

주사전자현미경과 공촉점 레이저 주사현미경을 이용한 치과용 수복레진의 부식에 관한 연구

양규호 · 박은혜 · 정병초

전남대학교 치과대학 소아치과학교실 및 치의학연구소

국문초록

본 연구에서는 Prodigy(Kerr, USA), Vitaescence(Ultradent, USA), Z 250(3M, USA), Filtek flow(3M, USA)의 4종의 복합레진을 사용하여 각 제품의 분해저항성을 평가하고자 하였다. 무게손실, 표면하 분해층 깊이, 용출된 Si 농도를 기준으로 각 레진의 분해저항성을 평가하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 무게손실량은 Prodigy와 Vitaescence사이, Z 250과 Filtek flow사이에는 차이를 보이지 않았으며 전후 제품군 간에는 차이를 보였다($p<0.05$).
2. 분해층 깊이는 Z 250, Filtek flow, Prodigy, Vitaescence 순으로 감소하였으며, 네가지 제품간에는 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).
3. Si 용출량은 Filtek flow, Z 250, Prodigy, Vitaescence 순으로 감소하였으며, 각 제품 간에는 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).
4. 각 제품의 무게손실과 분해층 깊이 사이($r=0.714$, $p<0.05$), 무게손실과 Si 용출량 사이($r=0.770$, $p<0.05$), 분해층 깊이와 Si 용출량 사이($r=0.930$, $p<0.05$)에는 높은 상관관계를 보였다.
5. 주사전자현미경 관찰시 NaOH 용액에 보관한 후 레진 기질과 필러 사이의 결합의 파괴를 관찰할 수 있었다.
6. 공촉점 레이저 현미경 관찰시 NaOH 용액에 보관한 후 레진의 분해층 깊이를 관찰할 수 있었다.

주요어 : 복합레진, 화학적 분해, 분해저항성

I. 서 론

수복용 복합레진이 개발된 이래 물리적 성질의 꾸준한 향상과 다양한 종류의 복합레진의 개발로 전치부 심미용뿐만 아니라 구치부의 수복재까지 널리 사용되고 있다. 그러나 이러한 물성 향상에도 불구하고 복합레진 수복물의 가장 큰 문제는 교합력을 받는 부위에서의 과도한 마모로 여겨지고 있다¹⁾.

복합레진 수복물의 마모는 기질의 마모, 필러의 노출, 필러의 소실과 같은 과정을 거쳐 이루어지는 것으로 보고되었다^{2,3)}. 그러나 이러한 이론으로 모든 마모과정이 이해되지는 않는다.

복합레진의 표면 마모는 기계적인 방법에 의한 마모로는 충분히 설명되지 못하고 있다⁴⁾. Wu와 Cobb^{5,6)}은 교합면 뿐만 아

니라 대합치와 접촉되지 않는 부위에서도 마모가 일어남을 보고하였다.

구강내에서 복합레진의 마모과정은 표면의 화학적 분해와 부분적으로 관계있는 것으로 보인다. 화학적 분해를 통해 수복물의 최외층은 연화되고 이 표면은 교합하는 동안 마모에 대한 저항력이 떨어진다. 화학적 분해 과정은 수복물이 수분을 흡수하여 필러와 기질 사이의 실란 결합을 파괴시키고, 흡수된 수분이 기질-필러 인접면과 작은 기포 등을 통해 서서히 침투되어 점차적으로 실란 결합을 파괴하는 것으로 설명된다⁷⁾. 즉, 레진 수복물의 마모는 화학적 분해와 기계적 마모의 복합작용의 결과임을 인식할 수 있다.

레진의 화학적 분해를 위해서는 많은 양의 수산화이온을 포

※ 본 연구는 2001년도 전남대학교병원 임상연구소 학술연구비 지원에 의해 이루어진 것임

합한 용액이 필요하다. 이런 이유로 본 연구에서는 0.1N NaOH 용액을 이용하였다. 0.1N NaOH 용액은 pH=13으로 pH=7인 물이나 타액에 비해 10⁶배의 수산화이온을 포함하고 있다⁷⁻⁹⁾. 따라서 NaOH 용액은 인공타액이나 물에 비해 좀더 강한 매체를 제공해줄 수 있다^{7,10-13)}.

