

## 표면 처리방법에 따른 복합레진의 미세누출에 관한 실험적 연구

서울대학교 치과대학 소아치과학교실 · 치학연구소

이창우 · 김정욱 · 이상훈

### Abstract

#### A STUDY ON MICROLEAKAGE OF COMPOSITE RESIN AFTER SURFACE TREATMENT

Chang-Woo Lee, D.D.S., Jung-Wook Kim, D.D.S., M.S.D.,  
Sang-Hoon Lee, D.D.S., M.S.D., Ph.D

*Department of Pediatric Dentistry, Dental Research Institution,  
College of Dentistry, Seoul National University*

Adhesion of composite resin to tooth structure has been of tremendous significance in clinical dentistry. Due to the lack of adhesion between composite restorative resins and enamel and dentin, microleakage occurs at the tooth/restoration interface. This may lead to discoloration, secondary caries, marginal breakdown, postoperative sensitivity, and even pulpal pathology. According to extensive use of composite resin, every effort on improving bonding strength and reducing microleakage between a tooth and composite resin has been continued. This study was conducted to determine the difference in microleakage in enamel and dentin treated with air-abrasion, acid etching and combination when restored with composite resin.

Class V cavities were prepared on 30 premolars. The specimens were divided into following groups.

group 1: air-abrasion+Scotchbond Multi-purpose  
group 2: acid etching+Scotchbond Multi-purpose  
group 3: combination+Scotchbond Multi-purpose

group 4: air-abrasion+ All-Bond 2  
group 5: acid etching + All-Bond 2  
group 6: combination + All-Bond 2

\* 이 논문은 1997년도 서울대학교병원 지정진료연구비 지원에 의해 이루어진 것임.

#combination:air-abrasion + acid etching

The specimens were filled with Z-100 after application of Scotchbond Multi-purpose and All-Bond 2. Thermocycling was conducted by alternately dipping the specimens in 5°C and 55°C water for 30 seconds 500 times. 1% methylene blue was applied and the specimens were left for 24 hours at 37°C. After washing out the dye, the tooth was sectioned buccolingually along the axis. The sectioned surface was observed with stereoscope for dye penetration.

The author has measured the microleakage in teeth prepared with air-abrasion, acid etching and combination to study the difference in microleakage following different methods of tooth surface treatment and has come to following results.

1. In comparing microleakage between groups, group 1 and 4 showed statistically significant difference from group 2, 3, 5 and 6( $p < 0.05$ ). There was no significant difference among group 2, 3, 5, 6( $p > 0.05$ ) nor between group 1 and 4( $p > 0.05$ ).
2. In comparing microleakage among tooth surface treatment methods, Air-abrasion group showed significantly more microleakage than acid etching group and combination (air-abrasion + acid etching) group( $p < 0.05$ ). Combination (acid etching + air-abrasion) group tended to show lesser microleakage than acid etching group, but this was not statistically significant( $p > 0.05$ ).
3. In comparing microleakage between bonding agents, there was no statistically significant difference between Scotchbond Multi-purpose and All-Bond 2( $p > 0.05$ ).

Key words: Microleakage, acid etching, Air-abrasion, composite resin, Bonding agent

## I. 서 론

치의학이 발전함에 따라 치과용 충전재로서 복합레진에 관한 많은 연구 보고가 있으며, 치질과의 결합력을 증가시키기 위한 많은 연구가 진행되어 왔다. 복합레진은 우수한 심미성<sup>12)</sup>을 가지고 있다. 그러나, 복합레진은 중합시의 수축과 온도변화에 따른 체적 변화<sup>3)</sup>가 문제점으로 이에 의해 치질과의 미세한 변연 누출을 야기할 수 있다. 발생한 치질과의 변연 누출을 통해 구강내 타액이나 미생물이 외동내로 침투하게 되고 이러한 결과로 수복재의 용해 및 파괴, 수복 후의 과민 반응, 변연부 변색과 이차우식증을 유발하여 치질 및 수복재의 수명을 단축시키며 나아가 치수의 병변까지 야기한다<sup>4-8)</sup>.

Buonocore<sup>9)</sup>와 Bowen<sup>10)</sup>에 의한 산부식법은 법랑질과 복합레진간의 접착을 현저히 향상시켜서 변연 누출은 크게 억제되었다. 그러나 상아질에 대한 복합레진의 접착은 법랑질보다 어려운데 이는 상아질내의 구성성분, 도말층, 상아세관내의 수액 이동, 수복재료의 경화수축정도, 산부식 여부 등의 여러 가지 요인에 기인한다<sup>11-14)</sup>.

상아질은 법랑질에 비해 유기물 함량이 많고, 표면 에너지도 낮고, 상아세관을 통해 dentinal fluid가 스며나오고, 삭제시 smear layer가 생성되어 법랑질에서와 같은 충분한 강도의 결합을 얻을 수 없다. 상아질층에서 외동형성시 생기는 smear layer의 존재는 치수-상아 복합체 사이에서 자연적인 barrier로 작용하며 더 나아가 레진과의 접착시 바람직한 기질로 작용한다는 주장<sup>15-17)</sup>도 있었으나 최

근의 상아질 접착제들은 법랑질에서와 동일하게 상아질에서도 산부식을 이용하여 smear layer를 제거하는데 이들의 경우 산표면 처리제는 일정 깊이까지 상아질을 탈회시켜 콜라겐 섬유층을 노출시키며, 여기에 친수성 단량체로 구성된 접착 강화제(primer)가 침투되어, 접착레진의 침투가 용이하게 콜라겐 섬유들의 배열을 변화시키게 된다. 결과적으로, 콜라겐 섬유와 접착레진 사이에 미세기계적 결합이 이루어지게 되고 hybrid layer가 형성되게 된다. Nakabayashi<sup>16)</sup>는 단순히 상아세관 내부로 형성된 레진 tag에 의해서는 최대 5.8 MPa 이상의 물리적 결합강도를 가질 수 없다고 하였으며 그 이상의 결합강도를 나타내기 위해서는 관간 상아질내의 유기물이나 무기물과의 화학적, 물리적 결합의 산물인 hybrid layer의 역할을 강조하고 있다.

