

연마방법에 따른 복합레진의 활택도에 관한 연구 -Atomic Force Microscope를 이용한 연구

경희대학교 치과대학 치과보철학교실

김형섭 · 우이형

목 차

- I. 서 론
- II. 연구재료 및 방법
- III. 연구성적
- IV. 총괄 및 고찰
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록

I. 서 론

1962년 Ray Bowen이 Bis-GMA형태의 복합레진을 개발한 이래로 복합레진은 도재수복물과 함께 심미적인 수복재료로 널리 사용되어 오고 있다. 그러나, 복합레진은 무기질 filler와 레진 기질간의 경도 차이로 인해 활택한 표면을 얻기 어렵다¹⁾. 활택한 면은 만족스런 수복물을 얻기 위한 필수적인 요구 조건중의 하나로서 거친면은 음식물 잔사나 치태 침착을 야기하며, 치은 염증, 치아 경조직의 이차 우식을 초래하고 수복물의 색조 변화를 가져와 결과적으로 수복물이 실패하게 된다²⁻⁵⁾.

표면 활택도에 대한 선학들의 연구에 의하면, matrix strip를 사용해서 얻은 면이 가장 활택했다고 하였으나⁶⁻⁹⁾, 임상적으로 볼때는 matrix strip자체만으로는 술자가 원하는 형태대로 형성

되지 않고 여분의 레진이 생기기도 하며, matrix strip에 의해 얻은 표면은 filler의 함량이 적고 레진 기질이 많이 존재하며 경도가 낮아 구강내 환경하에서 시간경과에 따라 쉽게 마모가 일어나 filler 입자가 노출되어 결과적으로 거친 표면을 갖게 된다. 이런 이유들 때문에 복합레진으로 수복한 경우에는 연마과정이 필요하게 된다¹⁰⁻¹²⁾.

복합 레진의 연마 방법은 복합레진의 개발과 연마기구, 연마방법의 향상에 따라 다소의 차이점을 나타내고 있다. 1970년대 macrofill 복합레진 시기에는 텅스텐 카바이드 바, 다이아몬드 디스크, 셀리콘 카바이드 디스크, white stone, silicone rubber abrasive, white aluminum point 등^{6,8,9,13-18)}이 우수한 결과를 보인다고 보고되었다.

1978년 microfill 복합레진이 개발된 이후에는 aluminum-oxide disc가 활택한 표면을 얻는데 적절하다고 보고한 연구들이 많았으며, hybrid 복합레진의 경우에서도 aluminum-oxide disc로 연마한 면이 활택했으며¹⁹⁻²⁵⁾, 연마 기구 뿐만 아니라 연마재로서 polishing paste의 효용성을 부각시킨 연구들도 있었다^{26,27)}.

이와같이, 어느 치과 수복재료보다도 더 엄격한 심미성을 요구하는 복합레진의 최종 연마표면이 지니는 임상적 의의에 따라, 이를 개선시키기 위한 노력은 끊임없이 계속되어 왔다.

통상적으로 복합레진의 표면활택도에 관한 연

구방법으로는 profilometer를 이용하여 정량적으로 계측하는 방법^{6,7,16,25,27)}이 있고, 주사 전자현미경(SEM)을 이용하여 표면의 성상을 분석하는 방법^{1,2,3,4,8,9,11,12,13,19,20,21,33,35)}이 이용되어 왔다. 또한 위의 두 방법을 동시에 시행하여 정량적인 면 뿐만 아니라, 정성적인 면에서도 비교 관찰한 연구들^{6,7,10,14,15,17,18,22,32)}도 많이 시도되어 왔다. 그러나, 동일 표면에 대한 주사전자현미경상의 정성적 관찰과 동시에 이를 정량적으로 계측, 비교 연구한 보고는 없었으며 Horton등¹⁵⁾은 profilometer로 계측한 결과와 SEM으로 관찰한 결과간에 상이한 점이 있었는데, 이는 SEM상에서의 주관적인 평가보다는 profilometer의 stylus를 반복해서 사용한 결과라고 언급하였다. Hannah등¹¹⁾은 주사전자현미경 시편은 탈수현상 때문에 수복재료와 치질사이에서 체적변화를 일으킨다고 했다.

이처럼 동시에 정성적, 정량적인 분석을 할 수 있는 방법이 Atomic Force Microscope(AFM)이 개발된 이후에 가능하게 되었다. AFM은 Binnig, Quate, Gerber에 의해 개발된 scanning probe microscope의 일종으로 시편에 손상을 주지 않고 원자단위까지 표면 구조를 3차원적으로 형상화할 수 있고 표면의 변화 양상을 실시간으로 관찰할 수 있으며 정량적인 분석이 가능하여 공학분야, 생물학 분야 등 여러 분야에서 응용하여 사용

하고 있다^{28,29)}. 치의학분야에서는 Marshall등³⁰⁾이 상아질에 상아질 전처치제를 처리하여 시간 경과에 따른 상아질의 탈회 정도를 관찰하였고, Cassinelli등³¹⁾은 상아질 접착제의 접착 기전에 대해 연구하였다.

본 연구에서는 AFM을 이용하여 여러 연마 기구 및 연마방법에 따른 충전용, 전장관용 복합레진의 표면활택도에 대해서 비교 연구하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구 재료

본 실험에서는 충전용 microfill 복합레진 2종, 충전용 hybrid 복합레진 2종(Table 1.), 전장관용 hybrid 복합레진 3종을 사용하였다(Table 2.).

연마에 사용한 기구는 carbide bur, diamond bur, aluminum-oxide disc, white stone bur & rubber point, diamond-particle disc의 5종을 사했다(Table 3.).

2. 연구 방법

가. 시편 제작

시편은 slide glass위에 내경 8.5mm, 두께 2

Table 1. Restorative composite resins used in this study

Product name	Type	Manufacturer
Silux Plus	microfill	3M Dental Products, U.S.A.
Charisma	microfill	Heraeus Kulzer, Germany
Prisma TPH	hybrid	L.D.Caulk, Dentsply, U.S.A.
Photoclearfil	hybrid	Kuraray, Japan

Table 2. Veneering composite resins used in this study

Product name	Type	Manufacturer
Cesead	hybrid	Kuraray, Japan
Thermoresin LC	hybrid	GC, Japan
Artglass	hybrid	Heraeus Kulzer, Germany

Table 3. Polishing instruments used in this study

Instrument	Product name	Manufacturer
carbide bur	E.T. carbide set 4159	Komet, Germany
diamond bur	Composite resin polishing bur set	GC, Japan
Al ₂ O ₃ disc	Sof-Lex Pop-On	3M Dental Products, U.S.A.
white stone bur & rubber point	Composite finishing kit	EDENTA, Swiss
diamond-particle disc	Dia-Finish	Renfert, Germany

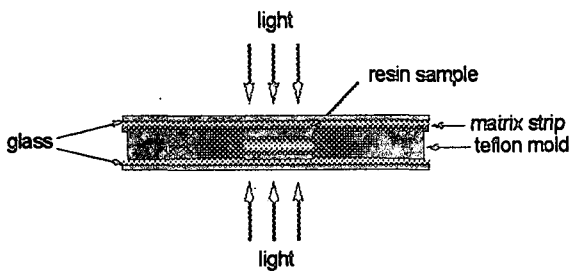


Fig.1-A. Schematic diagram of specimen preparation

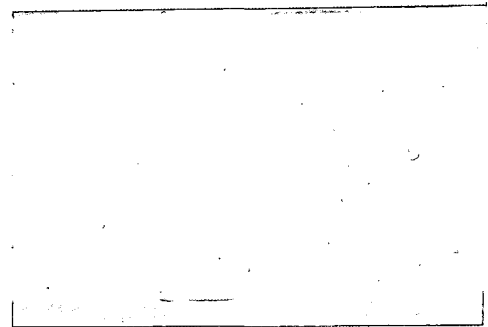


Fig.1-B. An example of specimen

mm의 Teflon주형에 복합레진을 충전하여 polyester matrix strip으로 피개하고 다시 slide glass로 덮은 후 지압하여 여분의 레진을 제거한 후 광조사기(Visilux 2, 3M Dental Products, U.S.A.)로 제조회사의 지시에 따라서 광중합시켜서 제작하였다(Fig. 1.).

나. 연마

각각의 복합레진을 polyester matrix strip을 부착하고 광중합한 후 연마를 행하지 않은 대조군을 제외한 실험군에 대해서는 #600 사포로 1분간 주수하에 손으로 연마한 후 각각의 실험군에 대하여 연마 기구 제조회사의 지시에 따라 순차적으로 연마하였다.

① carbide bur의 경우는 고속회전 절삭기구로 분당 250,000회전으로 주수하에 육안으로 연마면을 확인하여 점차적으로 거친것부터 8 blade (ET), 16 blade(ETF), 30 blade(ETUF) 순으로 연마하였다.

② diamond bur는 고속회전 절삭기구로 분당 250,000회전으로 주수하에 육안으로 연마면을 확인하면서 fine diamond bur로 연마 후 extrafine diamond bur로 연마하였다.

③ aluminum-oxide disc의 경우는 Sof-lex Pop-On disc를 사용하여 저속회전 절삭기구로 분당 30,000 회전으로 coarse, medium, fine disc는 주수하에 superfine disc는 주수없이 건조 상태에서 같은 방향을 유지하며 순차적으로 연마하였다.

④ white stone bur & rubber point는 composite finishing kit(EDENTA., Swiss)를 사용하였으며, 저속회전 절삭기구로 분당 30,000회전으로 white stone bur는 주수하에, rubber point는 건조한 상태에서 같은 방향을 유지하며 연마하였다.

⑤ diamond-particle disc는 저속회전 절삭기구로 분당 30,000회전으로 건조한 상태에서 육안으로 연마면을 확인하면서 연마하였다.

다. Atomic Force Microscope 분석

AFM은 AutoProbe CP (Park Scientific Instruments, U.S.A.)를 이용하였다. AutoProbe CP에서 scanning한 정보를 영상화하기 위한 workstation은 66MHz, 256KB cash memory, 16MB RAM의 486 processor를 이용하였으며, operating system은 Windows 3.1 (Microsoft Corporation, U.S.A.)였다. monitor는 super VGA graphics이 내장된 17" Trinitron (Sony, Japan) 사용하였다.

