NaOH 용액내에서의 광중합형 복합레진의 화학적 분해

김정란 · 정병초 · 양규호

전남대학교 치과대학 소아치과학교실 및 치의학 연구소

국문초록

복합레진의 중요한 임상적 단점은 낮은 마모 저항성이며, 이와 관련된 하나의 인자로 수복물의 표면하 분해(subsurface degradation)가 고려되고 있다.

본 연구에서는 알카리성 용액(0.1N NaOH)에 현재 구치부 수복에 많이 이용되는 Z100(3M), Clearfil AP-X(Kuraray), Tetric Ceram(Vivadent)의 3종의 복합레진과 흐름성이 뛰어난 Aeliteflo(Bisco) 등 4종의 광중합형 레진을 보관하였을 때 각 제품의 분해저항성을 평가하고자 하였다.

분해저항성은 다음의 지표를 근거로 평가하였다. 1) 무게손실 - NaOH 용액에 노출 전후의 무게 측정, 2) Si 농도 - 시편을 제거한 용액은 ICP-AE분석기를 통하여 용액내로 용출된 Si 이온 정도 평가, 3) 분해층 깊이 - 용액에 보관한 시편을 연마하여 SEM을 이용하여 분해층의 깊이(㎛)를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 각 제품의 무게손실량은 Z100, TC, CL, AE 순으로 많았으며, AE, CL군과 TC, Z100군 사이에 유의한 차이가 있었다 ($p< 0.05$).
2. 각 제품의 표면하 분해층 깊이는 Z100, TC, CL, AE 순으로 깊었으며, AE, CL군과 Z100군 사이에 유의한 차이가 있었다($p< 0.05$).
3. 각 제품으로부터 용출된 Si 양은 Z100군이 가장 많고, AE, CL, TC순으로 많았다.
4. 무게손실량과 표면하 분해층 깊이 사이에 비교적 높은 상관관계를 보였다($r=0.71$, $p<0.05$).

주요어 : 복합레진, 표면하 분해, NaOH 용액

Ⅰ. 서 론

구치부의 수복시에 수은과 은의 합금을 이용한 아말감은 1928년 ADA specification 제 1번으로 등록되었고 현재까지 가장 보편적인 치료술식으로서 자리를 잡아왔다[1]. 하지만 잔류 수은의 인체에 대한 유해성 여부가 아직 명확히 밝혀지지 않았고, 환경오염에 대한 우려로 치과에서의 아말감 사용이 감소됨에 따라[2] 과거에는 전치부의 심미적인 수복을 목적으로 주로 사용된 복합레진을 구치부의 충전에도 활용할 수 있는 방안을 활발하게 연구하기 시작하였다.

복합레진은 장기간 구강내 환경에 노출되어 교모, 수분흡수, 착색 및 교합압 등의 요인으로 수복물 표면의 마모와 변색 및 수복물 자체의 파괴가 발생될 수 있다[3,4]. 따라서 이상과 같은 영향으로부터 복합레진의 파괴를 방지하고 구강내에서 장기간 유지되도록 하기 위하여 복합레진의 물성을 향상시킬 필요가 있다.

복합레진을 구치부에 성공적으로 사용하는데 있어 그 동안 광중합 방법으로 수복시 문제점으로 주로 지적되어 온 마모에 관한 문제를 얼마나 해결할 수 있는가는 상당히 중요하다[5]. 즉, 수복재료가 자연치와 동일한 마모특성을 가져야 적절한 수복물로 인정받을 수 있을 것이다[6]. 치과용 레진의 중요한 단점으로는 임상적으로 사용했을 때 상대적으로 낮은 마모저항성이다[3,4]. 과거 이러한 재료의 마모 기전은 레진의 마모, 필러 노출, 필러 소실에 의한 것으로 설명되었다[4]. 그러나 이것은 마모 기전에 대한 명확한 설명이 되지 못하였다. 또한 일반적 견해는 치아의 응력 집중 부위에 레진이 위치하였을 때 마모가 가장 빨리 진행되어 심한 마모가 일어난다는 것이 일반적 견해였다[7]. 그러나 O' Brien과 Yee[8], Wu 등[9]은 대합치와 접촉하지 않는 부분에서

도 마모가 발생하였다고 보고하였고, 이에 대한 연구결과 수복물의 표면하 분해가 마모와 관련된 하나의 인자로 여겨지게 되었다[9,10].

Wu 등[9]은 수복레진의 특성과 구강내에 노출된 시간에 따라 그 분해층의 두께가 다르고, 이러한 분해층은 응력을 받는 부분과 응력을 받지 않는 부분 모두에서 관찰되어 기계적인 응력만이 표면하 분해에 영향을 주는 것이 아니다라고 보고하였다.

