

Sealed amalgam restoration의 미세누출에 관한 연구

이상헌 · 이재천 · 이상훈

서울대학교 치과대학 소아치과학교실 및 치학연구소

국문초록

아말감은 널리 사용되어 온 대표적 치과재료이지만 치질과의 접착성이 없어 와동의 형태에 의해 유지되는 단점을 가진다. 아말감 수복물은 산화물에 의한 변연봉쇄가 일어나기 전까지 초기에 큰 미세누출을 보이며 수복초기에 이를 적절하게 예방하지 않으면 타액이나 미생물이 와동내에 침투하게 되고 이로 인해 수복 후의 과민반응, 충전물의 용해 및 파괴, 변연 변색과 2차 우식이 유발되어, 결과적으로 수복물의 수명이 단축되며 치수 병변이 발생할 수도 있다. 최근 기존 아말감 수복의 장점을 그대로 유지하면서 치질삭제를 줄이고 변연을 봉쇄하며 소와열구에 예방적 처치를 함께 할 수 있는 수복법이 제안되었는데 이를 이른바 sealed amalgam이라 한다. 이 술식은 예방적 확대 없이 병소만을 제거한 뒤 수복물 변연과 인접 소와열구에 치면열구전색제를 도포함으로써 소와열구의 예방적 충전은 물론 수복물 변연과 치질사이의 틈을 봉쇄하여 미세누출을 감소시킬 수 있다고 하였다. 이에 저자는 아말감 수복후 수복물의 마무리 처리와 전색재 적용시점을 달리 하여 sealed amalgam 수복과 기존의 아말감 수복과의 미세누출의 차이를 비교하고자 30개의 상, 하악 소구치를 준비하여 V급 와동을 소구치의 협, 설측에 형성하고 통상적 아말감 수복을 시행한 후 다음의 각 군으로 나누어 처리하였다.

제 1 군 : 24시간 후 연마 (대조군)

제 2 군 : 연마하지 않음, 즉시 전색재 적용

제 3 군 : 연마하지 않음, 열순환(thermocycling) 500회 후 전색재 적용

위의 처리 후 각 군을 5℃와 55℃의 온도변화를 30초씩 번갈아 주며 총 500회의 열순환을 실시한 후 1% methylene blue 용액에 침윤시켜서 100% 습도가 유지된 37℃ 항온기에 24시간 보관하였다. 치아를 레진에 매몰한 후 협설측으로 치아 장축에 평행하게 절단하여 stereomicroscope를 사용해 색소침투도를 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 평균 미세누출은 연마하지 않고 바로 치면열구전색제를 도포한 2군이 가장 낮았고, 연마만 시행한 1군이 가장 높았다.
2. 실험군간의 미세누출 비교에서 연마만 시행한 1군은 2군에 비해 미세누출이 컸으며 통계적으로 유의성있는 차이를 보였다($p < 0.05$). 3군은 1군보다 평균미세누출이 작았으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 2군은 3군보다 평균 미세누출이 작았으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).

주요어 : 미세누출, 전색재, 아말감

I. 서 론

치의학 및 관련 소재공학의 발전에 힘입어 고전적인 치과수복재료 외에도 많은 치과충전재들이 개발되고 있으며 그중 대표적인 것이 복합레진 및 글래스아이오노머이다. 이같은 재료들은 심미성이 우수하고 치질에 대한 기계적, 화학적 접착성을 가지는 등 많은 장점을 지니고 있어 전치부 및 유치수복 등 심미성이 강조되거나 치질의 삭제가 제한되는 경우에 널리 쓰이고 있다. 그러나 많은 연구를 통한 물성향상에도 불구하고 아직

도 구치부 등 물리적 특성이 많이 요구되는 부분에서는 금속재료보다 한계가 있는 것 또한 사실이다.

아말감은 가장 오래된 치과용 수복재중 하나로서 현대에 이르러서도 여전히 중요한 치과수복재의 한가지로 자리잡고 있으며 비용 대 효과의 면에 있어서도 가장 경제적이고 효과적인 재료로 여겨진다. 그러나 아말감은 자체가 치질에 접착하는 성질이 없고 와동의 형태에 의해 유지되는 단점이 있다. 따라서 술자의 조작이나 환자의 구강관리능력, 재료의 오염여부 등에 의해 시간이 경과된 후에는 그 결과가 변화하는 경향이 있다. 아

말감은 수복 직후 서서히 경화하며 일정한 물성에 도달할 때까지 상당한 시간을 요한다. 이 초기 과정중에 타액 등에 오염되거나 교합력에 의해 변형되면 미세누출이 발생하기 쉽다. 또한 아말감과 치질사이에는 필연적으로 미세한 공간이 존재하게 되므로 접착성이 있는 재료보다 미세누출이 발생하기 쉽다^{1,2)}. 아말감은 수복 후 일정한 시간이 경과하면서 자체 산화물이 치질과의 경계면에 형성되어 미세누출을 봉쇄하지만 그 시간이 수복 후 수개월에 이르는 등 수복초기의 증가된 미세누출은 여전히 큰 단점으로 남는다^{2,3)}.