AFM 관찰을 위하여 5 μ m scanner와 cantilever에 0.5-0.01N/m의 폭넓은 force constants를 갖는 silicon nitride(Si₃N₄) tip을 사용하였으며 contact mode와 constant height mode에서 관찰하였고, scan 크기는 가로, 세로 각 3 μ m이고 scan rate는 평균 2.00Hz, scan시 가해지는 힘은 평균 31.2 nN였으며, data 크기는 256 \times 256 pixels이었다.

먼저 각 시편을 AutoProbe CP에 달려있는 광학현미경으로 200배로 확대하여 monitor 하에서 관찰한 후, 흠집이 없고 가장 활택한 부분을 임의로 4부분을 정해 정밀측정, 관찰하였다.

관찰된 상은 3차원적으로 재구성하였고, 프로그램상에 있는 region analysis를 이용하여 Mean height, Ave(average) roughness 값을 구하였다. Mean height와 average roughness의 수학적인 의미는 아래와 같다.

$$Z = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N Z_n, \quad Z = \text{mean } Z \text{ height}$$

Z = 각 측정점의 height (vertical amplitude)

$$R_{ave} = \sum_{n=1}^N \frac{|Z_n - Z|}{N}, \quad Z = \text{mean } Z \text{ height}$$

라. 유의성 검증

각 복합레진별로 대조군에 비해 실험군들이 표면연마를 함에 따라 표면거칠기의 변화에 대한 통계학적인 유의성 검증은 R_{ave} 값을 Student T-test를 이용하여 비교 시행하였으며 ANOVA test와 Tukey's Studentized Range(HSD) test를 이용하여 각 복합레진별로 통계학적으로 유의성이 있는 비슷한 표면활택도를 나타낸 연마 기구를, 또한 각 연마기구별로 통계학적으로 유

의성이 있는 비슷한 표면활택도를 나타내는 복합레진을 grouping했다.

III. 연구성적

본 실험에서 AFM으로 관찰, 측정하여 얻은 각 연마 방법에 따른 충전용, 전장관용 복합레진의 Mean height 와 Average roughness 값과 3차원적으로 재구성하여 얻은 그림은 다음과 같다(Table 4., 5., Fig. 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8.).

각 복합레진에서 대조군과 연마를 시행한 실험군 모두를 비교한 결과 Thermoresin LC군을 제외한 각 복합레진군 모두에서 polyester matrix strip으로 얻은 표면이 가장 활택하게 나왔으며 연마를 시행함으로 인해 오히려 더 거칠게 나왔으며 이는 통계학적으로 유의성이 있었다(Table 6.).

가. 각 복합레진별로 연마방법에 따른 표면활택도의 차이

- ① 충전용 microfill 복합레진 중 Silux Plus군에서는 polyester matrix strip에 의해 얻은 면이 가장 활택하였고 Al₂O₃ disc가 그다음으로 활택하였으며, white stone bur & rubber point, diamond-particle disc, carbide bur, diamond bur 순으로 표면거칠기가 증가하였으며 통계학적으로 유의성이 있었다(p<0.05). Tukey's grouping 결과 diamond bur와 white stone bur & rubber point, Al₂O₃ disc, polyester matrix strip 간에는 통계학적으로 유의차가 있었지만 white stone bur & rubber point, Al₂O₃ disc, polyester matrix strip간에는 상호간에 유의차가 없었다(Table 7.).
- ② Charisma군에서는 polyester matrix strip에 의해 얻은 면이 역시 가장 활택하였고, white stone bur & rubber point, Al₂O₃ disc, diamond-particle disc, diamond bur, carbide bur 순으로 표면 거칠기가 증가하였으며 통계학적으로 유의성이 있었다(p<0.05). Tukey's grouping 결과는 polyester matrix strip과 diamond bur간에 통계학적으로 유의차가 있었다(Table 8.).

Table 4. Mean height of the tested specimens before and after polishing

unit: Å

		control	carbide bur	diamond bur	Al ₂ O ₃ disc	diamond-particle disc	white stone bur & rubber point
SP	mean	320.75	965.50	1874.75	502.25	902.75	643.25
	S.D.	107.54	165.38	612.32	235.61	152.30	132.77
CH	mean	539.25	1407.50	1806.75	1283.75	1711.75	853.50
	S.D.	232.98	515.42	487.48	284.29	444.78	142.86
PT	mean	255.25	2963.75	3857.00	730.00	2389.00	1208.75
	S.D.	119.89	1411.84	902.29	182.62	935.73	433.65
PC	mean	284.50	1841.25	1540.00	279.50	1204.00	659.75
	S.D.	66.10	1311.95	562.50	88.58	143.42	163.63
CE	mean	188.25	1147.25	1417.00	500.50	801.75	765.25
	S.D.	84.97	327.88	409.88	51.03	206.48	358.89
TR	mean	1297.25	1168.75	1340.25	1131.75	1161.75	786.75
	S.D.	696.74	370.60	464.10	341.21	295.55	146.78
AG	mean	574.75	1892.50	2194.25	515.00	1093.75	1309.25
	S.D.	190.08	131.99	679.94	63.44	275.45	509.25

SP : Silux Plus CH : Charisma PT : Prisma THP PC : Photoclearfil CE : Cesead TR : Thermoresin LC AG : Artglass

Table 5. Average roughness of the tested specimens before and after polishing

unit: Å

		control	carbide bur	diamond bur	Al ₂ O ₃ disc	diamond-particle disc	white stone bur & rubber point
SP	mean	44.00	170.75	357.25	79.75	171.75	111.50
	S.D.	20.07	92.37	223.99	46.70	11.79	29.05
CH	mean	81.25	432.75	404.25	277.25	292.00	131.00
	S.D.	9.60	298.99	95.48	59.05	68.60	22.24
PT	mean	27.75	670.25	889.75	136.25	495.25	152.75
	S.D.	4.19	332.18	167.65	24.07	244.24	40.82
PC	mean	33.25	404.00	283.50	43.00	177.75	129.75
	S.D.	14.36	313.97	83.64	11.34	16.82	27.70
CE	mean	23.50	198.75	274.00	97.25	138.50	130.25
	S.D.	9.27	73.80	71.76	14.72	11.09	70.79
TR	mean	219.00	179.00	230.75	207.75	201.25	121.50
	S.D.	78.83	44.68	65.41	44.51	49.14	27.57
AG	mean	84.00	305.75	407.25	96.75	210.50	212.00
	S.D.	25.79	56.64	130.22	15.24	29.59	80.19

SP : Silux Plus CH : Charisma PT : Prisma THP PC : Photoclearfil CE : Cesead TR : Thermoresin LC AG : Artglass

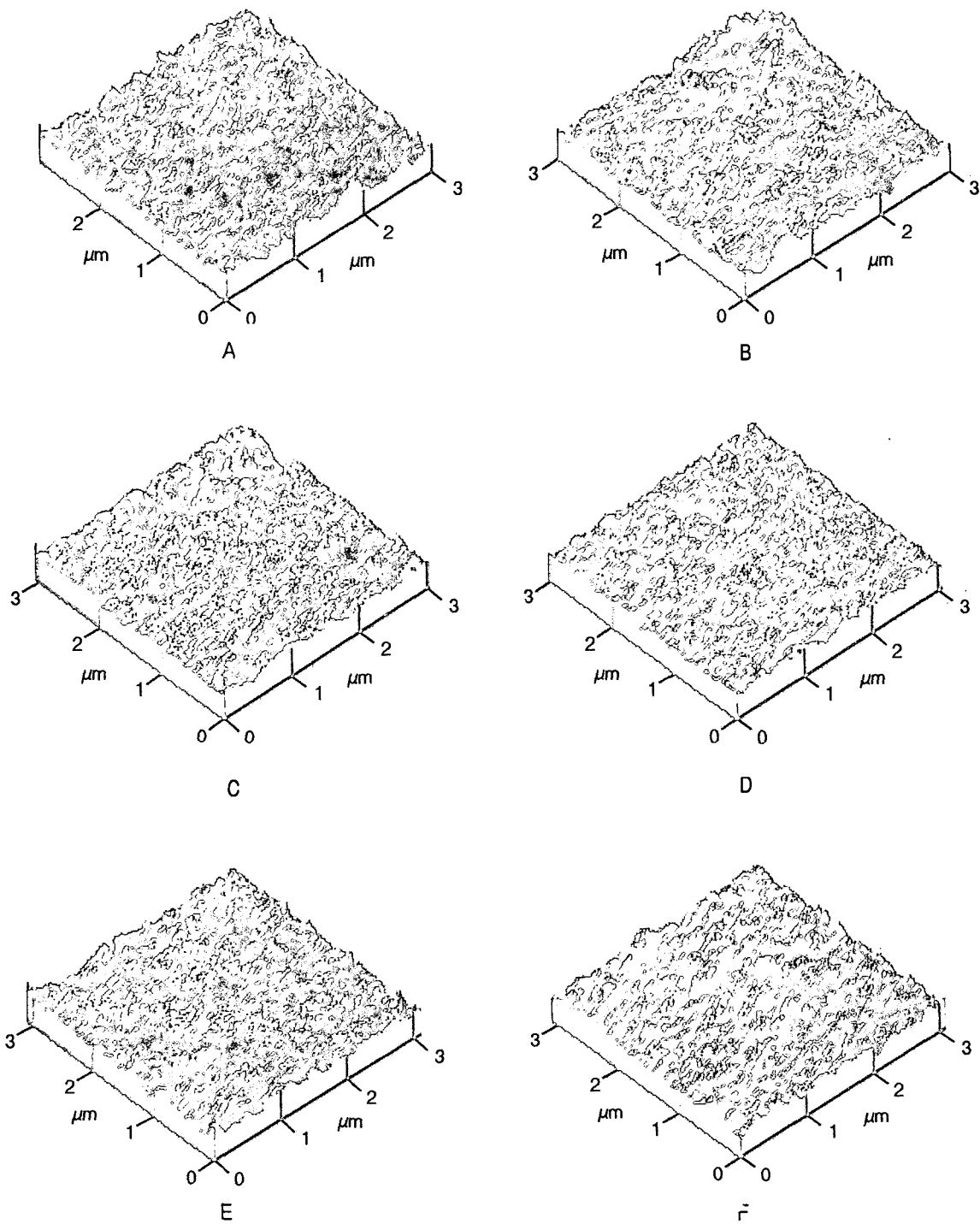


Fig. 2. Three dimensional AFM images of Silux Plus. Scan size is $3 \times 3 \mu\text{m}$.
 A : control B : carbide bur C : diamond bur D : aluminum-oxide disc
 E : diamond-particle disc F : white stone bur & rubber point

