

열순환 처리가 콤포지트 레진의 마모거동과 인장강도에 미치는 영향

김민정¹, 송용범¹, 박일송², 유미경¹, 이민호², 배태성², 이광원^{1*}

¹전북대학교 치의학전문대학원 치과보존학교실 및 구강생체과학연구소, ²전북대학교 치의학전문대학원 치과재료 학교실 및 구강생체과학연구소, BK21사업

The effect of thermal cycling on abrasive wear behavior and tensile strength of composite resin

Min-Jeong Kim¹, Yong-Beom Song¹, Il-Song Park², Mi-Kyung Yu¹, Min-Ho Lee², Tae-Sung Bae², Kwang-Won Lee^{1*}

¹Dept. of Conservative Dentistry and Institute of Oral Bioscience, School of Dentistry, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, South Korea

²Dept. of Dental Biomaterials and Institute of Oral Bioscience, Brain Korea 21 Project, School of Dentistry, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, South Korea

(Received: Sep 12, 2012; Revised: Jun 20, 2013; Accepted: Jun 22, 2013)

ABSTRACT

The objective of this paper was to evaluate the abrasive wear behavior of restorative composite resin after thermal cycling. The test materials used in this study are Synergy(SG), Filtek™ Z350 XT(Z3), GRADIA® DIRECT anterior(GD), Filtek™ Z250(Z2), CLEARFILL AP-X(CL), Heliomolar®(HM), Metafil CX(MF). Among these composite resin materials, one group was immersed in distilled water for 10 days at 37°C while the other was subjected to thermal cycling at 5°C and 55°C in a water bath for 10,000 cycles. Subsequently, they were subjected to toothbrush abrasion test using a wear testing machine for 100,000 brushings under an applied normal load of 1.5 N. The surface roughness of the composite resin materials before and after abrasion testing was measured using a surface profilometer and their morphological features were assessed using scanning electron microscope (SEM). The tensile strength of the composite resin materials immersed in deionized water and those subjected to thermal cycling were evaluated using a universal testing machine.

The mean surface roughness (Ra) of the composite resin materials immersed in deionized water for 10 days at 37°C is lesser than 0.1 μm whereas SG, HM, MF subjected to thermal cycling showed Ra values higher than 0.1 μm and their Ra values in comparison with other materials in the same group had a significant difference (p < 0.05). The abrasive wear behavior is obvious in the matrix of all the composite resins tested and the shape of fillers is clearly evident for those subjected to thermal cycling. The loss of filler material and the formation of cracks on the matrix as well as at the interface between the filler and the matrix are also observed for the composite resin samples subjected to thermal cycling. The tensile strength of CL is 74.6 MPa, which is the highest value while that of Z3 and MF are 36.2 MPa and 37.5 MPa, respectively, which is the lowest among all the composite resin materials immersed in deionized water. Among the composite resin materials subjected to thermal cycling, CL exhibits a higher tensile strength of 65.5 MPa whereas the MF offers a very low tensile strength of 16.1 MPa, which is more than half of the value obtained for the same sample immersed in deionized water.

KEY WORDS : Composite resin, thermal cycling, abrasive wear, tensile strength

서 론

* 교신저자 : 561-756 전북 전주시 덕진구 덕진동 1가 664-14 전북
대학교 치의학전문대학원 치과보존학교실, 이광원
Tel : 063-250-2016, E-mail : lkw@jbnu.ac.kr

제조기술의 발전에 따라 물성이 향상되고 있기 때문에 치과용으로 응용범위가 증가되고 있다. 또한 금과 같은 수복재는 치료비용이 크게 발생되고, 아말감은 수은 사용에 따른 인체 유해성이 문제가 될 수 있으며, 환경오염에 대한 문제가 야기되는 바, 이에 따라서 콤포짓트 레진의 적용범위는 계속 증대되고 있다.

콤포짓트 레진은 레진기질(resin matrix), 무기필러(filler) 및 커플링제(coupling agent)로 구성된다(Anosavice, 2001). 레진기질로는 Bis-GMA(bisphenol-A-glycidyl dimethacrylate), UDMA(Urethane dimethacrylate)가 주로 사용되며, TEGDMA(Triethyleneglycol dimethacrylate)와 같은 희석 단량체가 배합되어 사용되기도 한다. 필러는 레진을 강화시키기 위하여 첨가하는데, 이 필러의 함량에 따라 레진의 기계적 성질이 좌우된다(Braem 등, 1989). 콤포짓트 레진을 필러의 입자크기, 분포, 형태로 분류하면 크게 microfill, hybrid, nanofill 등으로 분류할 수 있다. 일반적으로 필러의 함량이 높을수록 기계적 성질은 증가하며, 동일한 함량의 경우에는 필러의 크기가 작을수록 굽힘강도는 증가한다(Fan 등, 1985). 필러의 크기, 함량 변화 등을 통하여 물성이 크게 향상된 다양한 종류의 콤포짓트레진이 수복재료로서 폭넓게 이용되고 있으며, 지속적인 개발이 이루어지고 있다. 그러나 구강내에서 장시간 사용하였을 때, 교합면 마모(occlusal wear) 및 잇솔질 마모(toothbrush abrasion) 등의 마모가 발생될 수 있는 단점이 있으며, 교합면의 마모는 저작력에 의해서 발생된다. 반면 잇솔질 마모는 치약을 이용하여 잇솔질을 행할 때 수복재료의 표면의 색상 변화를 초래하거나 거칠기를 증가시킨다(Abouelatta 등, 2005).