아말감의 초기 미세누출을 줄이기 위한 전통적인 방법에는 varnish 또는 liner가 대표적이다^{4,5)}. Varnish와 liner는 치아 와동형성 후 와동 내벽에 도포하여 치질과 아말감 사이에 개재하게 되며 두 계면간의 미세한 공간을 메워주는 역할을 한다고 하였다. 그러나 이 중 varnish는 시간이 경과함에 따라 구강환경 내에서 쉽게 용해되며 그 효과가 감소한다고 알려져 있으며 또한 주의깊게 사용되지 않을 경우 오히려 그 결과를 더욱 악화시킬 가능성이 있다고 하였다^{3,6,7)}. 더욱이 이들은 소수성 유기용매를 주성분으로 하고 있어 상아질에 도포할 경우 잘 흡수되지 않는 단점도 있다. 일부 연구에 따르면 아말감 합금의 종류에 따라서는 varnish를 사용한 경우와 그렇지 않은 경우를 비교할 때 장기적으로 큰 효과가 없다는 보고도 있었다³⁾. 최근에는 몇몇 새로운 접착제를 사용하는 이른바 접착 아말감(bonded amalgam)이 사용되기도 하는데 치질에 물리적, 화학적으로 결합하는 장점이 있어 미세누출을 감소시키는 것으로 나타났다⁸⁻¹⁰⁾. 그러나 아말감에는 미세기계적 결합을 하지 못하고 그 조각이 까다로운 단점이 있다. 또한 아직 그 장기적 효과에 대해서도 알려진 바가 적다.

최근 아말감의 초기 미세누출을 감소시키기 위한 방법의 하나로 "ultraconservative sealed restoration"이라는 술식이 몇몇 연구자들에 의해 제시되었다¹¹⁻²⁰⁾. 이 술식은 전통적 아말감 수복에 비해 와동형성을 보존적으로 행하고 수복면과 치질을 산부식하여 치면열구전색재를 적용하는 것으로서 불필요한 치질삭제를 줄이고 초기 미세누출을 감소시키려는 시도이다. 원래 치면열구전색재는 맹출한지 얼마 되지 않는 영구치 또는 유치의 소와 및 열구를 예방적으로 충전함으로써 우식의 원인이 되는 미생물과 음식물 잔사가 소와 및 열구에 잔류하지 않도록 하는데 이용되는 치과재료로서 과거에는 크게 글래스아이오노머계와 레진계 치면열구전색재가 사용되었으나 산부식법 및 여러 가지 우수한 물성으로 인해 현재에는 레진계 전색재가 주로 사용되고 있다^{21,22)}. 치면열구전색재는 미세한 소와 및 열구를 봉쇄해야 하므로 일반레진보다 점도가 낮고 좁은 틈에 대한 침투성이 타 재료보다 우수하다. 이러한 물성 때문에 치면열구

전색 외에도 예방적 레진수복(preventive resin restoration, PRR)의 경우처럼 주 수복물과 함께 사용하는 보조재료로서 그 효과를 인정받고 있다²²⁻²⁷⁾. "ultraconservative sealed amalgam"을 주장하는 학자들은 이러한 치면열구전색재의 성질때문에 아말감과 치질사이의 미세공간에도 전색재가 일부 침투하여 수복물의 미세누출을 감소시켜 성공률을 향상시킨다고 설명하고 있다^{11,14-20)}.

그동안 이 술식을 사용한 뒤 임상적인 성패를 조사한 연구 및 현미경적 관찰연구는 있었으나 미세누출의 측정을 시도한 연구는 미비하였던 바, 본 연구에서는 그동안 임상적으로 사용되고 있는 sealed amalgam restoration의 미세누출을 실험적으로 비교하여 각 조건에 따른 효과를 알아보고자 하였다.

Ⅱ. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

성별에 관계없이 우식과 충전물이 없고 파절이나 손상 없이 교정목적으로 발거한 30개의 상, 하악 소구치를 선택하여 연조직과 치석을 제거하고 실온의 생리식염수에 보관한 후 실험대상으로 사용하였다.

아말감 합금으로는 fine-cut, non-zinc type의 Bestalloy™(동명치재, 한국)를 사용하였고 아말감 연화기(Dentomat®3, Degussa, Germany)에서 50Hz로 32초간 연화하였다. 치면열구전색재는 Teethmate-F (Kuraray Co. Japan)를 사용하였으며 가시광선조사기로는 Curing Light XL 3000(3M Dental Co. U.S.A.)을 사용하였다.

2. 연구 방법

실험 치아의 협설면을 충분한 양의 pumice로 세정한 뒤 고속 엔진용 No.701 tungsten carbide bur를 사용하여 법랑질에 변연을 둔 V급 와동을 소구치의 협, 설측에 형성한 후 와동내면의 평활도를 검사하였다. 와동의 크기는 교합면-치는 폭 2mm, 근원심 폭 3mm, 깊이 2mm로 형성하였으며 이때 아말감을 충전하기 전에 varnish는 적용하지 않았다.

시편치아에 통상적인 아말감 충전을 시행한 뒤 무작위로 아래와 같이 군당 10개씩, 총 3군으로 나누어 각각의 처리를 시행하였다.