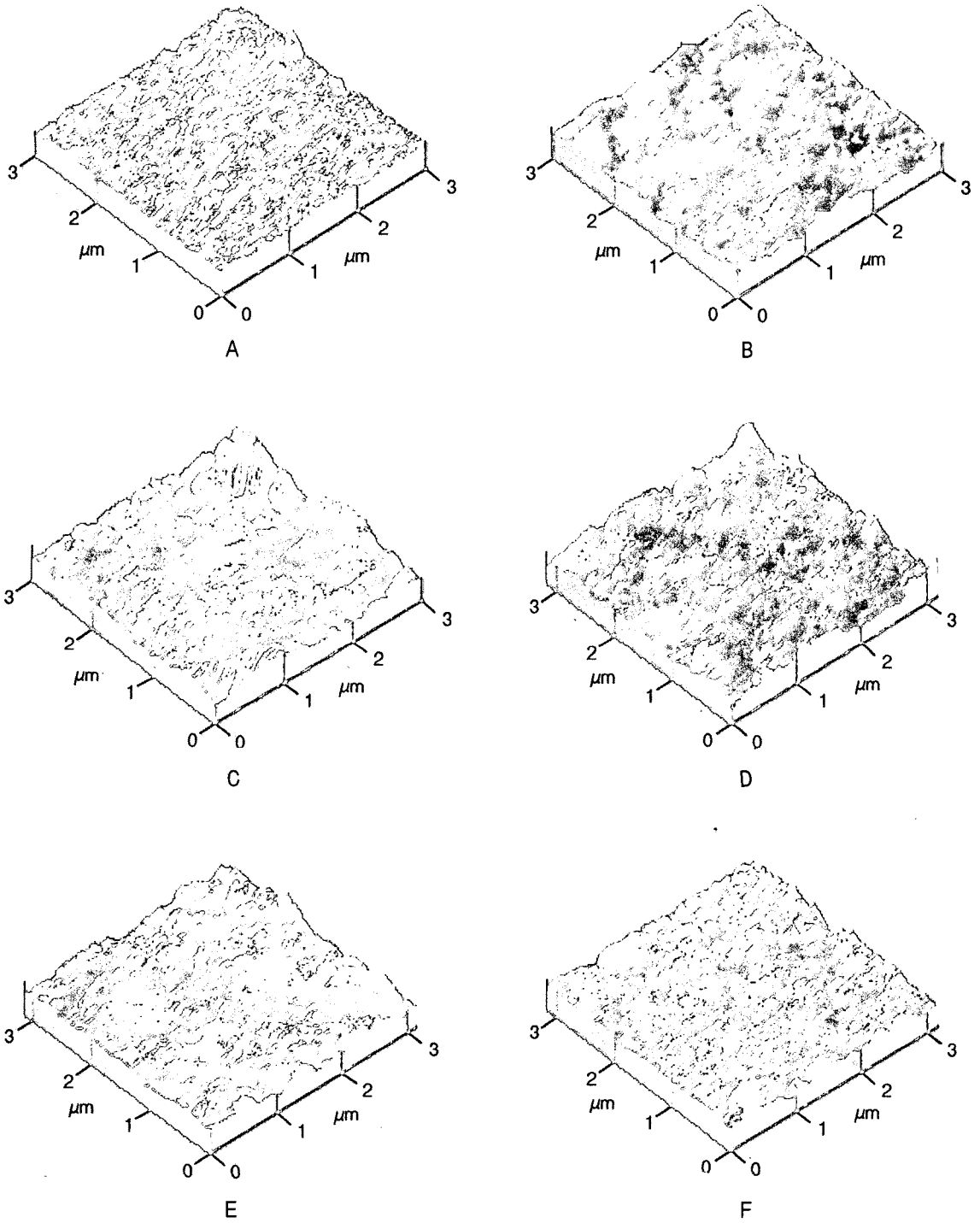


Fig. 3. Three dimensional AFM images of Charisma. Scan size is $3 \times 3 \mu\text{m}$.
 A : control B : carbide bur C : diamond bur D : aluminum-oxide disc
 E : diamond-particle disc F : white stone bur & rubber point

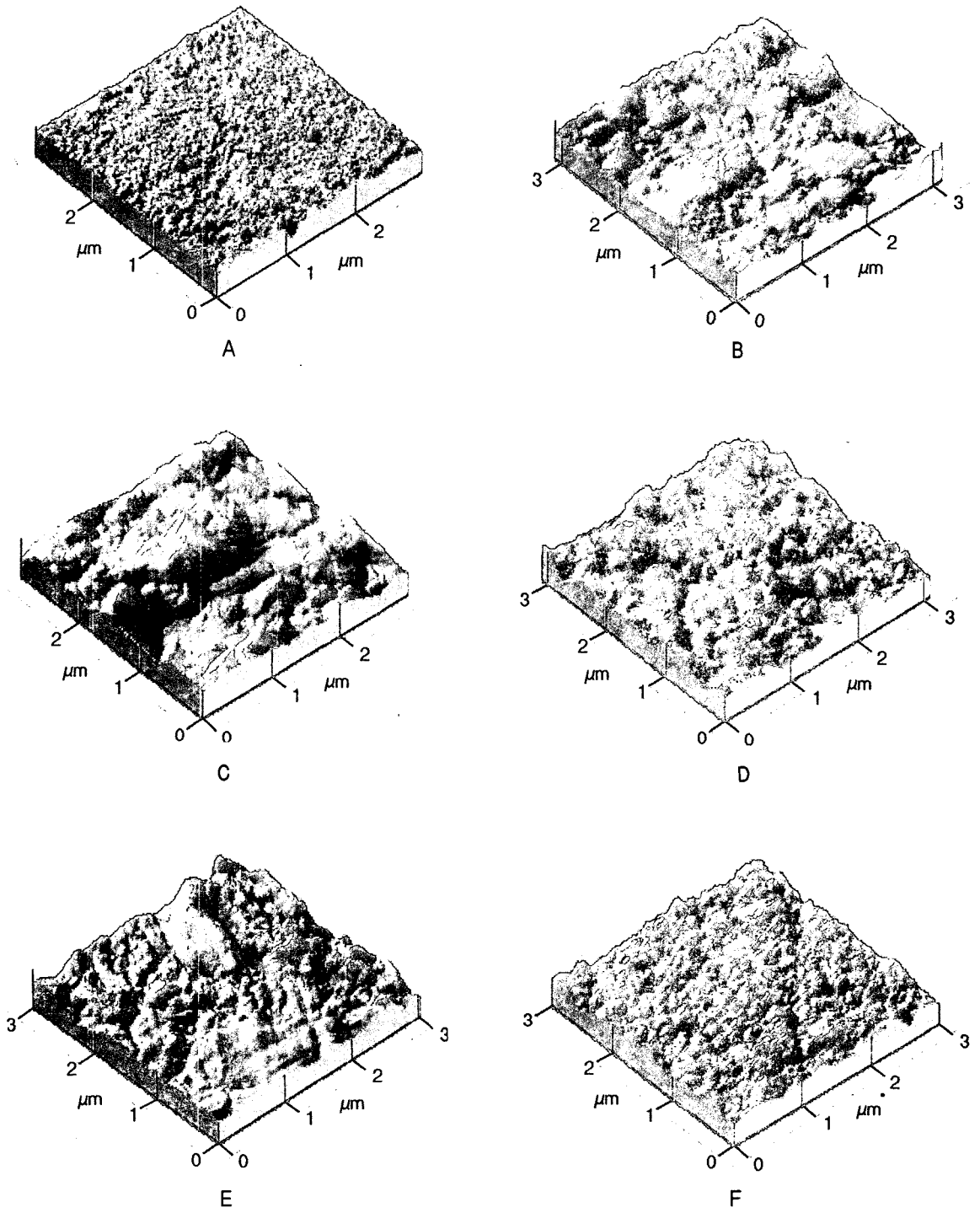


Fig. 4. Three dimensional AFM images of Prisma TPH. Scan size is $3 \times 3 \mu\text{m}$.
 A : control B : carbide bur C : diamond bur D : aluminum-oxide disc
 E : diamond-particle disc F : white stone bur & rubber point

