

## 법랑질 표면처리방법에 따른 치면열구전색재의 미세누출에 관한 비교연구

현홍근 · 김정옥 · 이상훈

서울대학교 치과대학 소아치과학교실 및 치학연구소

### 국문초록

최근 air-abrasion 기술이 새로운 법랑질 표면처리법으로 소개되고 있는데, 이것이 산부식 처리한 것보다 치면열구전색 전 처리에 있어 더 나은 결과를 보이는지 연구할 목적으로, 저자들은 표면처리법 및 재료에 따른 미세누출도의 차이를 비교해 보 고자 하였다.

9개의 군으로 나눈 시편치아에 산부식(1, 4, 7군), air-abrasion(2, 5, 8군), air-abrasion 후 산부식(3, 6, 9군) 처리한 후, 3종의 치면열구전색재(1~3군 : Teethmate-F, 4~6군 : Ultraseal XT plus, 7~9군 : DenSeal)로 전색, 중합하여 색 소침투도를 관찰하였으며, 각 시편의 전색재를 분리, 주사전자현미경으로 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 표면처리법에 따른 미세누출도는 air-abrasion군, 산부식군, air-abrasion 후 산부식군 순으로 작아졌다( $p < 0.05$ ). 단, 7군과 9군간의 유의차는 없었다.
2. 미세누출도는 산부식군에서 7군, 4군, 1군, air-abrasion군에서 8군, 5군, 2군, air-abrasion 후 산부식군에서 9군, 3 군, 6군 순으로 작아졌으나, 각각 4군과 7군, 2군과 5군, 3군과 6군간의 유의차는 없었다.
3. SEM상에서, 산부식군은 비교적 긴 레진돌기가 규칙적으로, air-abrasion군은 짧은 레진돌기가 불규칙적으로, air-abrasion 후 산부식군에서는 이들이 혼재되어 있는 모습으로 관찰되었다.

**주요어** : 미세누출, Air-abrasion, 산부식, 법랑질 표면처리, 치면열구전색재, 주사전자현미경

### I. 서 론

미세누출(microleakage) 또는 변연누출(marginal leakage)은 치질과 수복물사이의 공간에 박테리아, 구강액, 분자 및 이온이 임상적으로 탐지해낼 수 없게 스며드는 것이라 정의할 수 있다<sup>1-3)</sup>. 치면열구전색재가 미세누출을 방지할 수 있는 성질은 중요한데, 그것은 미세누출이 치면열구전색재 하방으로 우 식이 발생할 수 있도록 해주기 때문이다. 성공적으로 전색된 치 면열구는 발생 초기 교합면 우식을 예방하거나 억제시킬 수 있 다<sup>2)</sup>. 적절한 법랑질 두께의 존재 하에서는 산부식술을 시행해 전색재의 미세누출을 감소시켜 왔으나, 아직도 미세누출을 줄 이려는 다양한 시도가 계속되고 있다<sup>4)</sup>.

Air-abrasion은 1943년에 Dr. Robert Black이 처음 소개 한 것으로<sup>5)</sup>, 세척되고 건조된 치면에 대해 정제된 산화 알루미늄(aluminium oxide) 입자를 고속의 공기압으로 분사하여 법

랑질 표면을 마모시키는 방법이다<sup>6,7)</sup>. 사용하는 정제된 산화 알 루미나 입자들은 알파 알루미늄(alpha alumina)로도 불리는 것으로, 몇몇 미백치약과 의약품 및 식품에서도 종종 사용되는 비독성 물질로 알려져 있다<sup>8)</sup>. 대부분의 치면열구에서 발견되는 착색 및 유기물질이 본 술식에 의해 제거될 수 있고, 초기 우식 병소가 삭제되어 법랑질 표면하의 우식확장부분을 드러내게 할 수 있다<sup>8,9)</sup>.

Air-abrasion의 장점은 착색된 치면열구하방 및 수복물 경계 에서의 초기 우식을 매우 보존적으로 제거할 수 있다는 데 있 다. 알려져 있는 주요 장점으로는 초기 병소에 대해 마취 없이 도 삭제할 수 있고, 매우 보존적인 삭제가 가능하며, 소음이나 냄새, 진동이 없어, 핸드피스에 대한 부정적인 심리를 해결할 수 있다는 점을 들 수 있다<sup>10)</sup>. 하지만, air-abrasion 기구에 의 해 형성된 preparation의 벽은 둥글고 불규칙적이어서, 정확한 preparation을 요하는 고정성 보철 술식에서나, 명백한 우식이

※ 본 연구는 보건복지부 보건의료기술연구개발사업(HMP-99-E-10-0003)의 지원에 의하여 이루어진 것임.

있는 치아에서는 기존의 마취 및 회전기구의 사용을 대체할 수 없다<sup>5)</sup>. 거론되고 있는 단점들로는 마모입자가 과도하게 날려서 지지분해된다는 점과 초기 구입비용이 높다는 점, 그리고 적절한 case 선정 및 최소의 마모재만으로도 빠르게 행할 수 있는 임상적인 숙련도에 이르기까지 시간이 필요하다는 점들이 제시되고 있다<sup>10)</sup>.

1950년대까지 관심을 끌던 본 방법은 아말감 및 금 합금 술식에 적합한 고속 핸드피스의 도래로 주춤하다가, 최근 들어, 레진 술식 및 접착 수복술이 더욱 관심을 끌게 되고, 앞서의 장점이 미세기술의 발달로 보다 보강되어 1990년대에 재등장하게 되었다. 이와 함께 본 술식은 치면열구 전색 전 치아 표면처리의 새로운 가능성 있는 방법으로서의 의의를 추가하고 있다<sup>6)</sup>. Air-abrasion의 연구자들은, 이 방법이 법랑질의 산부식을 대체할 수 있을 것이라 제안한 바 있으며, 표면 세정 및 산부식효과가 동시에 일어나므로, 술자에게 상당한 시간 절감효과를 줄 수 있으리라 주장하고 있다<sup>5,11)</sup>.