제 3군은 치면열구전색재를 적용하기에 앞서 미리 열순환을 실시하였다. 치면열구전색재는 아말감과 법랑질의 경계를 따라 1mm의 폭을 이루도록 하며 전색재가 두껍게 되지 않도록 브러

Table 1. Experimental Group

Group	Tx.
1	polishing after 24hrs (control)
2	immediate sealant application without polishing
3	no polishing, but sealant applied after thermocycling 500 times

쉬를 사용하여 얇게 도포하였다. 치면열구전색재를 중합한 다음 모든 시편치아들을 고온(55℃)의 water bath에 30초, 저온(5℃)의 water bath에 30초간 잠기게 하여 총 500회의 열순환을 실시하였다. 제 2군과 3군은 교합으로 인한 마모를 재현하기 위해 표면을 피개하고 있는 치면열구전색재를 날카로운 excavator로 아말감 변연이 노출될 때까지 수회 마모시켰다. 그 후 시편 치아들을 협설면의 수복물과 그 주변 1mm를 제외한 나머지 면을 nail varnish와 melted utility wax로 이중피개하고 1% methylene blue 용액에 침윤시켜서 100% 습도가 유지된 37℃ 항온기에 24시간동안 보관하였다. 색소침투과정이 끝나면 치아를 꺼내 흐르는 물에 깨끗이 세척하고 건조한 뒤 피복을 긁어내고 아크릴릭 블록에 매몰하였다. 저속 전동절단기(Isomet™, Buehler®, U.S.A.)를 사용하여 매몰한 시편을 협설축으로 치아 장축에 평행하게 절단하여 수복물의 단면을 노출시켰다. 노출된 면에서 각 시편당 변연 2곳의 색소침투도를 입체현미경(Olympus, SZ-PT, Japan)으로 관찰하고 이를 기록하였다.

와동과 충전물사이의 색소침투 판정기준은 다음과 같다.

- 0 : 색소침투가 전혀 없는 경우 (Fig. 1)
- 1 : 색소가 와동벽을 따라 와동 깊이의 1/3까지 침투한 경우 (Fig. 2)
- 2 : 색소가 와동벽을 따라 와동 깊이의 1/3에서 2/3까지 침투한 경우 (Fig. 3)
- 3 : 색소가 와동벽을 따라 와동 깊이의 2/3이상 부위까지 침투하였으나 측벽에는 미치지 않은 경우 (Fig. 4)
- 4 : 색소가 측벽까지 침투한 경우

Ⅲ. 연구 성적

평균 미세누출은 아말감 수복물을 연마하지 않고 즉시 치면열구전색재를 도포한 2군이 가장 낮았고, 연마만 시행한 대조군 1군이 가장 높았다(Table 2).

실험군간의 미세누출 비교에서 연마만 시행한 군인 1군은 2군에 비해 미세누출이 컸으며 통계적으로 유의성있는 차이를 보였다($p < 0.05$). 그러나 1군과 3군 사이에는 통계적으로 유의한 미세누출의 차이가 없었으며($p > 0.05$), 2군과 3군 사이에도

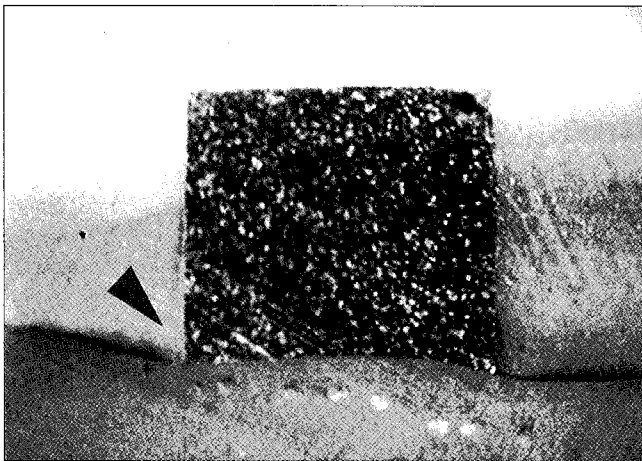


Fig. 1. Stereomicroscopic view for dye penetration : Microleakage Grade 0.

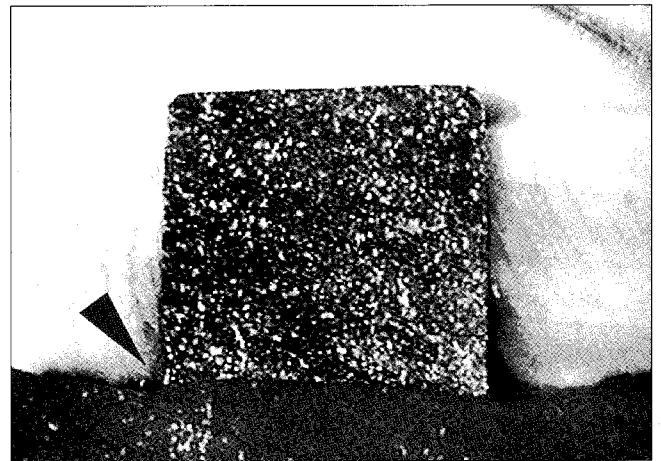


Fig. 2. Stereomicroscopic view for dye penetration : Microleakage Grade 1.

