

Polystyrene 이장재가 아말감 변연부 미세누출에 미치는 영향

연세대학교 치과대학 보존학교실

이경선 · 노병덕 · 윤태철

ABSTRACT

THE EFFECT OF THE POLYSTYRENE LINER ON MICROLEAKAGE OF AMALGAM RESTORATION

Kyoung-Sun Lee, Byeng-Duck Ro, Tai-Cheol Youn

Department of Dentistry, The Graduate School, Yonsei University

Amalgam is one of the most commonly used dental restoration material because of its convenience, economic and physical properties. But microleakage in the tooth and amalgam interface has been its major problem, and many efforts have been made to overcome this shortcoming.

The purpose of this study is to compare the effect of various liners on microleakage of amalgam restoration. Cavities were prepared on the buccal or lingual surface of ninety sound, extracted human premolars and six different liners (Tubulitec[®], Superbond D-liner II Plus[®], Superbond D-liner II Plus[®] with polymer, Scotchbond Multipurpose Plus[®], Copalite[®], No liner) were applied according to manufacturer's instructions and amalgam had been condensed immediately.

The specimens were thermocycled by dipping in methylene blue dye at 5°C and 55°C for 1500 cycles. The amalgam-tooth interface was examined under stereobinocular microscope and the dye penetration was scored.

The results were as follows :

1. The Tubulitec[®] group showed less microleakage than no liner or Copalite[®] group ($p < 0.01$).

본 연구는 연세대학교 치과대학 학술연구비지원으로 시행되었음.

2. The Tubulitec[®], Superbond D-liner II Plus[®], Superbond D-liner II Plus[®] with polymer and Scotchbond Multipurpose Plus[®] groups were not significantly different.
3. The Copalite[®] and Scotchbond Multipurpose Plus[®] groups were not significantly different.

Using the polystyrene liner and resin liners under admixed type of high-copper amalgam restoration significantly reduced microleakage in the tooth-amalgam interface. Further clinical studies on polystyrene liner are recommended.

Key words : microleakage, liner, Tubulitec[®], Superbond D-liner II Plus[®], Scotchbond Multipurpose Plus[®], Copalite[®]

I. 서 론

1800년대 초부터 지금까지 아말감은 조작의 편이성, 우수한 물리적 성질, 경제적인 비용, 오랜 수명 및 생체 적합성등의 장점때문에 구치부 수복에 많이 사용되어 오고 있다. 그러나 치질과 아말감 사이의 접착은 이루어지지 않아 이로 인한 미세 변연 누출로 구강내 타액 혹은 미생물이 침투하여 수복물의 용해 및 파괴와 변연부 변색, 또는 이차 우식을 유발하여 수복물 수명을 단축시키며 결국에는 치수의 병변까지도 일으킬 수 있다¹⁾.

초기의 재래형 아말감은 은과 주석이 주성분으로 아말감 충전후 수개월내에 γ_2 (Sn-Hg) 상의 부식산물이 형성되어 치질과 아말감 사이의 공간을 폐쇄시키며 부식산물이 형성될 때까지의 공간을 폐쇄시키기 위해서 Cavity varnish를 사용하게 되었다. Barber²⁾, Dolven²⁾등은 재래형 아말감 충전시 liner를 도포하지 않은 군, 상아질에만 Copal varnish를 도포한 군과 모든 외동벽을 Copal varnish로 도포한 군 중 모든 외동벽에 varnish를 도포한 군에서 변연 누출이 가장 적었음을 보고하였고, 특히 Copal varnish를 2회 도포시의 우수한 변연 누출 감소를 보고하였다.

그러나, 1962년 Youdelis¹⁾는 부식이 잘 일어나고 아말감의 강도를 저하시키는 γ_2 상을 최소화하거나 γ_2 상이 없는 고동 아말감을 개발하였다. 이에 Jodaikin²⁷⁾은 고동 아말감을 충전시 치질과 아말감

사이의 공간을 cavity varnish가 장기간 폐쇄시키는지에 대해 의문을 제기하였고 Gottlieb²⁴⁾등의 연구에서는 고동 아말감 충전시 6개월까지는 varnish를 도포한 군의 변연 누출이 적었으나 그 이후 12개월까지 관찰한 결과에는 varnish를 도포하지 않은 군과 비슷한 변연 누출을 보였음을 보고하였다. Liberman³⁰⁾등도 고동 아말감은 저동 아말감보다 자발적인 변연 폐쇄 형성에 두 배 정도의 오랜 시간이 걸리므로 시간이 경과할수록 미세 누출에서의 varnish 역할은 감소하여 영구적인 변연 폐쇄는 일어나지 않는다고 하였다.

Pashley³⁰⁾에 의하면 아말감과 치아 사이의 틈은 10~15 μ m 이며 구강액과 세균이 이를 채우고 있다고 보고하였다. 이러한 단점때문에 아말감과 치질 사이를 화학적으로 결합하는 재료가 연구되었고 그 결과 상아질 접착제가 아말감 이장재로 사용되어 미세 변연 누출을 감소시키는데 좋은 결과를 나타내었다.