수복재료의 잇솔질 마모는 다양한 요인과 관련되어 일어날 수 있는데, 잇솔질 마모시험을 실시하는 장치에 따라서(Harrington 등, 1982), 또는 콤포짓트 레진의 종류에 따라서 마모경향이 다르게 나타난다고 하였다(Kanter 등, 1982; Jones 등, 1989). 또한 치약의 종류 및 칫솔의 종류에 따라서도 영향을 받는다고도 하였다(Wictorin, 1972). 이러한 다양한 요인들 중, 수복재료의 종류가 마모에 미치는 영향이 제일 중요하다고 할 수 있으며, 이러한 이유로 수복재료의 종류에 따른 잇솔질 마모 거동에 관한 많은 연구들이 이루어져 왔다(Harrington 등, 1982; Kanter 등, 1982; Goldstein 과 Lerner, 1991).

콤포짓트 레진의 잇솔질 마모에 대한 영향을 평가하기 위한 임상시험은 비용이 비싸고, 시간이 오래 걸리므로 통상 실험실적으로 평가가 이루어지고 있다. 구강내의 온도는 음식물 섭취 및 음료수 등에 의하여 변할 수 있으며, 사람에 따라 음식물이나 음료수를 섭취하는 식습

관에 따라서 매우 큰 편차를 보이며, 음식물의 종류, 구강내에서의 위치 등에 따라서도 다르게 측정될 수 있다(Spierings 등, 1987; Longman과 Pearson, 1984). Paterson 등(1996)은 60°C의 액체가 45°C로, 0°C의 액체가 15°C로 측정된다고 하였으며, Palmer 등(1992)은 61°C 이하의 액체가 53.1°C-58.5°C로, 0°C의 액체가 1°C로 측정된다고 하였다. 이러한 온도구배 외에도 구강 내 콤포짓트 레진 수복부에서는 음식물의 섭취 시 다양한 형태의 응력뿐만 아니라 열적, 화학적 및 생물학적 변화가 수반되기 때문에 구강내의 환경을 완벽하게 재현하여 시험하는 것은 힘들지만, 수복재료의 내구성을 평가하기 위하여 구강환경을 고려한 액상 조건에서의 열순환 처리(thermal cycling test), 저작이나 교합력을 모방한 조건에서의 피로시험 및 내마모성 평가, 인장강도 평가 등의 시험이 이루어지고 있다(Jeon 등, 2009).

이에 본 연구에서는 수복재료로 사용되는 7종의 콤포짓트 레진의 열순환처리가 잇솔질 마모 및 인장강도에 미치는 영향을 평가하고자 하였다.

연구재료 및 방법

1. 연구재료

연구에 사용된 재료는 최근 시판되고 있는 7종의 콤포짓트 레진 (Synergy, Filtek™ Z350 XT, GRADIA® DIRECT anterior, Filtek™ Z250, CLEARFILL AP-X, Heliomolar®, Metafil CX)을 사용하였다(Table 1). 콤포짓트 레진의 잇솔질 마모거동을 평가하기 위하여 사용된 치약은 덴탈타입실리카, 플루오르화나트륨, 아미노카프로산, 테트라소듐파이로포스페이트를 주성분으로 하고, 1,000 ppm의 불소를 함유하고 있는 치약(Perio combi clinic, LG Household & Health Care, Korea)을 사용하였으며, 3줄 강모 칫솔(Gum 311, John O Butler, USA)를 사용하여 마모시험을 실시하였다.

2. 연구방법

1) 시편제작

잇솔질 마모 시험용 시편 제작을 위하여 내경이 15 mm이고, 두께가 1.5 mm인 원형의 테플론 몰드를 제작하여 사용하였다(Figure 1(a)). 표면이 평활한 유리판 위에 폴리에스테르 필름을 놓고, 그 위에 준비된 몰드를 위치시킨다. 원형의 테플론 몰드내에 시험용 레진 페이

Table 1. Composite resins used in this study

Code	Product	Manufacturer	Filler(wt%)	Type
SG	SYNERGY	COLTENE	77,0	nano hybrid
Z3	Filtek™ Z350 XT	3M ESPE	78,5	nano hybrid
GD	GRADIA® DIRECT anterior	GC	73,0	micro hybrid
Z2	Filtek™ Z250	3M ESPE	82,0	minifil hybrid
CL	CLEARFILL AP-X	KURARAY	85,0	midfil hybrid
HM	Heliomolar®	IVOCLAR	66,7	microfill
MF	Metafil CX	SUN Medical	42,0	microfill