상아질에 대한 산부식이 치수에 유해하다는 보고<sup>19,20)</sup>가 있었으나 현재는 수복물의 변연 누출과 상아세관의 개방으로 인한 세균의 침입 등이 치수에 유해<sup>21,22)</sup>하며 산부식 자체는 치수에 유해하지 않다는 보고<sup>23,24)</sup>가 지배적이고 최근 대부분의 복합레진들은 상아질에서 법랑질과 동일하게 산 표면을 처리제를 사용한다.

최근에는 복합레진과 치질과의 접착을 향상시키기 위해 이러한 산부식과는 달리 기계적인 처리를 함으로써 접착을 향상시키고자하는 시도가 활발히 이루어지고 있는데 대표적인 것이 Air-abrasion이다. Air-abrasion은 저속의 belt-driven handpieces가 사용되던 1940년대 Robert Black<sup>25,26)</sup>에 의해 개발되어 와동을 형성하는데 사용되었다. Abrasive powder를 분사하여 치질을 삭제함으로써 열, 진동, 골을 통한 소음 등을 줄일 수 있다는 장점 때문에 짧은 기간 각광을 받았지만<sup>27-31)</sup>, 그 당시의 수복재는 아말감, 금 등이었기 때문에 Air-abrasion이 널리 사용되지 못하였다. 또 air-abrasion의 분사된 입자가 공기중으로 흩어져 인체내로의 흡입가능성이 제기되었고<sup>32)</sup>, 입자의 흐름을 조절하지 못하여 진료실 내에 입자가 많이 흩어지는 문제점이 제기되었고, 1950년대 후반 air-turbine handpieces가 개발됨으로써 그 사용이 점차로 감소되어 prophylaxis 목적<sup>33)</sup>으로만 남게 되었다. 그러나 Air-abrasion은 복합레진이 널리 사용되어 최소한의 치질삭제에 의해서

도 수복이 가능하고, 와동형성의 형태가 바뀌면서 다시 주목받기 시작하였다.

최근에 air-abrasion 처리된 치아와 복합레진간의 결합강도에 대한 연구결과가 논란이 많고 미세누출에 관한 연구가 미비하여, 저자는 air-abrasion으로 법랑질과 상아질을 기계적으로 처리하고 복합레진을 충전함으로써 기존의 산부식 처리에 의한 방법과의 미세누출차이를 알아보려고 본 연구를 시도하였다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

성별에 관계없이 우식증과 충전물이 없고 파절이나 손상이 없는 30개의 상, 하악 소구치를 선택하여 표면에 부착된 연조직과 치석을 제거하고 실온의 생리식염수에 보관한 후 실험 치아로 사용하였다.

상아질 접착제는 Scotchbond Multi-purpose(3M, USA)와 All-Bond 2(Bisco, USA)를 사용하였고 수복용 복합레진으로는 Z-100(3M, USA)을 사용하였다. Air-abrasion을 위한 unit는 KCP 2001J (American Dental Technologies, U.S.A.)이 사용되었다.

### 2. 실험방법

고속엔진용 No. 701 bur를 이용하여 class V 와동을 소구치의 협,설측에 형성한 후, low speed No. 272 bur를 이용하여 와동 내면을 평활하게 하였다. 와동의 크기는 교합면-치은 폭이 3mm, 근원심폭이 3mm, 깊이는 2mm로 형성하였다.

시편을 아래의 6개군으로 나누어 표면처리한 후

Table 1. Experimental group

Group	Surface tx.	Bonding agent
group 1:air-abrasion		(Scotchbond Multi-purpose)
group 2:acid etching		(Scotchbond Multi-purpose)
group 3:combination		(Scotchbond Multi-purpose)
group 4:air-abrasion		(All-Bond 2)
group 5:acid etching		(All-Bond 2)
group 6:combination		(All-Bond 2)

#combination:air-abrasion + acid etching

제조자의 지시에 따라 복합레진을 접착하였다.

Air-abrasion 처리는 50 $\mu$ m의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 입자를 160 psi의 압력으로 분사하였는데, 분사방향은 표면과 수직을 이루도록 하였다. 시편에 대해 4mm 정도의 거리에서 5~6초 정도 분사하였다.

충전과 중합이 완료된 후 Sof-Lex disc(3M, USA)를 이용하여 최종 연마하였다. 중합 수 주 후에 복합레진의 수화팽창(Hygroscopic expansion)이 있다고 보고된 바 있어, 완료된 시편을 실온의 생리식염수에서 7일간 보관하였다.

이후 5°C와 55°C의 물속에서 번갈아 30초씩 총 500회의 온도변화를 주며 Thermocycling을 실시하고 수복와동 변연 1mm를 제외한 전 표면에 Nail varnish를 2회 도포하고 1% methylene blue 용액에 침윤시켜서 100% 습도가 유지된 37°C 항온기에 24시간 보관하였다.