또한 분해층 깊이와 분해표면 관찰을 위해 주사전자현미경과 공초점 레이저 주사현미경을 이용하였다. 주사전자현미경을 이용한 관찰은 부식과정을 거친 시편을 사용하는데 유리하다. 90년대 들어와서 형광 염료로 염색한 시편을 관찰하는 공초점 레이저 주사현미경이 치의학에 도입되어 유용하게 이용되고 있다. 공초점현미경의 장점으로는 관찰 가능한 깊이가 시편 표면하 100 μ m 정도까지이므로 시편제작 과정에서 구조가 변형될 가능성이 적다는 것이다^{14,15)}. 전통적인 SEM(Scanning Electron Microscope)이나 TEM(Transmission Electron Microscope)에서 꼭 필요한 시편 건조 과정이 필요없어 수축의 위험이나 artifact도 줄어든다. 관찰하고자 하는 시편의 한 지점에 laser 광원과 detector의 초점을 일치시켜 초점에서 벗어난 이미지에 의한 간섭 현상을 최소화함으로써 이미지의 선명도를 높일 수 있고, 연속적인 절편을 3차원적 입체영상으로 제작할 수도 있다¹⁶⁾.

본 연구의 목적은 복합레진의 마모에 미치는 환경적 분해의 효과를 알기 위해서 다양한 복합레진의 표면하 분해의 깊이를 측정하고 무게변화, Si 이온의 농도, SEM과 Energy Dispersive X-ray Analysis 및 confocal laser scanning microscopy(CLSM) 등의 관찰을 통해 재료의 특성을 비교 분석하고자 하였다.

II. 연구 재료 및 방법

본 연구에서는 최근 수복재료로서 사용되고 있는 Prodigy (Kerr, USA), Vitalescence(Ultradent, USA), Z 250(3M, USA) 등 3종의 paste type 복합레진과 flowable type 복합레진인 Filtek flow(3M, USA)를 사용하였다.

1. 시편제작

각 시편은 두께 3mm, 내경 10mm의 테프론 몰드(teflon mold)를 이용하여 각 제품마다 5개씩 제작하였다. 복합레진을 테프론 몰드에 주입하고 기포발생을 줄이기 위해 레진 기구로 응축시킨 후 2장의 Mylar sheet와 유리판으로 압접하여 편평한 표면을 만들었다. 가시광선중합기(Coltolux, Coltene, USA)로 한면당 20초씩 광조사한 다음 유리판과 Mylar sheet를 제거한 후 각 면에 20초씩 추가 조사하였다. 중합이 완료된 시편은 600, 1000, 1200 및 1500 grit의 사포로 젖은 상태에서 양면을 연마하였다. 연마 후 증류수 내에서 초음파세척기를 이용하여 3분간 세척하여 시편의 이물질을 제거하였다. 각 시편을 60 $^{\circ}$ C 오븐에서 2시간 동안 건조시켰다.

2. 무게측정

건조 후 초기 시편 무게를 측정하였다. 각 시편을 3ml의 0.1N NaOH 용액이 담긴 폴리에틸렌용기에 담고, 시편의 모든 부분이 용액과 접촉하도록 하는 한편 공기와의 접촉을 차단하기 위해 용기의 뚜껑 부분을 얇은 필름(PARAFILM[®], American National Can, USA)으로 완전한 봉쇄를 한 다음 용기를 60 $^{\circ}$ C에서 2주간 보관하였다. 2주 후 시편을 1.23 % HCl 용액으로 2시간 동안 중화시킨 후 흐르는 물에 세척하여 건조하고 무게를 측정하였다. 초기의 무게와 용액에 저장한 후 무게차이를 계산하여 무게손실비(%)를 측정하였다.

3. 필러 함량 측정

초기 시편의 무게를 측정한 후 600 $^{\circ}$ C의 furnace에서 2시간 보관하여 복합레진 기질을 연소시킨 다음 남아있는 필러의 무게를 측정하여 복합레진 내 필러의 함량을 무게비로 나타내었다.

4. 필러 성분 분석

시편을 이용해 필러의 성분을 분석하였다. 분석은 EDS (Energy Dispersive Spectrometry, Hitachi, Japan)를 갖춘 주사전자현미경을 사용하였다. 스펙트럼은 양적인 분석을 위한 컴퓨터 프로그램을 사용하여 시편내의 Si 을 분석하였다.

5. 용출된 Si 농도 측정

저장용액 내로 용출된 Si 농도를 측정하기 위하여 background의 영향이 적고, 재현성이 뛰어나며 미량원소의 검출에 적합한 유도결합플라즈마 원자방출 분광기 (이하 ICP-AE, Leeman 010-2106, Leeman Lab, USA)를 이용하여 정량분석하였다.

6. 주사전자현미경적 관찰

0.1N NaOH 용액에 60 $^{\circ}$ C에서 2주간 저장한 후의 시편을 에폭시 레진(Epofix Resin, Struers, Denmark)에 매몰하여 600, 1000, 1200 및 1500grit의 사포로 표면을 연마, 3 μ m과 1 μ m Al₂O₃ (Logitech Ltd, UK)로 마무리하고 초음파 세척을 시행한 후 표면 처리하여 주사전자현미경(S-4700, Hitachi, Japan)으로 용액에 저장하기 전과 후의 시편 표면을 관찰하고, 시편의 대조도의 차이로 표면하 분해층을 구분하여 그 두께를 측정하였으며 두께는 각 시편당 8지점을 지정하여 계측하였다.