Varga⁴²⁾등은 4-Meta형 레진과 PANA VIA-EX[®]가 Copalite[®]보다 우수한 이장재임을 입증했다. Staninec과 Holt⁴⁰⁾는 adhesive resin liner가 부식된 법랑질이나 상아질과는 기계적 결합 및 이온 결합을 하고 아말감과는 기계적 결합 및 Van der Waals 결합을 하고 있음을 보고하였다. Ben-Amar⁴⁾등은 예비 실험에서 광중합형 Scotchbond dental adhesive(3M company)를 5급 아말감 수복 이장재로 사용하였을 때 Copalite[®]를 사용한 경우

보다 더 우수한 미세 누출 감소를 보인다고 하였다. 또한 광중합형 상아질 접착제와 conventional copal varnish를 2급 아말감 수복시 이장재로 사용하여 6개월 동안 thermocycling 및 지속적인 교합력을 가한 후 각각의 미세 누출을 비교한 결과, Scotchbond Multipurpose Plus[®]에서 Copalite[®]보다 적은 미세 변연 누출이 나타남을 보고하였다⁵⁾. Cooley et al¹⁹⁾과 Leelawat et al^{28,29)} 등은 4-META 접착제인 Amalgambond[®]와 cavity varnish를 비교하였을 때 Amalgambond[®]를 사용한 군에서 아말감과 치질 사이의 상당한 미세 누출 감소를 보고하였다. 또한 권⁴⁶⁾ 등은 수종의 상아질 접착제 (Scotchbond Multipurpose Plus[®], All-bond 2[®], Superbond D-liner II Plus[®])들이 Copalite[®] 보다 낮은 미세 누출을 보이고 이 상아질 접착제들 사이에는 통계적으로 유의차가 없음을 보고하였다. 그러나, Hadavi 등²⁵⁾은 Amalgambond[®] 접착제가 기존의 아말감과 새로운 아말감 경계 부위를 완전히 접착시켜 변연 누출을 예방하지만 수복된 아말감은 기존의 아말감보다 낮은 강도를 나타낸다고 발표하였다.

이렇게 아말감 하방의 이장재로 복합레진 충전시의 상아질 접착제를 사용하는 많은 연구가 진행되고 있으나, 수복물과 치질 사이의 잔존 세균들에 대한 처치 방법은 고려되고 있지 않았다.

와동 형성시 노출된 상아세관을 폐쇄시키고 도말층에 잔존된 세균들을 살균하는 장점을 지닌 Polystyrene 이장재가 사용되고 있다. Polystyrene 이장재는 1950년 Zander⁴⁴⁾에 의해서 최초로 소개되었고 그후 Br nnstr m⁸⁻¹⁶⁾ 등에 의하여 끊임없이 연구되어오고 있다. Br nnstr m은 치수 손상의 주원인은 수복 재료가 아닌 세균의 침입^{10,16)} 때문이라고 설명하였고 여러 연구를 통하여 상아질 표면에 남아 있던 세균이 노출된 상아세관을 통해 치수를 자극하고 치질과 수복물 사이의 잔존 세균들이 지속적인 대사 작용과 함께 독소를 내어 치수 염증을 유발한다고 하였다. Br nnstr m은 Polystyrene 계통인 Tubulitec[®] 시스템이 상아질과 도말층 표면의 세균을 제거하고, 노출된 상아세관 입구를 막아 치수를 자극으로부터 보호한다고 설명하였다. Tubulitec[®] 시스템은 Tubulicid Blue 또는 Red label, Tubulitec primer와 liner로 구성되어

있고 약 6 μ m의 두께를 갖는다. Pashley³⁶⁾는 통상적으로 사용되는 cavity liner 중에서 Tubulitec[®]만이 상아질의 hydraulic conductance를 통계적으로 유의하게 감소시킴을 보고하였다. 또한 1983년 Br nnstr m¹⁰⁾은 복합레진 하방의 이장재로 Copalite[®]와 Polystyrene 이장재를 사용하였을 때 Polystyrene 이장재 군에서는 세균 및 치수의 염증이 없었으나 Copalite[®] 군에서는 세균이 존재하였으며 치수의 염증이 있음을 보고하였다. 이처럼 Polystyrene 이장재(Tubulitec[®])가 상아질 투과성을 감소시키고 항균 작용이 있는 것으로 보고되었으며 복합 레진 하방에서의 이장재에 대한 연구는 많이 행해지고 있다.

이상과 같이 복합레진 수복물 하방에 사용되는 이장재들의 변연 누출에 대해 많은 연구가 진행되고 있으나 Polystyrene 이장재가 아말감 충전 하방으로 사용되었을 때의 미세 변연 누출에 미치는 영향에 대한 평가는 아직 없었다. 이에 저자는 아말감 충전시 하방에 사용되는 Polystyrene 이장재와 수종의 이장재(Superbond D-liner II Plus[®], Scotchbond Multipurpose plus[®], Copalite[®], No liner)들이 아말감과 치질 사이의 변연 누출에 미치는 영향을 평가, 비교 분석하여 다음의 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

성별에 관계없이 우식증과 충전물이 없고 파절이나 손상이 없는 교정 치료를 위해 발거된 상하악 소구치 90개를 선택하여 표면에 부착된 연조직과 치석을 제거한 후 실온의 생리 식염수에 보관하였다가 실험에 사용하였다.