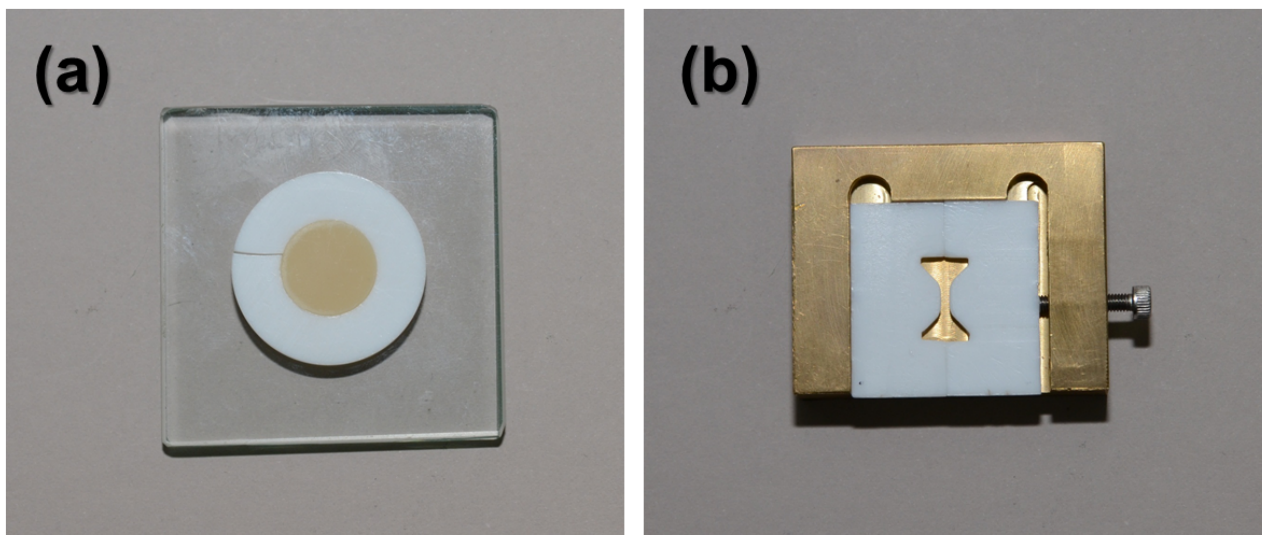


Figure 1. Teflon jig to make specimen for toothbrush wear test (a) and tensile strength (b).

스트를 약간 과량 주입한 후, 그 위에 폴리에스테르 필름, 유리판의 순서로 위치시킨 후 압력을 가하여 몰드 내부로부터 흘러나오는 여분의 시료를 제거하였다. 광중합은 할로겐 램프를 광원으로 하는 광조사기(Curing Light 2500, 3M, USA)를 사용하였으며, 시편의 상, 하면에서 각각 40초씩 실시하였다. 각 그룹당 6개씩의 시편을 제작하였으며, 3개는 수중침적 후, 나머지 3개는 열순환 처리 실시 후 잇솔질 마모를 실시하였다.

인장강도 측정용 시편 제작을 위하여 인장응력이 작용하는 시험부의 단면적이 1.5 × 2.0 mm이고, 길이가 5 mm인 분할형의 테플론 몰드를 사용하였다(Figure 1(b)). 시편제작은 잇솔질 마모용 시편 제작과 동일한 방법을 이용하였다. 각 그룹당 10개의 시편을 제작하였으며, 5개씩 나누어 수중침적과 열순환 처리를 실시한 후 인장강도를 측정하였다.

2) 수중침적 및 열순환 처리

구강내의 환경과 유사한 조건에서 열순환 처리가 콤포

지트 레진의 특성에 미치는 영향을 평가하기 위해 10일간 37℃의 증류수 침적군과 10,000회의 열순환 처리군으로 분류하여 각각 침적시험을 행한 후 잇솔질 마모시험을 실시하였다. 열순환 처리는 5℃에서 유지되는 냉동순환수조(RBC-20, Jeio Tech Co, Ltd.)와 55℃에서 유지되는 항온순환수조(CW-20G, Lab. Companion)로 구성된 순환장치(INV-TCS-109, Inverter Tech. Co, Ltd. Korea)를 이용하였다. 냉온수 내에서의 침적시간은 각각 15초를 유지하였다.

3) 잇솔질 마모시험 및 표면거칠기 측정

잇솔질 마모시험은 pin-on-disk 구동방식의 마모시험기(Kwangduck FA, Korea)를 이용하여 시행하였다. 6개의 시편을 장착할 수 있는 동심원 형태의 몰드에 시험편을 위치시키고 (Figure 2(a)), 상부에 칫솔 3개를 각각 120°의 위치에 부착한 다음 칫솔에 대한 작용력 1.5 N, 속도 100 rpm의 하중 및 속도 조건 하에서 총 100,000회의 잇솔질을 시행하였다(Figure 2(b)). 잇솔질 과정동

