

광중합형 복합레진의 압축강도에 미치는 레진과 필러의 영향

최규형·원대희*·이민호**·배태성

= Abstract =

The Effect of Resin and Filler Type on the Compressive Strength of Light-activated Composite Resins

Kyu Hyoung Choi, Dae Hee Won*, Min Ho Lee**, Tae Sung Bae

This study was performed to evaluate the effect of resin and filler type on the compressive strength of light-activated composite resins. Experimental composite resins containing either amorphous spherical silica or crushed quartz in two matrix resins of BisGMA/TEGDMA and UTMA/TEGDMA were prepared and the specimens of 3 mm in diameter and 6mm in length were made. Compressive test was subjected to a crosshead speed of 0.5 mm/min, and the fracture surfaces were examined by SEM. The compressive strength of UTMA-based composite resin was higher than that of BisGMA-based composite resin. The loading rate of spherical silica was higher than that of crushed silica when the size distribution of fillers was same. Strength decrease of Bis-GMA-based composite resin was severer than that of UTMA-based composite resin in a 37°C water environment. Fracture surface showed that the composite resin failure developed along the matrix resin and the filler/resin interface region.

Key words : Compressive strength, Light-activated composite resin

서 론

심미적 수복에 대한 욕구가 증가하면서 심미성이 우수하고 치질에 대한 접착성이 있는 복합레진이 전치부 수복용 재료로서 널리 사용되어 왔으며, 최근 레진과 필러(Filler)의 개선에 의해 그의 물리적 성질이 크게 증가하면서 구치부 수복용 재료로서도 점차 그의 응용이 확대되고 있다. 복합레진의 기질레진으로 Bis-GMA(Bisphenol glycidylmethacrylate)에 희석제로 TEGDMA(triethylene glycol dimethacrylate)를 배합한 Bis-GMA/TEGDMA 레진이 널리 사용되어 왔으나, 중합수축이 크고 적용 후의 열화가 심하기 때문에 기질레진의 개선에 의해 복합레진의 물리적 성질을 개선하려는 많은 연구가 이루어져 왔다. Miyamoto 등[1], Itoh 등[2]은 RDMA(1, 3-bis

[methacryloxy ethoxy] benzene) 레진의 사용시 수분흡수성이 Bis-GMA/TEGDMA 레진보다 개선되었다고 하였고, Kawaguchi 등[3]은 고밀도의 가교구조를 갖는 UTMA(bis(1, 3-dimethacryloxypropyl-hexamethylene dicarbamate) 레진을 합성하여 레진의 강성이 Bis-GMA 레진보다 크게 증가하였다고 하였으며, Stansbury[4], Byerley 등[5]은 중합수축을 개선하기 위해 중합과정에서 팽창을 일으키는 SOC(stereoisomeric alicyclic spiro-orthocarbonates) 레진을 합성하였다. Hirabayashi[6], Komatsu 등[7], Ruyter와 Oysad[8]는 광중합형 복합레진의 중합 불균일성을 개선하기 위해서는 레진과 필러 사이의 굴절율의 일치가 중요하다고 하였으며, Hirabayashi와 Hirasawa[9]는 필러로 널리 사용되는 실리카에 가까운 굴절율을 갖는 diacrylate 및 dimethacrylate 레진을

전북대학교 치과대학 치과재료학교실 및 치의학연구소

Department of Dental Materials and Institute of Dental Science, School of Dentistry, Chonbuk University

* 전북대학교 공과대학 금속공학과

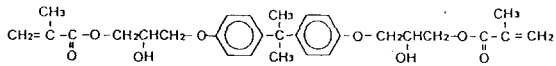
* Department of Metallurgical Engineering, Chonbuk University

** 광양전북대학교 제철금속과

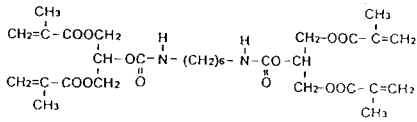
** Dept. of Metallurgical Engineering, Kwang Yang College

통신저자 : 배태성, (561-756) 전주시 덕진구 덕진동 1가 664-14, Tel. (0652)70-4041, Fax. (0652)70-4041