충전에는 혼합형 고동 아말감 (Hi-Aristaloy 21[®])을 사용하였고 이장재로는 Tubulitec[®] (Dental therapeutics AB, Sweden), Superbond D-liner II Plus[®] (Sun Medical Co, Japan), Scotchbond Multipurpose Plus[®] (3M, U.S.A), 그리고 Copalite[®] (Cooley & Cooley, U.S.A.)를 사용하였다. (Table. 1)

Table 1. Materials in this study

| Liner | Component | Chemical composition |
|-------------------------------------|-------------------------|--|
| Tubulitec® | 1) Tubulicid Blue Label | 0.2% EDTA Benzalkonium chloride |
| | 2) Tubulitec Primer | Shellac Benzalkonium chloride |
| | 3) Tubulitec Liner | Polystyrene Calcium hydroxide Zinc oxide |
| Superbond D-liner II Plus® | 1) Green activator | 10% citric acid 3% ferric chloride |
| | 2) Base | MMA, 4-META, PMMA |
| | 3) Catalyst | Tri-n-butyl borane(TBB) MMA, acetone |
| | 4) Polymer | PMMA |
| Scotchbond Multipurpose Plus® | 1) Etchant | 35% phosphoric acid |
| | 2) Activator | Sulphinic acid salt, photoinitiator, HEMA |
| | 3) Primer | HEMA, Ethanol, polyalkenoic acid |
| | 4) Adhesive | HEMA, Bis-GMA, |
| | 5) Catalyst | HEMA, Bis GMA, peroxide |
| Copalite | | Copal resin |

2. 연구 방법

협면 또는 설면의 중앙에 폭 3mm, 길이 2mm, 깊이 2mm (DEJ 하방 0.5mm) 의 균일한 와동을 고속 엔진용 No. 330 bur를 이용하여 형성하였다. 와동 형성후 20초간 수세하고 건조시켰다. 형성된 와동의 치아는 각각 15개씩 6개의 군으로 나누고 각 군은 제조자의 지시대로 이장재를 도포하고 즉시 아말감 수복을 하였다.

가. 1군(Tubulitec®)

Tubulicid로 법랑질과 와동벽을 수초간 문지르고 20~30초간 그대로 둔 후 물로 씻어내고 10초간 건조시킨다. 와동저 및 와동벽에 primer를 도포하고 즉시 건조시킨후 liner를 와동에 도포한다.

나. 2군(Superbond D-Liner II Plus®)

치아를 건조시킨 후 green activator를 법랑질에는 30초, 상아질에는 10초간 도포한다.

수세하고 건조시킨 후 Base 2방울과 Catalyst 1방울을 섞고 (D-Liner II mixture) 와동에 즉시 도포한 후 1분내에 아말감을 충전한다.

다. 3군(Superbond D-Liner II Plus®)

2군의 방법과 동일하고 polymer powder와 D-Liner II mixture를 섞고(dipping 방법) 즉시 와동에 도포한다.

라. 4군(Scotchbond Multipurpose Plus®)

15초간 산 부식시키고 수세 및 건조한 후 activator를 도포한다. 5초간 건조시킨 후 primer를 도포한다. adhesive와 catalyst를 동량씩 섞고 와동에 도포한다.

마. 5군(Copalite®)

와동에 2회 도포한다.

바. 6군(No liner)

이장재를 사용하지 않음

아말감 충전후 아말감 carver를 사용하여 아말감

III. 결 과

1. 각 실험군의 미세변연 누출도 평가

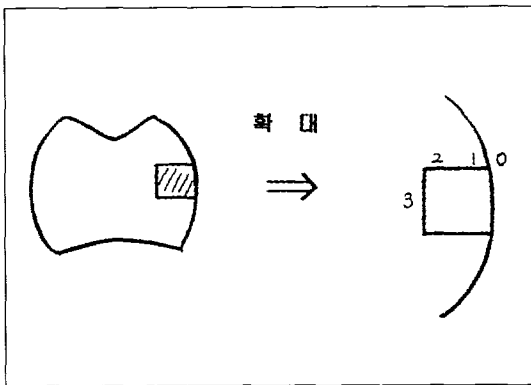
을 해부학적 형태로 조각하였다. 와동 변연 1mm 를 제외한 모든 표면에 nail varnish를 2회 도포하고 12시간 동안 실온의 생리 식염수에 보관하였다가 5°C와 55°C의 1% methylene blue 염색 용액속에서 번갈아 30초씩 총 1500회의 thermocycling을 시행하였다.

이후 흐르는 물에 염색 용액을 세척한 후 시편을 레진에 매몰하였고 Diamond saw를 사용하여 협설측으로 충전물의 중앙에서 치아 장축에 평행하게 절단하였다.

1) 염색 용액의 침투도 관찰

40배율의 stereobinocular microscope을 사용하여 절단된 면을 촬영하여 교합면 쪽의 와동벽에서 염색 용액의 침투 정도를 평가하였으며, SAS 6.04 통계 패키지로 분석하였다(Kruskal Wallis test와 Duncan test).