각 치아들을 꺼내어 흐르는 물로 깨끗이 세척하고 투명한 레진 블록에 매몰하였다. 조직시편절단기(Exakt, 盟和, Japan)를 사용하여 협,설측으로 치아 장축에 평행하게 절단한 후 Stereomicroscope(Olympus, Sz-PT, Japan)를 사용하여 색소침투도를 관찰하였다.

와동과 충전물사이의 색소침투 판정기준은 다음과 같다.

- 0: 색소침투가 전혀 없는 경우
- 1: 색소가 와동벽을 따라 와동 깊이의 1/3까지 침투한 경우
- 2: 색소가 와동벽을 따라 와동 깊이의 1/3에서 2/3까지 침투한 경우
- 3: 색소가 와동벽을 따라 와동 깊이의 2/3이상 부

위까지 침투한 경우-측벽에는 미치지 않은 색소침투

4: 측벽까지의 색소침투

와동과 충전물사이의 색소침투도 판정시 교합면에 가까운 와동벽과 치경부에 가까운 와동벽 둘 중에서 미세누출이 더 심한 쪽을 판정 기준으로 삼았다.

Ⅲ. 실험 성적

평균미세누출은 치아 표면을 혼합처리(air-abrasion+acid etching)한 후 All-Bond 2를 적용한 6군이 1.8로 가장 낮았고, air-abrasion만 시행한 후 Scotchbond Multi-Purpose를 적용한 1군이 3.5로 가장 높았다(Table 2).

실험군간의 미세누출 비교에서 Air-abrasion만 시행한 군인 1군과 4군은 2, 3, 5, 6군에 비해 미세누출이 컸으며 통계학적으로 유의성있는 차이를 보였다(p<0.05). 그러나, 1군과 4군 사이에는 통계학적으로 유의한 미세누출의 차이가 없었고(p>0.05), 2, 3, 5, 6군 사이에서도 통계학적으로 유의한 미세누출의 차이가 없었다(p>0.05)(Table 3).

표면처리방법간의 미세누출 비교에서 air-abrasion군은 acid etching군이나 combination(air-abrasion+acid etching)군에 비해서 미세누출이 컸으며 통계학적으로 유의한 미세누출의 차이를 보였다(p<0.05). Combination(air-abrasion+acid etching)군이 acid etching군보다는 미세누출이 적었지만 통계학적으로 유의한 미세누출의 차이가 없었다(p>0.05)(Table 4).

Bonding agent간의 미세누출 비교에서 Scotch-

Table 2. Leakage Score

		Group	Microleakage Degree					Mean leakage	Sample size
			0	1	2	3	4		
Scotchbond	Air-abrasion	Group 1	0	0	1	3	6	3.5	10
	Multi-Purpose	Acid etching	Group 2	0	3	1	5	1	2.3
		Combination	Group 3	0	3	5	0	2	2.1
	Air-abrasion	Group 4	0	1	1	1	7	3.4	10
All Bond 2	Acid etching	Group 5	0	1	4	4	1	2.5	10
	Combination	Group 6	0	6	2	0	2	1.8	10

#combination: air-abrasion+acid etching

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

	group 1	group 2	group 3	group 4	group 5	group 6
group 1		0,0163*	0,0078*	0,8584	0,0135*	0,0054*
group 2			0,3514	0,0259*	0,9681	0,2291
group 3				0,0196*	0,2636	0,6340
group 4					0,0290*	0,0117*
group 5						0,1378

\*:p< 0,05

Table 4. Comparison between methods, p value (Mann-Whitney U-Wilcoxon Rank Sum W Test)

	acid etching	air-abrasion	combination
acid etching		0,009*	0,0946
air-abrasion			0,0003*

#combination:air-abrasion + acid etching

\*:p< 0,05

Table 5. Comparison between materials, p value (Mann-Whitney U-Wilcoxon Rank Sum W Test)

Mean Rank	Cases			
30,98	30 Material =1,00(Scotchbond Multi-Purpose)			
30,02	30 Material =2,00(All-Bond 2)			
60 Total				
		Corrected for ties		
U	W	Z	2-Tailed P	
435,5	929,5	-,2212	,8249	

bond Multi-Purpose군과 All-Bond 2군사이에는 통계학적으로 유의한 미세누출의 차이가 없었다 (p>0,05)(Table 5).

#### IV. 총괄 및 고안

치아와 복합레진 계면사이에서 발생하는 미세누출에 영향을 미치는 여러 가지 요소들이 존재하는데 여기에는 복합레진의 중합 수축, 복합레진의 수화팽창, 온도변화, 교합력, 도말층의 존재 유무 등이 있다.

미세누출에 중요한 요소는 수복물과 치아사이의 열팽창계수의 차이인데 복합레진의 경우 치아에 비해서 열팽창계수가 약간 높지만 훌륭한 열차단재료이다. 이러한 성질 때문에 열팽창에 의한 체적변화가 예상한 것만큼 크지는 않다. Retief와

Mandras 등<sup>34)</sup>은 thermocycling time이 250회에서의 미세누출이나 1000회 시행한 경우의 미세누출에 있어 유의한 차이가 없었다고 보고하였다. Kristi, J. 와 Stanley, L. 등<sup>35)</sup>은 열차단성이 좋은 복합레진에서는 임상적으로 연관성이 있는 10초 이하의 dwell time에서는 thermocycling이 미세누출에 영향을 거의 주지는 못하지만 dwell time이 15초 정도 이상인 경우는 thermocycling을 시행한 표본의 경우에 모든 수복물에서 미세누출의 범위나 양이 dwell time 증가에 비례하는데 이는 dwell time이 증가되는 경우 충전물의 열차단성이 상실되기 때문이라고 하였고, Thermocycling time이나 dwell time은 충전물의 열전도성이 높은 경우(amalgam, gold etc.) 임상적으로 중요하다고 하였다. Wendt 등<sup>36)</sup>에 의하면 dwell time 이 15초 이상이면 60초나 120초 일때와 미세누출에 있어서 통계적으로 유의성있는 차이가 없다고 보고하였다. 본 연구에서는 색소침

투를 위해 와동내에 충전재를 수복한 후 5°C와 55°C 수조에서 30초씩 500회의 thermocycling을 시행하였다.