7. 공초점 레이저 주사현미경적 관찰

노출된 시편을 마이크로톰(Isomet, Buehler, USA)을 이용하여 500 μ m로 절단하고 슬라이드 유리에 부착하였다. PBS

buffer에 5분 정도 담근 후 Propidium Iodide(PI) 용액에 10분 동안 보관한 다음, 다시 PBS로 세척하였다. CLSM(Olympus fluoview 300, Olympus, Japan)에서 He-Ne 레이저원(488nm)을 이용하여 분해층 깊이를 관찰하였다.

8. 통계학적 분석방법

무게손실, 분해층 깊이 및 Si 농도에 대한 제품간 차이를 검정하기 위해 일원 분산 분석을 시행하였고, 사후검정을 위해 Duncan's multiple range test를 시행하였으며, 무게손실, 분해층 깊이 및 용출된 Si 농도간의 상관관계를 보고자 Pearson correlation을 산출하였다.

Ⅲ. 연구성적

1. 필러 성분 분석

EDS에 의한 필러의 화학적 성분과 복합레진내 필러 함량 분석 결과는 Table 1과 같다. 전체 시편에서 필러의 구성성분이 차지하고 있는 함량을 무게비로 나타낸 결과는 Table 2와 같다. 각 제품내의 필러 구성과 함량은 모두 다르나, 모든 제품이 Si을 상당량 함유하고 있었다. Prodigy와 Filtek flow는 P의 함유량이 높은 반면 Vitaescence와 Z 250은 나타나지 않았다. Z 250은 Ba을 많이 함유하고 있었다.

Table 1. Chemical composition in the filler particles

Material	element (Wt %) of the filler								weight % of filler
	Si	Cl	O	Al	Ba	P	K	Na	
Prodigy	23.97	5.26	14.17	-	-	51.90	1.60	1.46	76.62
Vitaescence	67.73	1.01	19.66	9.66	1.94	-	-	-	74.09
Z 250	41.49	0.77	13.55	7.08	37.11	-	-	-	79.40
Filtek flow	51.68	0.71	21.36	-	-	26.25	-	-	67.13

Table 2. Weight percent of elements of fillers in composite resin specimen

Material	Si	Cl	O	Al	Ba	P	K	Na
Prodigy	18.37	4.03	10.86	-	-	39.77	1.23	1.12
Vitaescence	50.18	0.75	14.57	7.16	1.44	-	-	-
Z 250	32.94	0.61	10.76	5.62	29.47	-	-	-
Filtek flow	34.69	0.48	14.34	-	-	17.62	-	-

Table 3. Mass-loss(%) of 4 composite resins exposed to NaOH solution

Material	Mass loss(%)	F	P	Duncan's grouping
Prodigy	0.375±0.126			A
Vitaescence	0.275±0.095	8.109	0.003	A
Z 250	1.15±0.640			B
Filtek flow	1.6±0.600			B

Table 4. Degradation layer depth(μm) of 4 composite resins exposed to NaOH solution

Material	Degradation layer depth(μm)	F	P	Duncan's grouping
Prodigy	52.850±9.009			A
Vitaescence	29.531±3.518	70.336	0.000	B
Z 250	118.687±8.939			C
Filtek flow	93.718±13.831			D

Table 5. Si loss(ppm) of 4 composite resins exposed to NaOH solution

Material	Si loss(ppm)	eluted Si % from Si in filler	F	P	Duncan's grouping
Prodigy	819.50±67.00	26.29			A
Vitaescence	133.25±6.85	1.706	1988.960	0.000	B
Z 250	2016.25±49.90	36.36			C
Filtek flow	2122.50±20.62	42.49			D

2. 무게손실, 분해층 깊이 및 필러의 용출농도

무게손실은 Prodigy와 Vitalescence 사이, Filtek flow와 Z 250사이에는 유의한 차이가 없었고, 전후 제품군 간에는 차이를 보였다(Table 3). 분해층 깊이는 모든 제품간에 유의성이 있었다(Table 4). Si 용출량 역시 네가지 제품 모두 차이를 보였다(Table 5).

3. 무게손실, 분해층 깊이, Si 용출량간의 상관관계

각 제품은 무게손실과 분해층 깊이($r=0.714, p<0.05$), 무게손실과 Si 용출량($r=0.770, p<0.05$), 분해층 깊이와 Si 용출량($r=0.930, p<0.05$)에서 모두 유의한 상관관계가 나타났다.