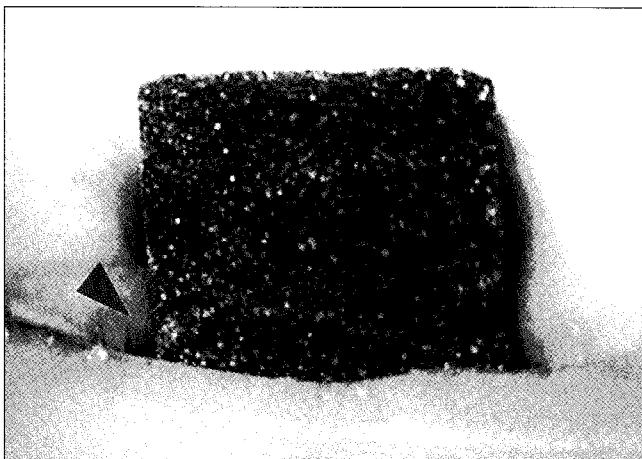


Fig. 3. Stereomicroscopic view for dye penetration : Microleakage Grade 2.

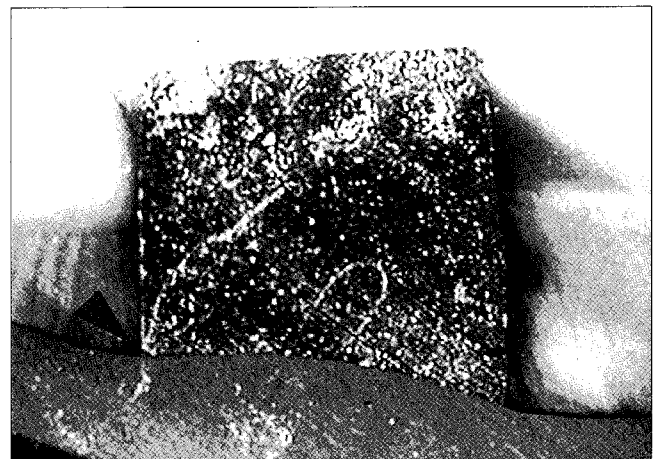


Fig. 4. Stereomicroscopic view for dye penetration : Microleakage Grade 3.

Table 2. Leakage Score

Group	Microleakage Degree					Mean leakage	Sample size
	0	1	2	3	4		
1	3	2	9	6	0	1.90	20
2	6	7	5	2	0	1.15	20
3	1	12	6	2	0	1.50	20

Table 3. Comparison between groups, p value (Mann-Whitney U-Wilcoxon Rank Sum W test)

Group	1	2	3
1		*	-
2			-
3			

*. p< 0.05

통계적으로 유의한 미세누출의 차이가 없었다(p>0.05) (Table 3).

IV. 총괄 및 고찰

미세누출은 충전 직후의 아말감 수복에서 항상 나타나는 문제이며 임상적으로는 바로 발견되지 않는다. 미세누출로 인해 치수 자극 및 치수염, 치수괴사, 이차우식 등이 나타날 수 있으므로 이를 예방하고 감소시키는 것은 매우 중요하다^{1,26-30}. 치아와 아말감 수복물의 계면에서 발생하는 미세누출에 영향을 미치는 여러 가지 요소들이 존재하는데 여기에는 아말감 수복시의 술자의 조작(충전압, 연마, burnishing 유무, 합금/수은 비율, 수분오염유무 등), 아말감 합금의 종류 및 형태, 구강내 온도 변화, 경화 체적 변화, 교합력 등이 있다^{4,31}. 아말감 수복물의 미세누출은 접착력의 결여로 인한 불가피한 측면이 있다. Pashley에 의하면 치질과 아말감 수복물 사이의 틈은 평균 10~15 μ m으로 알려져 있으며 이 틈은 상아세관액과 타액으로 채워져 있다²⁹. 시간이 경과함에 따라 아말감 수복물의 미세누출은 점차 감소하는 양상을 보인다. 이는 주로 아말감에서 기원한 산화물이 계면에 형성되어 일어나는 것으로 알려져 있으며 이러한 부식산물은 SnO, SnO₂, Sn₄(OH)₆Cl₂, CuO₂, CuCl₂·3Cu(OH)₂, CuCl, CuSCN, AgSCN 등이다^{2,21,32}. 이러한 봉쇄가 일어나는데 걸리는 시간은 적어도 수개월이 소요되는 것으로 알려져 있다^{2,3,32}. 따라서 초기에 충분한 봉쇄가 일어나지 않으면 궁극적으로 수복물의 실패를 야기할 수 있다. 반면 Torii 등은 이는 색소나 화학추적자의 침투성이 감소하여 나타나는 것일 뿐 부식산물이 이차우식을 막지는 못한다고 하였다³³.

열팽창계수가 수복물의 미세누출에 주요한 요소라는 것은 오래 전부터 알려진 바 있다. 아말감의 선열팽창 계수는 치아의 2배 내지 3배에 달하므로 (아말감 25 \times 10⁻⁶/ $^{\circ}$ C, 법랑질 11.4 \times 10⁻⁶/ $^{\circ}$ C, 상아질 8 \times 10⁻⁶/ $^{\circ}$ C) 열팽창에 의한 체적변화에 따라 percolation이 클 것으로 예상된다. 본 실험에서는 온도 변화에 따른 구강내 환경을 재현하고자 간편하게 이용할 수 있는 열순환을 사용하였는데, 구강외에서 구강내 조건을 재현하는데 가장 흔히 쓰이는 열순환(thermocycling)은 사용되는 온도, 시편

