 하였다.

이처럼 Copal/Varnish 는 초기 변연누출을 효과적으로 줄일수 있지만 그 작용기전은 단지 치질과 아말감사이의 틈새를 막아주는 mechanical barrier 일뿐 아말감이나 치질과 화학적인 결합은 일어나지 않는다.

따라서 이러한 Copal/Varnish 는 구강내 반복적인 교합압과 thermal stress 에 의해 타액에 점차 용

해되어 접착계면에서 변연누출을 허용할수 있다.

Grossmann⁵⁵⁾ 등은 저동아말감의 경우 충전후 시간이 지남에 따라 접착면에서 부식산물이 형성, 축적되는데 특히 주석부산물이 ($\text{SnO}_2/\text{SnCl}_2/\text{Sn}(\text{OH})_2/\text{Cl}_2$) 대부분이고 칼슘과 인의 부식산물도 소량 형성하여 변연부를 밀폐한다고 하였다.

그러나 고동아말감의 경우 구리의 양이 증가되어 부식에 대한 저항성이 크고 부식산물의 축적이 느려 시간이 지남에 따른 이장재의 사용이 필수적이다. Ben-Amer²⁰⁾ 등은 varnish 를 2 회에 걸쳐 바른 후에 경계부의 변연누출이 현저히 줄어들음을 보고하였고, Libermann³⁰⁾ 등은 시간이 지남에 따라 경계부에 있어 varnish 사용에 따라 변연누출은 크게 영향을 받지않았고 영구적인 밀폐도 얻지 못했음을 보고하였다.

Mahler 와 Nelson⁴⁾ 등은 아말감의 입자모양도 변연누출에 영향을 줄수 있어 구형아말감이 혼합형보다는 변연누출의 양이 많았음을 보고하였고, Fayyad²²⁾ 등은 재래식 저동아말감이 구형의 고동아말감보다 와동벽을 더 잘 밀폐한다고 하였으나 본 연구결과에서는 이장재의 종류에 따른 고동 및 저동아말감의 상대적인 변연누출의 양에 있어서 Copal/Varnish 군을 제외하고는 유의성있는 차이를 보이지 않았다. ($p>0.05$) 이는 저동아말감 하방에서는 Copal/Varnish 의 경우 이장재가 용해된후 부식산물이 형성되어 변연부를 밀폐함으로써 고동아말감에 비해 상대적으로 유의성있는 차이를 보였지만, 레진계통의 이장재를 사용하는 군에서는 thermal-cycling 후 이장재의 hydrolysis 가 거의 일어나지 않기 때문이라 생각되지만 이에 대한 지속적인 임상연구가 필요하리라 사료된다.

Ben-Amer²⁰⁾ 등은 stotchbond adhesive 를 제 2 급 와동의 이장재로 사용시 백아질 와동경계부의 완전한 밀폐를 보고하였고, Schimizu⁴⁶⁾ 등은 panavia cement 를 이장재로 사용하여 아말감주위의 변연누출을 줄이는데 일시적으로 효과는 있었지만 완전한 변연부 밀폐를 얻지 못했음을 보고하였다.

또한 Smith⁵¹⁾는 와동변연부의 밀폐를 위한 sealer 로써 Varnish 는 thermal stress 에 용해되어 사라지지만 상아질접착제의 경우는 단지 기계적인 접착뿐 아니라 상아질과 분자화적인 측면에서도 화학적인 결합을 하기 때문에 상대적으로 변연패쇄에 더 효과적이라고 하였다.

아말감 수복의 임상적인 유용성을 증가시키기 위해서 치질과 아말감에 화학적결합을 하는 물질이 개발되어 왔다.

Panavia Ex 는 BIS-GMA 계통의 phosphate ester 로써 filler 를 포함하며 보통 인레이, 온레이, crown 접착시 사용되는 자가중합형 레진으로 치과 주조용 합금이나 치질과도 결합이 가능한것으로 보고되고 있다.

그러나 Eliades³⁰⁾ 는 Phosphate ester 계통의 접착제는 상아질의 칼슘과 이온결합을 통하여 결합하며 수분과 접촉시 Ca⁺⁺-Phosphorus 의 결합기전이 깨어짐으로써 durable bonding 이 불가능하여 수분에 대한 phosphate monomer 의 비효율성을 지적하였다.