Söderholm[11-14]은 복합레진을 물에 보관하였을 때 필러와 기질사이가 분리되어 글래스 필러로부터 Si, Ba, Sr 등이 용출됨을 확인하였고 quartz 필러의 경우가 실리케이트를 포함하는 글래스보다 더욱 안정된다고 보고하였다[11-13]. 내부부식과 같은 이러한 분해는 수복물질과 구강내의 물분자와의 화학반응의 결과라 할 수 있다[12,15-17]. 수복물이 수분을 흡수함에 따라 실리케이트결합이 파괴되고 silane coupling agent가 가수분해되어, silicate network가 파괴되어 필러 입자가 서서히 분해된다. 시간이 지나면서 수분은 레진의 기질, 기질과 필러의 계면부, 공기방울이나 crack과 같은 결함을 통해 내부로 확산되어 위의 반응이 계속되기 때문에 분해층을 형성하게 된다[12,15-17]. 표면하 분해의 깊이는 재료의 투과성에 의존하고, 재료의 투과성은 silane coupling의 안정성뿐만 아니라 기질과 필러 입자의 화학적, 물리적 성질에 따라 다르게 나타난다[18].

세계의 많은 회사에서 다양한 레진을 생산해 내고 각각 장점을 주장하고 있는 실정에서 치과의사는 어떤 것을 선택하여야 되는지 알기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 현재 임상에서 많이 사용하고 있는 대표적인 복합레진으로부터 무게손실, 표면하 분해층 깊이, 용출된 Si 농도를 기준으로 각 레진의 분해저항성을 평가하여 제품간 비교를 하여 복합레진 선택에 하나의 지표가 되고자 하였다.

Ⅱ. 연구 재료 및 방법

본 실험에는 현재 구치부 수복에 많이 이용되는 3종의 복합레진과 3급와동과 5급와동에 사용이 적합한, 흐름성을 지닌 1종의 복합레진을 사용하였다(Table 1).

1. 시편제작

레진 시편은 두께 3mm, 내경 10mm의 테프론 몰드(teflon mold)를 이용하여 각 제품마다 각각 4개씩 제작하였다. 복합레진을 테프론 몰드에 주입하고 기포발생을 줄이기 위해 resin instrument로 응축시킨 후 2장의 Mylar sheet와 유리판으로 압접하여 편평한 표면을 만들었다. 가시광선중합기(Coltolux, Coltene, USA)로 한면당 20초씩 광조사한 후 유리판과 Mylar sheet를 제거한 후 각 면에 20초씩 추가 조사하였다. 중합이 완료된 시편은 600, 1000, 1200, 1500 grit의 사포로 젖은 상태에서 양면을 연마하였다. 연마 후 증류수 내에서 초음파 세척기를 이용하여 3분간 세척하여 시편의 이물질을 제거하였다. 각 시편을 60℃ 오븐에서 2시간 건조하였다. 건조 후 초기 시편 무게를 측정하였다.

Table 1. Materials studied in this experiment

Brand Name	Code	Manufacturer
Aelite flo	AE	Bisco Inc., USA.
Clearfil AP-X	CL	Kuraray/Morita, Japan
Tetric Ceram	TC	Vivadent, Liechtenstein
Z-100	Z100	3M Co., USA

각 시편을 3ml의 0.1N NaOH 용액이 담긴 폴리에틸렌용기에 담그고, 시편의 모든 부분이 용액과 접촉하도록 하여 이 용기를 60℃에서 2주간 보관하였다. 2주 후 시편을 1.23% HCl 용액으로 중화시킨 후 흐르는 물에 세척 후 건조하여 무게를 측정하였다. 초기의 무게와 용액에 저장한 후 무게차이를 계산하여 무게손실비(%)를 측정하였다.

2. 필러 함량 측정

각 레진의 필러 함량을 평가하기 위하여 동일한 방법으로 하나의 시편을 추가 제작하였다. 시편의 무게를 측정한 후 600℃의 furnace에서 2시간 보관하여 레진의 기질을 연소시킨 다음 남아있는 필러의 무게를 측정하여 레진내의 필러의 함량을 무게비로 나타내었다.

3. 필러 성분 분석

동일한 시편을 제작하여 필러의 성분을 분석하였다. 분석은 EDS(Energy Dispersive Spectrometry, Hitachi, Japan) 분석기를 갖춘 주사전자현미경을 사용하였다. 스펙트럼은 양적인 분석을 위한 컴퓨터 프로그램을 사용하여 각기 다른 시편내의 Al, Si, Sr, Ba을 분석하였다.