Davidson<sup>37)</sup>은 미세누출에 영향을 주는 다른 요소는 복합레진의 중합 수축인데, 이러한 중합 수축에 의해서 치아와 수복물 계면에 응력을 가하게 되어 결국은 치아와 수복물사이의 결합이 파괴되어 틈이 형성된다고 하였다. Hegdahl와 Gjerdet<sup>38)</sup>은 이러한 중합 수축은 화학 중합형 복합레진의 경우 경화 시작 후 15분 이내에 대개 발생한다고 보고하였고, Hansen와 Asmussen<sup>39)</sup>은 물론 수화 팽창이 어느 정도는 중합 수축을 보상하지만 치아와 수복물 사이의 미세한 틈을 완전히 없앨 수는 없다고 하였다.

미세누출에 교합력이 영향을 미칠 수 있다는 주장도 있었으나 여기에 관한 연구는 미약하다. Munksgaard와 Irie<sup>40)</sup>는 상아질에 형성된 5급 와동 충전물에 미치는 load-cycling의 효과를 실험하였으나 load-cycling이 변연 미세누출에 부가적인 영향을 미치지 않는다고 하였고, Stewart<sup>41)</sup>은 법랑질에 형성된 5급 와동 충전물에 미치는 load-cycling의 효과를 실험하였는데 수복물의 변연 적합도에 있어서 통계적으로 유의한 차이를 발견하지 못하였다.

복합레진의 결합강도와 미세누출과의 연관성에 대해서 Holtan<sup>42)</sup>은 현재의 상아질 접착제에서 결합강도와 미세누출이 반드시 유의적 연관성이 있는 것은 아니라고 하였고, Kanca<sup>43)</sup>는 결합강도의 증가가 생각보다는 미세 변연 누출의 감소를 가져오지 않으며 이는 중합수축과 탈회 상아질로의 불완전한 레진 침투 때문에 상아질에 대한 접착이 균일하게 이루어지지 못해서라고 하였다. 그러나, Tsai, Finger와 Ohsawa 등<sup>44,45)</sup>은 인장강도와 미세누출사이에는 역비례 관계가 성립한다고 하였다. 즉, 결합력이 높을수록 미세누출이 감소한다고 보고하였다.

결합력 증대를 위하여 도말층 제거에 대한 많은 논란이 있는데 하나는 도말층이 수복물과 치질과의 미세간격을 밀봉하여 줌으로써 자연적인 보호층 역할을 할 수 있으며 레진 접착에 도움을 준다는 주장으로서 도말층의 제거에 대한 주요한 걱정은 이러한 도말층을 제거하면 노출된 상아세관을

통해 미생물들이 침입할 수도 있다는 것이었다. 또 다른 주장은 도말층은 정상 상아질의 조성이나 구조와는 다른 오염층으로, 낮은 표면 에너지를 갖고 실제 상아질과의 상호 작용을 방해함으로써 레진의 접착을 방해한다는 주장이다. 도말층은 초기에는 상아질에 단단히 부착되어 있는 변성된 부스러기들의 피막이다. 도말층이 존재시 상아질의 투과성은 감소되는 것으로 나타나는 반면, 장기간 동안의 보전은 의문스럽다. Brannstrom과 Nyborg<sup>46)</sup>은 수복체가 충전된 후 수주일이 지나면 도말층이 약해지고 구강내액과 미생물들이 침투하게 된다고 보고하였고, Pashley<sup>47)</sup>는 도말층이 존재시 제거되는 경우에 비해 미세누출이 더 많다고 보고하였다. 최근에 개발되고 있는 상아질 접착제의 다수는 도말층 제거를 기본으로 하는데, 본 실험에서 사용된 Scotchbond Multi-Purpose와 All-Bond 2는 도말층 제거 방식이다. 이러한 상아질 접착제들은 산 표면처리 후 탈회된 상아질 표면의 노출된 콜라겐 섬유에 대한 레진의 미세기계적 결합을 기본<sup>48)</sup>으로 한다. Scotchbond Multi-Purpose와 All-Bond 2는 친수성 접착 강화제를 포함하고 있어 상아질 내의 미세 공간에 존재하는 수분에 침투하여 결합할 수 있다. 용매인 아세톤과 에탄올 등은 물과 혼합되었을 때 물을 바깥쪽으로 분산시키며 그 자리에 남은 레진 혼합물이 접착에 기여한다. 아세톤이나 에탄올 등이 수분과 상호 작용하는 다른 기전은 이들이 물과 결합한 후 함께 증발되어 레진 성분만이 표면에 남게 되어 결합에 기여할 수 있다는 것이다<sup>49)</sup>.