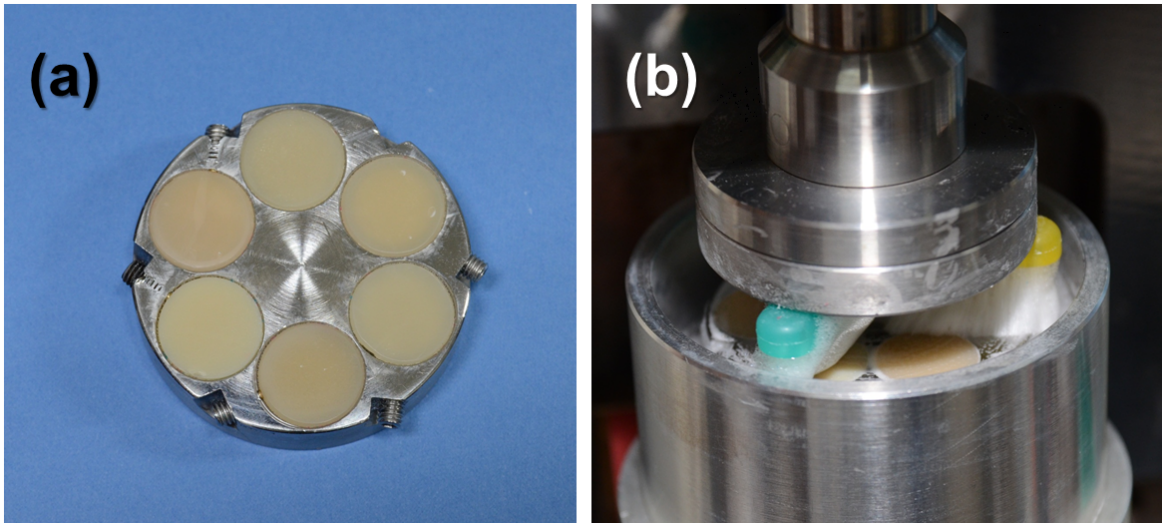


Figure 2. The jig for toothbrush wear test (a) and pin-on-disk type wear testing machine (b).

안 치약과 증류수를 2:1 의 비율로 혼합하여 사용하였으며, 시험편의 표면에 200회 간격으로 적용하였다. 칫솔은 20,000회 잇솔질 후 교환해 주었다.

마모시험 후의 콤포짓트 레진 표면의 거칠기 변화를 평가하기 위하여 표면조도 측정기(SV-3000, Mitutoyo Co. Japan)를 이용하여 cutoff 치 4.8 mm에서 표면조도를 측정하였다. 표면조도 측정시 잇솔질 방향과 수직방향으로 측정을 실시하였으며, 각 시험당 5회 측정 후 최대값과 최소값을 제외한 후 통계처리를 실시하여 평균값을 계산하였다. 또한 잇솔질에 의한 표면의 미세조직 변화를 평가하기 위하여 잇솔질 전후의 표면을 주사전자현미경(JSM-5900, JEOL, Japan)으로 관찰하였다.

4) 인장시험

인장시험은 만능재료시험기(5569, Instron Co, USA)를 이용하였다. 시험편을 인장시험용 지그에 고정한 다음, crosshead의 속도를 0.5 mm/min로 설정하여 시험이 파

절이 일어날 때까지 인장하중을 가하였다. 인장강도는 최대 파절하중을 시험편의 단면적으로 나누어 계산하였으며, 통계처리를 실시하여 각 그룹간의 유의성을 평가하였다.

5) 통계처리

측정된 결과는 통계분석 프로그램(SPSS 12.0, SPSS Inc, USA)을 이용하여 일원배치 분산분석(one-way Anova test)을 실시한 다음, Tukey 사후검증에 의해서 통계학적 유의성을 검사하였으며, 수중침적군과 열순환처리군 간의 차이를 통계학적 유의성 차이를 T-test로 평가하였다. (p=0.05)

결 과

Table 2와 Figure 3은 37℃ 증류수 내에서 침적한 그룹과 10,000회 열순환처리한 그룹의 100,000회의 잇솔질 마모 후의 표면조도 측정 결과를 나타낸 표와 그래프이

Table 2. Surface roughness of samples after toothbrush wear test

Group	water immersion			thermal cycling		
	Ra	Ry	Rz	Ra	Ry	Rz
SG	0.039±0.008A	0.431±0.180	0.285±0.115	0.105±0.021b	0.891±0.112	0.580±0.090
Z3	0.077±0.013BC	0.648±0.302	0.411±0.183	0.052±0.013a	0.382±0.094	0.258±0.044
GD	0.037±0.004A	0.296±0.019	0.197±0.008	0.055±0.006a	0.428±0.059	0.269±0.024
Z2	0.040±0.007A	0.383±0.053	0.298±0.043	0.037±0.006a	0.333±0.045	0.216±0.022
CL	0.041±0.004AB	0.376±0.089	0.275±0.083	0.031±0.001a	0.269±0.046	0.211±0.007
HM	0.081±0.013C	0.560±0.124	0.377±0.084	0.102±0.007b	0.674±0.067	0.450±0.048
MF	0.092±0.027C	0.648±0.173	0.429±0.103	0.120±0.010b	0.812±0.029	0.509±0.021

Ra: mean surface roughness, Ry: maximum height Rz: ten point height (values having same letter superscript were not significantly different)

다. 수중 침적군에서는 0.1 μm 이하로 상당히 낮은 Ra 값을 나타내었으나, 열순환 처리 군에서는 SG, HM, MF 군이 0.1 μm 이상의 Ra 값이 측정되었으며, SG 군의 증가폭이 가장 컸다. Z3, Z2 및 CL 군을 제외하고 열순환처리군의 표면조도가 더 높은 경향을 나타내고 있다. CL 군은 통계적으로 유의한 차이를 보이면서 감소하는 경향을 보였으나, SG 군과 GD 군의 열순환처리 군이 통계적으로 유의한 차이를 보이면서 증가하였다.($p < 0.05$)

Table 3. Tensile strength of water immersed group and thermal cycled group.