4. 주사 전자 현미경적 소견

0.1N NaOH 용액 저장 전, 후의 표면을 관찰한 결과 Prodigy와 Z 250은 10 μ m 정도의 균일한 크기의 필러로 구성되어 있었으며, 분해된 층에서는 기질이 소실되어 필러가 두드러진 양상을 볼 수 있었다. Filtek flow는 10 μ m 이상의 필러들이 보였다. Prodigy와 Filtek flow는 NaOH 용액에 보관 한 후 기질의 소실과 함께 필러 입자의 표면이 분해에 의해 white line으로 탈회된 모습을 보였다. Vitalescence는 10 μ m 이하의 작은 크기의 필러로 구성되어 있으며 용액 저장 후에도 필러의 탈회된 모습이 부정확하며 분해층 깊이가 역시 얇았다.

5. 공초점 레이저 주사현미경적 관찰

Propidium Iodide에 의해 형광 염색된 시편을 관찰한 결과 Vitalescence가 가장 얇은 분해층 깊이를 보여주었으며, 이어서 Prodigy가 다른 두 제품과 비교해서 분해층 깊이가 얇음을 알 수 있었다.

IV. 총괄 및 고찰

복합레진 수복물의 가장 큰 문제는 교합력을 받는 부위에서의 과도한 마모이다¹⁾. 이러한 부적절한 마모저항성때문에 구치부에서의 사용에 제한이 되어왔다. 마모과정은 대합치와 교합되지 않는 부위에서도 발견되어 하중이외 다른 요소들이 마모 과정에 관련될 수 있음을 알 수 있다.

Craig와 Powers¹⁶⁾, Prasad와 Calvert¹⁷⁾는 실험실 연구를 통해 bonded filler의 부피를 증가시키는 것은 복합레진의 마모저항성을 증진시킨다고 보고한 반면 J \O rgensen 등¹⁸⁾은 임상연구에서 필러의 첨가는 마모저항성을 증진시키지 않는다고 보고하고 있다. Söderholm 등²⁰⁾은 필러의 구성은 마모율과 무관하다고 주장하고 있다.

Sarkar⁷⁾는 2주간 alkaline 처리한 레진 시편에서 in vivo 수

복물에 나타나는 표면 분해와 유사한 분해 정도를 관찰할 수 있다고 하였다. 또한 이러한 분해는 인접면 결합 파괴, 필러의 용출, 기질간의 틈새 형성, 중합되기 전 단계인 레진 블록의 파괴, 레진의 표면 파괴 등을 포함한다. Söderholm 등^{4,19)}은 복합레진을 물에 저장하였을 때, silicon, barium, strontium, sodium 이온 같은 필러 분자들이 용출된다고 보고하였다. 필러 분자들의 용출은 필러 표면이 연화된 결과 필러-기질 결합이 깨어지면서 야기된다. Birk와 Munksgaard²⁾는 타액이 레진 수복물 표면을 연화시키고, 이 연화 효과는 수복물의 표층에 국한된다고 보고하였다. 용출과 관련된 연구에 사용되는 용매에 따라 복합레진으로부터 용출되는 성분의 종류와 양이 영향을 받는 것으로 보고되었다. Söderholm, Young과 Garcea²⁰⁾는 증류수와 인공타액에서의 필러의 용출 정도를 비교하였고, 인공타액에서 더 많은 필러가 용출된다고 하였다. Wu와 McKinney¹⁾는 75% 에탄올 수용액이 복합레진의 가장 좋은 용매라고 하였다. 본 연구에서는 0.1N NaOH 용액을 사용하였으며, 이는 물과 인공타액에 존재하는 수산기보다 10⁶배 더 많고 따라서 더욱 침투적인 매체가 될 수 있다^{7,9-13)}.

EDS를 통해 시편내 필러의 성분함량을 분석하였고, NaOH 용액내로 유출된 필러의 성분은 유도결합플라즈마 원자방출 분광기를 이용하였다.

복합레진의 분해층 표면과 분해깊이 측정을 위하여 SEM과 Energy Dispersive X ray analysis 및 CLSM 등이 이용되었다.

SEM은 전자빔을 이용하여 광학현미경에 의해 볼 수 있는 이미지에 비해 훨씬 높은 해상도로 표본의 미세 구조를 형상화한다. 자기 렌즈에 의해 초점이 맞추어진 전자빔을 통해 가시광선의 파장보다 작은 크기를 갖는 미세한 영역을 보는 것이 가능하다. 따라서 SEM을 사용하여 얻은 이미지를 통하여 광학 현미경으로 볼 수 없는 특징을 분석하거나 측정한다. EDS는 X ray data를 통하여 표본의 질적·양적인 정보를 제공한다.