산처리하는 법랑질이나 상아질에서 치질을 탈회시켜서 표면에 기계적 유지형태를 얻는데, 최근에는 이와는 달리 입자의 운동에너지를 이용해 치아표면에 미세한 공간을 형성해 유지형태를 얻는 air-abrasion에 대해 많은 연구가 이루어지고 있다. 이 술식은 아주 작은 alpha alumina 입자를 농축된 공기에 의해서 handpiece의 nozzle을 통해 분사시켜 우식부위를 제거하거나 치아 표면처리를 하는 것인데, air-abrasion의 물리화학적 근거는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E = 1/2 mv^2$$

(E: 운동에너지, m: 질량, v: 속도)

여기서  $m$ 은 입자의 질량을 나타내는데 입자가 클수록 에너지도 증가되어 삭제가 쉬운 반면에 치아에 분사된 후 되튀어서 연조직에 통증을 줄 수도 있다. 치아의 cutting과 modification에 적용되는 에너지는 속도의 제곱에 비례하므로 에너지의 효율성에 가장 영향을 주는 요소는 속도인  $v$ 인데 이는 공기압과 사용되는 공기량의 조합에 의해 산출되어진다. 공기량을 늘리면 너무 많은 입자가 방출되어 진료실내 잔류가 문제가 될 수 있으므로 공기압을 높이는 것이 더 효율적이다.

본 실험에서 와동 형성은 고속 엔진용 bur와 저속 엔진용 bur를 이용해서 class V 와동을 형성한 후 air-abrasion으로 표면처리하였다. Air-abrasion은 nozzle tip이 삭제부위에 접촉하지 않은 상태로 삭제가 되도록 고안되어 있어 nozzle과 치아와의 직접적인 접촉이 없다. 따라서 축삭에 의한 guide를 할 수 없고 시각에만 의존해야하므로 와동내면을 균일하게 처리하기 어려웠다. 원래 입자의 분사 방향이 처리되는 표면과 수직이 되어야 하는데, 본 실험에서 와동형태상 입자의 분사 방향이 처리되는 표면과 직각을 유지하면서 와동 내면을 균일하게 처리하기는 어려웠다. 깊숙한 부위에서 사용하는 경우 kinetic stream이 rebound 될 수 있는데 이는 원하지 않는 부위의 삭제 원인이 될 수 있으므로 이러한 영향을 최소화하기 위하여 kinetic stream을 지속적으로 하기보다는 간격을 두고 burst 시켜서 치아표면을 처리하였다. 또, 표면과 입자가 분사되는 nozzle tip간의 거리에 따라 삭제의 양상이 달라질 수 있는데, tip이 치아 표면과 멀수록 입자는 더 넓은 면적을 삭제하지만 삭제의 깊이는 감소한다. 반대로 tip이 치아 표면에 가까울수록 운동에너지는 작은 면적에 집중되어 효과적으로 치질이 삭제될 수 있다<sup>53</sup>. 본 실험에 사용된 air-abrasion unit의 제조회사는 치질 삭제를 위해선 치아와 입자가 분사되는 tip과의 거리를 1~2mm, 레진 결합을 위한 표면처리를 위해선 3~4mm 거리를 추천하였기에 본 실험은 치질 삭제가 주목적이 아니므로 3~4mm 정도의 거리에서 표면처리를 시행하였다.

Air-abrasion을 수행할 때 공기압에 관하여 Doty, Pettay, Holder와 Phillips 등<sup>50</sup>은 공기압을 80psi로 할 때보다 160psi로 할 경우 더 긴 resin tag를

관찰할 수 있다고 하였고 160psi의 공기압하인 경우에서 산부식으로만 처리된 법랑질에의 복합레진 결합강도와 거의 유사한 결합강도를 보인다고 하였다. 또 Air abrasion에 의한 복합레진의 결합강도는 공기압과 주요한 연관이 있다고 하였다. Berry와 Ward<sup>51</sup>에 의하면 air-abrasion의 공기압이 120psi이하인 경우에는 복합레진이 적절한 결합강도를 갖게 하기 위해선 산부식이 필요하다고 하였다. 따라서 본 실험에서는 air-abrasion이 산부식을 대신할 수 있을 정도의 결합력을 나타낼 수 있다는 여러 연구에서처럼 160psi 공기압을 이용해 치아표면을 처리하였다.

Air-abrasion으로 표면 처리시의 결합강도에 관하여 Brockmann등<sup>52</sup>은 치면열구전색제의 결합강도가 air-abrasion과 산부식을 함께 할 때 가장 크다고 보고하였다. Berry와 Roeder 등<sup>53,54</sup>은 air-abrasion과 산부식을 병행한 군이 가장 큰 결합강도를 보였으나 산부식군과 유의한 차이는 없다고 보고하였다. 물론 결합강도와 미세누출이 반드시 역비례하는 것은 아니지만 연관성이 존재하는 점으로 볼 때, 본 실험에서의 결과와 일치한다. Laurell, Lord와 Beck<sup>55</sup>는 air-abrasion에 의해 처리된 법랑질 표면에 대한 복합레진의 결합강도는 산부식에 의해 처리된 법랑질 표면에 대한 복합레진의 결합강도와 거의 비슷하다고 하였으나 본 실험에서는 air-abrasion만 시행한 군에서는 산부식군과 혼합처리군에 비해 미세누출이 통계학적으로 유의성 있게 높았는데( $p < 0.05$ ) 이는 Los와 Barkmeier<sup>56</sup>의 연구에서 air-abrasion이 산부식의 필요성을 감소시키지 못한다는 보고와 일치한다.

Air-abrasion의 물리화학적 근거에서 치아표면을 처리시 운동에너지는 입자의 질량에 비례하는데, 입자의 질량이 커지면 치아의 삭제가 더욱 용이해지는 반면 치아에 과민성이나 연조직 손상을 줄 수 있다. 본 실험에 사용된 air-abrasion unit은 치아의 삭제를 위해서는  $27\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  입자를 사용하고, 레진결합을 위해선  $50\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  입자를 사용한다. 본 실험에서는 치질 삭제가 주목적이 아니라 레진결합을 위한 표면처리가 목적이었기에  $50\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  입자를 사용하였다.

