

Low-viscosity Resin System이 복합레진 수복물의 변연누출에 미치는 영향

전북대학교 치과대학 소아치과학교실 및 치의학연구소

양정숙 · 김문현 · 허선 · 김재곤 · 백병주

Abstract

THE EFFECT OF LOW-VISCOSITY RESIN SYSTEMS ON MARGINAL LEAKAGE OF COMPOSITE RESIN RESTORATIONS

Jeong-Suk Yang, D.D.S., M.S.D., Mun-Hyoun Kim, D.D.S., M.S.D.,

Sun Her, D.D.S., M.S.D., Jae-Gon Kim, D.D.S., Ph.D., Byeong-Ju Baik, D.D.S., Ph.D.

*Dept. of Pediatric Dentistry and Institute of Dental Science,
School of Dentistry, Chonbuk National University*

The purpose of this study was to evaluate and compare the effectiveness of various low-viscosity resin systems used as rebonding agents to prevent microleakage at the margins of class I composite resin restorations.

Seventy sound human premolars were selected for experiment. Class I cavities were prepared and each cavity was conditioned with a 37% phosphoric acid for 15 sec, rinsed with water for 15 sec, and dried with compressed air. Bonding agent(Scotchbond Multipurpose, 3M Co.) was applied and a hybrid composite resin(Z-100, 3M Co.) was placed using an incremental technic. The excess cured composite resin was carefully removed with Sof-Lex discs(3M Co.) to expose the original margins of the cavity.

The following seven groups were established : group 1 was not rebonded and used as control group ; group 2 was rebonded with a Scotchbond Multipurpose(3M Co.) and finished ; group 3 was rebonded with a Fortify(BISCO) and finished ; group 4 was rebonded with a Concise white sealant(3M Co.) and finished ; group 5 was rebonded with a Concise white sealant(3M Co.) and not finished ; group 6 was rebonded with a P&F sealant(BISCO) and finished ; group 7 was rebonded with a P&F sealant(BISCO) and not finished.

The specimens were then subjected to 500 thermocycles between 5 & 65 with a 10 sec dwell time and immersed in 2% methylene blue dye solution for 24 hours and sectioned

with low-speed diamond cutter into two part under water condition. The extent of microleakage at rebonded margins was evaluated microscopically and scored for dye penetration according to the following scale : 0=no dye penetration ; 1=dye penetration to half-way along axial wall between enamel surface and DEJ ; 2=dye penetration beyond halfway along axial wall between enamel surface and DEJ ; 3=dye penetration to the full depth of DEJ or beyond DEJ. Selected samples were prepared for SEM observation to determine the depth of penetration of the rebonding agent into the marginal interface.

The obtained results were as follows :

1. In the group 2 and 3, which is rebonded with a Scotchbond Multipurpose and Fortify, dye penetration score were decreased significantly than that of group 1($P<0.05$), but group 4 and 6 were not statistically different from group 1($P>0.05$).
2. There were significant differences between group 4, 6 and group 5, 7 when compared by dye penetration score($P<0.05$).
3. In the SEM observation, Scotchbond Multipurpose and Fortify were penetrated within 30-40 μ m depth of the outermost surface. However, both sealants were failed to penetrate into the debonded interface.

I. 서 론

최근까지 수복치료를 시행함에 있어 문제점은 대부분의 유용한 수복재료가 치질에 화학적으로 결합하지 못하며, 이 때문에 치아와 수복재 사이에 발생하는 미세누출로 인하여 여러 부작용이 발생한다는 것이다.

복합레진 사용시 중합수축 때문에 치질과 복합레진 사이에 발생된 장력에 의해 와동벽에서 수복물이 분열되며, 그 사이로 세균, fluid, molecule, 그리고 ion 등이 유입될 수 있는데 이를 변연부의 미세누출이라 한다. 이러한 미세누출은 변연착색, 이차우식, 슬후민감증, 치수병변 등을 유발시킬 수 있고, 특히 2급 수복시 치경부 변연의 적합성이 현저히 저하되어 문제가 되며, 미세누출에 영향을 주는 복합레진의 특성들로는 중합시 복합레진의 중합수축, 치아와 수복물 사이의 열팽창 계수의 차이, 구강내 환경에 노출되어 수분이 흡수되는 점 등이 포함된다^{1,2,3,4,5,6}.

변연공극을 제거하고 변연적합성을 증진시키기 위한 다양한 방법이 연구되었으며, 이를 위하여 접착제의 사용, 여러 재료의 복합사용,

와동형태, 충전방법, 그리고 연마방법의 변형 등이 시도되었다.

법랑질과 복합레진 사이의 변연누출은 인산으로 산부식하므로써 제거될 수 있지만^{7,8,9,10,11}, 상아질과 수복물 사이에서의 미세누출은 더 제거하기가 힘든 것으로 알려져 있다^{12,13,14}. 최근 상아질면에 화학적으로 결합하는 두가지 유용한 재료로 GI cement와 상아질접착제가 있으며, 이들 모두 효과적으로 미세누출을 감소시킨다^{15,16}. 상아질접착제를 도포했을 때 인장결합강도가 2배 정도 증가했으며¹⁷, 미세누출이 어느정도 감소하기는 하나 현재의 상아질접착시스템 중 어느 것도 미세누출을 완전히 해소시키지는 못했다^{18,19,20,21}.

와동의 형태에 있어서는 가능한한 보존적이어야 하고 internal line angle은 pear shape으로 둥글어야 하며^{22,23}, occlusal cavosurface bevel을 형성하지 않는다. 과거에는 beveling을 통한 cavosurface margin의 증가로 수복물의 변연봉쇄성을 증진시킨다고 하였으나^{18,19,22,23} beveling이 수복완성도를 증가시키지 못하며, 오히려 마모를 증진시킨다는 최근의 연구결과가 보고되고 있다. Beveling과 연관된 주요 문제점

중의 하나는 와동의 폭이 증가하는 것으로 centric holding area를 포함할 가능성이 커져 bevel부분의 얇은 레진이 교합력에 의해 파절되기 쉽고, 또한 와동벽과 수복물 사이의 실제변연을 설정하기가 어려워지게 된다. 따라서 beveling은 수복재와 결합할 범랑질이 현저히 적은 치은변연부에서 접착면적을 증가시키기 위한 경우, 전치부에서 심미성을 위해 주변의 범랑질과 gradual blending시켜야 할 경우에만 한정해서 사용하는 것이 바람직하다^{19, 22)}.