침적 시간, 순환 횟수 등을 다양하게 할 수 있으며³⁴⁻³⁶ 그 thermocycling time이나 dwell time이 열전도성이 낮은 복합레진 보다는 열전도성이 높은 금속 수복물에서 임상적으로 중요하다고 하였다. Wendt 등에 의하면 금속 수복물에서는 복합레진보다 더 짧은 dwell time으로도 유의한 미세누출의 차이가 난다고 하였다. 반면 복합레진에서는 dwell time이 15초 이상이면 60초나 120초일 때와 그 결과에 있어서 통계적으로 유의한 차이가 없다고 보고하였다^{35,36}. 교합력의 영향을 재현하기 위한 load cycling에 대한 의견은 다양하나 구강내 환경을 보다 정확히 재현하기 위해서는 사용하는 것이 좋을 것이다^{20,26,27}. 그러나 현재 개발된 어떠한 방법도 어느 것도 이상적이지는 않다.

그동안 여러 가지 많은 방법들이 아말감 수복의 미세누출을 실험적으로 재현하기 위해 사용되었는데 여기에는 방사성동위원소 침투법(radioactive isotope penetration method), 색소 침투법(dye penetration method), 화학추적자 침투법(chemical tracer penetration method), 변연투과법(marginal percolation method), 공기압력법(air pressure method), 인공우식 탈회법(artificial caries demineralization method) 등이 있으며 기타 주사전자현미경을 이용하거나 세균을 투과하는 법, 전기전도도를 이용하는 법 등이 비교적 최근에 개발되었다^{30,34,39,40}. 일반적으로 비교적 실험방법이 간편한 색소나 화학추적자를 침투시키는 방법이 가장 많이 사용되고 있다. basic fuchsin이나 methylene blue 등의 색소를 이용한 색소침투법은 미세누출에 대한 포괄적 자료만을 제시할 뿐 누출이 어느 계면에서 일어나는지는 밝히지 못하므로 이번 실험에서 나타난 미세누출은 정확한 경로를 알 수는 없다³⁴. 아말감-전색제, 법랑질-전색제 계면중 어느 곳에서 누출이 주로 발생하는지 더 정확히 분석하려면 주사전자현미경 및 에너지분산 X-ray 분석법(energy dispersive X-ray analysis)을 사용할 필요가 있다.

미세누출을 관찰하기 위해서는 변연의 상태가 일정해야 하는데 교합면에서는 불규칙하고 다양한 형태로 인하여 표준화된 조건을 설정하기 힘들다. 따라서 본 연구에서는 아말감 수복의 가장 일반적 형태인 I 급 와동 대신 교합면 형태의 영향을 최소화하기 위해 V 급 와동을 설계하였다.

아말감 등 금속과 레진을 접착하려는 시도는 최근에 들어와 연구가 진행되고 있으나 기존에 법랑질에 사용되던 산부식법 및 결합용 레진을 이용한 방법과는 달리 대개의 금속-레진 접착 시스템은 금속 표면을 sandblasting이나 전기화학부식(electrochemical etching)하는 등 별도의 처리과정이 필요하다. 접착 아말감에서의 결합은 표면 산화층, 주석성분 등과의 화학결합이 일부 기여하므로^{9,10} 산에 의한 탈회로 형성된 미세기계적 결합을 주로 하는 법랑질-레진 결합과는 차이가 있다. 다만 연마

하지 않은 아말감 수복물의 불규칙한 표면이 전색재의 유지에 어느 정도 도움을 줄 수 있으므로 sealed amalgam의 술식 중 carving과 burnishing은 시행하지만 기타 finishing 및 연마는 시행하지 않고 있다¹¹⁾. 그러나 이 경우에도 산부식된 법랑질과 전색재의 결합강도에는 미치지 못한다.

이번 실험에서는 계면의 틈을 봉쇄하는 전색재 tag의 역할만을 보기 위하여 변연을 피개하는 전색재를 제거한 뒤 색소를 침투시켰다. 따라서 교합력에 저항하는 전색재의 유지력에 대한 평가는 내리기 힘들다. 일반적으로 수복재의 결합강도가 클수록 유지력이 증가하고 미세누출도 감소한다.

1983년 처음 이 술식을 제창한 Call-Smith 등은 구강내에서 환자의 I 급 교합면 병소를 수복한 뒤 수복물 변연의 상태와 이차우식여부를 관찰하여 술식의 실용 가능성을 제시하였으며 현재 10년에 이르는 기간동안 계속적인 연구를 통해 통상적 아말감 수복보다 월등한 결과를 보고하고 있다¹³⁻²⁰⁾. 1987년 Mertz-Fairhurst와 Newcomer는 주사전자현미경 연구를 통해 치질-아말감 계면에 나타난 전색재의 침투를 보였으며 이 sealant tag이 변연을 봉쇄하여 미세누출을 줄인다고 하였다. 이때의 계면의 폭은 평균 13 μ m로 기준에 알려진 값과 일치했으며 전색재의 침투깊이는 평균 41 μ m로 나타났다¹¹⁾.

이상적인 전색재의 요구조건은 법랑질 표면에 지속적으로 부착될 수 있어야 하고, 술자가 도포하기 쉬워야 하며, 구강조직과 생체친화성이 있어야 하고, 좁은 열구로 완전히 침투할 수 있을 정도로 낮은 점도를 가져야 하며, 구강내에서 용해도가 낮아야 한다^{21,22)}.