염색 용액 침투도의 판정 기준은 Cooley¹⁹⁾, Staninec 과 Holt⁴⁰⁾의 방법을 따랐으며 다음과 같다. (Fig. 1)



- 0 : 염색 용액의 침투가 전혀 없는 경우
- 1 : 염색용액의 침투가 와동 깊이의 1/2을 넘지 않는 경우
- 2 : 염색용액의 침투가 와동 깊이의 1/2은 넘으나 cavity base에 도달하지 않은 경우
- 3 : 염색용액의 침투가 cavity base까지 도달한 경우

Fig. 1. 염색 용액의 침투도 평가기준

Table 2. Dye Penetration

| Group | Score | | | | Mean \pm S.D. |
|-------|-------|----|---|---|-----------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | 2 | 9 | 3 | 1 | 1.20 \pm 0.77 |
| 2 | 3 | 10 | 2 | 0 | 0.93 \pm 0.59 |
| 3 | 3 | 10 | 1 | 1 | 1.00 \pm 0.76 |
| 4 | 1 | 8 | 5 | 1 | 1.40 \pm 0.74 |
| 5 | 0 | 6 | 4 | 5 | 1.93 \pm 0.88 |
| 6 | 0 | 3 | 5 | 7 | 2.27 \pm 0.80 |

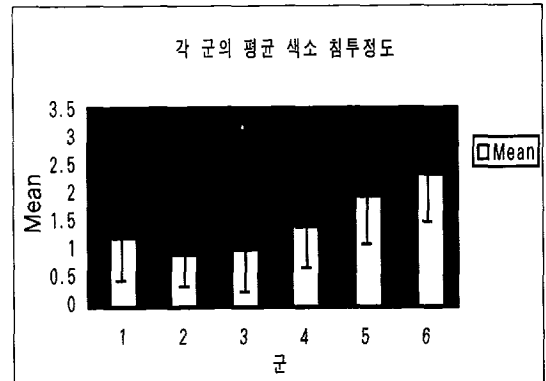


Fig. 2 각 군의 평균 색소 침투정도

Table 3. Comparison of leakage score

| Group | 실험군간 비교 (p<0.01) | |
|---|------------------|---|
| 1(Tublitec [®]) | C | |
| 2(Superbond D-liner II Plus [®]) | C | |
| 3(Superbond D-liner II Plus [®])+P | C | |
| 4(Scotchbond Multipurpose Plus [®]) | B | C |
| 5(Copalite [®]) | A | B |
| 6(No liner) | A | |

* Same letters are not significantly different. (by Kruskal Wallis test & Duncan test)

* P ; polymer 첨가

각 6군을 분석한 결과, 각 집단간에는 유의한 차이가 있었다($p < 0.01$).

변연 누출이 적은 군부터 보면 2군, 3군, 1군, 4군, 5군, 6군 순서이다. 이장재를 도포하지 않고 아말감을 직접 충전한 6군이 변연 누출이 가장 많았으나 Copalite[®]를 사용한 5군과는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. Polystyrene 이장재인 1군은 상아질 접착재인 2, 3, 4 군들과 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. Scotchbond Multipurpose Plus[®]군은 Copalite[®]와 통계적으로 유의한 차이가 없었다. polymer를 첨가하지 않은 Superbond D-liner II Plus[®]군이 변연 누출이 가장 적었으며 polymer를 첨가한 Superbond D-liner II Plus[®], Tubulitec[®]군, Scotchbond Multipurpose Plus[®]군과는 통계적 유의차가 없었다.

IV. 총괄 및 고찰

본 실험의 결과에서 미세 변연부 누출은 polymer를 첨가하지 않은 Superbond D-liner II Plus[®]군, polymer를 첨가한 Superbond D-liner II Plus[®]군, Tubulitec[®]군, Scotchbond Multipurpose Plus[®]군, Copalite[®]군 그리고 이장재를 도포하지 않은 군 순으로 크게 나타났다.

본 실험에서 이장재를 도포하지 않은 군과 Copalite[®]를 도포한 군간에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 이는 Gottlieb²⁴⁾, Liberman³⁰⁾, 권⁴⁶⁾ 등의 실험 결과와 비슷하며 Ben-Amar²⁾, Newman³⁴⁾, 최⁴⁵⁾ 등의 실험 결과와는 반대이다. Ben-Amar²⁾, Newman³⁴⁾의 실험에서는 재래형 저동 아말감을 사용하였기 때문에 부식산물인 γ_2 상이 빠르게 형성되어 Copalite[®]군의 변연 누출이 적게 나타났다. 그러나 고동 아말감은 증가된 Cu의 양 때문에 부식산물인 γ_2 (Sn-Hg)상 대신 η (Cu-Sn)상이 형성되는데 이것은 느린 속도로 형성되기 때문에 Copalite[®]가 용해된 후에 생기는 틈을 폐쇄하기 어렵다^{6,39)}. 본 실험에서는 혼합 고동 아말감을 사용하였고 충전 전에 사용된 아말감의 종류에 따른 차이를 확인할 수 있었다. Copalite[®]군은 이장재를 도포하지 않은 군보다는 적은 변연 누출을 보였으나 통계적으로 유의차는 없었다.

Tubulitec[®]군은 polymer를 첨가하지 않은

Superbond D-liner II Plus[®], polymer를 첨가한 Superbond D-liner II Plus[®], Scotchbond Multipurpose Plus[®]와는 통계적으로 유의차는 없었다. Polystyrene계 이장재인 Tubulitec[®]시스템은 Tubulicid Blue 또는 Red Label, Tubulitec primer와 liner의 3가지로 구성되어 있다. Tubulicid Blue Label의 성분¹⁵⁾중 0.2% EDTA는 상아세관 입구의 도말층을 남겨두고 상아질 표면의 도말층만을 제거하여 상아질 입구의 폐쇄 상태를 유지할 수 있고, Benzalkonium chloride는 상아세관 입구의 도말층을 살균한다. Tubulitec primer는 친수성인 shellac이 주성분이고 건조된 상아질내로의 침투를 용이하게 하며 소수성인 Liner를 효율적으로 도포할 수 있도록 하는 기능을 한다¹²⁾. Tubulicid와 Primer에 있는 Benzalkonium chloride 성분은 특히 *Streptococcus faecalis*, *S. intermedius*, *S. mutans*, *Actinomyces israelii*에 효과적으로 항균 작용을 한다⁴⁰⁾. Tubulitec liner의 주성분인 Polystyrene은 소수성을 띠고 있으며 모든 와동벽을 이장하기 위하여 사용된다. Martin Brnstr m¹¹⁾에 의해 주창된 Tubulitec[®] 시스템의 원리는 상아 세관내에 남아 있는 도말층을 무균 처리하고 동시에 상아 세관 입구를 막아 세균 침입에 의한 치수 염증을 감소시키고 미세 변연 누출을 줄이고자 하는 것이다.