미세누출의 감소를 위한 GI base의 사용은 복합레진과의 접착에 의해 변연적합성을 증진시킨다기보다는 복합레진으로 채워져야 할 와동내 공간이 감소되어 중합수축량이 최소화됨으로써 얻어지며, 불소의 유리를 통한 이차우식 예방 등의 부가적인 장점이 있다^{22, 23, 24, 25)}.

충전방법에 있어서는 bulk restorative technic보다 incremental placement technic을 사용했을 때 미세누출의 현저한 감소가 보고되었고^{26, 27, 28, 29, 30, 31)}, 기능적 교합이 미세누출의 발생에 커다란 영향을 미치므로 최소한의 교합력이 가해질 수 있도록 해야 한다고 하였으며^{32, 33)}, 연마는 충전 후 24시간이 경과된 다음 시행해야 변연공극이 감소하고, 마모율도 낮아진다고 하였다³⁴⁾.

그러나 이러한 모든 시도는 변연누출을 감소시키는데 다소 미흡한 결과를 내었으며, 최근 수복물 변연을 resealing하기 위하여 low-viscosity resin을 수복물 상방에 도포함으로써 미세누출을 예방하고자 하는 방법이 제안되었다^{35, 36, 37, 38, 39)}.

따라서 본 연구에서는 low-viscosity resin sy-

stem의 미세누출에 대한 예방 및 감소효과를 알아보고자 임상에서 널리 사용되는 다양한 low-viscosity resin 재제를 사용하여 그 효과를 비교하였으며, 그 결과 다소의 지견을 얻었기에 이를 보고하는 바이다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험재료

교정목적으로 발거된 70개의 건전한 소구치를 시편제작용 몰드에 교합면만 노출되도록 매몰하여 레진블럭을 제작하였으며, #331L bur를 사용해 폭 0.8mm, 깊이 1.5mm로 1급 와동을 형성하였고 bur는 10개의 와동형성 후 마다 교체하였다.

Z-100 resin(3M Co.)을 사용하여 제조회사의 지시에 따라 산부식 후 에나멜접착제를 도포하고, incremental technic으로 충전하였으며 가시광선조사기인 Visilux 2(3M Co.)로 각 층당 40초씩 광중합하였다. 여분의 복합레진을 Sof-Lex disc로 제거하여 와동의 변연부를 노출시켰고 세척건조 후 아세톤을 사용해 탈수시켰다.

복합레진으로 충전된 70개의 치아를 7개 군으로 분류하였으며, 각 군에 시행한 처치는 다음과 같다.(Table 1).

1) 제 1군

충전재와 변연부위에 아무런 처치도 하지 않고 대조군으로 사용하였다.

Table 1. Experimental set-up used in this study

Group	Treatment condition
1	not rebonded
2	rebonded with a SBMP
3	rebonded with a Fortify
4	rebonded with a Concise white sealant
5	rebonded with a Concise white sealant and not-finished
6	rebonded with a P&F sealant
7	rebonded with a P&F sealant and not-finished

2) 제 2군

충전재와 변연부위에 Scotchbond Multipurpose(3M Co.)로 rebonding하고 Sof-Lex disc로 연마하여 공극 내로 침투하지 못한 부분을 제거하였다.

3) 제 3군

충전재와 변연부위에 Fortify(BISCO)로 rebonding하고 Sof-Lex disc로 연마하여 공극 내로 침투하지 못한 부분을 제거하였다.

4) 제 4군

충전재와 변연부위에 Concise white sealant (3M Co.)로 rebonding하고 Sof-Lex disc로 연마하여 공극 내로 침투하지 못한 부분을 제거하였다.

5) 제 5군

충전재와 변연부위에 Concise white sealant (3M Co.)로 rebonding 후 전색제를 연마하지 않고 충전재 상방에 overextension된 상태로 두었다.

6) 제 6군

충전재와 변연부위에 P&F sealant(BISCO)로 rebonding하고 Sof-Lex disc로 연마하여 공극 내로 침투하지 못한 부분을 제거하였다.

7) 제 7군

충전재와 변연부위에 P&F sealant(BISCO)로 rebonding 후 전색제를 연마하지 않고 충전재 상방에 overextension된 상태로 두었다.

2. 실험방법

처리된 각 군의 시편을 대상으로 적절한 구내환경의 재현을 위하여 5°C와 65°C에서 2초씩 노출시키고 10초간의 dwell time을 주는 조건 하에서 500회의 thermocycling을 시행하였다. 이후 2% methylene blue 수 용액으로 실온에서 24시간 동안 dye penetration시켰고, 각 치아를 low-speed diamond cutter(Buehler, Ltd lake Bluffer, IL)를 사용하여 협설방향으로 양분하였다.

VM stereomicroscope(Stereo Star, American Optical)으로 색소침투정도를 평가하였고, 주사전자현미경(SEM, Stereoscan 360, Cambridge inst. Co.)으로 rebonding material의 침투깊이를 측정하였다.

색소침투깊이를 평가하기 위한 VM stereomicroscope의 관찰결과는 다음의 기준에 따라 scoring하였다(Table 2, Fig. 1).

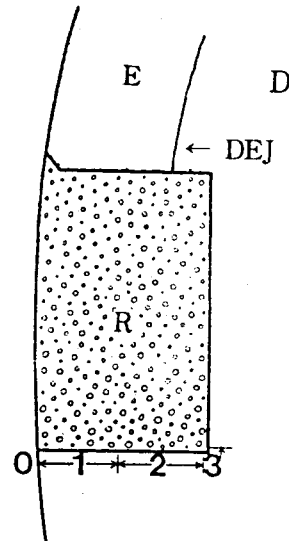


Fig. 1. Degree of dye penetration

Table 2. Degree of dye penetration

Score	Depth of dye penetration
0	색소침투의 증거가 전혀 없는 경우
1	색소가 교합면으로부터 DEJ까지 길이의 1/2 이하로 침투한 경우
2	색소가 교합면으로부터 DEJ까지 길이의 1/2 이상을 침투한 경우
3	색소가 DEJ에 도달했거나 치수벽까지 침투한 경우

III. 실험 결과

1. VM stereomicroscope 관찰

각 군의 시편을 대상으로 2% methylene blue 수용액으로 색소를 침투시킨 후 VM stereomicroscope으로 레진/치질 계면에서의 색소침투정도를 평가하였으며, 각 군의 색소침투정도를 통계학적으로 규명하기 위하여 Kurskal-Wallis one-way analysis(ANOVA)로 분석하였다(Table 3).