4. 용출된 Si 농도 측정

저장용액 내로 용출된 Si 농도를 측정하기 위하여 background의 영향이 적고, 재현성이 뛰어나며 미량원소의 검출에 적합한 유도결합플라즈마 원자방출 분광기(Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy, Leeman 010-2106, Leeman Lab, USA)를 이용하여 정량분석하였다.

5. 주사전자현미경적 관찰

0.1N NaOH 용액에 저장하기 전과 후의 시편을 각각 백금으로 표면처리하여 주사전자현미경(S-4700, Hitachi, Japan) 하에서 표면을 관찰하였다. 0.1N NaOH 용액에 저장한 후의 시편을 아크릴릭 레진에 매몰하여 600, 1000, 1200, 1500 grit의 사포로 표면을 연마하여 표면처리 후 주사전자현미경하에서 관찰하여 시편의 대조도의 차이로 표면하 분해층을 구분

하고, 그 두께를 측정하였다.

6. 통계학적 분석방법

무게손실, 분해층 깊이, Si 농도에서 제품간 차이를 보기위해 ANOVA test를 시행하였고, 사후검증을 위해 Duncan's multiple range test를 시행하였으며, 무게손실, 분해층 깊이, 용출된 Si 농도간의 상관관계를 보고자 Sperman's rho test를 시행하였다.

Ⅲ. 연구 성적

1. 필러 성분 분석

EDS에 의한 필러의 화학적 성분과 복합레진 내 필러 함량 분석 결과는 Table 2에 표시하였다. Table 2에서 보여지는 필러 무게는 전체 무게에 대한 특정원소의 함량을 나타내는 것이다. 따라서 원소의 농도가 더 낮은 제품이라도 필러 함량이 더 높다면 복합레진 내 그 원소의 전체양은 더 많을 수도 있다. AE의 필러 내 Si양은 45.7%이고 AE의 필러 함량은 무게비로 58.4%이므로 AE 레진시편 내 전체 Si 양은 무게비로 26.68%이다(Table 3). 각 제품내의 필러 함량, 필러 구성성분은 모두 다르나, 주로 Si, Ba, Al로 구성되어 있으며 TC에서만 YbF3를 함유하고 있었다. CL과 TC에서는 Si와 Ba의 비율이 거의 유사하며, Z100은 Si가 특히 많았다.

2. 무게손실, 분해층 깊이, 필러의 용출농도

무게손실에서는 TC와 Z100이 AE, CL에 비해 높은 값을 보이며, 분해층 깊이는 Z100이 AE, CL보다 깊으나, TC와는 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 4). NaOH 용액 내로 용출된 Si 농도는 Z100이 2060 ppm으로 타제품에 비해 유의성있

Table 2. Chemical composition in the filler particles

Material	element (Wt %) of the filler						Wt % of the filler
	Si	Ba	Al	O	Yb	F	
AE	45.71	30.33	8.67	15.28			58.44
CL	39.81	36.77	7.77	15.65			83.61
TC	39.54	33.76	10.44	16.25	29.10	1.11	75.92
Z100	73.08	2.11	2.32	22.49			79.52

Table 3. Weight percent of element in composite resin specimens

Material	element (Wt %) of the filler					
	Si	Ba	Al	O	Yb	F
AE	26.68	17.72	5.07	8.93		
CL	33.29	30.74	6.50	13.08		
TC	30.02	25.63	7.93	12.34	22.09	1.00
Z100	58.11	1.68	1.84	17.88		

Table 4. Mass-loss(%) and Degradation layer depth(㎛) of Four Composites Exposed to NaOH Solution

Material	Mass loss (%)	Degradation layer depth (㎛)
AE	0.46±0.04	10.75±0.49
CL	0.77±0.72	10.85±2.57
TC	3.42±0.88	40.14±7.57
Z100	3.64±1.21	52.25±2.19

Vertical line denotes no significant difference(p>0.05) among material types.

Table 5. Si and Ba loss (ppm) of Four Composites Exposed to NaOH Solution

Material	Si-loss	eluted Si % among total Si in specimen	Ba-loss	eluted Ba % among total Ba in specimen
AE	310.50±1.76	0.93%	22.35±1.88	0.1%
CL	262.25±0.24	0.46%	32.23±8.40	0.06%
TC	237.75±0.23	0.48%	30.75±8.83	0.07%
Z100	2060.00±5.75*	2.21%	21.18±9.53	0.6%

Vertical line denotes no significant difference(p>0.05) among material types.

* : Significant difference(p<0.05) compared to three groups.