미세누출을 알아보기 위한 실험방법으로는 방사선 동위원소 이용, 공기압 저항 이용, 미생물 침투,

색소침투, 전자현미경 이용, neutron activation analysis 등이 있으나 본 실험에서는 사용이 편리하고 침투력이 뛰어난 methylene blue 염색액을 이용한 색소침투법을 택하였다. 와동과 충전물사이의 색소침투도 판정시 교합면에 가까운 와동벽과 치경부에 가까운 와동벽중에서 미세누출이 더 심한 쪽을 판정 기준으로 삼았는데 대부분 치경부에 가까운 와동벽에 미세누출이 더 심하였다. 이는 와동의 형태상 치경부에 가까운 와동벽에서는 법랑질의 두께가 감소되어 있어 상아질과의 접착에 의존하기 때문인 것으로 사료된다.

접착레진간의 미세누출 비교에서 Scatchbond Multi-purpose와 All-Bond 2는 미세누출의 유의한 차이가 없었는데 이는 두 접착레진이 도말층을 제거하는 방식의 같은 세대 접착레진이기 때문인 것으로 사료된다. 산부식군과 혼합처리군 사이의 미세누출 비교에서 혼합처리군이 다소 미세누출이 적게 나타났는데 그 이유는 air-abrasion 처리 후 산부식시 법랑질에서는 산부식만 시행한 법랑질에 비해서 더 날카롭고 긴 형태의 법랑소주 구조를 나타내고 상아질에서는 상아세관의 개방과 더불어 다양한 크기의 함몰로 인해 산부식만 시행한 상아질에 비해 더 불규칙한 구조를 보여주기 때문에 더 나은 결합력과 미세누출의 감소를 보인다고 사료된다.

Air-abrasion만을 이용해 표면처리한 군(제 1군, 4군)에서는 다른 군에 비해서 높은 미세누출을 보였는데, 그 이유는 첫째, air-abrasion만을 이용해 표면처리한 군에서 관찰되는 도말층과 유사한 층의 존재에 의한 것으로 사료된다. Laurell과 Hess<sup>57)</sup>는 주사전자현미경 소견에서 air-abrasion만을 이용해 표면처리한 군의 상아질은 도말층과 유사한 소견을 보이고 상아세관이 치질의 잔사등으로 폐쇄되어 있다고 하였고 법랑질도 도말층과 유사한 소견을 보이고 법랑소주의 구조를 관찰할 수 없다고 하였다. 최근의 상아질 접착제들은 상아질과 레진간의 hybrid layer의 형성을 중요시하기 때문에 이 층이 제거되어야 미세누출을 줄일 수 있을 것으로 사료되고 법랑질에서도 도말층과 유사한 층이 법랑소주구조에 의한 미세기계적 결합을 방해하여 미세누출을 증가시키는 것으로 사료된다. 또, 다른 이유를 생각해 본다면, Suh<sup>49)</sup>, Gwinnett<sup>58)</sup>과 Kanca<sup>59)</sup>

는 건조된 상아질보다 습윤 상태의 상아질에서 접착력이 증가된다고 보고하였다. 상아질의 산표면 처리로 무기물 제거 후 잔존해 있는 콜라겐 섬유들은 수분에 의해 지지되는데, 이때 압축공기로 표면을 과다 건조시킨다면 표면의 콜라겐층의 붕괴를 더욱 심화시킬 수 있다. 따라서 air-abrasion의 압축 공기는 콜라겐 섬유층의 붕괴를 초래해 미세누출을 증가시킬 수 있을 것으로 사료된다. 따라서, air-abrasion만으로 표면 처리한 경우에는 상아질과의 충분한 접착을 이루기 어려우므로 산부식을 대체할 수는 없다고 사료되고 산부식과 병행해서 사용할 때 효과적이라고 사료된다.

그러나, air-abrasion이 산부식을 대체하지는 못하더라도 임상적으로는 많은 부분에서 활용 가능하다. 우식이 아주 경미한 경우, 치면열구전색이나 초기 우식 진단 등에 아주 효율적으로 사용되어질 수 있다. 그러나, 미세한 입자들의 흡입 가능성이 있고, 치아 표면에 충돌된 후 튀어나오는 입자들이 환자의 불편함을 일으킬 가능성이 있으며, 또한 치아 삭제시 여러 가지 요인들이 영향을 줄 수 있고 술자의 경험도 중요한 요소로 작용할 수 있다. 따라서 이 술식에 관하여 보다 많은 연구가 필요하리라 사료된다.

## V. 결 론

저자는 air-abrasion 술식이 기존의 산부식의 필요성을 감소시킬 수 있는지 알아보기 위하여 치아 표면에 와동을 형성하고 air-abrasion, 산부식, 혼합처리(air-abrasion+acid etching)한 후 두가지 종류의 bonding agent를 적용하고 복합레진으로 충전하여 미세누출을 측정후 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 실험군간의 미세누출 비교에서 air-abrasion만 시행한 군인 1군과 4군은 2, 3, 5, 6군에 비해 미세누출이 컸으며 통계학적으로 유의성있는 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 그러나, 1군과 4군 사이에는 통계학적으로 유의한 미세누출의 차이가 없었고( $p > 0.05$ ), 2, 3, 5, 6군 사이에서도 통계학적으로 유의한 미세누출의 차이가 없었다( $p > 0.05$ ).
2. 표면처리방법간의 미세누출 비교에서 air-abra-



- sion군은 acid etching군이나 combination(air-abrasion + acid etching)군에 비해서 미세누출이 컸으며 통계학적으로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). combination(air-abrasion + acid etching)군이 acid etching군보다는 미세누출이 적었지만 통계학적으로 유의한 차이가 없었다( $p > 0.05$ ).
3. Bonding agent간의 미세누출 비교에서 Scotchbond Multi-Purpose군(1,2,3군)과 All Bond 2 군(4,5,6군)사이에는 통계학적으로 유의한 미세누출의 차이가 없었다( $p > 0.05$ ).