Group	water immersion	thermal cycling
SG	59.7 \pm 9.3 ^B	47.2 \pm 11.5 ^{bc}
Z3	36.2 \pm 6.4 ^A	36.3 \pm 20.6 ^{ab}
GD	47.4 \pm 3.2 ^{AB}	39.6 \pm 1.2 ^b
Z2	61.4 \pm 9.6 ^{BC}	63.2 \pm 4.2 ^c
CL	74.6 \pm 6.6 ^C	65.5 \pm 3.8 ^c
HM	48.1 \pm 1.0 ^{AB}	39.8 \pm 2.8 ^b
MF	37.5 \pm 4.3 ^A	16.1 \pm 2.0 ^a

(values having same letter superscript were not significantly different)

Figure 4는 SG 그룹의 수중 침적군과 열순환 처리군의 잇솔질 마모를 실시한 후에 표면조도 측정 시 거칠기 분포를 나타낸 그래프이다. 열순환 처리군에서는 중심선에서 크게 벗어나지 않는 분포를 보이는 반면, 열순환 처리군의 잇솔질 마모 후의 표면은 최대값과 최소값이 큰 폭을 보이면서 중심선에서 크게 벗어난 분포를 나타내고 있다.

Figure 5는 수중 침적군 및 열순환 처리군의 잇솔질 마모 후, 주사전자현미경을 이용하여 표면을 관찰한 사진이다. 모든 그룹에서 레진 기질의 마모양상이 관찰되며, 전반적으로 열순환 처리군의 경우에 필러의 형태가 보다 선명하게 돌출된 양상을 보이고 있다. 특히 SG 군과 GD 군의 경우에는 돌출된 입자가 분명하게 관찰되며, SG 군과 Z2군에서는 필러 입자가 탈락한 빈 공간(A)이, 그리고 GD 군에서는 크랙이 관찰되기도 하였다.

Table 3과 Figure 6은 수중 침적군과 열순환 처리군의 인장강도 측정 결과를 나타낸 그래프이다. 수중침적군에서는 CL군이 74.6 MPa로 가장 높은 값을 보였으며, Z2군을 제외한 다른 그룹과는 유의한 차이를 나타내었다.($p < 0.05$) 또한 Z3군과 MF군은 36.2 MPa과 37.5 MPa로 각각 측정되었으며, 타군에 비하여 상대적으로 낮은 인장강도 값을 나타내었다. 열순환 처리 군에서도 CL군이 65.5 MPa로 가장 큰 인장강도 값을 보였으며, MF군에서 16.1MPa로 가장 낮게 측정되었다. 대체로 열순환 처리군의 인장강도가 수중 침적군에 비하

여 낮은 경향을 보였으며, GD군, CL군, HM군 및 MF군에서는 통계학적으로 유의하게 낮은 결과를 나타내고 있다.($p < 0.05$)

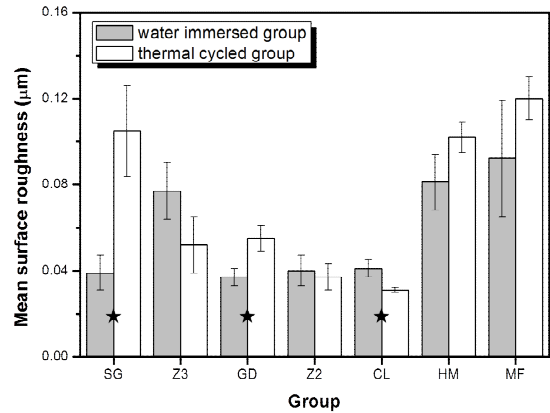


Figure 3. Mean surface roughness (Ra) of water immersed group and thermal cycled group after toothbrush wear. (★ significant difference; $p < 0.05$)

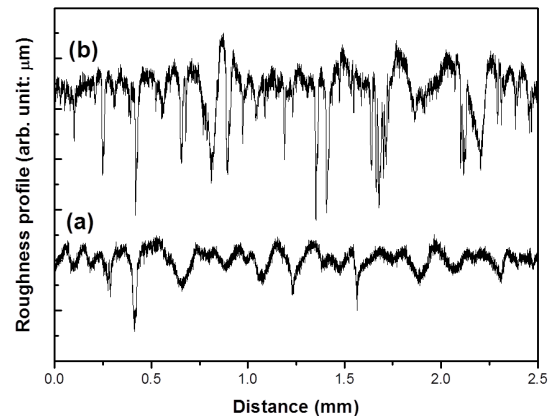


Figure 4. Surface roughness profile of water immersed (a) and thermal cycled (b) SG group after toothbrush wear test.