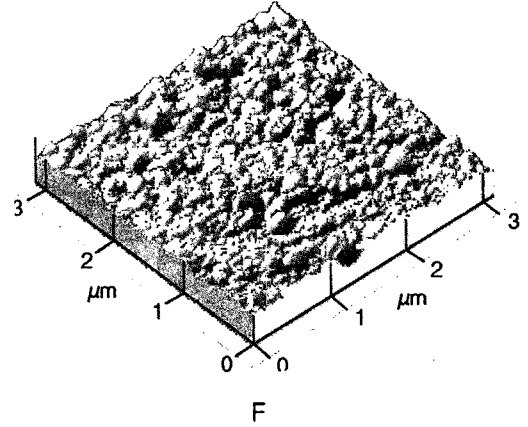
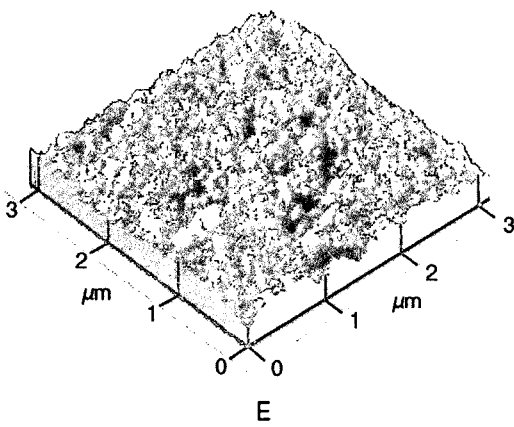
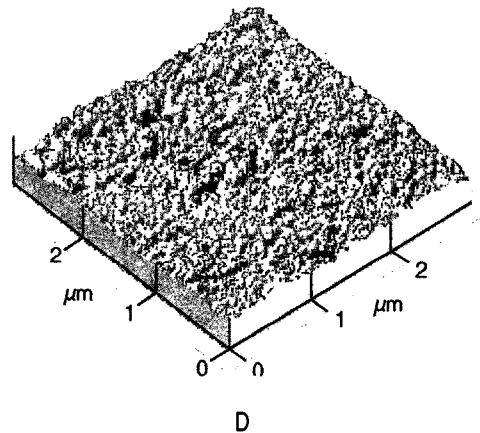
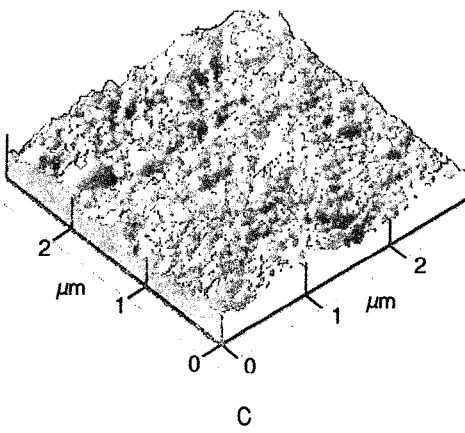
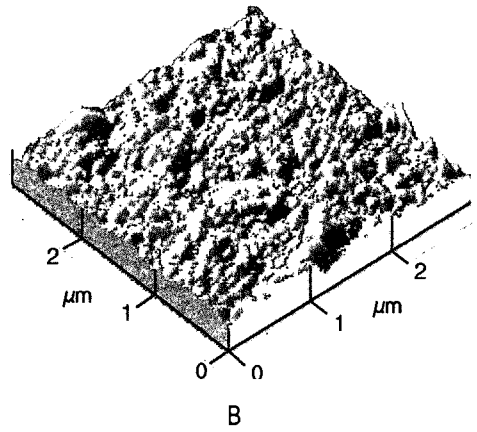
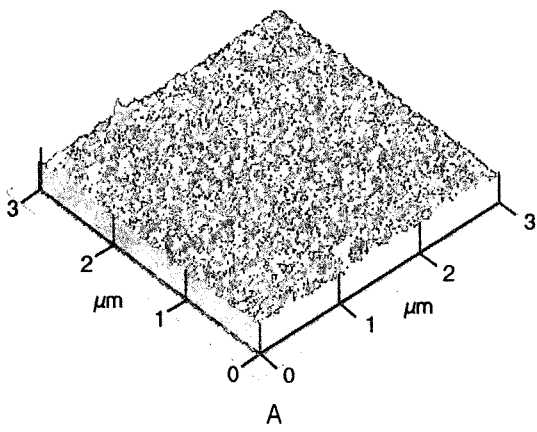


Fig. 5. Three dimensional AFM images of Photoclearfil. Scan size is $3 \times 3 \mu\text{m}$.
 A : control B : carbide bur C : diamond bur D : aluminum-oxide disc
 E : diamond-particle disc F : white stone bur & rubber point

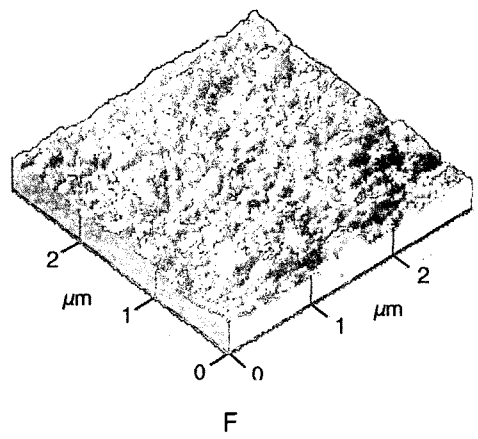
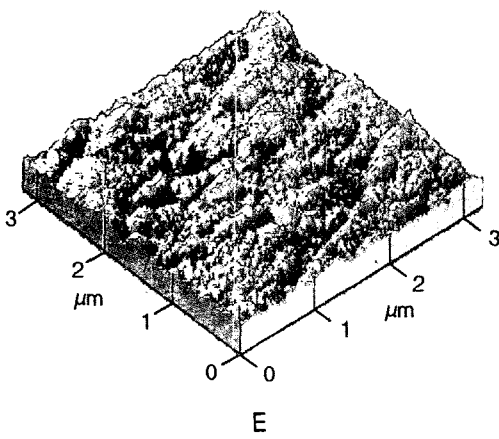
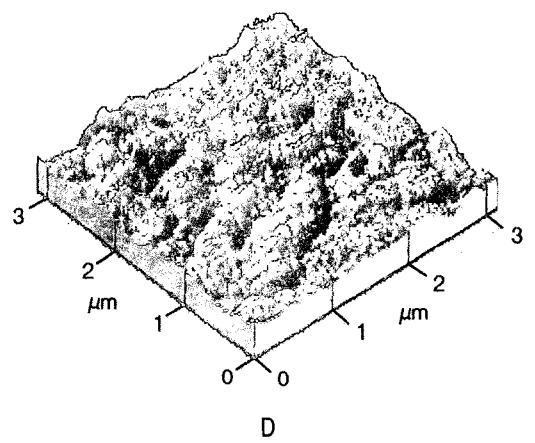
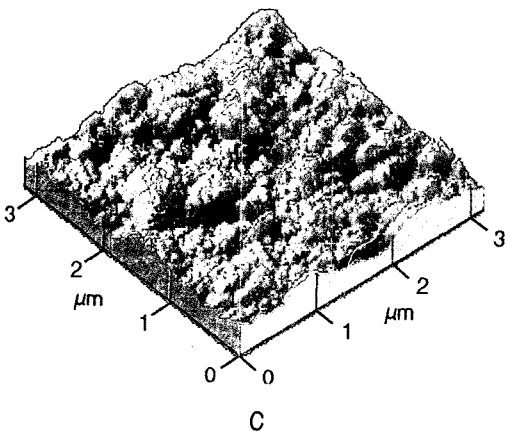
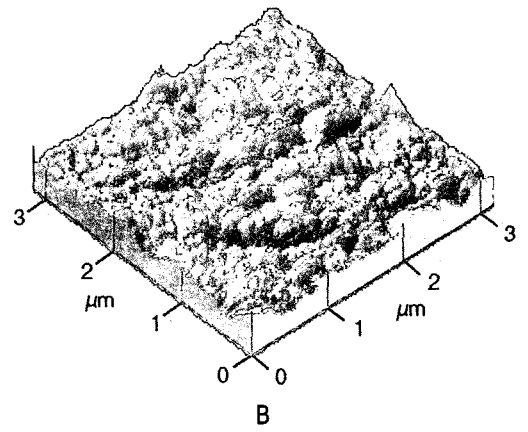
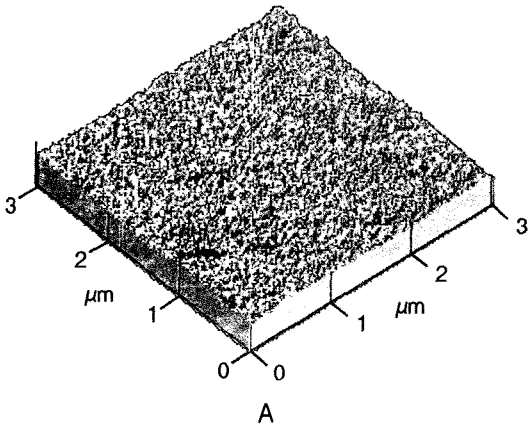


Fig. 6. Three dimensional AFM images of Cesead. Scan size is $3 \times 3 \mu\text{m}$.
 A: control B: carbide bur C: diamond bur D: aluminum-oxide disc
 E: diamond-particle disc F: white stone bur & rubber point

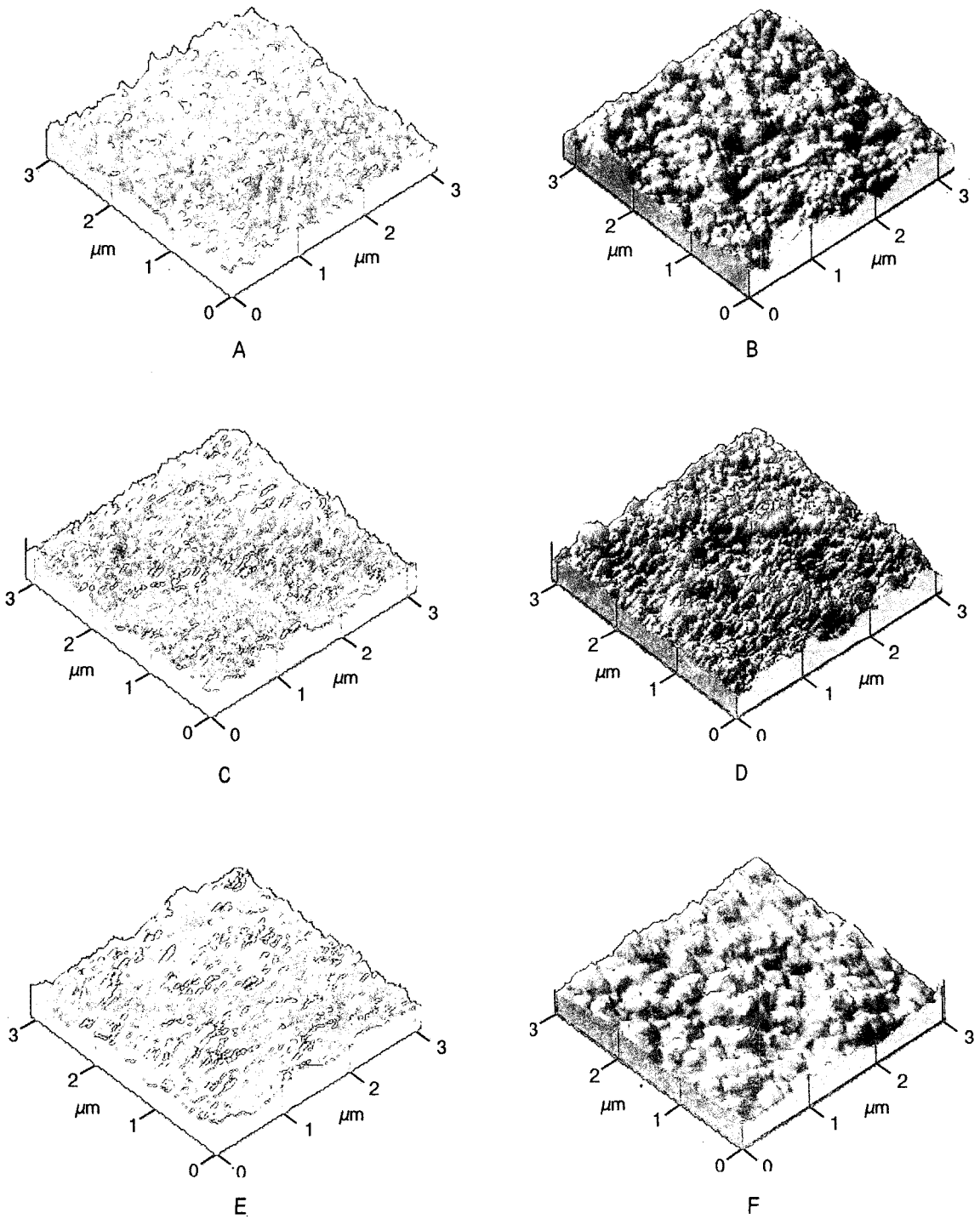


Fig. 7. Three dimensional AFM images of Thermoresin LC. Scan size is $3 \times 3 \mu\text{m}$.
 A: control B: carbide bur C: diamond bur D: aluminum-oxide disc
 E: diamond-particle disc F: white stone bur & rubber point