### 참고문헌

1. Balanko, M., Suzuki, M. and Jordan, R.E.: Universal Bond Resin Class V Restoration. *J. Esth. Dent.* 3:121-125, 1991.
2. Jordan, R. E. and Balank, M.: Esthetic Conservative Restoration of Cervical Erosion. *J. Esth. Dent.* 2:74-78, 1990.
3. Seltzer, S.: The penetration of microorganisms between the tooth and direct resin fillings. *J. Am. Dent. Assoc.* 51:556-566, 1955.
4. Nelson, R.J. and Wolcott, R. B.: Fluid exchange at the margins of dental restorations. *J. Am. Dent. Assoc.* 44:288-295, 1952.
5. Going, R.E.: Microleakage around dental restorations: a summarizing review. *J. Am. Dent. Assoc.* 84:1349-1357, 1972.
6. Mejare, B., Mejare, I. and Edwardsson, S.: Bacteria beneath composite restorations- a culturing and histobacteriological study. *Acta. O dontol. Scan.*, 37 :267-275, 1979.
7. Qvist, V.: Correlation between marginal adaptation of composite restorations and bacterial-growth in cavities. *Scand. J. Dent Res.* 88:296-300, 1980.
8. Davidson, C. L.: Shortcomings of composite resins in class V restorations. *J. Esth. Dent.* 1:1-4, 1989.
9. Buonocore, G.: Simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to

enamel surface. *J. Dent. Res.* 34:849-853, 1955.

10. Bowen, R.L.: Adhesive bonding of various materials to hard tissues: Bonding to dentin promoted by a surface active comonomer. *J. Am. Dent. Assoc.* 74:439-445, 1967.
11. Standford, J.W., Sabri, Z. and Jose, S.: A comparison of the effectiveness of dentin bonding agent. *Int. Dent.J.* 35:139, 1985.
12. 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.
13. 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.
14. Manabe, A. and Finger, W.J.: Dentin surface roughness vs. bond strength of dentin adhesive. *IADR-CED Abstract.* 1988.
15. 이광우, 홍찬의, 신동훈: "상아질 표면처리가 글라스아이오노머 시멘트의 결합강도에 미치는 영향에 관한 연구". *대한치과보존학회지.* 17: 104-114, 1992.
16. 정상백, 임미경: "상아질 전처리 방법이 상아질과 글라스아이오노머 시멘트간의 결합강도에 미치는 영향에 대한 실험적 연구". *대한치과보존학회지.* 17: 355-364, 1992.
17. 조정희, 홍찬의, 신동훈: "상아질 표면처리가 글라스아이오노머 시멘트의 변연누출에 미치는 영향에 관한 연구". *대한치과보존학회지.* 17: 95-103, 1992.
18. Nakabayashi, N.: Bonding of restorative materials to dentin- the present status in Japan. *Int. Dent. J.* 35:145, 1985.
19. Stanley H. R., Going R. E. and Chauncey H. H.: Human pulp response to acid pretreatment of dentin and to composite restoration. *J. Am. Dent. Assoc.* 91:817-825, 1975.
20. Macko D. J. and Rutberg M.: Pulpal response to the application of phosphoric acid to dentin. *Oral surg. Oral Med. Oral Pathol.* 45:930-946, 1978.
21. D.H. Pashley: Smear layer: Physiological consid-