아말감 와동 형성시 상아질의 삭제에 따른 상아세관의 노출은 피할 수 없으며 유체 역학 이론(Hydrodynamic theory)¹²⁾에 따르면 상아 세관이 노출되면 상아 세관내의 상아 세관액이 이동되면서 통증을 유발한다. 따라서 노출된 상아세관 입구를 폐쇄시켜 상아 세관액의 이동을 막을 수 있다면 슬후 과민증을 예방할 수 있다. 수복물 주위의 상아 세관액은 밖으로(outward) 이동하며 그 속도가 매우 느리므로^{11,12,15)}, 이러한 밖으로의 상아 세관액 이동은 세균의 침입을 막지는 못한다. 또한 치질 삭제에 따른 도말층의 발생 또한 피할 수 없는 일이다. 세균에 오염된 도말층은 제거되지 않는다면 나중에 치수 염증이거나 이차 우식을 유발할 수 있는 원인이 된다. 이런 여러 가지 문제를 해결하기 위해서는 Br nnstr m이 제안한 Tubulicid Sol을 사용하여 도말층 내의 세균을 제거하면서 동시에 상아 세관을 폐쇄할 수 있다면 슬후 과민증 및 치수 염증을 예방할 수 있다. 따라서 충전물 하

방의 이장재나 금관 또는 계속 가공 의치를 장착 시에 Tubulitec[®] 시스템을 사용하여 술후 과민증과 변연 누출을 예방하고자 하는 많은 시도가 있어왔다⁶⁾.

Tubulitec[®] 시스템에 대하여 많은 연구가 진행되고 있는데 Br nnstr m과 Meryon³²⁾등에 의해 Tubulicid의 효과가 입증되었고 Stangel¹⁴⁾ 등은 Tubulicid로 처치한 후 복합 레진의 접착 강도가 약간 증가한다고 하였다. 뿐만 아니라 Haller¹⁴⁾는 복합 레진 충전시 Tubulicid로 처치한 군에서 상아질 투과성이 20% 줄어 들었다고 하였고 Br nnstr m, Coli, Blixt^{13,14)} 연구에서 2급 와동 형태에서 글래스 아이노머 base에 복합 레진을 충전시 Tubulicid로 처치한 경우 치경부의 틈 형성에 영향을 주지 않고 또한 Vitrebond[®]와 상아질의 결합을 손상시키지 않는다고 하였다. Blixt와 Coli⁷⁾의 연구에서 보면 치경부에 retentive groove를 준 2급 와동에 복합 레진을 충전하였을 때 Tubulitec 시스템을 이장재로 사용한 군에서 가장 낮은 변연 누출을 보고하였고 이 Tubulitec[®]이 레진의 중합 수축에 의한 변연 누출을 폐쇄시킨다고 하였다.

이상의 Tubulitec[®]에 관한 연구는 주로 복합 레진 충전시의 이장재의 변연 누출에 미치는 영향에 관한 것이었다. 그러나 현재 임상적으로 가장 널리 사용되는 충전재인 아말감에서의 변연 누출에 미치는 영향에 대한 연구는 부족한 상황이다.

본 실험에서는 Tubulitec[®]을 아말감 하방의 이장재로 사용하여, 그 결과 polymer를 첨가하지 않은 Superbond D-liner II Plus[®]와 polymer를 첨가한 Superbond D-liner II Plus[®], Scotchbond Multipurpose Plus[®]와 변연 누출에 있어서 유의차가 없는 것으로 나타났으며 이는 복합 레진 충전시 하방에 이장재를 사용한 경우와 일치한다.

Superbond D-liner II Plus[®]를 사용한 2, 3 군이 본 실험 결과에서 가장 우수한 미세 변연부 폐쇄 능력을 보여 주었다. Cooley¹⁹⁾와 Leelawat²⁹⁾ 등은 4-META (4-Methacryloxy-Ethyl Trimellitate Anhydride) resin인 Amalgambond[®]와 cavity varnish와의 비교에서 Amalgambond[®]가 varnish에 비해 변연 누출이 적음을 보고했다. 4-META 계통인 Superbond D-Liner^{®5)}는 10% citric acid와 3% ferric chloride로 상아질을 처리하면 노출된 콜라겐

을 ferric 이온이 안정화 시키면서 Hydroxyapatite를 부분적으로 탈회시키고 primer^{17,21)}인 HEMA 성분이 상아질내로 침투하여 하이브리드 층을 형성한다²⁰⁾. 그리고 4-META 레진이 중합되면서 아말감과 기계적 결합이 형성되어 치질과 아말감 사이의 틈을 4-META 레진이 채워준다. 본 실험에서 사용된 Superbond D-liner II Plus[®]는 Superbond D-liner[®]를 한층 더 발전시킨 제품으로 primer 과정을 없애 술식을 한단계 단순화 시켰다. Primer 대신에 Base의 성분인 4-META가 각각 친수성과 소수성기를 가지고 있어 상아질내로 침투하여 하이브리드 층을 형성한다.