게 높은 값을 보이며 Z100 시편내의 전체 Si 양의 2.21%가 용출되었다(Table 5). Ba 역시 Z100에서 시편내 전체 Ba의 0.6%가 용출되어 가장 많은 손실을 보였다. 무게손실과 분해층 깊이간의 상관관계는 높게 나타났으며($r=0.71$, $p<0.05$), 분해층 깊이와 Si 농도간에는 상관관계가 낮았다($r=0.33$, $p<0.05$).

3. 주사전자현미경적 소견(Fig. 1~4)

NaOH 용액에 저장전의 관찰시 CL의 경우 다양한 크기의 필러입자로 구성되어 있음을 알 수 있었고, AE의 필러는 비교적 균일하고 크기는 작았다. NaOH 용액에 저장후 필러와 기질간의 결합은 파괴되었고, 필러 자체의 파괴도 관찰되었다.

Ⅳ. 총괄 및 고찰

과거 전치부의 심미적인 수복을 주목적으로 하였던 복합레진은 환자와 임상가의 심미성에 대한 관심이 커지고, 아말감의 잔류수은에 의한 인체 유해성 여부와 환경오염에 대한 논란으로 그 사용이 재고[2]됨에 따라 복합레진을 구치부 수복에도 활용할 수 있는 방안을 연구하기 시작하였다.

구치부 수복시 복합레진의 중요한 단점 중 하나는 마모저항성이 낮다는 것이다[3,4]. 과거 복합레진의 마모기전은 레진의 마모, 필러의 노출 및 소실에 의한 것으로 설명되었고, 치아의 응력 집중 부위에 위치 시 마모가 빨리 진행된다고 하였다[6,7].

그러나, *in vivo*상에서 마모된 레진수복물에서 구강내 환경에 노출된 모든 표면의 하방에 표면하 분해층이 관찰되었고, 응력 집중 부위에서 뿐만 아니라, 비응력 집중 부위에서도 분해층이 발견됨으로써 stress 만이 이러한 형태의 결손부를 야기하는 유일한 원인이 아니라고 할 수 있다[9]. 수복물의 표면하 분해가 마모와 관련된 하나의 인자로 여겨지게 되었고[9,10], 복합레진으로부터의 성분유출에 관한 많은 연구가 행해졌다.

복합레진의 중합반응이 불충분한 경우 잔존 단량체가 용출되는 등 용출가능성 있는 성분이 많아지므로 중합정도와 용출간의 높은 역상관관계가 있는 것으로 알려져 있으며[24,25] 용출과 관련된 연구에 사용되는 용매에 따라 복합레진으로부터 용출되는 성분의 종류와 양이 영향을 받는 것으로 보고되었으며[26], Wu와 McKinney[25]는 75% 에탄올 수용액이 복합레진의 가장 좋은 용매라고 하였다.

수복물이 수분을 흡수하면 수산기(OH^-)를 형성하고, 국소적인 pH가 상승되어 silane coupling agent와 필러입자의 분해가 촉진된다[4,19]. 이전의 연구[20]에서 NaOH는 다량체 기질에 영향을 주지 않고 필러 입자를 분해하며, *in vivo*에서 보여지는 것과 유사한 표면하 분해를 형성한다고 하였다.

본 연구에서는 0.1N NaOH 용액에 저장하였으며, 0.1N NaOH 용액은 물과 인공타액에 존재하는 수산기보다 106배 더 많고 따라서 더욱 침투적인 매체가 될 수 있다. 실험실 평가에서 볼 때 적절한 시간내에 분해과정을 촉진시킬 수 있는 매체의 선택은 중요하다 하겠다.

EDS를 통해 각 제품의 시편내 필러의 성분함량을 분석하였고, NaOH 용액내로 유출된 필러의 성분은 유도결합플라즈마 원자방출 분광기를 이용하였다. 유도결합플라즈마 광원으로 얻을 수 있는 스펙트럼은 background가 낮고 재현성이 좋기 때문에 동위원소의 분석, 미량 원소의 검출 등에 이용할 수 있고, 또한 시료용액을 일정한 속도로 분무시켜서 안정한 불꽃을 얻을 수 있으므로 재현성이 뛰어난 정량 분석이 가능하다.

Söderholm[11-13]은 모든 필러에서 Si의 용출이 나타났고, quartz 필러보다 glass modifiers로 사용하는 Ba과 Sr을 함유하는 경우 수분에 더욱 민감하여 결합의 파괴가 쉽게 일어나므로 Si 용출이 더 많이 일어나며, 미세입자형 필러의 경우 필러 전체 표면적이 더 넓기 때문에 Si 용출이 더 많이 일어난다고 하였다.