아말감의 이장재로써 최근 접착성 레진을 많이 사용하고 있는데 이들 재료의 사용목적은 아말감과 치질과의 밀접한 결합을 유도하고 Black 이 제안한 예방확대의 개념을 수정하는 불필요한 치질삭제량을 줄여 수복물의 유지를 증가시키고 변연누출을 줄여 술후의 민감증을 없애기 위한 이장재료의 사용이 제안되었다.

Staninec²⁾ 등은 접착성레진 이장재와 아말감의 유지를 위한 undrecut 와의 상호연관성을 알아보기 위한 실험에서 기계적인 유지형태보다는 레진이장재를 사용한 군에서 수복물의 유지가 지속됨을 보고하였고, Cooley 와 Tseng³¹⁾ 등은 제 5급형 아말감 충전시 교합면과 치은쪽의 와동 경계는 4-META 로 처리한 군이 copal/varnish 군보다는 변연누출이 현저히 줄었음을 보고하였다.

이와같이 접착성레진 이장재는 와동의 경계부를 밀폐함으로써 수복물주위의 변연누출을 줄일수 있다고 보고되고 있다.

본 연구에서는 3 종류의 레진 이장재 즉, 4-META 계통의 Superbond D-liner, All-bond 2 및 phosphate ester 계통의 Panavia Ex 를 사용하였다. 이중 4-META 계열은 친수성 및 소수성기를 갖고 있어 중합과정에서 치질과의 접착을 촉진하며 법랑질, 상아질은 물론 금속 alloy 와의 접착도 보고되고 있는데, Nakabayashi²⁵⁾ 등은 탈회된 상아질의 sub-surface 내로 monomer 의 확산및 침투가 일어나고 중합결과 durable 하고 acid-resistant 하며 resin, collagen 및 hydroxyapatite crystal 로 이루어진 수지침착층을 형성하며 이를 "resin-dentin composit

e"라 하였다.

이러한 hybrid layer 의 형성조건으로는 첫째 dentin substrate (상아 기질) 의 penetrability 가 좋아져야 하는데, 만일 pure acid 로 상아질을 처리하는 건조과정중 노출된 collagen 의 collapse 를 야기하여 변성을 야기하지만 10-3 용액으로 상아질을 처리하면 노출된 collagen 을 ferric ion 이 안정화시켜 상아질의 penetrability 를 좋게한다. 둘째 monomer 의 확산성이 우수해야 하는데 4-META/MMA-TBB resin 의 경우 결합력을 증가시키기 위해 PMMA powder 가 있어야 하지만 film thickness가 커지는 단점때문에 powder 대신 고분자량의 methacrylate 인 HEMA 를 첨가하여 monomer 의 diffusibility 를 개선시켜 사용하고 있는것이 Superbond D-liner 이다.

이처럼 4-META Adhesive 의 반응기전은 10-3 용액으로 상아질 처리후 노출된 collagen 에 ferric ion이 작용하여 collapse 을 막아주고 안정화시키면 반응개시제인 TBB 가 상아질의 수분과 산소를 촉매제로 사용하여 접촉계면에서 중합반응이 시작되며 중합수축방향은 반응개시점을 향한다.

그러나 Nakabayashi²⁵⁾ 는 4-META 의 경우 수지침착층하방의 변형되지않는 정상 상아질사이의 노출된 교원섬유지역에서 실패가 일어날수 있는 가능성을 제시하였다.

즉 도말층의 제거시 이 지역은 탈회가 일어나면서 접착성 단량체가 완전히 침투하지 못하여 교원섬유부를 남겨두어 노출된 collagen 지역이 수분과 접촉시 degradation 이 일어난다고 하였다.

Schimizu¹⁶⁾ 등은 panavia cement를 이장재로 사용하여 색소침투정도를 비교한 연구에서 이장재를 처리하지 않은 군보다 훨씬 적음을 보고하였고, 본 연구결과에서도 Superbond D-liner ,All-bond 2 및 Panavia EX 를 이장재로 사용한 군에서 이장재를 사용하지 않은 군보다 색소침투가 현저히 감소하였는데 이는 도말층의 존재가 변연누출에 관여하기 때문이며 4-META 이장재인 Superbond D-liner 와 phosphate ester 계통의 상아질접착제인 Panavia EX 및 소위 4 세대 상아질접착제로 불리는 All-bond 2 는 도말층을 충분히 제거하거나 변형시킬수 있기 때문이다.

