

## 표면처리방법에 따른 복합레진의 결합강도에 관한 실험적 연구

서울대학교 치과대학 소아치과학 교실

신재호 · 장기택 · 한세현

### Abstract

#### AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE SHEAR BOND STRENGTHS OF COMPOSITE RESIN TO AIR-ABRADED ENAMEL AND DENTIN

Jae-Ho Shin, D.D.S., Ki-Taeg Jang, D.D.S., M.S.D. Ph.D.,  
Se-Hyun Hahn, D.D.S. M.S.D. Ph.D.

*Dept. of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Seoul National University*

According to extensive use of composite resin which have superior esthetic property, every effort on improving bonding strength between a tooth and composite resin has been continued. Acid etching technique is a method that micro-etches the tooth surface which provides bonding with composite resin possible. Recently, there were several reports that mechanical treatment obtained from air-abrasion can provide similar bonding strength with acid etching technique. So, this experimental study was designed to compare the shear bonding strength between using air-abrasion technique and using acid etching technique.

Initially, bovine teeth were divided into enamel and dentin experimental groups. Respectively each group was categorized into three subgroups. One subgroup was acid etched with 35% phosphoric acid, then bonded with composite resin. The other subgroup was air-abraded with 50 $\mu$ m Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles sprayed with 160psi air pressure using air abrasion unit(KCP-1000, A.D.T., U.S.A.); and composite resin was bonded. In another subgroup, composite resin was bonded after acid etching following air-abrasion. So, enamel experimental groups were made of E1(acid etched only), E2(air-abraded only), E3(acid etched following air-abraded), and dentin experimental groups were made of D1(acid etched only), D2(air-abraded only), D3(acid etched following air-abraded). Each subgroup had 10 specimens. Dentin bonding system(Scotchbond Multi-purpose, 3M Co., U.S.A.) and composite resin(Z-

\* 本研究의 一部은 1996年度 서울大學校病院 指定診療 研究費 支援에 의해 이루어진것임.

100, 3M Co., U.S.A.) were applied on treated surface using 5mm diameter gelatin capsule as manufacturer's direction. After 1200 times thermocycling between 5°C and 55°C, shear bond strength was measured in 5mm/min crosshead speed with Instron(Instron Co., U.S.A.), and also treated enamel and dentin were observed with SEM(JEOL Co., Japan).

The following results were obtained :

1. In the enamel experimental groups, acid etched following air-abraded group had highest shear bond strength, but there was no significant difference compared to acid etched group. Air-abraded only group had lowest shear bond strength, and there was significant difference compared to the rest of groups.
2. In the dentin experimental groups, acid etched following air-abraded group had highest shear bond strength, but there was no significant difference compared to acid etched group. Air-abraded only group had lowest shear bond strength, and there was significant difference compared to the rest of groups.
3. In the SEM study, air-abraded enamel and dentin had irregular and rough surfaces.

Key words : shear bond strength, acid etching, air-abrasion.

## I. 서 론

손상된 치질을 회복하기 위한 충전재료중 복합레진이 근래에 광범위하게 사용되고 있다. 초기의 복합레진은 치아와 결합력이 약하였기 때문에 치질에 대한 복합레진의 접착을 향상시키기 위한 많은 연구가 이루어져 왔는데, Buonocore<sup>1)</sup>와 Bowen<sup>2)</sup>에 의한 산부식법은 법랑질과 복합레진과의 접착을 현저히 향상시킴으로서 이러한 산부식의 적용범이 계속 개발되어 왔다. Silverstone<sup>3,4)</sup>은 30~40%의 인산 용액이 법랑질에 가장 효과적이고 균일한 부식양상을 나타내었다고 하였고, 산부식 후 나타나는 법랑질 표면의 부식양상을 세가지로 분류하였다. 이 외에 산의 농도가 부식정도와 레진결합력에 미치는 영향에 관해 Nelson등<sup>5)</sup>, Rock<sup>6)</sup>, 민<sup>7)</sup>, 김<sup>8)</sup> 등의 연구가 있었고, 산부식 시간과 레진결합력의 관계에 관해서는 Smutka등<sup>9)</sup>, Redford등<sup>10)</sup>, Simonsen<sup>11)</sup> 등의 연구가 있었다.

한편 상아질에 대한 복합레진의 접착은 법랑질보다 어렵다고 여겨져 왔는데 실제로 초창기의 상아질 접착제는 임상적으로 낮은 결

합강도를 나타내었고, 이는 상아질 표면과 수복물질간에 상아질 산부식여부, 도말층, 표면조도, 수복재료의 경화수축정도 등의 여러 요인이 관계하기 때문이라고 보고되었다.<sup>12-15)</sup> 그러나 최근의 친수성 상아질 접착시스템의 개발은 상아질과 복합레진과의 결합을 더욱 강하게 하여 결합력이 20MPa에까지 이르게 되었는데<sup>16-18)</sup> 이 결과는 상아질 접착제에서 법랑질과 동일하게 산부식을 이용하여 도말층을 제거하고 난 후, 탈회된 상아질 표면의 노출된 콜라겐 섬유에 대한 레진의 미세기계적 결합으로 얻어진다고 생각되고 있다.<sup>19)</sup> 과거에는 산부식이 치수에 유해한 영향을 미친다고 여겼지만 점차 생물학적으로 적합하다는 인정을 받기 시작함으로써 산에 의한 상아질의 부식이 가능하게 되었다.<sup>20,21)</sup> 따라서 현재 대부분의 복합레진 접착제들은 레진결합에 앞서 상아질 표면을 화학적으로 처리하고 있다.

이와는 다른 방향으로 산부식과 더불어 기계적인 처리를 함으로서 레진의 결합력을 높이는 시도가 계속되었는데, 최근 Laurell등<sup>22)</sup>과 Keen등<sup>23)</sup>이 air-abrasion에 의한 처리가 산부식 없이도 치아표면을 거칠게 하여 레진수

복이나 치면열구전색을 할 수 있다고 보고하였다.