일반적으로 광학현미경들이 세포 또는 조직절편의 한 초점면만을 선택하여 영상을 관찰하는 반면 공초점현미경은 optical axis에 pinhole을 설치하여 초점이 정확하게 맞는 광선만을 선택할 수 있도록 개선함으로써 해상력을 극대화시켰다^{14,21,22)}. 또한 관찰 가능한 깊이가 시편 표면하 100 μ m 정도까지이므로 시편 제작과정에서 구조가 변형될 가능성이 적다^{14,23)}. 공초점현미경은 광학현미경 기법과 전자현미경 기법이 지니는 단점을 보완하는 동시에 이들이 갖지 못한 여러 가지 장점까지 보유하고 있다. 장점을 몇 가지 살펴보면 첫째, 기존의 광학현미경에 비해 초점심도(0.5~1.5 μ m)가 낮기 때문에 초점을 벗어난 영상을 제거할 수 있고 더 선명하고 감도 높은 영상을 얻을 수 있다¹⁴⁾. 둘째, 공초점현미경은 조직에 대한 침해없이 광학적인 절편영상을 만들기 때문에 기존의 광학현미경과 전자현미경 기법에서 문제가 되고 있는 물리적인 절편제작과정에서 발생하는 artifact를 없앨 수 있다^{14,23)}. 셋째, 공초점현미경은 광학적인 절편영상을 만들 때 수평면뿐 아니라 수직면으로도 단면의 영상을 얻을 수 있기 때문에 현미경의 광축에 평행한 영상을 얻을 수

있다^{14,21)}. 이러한 기술은 시편을 옆에서 보는 효과를 주기 때문에 시편의 높이 변화를 관찰할 수 있을 것이다. 또한 광학적인 절편영상을 얻기 때문에 이론적으로 얼마든지 조밀하게 연속적인 초점면을 형성할 수 있다. 이렇게 얻어진 영상을 컴퓨터에서 재구성함으로써 실제적인 삼차원 영상을 만들 수 있게 되므로 입체구조의 모든 방향의 영상을 모두 관찰 할 수 있다. 따라서 공초점현미경은 광학현미경과 전자현미경이 해결하지 못한 여러 가지 기능을 제공하게 되는 것이다.

무게손실량은 Prodigy와 Vitaescence, Z 250과 Filtek flow 간에는 유의한 차이를 보이지 않았으나, 전후 제품군간에는 차이를 보였다(Table 3). 분해층 깊이는 29.531~118.687 μ m의 범위였고, 각 제품간에 유의한 차이를 보였다(Table 4). Si 용출량은 133.25~2122.50ppm으로 나타났으며 제품간에 유의한 차이를 보였다(Table 5). 각 제품의 무게손실과 분해층 깊이, 무게손실과 Si 용출량, 분해층 깊이와 Si 용출량 사이에는 비교적 높은 상관관계가 나타났다. SEM 관찰시 NaOH 용액에 보관한 후 레진 기질이 소실되어 필러 입자가 두드러진 양상을 관찰할 수 있었으며 CLSM 관찰시 레진의 분해층 깊이를 관찰할 수 있었다.

수복용 복합레진이 개발된 이래 물리적 성질의 꾸준한 향상과 다양한 종류의 복합레진의 개발로 전치부 심미용뿐만 아니라 구치부의 수복재까지 널리 사용되고 있다. 하지만 여전히 복합레진의 최대 단점은 약한 마모저항성이다. 이 연구는 가수분해 대한 레진의 저항성을 결정하는 요소의 이해를 제공한다. 각기 다른 회사 복합레진의 NaOH 처리 후 다양한 요소의 변화와 관련된 양적인 정보를 제공한다. 다양한 복합레진의 표면하 분해의 깊이를 측정하고 SEM과 Energy Dispersive X ray Analysis 및 confocal laser scanning microscopic study를 통해 각 재료의 내부와 표면하 특징을 비교분석하고 표면분해의 깊이, silicone의 농도, 무게변화 등을 기록한다. 본 연구는 세계 유수한 회사에서 다양한 레진을 생산해내고 장점을 주장하고 있는 실정에서 치과의사가 우수제품을 선택함으로써 양질의 진료를 행할 수 있도록 하는데 궁극적 목적이 있었다. 차후 복합레진의 마모와 병행하여 지속적인 연구가 진행되어야 하리라 사료된다.

V. 결 론

임상에서 흔히 사용되는 Prodigy(Kerr, USA), Vitaescence(Ultradent, USA), Z 250(3M, USA), Filtek flow(3M, USA)의 4종의 복합레진의 마모에 미치는 환경적 효과를 알기 위하여 0.1N NaOH 용액에 보관후 각 제품의 분해층 깊이(μ m), 무게변화, Si 이온 농도(ppm)를 측정하고, SEM과 CLSM을 이용하여 표면을 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 내렸다.

1. 무게손실량은 Prodigy와 Vitaescence사이, Z 250과 Filtek flow사이에는 차이를 보이지 않았으며 전후 제품군

간에는 차이를 보였다.