전색재의 열구 침투도와 관련이 있는 요소는 전색재의 점도, 표면에너지, 치질과의 접촉각 등인데 이들 각각의 관계를 함수로 표시한 것이 다음의 침투상수(penetration coefficient, PC)이다.

$$PC = \gamma \cos \theta / 2\eta$$

(γ : 표면장력, θ : 접촉각, η : 점도)

침투상수가 클수록 전색재의 표면적점도 및 열구침투도가 향상된다. 전색재의 기질과 filler의 유무에 따라 점도가 달라지는데 filler를 함유하지 않은 경우에 더 낮은 점도를 보이는 반면 마모저항 등의 물리적 성질은 감소한다. 아말감과 법랑질 사이의 틈은 치아 교합면의 소와열구보다 폭이 작으므로 이 틈에 대한 침투도만을 생각하면 가능한 점도가 낮은 전색재가 유리하다.

전색재의 형태와 제품에 따라 차이가 있겠으나 전색재와 법랑질은 0~20°의 낮은 접촉각을 보인다. 반면 아말감 표면과 전색재의 접촉각은 정확히 보고된 바 없으나 관찰결과 비교적 작은 값을 보인다. 법랑질과 전색재의 접촉각, 아말감과 전색재의 접촉각을 측정하여 이 식에 대입한다면 치면열구전색재가 두 계면중 어느 쪽에 치우쳐 틈에 침투할지 알 수 있을 것이다. 이외에 두 계면의 거칠기, 틈에 존재하는 공기 등도 전색재의 침투도에 영향을 줄 수 있다. 또한 산부식을 통해 표면 거칠기

가 증가하면 접촉각이 변화하며 침투상수가 증가할 수 있다. 그러나 아말감 표면은 산부식의 효과가 적으리라 생각된다.

아말감 수복후 초기 경화가 일어나기 전 수복물은 가소성을 가진다. 이때 표면이 타액과 교합력에 노출되는 경우 치질과 아말감 계면에 수분이 흡입되고 형태의 변형이 일어날 수 있다. 따라서 수복물의 체적 안정성이 언어될 때까지 최대한 구강내 환경과 격리시키는 것이 좋다. 전색재는 증합후 일정한 강도를 유지하며 이를 통해 하방의 아말감을 보호할 수 있다. 교합면에서는 전색재로 인한 아말감 변연의 강화로 변연의 ditching이 감소하는 효과가 있는데 이는 변연에 ditching으로 인한 step 형성으로 치태 침착이 증가함에 따라 일어날 수 있는 부식의 가속 및 2차 우식을 감소시킨다. 또한 우식부위 이외의 소와 및 열구를 전색재로 피개하여 예방적 기능도 동시에 행할 수 있다^{11,14-20,41)}. "sealed amalgam"의 효과에는 이와 같은 표면 보호층으로서의 효과도 큰 부분 차지한다. 그러나 임상에서 실제 이 술식을 시행하였을 때 수복 직후의 아말감은 실험상의 조건보다 더욱 불리한 조건(교합력, 열변화, 타액 등)에 놓이게 되므로 sealed amalgam의 효과중 전색재의 변연 봉쇄효과와 표면 격리효과가 각각 어느 정도 역할을 차지하는지 판단하기는 힘들지만 이번 실험을 통해 분명히 변연의 틈을 봉쇄하는 효과가 있음을 확인할 수 있었다. 한편 아말감 연마 유무에 따른 전색재 유지력의 차이는 여기서 제외하였으므로 전체적 평가는 더욱 연구되어야 할 것이다.

이 술식은 예방적 레진수복(preventive resin restoration, PRR)과 같이 와동의 예방적 확대를 피하고 최대한 치질을 보존할 수 있어 보다 보존적인 개념의 치료술식이라 할 수 있다. 레진보다 우수한 아말감의 강도를 그대로 가지면서 아말감의 단점인 초기 미세누출을 줄이기 위한 이 방법은 또한 환자 및 술자의 입장에서 충전 후 연마를 시행하기 위한 별도의 내원이 필요없으며 광중합 전색재를 사용할 수 있어 화학중합형 레진 시멘트를 사용하는 집착 아말감보다 조작이 비교적 편리하다는 장점도 있다.

현재에 이르러 과거 100년 이상 동안 와동형성의 원칙으로 받아들여져 왔던 Black의 예방적 확대 개념은 더 이상 절대적인 것으로 받아들여지고 있지 않으며 우식병소만을 제거하고 가능한 치질을 보존하며 더 나아가 재광화까지 시도하는 등 새로운 추세로 나아가고 있다. 전통적 술식에 비해 치질을 보존하기 위한 다양한 술식이 시도되고 있으며 sealed amalgam도 그중 하나이다. 앞으로 이러한 술식들 사이의 비교를 통해 각 술식의 장단점을 파악하고 환자 구강내에서의 정확한 장기적 효과 및 적응증에 대한 연구가 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

저자는 교정목적으로 발거된 소구치를 대상으로 몇 가지 변수에 따라 실험군을 나누어 처리하고 (1군(대조군): 통상적 아말감 수복후 연마 시행, 2군: 아말감 수복후 연마하지 않고 즉

시 전색재 적용, 3군: 아말감 수복후 연마하지 않고 열순환 500회 후 전색재 적용) 500회의 열순환을 시행하고 색소침투 법을 사용하여 미세누출을 측정된 뒤 각 군의 미세누출을 비교 하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 평균 미세누출은 연마하지 않고 바로 치면열구전색재를 도포한 2군이 가장 낮았고, 연마만 시행한 1군이 가장 높았다.
2. 실험군간의 미세누출 비교에서 연마만 시행한 1군은 2군에 비해 미세누출이 컸으며 통계적으로 유의성있는 차이를 보였다($p < 0.05$). 3군은 1군보다 평균 미세누출이 작았으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 2군은 3군보다 평균미세누출이 작았으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).