Air-abrasion technique은 저속의 belt-driven handpieces가 사용되던 1940년대 Robert Black<sup>24, 25)</sup>에 의해 개발되어 와동을 형성하는데 사용되었다. Microscopic non-toxic abrasive powder를 분사하여 치질을 삭제함으로써 열, 진동, 끌을 통한 소음 등을 줄일 수 있다는 장점 때문에 짧은기간 각광을 받았지만<sup>26-30)</sup>, 그 당시의 수복재는 아말감, 금, 실리케이트 세멘트 등이었고 와동형성의 디자인은 sharp line angle, flat floors, smooth cavity wall 이었기 때문에 hand instrument의 사용이 불가피하였다. 또 air-abrasion의 분사된 입자가 공기중으로 흩어져 인체내로의 흡입가능성이 제기되었고<sup>31)</sup>, 1950년대 후반 air-turbine handpieces가 개발됨으로서 그 사용이 점차로 감소되어 Prophyljet(Dentsply Co. U. S. A.)와 같은 prophylaxis 목적으로만 남게 되었다<sup>32)</sup>. 그러나 Air-abrasion은 복합레진, 치면열구전색제, hybrid ionomer 등의 재료가 개발되어 최소한의 치질삭제에 의해서도 수복이 가능하고, 와동형성의 형태가 치질을 보호하려는 경향으로 바뀌면서 다시 주목받기 시작하였다.

최근 Ronald<sup>33)</sup>는 air-abrasion technique이 치면열구의 초기 우식을 진단 치료하는데 많은 잇점이 있으며, 치면열구전색시 산부식없이 수복이 가능하다고 하였고, Karora등<sup>34)</sup>은 air-abrasion을 이용하여 레진수복시 enamel etching의 대체가능성을 제시하였다. Laurell등<sup>22)</sup>은 160psi 50 $\mu$ m Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로 법랑질과 상아질을 처리한 후 레진결합력을 비교해 보았을때 dentin primer가 air-abraded dentin에 resin bonding을 증가시키지 않는다고 하였고, 또 air-abrasion처리된 법랑질과 상아질을 주사 전자현미경으로 관찰하고 표면이 레진과 결합하기에 충분한 roughness를 나타낸다고 하였다. 그러나 Berry와 Ward<sup>35)</sup>, Los와 Barkmeier<sup>36)</sup>, Roeder등<sup>37)</sup>은 air-abrasion이 산부식의 필요성을 감소시키지 못한다고 보고하였다. 또 Berry<sup>38, 39)</sup>는 hybrid glass ionomer를 air-abrasion 처리된 법랑질과 상아질에 접촉시킬 때 surface condi-

tioner를 사용하지 않으면 현저히 낮은 결합강도를 보인다고 보고하였다.

이와 같이 air-abrasion 처리된 치아와 복합레진간의 결합강도에 대한 연구결과가 논란이 많고 국내에서의 연구가 미비하여, 저자는 air-abrasion technique으로 bovine의 상아질과 법랑질을 기계적으로 처리하고 최근의 레진접착제를 이용하여 복합레진의 전단결합강도를 측정함으로써 기존의 산부식 처리에 의한 방법과 유사한 결합강도를 가지는지, 또는 산부식처리에 의한 결합강도를 증가시킬 수 있는지 알아보려고 본 연구를 시도하였다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

Bovine의 전치 68개를 실험대상으로 하였다. 법랑질과 상아질의 산부식은 35% 인산(phosphoric acid)을 사용하였다. 상아질 접착제는 Scotchbond multi-purpose(3M Co., U. S. A.)가 사용되었고 수복용 복합레진으로는 Z-100(3M Co., U. S. A.)를 사용하였다. Air-abrasion을 위한 unit는 KCP-1000 Whisperjet(American Dental Technologies, U. S. A.)이 사용되었다.

### 2. 실험방법

#### 1) 시편제작

발거 후 잔사가 제거된 68개의 bovine teeth의 협면을 직경 8mm의 원형으로 절단한 후 acrylic cylinder에 자가중합레진으로 매몰하였다. 모든 치아를 silicon carbide paper(Beuhler, Ltd., Germany)를 이용하여 주수하에 600grit까지 연마하였다. 34개의 시편은 dentin이 노출될 때까지 연마한 뒤 초음파 세척하고 증류수에 보관하였다.

#### 2) 복합레진의 접착

시편을 아래의 6개군으로 나누어 표면을 처리한 후 제조자의 지시에 따라 복합레진을 접착하였다.

Air-abrasion 처리는 50 $\mu$ m의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 입자를 160psi의 압력으로 분사하였는데, 분사방향이

표면과 수직을 이루도록 하였다. 시편에 대해 3mm 거리에서 수평방향으로 4회, 수직방향으로 4회 abrasion 하였다.

치아표면과 복합레진 접착은 직경 5mm gelatin capsule을 이용하였다. Capsule에 D<sub>3</sub> shade의 레진을 2/3정도 채운 후 Llipomat (KRUPP Co., Germany)에서 10분간 중합하였다. 이 후 나머지는 A<sub>2</sub> shade 레진을 채워 결합부위에 견고히 부착시킨 후 과량의 레진을 탐침으로 제거하였다. Visilux-2 curing unit(3M Co., U.S.A.)을 이용해 접착부를 4개의 부위로 나누어 각각 40초씩 중합하였다.

### 3) 전단결합강도 측정 및 통계분석

Resin capsule이 부착된 시편은 5°C와 55°C에서 30초의 dwell time으로 1200회 thermocycling하고(동경기연 K178, Japan) 건조시킨 뒤, 만능물성시험기(Model 6022, Instron Co., U.S.A)로 head speed 5mm/min에서 전단결합강도를 측정하였다. 측정된 전단결합강도는 각 군간에 one-way ANOVA와 Scheffe's multiple range test로 통계적 유의성을 검증하였다.

### 4) 주사 전자현미경 관찰

각 군당 2개의 시편을 더 만들어 Table 1에 따라 표면처리를 하고 이를 금피복한 후, 주사 전자현미경(JSM840A, JEOL사, Japan)으로 관찰하였다.

## III. 실험성적

### 1. 전단결합강도

각 시편의 전단결합강도를 MPa 단위로 측정하였는데, E2군과 D2군에서 각각 1개의 시편이 thermocycling중에 파절되었다.

법랑질에 대한 결합강도는 air-abrasion 후 산부식군이 22.2MPa로 가장 높았으나, 산부식군(22.1MPa)과의 유의한 차이는 없었다( $p > 0.05$ ). Air-abrasion만 시행한 군의 결합강도가 4.1MPa로 가장 낮았으며, 산부식군과 air-abrasion 후 산부식군과 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ).