이에 따라 air-abrasion 처리 후, 수복한 치아에서의 미세누출을 검사하고자하는 연구가 그동안 몇 차례 행해졌고, 그 결과에 있어서는 상반되는 점들이 있었다. Eakle 등<sup>12)</sup>은 산부식으로 법랑질과 상아질을 처리하고 수복한 전통적인 방법과 air-abrasion 방법으로 처리한 치아에서의 수복물 미세누출을 비교하였다. 이들은 air-abrasion으로 처리한 와동에 수복한 복합레진과 전색재가 산부식법에 의해 수복된 것에 비해 미세누출이 있었다고 하였다. 또, Davis 등<sup>13)</sup>은 air-abrasion으로 처리한 전색재와 산부식으로 처리한 전색재에서의 미세누출을 비교하였는데, 아무런 전처리도 하지 않은 군을 대조군으로 설정하였다. 산부식한 군과 비교했을 때, 대조군과 air-abrasion으로 처리한 군에서 유의할 정도로 큰 미세누출이 있었다고 하였다. Roeder 등<sup>14)</sup>도 air-abrasion이 산부식의 필요성을 배제시키지는 않는 것 같다고 보고하였다. 하지만, Keen 등<sup>15)</sup>에 의한 연구 결과는 이들과 상반되는 것으로, bur와 air-abrasion으로 처리한 시편간의 미세누출 정도는 비슷한 수준이라 하였다. 또다른 연구에서 Keen 등<sup>16)</sup>과 Laurell 등<sup>17)</sup>은 air-abrasion 처리한 법랑질은 산부식한 법랑질에 상응할 만한 레진-법랑질간의 bonding strength를 보였다고 하였다. 또한, Wright 등<sup>18)</sup>도 치면열구전색 전에 산부식한 치아나 air-abrasion 처리된 치아

들에 있어 통계적으로 유의한 미세누출의 차이를 발견할 수 없다고 하였다.

본 연구의 목적은 치면열구전색제 사용시의 전처리 과정으로 법랑질 표면을 산부식처리한 것과 air-abrasion처리한 것, 그리고 이 두 가지를 함께 사용한 것들 간의 효과를 비교하고, 성분이 상이한 치면열구전색제간의 효과를 비교할 목적으로, 미세누출도를 측정하여 그 상관관계를 밝히고, 주사 전자 현미경을 통해 미세구조적 원인을 추론하고자 하는 것이다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 연구재료

탐침으로 검사하여 우식이나 충전물이 없고 파절이나 손상 없이 비교적 건전하게 발거된 영구 대구치 135개를 선택하여, 연조직과 치석을 제거하고 실온의 생리식염수에 보관한 후 실험대상 치아로 사용하였다. 각 군에 사용한 치면열구전색제는 unfilled sealant인 Teethmate-F™(Kuraray Co., Japan), filled sealant인 Ultraseal XT plus™(Ultradent product, U.S.A.), DenSeal™(Vericom Co., Korea)로 선택하였다. 전색제의 광중합을 위해 3M™ Curing Light 2500(3M dental products, U.S.A.)을 사용하였다. Air-abrasion기계로는 Kavity Prepmaster™(KPM-101, Premiartech Co., Korea)를 이용하였다.

### 2. 연구방법

#### 1) 표본제작

##### 가) 실험대상 치아의 준비

대상치아의 표면에 있는 잔사나 이물질을 큐렛 및 탐침으로 제거한 후 불소가 포함되어 있지 않은 퍼미스와 저속 핸드피스에 부착된 러버컵을 사용하여 법랑질 세마를 시행하였다. 대상 치아는 임의선택으로 15개씩 총 9개군으로 나누고 각각을 구별하여 실험 전까지 실온의 생리식염수에 보관하였다. 각 군의 설정은 Table 1과 같다.

**Table 1.** Distributions of groups and samples according to the various experimental conditions

Group	Material used	Surface treatment method	Sample teeth number
1	Teethmate-F™ (Kuraray Co., Japan)	Acid etching	15
2		Air-abrasion	15
3		Air-abrasion + Acid etching	15
4	Ultraseal XT plus™ (Ultradent product, U.S.A.)	Acid etching	15
5		Air-abrasion	15
6		Air-abrasion + Acid etching	15
7	DenSeal™ (Vericom Co., Korea)	Acid etching	15
8		Air-abrasion	15
9		Air-abrasion + Acid etching	15

나) 전색전 법랑질 표면처리

모든 대상치아에 대해 불소가 포함되지 않은 퍼미스와 저속 핸드피스에 부착된 치면 세마용 brush를 이용하여 교합면 세마를 시행하고, 탐침을 이용해 치면열구를 청소하였다. 각각의 군에 대해서는 다음과 같이 교합면 치면열구에 법랑질 표면처리를 시행하였다.

(1, 4, 7 군)

제 1군은 K-Etchant Gel™(Kuraray Co., Japan)을 20초 동안 치면열구에 적용하고, 20초간 물 분사기로 수세한 후 충분히 건조시켰다.

제 4군은 Ultraetch™(Ultradent product, U.S.A.)를 20초 동안 치면열구에 적용하고, 20초간 물 분사기로 수세한 후 건조시키고, Primadry™(Ultradent product, U.S.A.)를 다시 치면열구에 5초간 적용한 후 10초간 건조시켰다.

제 7군은 DenFil Etchant™(Vericom Co., Korea)를 20초 동안 치면열구에 적용하고, 20초간 물 분사기로 수세한 후 충분히 건조시켰다.

(2, 5, 8군)

Air-abrasion 기계인 Kavity Prepmaster™를 이용하여, 마모제인 입자크기 50m의 산화알루미나(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)를 0.019inch 직경의 nozzle을 통해 치면열구에 대해 수직방향으로 120psi의 압력으로 균등하게 처리하였다. 표면처리한 후 잔류 산화알루미나를 제거하기 위하여 30초간 수세 후 건조하였다.

(3, 6, 9군)

제 3, 6, 9군은 제 2, 5, 8군과 같은 표면처리후 각각 제 1, 4, 7군과 같은 표면처리를 재차 시행하였다.

다) 치면열구전색 및 광중합

제 1, 2, 3군에서는 Teethmate-F™를, 제 4, 5, 6군에서는 Ultraseal XT plus™를 제 7, 8, 9군에서는 DenSeal™을 각각의 제조사 지시에 따라 표면처리한 치면열구에 균일하게 적용시키고, 광조사기를 이용하여 40초 동안 광중합하였다. 광중합 후 탐침으로 기포여부를 점검하였다.

라) 열 순환

중합이 완료된 모든 시편치아들을 각 군별로 구별하여, 고온(55℃)의 수조(water bath)에 30초, 저온(5℃)의 수조에 30초간 잠기게 하여 총 500회의 열순환을 실시하였다.