색소침투지수를 비교시 2.80 ± 0.42 를 나타낸 대조군에 비해 Scotchbond Multipurpose와 Fortify로 처리한 2군과 3군에서 통계학적으로 유의하게 감소된 색소침투지수를 보였으며($P < 0.05$), White sealant로 처리한 후 연마한 4군과 6군에서는 대조군과 통계학적으로 유의한 유의한 차이를 나타내지 않았다($P > 0.05$). 그러나 White sealant로 처리 후 연마하지 않은 5군과 7군에서는 대조군 및 연마를 시행한 4군, 6군에 대해 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다($P < 0.05$).

VM stereomicroscope으로 관찰된 각 군의 미세누출양상을 살펴보면, 대조군에서는 치수벽까지 색소의 침투가 보였으나(Fig. 2), Scotchbond Multipurpose와 Fortify로 처리한 2군과 3군에서는 색소의 침투가 관찰되지 않았거나 표면상의 경미한 침투양상만을 나타냈다(Fig. 3, 4).

White sealant 처리 후 연마를 시행한 4군과 6군에서는 대조군과 유사한 수준의 색소침투를

보였으며(Fig. 5), 이는 opaque filler로써 첨가된 titanium oxide 때문에 흐름성이 낮아져 변연공극 내로 잘 침투하지 못한 때문으로 사료된다. 그러나 white sealant 처리 후 연마를 시행하지 않은 5군과 7군에서는 대조군 및 연마를 시행한 4군, 6군과 달리 낮은 색소침투지수를 나타냈다(Fig. 6).

2. SEM관찰

각 군에서 변연공극 내부로의 rebonding agent의 침투깊이를 주사전자현미경을 사용하여 관찰하였다.

대조군에서는 치질과 수복물 사이에 전반적으로 변연공극이 존재하였으며, 특히 상아질부에서 현저하였다(Fig. 7).

Scotchbond Multipurpose로 처리한 시편에서 rebonding agent가 변연공극 내로 30 μ m 정도까지 침투되었으며(Fig. 8), Fortify로 처리한 시편에서도 변연결합부위를 채우고 공극 내로 40 μ m 정도 침투하였다(Fig. 9).

White sealant로 처리한 후 연마를 시행한 시편에서는 sealant가 debonded interface 내로 침투하지 못함에 따라 연마 후 변연공극이 노출되었고(Fig. 10), white sealant로 처리한 후 연마를 시행하지 않은 시편에서도 변연공극 내로 침투하지 못하고 치질과 수복물 상방에만 결합되어 있는 양상을 보였다(Fig. 11, 12). 그러나 white sealant의 경우에도 치아와 수복재 사이의 변연공극이 큰 경우에는 공극내로 침투하였다(Fig. 13).

Table 3. Mean value and S.D. of dye penetration score

Group	Number	Mean value
1	10	2.80 ± 0.42
2	10	1.20 ± 0.78
3	10	1.20 ± 0.63
4	10	2.50 ± 0.84
5	10	0.60 ± 0.89
6	10	2.60 ± 0.69
7	10	1.00 ± 1.00

* Denotes pairs of groups significantly different at the 0.05 level

IV. 총괄 및 고찰

치과분야에서 기능적이고 물리적으로 우수할 뿐만 아니라 심미적인 수복용 재료를 찾기 위하여 노력해 온 바, 복합레진이 이러한 요구에 어느정도 근접한 재료라 할지라도 여전히 해결되어야 할 사항이 있으며, 그 중 마모와 미세누출에 의한 이차우식의 발생은 주요 문제점으로 언급되고 있다^{26, 38, 40}.

복합레진의 중합시 3차원적으로 형성된 와동 내에서 약 20MPa 정도의 중합수축력이 발생됨에 따라 미세누출이 야기되며, 특히 상아질 부에서는 레진과의 결합강도가 이 중합수축력을 극복하지 못하고 복합레진과 상아질 사이가 분열되어 변연공극이 형성되는데^{41, 42} 이때 변연공극의 폭은 약 30 μ m 정도이다³⁶.

복합레진의 수복시 미세누출을 감소시키고 변연봉쇄성을 증진시키기 위한 수 많은 노력들이 시도되어온 바, 재료자체에 기인하는 중합수축의 감소⁴¹, 와동형태²², 상아질의 전처리와 접착제의 사용^{43, 44, 45}, 충전방법^{46, 47, 48}, 중합방법²³, 여러재료의 복합사용²³, 그리고 연마방법의 개선^{5, 49} 등의 방법을 통하여 다소 미세누출의 감소효과를 나타내기는 하였지만 완전하게 제거하지는 못하였다^{23, 37}.

최근 이러한 미세누출의 감소를 위하여 수복물을 중합시킨 후 수복재와 치질사이의 변연부에 low-viscosity resin으로 전색하여 변연공극을 봉쇄하는 방법이 제안되었으며, 이를 위하여 여러 재료가 사용되고 있다.

Low-viscosity resin은 열구전색제로 널리 사용되는 Delton이나 Helioseal과 같은 unfilled resin과 30% 정도 filler를 함유한 Prisma-Shield 처럼 filler함량이 매우 낮은 유형이 있으며, 전체적으로 점도가 낮기 때문에 흐름성이 좋다^{36, 37}. 최근 복합레진 수복후 변연누출을 감소시키기 위하여 resin sealant 개념의 Fortify (BISCO)가 시판되고 있는데, BIS-GMA, TE-GMA, THFMA 등으로 구성되어 있으며^{50, 51}, 이 중 TEGMA의 첨가를 통해 저점도레진의 흐름성을 개선시키고 있다³⁷.

이러한 제품은 점도가 낮기 때문에 수복물과

치질의 경계면에 적절히 도포되면 변연공극을 통해 흘러들어 모든 미세구조적 결함부로 침투하게 되며, 기존의 glaze나 sealant와는 달리 복합레진의 표면하방으로의 침투가 용이하여 미세변연공극을 제거할 뿐만 아니라 마모율의 감소에도 효과적이라고 보고되었다^{22, 40, 50, 51}. 한편 rebonding agent로서 열구전색제가 일부 사용되었는데^{53, 54, 55, 56, 57}, 많은 연구에서 white sealant는 미세누출을 예방하는데 거의 효과가 없었다고 하였으며^{21, 36}, 그 이유로는 opaque filler로써 첨가된 titanium oxide에 의해 점도가 증가되어 레진의 흐름성이 감소한 때문으로 추측하고 있다²¹. 이외에도 sealant-enamel interface에서의 미세누출을 변색의 정도를 통해 육안으로 관찰할 수 있다는 장점 때문에 opaque material 보다는 translucent sealant material이 더 추천되고 있다⁵³.