상아질에 대한 결합강도는 air-abrasion 후 산부식군이 18.8MPa로 가장 높았으나, 산부식군(16.8MPa)과의 유의한 차이는 없었다( $p > 0.05$ ). Air-abrasion만 시행한 군의 결합강도가 5.7MPa로 가장 낮았으며, 산부식군과 air-abrasion 후 산부식군과 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ )(Table 2참조).

### 2. 주사 전자현미경 관찰

법랑질은 X600, X1200의 배율로, 상아질은 X300, X600의 배율로 관찰하였다.

E1군 : 법랑질 표면이 산에 의해 부식되어 소주구조가 명확하고 균일하게 나타났다. 법랑소주의 변연부가 탈회되는 Silvers-tone의 제2형 부식양상과 유사하게 나타났다(Fig. 1, 2).

Table 1. Experimental group

Group	Surface conditioning
E1	acid etch+adhesive+composite resin
E2	air abrasion+adhesive+composite resin
E3	air abrasion+acid etch+adhesive+composite resin
D1	acid etch+primer+adhesive+composite resin
D2	air abrasion+primer+adhesive+composite resin
D3	air abrasion+acid etch+primer+adhesive+composite resin

E : Enamel speciman.

D : Dentin speciman.

Table 2. Shear bond strength(unit : Mpa)

	E1	E2	E3	D1	D2	D3
1	27.90	7.40	29.11	10.08	0.74	20.24
2	18.31	7.14	18.98	19.30	11.96	14.20
3	27.17	3.94	26.13	22.05	11.13	15.05
4	21.84	0.99	18.68	21.93	4.82	18.15
5	21.51	4.64	18.52	22.48	4.74	27.66
6	18.31	2.12	22.32	11.83	3.96	16.11
7	18.66	0.74	22.14	12.48	7.13	16.83
8	28.60	4.25	23.82	17.02	5.82	17.69
9	16.96	5.27	23.52	16.15	1.11	17.85
10	21.74	-	19.01	9.31	-	23.75
Mean(SD)	22.1(4.3)	4.1(2.4)	22.2(3.6)	16.3(5.1)	5.7(3.9)	18.8(4.1)

E2 vs E1,E3 (p<0.05)

D2 vs D1,D3 (p<0.05)

- E2군 : 입자에 의해 법랑질 표면이 불규칙하고 거친 요철을 나타내었다. 법랑소주 구조는 관찰되지 않았으며 입자에 의해 생긴 것으로 보이는 함몰을 나타내었다 (Fig. 3, 4).
- E3군 : 소주구조가 보이지만 불규칙한 모습을 보였다. 불명확하고 파손된 듯한 소주구조가 여러 곳에서 나타났으며 소주구조는 E1군보다 더 날카롭고 긴 형태를 나타내었다. 소주구조가 일정방향으로의 흐름을 나타내었다(Fig. 5, 6).
- D1군 : 산에 의해 부식되어 탈회된 상아질표면과 상아세관의 개방이 관찰되었다(Fig. 7, 8).
- D2군 : 전체적으로 거칠고 불규칙한 양상을 나타내었으며 다양한 크기의 함몰이 나타났다. 상아세관은 드물게 관찰되었다 (Fig. 9, 10).
- D3군 : 탈회된 상아질표면이 관찰되었고 상아세관의 개방과 더불어 다양한 크기의 함몰이 관찰되었다(Fig. 11, 12).

#### IV. 총괄 및 고안

산처리된 법랑질과 복합레진과의 접착기전은 비교적 잘 정립되어 있는데, 법랑질은 고도로

광화된 조직이며 산처리는 법랑질 표면에 미세한 공간을 만들어 레진의 미세유지가 효과적으로 이루어진다.<sup>1,40)</sup> 이런 법랑질의 미세한 소공은 표면적을 넓히고<sup>41)</sup>, 법랑질 표면의 습윤성을 증가시켜<sup>42)</sup> 레진이 치아와 기계적 결합을 이루도록 한다. 이렇게 산처리가 치아를 부식시켜 표면에 기계적 유지형태를 얻는데 반하여 air-abrasion은 입자의 운동에너지를 통해 치아 표면을 거칠게 함으로써 유지형태를 얻게 되는데, air-abrasion의 물리학적 근거는 다음의 공식에서 알 수 있다.

$$E = \frac{1}{2} mv^2$$

(E : 운동에너지, m : 질량, v : 속도)

Air-abrasion에 의한 방법으로 치질을 삭제하거나 치아표면을 처리할 때 입자의 질량과 공기의 양과 속도를 조절함으로써 여러 효과가 나타날 수 있다. 현재 치아의 삭제를 위해서는 27 $\mu$ m의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 입자를 사용하고, 레진결합을 위해서는 50 $\mu$ m Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 입자를 사용해 표면처리를 하는데, 입자가 클수록 삭제가 쉬운 반면 치아에 sensitivity나 연조직에 통증을 줄 수 있다. 속도를 증가시키기 위해서는 공기압을 높이거나 공기량이 많아야 하는데 공기량을 늘리면 너무 많은 입자가 방출되어 공기중에

홀어지므로, 공기압을 높이는 것이 더 효율적일 것이다.

또 표면과 입자가 분사되는 tip간의 거리에 따라서도 삭제의 양상이 달라진다. Tip이 표면과 멀리 떨어질수록 입자는 더 넓은 면적을 삭제하지만, 단위면적당 도달하는 입자의 수가 적어지게 되어 삭제의 깊이는 감소하게 된다. 반대로 tip이 표면과 가까워지면 입자의 stream은 좁아지게 되고 운동에너지는 작은 면적에 집중되어 효과적으로 치질이 삭제될 수 있다.<sup>24)</sup> 본 실험에 사용된 air-abrasion unit의 제조사(ADT)는 치질의 삭제를 위해서 치아와 tip과의 거리를 1-2mm로, 레진결합을 위한 표면처리에는 3-4mm의 거리를 권장하고 있다. 본 실험은 160psi의 공기압에서 입자의 크기는 50 $\mu$ m로, 표면과 tip과의 거리는 3mm로 정하고 air-abrasion을 시행하였다.