2) 미세누출 측정

가) 레진 블록 제작 및 색소 침투

치면열구전색제와 그 주변 1mm를 제외한 나머지 면을 nail varnish로 2회 피개하였다. 15×15×20mm의 아크릴릭 레진 블록을 시편치아 수대로 제작하여, 드릴로 시편치아가 수용될 만한 와동을 레진 블록 내에 마련하였다. 기공용 투명 레진을 이용하여 색소침투가 필요 없는 치관부 일부와 치근부 전부를 레진 블록에 매몰하였다. 이들을 1% methylene blue 용액에 침윤시켜서 100% 습도가 유지된 37℃ 항온기에 24시간동안

보관하였다.

나) 표본 절단 및 색소 침투 평가

색소침투과정이 끝난 후 치아를 흐르는 물에 깨끗이 세척하고 건조한 뒤, 디스크로 치근부 레진 블록을 절단하여 분리하였다. 저속 전동절단기(Isomet™, Buehler, U.S.A.)를 사용하여 매몰한 시편을 협설측으로 치아 장축에 평행하게 두 번 절단하여 수복물의 단면을 노출시켰다. 노출된 면에서 각 시편당 변연 4곳의 색소침투도를 입체현미경(Olympus, SZ-PT, Japan)으로 관찰하고, 사진촬영을 하였다. 다음과 같은 치면과 충진물사이의 색소침투 판정기준에 따라 이를 기록하였다.

0 : 색소침투가 전혀 없는 경우

1 : 색소가 치면열구전색제/치아 경계면을 따라 경계면의 1/3까지 침투한 경우

2 : 색소가 치면열구전색제/치아 경계면을 따라 경계면의 2/3까지 침투한 경우

3 : 색소가 경계면의 2/3이상 침투했으나 기저부의 끝까지는 미치지 않은 경우

4 : 색소가 경계면의 기저부 끝까지 완전히 침투한 경우

3) 통계 분석

이상의 결과를 SPSS version 8.0 프로그램을 이용하여, 각각의 군에 대해 모수적 검정방법인 independent samples t-test 및 ANOVA analysis를 통해 이들의 통계적 유의성을 구하였다.

4) 미세구조 관찰

가) 전색제의 분리

실험에 사용한 시편들을 각 군별로 구분하여, 각각 4mol/l의 HCl용액에 8시간동안 담가두었다. 각 시편의 전색제가 산에 의해 녹은 법랑질로부터 분리되면, 이를 채취하여, 증류수로 세척하고, 건조시켰다.

나) 주사 전자 현미경 관찰

각각의 분리된 전색제 표면에 gold coating을 적용하고, 이를 주사 전자 현미경(JSM-840A scanning electron microscope, JEOL, Japan)을 이용, 3000배로 관찰하였다.

Ⅲ. 연구성적

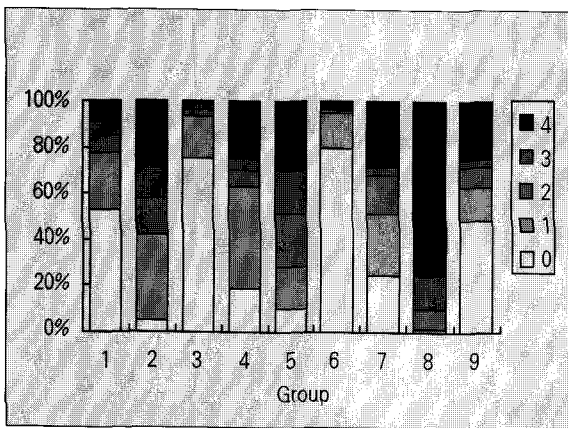
평균미세누출도는 치아표면을 air-abrasion처리한 후 DenSeal™을 적용한 8군이 3.63±0.71로 가장 높았고, air-abrasion처리 후 산부식을 시행하고 Ultraseal XT plus™를 적용한 6군이 0.32±0.81로 가장 낮았다(Table 2, 3, Fig. 1, 2). 각각의 제품에 대해 표면처리법에 따른 평균미세누출도를 비교하였을 때(Table 4), Teethmate-F™를 적용한 군(1, 2, 3군) 및 Ultraseal XT plus™를 적용한 군(4, 5, 6군)에서 모두 각각 2군, 1군, 3군, 그리고 5군, 4군, 6군의 순으로 즉,

**Table 2.** Frequencies of microleakage scores measured in each group

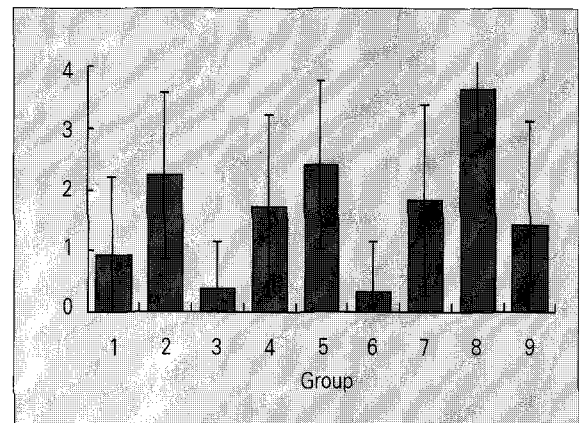
Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Score	0	32	3	45	11	6	48	15	0	29
	1	15	22	11	27	11	9	16	1	9
	2	4	10	2	4	14	1	10	5	5
	3	4	8	1	3	11	0	2	9	2
	4	5	17	1	15	18	2	17	45	15
Total	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60

**Table 3.** Data representing the degree of dye penetration in each group

Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	540
Mean	0.92	2.23	0.37	1.73	2.40	0.32	1.83	3.63	1.42	1.65
S. D.	1.28	1.35	0.78	1.48	1.36	0.81	1.56	0.71	1.68	1.61



**Fig. 1.** Percentage of microleakage scores measured in each group.



**Fig. 2.** Mean microleakage scores measured in each group.

**Table 4.** Statistical comparison between groups on the microleakage scores in regard to the material

	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5	Group 6	Group 7	Group 8	Group 9
Group 1									
Group 2	S								
Group 3	S	S							
Group 4									
Group 5				S					
Group 6				S	S				
Group 7									
Group 8					S				
Group 9					NS	S			

S : statistically significant difference (p<0.05)

NS : statistically insignificant difference (p>0.05)

air-abrasion군, 산부식군, air-abrasion후 산부식군의 순으로 작아졌다. DenSeal™을 적용한 군(7, 8, 9군)에서도 평균미세누출도가 8군, 7군, 9군의 순으로 작아졌으나, 7군과 9군 사이에서 통계학적으로 유의한 차이는 없었다.