Tani¹¹⁾ 등은 Superbond D-Liner II[®]는 filler양이 적어서 상대적으로 낮은 결합 강도를 가진다고 보고했고 Cooley등¹⁹⁾은 4-META adhesive와 아말감과의 결합 강도가 3.38~3.84 MPa이라고 하였다. 이것은 상아질과 법랑질에 대한 결합 강도보다 상당히 낮은 것으로 평가되었다. 이러한 낮은 강도를 해결하기 위해 Superbond D-Liner II Plus[®] 시스템은 polymer를 추가하여 이장재로 사용하여 강도를 증가시키고자 노력하였다. Hadavi²⁶⁾ 등은 Amalgambond Plus[®]와 TMS pin을 비교한 결과 전단 강도의 차이는 없고 Amalgambond Plus[®]가 상아질과 높은 결합력을 가지고 있고 변연 누출 감소 및 수복 치아의 파절 저항성을 증가시킴을 발표하였다. 한편으로 Nakabayashi³³⁾ 등은 복합레진으로 충전된 치아를 장기간 물에 보관하게 되면 하이브리드 층의 상아질과 변화되지 않은 상아질 사이에 있는 노출된 콜라겐의 띠에서 4-META 접착제의 질의 저하가 일어나며, 심하게 탈회된 상아질과 monomer가 침투되지 않아 레진과 결합을 하지 못한 상아질에서부터 결합이 약해진다고 하였다.

본 실험에서는 thermocycling전 12시간만 생리 식염수에 보관하였기 때문에 Nakabayashi가 주장한 레진 결합 자체의 질의 저하는 야기시킬 수 없었고 따라서 변연 누출이 가장 적은 것으로 나타났다.

Scotchbond Multipurpose Plus[®] 군은 이 실험에서는 Copalite[®] 군과 통계적으로 유의차가 없었다. 이는 Ben-Amar¹⁾ 연구에서 Scotchbond dental adhesive가 Copalite[®] 보다 미세 누출이 상당히 낮

음을 보고한 것과는 다르다. Scotchbond Multipurpose Plus[®]는 산부식액으로는 35% 인산을 사용하고 activator에는 sulfinic acid salt와 photoinitiator가 포함되어 있어서 primer 성분의 polyalkenoic acid와 반응하고 resin의 중합반응을 도와준다. Primer는 친수성인 HEMA 성분이 치질에 잘 침투하도록 하고 adhesive는 BIS-GMA와 HEMA가 들어있어 catalyst의 peroxide와 혼합되면 4~5분 정도 후에 자가 중합된다⁴⁶⁾. Charlton¹⁸⁾ 등은 상아질 접착제를 이장재로 사용하는 경우, 반드시 중합이 일어나기 전에 아말감을 충전해서 아말감과 미세 기계적 결합이 일어나 경화되지 않은 아말감이 레진을 둘러싸고 아말감 입자가 굳으면서 레진과 연결되어 결합해야 한다고 하였다.

본 실험에서는 Scotchbond Multipurpose Plus[®] 군에서 아말감과 와동벽 사이에 응축이 제대로 되지 않고 레진이 묻쳐져 있는 것이 관찰되었다. 이는 아말감 응축을 레진 접착제가 굳기 전에 모두 끝내지 못함에 기인한다. 즉, 아말감 수복에서의 미세 누출을 결정할 수 있는 인자들 중의 하나가 아말감의 응축인데 이 응축이 제대로 되지 않아서 다른 연구에서와 달리 Scotchbond Multipurpose Plus[®] 군이 변연 누출이 높게 나왔고 Copalite[®] 와 유의한 차이를 보이지 않았다. 레진 접착제를 사용하여 아말감을 수복하는 경우에 단점은 바로 아말감 응축이고 이 과정이 아말감 변연부 미세 누출에 가장 많은 영향을 줄 수 있음이 본 실험에서 관찰되었다.

또한 사용된 아말감 입자도 변연 누출에 영향을 줄 수 있는데 Mahler³⁰⁾ 등은 최근에 쓰이는 33가지 종류의 아말감 합금의 미세 변연 누출을 평가한 결과 구상형 아말감이 절삭형 및 혼합형 아말감보다 큰 변연 누출을 나타냈으며 이는 입자간 간격이 크고 표면이 거칠기 때문이라고 하였다. 본 실험에서는 절삭형과 구상형 입자가 혼합된 24%의 Cu를 함유한 혼합형 고동 아말감(Hi-Aristaloy 21[®])을 사용하여 아말감 입자 자체에서 생기는 변연 누출을 최소화하려고 하였다.

본 실험은 가능한 구강내 환경과 같은 조건이 되도록 노력하였다. 아말감 충전후 바로 1% methylene blue 염색 용액에 담그고 12 시간 후에 5°C 와 55°C 에서 1500회의 thermocycling을 시행하였

다. 그러나 여기서는 온도 변화에 의한 변연 누출만을 평가하였고, 정확히 구강내를 재현하자면 온도 변화와 함께 교합력도 일정 시간동안 가한 후에 평가하는 것이 좋으리라 사료된다.