Air-abrasion을 수행할 때 공기압에 관하여 Keen와 Parkins<sup>23,43)</sup>는 복합레진과 enamel surface의 가장 강한 결합강도를 나타내는 압력은 160psi라고 하였고 Doty등<sup>44)</sup>은 80psi보다 160psi일 때 resin tag가 더 길다고 보고하였다. Laurell등<sup>22)</sup>은 160psi로 처리시 acid etch와 비슷한 정도의 결합강도를 가진다고 하였고, Nikaido등<sup>45)</sup>은 90psi일 때 acid etching보다 결합력이 약하다고 하였다. Berry와 Ward<sup>35)</sup>는 powder flow rates와 공기의 압력(80psi와 120psi)은 air-abrasion된 법랑질의 결합강도에 영향이 없다고 하였고, 160psi의 압력은 입자가 지나치게 큰 운동에너지를 가지게 되어 rebound되는 입자의 양이 증가하기 때문에 임상적으로 환자와 술자가 불편하고 마취를 필요로 하며 지나친 치질의 삭제가 이루어질 수 있다고 하였다. 그러나 Parkins는 flat surface가 아닌 정상치아에서 고압의 입자는 다양한 방향으로 undercut을 제공할 수 있기 때문에 높은 결합강도로 레진과 접착이 가능하다고 하였다. 또 입자의 크기, 공기의 속도, 노출시간이 치질을 삭제하는데 중요한 변수로 작용하므로 160psi의 압력으로 주의 깊게 air-abrasion을 사용한다면 산부식없이도 치면열구 전색이 가능하다고 하였다. 또 입자의 크기나 종류 및 입자가 분사

되는 nozzle tip의 diameter가 다양하게 시도되고 있는데 복합레진과의 접착을 위해 사용된 경우는 이런 인자들이 결합강도에 크게 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.<sup>36,37,46)</sup>

본 실험에서는 160psi의 공기압으로 치아표면을 처리하였는데 산부식군보다 유의하게 낮은 결합강도를 나타내었다. 법랑질의 주사 전자현미경 관찰에서 살펴보면, air-abrasion으로만 처리한 표면은 rough surface를 나타내었지만 산부식군과 같은 미세한 결합구조를 갖지 않았다. 따라서 레진과 결합하기에 충분한 유지구조를 형성하지 못하여 낮은 결합강도를 나타내었다고 생각된다. Parkins는 연마되지 않은 정상치아를 다양한 방향으로 air-abrasion하면 undercut에 의한 결합을 얻을 수 있다고 하였지만, 50 $\mu$ m의 입자로 undercut을 얻게 되면 지나친 치질의 삭제가 초래되기 쉬우며, 임상적으로 일정한 undercut을 여러 치아에 동일하게 재현하기는 매우 어려울 것으로 사료된다. 다른 연구와 비교해 볼 때 air-abrasion 처리 후의 레진결합강도가 낮게 나타났는데, 이것은 thermocycling이 레진과 치아의 결합부에 피로를 주어 더 적은 힘에서도 파절이 일어난 것으로 생각된다.

법랑질의 주사 전자현미경 소견에서 air-abrasion 처리된 표면은 거칠고, 다양한 크기의 얇은 함몰을 나타내었는데, 이것은 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 입자가 고압으로 다른 방향과 다른 운동에너지를 가지고 치아표면과 충돌하여 생긴 것으로 보인다. 산부식군의 표면과 비교해 볼 때 적은 결합표면적을 가지며, 또 어떤 유지형태도 보이지 않아 산부식군보다 낮은 전단결합강도를 나타내었다고 사료된다. Air-abrasion 후의 산부식표면은 산부식과 Air-abrasion 처리후의 표면형태를 모두 나타내었다. 일정한 법랑소주의 흐름이 관찰되었는데 이것은 분사되는 tip의 주행방향에 의한 것으로 보인다. 산부식군보다 더 길고 불규칙한 법랑소주구조가 관찰되었지만 전단결합강도에서의 유의한 차이는 없었다.

Brockmann등<sup>47)</sup>과 Roeder등<sup>37)</sup>은 치면열구 전색제의 결합강도가 air-abrasion과 산부식을 함

게 병행할 때 가장 크다고 보고하였고 Ploeger 등<sup>46)</sup>은 돌을 병행한 것이 산부식을 단독으로 시행한 것보다 유의하게 큰 결합강도를 가진다고 하였다. 본 실험에서도 Air-abrasion과 산부식을 병행한 군이 가장 큰 결합강도를 보였으나 산부식군과 유의한 차이는 없었다( $p > 0.05$ ). 이 결과는 Berry<sup>35)</sup>와 Roeder<sup>37)</sup>의 결과와 일치하는데 복합레진의 중합수축이 약 7MPa 정도로 알려져 있고, 본 실험이 타액의 오염이 없는 상태에서 정확히 제조회사의 지시에 의해 복합레진이 접착된 것을 고려할 때 air-abrasion만으로는 법랑질과 복합레진 수복시에 산부식의 필요성을 감소시키지 못할 것으로 사료된다.

법랑질이 산부식된 표면의 요철과 레진 tag의 결합에 의해 복합레진과 접착하는 반면 상아질 접착은 더 복합적인 요소를 가진다. Heymann과 Bayne<sup>48)</sup>은 상아질 접착에 있어서 중요한 세가지 요인을 보고하였는데(smear layer : dentinal tubule density, size, and length : dentin sclerosis)라고 하였다. 도말층은 삭제된 잔사들의 혼합물로 알려져 있고 그 구성은 법랑질, 상아질, 백악질, 타액, 혈액과 세균 등인데 이 도말층의 양태는 상아질과 레진 접착제와의 결합에 영향을 준다<sup>49)</sup>. Nakabayashi 등<sup>50)</sup>, Meerbeck 등<sup>51)</sup>은 최근의 상아질 접착제는 도말층을 제거하고 탈회된 콜라겐섬유와 '하이브리드층(hybrid layer)'을 형성하는데 의존한다고 하였다. 본 실험에서 air-abrasion만을 이용해 상아질을 표면처리한 군(D2)에서 다른 군에 비해 낮은 결합강도를 나타내었는데, 이 원인은 두가지로 설명이 가능할 것 같다.