각각의 표면처리법에 대한 제품별 평균미세누출도를 비교하였을 때(Table 5), 산부식군에서의 미세누출도는 7군, 4군, 1

군 순으로 작아졌으나, 4군과 7군 사이에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. Air-abrasion군에서의 미세누출도는 8군, 5군, 2군 순으로 작아졌으나, 2군과 5군 사이에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(p>0.05). Air-abrasion후 산부식군에서의 미세누출도는 9군, 3군, 6군 순으로 작아졌으나, 3군과 6군 사이에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

**Table 5.** Statistical comparison between groups on the microleakage scores in regard to the method

Group 1	Group 4	Group 7	Group 2	Group 5	Group 8
Group 1			Group 2		
Group 4	S		Group 5	NS	
Group 7	S	NS	Group 8	S	S

Group 3	Group 6	Group 9
Group 3		
Group 6	NS	
Group 9	S	S

S : statistically significant difference (p<0.05)  
 NS : statistically insignificant difference (p>0.05)

IV. 총괄 및 고찰

미세누출을 측정하는 방법에는 방사선 동위원소, 박테리아, 공기압, 변연 투과(marginal percolation), 주사전자현미경(SEM), 중성자 활성 분석, 색소를 이용하는 방법 등이 있는데<sup>19)</sup>, 이중 색소를 이용하는 방법이 가장 오래되고, 간편하며 흔한 방법으로, 주로 basic fuchsin이나 methylene blue 등을 많이 사용하였다<sup>20)</sup>. 전색재의 미세누출도를 평가하는 방법에 있어, Park 등<sup>21)</sup>은 색소침투가 없는 경우, 바깥쪽 절반까지 침투한 경우, 안쪽 절반까지 침투한 경우, 최하방까지 침투한 경우에 대해 각각 0에서 3까지의 점수로 기록하였고, Xalabarde 등<sup>22)</sup>은 색소침투가 없는 경우, 경계면에 대해 침투도가 0.5mm이하, 0.5mm에서 1.0mm, 1.0mm에서 1.5mm까지, 상아질로의 침투에 대해 각각 0에서 4까지의 점수로 기록하였다. 한편, Zyskind 등<sup>8)</sup>은 전체 경계면 길이에 대한 색소침투 길이의 비로 미세누출도를 평가하였으나, 경계면을 일반적인 직선으로 간주할 수 없어 정확한 길이를 측정하기는 어렵다고 사료된다. 본 실험에서는 이상의 평가법을 참고하고, 이 등<sup>23)</sup>이 아말감의 미세누출을 측정했던 기준을 일부 변형, 경계면을 3등분하여 0에서 4까지의 점수로 평가하는 방법을 택하게 되었다.

Silverstone<sup>20)</sup>은 30%와 40% 사이의 농도로 범랑질 표면에 인산을 적용했을 때, 가장 유지력 있는 양상을 보여준다고 하였으며, 산의 농도가 40%에 이를 때까지는 인산농도가 증가함에 따라 calcium 분해량과 부식 깊이 또한 증가한다고 보고하였다. 한편, Manson-Rahemtulla 등<sup>24)</sup>은 이보다 더 강한 용액은 calcium을 덜 녹이고, 결과적으로 부식 깊이는 보다 작아지게 된다고 하였다. Swift 등<sup>25)</sup>은 여러 산부식 연구의 고찰에서, 대부분의 시판중인 범랑질 산부식액은 30%에서 40%(주로 37%) 농도의 인산이었다고 하였으며, 몇몇 연구에서는 이보다 낮은 농도의 산부식액에서도 30%에서 40% 인산에 준하는 결합력을 얻었다고 보고하였다. 한편, Garcia-Godoy와 Gwinnett<sup>26)</sup>은 다양한 형태의 gel상 인산부식액과 액상 인산부식액으로 처리한 치면열구의 산부식 범랑질에서, 형태학적 유의차는 발생하지 않았다고 보고한 바 있다. 본 실험에서 사용한 산부식액인 K-Etchant Gel™, Ultraetch™, DenFil

Etchant™는 각각 40%, 35%, 37%의 인산으로, 앞서의 연구들을 고찰하면, 산부식액간의 차이가 측정치에는 크게 영향을 미치지 않을 정도라고 사료된다.

Air-abrasion의 운동에너지는 입자의 질량 및 속도의 제곱에 비례하며, 이에 따라 입자의 질량이 커지면, 입자의 속도가 줄어들게 되어 이 등<sup>27)</sup>은 치아의 삭제를 위해서는 27μm의 산화알루미나 입자를 사용하고, 레진 결합을 위해서는 50μm의 입자를 사용한다고 하였다. 본 실험에서는 치면열구의 전색을 위한 치아표면처리가 목적이었으므로 후자를 선택하였다. 한편 Doty 등<sup>28)</sup>은 공기압을 80psi로 할 경우보다 160psi로 가할 경우에 레진 tag의 길이가 길다고 보고하여, 복합레진의 결합강도는 공기압의 세기와 관련이 있다고 하였다. 그러나, 최와 민<sup>29)</sup>은 air-abrasion의 적용압력을 60psi와 120psi, 적용시간을 3초와 5초간으로 변화를 주어도, 상아질과 복합레진과의 전단결합강도는 유의한 차이가 없었음을 보고하였다.