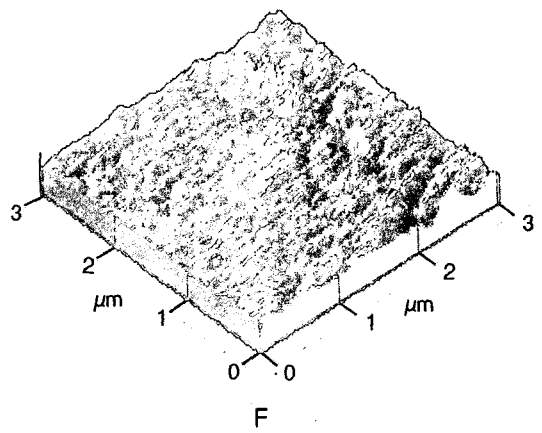
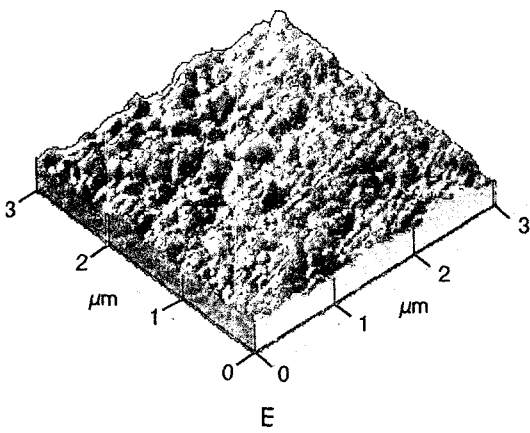
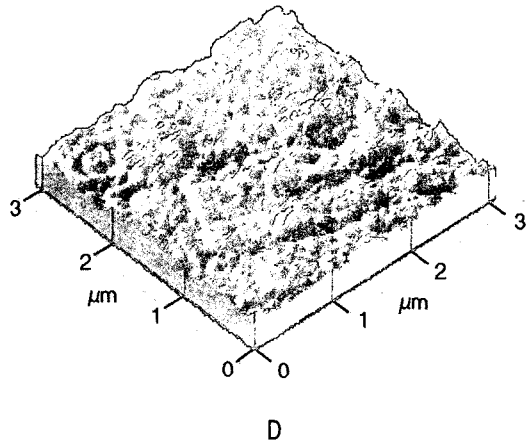
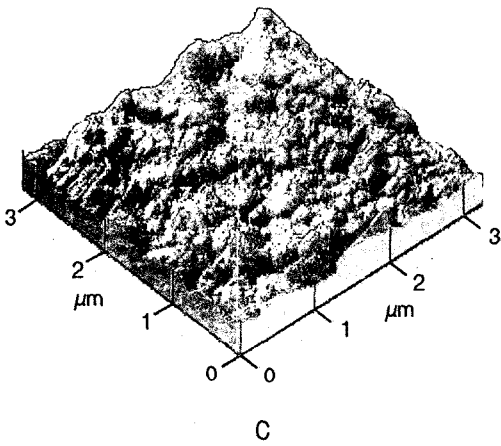
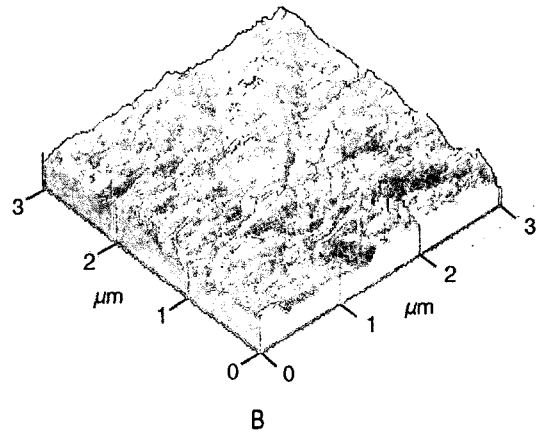
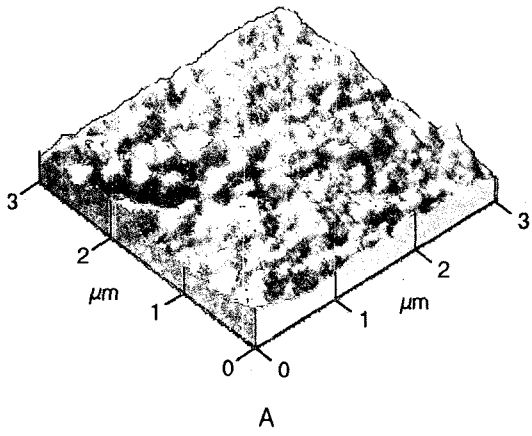


Fig. 8. Three dimensional AFM images of Artglass. Scan size is $3 \times 3 \mu\text{m}$.
 A : control B : carbide bur C : diamond bur D : aluminum-oxide disc
 E : diamond-particle disc F : white stone bur & rubber point

Table 6. Comparison of surface roughness between contrast group and experimental groups

	p-value	
Silux Plus	0.0728	*
Charisma	0.0160	**
Prisma TPH	0.0212	**
Photoclearfil	0.0742	*
Cesead	0.0021	***
Thermoresin LC	0.3604	
Artglass	0.0190	**

* : P<0.1 ** : 0.01<P<0.05 *** : P<0.01

③ 충전용 hybrid 복합레진 중 Prisma TPH군에서는 polyester matrix strip, Al₂O₃ disc,

white stone bur & rubber point, diamond-particle disc, carbide bur, diamond bur 순으로 표면거칠기가 증가하였으며 통계학적으로 유의성이 있었다(p<0.05). Tukey's grouping 결과 diamond bur, carbide bur와 polyester matrix strip간에는 통계학적으로 유의차가 있지만, diamond bur와 carbide bur를 상호 비교하면 유의성이 없었다(Table 9).

④ Photoclearfil군에서는 polyester matrix strip, Al₂O₃ disc, white stone bur & rubber point, diamond-particle disc, diamond bur, carbide bur 순으로 표면거칠기가 증가하였으며 통계학적으로 유의성이 있었다(p<0.05). Tukey's grouping 결과 polyester matrix strip, Al₂O₃ disc와 carbide bur간에는 유의차가 있었지만 polyester matrix strip과 Al₂O₃ disc 간

Table 7. Comparison of surface roughness among the polishing instruments on Silux Plus.

	Mean(Å)	Grouping	
diamond bur	357.25	A	
diamond-particle disc	171.75	A	B
carbide bur	170.75	A	B
white stone bur & rubber point	111.50		B
Al ₂ O ₃ disc	79.75		B
polyester matrix strip	44.00		B

Tukey's Studentized Range (HSD) Test

Means with the same letters are not significantly different at the 0.05 level.

Table 8. Comparison of surface roughness among the polishing instruments on Charisma

	Mean(Å)	Grouping		
carbide bur	432.75	A		
diamond bur	404.25	A	B	
diamond-particle disc	292.00	A	B	C
Al ₂ O ₃ disc	277.25	A	B	C
white stone bur & rubber point	131.00		B	C
polyester matrix strip	81.25			C

Tukey's Studentized Range (HSD) Test

Means with the same letters are not significantly different at the 0.05 level.

Table 9. Comparison of surface roughness among the polishing instruments on Prisma TPH

	Mean(Å)	Grouping	
diamond bur	889.75	A	
carbide bur	670.25	A	
diamond-particle disc	495.25	A	B
white stone bur & rubber point	152.75		B C
Al ₂ O ₃ disc	136.25		B C
polyester matrix strip	27.75		C

Tukey's Studentized Range (HSD) Test

Means with the same letters are not significantly different at the 0.05 level.

Table 10. Comparison of surface roughness among the polishing instruments on Photoclearfil

	Mean(Å)	Grouping	
carbide bur	404.00	A	
diamond bur	283.50	A	B
diamond-particle disc	177.75	A	B
white stone bur & rubber point	129.75	A	B
Al ₂ O ₃ disc	43.00		B
polyester matrix strip	33.25		B

Tukey's Studentized Range (HSD) Test

Means with the same letters are not significantly different at the 0.05 level.

Table 11. Comparison of surface roughness among the polishing instruments on Cesead

	Mean(Å)	Grouping	
diamond bur	274.00	A	
carbide bur	198.75	A	B
diamond-particle disc	138.50		B C
white stone bur & rubber point	130.25		B C
Al ₂ O ₃ disc	97.25		B C
polyester matrix strip	23.50		C

Tukey's Studentized Range (HSD) Test

Means with the same letters are not significantly different at the 0.05 level.

에는 유의차가 없었다(Table 10.).

- ⑤ 전장관용 복합레진 중 Cesead 군에서는 polyester matrix strip, Al₂O₃ disc, white stone

bur & rubber point, diamond-particle disc, carbide bur, diamond bur 순으로 표면거칠기가 증가하였으며 통계학적으로 유의성이

Table 12. Comparison of surface roughness among the polishing instruments on Thermoresin LC

	Mean(Å)	Grouping
diamond bur	230.75	A
polyester matrix strip	219.00	A
Al ₂ O ₃ disc	207.75	A
diamond-particle disc	201.25	A
carbide bur	179.00	A
white stone bur & rubber point	121.50	A

Tukey's Studentized Range (HSD) Test

Means with the same letters are not significantly different at the 0.05 level.