2. 분해층 깊이는 Z 250, Filtek flow, Prodigy, Vitaescence 순으로 감소하였으며, 네가지 제품간에는 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).
3. Si 용출량은 Filtek flow, Z 250, Prodigy, Vitaescence 순으로 감소하였으며, 각 제품 간에는 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).
4. 각 제품의 무게손실과 분해층 깊이 사이에는 높은 상관관계를 보였다($r=0.714$, $p<0.05$).
5. 각 제품의 무게손실과 Si 용출량 사이에는 높은 상관관계를 보였다($r=0.770$, $p<0.05$).
6. 각 제품의 분해층 깊이와 Si 용출량 사이에는 높은 상관관계를 보였다($r=0.930$, $p<0.05$).
7. 주사전자현미경 관찰시 NaOH 용액에 보관한 후 레진 기질과 필러 사이의 결합의 파괴를 관찰할 수 있었다.
8. 공초점 레이저 현미경 관찰시 NaOH 용액에 보관한 후 레진의 분해층 깊이를 관찰할 수 있었다.

이상의 결과 복합레진의 평가 요소로서 복합레진의 가수분해가 고려되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Wu W, McKinney JE : Influence of chemical on wear of dental composites. J Dent Res 61:1180-1183, 1982.
2. Brik Larsen I, Munksgaard EC : Effect of human saliva on surface degradation of composite resins. Scand J Dent Res 99:254-261, 1991.
3. Van Groeningen G, Jongebloed W, Arendo J : Composite resins after 1 1/2 years of in vivo abrasion. Quintessens 4:253-260, 1985.
4. S derholm KJ, Zigan M, Ragan M, et al. : Hydrolytic degradation of dental composites. J Dent Res 63:1248-1254, 1984.
5. McKinney JE, Wu W : Chemical softening and wear of dental composites. J Dent Res 64:1326-1331, 1985.
6. Wu W, Toth EE, Moffa JF, et al. : Subsurface damage layer of in vivo worn dental composite restorations. J Dent Res 65:675-680, 1984.
7. Sarkar NK : Internal corrosion in dental composite wear. J Biomed Mater Res 53:371-380, 2000.
8. Pearson GJ : Long term water sorption and solubility of composite filling materials. J Dent 7:64-68, 1979.
9. S derholm KJ : Degradation of glass filler in experimental composites. J Dent Res 60:1867-1875, 1981.

10. Hosoda H, Yamada T, Horie K : Study of degradation of posterior composite resins I. Structural changes of resin surface under alkaline conditions. *J Conserv Dent* 30:863-882, 1987.
11. Hosoda H, Yamada T, Inokoshi S : Study on degradation of posterior composite resins I. Structural changes in sub-surface damage layer of resins under alkaline conditions. *J Conserv Dent* 30:1251-1265, 1987.
12. Sarkar NK, Karmaker A, Prasad A, et al. : Simulation of in vivo degradation of dental composites. *J Mat Sc Lett* 18:1749-1752, 1999.
13. Sarkar NK, Tolar K, Xu X, et al. : Subsurface degradation and toothbrush abrasion of ten commercial composite resins. *J Dent Res* 76:2320-2453, 1997.
14. 최낙원, 조병훈, 손호현 : 상아질-레진 계면의 공초점 현미경적 형태 및 전단결합강도와의 관계. *대한치과보존학회지* 24:310-321, 1999.
15. Pioch T, Stotz S, Staehle HJ, et al. : Applications of confocal laser scanning microscopy to dental bonding. *Adv Dent Res* 11:453-461, 1997.
16. Craig RG, Powers JM : Wear of dental tissues and materials. *Int Dent J* 26:121-133, 1976.
17. Prasad SV, Calvert PD : Abrasive wear of particle-filled polymers. *J Mater Sci* 15:1746-1754, 1980.
18. Jørgensen KD, Hørsted P, Janum O, et al. : Abrasion of class I restorative resins. *Scand J Dent Res* 87:140-145, 1979.
19. Söderholm KJ : Filler leachability during water storage of six composite materials. *Scand J Dent Res* 98:82-88, 1990.
20. Söderholm KJ, Yang MCK, Garcea I : Filler particle leachability of experimental dental composites. *Eur J Oral Sci* 108:555-560, 2000.
21. Shotton DM : Confocal scanning optical microscopy and its applications for biological specimens. *J Cell Sci* 94:175-206, 1989.
22. Miyako K, Sadakazu E, Kooji H, et al. : Histological observations of dental tissues using the confocal laser scanning microscope. *Biotech & Histo* 70:66-69, 1995.
23. Schupbach P, Krejci I, Felix L : Dentin bonding: effect of tubule orientation on hybrid-layer formation. *Eur J Oral Sci* 105:344-352, 1997.