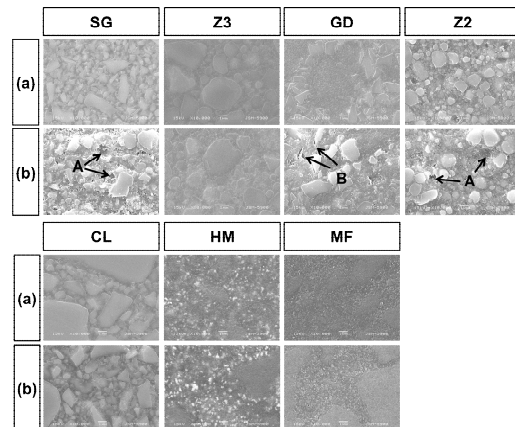


Figure 5. SEM image magnified 10,000x on the water immersed group (a) and thermal cycled group(b) after toothbrush wear test. (A: filler missed area, B: crack propagation)

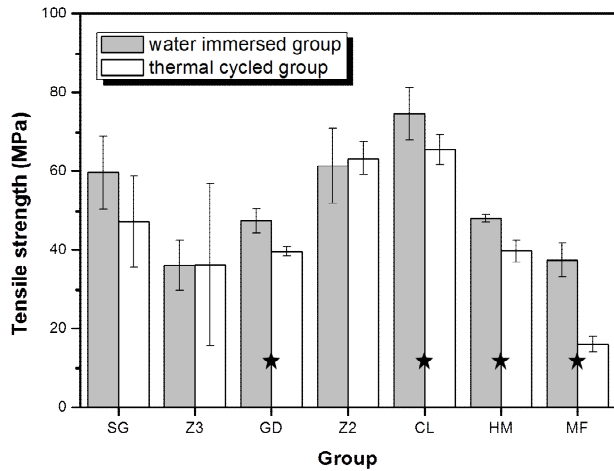


Figure 6. Tensile strength of water immersed group and thermal cycled group. (★significant difference; $p < 0.05$)

고찰

마모는 접착성 마모(adhesive wear), 연마성 마모(abrasive wear), 부식성 마모(corrosive wear), 피로성 마모(fatigue wear) 등으로 분류할 수 있다(Sulong과 Aziz, 1990). 이 중 연마성 마모는 두 물체의 미끄러짐에 의한 접촉으로 일어나거나, 또는 두 물체 사이에 제 3의 물체가 매개가 되어 일어날 수 있다. 구강내에서의 치아나 수복재료의 연마성 마모는 저작운동에 의한 마찰이나, 저작 운동시의 음식물이 매개되어 발생할 수 있다. 또한 잇솔질에 의하여 마모가 발생할 수 있는데, 이는 수복재료의 표면 특성을 변화시키는 영향을 줄 수 있으며, 잇솔질에 의하여 거칠어진 수복재료의 표면에서는 치태가 침착되거나 수복재의 광택 소실 등에 영향을 줄 수 있다(Hallgren 등, 1992).

본 연구에서는 수복용 콤포짓트 레진의 잇솔질 마모 후의 표면 거칠기를 측정하였으며, 실험실적으로 구강내의 온도변화 환경을 부여하기 위하여 냉수(5°C)와 온수(55°C)에 반복침적을 통한 열순환처리를 총 10,000회 실시하여 열순환 처리가 잇솔질 마모에 미치는 영향을 평가하였다. 37°C의 증류수에 10일간 침적한 후 100,000회의 잇솔질 마모시험을 실시한 그룹에서는 Z3, HM, MF 군들이 상대적으로 높은 조도값을 보이고 있으며, 타 군들과 비교하여 유의성 있는 차이를 보이고 있다($p < 0.05$) (Table 2). 특히 MF군에서 가장 높은 조도값($Ra=0.092 \mu m$)을 보였다. 10,000회 열순환 처리군의 경우에도 MF군의 조도값($Ra=0.120 \mu m$)이 가장 높게 나타났으며, SG, HM, MF군의 표면조도가 타 군과 비교하여 유의하게 높은 결과를 나타내었다. 콤포짓트 레진의 마모는 레

진 기질이 필러보다 약하기 때문에 발생되며, 이러한 이유로 타 군과 비교에서 상대적으로 낮은 필러 함량을 나타내는 HM 군(66.7wt%)과 MF 군(42wt%)에서 마모시험 후에 높은 조도값을 보이는 것으로 판단된다. 마모과정에서 강화를 위하여 첨가된 필러가 레진 기질의 마모가 일어나지 않도록 하는 역할을 하지만, 필러 주변의 기질에서 마모가 지속적으로 일어나면 필러의 탈락이 발생되고 이는 레진 기질의 마모를 가속화시키는 현상을 초래하게 된다. 이와 같은 마모의 지속은 표면에 요철을 형성하고 표면거칠기를 증가시킨다(Figure 4). 수복재료의 표면거칠기 증가는 플라그의 침착을 야기시키며(Bollen 등, 1997), 착색을 결정짓는 중요한 인자이다(Reis 등, 2003). da Costa 등(2010)은 여러 종류의 치약을 사용하여 다양한 크기의 필러입자를 갖는 콤포짓트 레진의 잇솔질 시험을 행한 결과, 낮은 마모도를 갖는 치약이 광택도 및 표면거칠기를 유지할 수 있었으며, 작은 크기의 필러를 함유한 레진이 광택도 감소나 표면거칠기 증가가 적었다고 하였다. 따라서 레진의 마모에 대한 저항성을 증가시켜 광택도와 표면거칠기를 유지시키기 위해서는 필러의 함량을 증가시키거나 필러의 크기를 줄여 필러와 필러 사이의 거리를 감소시키는 방법이 있다(Lim 등, 2002). 100,000회의 잇솔질 마모를 시행한 후의 표면사진을 관찰한 결과, 모든 시험 그룹에서 레진 기질에서의 마모로 인한 필러의 노출 및 돌출 현상이 관찰되었으며, 열순환 처리군에서는 필러입자의 돌출 양상이 보다 큰 것으로 관찰되었다. 앞에서 기술한 바와 같이 기질의 지속적인 마모 과정중에 일부 필러의 탈락 현상이 관찰되었으며(SG, Z2), GD군에서는 기질내의 크랙이 관찰되기도 하며, 탈락 직전으로 보여지는 필러의 기질과의 분리현상이 관찰되기도 하였다. 반면 85wt%로 가장 높은 필러 함량을 갖는 hybrid 타입의 CL군에서는 필러의 선명한 노출은 관찰되어지나 기질 내에서 필러사이의 간격이 조밀하게 충전되어 있어 기질의 마모를 최소화하여 거칠기 증가를 억제시킨 것으로 판단된다.