참고문헌

1. Nelsen RJ, Wolcott RB, Paffenbarger GC : Fluid exchange at the margins of dental restorations. *J Am Dent* 44 : 288, 1952.
2. Ben-Amar A, Cardash HS, Judes H : The sealing of the tooth/amalgam interface by corrosion products. *J Oral Rehabil.* 22(2) : 101-4, 1995.
3. Liberman R, Ben-Amar A, Nordenberg D, et al. : Longterm sealing properties of amalgam restorations : in vitro study. *Dent Mat* 5 : 168-170, 1989.
4. Ben-Amar A : Reduction of microleakage around new amalgam restorations. *J Am Dent Assoc* 119(6) : 725-8, 1989.
5. Going RE : Microleakage around dental restorations: a summarizing review. *J Am Dent Assoc* 84(6) : 1349-57, 1972.
6. Powell GL, Daines DT : Solubility of cavity varnish : a study in vitro. *Oper Dent* 12 : 48-52, 1987.
7. Fitchie JG, Reeves GW, Scarbrough AR, et al. : Microleakage of a new cavity varnish with a high-copper spherical amalgam alloy. *Oper Dent* 15(4) : 136-40, 1990.
8. Zardiackas LD, Stoner GE : Tensile and shear adhesion of amalgam to tooth structure using selective interfacial amalgamation. *Biomaterials* 4(1) : 9-13, 1983.
9. Chang J, Scherer W, Tauk A, et al. : Shear bond strength of a 4-META adhesive system. *J Prosthet Dent* 67 : 42-45, 1992.
10. Caughman WF, Kovarik RE, Rueggeberg FA, et al. : The bond strength of Panavia EX to air-abraded

amalgam. *Int J Prosthodont* 4 : 276-281, 1991.

11. Mertz-Fairhurst EJ, Newcomer AP : Interface gap at amalgam margins : *Dent Mater* 4 : 122-128, 1988.
12. Smith CD, Mertz-Fairhurst EJ : Untra-Conservative sealed vs. Conventional unsealed occlusal amalgam. *J Dent Res* 64 : 246, 1985.
13. Call-Smith KM, Newcomer AP, Mertz-Fairhurst EJ : Recurrent decay and marginal integrity of sealed vs. unsealed amalgams. *J Dent Res* 62 : 296, 1983.
14. Mertz-Fairhurst EJ, Call-Smith KM, Schuster GS, et al. : Ultraconservative sealed restorations : 3-year results. *J Public Health Dent* 51(4) : 239-50, 1991.
15. Mertz-Fairhurst EJ, Williams JE, Pierce KL, et al. : Sealed restorations : 4-year results. *Am J Dent* 4(4) : 43-9, 1991.
16. Mertz-Fairhurst EJ, Richards EE, Williams JE, et al. : Sealed restorations: 5-year results. *Am J Dent* 5(1) : 5-10, 1992.
17. Mertz-Fairhurst EJ, Smith CD, Williams JE, et al. : Cariostatic and ultraconservative sealed restorations: six-year results. *Quintessence Int* 23(12) : 827-38, 1992.
18. Mertz-Fairhurst EJ, Adair SM, Sams DR, et al. : Cariostatic and ultraconservative sealed restorations : 9-year results among children and adults. *ASDC J Dent Child* 62(2) : 97-106, 1995.
19. Mertz-Fairhurst EJ, Curtis Jr. JW, Ergle JW, et al. : Ultraconservative and cariostatic sealed restorations : Resluts at year 10. *Am J Dent* 129 : 55-66, 1998.
20. Mertz-Fairhurst EJ, Call-Smith KM, Schuster GS, et al. : Clinical performance of sealed composite restorations placed over caries compared with sealed and unsealed amalgam restorations. *Am J Dent* 115(5) : 689-694, 1987.
21. O'Brien WJ : *Dental Materials And Their Selection*. 2nd Ed. chapter 4. Surface phenomena and adhesion to tooth structure : 39-50, Quintessence Publishing Co. Inc, 1997.
22. Stanley L, Handelman SL, Zia S : Michael Buonocore and the Eastman Dental Center : A historic perspective on sealants. *J Dent Res* 75 : 529-534, 1996.
23. McCourt JW, Eick JD : Penetration of fissure sealants into contraction gaps of bulk packed auto-