사진 부도 ①

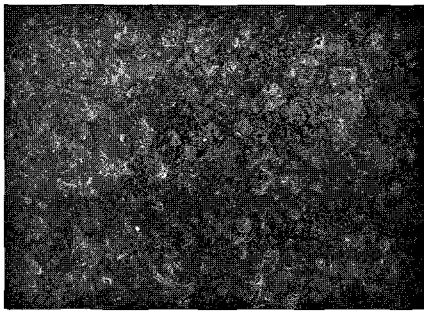


Fig. 1

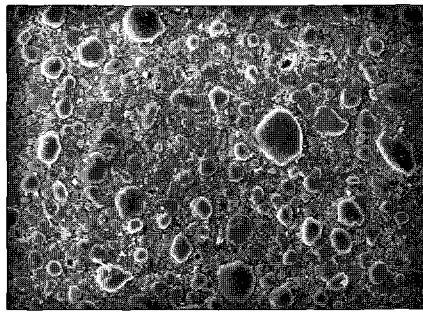


Fig. 2

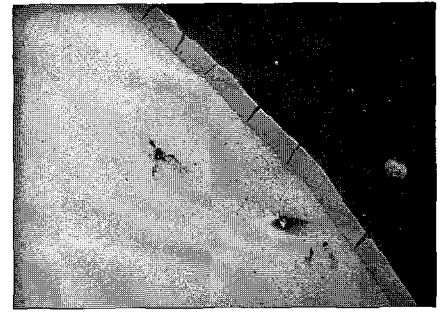


Fig. 3

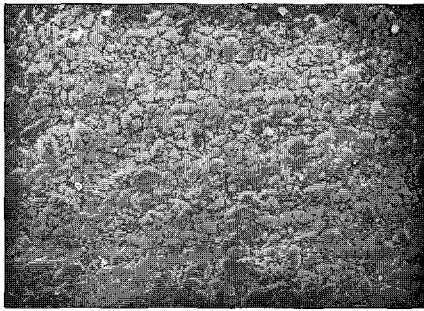


Fig. 4

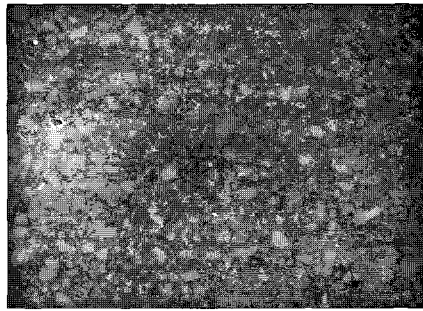


Fig. 5

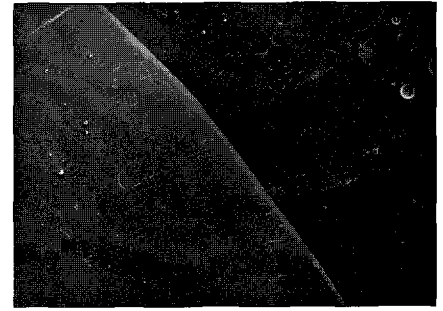


Fig. 6

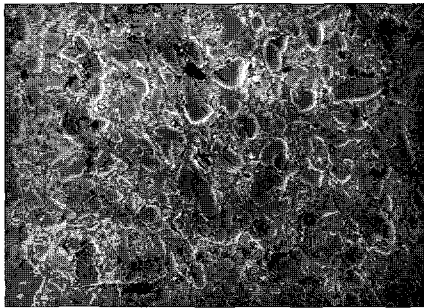


Fig. 7

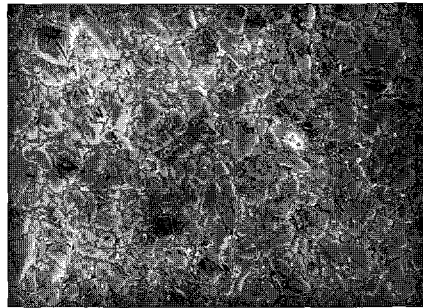


Fig. 8

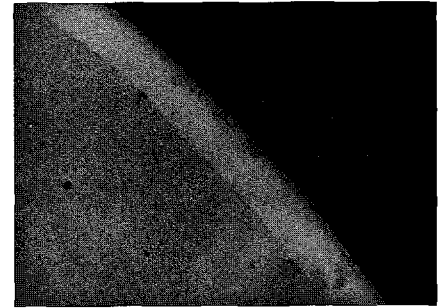


Fig. 9

(Fig. 1.-Fig. 3. Show scanning electron micrographs of Prodigy)

Fig. 1. Shows Prodigy before soaking in 0.1N NaOH solution($\times 5000$).

Fig. 2. Shows Prodigy after soaking in 0.1N NaOH at 60°C for 2weeks($\times 5000$).

Fig. 3. Shows degradation layer depth Prodigy($\times 100$).

(Fig. 4.-Fig. 6. Show scanning electron micrographs of Vitaescence)

Fig. 4. Shows Vitaescence before soaking in 0.1N NaOH solution($\times 5000$).