저점도레진의 침투정도를 평가하기 위한 연구에서, Torstenson 등은 공극이 넓은 치경부 변연에 도포시 0.5-2mm 까지 침투하였다고 보고하였고⁵², McCourt는 치경부외동에 bulk pack technic으로 충전한 경우 변연공극 내로 0.3mm 정도 침투하였다고 보고한 바 있으며¹³⁶, 산부식 처리한 교합면외동에서처럼 레진과 치질사이의 적합이 우수한 minute interfacial opening의 경우에는 10-16 μ m정도 침투하였다고 하였다^{21, 52}.

본 연구에서는 복합레진 수복 후 변연부의 미세누출 감소효과를 평가하기 위하여, rebonding agent로서 최근 임상에서 널리 사용되고 있는 수종의 재료 중 범랑질접착제인 Scotchbond Multipurpose와 resin sealant로서 개발된 Fortify, 그리고 rebonding agent로도 사용되는 전색제인 Concise white sealant와 P&F sealant를 선택하였다. Scotchbond Multipurpose와 Fortify의 경우 30-40 μ m까지 침투하여 변연공극으로의 침투효과가 우수한 것으로 평가되었으나, Concise white sealant와 P&F sealant의 경우는 변연공극 내로 침투효과가 적은 것으로 나타났다. 이는 filler함유 여부에 따른 결과로써 unfilled resin인 Scotchbond Multipurpose와 Fortify가 filler가 함유된 sealant보

다 낮은 점도를 갖기 때문에 사료된다.

Rebonding agent의 적절한 침투를 위해서는 재료의 점도가 매우 중요하며 이를 위하여 충분히 낮은 점도의 레진이 사용되어야 한다. 저점도레진시스템은 diluent agent, filler 그리고 opaquing component 등으로 구성되어 있으며, 이 중 filler가 viscosity modifier로서 주로 작용하고 opaquing component 역시 영향을 미치므로 점도를 낮추기 위해서는 filler와 opaquing component의 함량을 적절히 조절하고 TEGMA 등을 더 많이 첨가하는 등의 방법을 통한 개선노력이 있어야 하겠다.

저점도 레진의 침투효과에 관한 연구에서 산부식된 법랑질로의 최대 침투효과를 나타내는 레진의 점도는 200cp 이하라고 보고되었으나²¹⁾ rebonding agent의 적절한 점도에 대해서는 아직 결정된 바 없으며, 저점도레진이 변연공극 내로 잘 침투할 수 있도록 와동형성시 매끄러운 표면을 얻도록 해야하고, 치질표면이 깨끗하고 잘 건조된 상태일 때 표면장력이 증가하여 rebonding agent가 잘 침투되므로 타액이나 공기 또는 삭제된 절편들이 변연공극 내에 남아있지 않도록 해야한다²¹⁾. 그러나 상아세관으로부터 치수액이 계속 스며나와 변연공극을 빠르게 채우므로 건조된 상태를 유지시키는데는 임상적으로 어려움이 따르며, 이를 위하여 아세톤을 이용한 탈수가 추천되기도 한다²¹⁾.

복합레진 수복물의 변연부위에 rebonding agent를 재도포함으로써 미세누출의 감소효과를 얻는다 할지라도 구강 내에서의 장기간 효과에 대해서는 의문시되고 있다. 이는 수복물 변연부위에 도포한 low-viscosity resin의 물성이 매우 약하기 때문에 잇솔질이나 교합력에 의해 쉽게 마모되고 치질에 대한 결합력이 약해서 탈락되기 쉽기 때문이다.

저점도레진을 사용한 재도포과정은 부수적으로 수복물의 마모를 감소시키는데, Leinfelder 등²²⁾은 수복물 표면을 강화시켜 복합레진의 마모율 50%까지 감소되었다고 보고하였으며, Dickinson 등⁴⁰⁾은 도포를 시행한 수복물의 표면이 도포하지 않은 표면보다 미세경도가 20% 증가되었다고 하였고, 또한 마모량을 조사시

unsealed restoration에서의 평균소실량이 53.8 μm 인데 반해 sealed restoration에서는 44.6 μm 로 마모량이 감소하였으나³⁸⁾, 이러한 효과는 마모에 의해 1-2년 사이에 사라지기 때문에 장기간의 안정성은 없다고 하였다^{40,51)}.

본 연구에서는 이러한 임상적 상황을 재현 시켜주기 위하여 rebonding agent를 도포한 후 변연부위까지 연마를 시행하여, 쉽게 마모되어질 부위를 제거하고 순수하게 변연공극 내부로 침투한 경우만을 관찰할 수 있도록 하였다. 그러나 변연공극 내부로 흘러들어간 rebonding agent도 시간이 경과함에 따라 레진자체의 마모와 함께 소실되어 일정기간이 지난 후에는 변연공극이 다시 노출되고 미세누출이 발생하게 되므로 이를 예방하기 위해 주기적인 rebonding agent의 재도포를 통하여 마모에 의해 개방되어진 변연공극의 미세누출을 제거해 주어야 할 것이다.

또한 전색제 도포 후 연마여부에 따른 미세누출 정도를 비교한 결과, 연마를 시행하지 않은 경우가 변연부를 포함하여 치질표면까지 연장되어 결합됨으로써 미세누출의 감소효과를 나타냈으나, 이는 단기간의 효과일 뿐, 하부의 변연공극 내부로 침투해 들어가지 못하고 수복물과 치질의 표면부에 결합되어있는 형태의 rebonding agent는 쉽게 소실되기 때문에 장기적인 미세누출의 예방효과가 없다고 사료된다.

한편 white sealant의 경우라도 치경부 변연처럼 치아와 수복재 사이의 공극이 큰 경우라면 변연공극 내부로 침투할 수 있다. 이처럼 오히려 중합수축이 많은 레진을 사용하여 넓은 변연공극을 형성시키면 rebonding agent가 쉽게 침투하므로 변연봉쇄 효과가 더욱 좋아질 것이라고 생각할 수 있는데, 만약 공극이 넓어진다면 침투된 레진층이 더 두꺼워지게 되고, 여기에서 다시 중합수축에 의한 장력이 발생되므로 이것은 바람직하지 않으며³⁷⁾, 이러한 이유 때문에 rebonding procedure는 변연공극이 아주 작은 경우에만 성공적으로 사용될 수 있다고 하였다²¹⁾.

불소를 방출하는 rebonding agent를 사용했

을 때, 누출이 더 적었으며 이차우식을 줄일수 있는 장점이 있다고 하였으나⁵⁸⁾, 접착의 안정성이나 불소방출의 지속성 등에 대한 장기간 효과에 대해서는 아직 규명되지 못한 상태이다.