실험에 사용한 전색재를 범랑질에서 분리하여 SEM으로 관찰하면, 산부식처리한 전색재의 분리면들은 주로 범랑질 prism 구조의 변연부에서 좀더 많은 용해를 보이는 type II 산부식 형태에 대응하여 레진 돌기가 형성된 것으로 보여졌다. 즉, 일정 형태로 비교적 규칙적인 육각구조의 길면서도 좁고 날카로운 레진돌기들이 반복적으로 배치되었다. 이에 반해 air-abrasion 처리한 것들에서는 비교적 불규칙적인 짧으면서도 넓고 둥근 레진돌기들이 일정형태 없이 분포하는 것으로 관찰되었다. Air-abrasion후 산부식한 군들에서는 이 두 가지가 함께 보여져, 규칙적인 긴 레진돌기의 구조물 사이에 불규칙한 짧은 레진돌기의 구조물들이 혼재되어 나타나는 양상이 관찰되었다. Ellis 등<sup>11)</sup>이 SEM을 통해 치아표면을 관찰한 소견을 보면, air abrasion 처리한 표면은 표면 불규칙성이 증가한 양상을 보여 주며 대체로 macro surface irregularity의 모습이라 하였다. Air-abrasion과 산부식을 함께 처리한 시편에서는, air-abrasion으로 인한 macro surface irregularity 및 산부식에 기인한 micro-irregularity가 함께 나타나 유지가 더욱 증가될 것이라 설명하였다.

SEM상에서, 산부식처리한 전색재의 분리면을 관찰하면, Teethmate-F™군이 레진돌기의 길이가 나머지 다른 군들에

비해 상대적으로 길고 규칙적으로 나타남을 볼 수 있었다. 충전제의 함량이 비교적 높은 Ultraseal XT plus™군은 상대적으로 레진돌기의 크기가 작은 것으로 관찰되었다. 반면, air-abrasion 처리한 전색제의 분리면에서는 세 군 모두 불규칙하고 길이가 짧은 레진돌기의 모습으로 나타났다. 이들을 혼합처리한 군에서는 앞서의 두 가지 양상이 혼합되어 나타났으나, 레진돌기의 상대적 길이나 규칙성을 비교하여 그 차이를 논하기에는 어려움이 있었다.

본 실험에서 사용한 Teethmate-F™와 Ultraseal XT plus™는 그 정도에 차이는 있겠지만 불소를 방출하는 전색제이며, DenSeal™은 불소를 방출하지 않는 전색제이다. Garcia-Godoy 등<sup>30)</sup>은 30일간의 불소 방출 실험에서 24시간 후와 30일 후 모두에서 Teethmate-F™가 Ultraseal XT plus™보다 약 5.6배 정도의 불소가 방출된다고 보고하였으며, 전자는 약 이틀 후에, 후자는 약 4일 후에 그 방출량이 반으로 줄었다고 하였다. 그러나, 중합 후 불소 방출의 임상적 중요성은 아직 입증된 바 없으며, 미세누출에 대한 불소양과의 명확한 관계도 확립되지 않은 것으로 보인다<sup>9)</sup>. 한편, Cooley 등<sup>31)</sup>은 FluroShield™와 HelioSeal™의 미세누출도와 불소 방출량을 측정할 실험에서, 불소 함유 전색제와 불소 비함유 전색제간의 열구 침투능력에서 통계학적 유의성이 있음을 보고하였다. 그는 실험결과 중 50%의 충전제를 함유하고 있는 전자가 후자보다 미세누출도가 크고, 법랑질 적합도가 떨어짐에도 불구하고, 법랑질 표면내(10~20µm)의 잔존 tag에는 불소가 함유되어 있으므로, 우식 예방의 효과가 있어 임상적 효과면에서는 차이가 없다고 주장하였다. 또한 불소의 상당량은 이들 사이에 방출되었다고 보고하였다. Marcushamer 등<sup>32)</sup>은 불소를 방출하지 않는 unfilled sealant인 HelioSeal™ 및 Alpha Seal™과 불소를 방출하는 unfilled sealant인 Teethmate-F™의 결합강도를 측정하여, 이들 군간의 유의한 차이가 없음을 밝혔다. 그러나, Jensen 등<sup>33)</sup>은 불소 방출 전색제가 불소를 방출하지 않는 전색제와 비교할 때, 비록 통계적 유의차는 없었으나 1년 후 유지율이 다소 높았음을 보고하였다. 그는 불소방출 후에도 전색제의 유지율이 변화 없음을 주장하였으나, 그 기전에 대해서는 밝히지 못하였다.

Unfilled 및 filled sealant를 비교하는 미세누출연구는 그 결과에 있어 양분되어 있다. 레진 재료와 치아구조물 간의 접합에서 전색(seal)의 성공여부는 레진 재료가 모세관 작용(capillary action)에 의해 계면을 어느 정도로 적절히 침투할 수 있는가에 좌우되는데, 점조도(viscosity)와 적습성(wettability)이 이러한 모세관 작용에 가장 영향을 줄 수 있는 인자라 알려져 있다<sup>34)</sup>. 즉, 흐름성이 높은 레진을 도포하면 모세관 작용으로 치면열구 속으로 잘 침투할 수 있고, 미세기계적 작용을 하게 되는, 부식된 법랑질의 미세구조인 tag 속으로 침투하게 된다. 이때 침투 깊이는 낮은 점조도, 높은 표면 장력 및 낮은 접촉각 즉, 좋은 적습성의 결과로 증가된다<sup>35)</sup>. Hatibovic-Kofman 등<sup>2)</sup>은 unfilled sealant가 filled sealant보다 미세누출이 적음을 관찰했는데, 이들에 의하면 점조도가 높을수록 법랑질에 대해 전색제가 불량한 적합을 보이게 되고, 소와 열구의 최하부까지

완전하게 침투하지 못하여, 유지의 감소를 보이게 된다고 하였다. 즉, 흐름도가 더 좋은 레진일수록 열구에 더욱 깊이 침투하며, 표면에 보다 빠르게 퍼지게 될 것이라 하였다. 또한, Martin 및 Bryant<sup>36)</sup>도 점조도가 높은 레진보다 점조도가 낮은 레진에서 통계학적으로 미세누출이 작았음을 보고하였다. Rock 등<sup>37)</sup>은 filled sealant의 유지가 unfilled sealant에 비해 낮은 것으로 보고하였다. 이들은 만일 filled sealant의 중합시간이 60초까지 연장된다면, 유지가 향상될 것이라 하였다. 그러나, Park 등<sup>21)</sup>과 Xalabarde 등<sup>22)</sup>은 Delton™과 Prismashield™로 실험한 결과에서 이들간의 미세누출은 통계학적으로 유의한 차이가 없음을 보였다.