Table 13. Comparison of surface roughness among the polishing instruments on Artglass

	Mean(Å)	Grouping	
diamond bur	407.25	A	
carbide bur	305.75	A	B
white stone bur & rubber point	212.00		B C
diamond-particle disc	210.50		B C
Al ₂ O ₃ disc	96.75		C
polyester matrix strip	84.00		C

Tukey's Studentized Range (HSD) Test

Means with the same letters are not significantly different at the 0.05 level.

있었다($p < 0.05$). Tukey's grouping 결과 diamond bur와 polyester matrix strip 간에 통계학적으로 유의차가 있었다(Table 11.).

- ⑥ Thermoresin LC 군에서는 white stone bur & rubber point, carbide bur, diamond-particle disc, Al₂O₃ disc, polyester matrix strip, diamond bur 순으로 표면거칠기가 증가하였지만 통계학적으로 유의성이 없는 것으로 나타났다($p > 0.05$)(Table 12.).
- ⑦ Artglass 군에서는 polyester matrix strip, Al₂O₃ disc, diamond-particle disc, white stone bur & rubber point, carbide bur, diamond bur 순으로 표면거칠기가 증가하였으며 이는 통계학적으로 유의성이 있었다($P < 0.05$). Tukey's grouping 결과 diamond bur와 Al₂O₃ disc, polyester matrix strip간에는

통계학적으로 유의성이 있었지만 Al₂O₃ disc와 polyester matrix strip를 상호 비교해보면 통계학적으로 유의성이 없었다(Table 13.).

나. 각 연마기구별로 복합레진에 대한 표면활택도의 차이

- ① polyester matrix strip은 Thermoresin LC군이 다른 복합레진보다 더 거친 표면활택도를 나타냈으며 이 차이는 통계학적으로 유의성이 있었다(Table 14.).
- ② carbide bur에서는 Silux Plus군, Thermoresin LC군과 Prisma TPH군 간에 통계학적으로 유의성이 있는 표면활택도의 차이를 나타냈으며 Silux Plus군과 Thermoresin LC군 상호간에는 유의한 차이를 보이지 않았다

Table 14. Comparison of surface roughness among the composite resins on polyester matrix strip

	Mean(Å)	Grouping
Thermoresin LC	219.00	A
Artglass	84.00	B
Charisma	81.25	B
Silux Plus	44.00	B
Photoclearfil	33.25	B
Prisma TPH	27.75	B
Cesead	23.50	B

Tukey's Studentized Range (HSD) Test

Means with the same letters are not significantly different at the 0.05 level.

Table 16. Comparison of surface roughness among the composite resins on diamond bur

	Mean(Å)	Grouping
Prisma TPH	889.75	A
Artglass	407.25	B
Charisma	404.25	B
Silux Plus	357.25	B
Photoclearfil	283.50	B
Cesead	274.00	B
Thermoresin LC	230.75	B

Tukey's Studentized Range (HSD) Test

Means with the same letters are not significantly different at the 0.05 level.

(Table 15).

- ③ diamond bur에서는 Prisma TPH군이 다른 복합레진보다 더 거친 표면활택도를 나타냈으며 이는 통계학적으로 유의성이 있었다 (Table 16).
- ④ Al₂O₃ disc에서는 Photoclearfil군이 가장 활택한 표면을 보였으며 Charisma군이 가장 거친 표면을 보였고 이러한 차이는 통계학적으로 유의성이 있었다 (Table 17).
- ⑤ diamond-particle disc에서는 Prisma TPH군

Table 15. Comparison of surface roughness among the composite resins on carbide bur

	Mean(Å)	Grouping
Prisma TPH	670.25	A
Charisma	432.75	A B
Photoclearfil	404.00	A B
Artglass	305.75	A B
Cesead	198.75	A B
Thermoresin LC	179.00	B
Silux Plus	170.75	B

Tukey's Studentized Range (HSD) Test

Means with the same letters are not significantly different at the 0.05 level.

Table 17. Comparison of surface roughness among the composite resins on Al₂O₃ disc

	Mean(Å)	Grouping
Charisma	277.25	A
Thermoresin LC	207.75	A B
Prisma TPH	136.25	B C
Cesead	97.25	C D
Artglass	96.75	C D
Silux Plus	79.75	C D
Photoclearfil	43.00	D

Tukey's Studentized Range (HSD) Test

Means with the same letters are not significantly different at the 0.05 level.

이 Charisma군을 제외한 다른 복합레진보다 더 거친 표면활택도를 나타냈으며 이는 통계학적으로 유의성이 있었다 (Table 18).

- ⑥ white stone bur & rubber point에서는 각 복합레진간에 통계학적으로 유의할 만한 표면활택도의 차이를 나타내지 않았다 (Table 19).

IV. 총괄 및 고찰

1986년 노벨상 수상자인 G. Binnig와 H.

Table 18. Comparison of surface roughness among the composite resins on diamond-particle disc

	Mean(Å)	Grouping
Prisma TPH	495.25	A
Charisma	292.00	A B
Artglass	210.50	B
Thermoresin LC	201.25	B
Photoclearfil	177.75	B
Silux Plus	171.75	B
Cesead	138.50	B

Tukey's Studentized Range (HSD) Test

Means with the same letters are not significantly different at the 0.05 level.

Rohrer에 의해 처음으로 Scanning Tunneling Microscope (STM)이 개발되어 scanning probe microscope시대를 열었으며 원자단위까지 측정이 가능하고 3차원적으로 영상화가 가능하여 silicon, gallium, graphite 등과 같은 재료의 원자 구조에 대한 재해석이 가능하게 되었다. 그러나, 이 STM으로 관찰할 수 있는 물질은 전기적으로 전도체 물질에만 한정되어 있었다. 물론 얇은 금 소막을 입혀 recA-DNA 복합체, 인지질 이중막, 효소 결정과 같은 비전도성의 생물학적인 시편들을 관찰하기도 하였지만 활용하는데 한계성을 띠고 있었다.

Binnig, Quate, Gerber가 이런 문제점들을 개선하여 비전도성의 생물학적인 시편들의 3차원적인 표면구조를 계측, 관찰할 수 있는 AFM을 개발하였다. 또한 이 AFM이 생물학자들에게 더 유용한 것은 액체 환경하에서도 시편 관찰이 가능하여 생화학적내지 물리화학적 반응들을 분자 단위 또는 원자 단위에서 실시간으로 관찰할 수 있다는 점이다. 또한 AFM이 영상화하는 방법에 의해 수소 결합, van der Waals 결합, 정전기적 결합력 같은 미세한 분자단위의 힘도 계측이 가능하다.

분자단위의 구조적인 정보는 주로 전자현미경, X-ray 회절법, 핵자기 공명법, 적외선 분광기 등에 의해 얻어 왔으며, 분자단위에서 기능에

Table 19. Comparison of surface roughness among the composite resins on white stone bur & rubber point

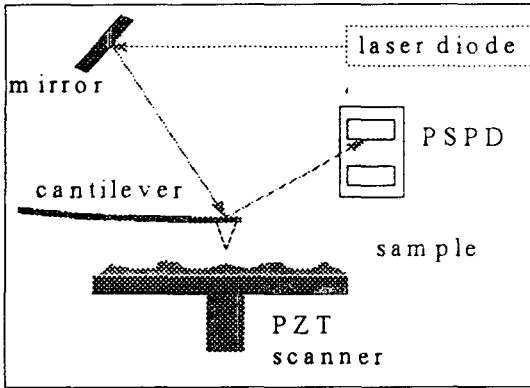
	Mean(Å)	Grouping
Artglass	212.00	A
Prisma TPH	152.75	A
Charisma	131.00	A
Cesead	130.25	A
Photoclearfil	129.75	A
Thermoresin LC	121.50	A
Silux Plus	111.50	A

Tukey's Studentized Range (HSD) Test

Means with the same letters are not significantly different at the 0.05 level.

대한 연구는 생화학적, 전기물리학적, 분자생물학적인 방법들에 의해 행해져 왔다. 그러나, 앞서의 방법들만으로는 구조와 기능에 관해 복합적으로 연구한다는 것은 어려웠으며 분자간의 상호작용이 일어나는 분자들의 표면에 대해서도 정보를 거의 주지 못했다. 이런 점이 다른 분석 방법 보다 AFM이 우수한 점이다. SEM으로 분자단위의 구조를 볼 수 있지만 AFM과 다른 점은 AFM이 살아있는 세포를 관찰할 수 있다는 것과 수용성의 환경하에 있는 시편도 관찰할 수 있다는 것이다.

AFM의 작동 원리는 record player와 비슷하며 cantilevered spring에 달려 있는 molecular needle (tip)이 시편표면위로 움직이고 tip 원자와 시편 원자간의 상호작용에 의해 deflection(굴곡) 되게 되며 cantilever의 탄성계수가 10^{-1} - 10^{-2} N/m로 시편 원자의 Intermolecular vibration spring constant인 10 N/m보다 작아 시편 원자 개개의 작은 힘을 감지할 수 있다. 감지된 힘은 마치 record player가 바늘의 움직임으로 소리를 형상화하는 것과 같이 영상으로 형상화하기 위해 변환된다. 실제로 미세하게 가공된 cantilevered tip은 시편의 표면에 작은 힘을 가하며 주사하게 된다. 시편상에서 xy평면 뿐 아니라 시편의 굴곡을 따라 z축으로도 움직이게 되며 이런 모든 움직임은 piezoelectric xyz-scanner에 의해 조절



PSPD : position-sensitive photodetector
 PZT scanner : piezoelectric xyz-scanner

Fig. 9. Schematic diagram of optical deflection technique for detecting cantilever deflection

된다.

tip이 시편과 접촉하는가에 따라 contact mode와 noncontact mode로 구분할 수 있으며 noncontact mode는 시편과 수 nm의 간격을 두고 진동하게 되며 시편에 손상을 주지 않는 장점이 있다. contact mode는 표면과 tip사이에 반발력(repulsive force)이 작용하는 영역에서 작동되는 mode이며, 표면과 tip사이에 인력(attractive force)이 작용하는 영역에서 작동되는 mode가 noncontact mode이다.

tip이 굴곡되는 힘을 가시적인 신호로 변환하는데는 여러 방법이 있지만 가장 널리 이용되는 방법은 optical lever방식으로 레이저광선을 tip에 조사하고 반사되는 광선을 감지하여 position-sensitive photodetector에 의해 전기적인 신호로 변환시킨다. optical lever는 굴곡신호를 1,000배 이상으로 증폭시켜 1nm이하의 굴곡도 감지할 수 있다(Fig. 9.)