Fig. 5. Shows Vitaescence after soaking in 0.1N NaOH at 60°C for 2weeks($\times 5000$).

Fig. 6. Shows degradation layer depth Vitaescence($\times 100$).

(Fig. 7.-Fig. 9. Show scanning electron micrographs of Z 250)

Fig. 7. Shows Z 250 before soaking in 0.1N NaOH solution($\times 5000$).

Fig. 8. Shows Z 250 after soaking in 0.1N NaOH at 60°C for 2weeks($\times 5000$).

Fig. 9. Shows degradation layer depth Z 250($\times 100$).

사진 부도 ②

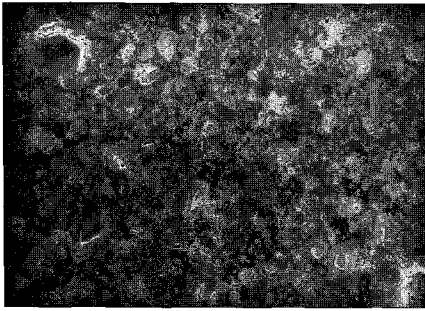


Fig. 10

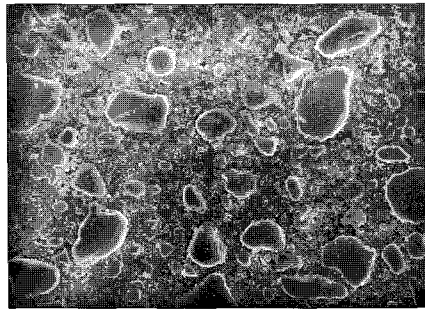


Fig. 11



Fig. 12



Fig. 13

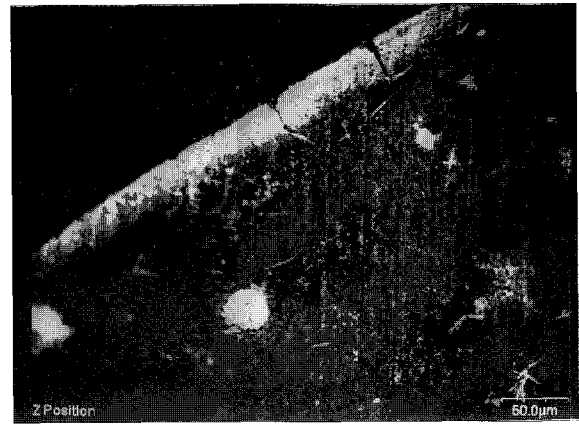


Fig. 14



Fig. 15



Fig. 16

(Fig. 10.-Fig. 12. Show scanning electron micrographs of Filtek flow)

Fig. 10. Shows Filtek flow before soaking in 0.1N NaOH solution($\times 5000$).

Fig. 11. Shows Filtek flow after soaking in 0.1N NaOH at 60°C for 2 weeks($\times 5000$).

Fig. 12. Shows degradation layer depth Filtek flow($\times 100$).

Fig. 13. Shows CLSM image of Prodigy.

Fig. 14. Shows CLSM image of Vitalescence.

Fig. 15. Shows CLSM image of Z 250.

Fig. 16. Shows CLSM image of Filtek flow.

Abstract

SEM AND CONFOCAL LASER SCANNING MICROSCOPIC STUDY ON THE CORROSION OF DENTAL RESTORATIVE RESINS

Kuy-Ho Yang, Eun-Hae Park, Byung-Cho Jeong

*Department of Pediatric Dentistry, Dental Science Research Institute
College of Dentistry, Chonnam National University*

The aim of this study was to evaluate the resistance to degradation of four commercial composite resins- Prodigy(Kerr, USA), Vitaescence(Ultradent, USA), Z 250(3M, USA), Filtek flow(3M, USA)- in an alkaline solution. Resistance to degradation was evaluated on the basis of following parameters: (a) mass loss(%), (b) Si loss(ppm), (c) degradation depth(μm).

The results were as follows:

1. There was no significant difference between Prodigy and Vitaescence, also Z 250 and Filtek flow. But, there was significant difference between former group and latter group.
2. The sequence of the degree of degradation layer depth was in descending order by Z 250, Filtek flow, Prodigy, Vitaescence. There was significant difference among the materials.
3. The sequence of the Si loss was in descending order by Filtek flow, Z 250, Prodigy, Vitaescence. There was significant difference among the materials.
4. The correlation coefficient between mass loss and degradation layer depth($r=0.714$, $p<0.05$), mass loss and Si loss($r=0.770$, $p<0.05$), and degradation layer depth and Si loss($r=0.930$, $p<0.05$) were relatively high.
5. When observed with SEM, destruction of bonding was observed between resin matrix and filler.
6. When observed with CLSM, degradation layer depth of composite resin surface was observed.

Key words : Composite resins, Chemical degradation, Resistance to degradation, Explanation of figures