본 연구에서는 복합레진수복물의 미세누출과 관련하여 구강 내에서 겪게되는 온도변화를 재현시켜주기 위해 thermocycling을 시행하였다. Nelsen 등⁵⁹⁾은 구강내에서 충전물의 가장 낮은 온도는 4°C의 얼음물을 마실 때의 9°C이고, 가장 높은 온도는 60°C의 뜨거운 커피를 마실 때의 52°C로 측정된다고 한 바 있으며, Tjan 등⁶⁰⁾은 5°C와 55°C를 추천하기도 하였으나 Crim 등⁶¹⁾은 서로 다른 조건 간에 유의한 차이가 없었다고 하였다.

본 연구에서는 구내환경을 가장 유사하게 재현시키기 위하여 5°C와 65°C에서 2초씩 노출시키고 10초간의 휴지기를 주는 조건으로 500회의 thermocycling을 시행하여 온도변화에 따른 복합레진의 변연부 미세누출을 유발시켰다.

수복물의 미세누출을 평가하는 방법으로는 색소침투법, 방사성동위원소 이용법, 주사전자현미경법, 공기압력이용법, 중성자활성분석법, 세균동정과 인공우식유발법 등이 있으며⁶²⁾, 이 중 색소침투법은 가장 널리 쓰이는 방법으로 복합레진을 포함한 많은 수복재의 변연누출의 평가를 위하여 사용되어 온 바, 본 연구에서도 색소침투법을 사용하였고, 유기질과의 친화성이 있어 변연공극부의 염색에 적합한 methylene blue 수용액을 사용하였다.

본 연구에서는 1급 복합레진 수복물의 미세누출을 감소시키기 위하여 다양한 저점도레진으로 수복물 위에 재도포한 후 변연봉쇄 효과를 색소침투법과 주사전자현미경으로 분석하였다. 성공적인 rebonding procedure를 위해서는 적절한 agent를 선택해야 하는데, 본 연구에서는 범랑질접착제인 Scotchbond Multipurpose와 Fortify가 white sealant보다 우수하였으며, 이는 점도가 낮아 변연공극내로 깊이 침투했기 때문이라고 사료된다. 그러나 레진의 마모와 함께 rebonding agent도 소실되기 때문에 장기간의 효과를 기대하기 보다는 주기적으로 내원시켜 재도포시켜 주는 노력이 필요하며,

향후 변연공극으로의 침투가 용이하고 마모에 대한 저항성도 우수한 rebonding system의 개발이 요구된다.

V. 결 론

복합레진 수복 후 변연부 미세누출을 감소시키기 위하여 사용되는 다양한 Low-viscosity resin system의 봉쇄효과를 비교, 평가하고자 70개의 건전한 소구치에 1급와동을 형성하고 복합레진으로 충전한 후 연마하여 변연부를 노출시키고, 각 시편을 무작위로 추출하여 사용된 rebonding agent의 종류 및 처리방법에 따라 다음의 7개 군으로 분류하였다.

1군은 대조군으로서 아무런 처치를 하지 않았고, 2군은 Scotchbond Multipurpose(3M Co.)의 도포 후 연마, 3군은 Fortify(Bisco Co.)의 도포 후 연마, 4군 및 5군은 Concise white sealant(3M Co.)의 도포 후 연마를 시행한 경우와 시행하지 않은 경우이며, 6군 및 7군도 P&F sealant (Bisco Co.)로 도포하고 연마여부에 따라 분류하였다.

이 후 thermocycling과 색소침투법을 시행하고, 입체광학현미경과 주사전자현미경으로 관찰한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 색소침투지수 비교시 대조군에 비해 Scotchbond Multipurpose와 Fortify로 처리한 2군과 3군에서 통계학적으로 유의하게 낮은 색소 침투지수를 보였으며($P < 0.05$), white sealant로 처리한 4군과 6군은 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$).
2. white sealant도포 후 연마여부에 따른 색소침투지수를 비교시 연마를 시행한 4군과 6군은 연마를 시행하지 않은 5군과 7군에 비해 높게 나 타남으로서($P < 0.05$), 연마여부에 따른 차이가 관찰되었다.
3. Rebonding agent의 침투정도를 주사전자현미경으로 관찰한 결과, Scotchbond Multipurpose와 Fortify는 변연공극내 30-40 μ m 정도까지 침투하였으나, white sealant는 변연공극내로 침투하지 못하고 단순히 변연부 표면에만 결합되어있는 양상을 나타

냈다.

REFERENCES

1. Clemens A. Full, W.R. Hollander : The composite resin restoration : A literature review part I Proper cavity preparation and placement technics. *Journal of Dentistry for children*, 48-51, January-February, 1993.
2. Clemens A. Full, W.R. Hollander : The composite resin restoration : A literature review part II Comparisons between composite and alloy restorations. *Journal of Dentistry for children*, 52-56, January-February, 1993.
3. Clemens A. Full, W.R. Hollander : The composite resin restoration : A literature review part III What the future holds. *Journal of Dentistry for children*, 57-59, January-February, 1993.
4. Hala Z. Henderson, James C. Setcos : The sealed composite resin restoration. *Journal of Dentistry for children* 300-302, July-August, 1985.
5. D. H. Retief : Do adhesives prevent microleakage ? *International Dental Journal* (1994) 44, 19-26.
6. Joo Loon Lui, Shigeyuki Masutani, James C. Setcos, Felix Lutz, Marjorie L. Swartz, Ralph. Philips : Margin quality and microleakage of Class II composite resin restorations. *JADA* 49-54, Vol.114, January, 1987.
7. Gary S. P. Cheung : Reducing marginal leakage of posterior composite resin restorations : A review of clinical technics. *Journal of Prosthetic dentistry* 286-288, Vol.63, No.3, March, 1990.
8. M. Brönnström, B. Torstenson, K. J. Nordenvall : The initial gap around large composite restorations in vitro : The effect of etching enamel wall. *Journal of Dental research* 63(5) : 681-684, May 1984.
9. M. Fukushima, James C. Setcos, Ralph W. Philips : Marginal fracture of posterior composite resins. *JADA*, 577-583, Vol. 117, October, 1988.
10. C. S. Ebright, E. S. Duke, B. K. Norling : Microleakage of composites following the use of dentin bonding agents. *Journal of Dental research* 1985 ; 64 ; 244(abst-tract No. 626)
11. E. K. Hansen, E. Asmussen : Marginal adaptation of posterior resins : Effect of dentin bonding agent and hygroscopic expansion. *Dental Material* 5 : 122-126, March, 1989.
12. Adrian U J. Yap, C. C. Lim, Jennifer C. C. Neo : Marginal sealing ability of three cervical restorative systems. *QI* 817-820, Vol. 26, No. 11, 1995.
13. Maria R. Pintado, Willam H. Douglas : The comparison of microleakage between two different dentin bonding resin systems. *QI* 905-907, Vol. 19, No. 12, 1988.
14. Byoung I. Suh : All-Bond-Fourth generation dentin bonding system. *Journal of Esthetic dentistry* 139-147, Vol. 3, No. 4, July/August, 1991.
15. Carlo Prati, Gianni Montanari : Comparative microleakage study between the sandwich and conventional three-increment technics. *QI* 587-594, Vol. 20, No. 8, 1989.
16. P. A. Darbyshire, L. B. Messer, W. H. Douglas : Microleakage in Class II composite restorations bonded to dentin using thermal and load cycling. *Journal of Dental research* 67(3) : 585-587, March, 1988.
17. John W. Stanford, Zaker Sabri, Sophia Jose : A comparison of the effectiveness of dentin bonding agents. *International Dental Journal* (1985) 35, 139-144.
18. Samuel Koenigsberg, Anna Fuks, Rafael