EDS 분석결과 CL, AE, TC의 3종 복합레진의 필러는 주로 Si, Ba, Al등으로 구성되어 있으며, Z100의 경우 58.1%가 Si로 구성되어 있고 Ba, AL 등의 성분은 미량이었다. AE의 경우 전체 필러 함량은 60%이고, 이중 Si가 26.7%로 다른 제품에 비해 필러 함량도 적고, 필러내 Si 함량도 적었다. 용출된 Si 농도는 Z100이 2060ppm, 전체 필러내 Si 함량의 2.21%가 용출되어 다른 제품에 비해 매우 높은 값을 보였으며, AE의 경우 Si 함량은 CE, TC보다 적으나 용출된 Si양은 310.5ppm, 전체 필러내 Si 함량의 0.93%으로 더욱 많았다. Ba 용출에서 또한 Z100의 경우 전체 필러내 Ba의 0.6%가 용출되었고, AE의 경우 0.1%로 CL과 TC의 0.06%, 0.07%에 비해 높은 값을 나타내었다. 이러한 결과는 이전 S derholm 등[11,12]의 결과와는 다른 것이다. CL과 TC에서는 glass modifiers로서 Ba, Al이 첨가되었으나 Si의 용출은 많지 않았고, 필러 함량이 더 적은 AE에서 CL과 TC보다 더 많은 성분용출이 나타났다. 그러나 무게손실을 비교하면 AE보다 CL과 TC가 더 많은 무게손실을 나타내어 Si와 Ba의 다른 성분의 손실이 있을 것으로 보이며, 이에 대한 더 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

SEM상에서 용출 전,후의 양상을 비교하면 레진과 필러 사이의 결합이 분리되어 있는 것을 확인할 수 있었고, AE의 경우 SEM상에서 필러 크기는 대체로 작고 균일한 형태로 구성되어 있었고 이러한 작은 크기의 입자는 표면적이 넓어 Si 용출이 많이 나타난 것으로 보이며, 이는 Söderholm 등[13,14]의 연구결과와 일치하였다.

Ba, Sr 등의 글래스는 quartz보다 더 부드럽기 때문에 필러 제조시 더욱 미세하게 제조할 수 있어 복합레진의 수복시 더욱 부드러운 표면을 형성할 수 있다[21-23]. 필러 입자크기가 감소하고, 표면질감이 향상되어 복합레진의 마모성질이 향상되는 요소로도 작용한다. 또한 방사선불투과성 성질을 지니므로 더욱 바람직하다[23].

SEM상에서 NaOH 용액에 저장 후 기질과 필러의 결합의 파괴는 필러 용출과 관련이 있으며 필러 표면의 가수분해가 필러

와 레진기질 계면부에서 결합의 약화를 가져오기 때문에 적절한 필러와 레진기질의 결합을 주목표로 한다면 치과용 복합레진에서 사용되는 필러는 습한 환경에서 안정되어야 할 것이다.

복합레진의 표면하 분해는 확산이 화학반응의 성질을 조절하므로 매우 느린 반응이다. 그러나 지속적인 이러한 반응으로 인해 silane coupling agent의 가수분해, 필러입자의 부분적 혹은 완전한 파괴, loosening으로 인한 약해진 층이 형성될 수 있다. 이러한 약해진 층으로 인해 수복물의 착색과 변색이 쉽게 일어날 수 있고, 저작이나 칫솔질 등에 의한 마모가 더 잘 나타날 수 있다고 생각할 수 있다. 본 연구는 가수분해에 대한 레진의 저항성을 결정하는 필러의 성분을 이해하는데 도움이 될 수 있을 것이다. 각 제품들의 필러의 물리적, 화학적성질이 모두 다르기 때문에 각기 다른 회사 복합레진의 NaOH 처치후 필러 성분요소의 변화와 그 양은 모두 다양하였다. 치과의사가 구치부 수복을 위한 광중합형 수복레진을 선택하는데 평가기준으로 이러한 분해에 대한 기준은 아직 확립되어 있지 못한 실정으로 앞으로 이의 기준을 설정하는 것이 필요하다[24].

본 연구결과 NaOH 용액에 저장 후 Z100이 무게손실, Si 용출, 분해층 깊이 모두 가장 큰 값을 보여, 분해저항성이 가장 낮은 것으로 나타났다. 그러나 이러한 결과와 임상적 양상과의 상관관계에 대한 정보는 불충분하다. 구치부 복합레진은 교합압을 견뎌낼 수 있어야 하므로 이러한 분해에 대한 저항성이 매우 중요하다 하겠다. 현재까지 많은 연구가 행해지고 있으나 이를 평가할 기준은 아직 설정되지 않았다. 이러한 요인들 모두가 복합레진의 마모를 촉진시키는 것으로 여겨지므로 추후 마모시험을 병행하여 본 연구와 연관성을 시험하여야 할 것으로 사료된다.