더우기 이러한 레진계통의 이장재는 아말감 alloy 와 organometalic bonding 을 함으로써 변연누출을

줄이는데 기여할수 있다고 보고되고 있다. 변연누출의 양 및 형태를 비교하였을때 4-META 및 All-bond 2 계통의 이장재가 Copal/varnish 군보다 상아질의 색소침투가 현저히 감소하였다 ($P < 0.05$). 이러한 4-META 및 All-bond 2 계통 이장재의 변연누출의 감소는 술후의 민감증을 감소시킬수 있으며 상아질 패쇄능력의 향상으로 이차우식증도 예방할 수있다.

그러나 4-META liner 와 All-bond 2 군간의 상대적인 변연누출에 있어서는 서로간에 통계학적인 유의성은 없었고, Panavia EX 군도 Copal/Varnish 군과 비교시 통계학적으로 유의성있는 변연누출을 보이지 않았다. ($P > 0.05$) Charlton, Moore³³⁾ 등은 아말감과 레진 이장재의 화학작용은 아말감의 압축강도에 영향을 미친다고 하였고, 레진접착제를 이장재로 사용하는 경우는 반드시 중합이 일어나기 전에 아말감을 충전해야 하는데 이때 두 물질간에는 micromechanical bonding 이 일어나 경화되지 않은 아말감이 레진을 둘러싸고 아말감 alloy 가 굳으면서 레진내로 연결되어 결합된다고 하였다.

또한 아말감과 점착성레진 사이에는 수소결합같은 화학반응도 일어난다고 보고하고 있다.

전자현미경 소견상 대조군(No Liner)과 Copal/Varnish, Panavia EX 군에서 아말감과 와동벽사이의 접촉계면에서 연속적인 microgap 이 관찰된 것으로 보아 아말감과 치질사이에 어떤 결합도 일어나지 않았음을 알수 있다.

또한 4-META 계통의 Superbond D-liner 와 All-bond 2 군에서는 아말감 충전물과 와동벽 사이에 레진 liner 로 보이는 무질로 채워져 있었고 상아세관 안으로도 레진 tag 가 침투된 것이 관찰되었다.

이는 monomer 에 포함되어있는 carboxyl 기들이 아말감 alloy 의 산화막(metalic oxides)이나 active metal components 와 반응하여 organo-metalic compound 를 형성함으로써 접촉계면에서의 gap 을 채워주었기 때문이라 추측된다.¹⁷⁾

그러나 Superbond D-liner 와 All-bond 2 군에서 아말감과 상아질사이의 gap 을 채우고 있는 liner 에서 관찰된 균열선은 아말감 충전시 생긴 과도한 충전압에 의해서나 thermalcycling 과정에서 와동벽에 대해 아말감과 레진이장재의 경화와 중합과정에서 생긴 수축 및 팽창에 의해 force 가 발생하여

균열이 일어나지 않았나 추측하지만 이 부분에 대해서는 앞으로 지속적인 임상연구가 필요하리라 사료된다.

본 실험에서 thermal cycling 은 시편의 가수분해 정도를 평가하기 위한 좋은 방법이지만 vitro 상의 thermo-cycling 이 실제로 생체에서 일어나는 것과 똑같은 경로를 반복하는지는 알수 없다. Nelson⁵⁷⁾ 등은 thermalcycling 후 여러가지 레진접착제의 결합력이 떨어지는 이유는 Hydrolysis 라기 보다는 아말감과 치질 및 레진과의 열팽창 계수의 차이때문이라고 제안하였는데 레진은 물에 대해 용해가 거의 되지않기 때문에 어느정도 타당하다고 사료된다.