- Grajower : The effect of three filling techniques on marginal leakage around Class II composite resin restorations in vitro. *QI* 1989 ; 20 ; 117–121.
19. A. R. Grieve, W. P. Saunders, A. H. Alani : The effects of dentin bonding agents on marginal leakage of composite restorations : long-term study. *Journal of Oral rehabilitation*, 1993, Vol. 20, pages 11–18.
 20. Council on Dental materials, Instruments, and Equipments : Dentin bonding systems : an update. *JADA* 91–95, Vol. 114, January, 1984.
 21. Anthony H. L. Tjan, Daniel E. Tan : Microleakage at gingival margins of Class V composite resin restorations rebonded with various low-viscosity resin systems. *QI* 565–573, Vol. 22, No. 7, 1991.
 22. Karl F. Leinfelder : Using composite resin as a posterior restorative material. *JADA* 65–70, Vol. 122, April, 1991.
 23. Felix Lutz, Ivo Krejci, Theodore R. Oldenburg : Elimination of polymerization stresses at the margins of posterior composite resin restorations : a new restorative technic. *QI* 777–784, Vol. 17, No. 12, 1986.
 24. Theodore P. Croll : Adhesive restoration of an endodontically treated incisor. *QI* 319–322, Vol. 24, No. 5, 1993.
 25. I. Krejci, F. Lutz, C. E. Loher : Quantitative in vivo evaluation of four restorative concepts for mixed Class V restorations. *QI* 455–465, Vol.22, No.6, 1991.
 26. J. David Erik, Fenn H. Welch : Polymerization shrinkage of posterior composite resins and its possible influence on postoperative sensitivity. *Quintessence International* Vol.17, No 2, 1986.
 27. Gary A. Crim : Microleakage of three resin placement technics. *American Journal of Dentistry* 1991 ; 4 ; 69–72.
 28. T. Hirasawa, S. Hirano, S. Hirabayashi, I. Harashima, M. Aizawa : Initial dimensional change of composites in dry and wet conditions. *Journal of Dental research* 62(1) : 28–31, January, 1983.
 29. Theodore P. Croll : Class I composite resin restoration. *Journal of Esthetic dentistry* 148–153, Vol. 4, No. 5, September/October, 1992.
 30. E. K. Hansen : Effect of cavity depth and application technic on marginal adaptation of resins in dentin cavities. *Journal of Dental research* 65(11) : 1319–1321, November, 1986.
 31. W. H. Douglas, R. P. Fields, J. Fundingsland : A comparison between the microleakage of direct and indirect composite restorative systems. *Journal of Dentistry* 1989 ; 17 ; 184–188.
 32. V. Qvist : The effect of mastication on marginal adaptation of composite restorations in vivo. *Journal of Dental research* 62(8) : 904–906, August, 1983.
 33. Theodore P. Croll : Bonded composite resin Class II restoration : An example. *QI* 385–390, Vol. 24, No. 6, 1993.
 34. E. A. Glasspoole, R. L. Erikson : The effect of finishing time on wear resistance of composites. *Journal of Dental research* (Abstract No.203) 1989 ; 68 ; 207.
 35. Michael G. Buonocore, Zia Sheykhoslam, Richard Glana : Evaluation of an enamel adhesive to prevent marginal leakage : An in vitro study. *Journal of Dentistry for children* 35–40, March-April, 1973.
 36. James W. McCourt, J. David Eick : Penetration of fissure sealant into contraction gaps of bulk packed auto-cured composite resin. *Journal of Pedodontics* 167–175, Vol. 12 : 167 : 1988.
 37. C. M. Kemp-Scholte, C. L. Davidson : Marginal sealing of curing contraction gaps

- in Class V composite resin restorations. *Journal of Dental research* 67(5) : 841–845, May, 1988.
38. Gene L. Dickinson, Karl F. Leinfelder : Assessing the long-term effect of a surface penetrating sealant. *JADA* 68–72, Vol. 124, July, 1993.
 39. Sawsan Al Rafei, David L. Moore : Marginal penetration of composite resin restorations as indicated by a tracer dye. *Journal of Prosthetic dentistry* 435–439, Vol. 34, No. 4, October, 1975.
 40. Gene L. Dickinson, Karl F. Leinfelder, Raquel B. Mazer, Carl M. Russell : Effect of penetrating sealant on wear rate of posterior composite resins. *JADA* 251–255, Vol. 121, August, 1990.
 41. C. L. Davidson, A. J. de Gee, A. Feilzer : The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. *Journal of Dental research*, 63(12) : 1396–1399, December, 1984.
 42. C. L. Davidson, A. J. de Gee : Relaxation of polymerization contraction stresses by flow in dental composites. *Journal of Dental research* 63(2), 146–148, February, 1984.
 43. N. W. Rupp, S. Venz, E. N. Cobb : Sealing the gingival margin of composite restorations. *Journal of Dental research* 1983 ; 62 ; 254(Abstract No. 765)
 44. R. Leary, G. Kilgus, K.F. Leinfelder : In-vitro microleakage of GI and dentin bonding agent. *Journal of Dental research* 1989 ; 68 ; 187(Abstract No. 44)
 45. X. Y. Yu, E. L. Davis, R. B. Joynt, G. Wiczowski : Bond strength evaluation of a Class V composite resin restoration. *QI* 391–396, Vol.22, No.5, 1991.
 46. C. C. Leclair, L. W. Blank, J. W. Hargrave, G. B. Pelleu JR : Use of two-stage composite resin fill to reduce microleakage below the CEJ. *Operative dentistry* 13, 1988, 20–23.
 47. Gary A. Crim, Kenneth W. Chapman : Effect of placement technics on microleakage of a dentin-bonded composite resin. *QI* 21–24, Vol.17, No.1, 1986.
 48. Khamis Hassan, Francis Mante, Gloria List, Virendra Dhuru : A modified incremental filling technic for Class II composite restorations. *Journal of Prosthetic dentistry* 153–156, Vol.58, No.2, August, 1987.
 49. Felix Lutz, James C. Setcos, Ralph W. Phillips : New finishing instruments for composite resins. *JADA* 575–580, Vol. 107, October, 1983.
 50. G. Dickinson, K. F. Leinfelder, C. M. Russell : Evaluation of wear by application of a surface sealant. (Abstract No. 1999) *Journal of Dental research* 67 ; (Special issue) 1988.
 51. G. L. Dickinson, R. B. Mazer, K. F. Leinfelder : Two year clinical study on effect of surface sealant. (Abstract No. 1594) *Journal of Dental research* 69 ; (Special issue) 1990.
 52. B. Torstenson, M. Brännström, B. Mattsson : A new method for sealing composite resin contraction gaps in lined cavities. *Journal of Dental research* 64(3) : 450–453, March, 1985.
 53. I. McConnachie : The preventive resin restoration : a conservative alternative. *JADA* 197–200, March 1992, Vol. 58, No. 3.
 54. Milton Houpt, Eliezer Eidelman : Composite/sealant restoration : 6 1/2-year results. *Pediatric Dentistry* : 304–306 : December : 1988 Vol. 10, No. 4.
 55. Milton Houpt, Anna Fuks, Eliezer Eidelman : The preventive resin (composite