첫째, 주사전자현미경 소견에서 D2군의 표면은 도말층과 유사한 소견을 보이며 Laurell과 Hess<sup>52)</sup>의 주사전자현미경적 관찰과 일치하였는데, Laurell은 상아질을 air-abrasion하였을 때 상아세관이 상아질 표면에서 관찰되지 않았으며 상아세관이 치질의 잔사등으로 폐쇄되어있는 것을 관찰하였다. 또 Los와 Barkmeier<sup>36)</sup>은 최근의 상아질 접착제에 의한 산처리가 이 잔사를 제거하여 상아세관이 개방됨을 관찰하였고, Roeder 등<sup>37)</sup>은 이 층이 기존의 기계적

와동형성 후 생기는 도말층과는 다른 양상을 보이지만 최대의 결합력을 위해서 이 층은 제거되어야 한다고 하였다. 최근의 상아질 결합제가 결합을 위해 도말층을 제거한 후 하이브리드층(hybrid layer)을 형성하는데 의존하는 점에서 볼 때 이 층이 제거되어야 높은 결합력을 얻을 수 있으리라고 사료된다.

둘째, 최근의 상아질 접착제는 친수성의 접착강화제를 함유하여 습윤상아질과의 결합을 이용한다.<sup>53-56)</sup> 이에 관한 많은 연구들이 진행되고 있고 아직 논란이 많지만, 상아질 접착제가 친수성 접착강화제를 함유하여 상아질내의 조직간 그리고 미세공 사이에 존재하는 수분에 침투하여 결합할 수 있고 또한 이들의 용매로 이용되는 아세톤과 에탄올 등이 일련의 화학반응을 거쳐 수분을 상아질 표층으로부터 증발시켜 결합에 기여할 수 있다고 추측되고 있다. 이런 관점에서 보면 air-abrasion의 압축공기는 콜라겐을 지지하고 있는 수분을 제거하여 콜라겐 섬유의 붕괴를 가져오게 하고, 이로 인해 전단결합강도의 저하가 초래되는 것으로 사료된다. 이런 점들로 미루어보아 치아표면을 air-abrasion으로 처리한 뒤에 최근의 상아질 접착제를 사용하면, 상아질과 충분한 결합을 이루기 어려우며 산부식의 필요성을 감소시키지 못하는 것으로 사료된다.

본 실험에서는 치아표면을 처리할 때 일정 간격(3mm)에서 일정한 압력(160psi)과 입자(50 $\mu$ m)를 사용하였다. 각 요인이 치질을 삭제하는 양상에 영향을 주기 때문에 다양한 조합으로 다른 표면처리가 가능하며 또한 술자의 경험도 중요한 요소로 작용할 수 있으므로, 이에 관하여 보다 많은 연구가 필요하리라고 생각된다.

Air-abrasion이 산부식을 대체하지 못한다고 하더라도 다른 많은 부분에 있어서 임상적 사용이 가능하다. 최근에 이 technique이 다시 등장하면서 치면열구의 미세한 우식을 효과적으로 제거하여 치면열구전색제와 레진수복에 도움을 주며, 환자가 기존의 air-turbine hand-piece로 치질을 삭제할 때보다 적은 동통을 호소한다는 보고가 있었다<sup>33,57)</sup>. 또 air-abrasion을

이용한 prophylaxis가 rubber cup에 비해 더 우수한 효과를 나타내며 연조직의 손상이 적다는 보고도 있었다<sup>58)</sup>. 그러나 작은 입자를 공기중에 분사하게 되므로 흡입의 가능성이 있고, 복합레진이 아닌 다른 수복재료를 사용할 때 기존의 삭제기구가 필요하며, 강력한 흡입장치가 요구되는 등의 문제점도 지적되었다. 이를 포함한 다른 응용에 대해서도 보다 많은 임상적인 연구가 필요하리라고 사료된다.

## V. 결 론

저자는 air-abrasion이 기존의 산부식의 필요성을 감소시키는데 대하여 Bovine의 법랑질과 상아질을 산부식균, air-abrasion균, air-abrasion후 산부식균으로 나누고 복합레진을 접착하여 전단결합강도 측정 및 주사 전자현미경 관찰 후 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 법랑질에 대해 air-abrasion후 산부식시킨 군이 가장 높은 전단결합강도를 나타내었으나 산부식균과 유의한 차이는 없었다( $p > 0.05$ ). Air-abrasion만 시행한 군이 가장 낮은 전단결합강도를 나타내었으며, 다른 두 군과는 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ).
2. 상아질에 대해 air-abrasion처리를 한 뒤 산부식시킨 군이 가장 높은 전단결합강도를 나타내었으나 산부식균과 유의한 차이는 없었다( $p > 0.05$ ). Air-abrasion만 시행한 군이 가장 낮은 전단결합강도를 나타내었으며, 다른 두 군과 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ).
3. 주사 전자현미경으로 관찰한 결과 air-abrasion으로 처리한 법랑질과 상아질 표면은 불규칙적이고 거친 표면을 나타내었다.

## 참 고 문 헌

1. Buonocore, G. : Simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surface, J. Dent. Res., 34 : 849-853, 1955.

2. Bowen, R.L. : Adhesive bonding of various materials to hard tissues : Bonding to dentin promoted by a surface active comonomer, J. Amer. Dent. Assoc., 74 : 439-445, 1967.
3. Silverstone, L.M. : Fissure sealants. Laboratory studies. Caries Res., 8 : 2-26, 1974.
4. Silverstone, L.M., Saxton, C.A. and Logon, I.L. and Fejerskov, O. : Variation in the pattern of acid etching of human dental enamel examined by scanning electron microscopy. Caries Res., 9 : 373-387, 1975.
5. Nelson, S.R., Till, M.J. and Hinding, J.H. : Comparison of materials and methods used in acid etch restorative procedures. J. Am. Dent. Assoc., 89 : 1123-1127, 1974.
6. Rock, W.P. : The effect of etching of human enamel upon bond strength with fissure sealant resins. Arch Oral Biol., 19 : 873-977, 1974.
7. 민병덕 : 법랑질의 산탈회에 관한 실험적 연구. 대한치과 보존학회지, 6 : 37-47, 1980.
8. 김혜숙 : 우식예방을 위한 레진 충전물의 주사 전자현미경적 연구. 대한소아치과학회지, 11 : 57-74, 1984.
9. Smutka, S., Jedrychowski, J. and Caputo, A. : An evaluation of primary enamel pretreatments and their effects on resin retention. J. Dent. Res., 57 : 796-799, 1978.
10. Redford, D.A., Clarkson, B.H. and Jensen, M. : The effect of different etching times on the sealant bond strength, etch depth, and patterns in primary teeth. Pediatr. Dent., 8 : 11-15, 1986.
11. Simonsen, R.J. : Fissure sealants in primary molars : retention of colored sealants with variable etch times at twelve months, J. Dent. Child., 46 : 382-384, 1979.
12. Standford, J.W., Sabri, Z. and Jose, S. : A