적절한 되먹이기 기전을 사용하여 cantilever의 굴곡을 일정하게 유지하거나, 감지되는 힘에 따라 자유롭게 굴곡되도록 놔두는 가에 따라 constant deflection mode와 variable deflection mode로 나눌 수 있다. constant deflection mode는 constant force mode라고도 하며 xyz-piezoelectric scanner의 z부분에 가해지는 전압

을 조정함에 따라 되먹이기 고리가 생겨 시편의 높이를 변화시키며 cantilever가 일정하게 굴곡 되도록 하며 xyz축 각각의 정보를 종합하여 영상을 만든다. variable deflection mode는 되먹이기 고리가 열려있어 cantilever가 tip과 시편간 상호작용의 변화에 비례하여 굴곡하게 된다. piezoelectric scanner의 z축 부분이 변화하지 않기 때문에 constant height mode라고도 하며 굴곡되는 정보에 의해 영상화가 되며 큰 표면굴곡을 갖는 시편 관찰에는 부적합한 mode이다. 이외에도 error mode와 tapping mode가 있으며 error mode는 constant deflection mode에서 사용하지않는 고주파의 error신호를 이용하며 시편에 큰 힘을 가하지않고 edge부분을 선명하게 영상화할 수 있다. tapping mode는 cantilever가 시편표면을 주사함에 따라 생기는 파형을 전기적인 신호로 만들어 영상화하며 해상력이 좋고 tip과 시편간에 접촉시간이 짧은 장점이 있지만, 시편에 가해지는 수직적인 힘이 커서 손상을 가할 수 있다.

본 연구에서는 contact mode와 constant height mode하에서 시편을 관찰하였다.

공학분야에서 처음으로 AFM을 이용하여 영상을 얻었으며 이후 생물학, 의학 분야를 비롯하여 여러 응용과학분야에서 널리 AFM을 활용하고 있으며 치의학 분야에서는 Marshall등³⁰⁾이 여러 가지 다른 상아질 전처치제를 상아질에 처리하여 시간에 따른 관주상아질과 관간상아질의 탈회 속도와 탈회된 양상에 대해 연구 보고하였으며, Cassinelli등³¹⁾은 발거한 제 3 대구치에 상아질 접착제를 처리하고 난 후의 상아질의 변화 양상을 실시간으로 관찰 보고하였다. 이처럼 치의학 분야에 사용되는 AFM의 장점은 수용액 환경하에서 상태대로 변화하는 표면구조를 실시간으로 3차원적으로 영상화를 할 수 있으며 이를 정량적으로 분석할 수 있다는 것이다.

선학들의 연구⁶⁻⁹⁾에서 복합레진 수복물에서 얻을 수 있는 가장 활택한 표면은 matrix strip의 사용으로 가능하다고 보고한 바 있으나, 임상적으로 치아의 해부학적인 형태를 그대로 재현해 낼 수 있는 matrix strip은 존재하지 않으며 여러 연마기구를 이용하여 연마하는 과정이 필요하

다.

Dennison 등¹⁰⁾은 가장 활택한 표면은 matrix strip으로 얻을 수 있지만 이러한 표면은 외형형성의 필요성뿐 아니라 filler가 배제된 레진 기질이 많은 층(resin-rich layer)으로 구강내 환경에서 급속도로 마모가 일어나 하부의 filler 입자를 노출시켜 결론적으로 거친 표면을 형성하므로 연마하는 과정이 필수적이라고 하였다.

Hannah 등¹¹⁾은 matrix strip으로 얻은 복합레진 표면은 레진 기질의 파괴, 돌출된 filler 입자, 공기함입에 의한 소와의 형성으로 인해 만족할 만한 결과를 나타내지 않고 plain tungsten-carbide bur로 연마한 표면이 가장 만족할 만한 표면과 변연부를 얻을 수 있었다고 하였으며 약 0.25mm 정도 과적층하여 표면연마할 부분을 남겨두어야 한다고 하였다.

본 연구에서도 Thermoresin LC군을 제외하고는 polyester matrix strip의 사용으로 얻은 복합레진 표면이 가장 활택하게 나왔으며 이는 통계적으로 유의성이 있는($p < 0.1$) 결과였다. 하지만 이런 표면은 앞선 선행들의 여러 연구에서와 마찬가지로 연마기구를 이용하여 연마하는 과정이 반드시 필요하다고 사료된다.

Chandler 등¹³⁾은 paper disc에 작은 입자의 diamond 입자를 붙인 연마기구와 cuttlefish disc 간의 연마효과를 비교한 연구에서 연마기구가 갖추어야 할 조건에 대해 다음과 같이 기술하였다. 첫째, 복합레진 표면에 광택성(shininess)을 부여해야 한다. 즉, 연마기구에 의해 형성된 흠집들이 가시광선의 파장보다 작아 가시광선이 산란보다는 반사되어야 한다. 둘째, 연마기구의 입자가 복합레진의 filler 입자보다 단단해야 한다(hardness). 셋째, 연마입자가 연마기구 표면에 견고하게 붙어있거나, paste 형태로 사용해야 하는지의 방법상의 문제다(method of use). 넷째, 모든 잔사와 연마기구에서 떨어져 나온 연마입자를 빨리 제거해야 한다(removal of debris). 다섯째, 연마기구의 표면상태가 지속적으로 연마를 해도 편평해야 한다(surface of instrument). 여섯째, 연마기구가 어느정도 유연성이 있거나, mandrel에 부착되어 유연성을 가져야 넓은 부분을 힘을 적게 가해가면서 연마를 할 수 있다

(flexibility of instrument).

본 실험에서 연마된 표면이 다른 연마기구들에 비해 상대적으로 거친 것으로 나타난 diamond bur와 carbide bur에 대해서는 Lutz 등³²⁾이 microfill 복합레진에서 mounted stone이나 carbide bur가 hammering 효과로 표면파괴와 변연분쇄의 양상을 보이는 데 반해, 저속으로 과도한 압력없이 주수하에 사용한 fine, superfine diamond bur는 복합레진에 대해 위해성이 없이 활택한 표면을 나타냈다고 보고했으며 Pratten 등²⁴⁾은 diamond bur로 연마시 분당 400,000번의 고속회전보다는 분당 20,000번의 저속회전에서 연마면이 더 활택했으며, Boghosian 등³³⁾도 고속에서 carbide bur로 microfill 복합레진을 연마시 복합레진의 표면파괴가 일어났지만 hybrid 복합레진에서는 일어나지 않았으며, 분당 30,000번의 저속회전에서 diamond bur로 연마시에는 microfill, hybrid 복합레진에서 표면파괴가 일어나지 않았다고 했다. 본 실험에서 diamond bur와 carbide bur가 거친 연마면을 나타낸 것은 분당 250,000번의 고속회전으로 연마한 것과 관계가 있다고 사료된다. 따라서, 임상과정에서 복합레진을 수복할 때 초기 성형과정(contouring), 초기 연마과정(fine finishing), 최종 연마과정(polishing)으로 나눌 때³²⁾초기 성형과정에서 사용되는 연마기구는 우수한 절삭력을 가져야 하지만 표면파괴력도 고려해야만 할 것이다. 아울러 diamond-particle disc(Dia-Finish)로 연마한 표면이 diamond bur나 carbide bur보다 활택한 표면을 얻은 것도 같은 의미로 사료된다.

van Dijken 등¹⁹⁾, Ferreira 등²⁰⁾, Louka 등²¹⁾, Lambrechts 등²²⁾, Berastegui 등²⁵⁾ 등은 aluminum-oxide disc인 Soflex disc를 사용한 경우 여러 복합레진에서 활택한 표면을 얻을 수 있었다고 보고했으며 Lambrechts 등²²⁾은 superfine Soflex disc의 입자크기가 2-50 μ m이며 이 disc로 연마해서 얻은 표면의 scratch가 가시광선의 파장보다 작기 때문에 활택한 표면을 얻을 수 있다고 하였다. van Noort 등³⁵⁾은 filler 입자크기와 분포가 복합레진의 표면활택도에 큰 영향을 미친다고 했으며 filler의 입자크기에 따라 large-particle, small-particle, microfine 복합레진으로 분류하여,

large-particle 복합레진인 경우에는 aluminum-oxide disc인 Soflex disc, small-particle 복합레진인 경우에는 polishing paste가 더 우수한 연마면을 형성하며 microfine 복합레진의 경우에는 Soflex disc와 polishing paste 간에 큰 차이가 없다고 보고했다. 아울러 주사전자현미경으로 관찰하여 Soflex disc의 입자크기가 medium disc는 약 100 μ m, fine disc가 약 30 μ m, superfine disc인 경우는 약 6 μ m라고 했다. 본 연구에서도 aluminum-oxide disc로 연마한 경우에 가장 활택한 표면을 나타냈으며 이는 여러 선학들의 연구결과와 일치하는 것으로 사료된다.

본 연구에서는 여러 연마기구로 연마된 복합레진의 표면을 AFM을 이용하여 관찰, 측정하였다. AFM을 이용한 치의학적 연구는 국내에서 아직 시행된 바가 없으며 국외 연구에서도 아직까지는 AFM을 치의학분야 연구에 도입하는 단계라고 말할 수 있을 정도로 AFM을 이용한 연구는 짧지만 시편 표면에 흠집을 내지 않고 관찰할 수 있으며 3차원적으로 영상화가 가능하고 이를 수치화할 수 있고, 표면의 변화양상을 실시간으로 관찰할 수 있는 장점 때문에 치의학분야에서 AFM이 지속적으로 활용되리라 사료된다.