본 실험에 사용된 모든 이장재에서 치질과 아말감 경계부에 변연 누출이 존재하였다. 앞으로도 미세 변연 누출 억제에 대한 지속적인 연구가 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

수종의 이장재가 아말감 변연부의 미세누출에 미치는 영향을 평가하기 위하여 발거된 건전한 90개의 소구치의 협면 또는 설면 중앙에 와동을 형성한 후 6종의 이장재 (Tubulite[®], Superbond D-Liner II Plus[®], polymer를 첨가한 Superbond D-Liner II Plus[®], Scotchbond Multipurpose Plus[®], Copalite[®], No liner)를 도포하고 즉시 아말감을 충전하였다. Methylene blue 염색 용액에서 1,500회 Thermocycling 한후 40배율의 stereobinocular microscope를 사용하여 사진을 촬영하였다. 촬영된 사진 상에서 염색 용액 침투 정도를 평가하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Tubulite[®] 군은 이장재를 도포하지 않은 군이나 Copalite[®] 군보다 낮은 미세 변연 누출을 보였다($p<0.01$).
2. Tubulite[®] 군, Superbond D-Liner II Plus[®] 군, polymer를 첨가한 Superbond D-Liner II Plus[®] 군, Scotchbond Multipurpose Plus[®] 군간의 미세 변연 누출의 정도에는 통계학적인 유의차가 없었다.
3. Copalite[®] 군과 Scotchbond Multipurpose Plus[®] 군의 미세 변연 누출에는 통계학적인 유의차가 없었다.

혼합형 고동 아말감 충전시 Polystyrene 이장재와 레진 이장재는 치질과 아말감 변연부의 미세 누출을 감소시켰다.