- comparison of the effectiveness of dentin bonding agent, *Int. Dent. J.*, 35 : 139, 1985.
13. Bowen, R.L., Eick, J.D., Henderson, D.A. and Anderson, D.W. : Smear layer : Removal and bonding considerations, *Oper. Dent. Supplement*, 3 : 30–34, 1984.
  14. Mowery, A.S., Parker, M. and Davies, E.S. : Dentin bonding : The effect of surface roughness on shear bond strength, *Oper. Dent.*, 12 : 91–94, 1987.
  15. Manabe, A. and Finger, W.J. : Dentin surface roughness vs. bond strength of dentin adhesive, *IADR-CED Abstract.*, 1988.
  16. Swift, E.J. : New adhesive resins. A status report for the American Journal of Dentistry., *Am. J. Dent.*, 2 : 358–360, 1989.
  17. Derdigao, J., Swift, E.J., Denehy, G.E., Wefel, J.S. and Donly, K.J. : In vitro Bond strengths and SEM evaluation of dentin bonding systems to different dentin substrates, *J. Dent. Res.*, 73(1) : 44–45, 1994.
  18. Triolo, D.T. and Swift, E.J. : Shear bond strengths of composite to dentin using six dental adhesive systems, *Oper. Dent.*, 20 : 46–50, 1995.
  19. Erickson, R.L. : Mechanism and clinical implication of band formation for two dentin bonding agents, *Am. J. Dent.*, 2 : 117–123, 1989.
  20. Stanley, H.R. : Pulpal considerations of adhesive materials, *J. Dent. Res.*, (Supple 5) : 151–164, 1992.
  21. Cox, C.F. : Effects of adhesive resins and various dental cements on the pulp, *J. Dent. Res.*, (Supple 5) : 165–176, 1992.
  22. Laurell, K.A., Lord, W. and Beck, M. : Kinetic cavity preparation effects on bonding to enamel and dentin, *J. Dent. Res.*, 72 : 283, 1993.
  23. Keen, D.S. and Parkins, F.M. : Air-abrasive 'etching' bond strengths, *J. Dent. Res.*, 73 : 131 (Abstract 238), 1994.
  24. Black, R.B. : Technique for nonmechanical preparation of cavities and prophylaxis, *JADA*, 32 : 955–965, 1945.
  25. Black, R.B. : Application and reevaluation of air abrasive technique, *JADA*, 50 : 408–414, 1955.
  26. Morrison, A.H. and Berman, L. : Evaluation of the Airdent unit : Preliminary report, *JADA*, 46(3) : 298–303, 1953.
  27. Epstein, S. : Analysis of airbrasive procedures in dental practice, *JADA*, 43(5) : 578–82, 1951.
  28. Mann, W.R. : The Airdent unit and the airbrasive technic, *J. Mich. State Dent. Soc.*, 32(2) : 23–8, 1950.
  29. Taylor, A.R. : The Airdent and I, *J. NJ. State Dent. Soc.*, 23(5) : 13–4, 1952.
  30. Myers, G.E. : The airbrasive technique : A report, *Br. Dent. J.*, 97(11) : 291–5, 1954.
  31. Kerr, D.A., Ramfjord, S. and Ramfjord, G. M. : Effect of inhalation of airbrasive powder, *J. Dent. Res.*, 33(5) : 666 (Abstract 58), 1954.
  32. Clinical Research Associates : Subject : Oral prophylaxis prophy-jet, *Clinical Research Associates News-letter*, 5 : 1, 1981.
  33. Ronald, E.G. : Using air-abrasive technology to diagnosis and restore pit and fissure caries, *JADA*, vol. 126, June 1995.
  34. Katora, M.E., Jubach, T. and Polimus, M. M. : Abrasive etching of the enamel surface, *Quint. Int.*, 12(9) : 967–8, 1981.
  35. Berry, E.A. and Ward, M. : Bond strength of resin composite to air-abraded enamel, *Quint. Int.*, No.8 Vol.26. 1995.
  36. Los, S.A. and Barkmeier, W.W. : Effect of dentin air abrasion with aluminum oxide and hydroxyapatite on adhesive bond strength, *Oper. Dent.*, 19 : 169–175, 1994.
  37. Roeder, L., Berry, E.A. and Powers, J.M. : Bond strength of composite to air-abra-