이처럼 최근 많이 사용되고 있는 레진이장재는 varnish 보다는 타액에 용해성이 적어 변연패쇄의 능력이 뛰어나 술후의 민감증을 줄여줄 수있고 금속 및 치질과의 밀접한 결합이 가능하기 때문에 구강내에서 상대적으로 치료가 힘든 구치부의 제 II급 아말감과동에서 gingival margin 이 백악질로 연장된 경우나 과민반응이 심한 환자에서 불필요한 치질삭제량을 줄이면서 효과적인 변연패쇄를 위한 liner 로써 사용이 추천된다.

그러나 본 실험과 같은 변연누출의 평가실험에서는 - linear 보다는 volumetric 한 측정 - 수복물의 모든 부위에서 변연누출을 측정하는 것이 바람직한 것으로 사료되며 향후 resin liner 와 수복물사이의 접촉계면에서 일어나는 결합 기전에 대한 분자화학적 측면에서의 지속적인 연구와 변연누출이 이장재와 수복물과 치질사이의 어떤 부위에서 일어나는지 이에 대한 정확한 평가가 필요하리라 사료되며 수복물과 치질사이에 위치하는 resin adhesive liner 도 이상적인 변연패쇄를 위해서는 수복물과 치질의 열팽창계수의 차이에 따른 수축과 팽창을 어느정도 보상할 수 있도록 semi-solid 한 bonding agents 로의 개발이 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

1. Superbond D-liner, All-bond 2, Panavia EX 군과 이장재를 사용하지 않은 군사이에는 치질과 아말감사이의 미세변연누출에 있어 통계학적으로 유의성 있는 차이를 나타내었다. ($P < 0.05$)
2. Superbond D-liner, All-bond 2 군과 Copal/

Varnish 를 이장재로 사용한 군사이에는 치질과 아말감사이의 미세변연누출에 있어 통계학적으로 유의성 있는 차이를 나타내었다. ($P < 0.05$)

3. Superbond D-liner, All-bond 2 군에서는 아말감과 상아질사이의 gap 이 관찰되지 않았고 상아세관내로 레진 tag 가 침투된 양상을 보였다.
5. Copal/Varnish 군을 제외하고는 고통아말감 및 저동아말감 하방에서 이장재사용에 따른 치질과 아말감사이의 미세변연누출에 있어 통계학적인 유의성은 보이지 않았다. ($P > 0.05$)

VI. 참고 문헌

1. Walker Ac Jr, Reese SB. Bond strength of amalgam to amalgam in a high-copper amalgam. Oper Dent. 1983;8:99-102
2. Stainec M, Holt M. Bonding of amalgam to tooth structure: tensile adhesion and microleakage tests. J Prosthet Dent. 1988;59:397-402
3. Barzilay I, O'Connell BC, Schaffer S. Bond strength of 4-META Containing materials to different alloys. J Dent Res. 1988;67:129(abstract #135)
4. Murrey AJ, Bailey JO. Strength of aged and thermocycled 4-META bonds to amalgam. J dent Res. 1988;67(special issue)
5. Robert L, Cooley. Dentinal bond strengths and microleakage of a 4-META adhesive to amalgam and composite resin. Quint Inter. 1991;22: 979-983
6. David B, Mahler. Factors affecting the marginal leakage of amalgam. J.A.D.A. 1984;108:51-54
7. Hansen EK. Contraction pattern of composite resin in dentin cavities. Scand.J. Dent. Res. 1982;90:480-483.
8. Leinfelder KF. Current developments in dentin Bonding systems. J.A.D.A. 1993;(124):40-45
9. Balanke M. Bonded silver amalgam restorations. J Dent Res 1992;4:54-57
10. Suh BI. All bond-fourth generation dentin bonding system. J Esthet Dent. 1991;3:139-147
11. Scherer W, Allen K. Bonding amalgam to tooth structure: A scanning electron microscopic study. J Esthet Dent. 1992;4:199-201
12. Kanca J. Dental adhesion and the All-Bond system. J Esthet Dent. 1991;3:129-132
13. Leelawat C. Addition of fresh amalgam to existing amalgam utilizing various adhesive liners :A SEM study. J Esthet Dent. 1992;4:50-53
14. Swart ML, Phillips RW. In vitro studies on marginal leakage of restorative materials. J Am Dent Assoc. 1961;62:141-151
15. Varga J, Matsumura H, Masuhara E. Bonding of amalgam filling to tooth cavity with adhesive resin. Dent Mater J. 1986;5:158-164
16. Shimizu A, Ui T, Kawakami M. Microleakage of amalgam restorations with adhesive resin cement lining, glass ionomer cement base and fluoride treatment. Dent Mater. 1987;6:64-69
17. Tanaka T, Nagata K, Takeyama M, Masuhara. 4-META opaque resin. A new resin strongly adhesive to nickel chrome alloy. J Dent Res. 1983;60:1697-1706
18. Ben-Amar A, Liberman H. Long-term use of dentine adhesive as an interfacial sealer under class II amalgam restoration. J oral Rehab. 1990;17:37-42
19. Newman SM. Microleakage of a copal resin cavity varnish. J. prosthet Dent. 1984;51:499-504
20. Ben-Amar A, Nordenberg D, Fisher J. The control of marginal leakage in amalgam restorations using a dentine adhesive: a pilot study. Dent Mater. 1987;3:94-99
21. Margarita S, Messer LB. Base-Varnish interactions around amalgam restorations; spectrophotometric and microscopic assesment of leakage. J Dent Res. 1985;30:89-95
22. Fayyad MA, Ball PC. Cavity sealing ability of lathe-cut,blend and spherical amalgam alloys: a laboratory study. Oper Dent. 1984;9:86-93
23. Symer AL, Wing G. Microscopic investigation of marginal adaptation of dental amalgam (Abstract). J Dent Res. 1981;60:1064-1069
24. Kubo S, Finger W, Mueller M. Principles and