Ⅴ. 결 론

본 연구는 복합레진의 표면하 분해의 저항성을 평가하기 위해 현재 구치부 수복에 이용되고 있는 Z100, Clearfil APX, Tetric Ceram과 3급과 5급와동 수복에 주로 이용되는 흐름성을 지닌 Aeliteflo를 사용하여 무게손실과 필러의 성분중 Si의 손실정도(ppm), 분해층의 깊이(㎛)의 정도를 ICP-AE과 SEM를 통하여 측정, 평가한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 각 제품의 무게손실량은 Z100, TC, CL, AE 순으로 많았으며, AE, CL군과 TC, Z100군 사이에 유의한 차이가 있었다($p<0.05$).
2. 각 제품의 표면하 분해층 깊이는 Z100, TC, CL, AE 순으로 깊었으며, AE, CL군과 Z100군 사이에 유의한 차이가 있었다($p<0.05$).
3. 각 제품으로부터 용출된 Si 양은 Z100군이 가장 많았고, AE, CL, TC순으로 많았다.
4. 무게손실량과 표면하 분해층 깊이사이에 비교적 높은 상관관계를 보였다($r=0.71$, $p<0.05$).

이상의 결과 복합레진의 평가요소로서 화학적 분해가 고려되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Paffenbarger GC, Tesk JA, Brown WE : Dental research at the National Bureau of Standards : How it changed the practice of dental health service. J Am Dent Assoc 111:83-89, 1985.
2. 김경남 : 치과재료학, 군자출판사 256-283, 1995.
3. Leinfelder KF, Sluder TB, Sockwell CL : Clinical evaluation of composite resins as anterior and posterior restorative materials. J Prosthet Dent 33:407-416, 1975.
4. Phillips RW, Avery DR, Mehra R : Observation on a composite resin for Class II restoration : Three-year report. J Prosthet Dent 30:891, 1973.
5. 박성호 : 복합레진의 마모에 관한 임상적, 실험적 평가. 대한치과보존학회지 24:129-135, 1999.
6. Ruyter IE, Oysaed H : Composites for use in posterior teeth : composition and conversion. J Biomed Mater Res 21:11-23, 1987.
7. Kusy RP, Leinfelder KF : Pattern of wear in posterior composite restorations. J Dent Res 56:544, 1977.
8. O' Brien, Yee JJr : Surface structure of class II composite restorations after clinical wear. J Dent Res 58:942, 1979.
9. Wu W, Toth EE, Moffa JF : Subsurface damage layer of in vivo worn dental composite restoration. J Dent Res 63:675-680, 1984.
10. Roulet JF, Walti C : Influence of oral fluid on composite resin and glass-ionomer cement. J Prosthet Dent 52:182-189, 1984.
11. Söderholm KJ : Degradation of glass filler in experimental composites. J Dent Res 60:1867-1875, 1981.
12. Söderholm KJ : Leaking of fillers in dental composites. J Dent Res 62:126-130, 1983.
13. Söderholm KJ : Hydrolytic degradation of dental composites. J Dent Res 63:1248-1254, 1984.
14. Söderholm KJ : Filler leachability during water storage of six composite materials. Scand J Dent Res 98:82-88, 1990.
15. Sarkar NK, Zinck J : Surface and subsurface damage of three composite resins. J Dent Res spec #790, 1990.
16. Sarkar NK, Shin F : Subsurface damage and related phenomena in three restorative resins. J Dent Res

spec #230, 1991.
17. Michalske TA, Stephen WF : A molecular interpretation of stress corrosion in silica. Nature 295:511-512, 1982.
18. Ferrancane JL : Elution of leachable components from composites. J oral Rehabil 21:441-452, 1994.
19. Ferracane FL, Condon JR : Rate of elution of leachable components from composite. Dent Mater 6:282-287, 1990.
20. Sarkar NK : Hydrolytic degradation of dental composites. J Dent Res spec #855, 1996.
21. Bowen RL, Reed LE : Semiporous reinforcing fillers for composite resins : I. Preparation of provisional glass formulations. J Dent Res 55:738-747, 1976.
22. Bowen RL, Reed LE : Semiporous reinforcing fillers for composite resins : II. Heat treatments and etching characteristics. J Dent Res 55:748-756, 1976.
23. Bowen RL, Cleek GW : A new series of X-ray-opaque reinforcing fillers for composite materials. J Dent Res 51:177-182, 1972.
24. Ferracane J : Obstacles to the development of a standard for posterior composite resins. J Am Dent Assoc 118:649-651, 1989.
25. Wu W, McKinney JE : Influences of chemical on wear of dental composites. J Dent Res 61:1180-1191, 1982.
26. Rathburn MA, Craig RG, Hanks CT, et al. : Cytotoxicity of a Bis-GMA dental composite before and after leaching in organic solvents. J Biomed Mater Res 25:443-452, 1991.