레진의 성분 중 Bis-GMA와 같은 dimethacrylate 레진은 매우 점조도가 높은 액체이다. 때문에, 이들의 점조도를 낮추기 위해 TEGDMA(Triethyleneglycol dimethacrylate), UDMA(urethane dimethacrylate) 및 EDMA(ethyleneglycol dimethacrylate)등이 흔히 사용된다<sup>38)</sup>. 본 실험에서 사용한 전색제인 Teethmate-F™의 성분은 TEGDMA, Hydrophobic dimethacrylate, 2-Hydroxyethyl methacrylate(HEMA), 10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate(MDP) 등으로 비교적 점조도가 낮은 unfilled sealant였고, Ultraseal XT plus™는 Bis-GMA base에 60%의 Barium fluoro silicate filler를 함유한 비교적 점조도가 높은 filled sealant이며, DenSeal™은 Bis-GMA 및 UDMA, TEGDMA, Modified trimethacrylate에 5.5% fumed silica filler를 함유한 점조도 면에서 비교적 중등도라고 사료되는 filled sealant였다. 산부식 처리한 재료들 간의 비교에서, 점조도가 가장 낮은 Teethmate-F™군이 가장 미세누출이 적었으나, 나머지 두 filled sealant간의 유의한 차이는 보이지 않았다. 하지만, air-abrasion 처리군과 혼합처리군에서의 미세누출도 비교에서는 Ultraseal XT plus™군과 Teethmate-F™군이 서로 유의차 없이 DenSeal™군보다 작은 것으로 나타나서, 이를 점조도 차이로만 설명하기에는 어려움이 있었다. 이들 전색제의 성분 중 TEGDMA는 작고, 유연성 있는 레진으로 덜 부서지고, 마모저항을 강하게 해주지만, 중합수축양이 크다. 또한 UDMA는 낮은 분자량의 단량체 첨가 없이도 충전제 함량을 크게 해주지만 잘 부서지고, 마찬가지로 중합수축양이 큰 것으로 보아, 레진 기질 중 이들 성분의 구성비율이 미세누출도에 적지 않은 영향을 미쳤을 것으로 사료된다<sup>38)</sup>.

본 연구결과, air-abrasion 단독으로는 치면열구 전색전 산부식의 필요성을 없애주지 않는 것으로 보였으며, air-abrasion 후 산부식을 했을 때에는 미세누출을 보다 더 줄여준다는 것을 관찰할 수 있었다. 따라서, 전색제 적용에 있어 air-abrasion은 단독으로 사용하는 것보다는 미세누출을 줄이기 위한 산부식 전 법랑질 처리과정으로 이해해야 할 것으로 보여진다. 또한 충전제 함량이 다른 치면열구전색제간의 미세누출 양상에 차이가 있었으나, 단지 충전제의 차이만으로 이 결과를 설명하기에는 부족함이 있으며, 레진 기질의 차이와 같은 다른 요인들의 고려도 필요하다고 사료되었다.

문헌상에서 아직까지는 in vivo상에서 air-abrasion처리 및 산부식과의 혼합처리한 치면열구전색제의 임상적 유지율에 대한 연구가 없는 것으로 보여져 앞으로 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 또한, air-abrasion에 사용되는 산화알루미늄은 비교적 해가 없다고 알려져 있지만, 실제 사용시 흡입기로 완벽한 입자의 흡입에는 어려움이 많았다. 따라서, 반복적인 노출에 의한 술자 및 환자의 건강도 검사도 필요한 연구라고 생각한다. 한편, 치면열구전색제의 측면에서는 동일한 기질 기반 하에서 점진적인 충전제 양의 차에 따른 미세누출의 비교연구도, 성분이 다른 전색제의 비교보다 더 의미 있는 연구가 되리라 사료된다.

### V. 결 론

저자는 법랑질 표면을 산부식 처리한 것(1, 4, 7군)과 air-abrasion처리한 것(2, 5, 8군), 그리고 이 두 가지를 함께 사용한 것(3, 6, 9군)들 간의 효과를 비교하고, 성분에 차이가 있는 세 가지 종류의 치면열구전색제(1, 2, 3군: Teethmate-F™, 4, 5, 6군: Ultraseal XT plus™, 7, 8, 9군: Densal™)들의 효과를 비교할 목적으로, 각 군의 미세누출도를 측정하고, 법랑질로부터 분리시킨 전색제를 주사전자현미경으로 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 표면처리법에 따른 미세누출도는 air-abrasion군(2, 5, 8군)에서 가장 컸으며, 산부식군(1, 4, 7군), air-abrasion 후 산부식군(3, 6, 9군) 순으로 작아졌다(p<0.05). 단, 7군과 9군간의 유의차는 없었다.
2. 산부식군에서의 미세누출도는 7군, 4군, 1군 순으로 작아졌으나, 4군과 7군간의 유의차는 없었다.
3. Air-abrasion군에서의 미세누출도는 8군, 5군, 2군 순으로 작아졌으나, 2군과 5군간의 유의차는 없었다.
4. Air-abrasion 후 산부식군에서의 미세누출도는 9군, 3군, 6군 순으로 작아졌으나, 3군과 6군간의 유의차는 없었다.
5. SEM상에서, 산부식군은 비교적 긴 레진돌기가 규칙적으로, air-abrasion군은 짧은 레진돌기가 불규칙적으로, air-abrasion 후 산부식군에서는 이들이 혼재되어 있는 모습으로 관찰되었다.

### 참고문헌

1. Alani AH, Toh CG : Detection of microleakage around dental restorations : a review. Oper Dent 22:173-185, 1997.
2. Hatibovic-Kofman S, Wright GZ, Braverman I : Microleakage of sealants after conventional, bur, and air-abrasion preparation of pits and fissures. Pediatr Dent 20:173-176, 1998.
3. Taylor MJ, Lynch E : Microleakage. J Dent 20:3-10, 1992.