- ded enamel and dentin, *Oper. Dent.*, 20 : 186-190, 1995.
38. Berry, E.A. and Powers, J.M. : Bonding of hybrid ionomers to air-abraded enamel and dentin, *J. Dent. Res.*, 73 : 183, 1994.
  39. Berry, E.A. and Rainey, J.T. : Bond strength of hybrid ionomer to enamel treated by KCP-2000, *Transactions of Section International Congress of Dental Materials*, 302, 1993.
  40. Silverstone, L.M. : The acid etch technique : in vitro studies with special reference to the enamel surface and the enamel-resin interface, *The Acid Etch Technique*, North Central Publishing, 1975.
  41. Gwinnett, A.J. and Matsui, A. : A study of enamel adhesives. The physical relationship between enamel and adhesives, *Arch. Oral Biol.*, 12 : 1615-1620, 1967.
  42. Retief, D.H. : Effect of conditioning the enamel surface with phosphoric acid, *J. Dent. Res.*, 52 : 333-341, 1973.
  43. Parkins, F.M. : Bond strength of resin composite to air-abraded enamel, *Quint. Int.*, vol.27 No.3, 1996.
  44. Doty, W.D., Pettey, D., Holder, R. and Phillips, S. : KCP 2000 enamel etching abilities tested, *J. Dent. Res.*, 73 : 411(Abstract 2474), 1994.
  45. Nikaido, T., Kataumi, M., Burrow, M.F., Inokoshi, S., Yamada, T. and Takatsu, T. : Bond strengths of a bonding resin to air-abraded enamel and dentin, *J. Dent. Res.*, 74 : 32(Abstract 161), 1995.
  46. Ploeger, B.J., Hollis, R.A. and Hein, D.K. : Enamel bond strengths produced by four different air abrasive units, *Clinical Research Associates*, provo, VT, 84604, USA.
  47. Brockmann, S., Scott, R. and Eick, J. : The effect of an air-polishing device on tensile bond strength of a dental sealant, *Quint. Int.*, 20 : 211-216, 1989.
  48. Heymann, H.O. and Bayne, S.C. : Current concepts in dentin bonding : focusing on dentinal adhesion factors, *JADA*, 124 : 26-36, 1993.
  49. Tao, L., Pashley, D.H. and Boyd, L. : Effect of different types of smear layers on dentin and enamel bond strengths. *Dent. Mat.*, 4 : 208-216, 1988.
  50. Nakabayashi, H., Nakamura, M. and Yasuda, N. : Hybrid layer as a dentin-bonding mechanism, *J. Esthet. Dent.*, 3 : 133-138, 1991.
  51. Meerbeek, B., Inokoshi, S., Braem, M., Lambrechts, P. and Vanherle, G. : Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems, *J. Dent. Res.*, 71 : 1530-1540, 1992.
  52. Laurell, K.A. and Hess, J.A. : Scanning electron microscopic effects of air-abrasion cavity preparation on human enamel and dentin., *Quin. Int.*, vol.26 No.2, 1995.
  53. Gwinnett, A.J. : Moist versus dry dentin : Its effect on shear bond strength, *Am. J. Dent.*, 7 : 144-148, 1994.
  54. Gwinnett, A.J. : Dentin bond strength after air drying and rewetting, *Am. J. Dent.*, 7 : 144-148, 1994.
  55. Swift, E. and Triolo, P.T. : Bond strength of Scotchbond Multipurpose to moist dentin and enamel. *Am. J. Dent.*, 5 : 318-320, 1992.
  56. 이광원, 이명종 : 산표면처리 후 상아질 표면의 습윤이 하이브리드층 형성에 관한 전자현미경적 연구, *J. Dent. college Seoul National University*, vol.19 No.1, 1995.
  57. Goldstein, R.E. and Parkins, F.M. : Air-abrasive Technology, *JADA*, vol.125 : 551-557, May 1994.
  58. Horning, G. : Clinical use of a air-powder abrasive, *Compend. Contin. Educ. dent.*, 8 : 652-660, 1987.

## Explanation of Figures

- Fig. 1 Acid etched enamel surface( $\times 600$ )
- Fig. 2 Acid etched enamel surface( $\times 1200$ )
- Fig. 3 Air-abraded enamel surface( $\times 600$ )
- Fig. 4 Air-abraded enamel surface( $\times 1200$ )
- Fig. 5 Acid etched enamel surface following air-abraded( $\times 600$ )
- Fig. 6 Acid etched enamel surface following air-abraded( $\times 1200$ )
- Fig. 7 Acid etched dentin surface( $\times 300$ )
- Fig. 8 Acid etched dentin surface( $\times 600$ )
- Fig. 9 Air-abraded dentin surface( $\times 300$ )
- Fig. 10 Air-abraded dentin surface( $\times 600$ )
- Fig. 11 Acid etched dentin surface following air-abraded( $\times 300$ )
- Fig. 12 Acid etched dentin surface following air-abraded( $\times 600$ )