- mechanism of bonding with dentin adhesive materials. *J Esthet Dent.* 1991;3:62-69
25. Nakabayashi N, Gendusa NJ. Dentin adhesion of "modified" 4-META/MMA-TBB resin: function of HEMA. *Dent mater.* 1992;8:259-264
 26. Consani S, Ruhnke MP. Infiltration of radioactive solution into joined silver-amalgam. *J Prosthet Dent.* 1977;37:158-163
 27. Kirk EEJ. Amalgam to amalgam band, a preliminary report. *Dent Pract.* 1962;12:371-378
 28. Atsuta M, Turner DT, Takeyama MA. A new coupling agent for composite materials of 4-META. *J Biomed Mater Res.* 1982;16:619-625
 29. Edward J, Powers JM. In vitro tensile bond strength of amalgam to treated dentin. *J Esthetic Dent.* 1991;3:117-121
 30. Raymond L, Bertolotti. Total etch—the rational dentin bonding protocol. *J Esthet Dent.* 1991; 3:1-10
 31. Barkmeier WW, Cooley RL. Resin adhesive system: In vitro evaluation of dentin bond strength and marginal microleakage. *J Esthet Dent.* 1989;1:67-72
 32. -----, ----- . Shear bond strength, microleakage and SEM study of dentin strength and marginal microleakage. *J Esthet Dent.* 1989;1:67-72
 33. Swartz ML, Charlton PG. In vitro evaluation of the use of resin liners to reduce microleakage and improve retention of amalgam restoration. *Oper Dent.* 1992;17:112-119.
 34. Cooley RL, Tseng EY. Dentin bond strength and microleakage of 4-META to amalgam and composite. *J Dent Res.* 1991;70:395,1035.
 35. Kelsey W, Panneton MJ. A comparison of amalgam microleakage between a copal varnish and two resin-compatible cavity varnishes. *Quint Inter.* 1988;19:895-898
 36. Liberman R, Malaton S. The effect of experimental adhesives on the microleakage around amalgam restorations. *J dent Res.* 1989;68:655-659
 37. Phillips RW, Gilmore HW. Adaptation of restorations in vivo ad assessed by Ca45. *J Am Dent Assoc.* 1961;62:9-20
 38. Sneed WD, Hembree JH. Effectiveness of three cavity varnishes in reducing leakage of a high-copper amalgam. *Oper Dent.* 1984;9:32-34
 39. Yu, Xu JW. Experimental use of a bonding agent to reduce marginal microleakage in amalgam restorations. *Quint Inter.* 1987;18:783-787
 40. Pashley EL, Gallowly SE. Protective effects of cavity liners on dentin. *Oper Dent.* 1990;15:10-17
 41. Lund NH, Miller AW. Cavity varnish and its adaptation: 'once is not enough' *J Prosthet Dent.* 1984;40:534-537
 42. Fitchie JG, Hembree JH. Microleakage of a new cavity varnish with a high-copper spherical amalgam alloy. *Oper Dent.* 1990;15:136-140
 43. Greasley A, Baker DL. Physical properties of lathe-cut and spherical amalgams. *Bri Dent J.* 1978;144:303-311
 44. Inokoshi S. Resin-dentin interface. *Oper Dent.* 1993;18:8-16
 45. Going RE, Masseler, Dute HL. Marginal penetration of dental restorations as studied by crystal dye and I. *J Am Dent. Assoc.* 1960;61: 285-300
 46. Pikard HM, Hembree JH. Effectiveness of 3 cavity varnishes in reducing leakage of a high-copper amalgam. *Oper Dent.* 1984;9:32-34
 47. Yates JI, Murrdy GA. Cavity varnishes applied over insulating bases: Effect on microleakage. *Oper Dent.* 1980;5:43-46
 48. Asmussen E, Jorgensen KD. A microscopic investigation of the adaptation of some plastic filling materials to dental cavity walls. *Acta Odon Scand.* 1972;30:3-21
 49. Mortensen DW, Boucher NE. A method of testing for marginal leakage of dental restorations with bacteria. *J Dent Res.* 1965;44:58-63
 50. Going RE, Massler M. Marginal penetration of dental restorations by different radioactive isotopes. *J Dent Res.* 1960b;39:273-284