- cured composite resin. *J Pedod* 12(2) : 167-75, 1988.
24. 김종필, 최병재, 이종갑 : 복합레진 수복후 bonding agent와 sealant의 표면도포가 미세누출에 미치는 영향. *대한소아치과학회지*, 20(1) : 265-274, 1993.
 25. Torstenson B, Brannstrom M, Mattsson B : A new method for sealing composite resin contraction gaps in lined cavities. *J Dent Res* 64(3) : 450-3, 1985.
 26. Torstenson B, Brannstrom M : Contraction gap under composite resin restorations : effect of hygroscopic expansion and thermal stress. *Oper Dent* 13(1) : 24-31, 1988
 27. Torstenson B, Brannstrom M : Composite resin contraction gaps measured with a fluorescent resin technique. *Dent Mater* 4(5) : 238-42, 1988.
 28. Younis O : Permeability and wetting properties of four cavity liners. *J Am Dent Assoc* 94(4) : 690-5, 1977.
 29. Pashley DH : Clinical considerations of microleakage. *J Endod* 16(2) : 70-7, 1990.
 30. Ben-Amar A, Liberman R, Bar D, et al. : Marginal microleakage : the effect of the number of cavity-varnish layers and the type of amalgam used. *Dent Mater* 2(1) : 45-7, 1986.
 31. Mahler DB, Bryant RW : Microleakage of amalgam alloys : An update. *Am J Dent* 127(9) : 1351-6, 1996.
 32. Craig RG : Restorative dental materials. 10th ed. chapter.9 amalgam : 208-243, Mosby publishing Co. 1997.
 33. Torii Y, Staninec M, Kawakami M, et al. : Inhibition in vitro of caries around amalgam restorations by bonding amalgam to tooth structure. *Oper Dent* 14(3) : 142-8, 1989.
 34. Alani AH, Toh CG : Detection of microleakage around dental restorations:a review. *Oper Dent* 22(4) : 173-85, 1997.
 35. Rossomando KJ, Wendt SL : Thermocycling and dwell times in microleakage evaluation for bonded restorations. *Dent Mater* 11(1) : 47-51, 1995.
 36. Wendt SL, McInnes PM, Dickinson GL : The effect of thermocycling in microleakage analysis. *Dent Mater* 8(3) : 181-4, 1992.
 37. Davidson CL, Abdalla AI : Effect of occlusal load cycling on the marginal integrity of adhesive Class V restorations. *Am J Dent* 7(2) : 111-4, 1994.
 38. Abdalla AI, Davidson CL : Effect of mechanical load cycling on the marginal integrity of adhesive Class I resin composite restorations. *J Dent* 24(1-2) : 87-90, 1996.
 39. Kim JY, Takahashi Y, Kito M, et al. : Semi-quantitative analysis of early microleakage around amalgam restorations by fluorescent spectrum method:a laboratory study. *Dent Mater J*. 11(1) : 45-58, 1992.
 40. Jodaikin A : Experimental microleakage around ageing dental amalgam restorations : a review. *J Oral Rehabil* 8(6) : 517-26, 1981.
 41. Kidd EA, Joyston-Bechal S, Bighton D : Marginal ditching and staining as a predictor of secondary caries around amalgam restorations:a clinical and microbiological study. *J Dent Res* 74(5) : 1206-11, 1995.

Abstract

A STUDY ON MICROLEAKAGE OF SEALED AMALGAM RESTORATION

Sang-Heon Lee, D.D.S., Jae-Cheoun Lee, M.S.D., Ph.D., Sang-Hoon Lee, M.S.D., Ph.D.

Department of Pediatric Dentistry and Dental Research Institute, College of Dentistry, Seoul National University

Amalgam, though a widely used dental material, does not bond to the tooth substrate. Therefore, retentive preparation of the cavity is necessary. Such amalgam restorations, until corrosion products form and plug the margin, will show significant marginal leakage. Unless this is prevented early on, saliva and bacteria may enter the cavity, causing postoperative hypersensitivity, dissolution and collapse of the restoration, discoloration of the margin and secondary caries, leading to shortened life-span of the restoration and pulpal pathosis. Recently, a method of restoration has been introduced whereby tooth material can be preserved, cavity margin can be sealed and preventive treatment of pit and fissure can be administered while retaining all the advantages of conventional amalgam restorations. Such sealed amalgams involve removing the carious lesion without extending the cavity for prevention and using pit and fissure sealants to seal cavity margins and pit and fissures to reduce microleakage. In this study, finishing of the amalgam and sealant application were performed after different intervals following of amalgam restoration to compare the microleakage of sealed and conventional amalgam restorations.

Thirty bicuspid teeth were prepared with Class V cavity preparations on the buccal and lingual surfaces. After amalgam placement, they were divided into the following groups and treated accordingly.

Group 1 : Polishing after 24 hours

Group 2 : Immediate sealant application without polishing

Group 3 : No polishing, but sealant applied after thermocycling 500 times

After treatment, the samples were thermocycled 500 times between 5°C and 55°C with a dwell time of 30 seconds. After thermocycling, the samples were dipped into 1% methylene blue kept in a 37°C incubator at 100% humidity for 24 hours. The teeth were then embedded in resin and cut bucco-lingually along the tooth axis and observed with a stereomicroscope to determine the degree of microleakage. The following results were obtained:

1. Group 2 showed the least microleakage, while group 1 showed the greatest.
2. Group 1 showed significantly greater microleakage compared to group 2 ($p < 0.05$). However, no significant differences were found between group 1 and 3 ($p > 0.05$). No significant differences in microleakage were also found between group 2 and 3 ($p < 0.05$).

Key Words : Microleakage, Sealant, Amalgam