Powers 등(1981)은 콤포짓트 레진의 온도변화는 팽창과 수축을 유발시키며, 과도한 응력이나 반복 응력은 레진 물성의 손상에 의한 수복 후의 강도와 내마모성 등의 기계적 성질의 저하를 초래할 수 있다고 하였다. 본 연구에서 실시한 수중 침적군과 열순환 처리군의 인장강도 측정 결과, 수중침적 군에서는 CL군이 74.6 MPa로 가장 높은 값을 보였으며, 열순환 처리 군에서도 CL군이 65.5 MPa로 가장 큰 인장강도 값이 측정되었다. 가장 높은 인장강도 값을 나타내는 CL군은 가장 높은 필러 함량(85wt%)을 가지고 있는데, Chung (1990)은 콤포

포지트 레진의 필러의 함량이 간접인장강도나 누프경도와 같은 기계적 성질에는 영향을 미친다고 하였다. 58.2v% - 74.2v% 의 함량을 갖는 콤포지트 레진의 간접인장강도는 39.8 MPa - 60 MPa 로, 누프경도는 41.8 - 81.9로 각각 측정되어 필러 함량이 증가함에 따라 유의성 있는 차이를 나타냈다고 하였다.

수중침적군과 열순환 처리군을 비교해 보면, 대체로 열순환 처리군의 인장강도가 수중 침적군에 비하여 낮은 경향을 보였으며, GD군, CL군, HM군 및 MF군에서는 통계학적으로 유의하게 낮은 결과를 나타냈다. (p<0.05) Baek 등(1998)은 시효와 열순환 처리 과정에서 일어난 레진의 열화가 강도에 크게 영향을 미친다고 하였으며, Yamamoto와 Takahashi (1995)는 수중에서의 시효처리로 인한 강도 저하는 필러의 함량이 낮을수록 기질에 의한 수분흡수가 커지기 때문에 압축강도 및 굴곡강도는 필러의 함량이 낮은 microfil type이 hybrid type에 비하여 낮다고 하였다. Gu 등(2008)은 다양한 종류의 필러가 함유된 콤포지트 레진을 이용하여 20,000회의 열순환 처리를 실시한 결과 시행하지 않은 군에 비하여 기계적 물성의 저하가 관찰되었으며, microfilled 레진의 경우에는 급격한 감소가 일어났다고 하였다. 본 연구 결과에서도 42wt%의 가장 낮은 필러함유량을 갖는 microfil 형 MF군의 인장강도는 수중침적 시(37.5 MPa)와 비교하였을 때 열순환 처리시 16.1 MPa로 2배 이상의 감소를 나타내었다.

이상의 연구결과를 바탕으로 향후, 열순환처리 시간 및 잇솔질 횟수가 콤포지트 레진의 마모양상과 인장강도에 미치는 영향을 평가를 한다면 수복재료가 구강내와 유사한 환경에서 시간이 지남에 따라서 특성이 어떻게 변화되는지 판단할 수 있는 가치있는 연구가 될 것으로 생각된다.

결 론

본 연구에서는 수복재료로 사용되는 7종의 콤포지트 레진의 열순환처리가 잇솔질 마모에 미치는 영향을 평가하고자 하였다. 구강내의 온도변화 환경과 유사한 조건을 만들어 주기 위하여 5℃와 55℃의 냉온수 내에서 각 15초 동안 침적하였으며, 계류시간 15초의 조건에서 10,000회의 열순환 처리를 실시하였다. 열순환 처리 후 pin-on-disk 구동방식의 마모시험기를 이용하여 100,000회의 잇솔질 마모시험을 실시하였으며, 인장강도시험을 통하여 열순환처리 후의 인장강도를 평가하였다. 이상의

시험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 표면거칠기 측정결과, 수중 침적군에서는 0.1 μm 이하로 상당히 낮은 Ra 값을 나타내었으나, 열순환 처리 군에서는 SG, HM, MF 군이 0.1 μm 이상의 Ra 값이 측정되었으며, 다른재료와 비교하였을 때 유의성 있게 높은 조도값을 나타냈다.
2. 모든 그룹에서 레진 기질의 마모양상이 관찰되며, 전반적으로 열순환 처리군의 경우에 필러의 형태가 보다 선명하게 돌출된 양상을 보였으며, 필러의 탈락현상이 관찰되거나, 기질내에서의 크랙이 발생하였다.
3. 수중침적 군에서는 CL군이 74.6 MPa로 가장 높은 인장강도 값을 보였으며, Z3군과 MF군은 36.2 MPa과 37.5 MPa로 각각 측정되었으며, 타군에 비하여 상대적으로 낮은 인장강도 값을 나타내었다.
4. 열순환 처리 군에서도 CL군이 65.5 MPa로 가장 큰 인장강도 값을 보였으며, MF군에서 16.1 MPa로 가장 낮게 측정되었으며, 수중침적군에 비하여 2배 이상의 감소를 보였다.