참 고 문 헌

1. Anderson, M. H. and McCoy, R. B. : Dental amalgam : The state of the art and science, 3rd ed. Philadelphia. Saunders, 1993
2. Barber, D., Lyell, J. and Massler, M. : Effectiveness of copal resin varnish under amalgam restoration, *Journal of Prosthetic Dentistry* 14 : 533 - 536, 1964
3. Ben-Amar, A., Nordenberg, D., Bar, D., Gordon, M., and Judes, H. : Marginal microleakage the effect of the number of cavity varnish layers and the type of amalgam used, *Dental Materials* 2 : 45 - 47, 1986
4. 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, *Dental Materials* 3 : 94 - 96, 1987
5. Ben-Amar, A., Nordenberg, D., Liberman, R., and Judes, H. : Long term use of dentin adhesive as an interfacial sealer under class II amalgam restorations, *Journal of Oral Rehabilitation* 17 : 37 - 42, 1990
6. Ben-Amar, A., Cardash, H. S., and Judes, H. : The sealing of the tooth/amalgam interface by corrosion products, *Journal of Oral Rehabilitation* 22 : 101 - 104, 1995
7. Blixt, M. and Coli, P. : The influence of lining techniques on the marginal seal of class II composite resin restorations, *Quintessence International* 24 : 203 - 210, 1993
8. Br nnstr m M. and Johnson G. : Effects of various conditioners and cleaning agents on prepared dentin surfaces : A scanning electron microscopic investigation, *Journal of Prosthetic Dentistry* 31 : 422 - 430, 1974
9. Br nnstr m M., Glantz P. O., and Nordenvall K. J. : The effect of some cleaning solutions on the morphology of dentin prepared in different ways : An in-vivo study, *Journal of Dental Research* 59 : 1127 - 1131, 1980
10. Br nnstr m M., Nordenvall K. J., Torstenson B., Hedstr m K. G., and Wahlstam H. : Protective effect of polystyrene liners for composite resin restorations, *Journal of Prosthetic Dentistry* 49 : 331 - 336, 1983
11. Br nnstr m M. : Communication between the oral cavity and the dental pulp associated with restoration treatment, *The Dental Annual* 1 - 16, 1985
12. Br nnstr m M. : Infection beneath composite resin restorations, Can it be avoided? *Operative Dentistry* 12 : 158 - 163, 1987
13. Br nnstr m M., Mattsson B., and Torstenson B. : Materials techniques for lining composite resin restorations : a critical approach, *Journal of Dentistry* 19 : 71 - 79, 1991
14. Br nnstr m M., Coli P., and Blixt M. : Effect of tooth storage and cavity cleansing on cervical gap formation in Class II glass-ionomer / composite restorations, *Dental Materials* 8 : 327 - 331, 1992
15. Br nnstr m M. : Class II resin composite restorations : reducing sensitivity, pulpal damage, and secondary caries, *Esthetic Dentistry Update* 5 : 86 - 90, 1994
16. Br nnstr m M. : Reducing the risk of sensitivity and pulpal complications after the placement of crowns and fixed partial dentures, *Quintessence International* 27 : 673 - 678, 1996
17. Chang, J. C., Chan, J. T., Chheda, H. N., and Iglesias, A. : Microleakage of a 4-methacryloxyethyl trimellitate anhydride bonding agent with amalgams, *Journal of Prosthetic Dentistry* 75 : 495 - 498, 1996
18. Charlton PG : In vitro evaluation of the use of resin liner to reduce microleakage and improve retention of amalgam restoration, *Operative Dentistry* 70 : 395 - 399, 1992
19. 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, *Quintessence International* 22 : 979 - 983, 1991
20. Coli, P. and Br nstr m M. : The marginal adaptation of four different bonding agents in Class II composite resin restorations applied in bulk or in two increments. *Quintessence International* 24 : 583 - 591, 1993
 21. Derhami, K., Coli, P., and Br nstr m M. : Microleakage in Class 2 composite resin restorations. *Operative Dentistry* 20 : 100 - 105, 1995
 22. Dolven, R. C. : Micromasurement of cavity lining using ultraviolet and reflected light and the effect of the liner on marginal restoration evaluated with Ca45. *Journal of Dental research* 45 : 12 - 15, 1966
 23. Fitchie, J. G., Reeves, G. W., Scarborough, A. R., and Hembree, J. H. : Microleakage of a new cavity varnish with a high-copper spherical amalgam alloy. *Operative Dentistry* 15 : 136, 1990
 24. Gottlieb, E. W., Retief, D. H., and Bradley, E. I. : Microleakage of conventional and high-copper amalgam restorations. *Journal of Prosthetic Dentistry* 53 : 355 - 361, 1985
 25. Hadavi, F., Hey, J. H., Ambrose, E. R., and Elbadrawy, H. E. : The influence of an adhesive system on shear bond strength of repaired high-copper amalgams. *Operative Dentistry* 16 : 175 - 180, 1991
 26. Hadavi, F., Hey, J. H., Strasdin, R. B., and McMeekin, G. P. : Bonding amalgam to dentin by different methods. *Journal of Prosthetic Dentistry* 72 : 250 - 254, 1994
 27. Jodaikin, A. : Experimental microleakage around ageing dental amalgam restorations : a review. *Journal of Oral Rehabilitation* 8 : 517, 1981
 28. Leelawat, C., Scherer, W., Chang, J., Schulman, A., and Vijayaraghavan, T. : Addition of fresh amalgam to existing amalgam : microleakage study. *Journal of Esthetic Dentistry* 4 : 41 - 45, 1992
 29. Leelawat, C., Scherer, W., Chang, J., Schulman, A., and David, S. : Addition of fresh amalgam to existing amalgam utilizing various adhesive liners : a SEM study. *Journal of Esthetic Dentistry* 4 : 50 - 53, 1992
 30. Liberman, R., Ben - Amar, A., Nordenberg, D., and Jodaikin, A. : Long term sealing properties of amalgam restorations : an in vitro study. *Dental Materials* 5 : 168, 1989
 31. Mahler, D. B. and Bryant, R. W. : Microleakage of amalgam alloys : an update. *Journal of American Dental Association* 127 : 1351 - 1356, 1996
 32. Meryon, S. D., Tobias, R. S., and Jakeman, K. J. : Smear removal agents : a quantitative study in vivo and in vitro. *Journal of Prosthetic Dentistry* 57 : 174 - 179, 1987
 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. *Quintessence International* 23 : 135 - 141, 1992
 34. Newman, S. M., Valadez, S. K., and Hembree, J. H. : Cyanoacrylate as a cavity liner for amalgam restorations. *Journal of Prosthetic Dentistry* 40 : 422, 1978
 35. Pashley, D. H., O' Meara J. A. and Williams E. C. : Dentin permeability : Effects of cavity varnishes and bases. *Journal of Prosthetic Dentistry* 53 : 511, 1985
 36. Pashley, D. H. : Clinical considerations of microleakage. *Journal of Endodontics* 16 : 70, 1990
 37. Saiku, J. M., Germain, H. A. ST., and Meiers, J. C. : Microleakage of a dental amalgam alloy bonding agents. . *Operative Dentistry* 18 : 172 - 178, 1993
 38. Silva, M., Messer, L. B., Douglas, W., and Weinberg, R. : Base -varnish interaction around amalgam restorations : Spectrophotometric and microscopic assessment of leakage. *Australian Dental Journal* 30 : 89 - 95, 1985
 39. Sneed, J., Hembree, J. H., and Welsh, M. :

- Effectiveness of three cavity varnishes in reducing leakage of high copper amalgam. *Operative Dentistry* 9 : 32 - 34, 1984
40. Staninec, M., and Holt, M. : Bonding of amalgam to tooth structure : Tensile adhesion and microleakage tests. *Journal of Prosthetic Dentistry* 59 : 397 - 402, 1988
41. Tani, C., Itoh, K., Hisamitsu, H., and Wakumoto, S. : Effect of filler content on bonding efficacy of 4-META / TBB bonding agent. *Dental Materials* 13 : 131 - 137, 1994
42. Varga, J., Matsumura, H., and Masuhara, E. : Bonding of amalgam filling to tooth cavity with adhesive resin. *Dental Materials* 5 : 158 - 164, 1986
43. Yu, Xin - Yi, Wei, G., and Xu, J. W. : Experimental use of a bonding agent to reduce marginal microleakage in amalgam restorations. *Quintessence International* 18 : 783 - 787, 1987
44. Zander, H., Glenn, J., and Nelson, A. : Pulp protection in restorative dentistry. *Journal of American Dental Association* 41 : 563 - 573, 1950
45. 최상철, 박준일, 권혁춘 : 수종의 접착제를 사용한 아말감 수복시의 미세 변연 누출에 관한 연구. *대한 치과 보존 학회지* 22 : 447 - 463, 1997
46. 권오택, 금기연, 노병덕, 윤태철, 이찬영 : 아말감 충전시 이장재로 사용되는 수종의 접착성 레진의 미세 변연 누출에 관한 연구. *대한 치과 의사 협회지* 9 : 685 - 695, 1997