논문사진부도 I

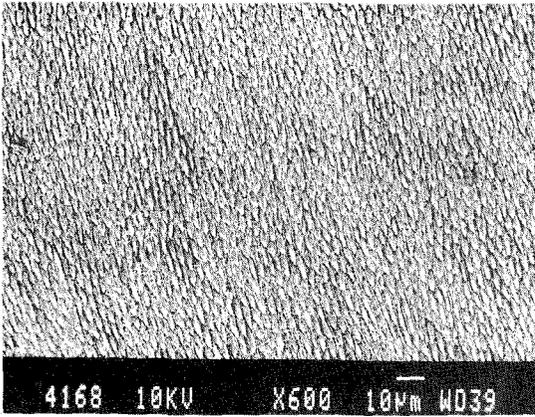


Fig. 1

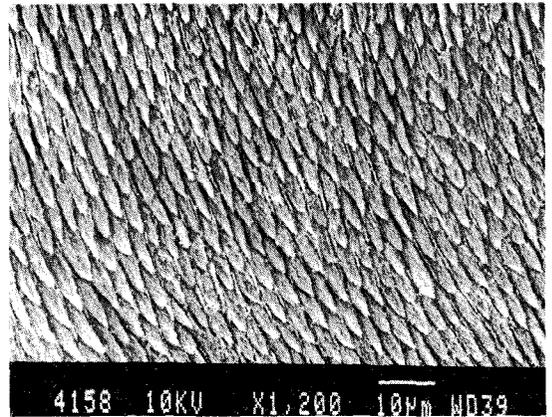


Fig. 2

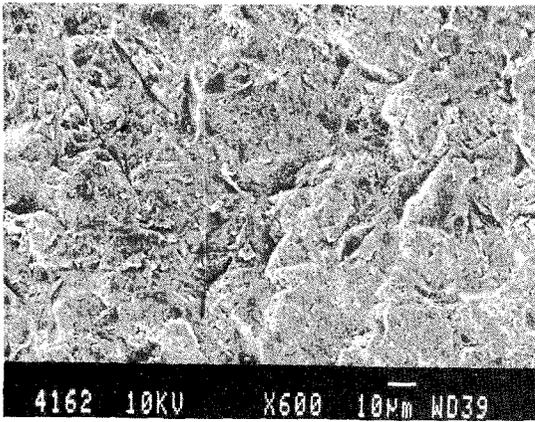


Fig. 3

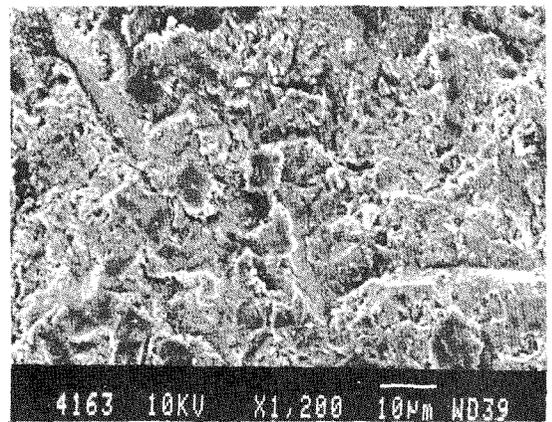


Fig. 4

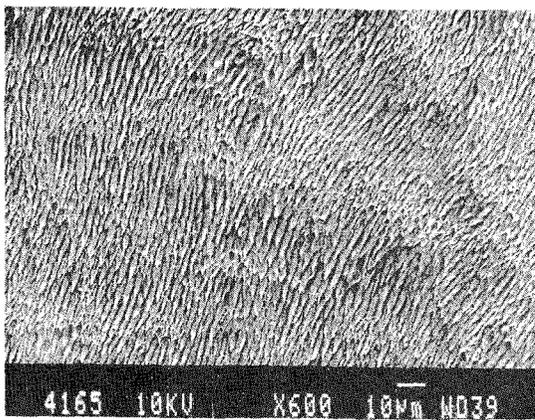


Fig. 5

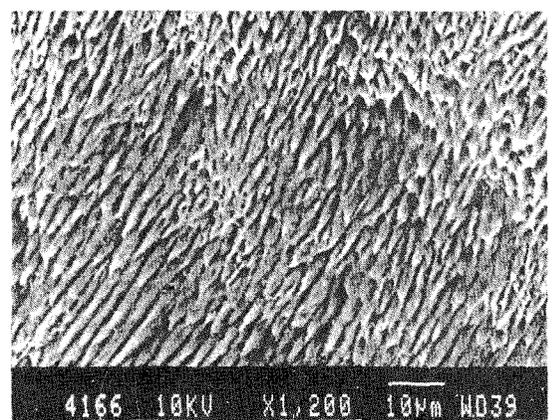


Fig. 6

논문사진부도 II

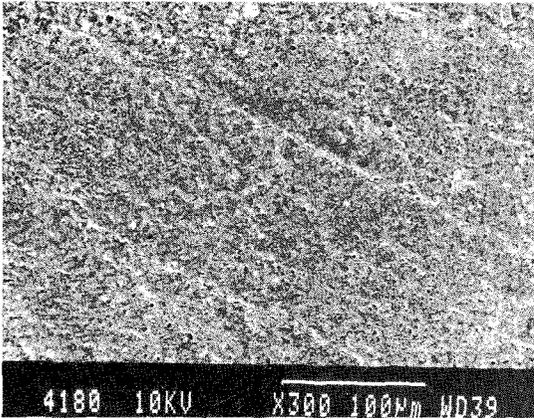


Fig. 7

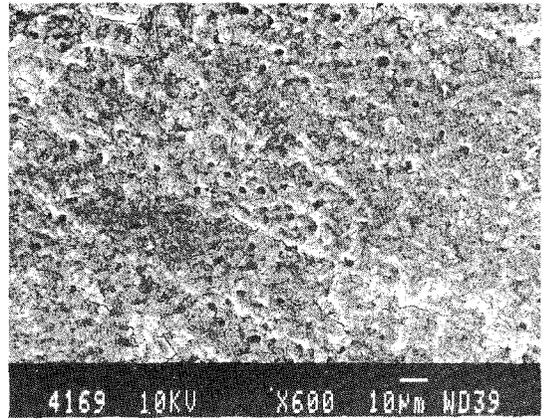


Fig. 8

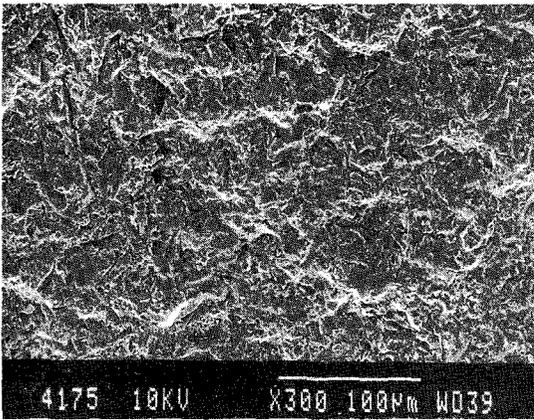


Fig. 9

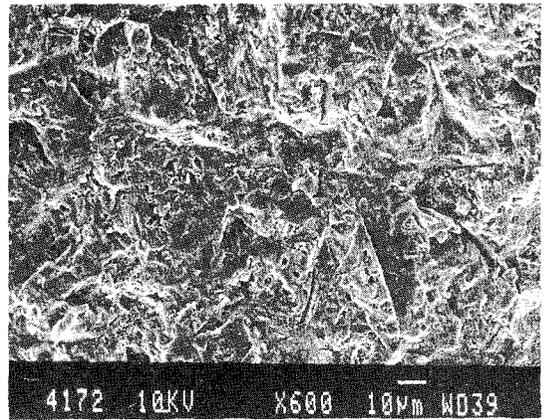


Fig. 10

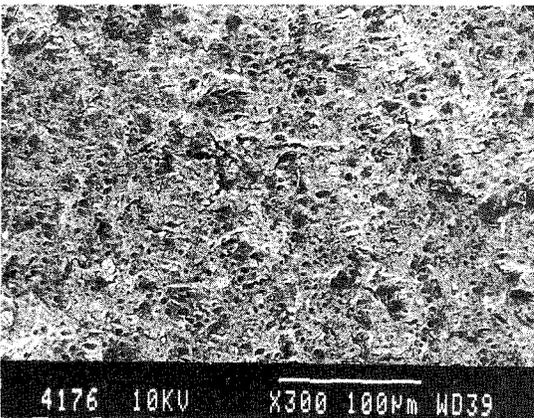


Fig. 11

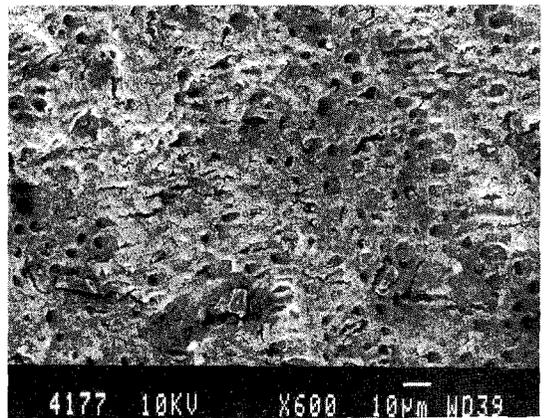


Fig. 12