51. Harper WE. 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.* 1917;26:1179-1198
52. Douglas WH, Chen CJ, Craig RG. Neutron activation analysis of microleakage around a hydrophobic composite restorative. *J dent Res.* 1980;59:1507-1510
53. Flynn M. Scanning electron microscope investigation of in vivo performance of eight composite resins. *J Prosthet Dent.* 1978;39:529-532
54. Kidd EAM. Microleakage: a review. *J Dent.* 1976;4:199
55. Going RE. Microleakage around dental restorations. *J Am Dent Assoc.* 1972;84:1349
56. Smith GA, Wilson NGF. Microleakage of conventional and ternary amalgam restoration in vitro. *Bri Dent J.* 1978;144:69
57. Grossmann ES, Witcomb MJ. Elements in marginal seals at amalgam-tooth interfaces. *J Dent Res.* 1986;65:998
58. Powel GL, Daines DJ. Solubility of cavity varnish: a study in vitro. *Oper Dent.* 1987; 12:48-52
59. Nelson J, Gendusa. Hydrolysis of 4-META/MMA-TBB resins: a myth. *J Esthet Dent.* 1992;4:58-60
60. Eliades GC, Vouglouklakis GJ. P-NMG study of p-based dental adhesives and electron probe microanalysis of simulated interfaces with dentin. *J Dent Mater.* 1989;5:101-108

ABSTRACT

MICROLEAKAGE EVALUATION WITH VARIOUS RESIN LINERS:A SEM STUDY

kee Yeon Kum*, Chang Young Lee, Dong Soo Park, Chung suck Lee, Seung jong Lee

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

The purpose of this in vitro study was to determine whether adhesive lining materials reduce microleakage and to observe the interfaces between dentin and amalgam with SEM observation.

One hundred specimens were randomly assigned to five equal groups for liner placement : Group 1-control, no liner used ; Group 2-Copal / Varnish ; Group 3-Panavia EX ; Group 4-All Bond₂ ; Group 5-Superbond D-liner. After liner placement and amalgam filling, Specimens set for 24 hours and were then thermocycled in 0.5 % basic Fuschin dye, sectioned and examined for microleakage under Spectroscopy at 30X magnifications and SEM analysis performed.

The results based on the data , statistically analyzed were as follows.

1. Significantly less microleakage was noted in specimens using 4-META adhesives (Superbond D-liner), All Bond₂ as compared in which Copal / Varnish was used.(P < 0.05)
2. The 4-META adhesive (Superbond D-liner) and All-Bond₂ appeared to decreased most of the microgaps between amalgam and dentin, and appeared to infiltrate into the dentin substrate in SEM observation.
3. Except for Copal / Varnish groups, There is no significance in microleakage using various liners under high copper and low copper amalgams. (P > 0.05)