4. Retief DH : Do adhesives prevent microleakage? Int Dent J 44:19-26, 1994.
5. Goldstein RE, Parkins FM : Air-abrasive technology: its new role in restorative dentistry. J Am Dent Assoc 125:551-557, 1994.
6. Goldstein RE, Parkins FM : Using air-abrasive technology to diagnose and restore pit and fissure caries. J Am Dent Assoc 126:761-766, 1995.
7. Guirguis R, Lee J, Conry J : Microleakage evaluation of restorations prepared with air abrasion. Pediatr Dent 21:311-315, 1999.
8. Zyskind D, Hirschfeld Z, Fuks AB : Effect of etching on leakage of sealants placed after air abrasion. Pediatr Dent 20:25-27, 1998.
9. Waggoner WF, Siegal M : Pit and fissure sealant application : updating the technique. J Am Dent Assoc 127:351-361, 1996.
10. Clinical Research Associates : Air abrasion, for caries removal. CRA newsletter 21:12, 1997.
11. Ellis RW, Latta MA, Westerman GH : Effect of air abrasion and acid etching on sealant retention : an in vitro study. Pediatr Dent 21:316-319, 1999.
12. Eakle WS, Wong J, Huang H : Microleakage with microabrasion versus acid etched enamel and dentin. J Dent Res 74:31, 1995.
13. Davis G, Waggoner W, Wilson S, Laurell K : Fissure sealants microleakage : comparison of acid etch versus air-abrasion. Pediatr Dent 18:173, 1996.
14. Roeder LB, Berry EA, Powers JM : Bond strength of composite to air-abraded enamel and dentin. Oper Dent 20:186-190, 1995.
15. Keen DS, Parkins FM, Crim GA : Microleakage of composite restorations prepared with air abrasive techniques. J Dent Res 74:36, 1995.
16. Keen DS, von Fraunhofer JA, Parkins M : Air-abrasive "etching": composite to air-abraded enamel and dentin. J Dent Res 73:131, 1994.
17. Laurell K, Lord W, Beck M : Kinetic cavity preparation effects on bonding to enamel and dentin. J Dent Res 72:283, 1993.
18. Wright GZ, Braverman I, Hatibovic-Kofman S : Microleakage of conventional, bur, and air-abrasion prepared fissure sealants. Pediatr Dent 18:165-166, 1996.
19. Going RE : Microleakage around dental restorations: a summarizing review. J Am Dent Assoc 84:1349-1356, 1972.
20. Siverstone LM : Fissure sealants: laboratory stud-

- ies. *Caries Res* 8:2-26, 1974.
21. Park K, Georescu M, Scherer W, Schulman A : Comparison of shear strength, fracture patterns, and microleakage among unfilled, filled, and fluoride-releasing sealants. *Pediatr Dent* 15:418-421, 1993.
  22. Xalabarde A, Garcia-Godoy F, Boj JR, Canalda C : Microleakage of fissure sealants after occlusal enameloplasty and thermocycling. *J Clin Pediatr Dent* 22:231-235, 1998.
  23. 이상현, 이재천, 이상훈 : Sealed amalgam restoration의 미세누출에 관한 연구. *대한소아치과학회지* 27:54-61, 2000.
  24. Manson-Rahemtulla B, Retief DH, Jamison HC : Effect of concentrations of phosphoric acid on enamel dissolution. *J Prosthet Dent* 51:495-498, 1984.
  25. Swift EJ, Perdigao J, Heymann HO : Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art, 1995. *Quintessence Int* 26:95-110, 1995.
  26. Garcia-Godoy F, Gwinnett AJ : Penetration of acid solution and gel in occlusal fissures. *J Am Dent Assoc* 114:809-810, 1987.
  27. 이창우, 김정옥, 이상훈 : 표면 처리방법에 따른 복합레진의 미세누출에 관한 실험적 연구. *대한소아치과학회지* 25:103-115, 1998.
  28. Doty WD, Pettetey D, Holder R, Phillips S : KCP 2000 enamel etching abilities tested. *J Dent Res* 73:411, 1994.
  29. 최경규 : Microabrasive로 처리한 상아질표면에 대한 복합레진의 결합강도에 관한 연구. *경희대학교 대학원 박사 학위 논문*, 1997.
  30. Garcia-Godoy F, Abarzua I, De Goes MF, Chan DCN : Fluoride release from fissure sealants. *J Clin Pediatr Dent* 22:45-49, 1997.
  31. Cooley RL, McCourt JW, Huddleston AM, Casmedes HP : Evaluation of a fluoride-containing sealant by SEM, microleakage, and fluoride release. *Pediatr Dent* 12:38-42, 1990.
  32. Marcushamer M, Neuman E, Garcia-Godoy F : Fluoridated and nonfluoridated unfilled sealants show similar shear strength. *Pediatr Dent* 19:289-290, 1997.
  33. Jensen OE, Billings RJ, Featherstone DB : Clinical evaluation of Fluoroshield pit and fissure sealant. *Clin Prevent Dent* 12:24-27, 1990.
  34. Craig RG : Restorative dental materials. 10th ed, Mosby, St. Louis, USA, pp 267-271, 1997.
  35. O'Brien WJ : Dental materials and their selection. 2nd ed, Quintessence Pub Co., London, UK, pp 97-113, 1997.
  36. Martin FE, Bryant RW : Adaptation and microleakage of composite resin restoration. *Aust Dent J* 29:362-370, 1984.
  37. Rock WP, Weatherill EDT, Anderson RJ : Retention of three fissure sealant resins. The effects of etching agent and curing method. Results over three years. *Br Dent J* 168:323-325, 1990.
  38. Albers HF : Tooth-colored restoratives. 8th ed, Alto book, Santa Rosa, CA, p 5a, 1996.



사진부도

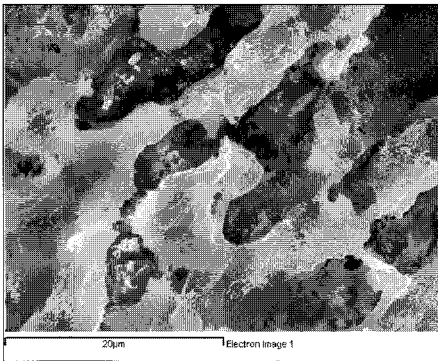


Fig. 3. SEM view for Group 1 ( $\times 3000$ ).

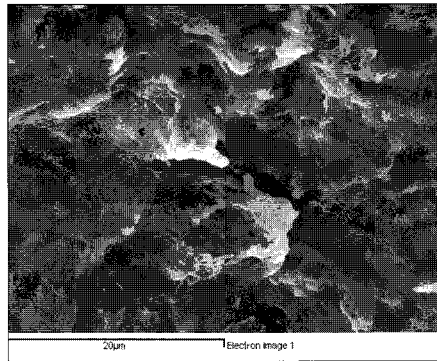


Fig. 4. SEM view for Group 2 ( $\times 3000$ ).