사진 부도 ①

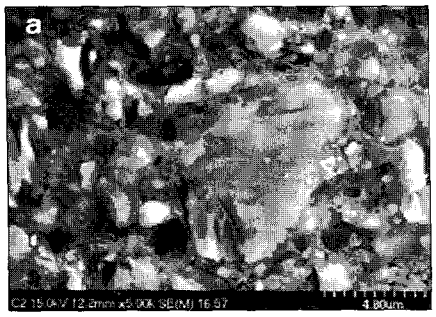

Fig. 1

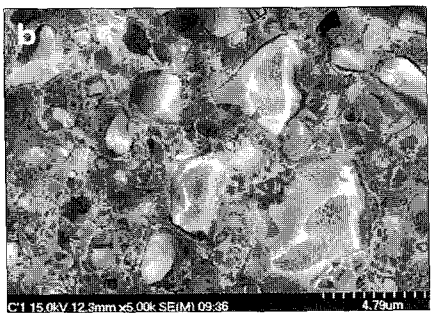

Fig. 2

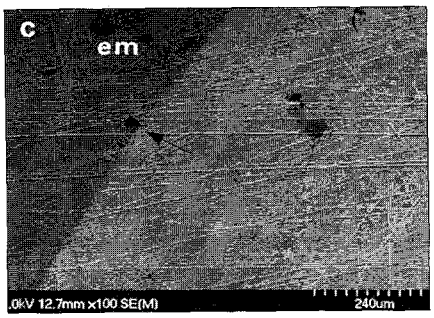

Fig. 3

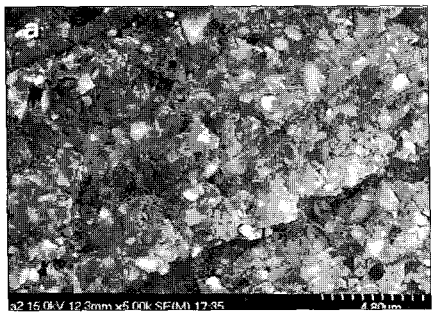

Fig. 4

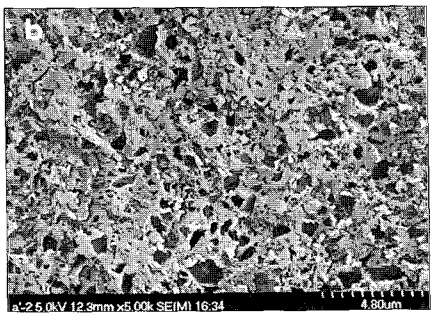

Fig. 5

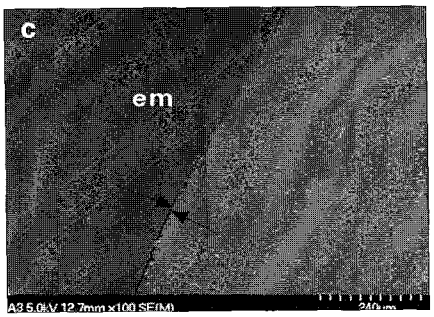

Fig. 6

(Fig. 1.-Fig. 3. Shows scanning electron micrographs of AP-X)
Fig. 1. Shows AP-X before soaking in 0.1N NaOH solution.
Fig. 2. Shows AP-X after soaking in 0.1N NaOH solution.
Fig. 3. Shows degradation layer depth of AP-X.

(Fig. 4.-Fig. 6. Shows scanning electron micrographs of Aelite flo)
Fig. 4. Shows Aelite flo before soaking in 0.1N NaOH solution.
Fig. 5. Shows Aelite flo after soaking in 0.1N NaOH solution.
Fig. 6. Shows degradation layer depth of Aelite flo.