V. 결 론

복합레진은 심미적인 수복방법의 하나로서 많이 이용되고 있으나, 표면활택도가 연마방법에 따라서 크게 영향을 받으며 특히 연마가 불충분한 경우에는 치태침착, 치은 염증, 비심미적인 수복물 등의 문제를 야기할 수 있다. 이에 저자는 연마방법에 따른 수종의 복합레진의 표면 활택도를 관찰하기 위해 충전용 microfill 복합레진인 Silux Plus, Charisma, hybrid 복합레진인 Prisma TPH, Photoclearfil과 전장관용 hybrid 복합레진인 Cesead, Thermoresin LC, Artglass를 이용하여 polyester matrix strip하에서 중합시킨 후 carbide bur, diamond bur, Al₂O₃ disc, diamond-particle disc, white stone bur & rubber point와 같은 현재 시판중인 연마기구를 이용하여 연마를 하였다. 연마면의 표면활택도를 Atomic Force Microscope를 이용하여 관찰,

분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Thermoresin LC 군을 제외한 모든 복합레진 군에서 연마를 시행한 실험군은 polyester matrix strip 하에 중합시킨 대조군에 비해 더 거친 표면을 나타냈다(P<0.1).
2. 대조군인 polyester matrix strip을 이용하여 얻은 복합레진의 표면활택도에 준하는 연마면은 Silux Plus 군, 모든 충전용 hybrid 복합레진군, Thermoresin LC 군을 제외한 전장관용 hybrid 복합레진군에서 aluminum-oxide disc에 의해 얻을 수 있었다(P<0.05).
3. Thermoresin LC 군에서는 polyester matrix strip 하에서 중합시킨 대조군과 각 연마방법에 의한 실험군간에 표면활택도의 차이는 통계학적으로 유의성이 없었다(P>0.1).
4. diamond bur, carbide bur는 모든 복합레진군에서 다른 연마방법에 비해 가장 거친 표면을 나타냈다(P<0.05).

Atomic Force Microscope을 이용한 연구는 시편 표면에 손상을 주지않고 관찰할 수 있으며 3차원적으로 영상화가 가능하고 이를 수치화하여 상호 비교가 가능하고, 표면의 변화양상을 실시간으로 관찰할 수 있는 장점이 있으므로 치의학 분야에서 치아 및 수복재료의 표면관찰에 유용하다고 사료된다.

참고문헌

1. Bauer, J. G., and Caputo, A. A : The surface of composite resin finished with instruments and matrices. J. Prosthet. Dent. 50 : 351-357, 1983.
2. Weitman, R. T., and Eames, W. S. : Plaque accumulation on composite surfaces after various finishing procedures. J. A. D. A. 91 : 101-106, 1975.
3. Lui, J. L., and Low, T. : The surface finish of the new microfill restorative materials. J. Oral Rehab. 9 : 67-82, 1982.
4. Serio, F. G., Strassler, H. E., Litkowski, L. J., Moffitt, W. C., and Krupa, C. M. : The effect of polishing pastes on composite resin surfaces. J. Periodontol. 31 : 837-840, 1988.

5. Chan, K. C., Fuller, J. L., and Hormati, A. A. : The ability of foods to stain two composite resins. *J. Prosthet. Dent.* 43 : 542, 1980.
6. Dennison, J. B. and Craig, R. G. : Physical properties and finished surface texture of composite restorative resins. *J. A. D. A.* 85 : 101-108, 1972.
7. Glantz, P. O., and Larsson, L. Å. : Surface roughness of composite resin before and after finishing. *Acta Odontol. Scand.* 30 : 335-347, 1972.
8. Johnson, L. N., Jordan, R. E., and Lynn, J. A. : Effects of various finishing devices on resin surfaces. *J. A. D. A.* 83 : 321-331, 1971.
9. Mclundie, A.C., and Murray, F. D. : Comparison of methods used in finishing composite resin - a scanning electron microscope study. *J. Prosthet. Dent.* 31 : 163-171, 1974.
10. Dennison, J. B., Fan, P. I., and Powers, J. M. : Surface roughness of microfilled composites. *J. A. D. A.* 102 : 859-862, 1981.
11. Hannah, C. McD., and Smith, G. A. : The surface finish of composite restorative materials. *Br. Dent. J.* 135 : 483-488, 1973.
12. Pameijer, C. H., and Stallard, R. E. : The fallacy of polishing composite restorations. *Dent. Survey* 49 : 33-36, 1973.
13. Chandler, H. H., Bowen, R. L., and Paffenbarger, G. C. : Method for finishing composite restorative materials. *J. A. D. A.* 83 : 344-348, 1971.
14. Tolley, L. G., Dennison, J. B., and O'Brien, W. J. : Surface finish of composite materials. *J. Dent. Res.* 56 : B217 Abst. No. 663, 1977.
15. Horton, C. B., Paulus, H. M., Pelleu, G. B., and Rudolpp, J. J. : An evaluation of commercial pastes for finishing composite resin surfaces. *J. Prosthet. Dent.* 37 : 674-679, 1977.
16. 김부랑, 최호영, 박상진 : 복합레진의 표면연마에 관한 실험적 연구. *대한치과보존학회지* 8(1) : 97-105, 1983.
17. McCabe, J. F., and Caddick, R. J. K. : The finishing of composite restorations. *Br. Dent. J.* 145 : 101-104, 1978.
18. Bassiouny, M. A., and Grant, A. A. : Surface finish of a new visible light-cured composite restorative system. *J. Dent. Res.* 57 : 338 Abst. No. 1053, 1978.
19. van Dijken, J. W. V., Meurman, J. H., and Jarvinen, J. : Effect of finishing procedures on surface textures of some resin restoratives. *Acta Odontol. Scand.* 38 : 293-301, 1980.
20. Ferreira, M. R., and de Wet, F. A. : Effect of finishing agents on new restorative resins : a SEM study. *J. Dent. Res.* 61 : 605 Abst. No. 22, 1982.
21. Louka, A. N., and Stillwater, J. C. : Effectiveness of different finishing system on composite resin surfaces. *J. Dent. Res.* 61 : 605 Abst. No. 22, 1982.
22. Lambrechts, P., and Vanherle, G. : Observation and comparison of polished composite surfaces with the aid of SEM and profilometer. *J. Oral Rehab.* 9 : 169-182, 1982.
23. Chen, R. C. S., chan, D. C. N., and Chan, K. C. : A quantitative study of finishing and polishing techniques for a composite. *J. Prosthet. Dent.* 59 : 292-297, 1988.
24. Pratten, D. H., and Johnson, G. H. : An evaluation of finishing instruments for an anterior and a posterior composite. *J. Prosthet. Dent.* 60 : 154-158, 1988.
25. Berastegui, E., Canalda, C., Brau, E., and Miquel, C. : Surface roughness of finished composite resins. *J. Prosthet. Dent.* 68 : 742-749, 1992.
26. Northeast, S. E., and van Noort, R. : Finishing and polishing procedure for a posterior composite resin. *J. Dent. Res.* 65 : 798 Abst. No. 652, 1986.
27. 문은재, 권혁춘 : Microfill, hybrid 복합레진 연마 후 표면조도와 관반사율에 관한 연구. *대한치과보존학회지* 19(2) : 513-533 1994.
28. Hansma, P. K., and Elings, V. O. and Bracker, C. E. : Scanning tunneling microscopy and atomic force microscopy : application to biology and technology. *Science* 242 : 209-216, 1988.
29. Lal, R., and John, S. A. : Biological applications of atomic force microscopy. *Am. J. Physiol.* 266 : C1-21, 1994.
30. Marshall, G. W., Jr., Balooch, M., Kinney, J. H., and Marshall, S. J. : Atomic force microscopy of conditioning agents on dentin. *J. Biomed. Mater. Res.* 29 : 1381-1387, 1995.
31. Cassinelli, C., and Morra, M. : Atomic force microscopy studies of the interaction of a dentin adhesive with tooth hard tissue. *J. Biomed. Mater. Res.* 28 : 1427-1431, 1994.
32. Lutz, F., Setcos, J. C. and Phillips, R. W. : New finishing instruments for composite resins. *J. A. D. A.* 107 : 575-580, 1983.
33. Boghosian, A. A., Randolph, R. G. and Jekkals, V.

- J. : Rotary instrument finishing of microfilled and small-particle hybrid composite resins. J. A. D. A. 115 : 299-301, 1987.
34. Goldstein, R. E. : Finishing of composites and laminates. Dent. Clin. North America 33 : 305-318, 1989.
35. van Noort, R. and Davis, L. G. : Surface finish of composite resin restorative materials. Br. Dent. J. 157 ; 360-364, 1984.

ABSTRACT

A STUDY ON SURFACE ROUGHNESS OF COMPOSITE RESINS AFTER FINISHING AND POLISHING -an Atomic Force Microscope study

Hyeong-Seob Kim, D.D.S., Yi-Hyung Woo, D.D.S., M.D.S., Ph.D.

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Seoul National University

This study was undertaken to compare by Atomic Force Microscope the effects of various finishing and polishing instruments on surface roughness of filling and veneering composite resins. Seven composite resins were studied : Silux Plus (3M Dental Products, U.S.A.), Charisma (Heraeus Kulzer, Germany), Prisma THP (L.D.Caulk, Dentsply, U.S.A.), Photoclearfil (Kuraray, Japan), Cesead (Kuraray, Japan), Thermoresin LC (GC, Japan), Artglass (Heraeus Kulzer, Germany). Samples were placed and polymerized in holes (2mm thick and 8.5mm in diameter) machined in Teflon mold under glass plate, ensuring excess of material and moulded to shape with polyester matrix strip. Except control group (polyester matrix strip), all experimental groups were finished and polished under manufacturer's instructions. The finishing and polishing procedure were : carbide bur (E.T. carbide set 4159, Komet, Germany), diamond bur (composite resin polishing bur set, GC, Japan), aluminum-oxide disc (Sof-Lex Pop-On, 3M Dental Products, U.S.A.), diamond-particle disc (Dia-Finish, Renfert Germany), white stone bur & rubber point (composite finishing kit, EDENTA, Swiss), respectively.

Each specimens were evaluated for the surface roughness with Atomic Force Microscope (AutoProbe CP, Park Scientific Instruments, U.S.A.) under contact mode and constant height mode.

The results as follows :

1. Except Thermoresin LC, all experimental composite resin groups showed more rougher than control group after finishing and polishing($p < 0.1$).
2. A surface as smooth as control group was obtained by Al_2O_3 disc all filling composite resin groups except Charisma and all veneering composite resin groups except Thermoresin LC($p < 0.05$).
3. In case of Thermoresin LC, there were no statistically significant differences before and after finishing and polishing($p > 0.1$).
4. Carbide bur, diamond bur showed rough surfaces in all composite resin groups, so these were inappropriate for the final polishing instruments.