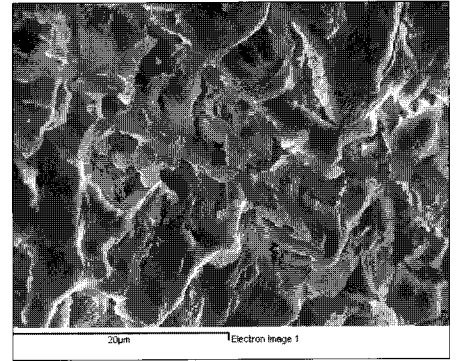


Fig. 5. SEM view for Group 3 ( $\times 3000$ ).

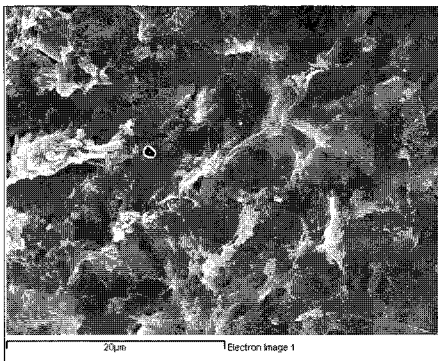


Fig. 6. SEM view for Group 4 ( $\times 3000$ ).

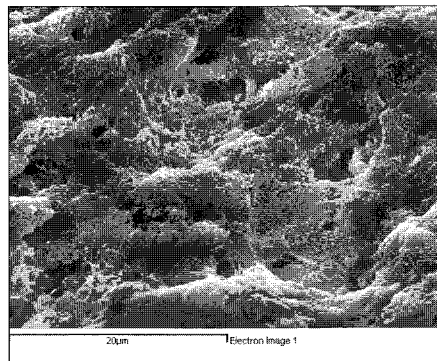


Fig. 7. SEM view for Group 5 ( $\times 3000$ ).

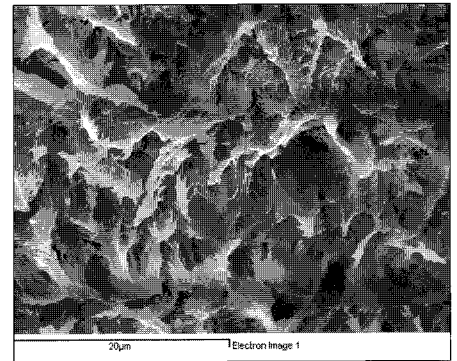


Fig. 8. SEM view for Group 6 ( $\times 3000$ ).

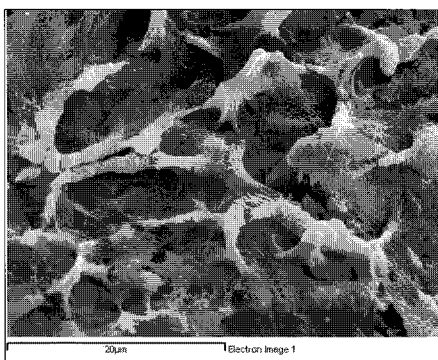


Fig. 9. SEM view for Group 7 ( $\times 3000$ ).

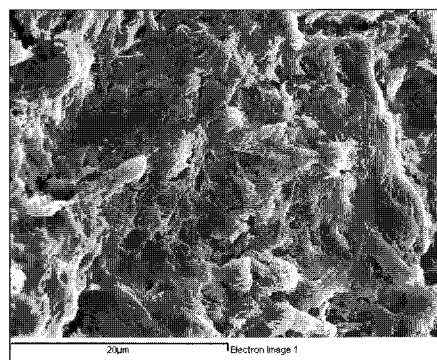


Fig. 10. SEM view for Group 8 ( $\times 3000$ ).

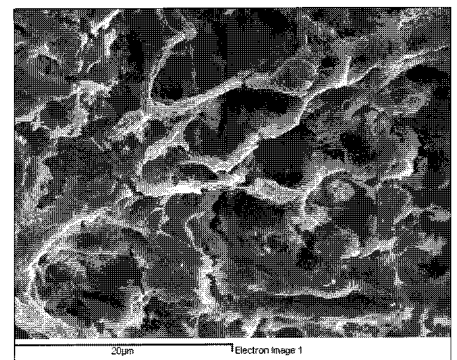


Fig. 11. SEM view for Group 9 ( $\times 3000$ ).

## Abstract

**A STUDY ON MICROLEAKAGE OF PIT AND FISSURE  
SEALANT AFTER ENAMEL SURFACE TREATMENT**

Hong-Keun Hyun, D.D.S., Jung-Wook Kim, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,  
Sang-Hoon Lee, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

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

Recently, the reintroduction of air-abrasion technology in dentistry has added a new potential method of pre-treating teeth prior to placing sealants. The purpose of this in vitro study was to investigate microleakages of several pit and fissure sealants following various surface pre-treatment methods to the enamel, because there was a question concerning the validity of claim that this method was better than the conventional acid etching.

Permanent molars were divided randomly into nine groups and treated accordingly: acid etching(group 1, 4, 7), air-abrasion(group 2, 5, 8), acid etching after air-abrasion(group 3, 6, 9). Then the authors placed and cured the three kinds of sealants(group 1~3: Teethmate-F, group 4~6: Ultraseal XT plus, group 7~9: Densel) according to the manufacturer's order. They were observed to determine the degree of microleakage. And these specimens were separated from the corresponding enamels and examined by Scanning Electron Microscope. The following results were obtained:

1. In comparing microleakage among tooth surface treatment methods, air-abrasion group(group 2, 5, 8) showed the greatest microleakage, while combination(air-abrasion + acid etching) group showed the least ( $p < 0.05$ ). However, no significant differences were found between group 7 and 9.
2. The mean microleakages were ranked as follows( $p < 0.05$ ): In acid etching groups, group 7 > group 4 > group 1. In air-abrasive groups, group 8 > group 5 > group 2. In combination groups, group 9 > group 3 > group 6. However, no significant differences were found between group 4 and 7, between group 2 and 5, and between group 3 and 6.
3. SEM showed that comparably longer resin tags were distributed regularly in acid etching groups and that shorter ones irregularly in air-abrasion groups. It also showed that these two kinds of tags were distributed simultaneously in combination groups.

**Key words** : Microleakage, Air-abrasion, Acid etching, Enamel surface treatment, Sealant, Scanning Electron Microscope