사진 부도 ②

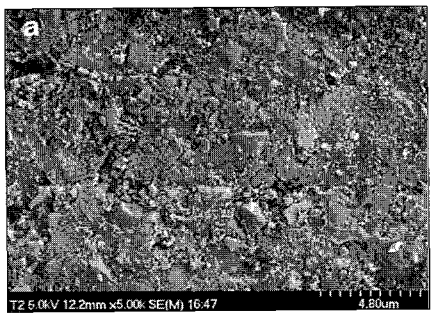

Fig. 7

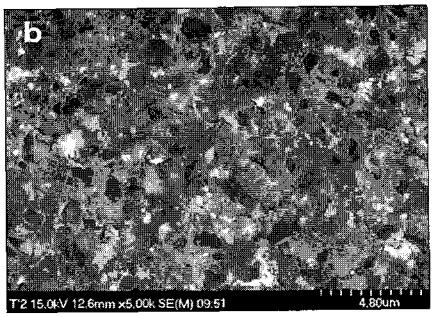

Fig. 8

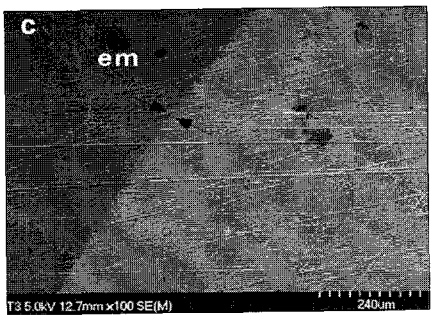

Fig. 9

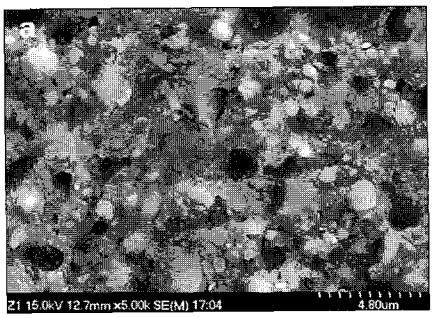

Fig. 10

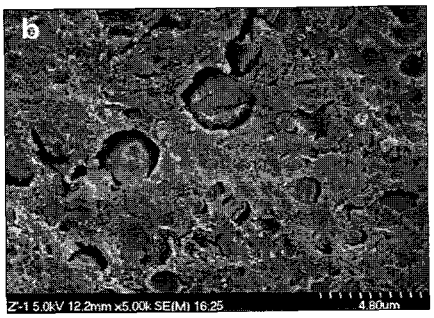

Fig. 11

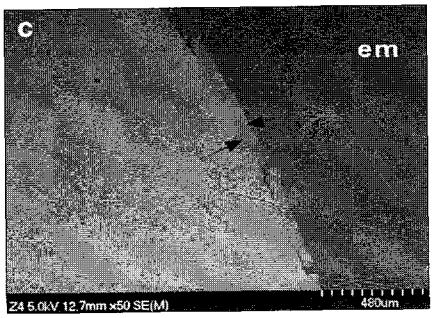

Fig. 12

(Fig. 7.-Fig. 9. Shows scanning electron micrographs of Tetric Ceram)
Fig. 7. Shows Tetric Ceram before soaking in 0.1N NaOH solution.
Fig. 8. Shows Tetric Ceram after soaking in 0.1N NaOH solution.
Fig. 9. Shows degradation layer depth of Tetric Ceram.

(Fig. 10.-Fig. 11. Shows scanning electron micrographs of Z100)
Fig. 10. Shows Z100 before soaking in 0.1N NaOH solution.
Fig. 11. Shows Z100 after soaking in 0.1N NaOH solution.
Fig. 12. Shows degradation layer depth of Z100.

Abstract

CHEMICAL DEGRADATION OF LIGHT CURED COMPOSITE RESINS IN NAOH SOLUTION

Jung-Ran Kim, Byung-Cho Jeong, Kyu-Ho Yang

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

One of the major deficiencies of composite restorative resins is their insufficient resistance to wear. Of the multitude of factors that have been associated with wear, subsurface degradation within the restoration is considered to be one.

The aim of this study was to evaluate the resistance to degradation of four commercial composite resins in an alkaline solution. The brands studied were Z100(3M), Clearfil AP-X(Kuraray), Tetric Ceram(Vivadent), Aelit flo(Bisco). Resistance to degradation was evaluated on the basis of the following parameters: (a) mass loss(%) - determined from pre-and post-exposure specimen weights; (b) Si loss(ppm) - obtained from ICP-AE analysis of solution exposed to specimens; and (c) degradation depth(㎛) - measured microscopically (SEM) from polished circular sections of exposed specimens.

The results were as follows:

1. The sequence of the mass loss was in ascending order by AE, CL, TC, Z100. There was statistically significant difference of mass loss between AE, CL group and TC, Z100 group($p<0.05$).
2. The sequence of the degree of degradation layer depth was in ascending order by AE, CL, TC, Z100. But there was no statistically significant difference of degree of degradation layer depth between AE and CL($p<0.05$).
3. For the Si concentration, Z100 was the highest of all.
4. The correlation coefficient between mass loss and degradation depth was relatively high($r=0.71$, $p<0.05$).

Key words : Composite resin, Subsurface degradation, NaOH solution