- resin/sealant) restoration : Nine-year results. *QI* 155–159, Vol. 25, No. 3, 1994.
56. Eva J. Mertz-Fairhurst, Kathy M. Call-Smith, George S. Shuster, J. Earl Williams : Clinical performance of sealed composite restorations placed over caries compared with sealed and unsealed amalgam restorations. *JADA* 689–694, Vol. 115, November, 1987.
 57. E. J. Mertz-Fairhurst, A. P. Newcomer, K. M. Call-Smith : Caries arrestment and prevention by sealed conservative filled resin restorations. (Abstract No. 478) *Journal of Dental research* 1983 ; 62 ; 222.
 58. William Philip Saunders, Ronald Strang, Imtiaz Ahmad : In vitro assessment of the microleakage around preventive resin (lamine) restorations. *Journal of Dentistry for children* 433–436, November-December, 1990.
 59. Nelsen. R.J., Wolcott. R.B., and Paffenbarger. G.C : Fluid exchange at the margins of dental restoration. *JADA* 44 : 288–295, 1952.
 60. Crim. G. A., Swartz. M. L., and Philips. R. W : Comparison of four thermocycling technics. *Journal of Prosthetic Dentistry* 53 : 50–53, 1985.
 61. Philip D. Delivanis, Kenneth A. Chapman : Comparison and reliability of technics for measuring leakage and marginal penetration. *Oral Surgery* 410–416, Vol. 53, No.4, April, 1982.
 62. Mortensen. D. W., Boucher. N. E., and Ryge. G : A method of testing for marginal leakage of dental restorations with bacteria. *Journal of Dental Research*, 44(1) : 58–63, 1965.

Explanation of Figure

- Fig. 2. VM stereomicroscope finding of group 1 showing dye penetration to the pulpal wall.
- Fig. 3. VM Stereomicroscope finding of group 2 showing no dye penetration.
- Fig. 4. VM Stereomicroscope finding of group 3 showing no dye penetration.
- Fig. 5. VM Stereomicroscope finding of group 4 showing dye penetration to the pulpal wall.
- Fig. 6. VM Stereomicroscope finding of group 5 showing no dye penetration.
- Fig. 7. SEM finding of group 1($\times 50$) showing the marginal gap between teeth & restorative material.
- Fig. 8. SEM finding of group 2($\times 1,000$) showing the penetration of Scotchbond Multipurpose into the debonded interface. This agent penetrates up to $30\mu\text{m}$ depth.
- Fig. 9. SEM finding of group 3($\times 1,000$) shows that the marginal defect is filled with a Fortify and the penetration of rebonding agent into the debonded interface
- Fig. 10. SEM finding of group 4($\times 200$) showing the opened marginal gap between enamel surface and resin restorations.
- Fig. 11. SEM finding of group 5($\times 200$) showing the white sealant failing to penetrate the debonded interface.
- Fig. 12. SEM finding of overextended white sealant($\times 70$).
- Fig. 13. SEM finding of group 6($\times 100$). If marginal gap is wide enough such as depicted in this figure, white sealant can be penetrated into the marginal gap.