- erations. *Oper. Dent. Supplement*, 3:13-29, 1984.
22. Brannstrom, M.:Smear layer: Pathological and treatment considerations. *Oper. Dent. Supplement*, 3:35-42, 1984.
  23. Stanley, H. R.:Pulpal considerations of adhesive materials. *J. Dent. Res. Supplement*, 5:151-164, 1992.
  24. Cox, C. F.:Effects of adhesive resins and various dental cements on the pulp. *J. Dent. Res. Supplement*, 5:165-176, 1992.
  25. Black, R.B.:Technique for nonmechanical preparation of cavities and prophylaxis. *J. Am. Dent. Assoc.* 32:955-965, 1945.
  26. Black, R.B.:Application and reevaluation of air-abrasion. *J. Am. Dent. Assoc.* 50:408-414, 1955.
  27. Morrison, A.H. and Berman, L.:Evaluation of the Airdent unit:Preliminary report. *J. Am. Dent. Assoc.* 46(3):298-303, 1953.
  28. Epstein, S.:Analysis of airbrasive procedures in dental practice. *J. Am. Dent. Assoc.* 43(5):578-82, 1951.
  29. Mann, W.R.:The Airdent unit and the airbrasive technic. *J. Mich. State Dent. Soc.* 32(2): 23-8, 1950.
  30. Taylor, A.R.:The Airdent and I. *J. NJ. State Dent. Soc.* 23(5): 13-4, 1952.
  31. Myers, G.E.:The Airbrasive technique:A report. *Br. Dent. J.* 97(11): 291-5, 1954.
  32. Kerr, D.A., Ramfjord, S. and Ramfjord, G.M.: Effect of inhalation of airbrasive powder. *J. Dent. Res.* 33(5): 666 (Abstract 58), 1954.
  33. Clinical Research Associates:Subjet:Oral prophylaxis prophy-jet. *Clinical Research Associates News-letter*, 5: 1, 1981.
  34. Mandras, R.S., Retief, DH. and Russel, CM.:The effect of thermal and occlusal stresses of the microleakage of the Scotchbond 2 dentinal bonding system. *Dent. Mater.* 7: 63-67, 1991.
  35. Kristi, J. and Stanley, L.:Thermocycling and dwell times in microleakage evaluation for bonded restorations. *Dent. Mater.* 11:47-51, 1995.
  36. Wendt, Jr. SL., McInnes, PM. and Dickinson, GL.:The effect of thermocycling in microleakage analysis. *Dent. Mater.* 8:181-184, 1992.
  37. Davidson, C. L. and Feilzer, A.:The competition between the composite dentin bond strength and the polymerization contraction stress. *J. Dent. Res.* 63:1396-1399, 1984.
  38. Hegdahl, T. and Gjerdet, N. R.:Contraction stresses of composite resin filling materials. *Acta Odental. Scand.* 35: 191-195, 1977.
  39. Hansen, E. K. and Asmussen, E.:Marginal adaptation of posterior resins: Effect of dentin-bonding agent and hygroscopic expansion. *Dent. Mater.* 5:122-126, 1989.
  40. Munksgaard, E.C. and Irie, M.:Effects of load-cycling on bond between composite fillings and dentin established by Gluma and various resins. *Scan. J. Dent. Res.* 96:579-583, 1988.
  41. Stewart, BL., Harcourt, JK. and Tyas, MJ.:Comparison of bond strength to dentin in cavities restored before and after extraction(abstract). *J. Dent. Res.(Spec Iss)* 69:945, 1990.
  42. Holtan, J. R.:Microleakage of five dental adhesives. *Operative Dent.* 19:189-193, 1993.
  43. Kanca, J.:Microleakage of five dental adhesives. *Dent. Mater.* 5:415-416, 1989.
  44. Tsai, YH., Swartz, ML. and Phillips, RW.:A comparative study: Bond strength and microleakage with dentin bond systems. *Oper Dent.* 15: 53-60, 1990.
  45. Finger, WJ. and Ohsawa, M.:Effect of bonding agents on gap formation in dentin cavities. *Oper. Dent.* 12:100-104, 1987.
  46. Brannstrom, M. and Nyborg, H.:Cavity treatment with a microbicidal fluoride solution:growth of bacteria and effect on the pulp. *J. Prosthet Dent.* 30: 303-310, 1973.
  47. Pashley, D.H.:Clicical considerations of microleakage. *J. Endod.* 16:70-77, 1990.
  48. Erickson, R. L.:Mechanism and Clinical implications of bond formation for two dentin bond-

- ing agents. *Am. J. Dent.* 2: 117-123, 1989.
49. Suh, B. I. and Cincione F. A.: All Bond 2: The fourth generation bonding system. *Esthet. Dent. Update.* 3(3): 61-66, 1992.
  50. Doty, W.D., Pettey, D., Holder, R. and Philips, S.: KCP 2000 enamel etching abilities tested. *J. Dent. Res.* 73: 411 (Abstract 2474), 1994.
  51. Berry, E.A. and Ward, M.: Bond strength of resin composite to air-abraded enamel. *Quint. Int.* No.8 Vol.26. 1995.
  52. 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.
  53. Berry, E.A. and Ward, M.: Bond strength of resin composite to air-abraded enamel. *Quint. Int.*, No.8 Vol.26. 1995.
  54. Roeder, L., Berry, E.A. and Powers, J.M.: Bond strength of composite to air-abraded enamel and dentin. *Oper. Dent.* 20: 186-190, 1995.
  55. Laurell, K.A., Lord, W. and Beck, M.: Kinetic cavity preparation effects on bonding to enamel and dentin. *J. Dent. Res.* 72: 283, 1993.
  56. Los, S.A., Barkmeier, W.W.: Effect of dentin air abrasion with aluminum oxide and hydroxyapatite on adhesive bond strength. *Oper. Dent.* 19:169-175, 1994.
  57. Laurell, K.A. and Hess, J.A.: Scanning electron microscopic effects of air-abrasion cavity preparation on human enamel and dentin. *Quint. Int.* 26(2):53-60, 1995.
  58. Gwinnett, A. J.: Dentin bond strength after air drying and rewetting. *Am. J. Dent.* 7: 144-148, 1994.
  59. Kanca, J.: Effect of drying of bond strength. *J. Dent. Res.* 70: 304 (abst 1029), 1991.

## EXPLANATION OF FIGURES

- 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
- Fig. 5. Stereomicroscopic view for dye penetration: Microleakage Grade 4

사진 부도

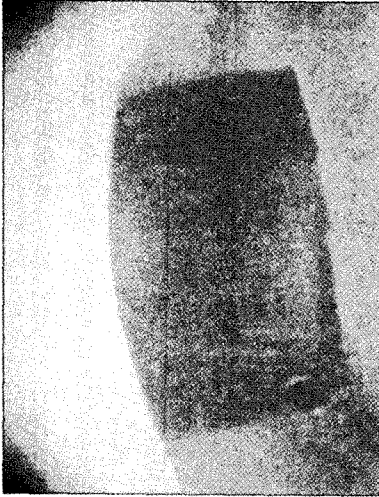


Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4



Fig. 5