결론적으로, 높은 필러 함량을 갖는 hybrid형의 CL군은 거칠기의 감소와 더불어 높은 인장강도를 나타내는 반면, 낮은 필러함량을 갖는 microfil형의 MF 군은 높은 조도값과 낮은 인장강도를 보였다.

참 고 문 헌

- Abouelatta OB, Abdel-Samad AA, Sakrana AA (2005). Wear and surface roughness of current veneered materials after toothbrush/dentifrice abrasion. *J Mater Proc Tech* 168:431-437.
- Anusavice KJ (2001). Phillips' Science of Dental Materials. The eleventh edition of Book Inc. 399-441
- Baek SH, Chae MS, Lee JH, Kim TJ, Bae TS (1998). Effect of thermal cycling and aging on the tensile strength of light-cured restorative composites. *J Korean Res Soc Dent Mater* 25:29-35.
- Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M (1997). Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater* 13:258-269.

- Braem M, Finger W, Van Oren VE, Lambrechts P, Vanherle G (1989). Mechanical properties and filler fraction of dental composites. *Dent Mater J* 5: 346-348.
- Chung KH(1990). The Relationship between Composition and Properties of Posterior Resin Composites. *J Dent Res* 69:852-856.
- da Costa J, Adams-Belusko A, Riley K, Ferracane JL (2010). The effect of various dentifrices on surface roughness and gloss of resin composites. *J Dent* 38, Supplement 2:e123-e128.
- Fan PL, Edahl A, Leung RL, Stanford JW (1985). Alternative interpretations of water in composite filling materials. *J Dent Res* 64:78-80.
- Goldstein GR, Lerner T (1991). The effect of toothbrushing on a hybrid composite resin. *J Prosthet Dent* 66:498-500.
- Gu HJ, Jun SK, Kim DA, Kim HW, Lee HH (2008). Effect of thermocycling on the mechanical properties of resin composites. *J Kor Res Soc Dent Mater* 35:155-164.
- Hallgren A, Oliveby A, Twetman S. (1992) Caries associated microflora in plaque from orthodontic appliances retained with glass ionomer cement. *Scand J Dent Res* 100:140-143.
- Harrington E, Jones PA, Fisher SE, Wilson HJ (1982). Toothbrush-dentifrice abrasion. A suggested standard method. *Br Dent J* 153:135-138.
- Jeon SM, Lee GY, Yu MK, Lee KW, Bae TS (2009). Physical properties of thermocycled flowable composite resins. *J Kor Res Soc Dent Mater* 36:117-124.
- Jones RM, Goodacre CJ, Moore BK, Dykema RW (1989). A comparison of the physical properties of four prosthetic veneering materials. *J Prosthet Dent* 61:38-44.
- Kanter J, Koski RE, Martin D (1982). The relationship of weight loss to surface roughness of composite resin from simulated toothbrushing. *J Prosthet Dent* 47:505-513.
- Lim BS, Ferracane JL, Condon JR, Adey JD (2002). Effect of filler fraction and filler surface treatment on wear of microfilled composites. *Dent Mater* 18: 1-11.
- Longman CM, Pearson CJ (1984). Variation in temperature of the oral cavity during the imbibition of hot and cold fluids. *J Dent Res* (special issue) 63:521.
- Palmer DS, Barco MT, Billy EJ (1992). Temperature extremes produced orally by hot and cold liquids. *J Prosthet Dent* 67:325-327.
- Peterson EA, Phillips RW, Swartz ML (1966). A comparison of the physical properties of four restorative resins. *J Amer Dent Assoc* 73:1324-1336.
- Powers JM, Fan PL, Marcotte M (1981). In vitro accelerated aging of composite and a sealant. *J Dent Res* 60:1672-1677.
- Reis AF, Giannini M, Lovadino JR, Ambrosano GM (2003). Effects of various finishing systems on the surface roughness and staining susceptibility of packable composite resins. *Dent Mater* 19:12-18.
- Spierings TAM, Peters MCRB, Bosman F, Plasschaert AJM (1987). Verification of theoretical modelling of heat transmission in teeth by in vivo experiments. *J Dent Res* 66:1336-1339.
- Sulong MZ, Aziz RA (1990). Wear of materials used in dentistry: A review of the literature. *J Prosthet Dent* 63:342-349.
- Yamamoto M, Takahashi H (1995). Tensile fatigue strength of light cure composite resins for posterior teeth. *Dent Mater J* 14:175-184.
- Victorin L (1972). Effect of toothbrushing on acrylic resin veneering material. II. Abrasive effect of selected dentifrices and toothbrushes. *Acta Odontol Scand* 30:383-395.