사진부도 1



Fig. 2

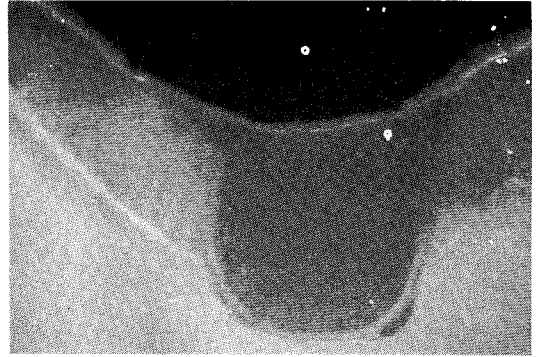


Fig. 3

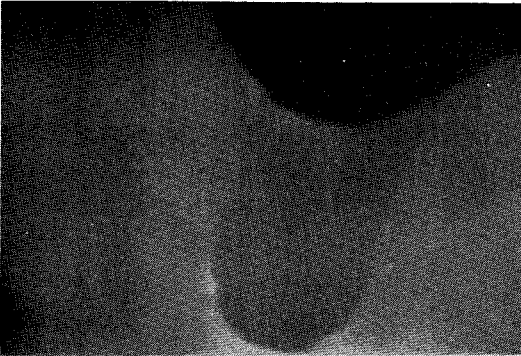


Fig. 4

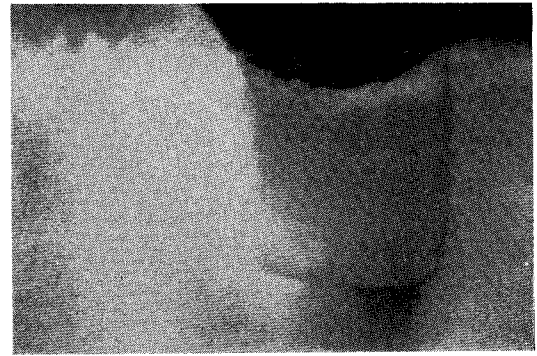


Fig. 5

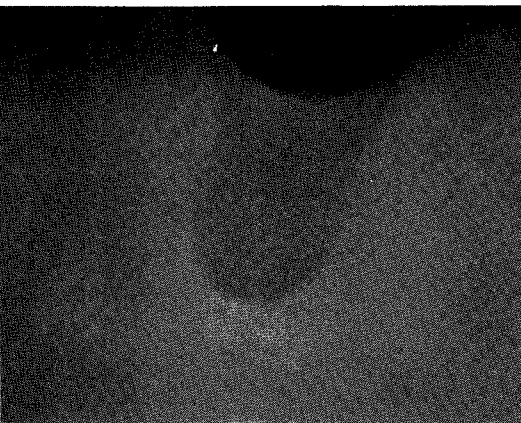


Fig. 6

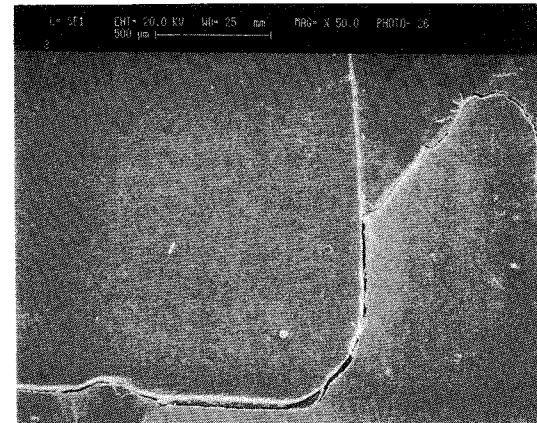


Fig. 7

사진부도 2

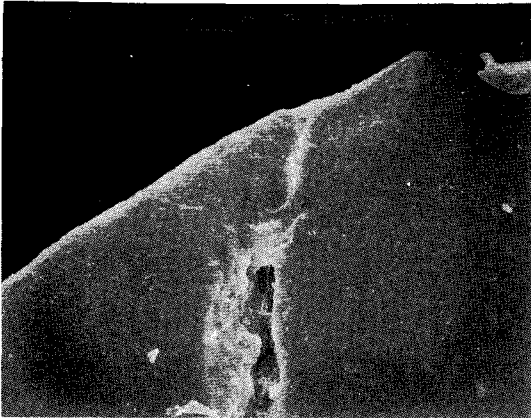


Fig. 8

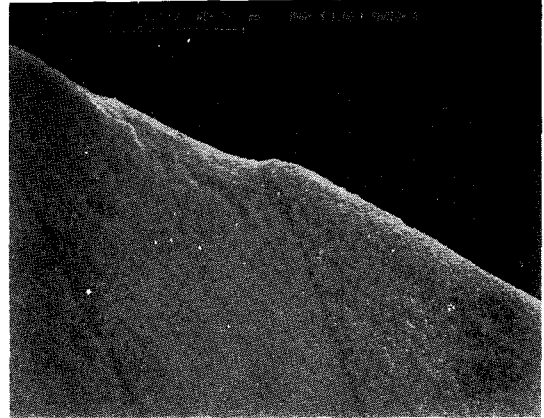


Fig. 9

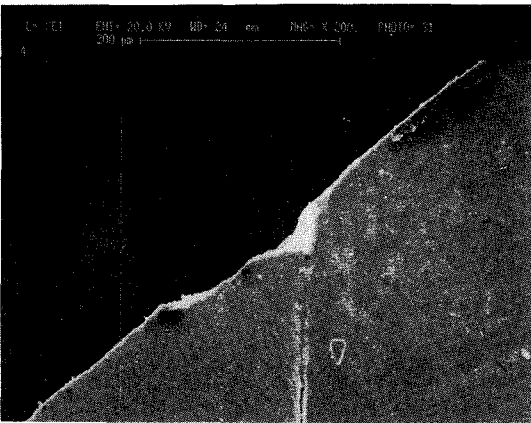


Fig. 10

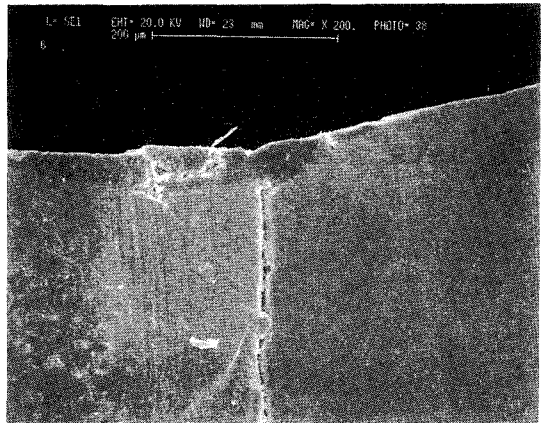


Fig. 11

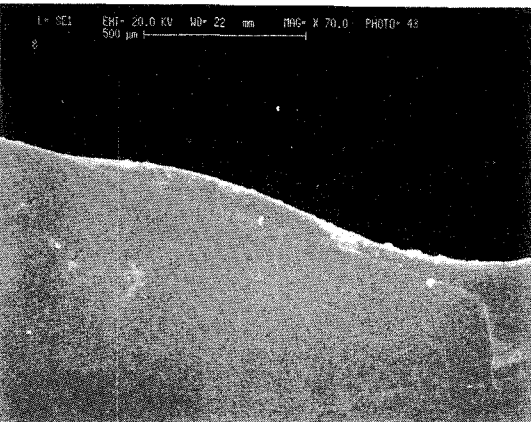


Fig. 12

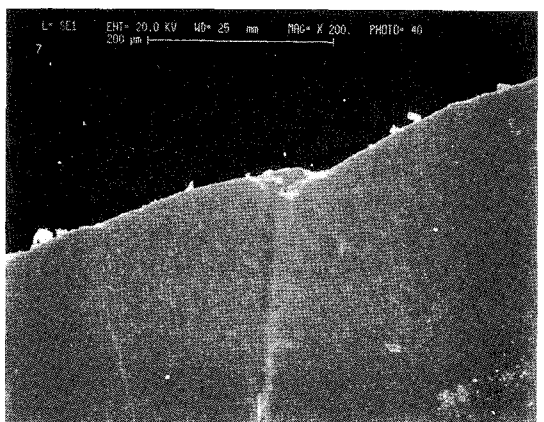


Fig. 13