BisGMA : Bisphenol glycidylmethacrylate



UTeMA : bis(1,3-dimethacryloyloxypropyl)-hexamethylene dicarbamate



TEGDMA : triethyleneglycol dimethacrylate

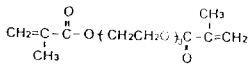


그림 1. 기질레진의 구조식

Fig. 1. Structural formulas of matrix monomers

사용하였을 때 복합레진의 광투과성이 개선되었다고 하였

다. 복합레진의 기계적 성질은 필러의 종류, 입자의 형상과 크기분포, 배합율 등에 크게 의존한다. Söderholm[10]은 필러의 함량증가에 따라 열팽창계수가 감소한다고 하였

고, Hirano와 Hirasawa[11]는 필러의 함량증가에 따라 수분흡수율이 개선된다고 하였다. Itoh[12]는 colloidal silica와 TMPT(trimethylol propane trimethacrylate) 레진을 중합시켜 제조한 유기질 필러를 사용하여 광중합 정도와 압축강도의 개선을 시도하였고,谷 등[13]은 분쇄석 영보다 구상실리카를 사용하였을 때 경도는 그다지 증가 하지 않으나 압축강도가 크게 개선된다고 하였으며, Bowen 등[14], Tani 등[15]은 megafiller로 불리우는 β quartz glass ceramic의 첨가에 의해 복합레진의 단점으로 지적되는 중합수축과 열팽창계수 및 강도 등의 개선을 시도하였다.

복합레진은 인장시험이 용이하지 않으므로 굽힘시험이 나 간접인장시험에 의한 강도측정법이 널리 적용되고 있지만, 구강내 수복물은 저작과정에서 압축력의 작용으로 인해 파절이 일어나므로 수복용 복합레진의 압축강도에

관한 많은 연구가 이루어져 왔다. 이에 본 연구에서는 레진과 필러의 형상이 복합레진의 기계적 성질에 미치는 영향을 조사하기 위해, 기질레진으로 UTMA/TEGDMA와 BisGMA/TEGDMA를 사용하고, 필러로 구상실리카와 분쇄실리카를 사용하여 복합레진을 제조하였으며, 필러의 함량에 따른 압축강도의 변화를 조사하였다.

실험재료 및 방법

1. 복합레진의 제조

레진은 BisGMA(2, 2-bis[4-(3-methacryloxy-2-hydroxy-propoxy) phenyl] propane, UTMA(1, 3-dimethacryloyloxypropyl)-hexamethylene dicarbamate) 및 TEGDMA(triethyleneglycol dimethacrylate)를 사용하였다 (Fig. 1). Bis-GMA와 UTMA 레진에 각각 TEGDMA를 50/50mol%로 혼합한 다음, 광중합개시제 comphorquinone을 0.5wt%, 환원제로 N, N-DMAEMA(2-(Dimethylamino) ethyl methacrylate)를 0.5wt% 첨가하여 기질레진을 제조하였다. 필러로는 γ-MPTS(γ-methacryloxy propyl trimethoxy silane)으로 처리된 평균입경 1.5µm의 무정형 구상실리카와 평균입경 6.9µm의 분쇄실리카를 사용하였다. Table 1에 복합레진의 제조에 이용된 재료를 표시하였다.

필러의 함량이 70wt%인 복합레진을 제조한 다음 적절한 조작성을 보일 때까지 필러를 증가시켰으며, 기질레진에 의해 필러간의 결합이 불충분해지는 시점에서 제조를 중단하였다. 레진과 필러를 유발 혼합한 다음 레진 내부의 기포 제거와 레진의 점도 감소를 위해 진공오븐 내에서 온도 50℃, 압력 -76cmHg로 10분동안 유지하였으며, 균일한 혼합을 위해 유발혼합과 진공오븐 처리를 2회 반복하였다. 준비된 복합레진은 빛이 차단된 플라스틱 용기 내에 보관하였다.

2. 시편제작 및 압축시험

압축시험편용 시편을 제조하기 위해 준비한 복합레진을 직경 3mm×높이 6mm의 테프론제 금형에 주입한 다음,

표 1. 본 실험에서 사용한 재료

Table 1. Materials used in this study

Material	Batch No.	Manufacturer
2,2-bis[4-(3-methacryloxy-2-hydroxy-propoxy)phenyl]propane(bis-GMA)	1213D	Shinnakamura Chemical
Bis(1,3-dimethacryloyloxypropyl)-hexamethylene dicarbamate(UTeMA)	1208D	Shinnakamura Chemical
Triethyleneglycol dimethacrylate(TEGDMA)	0123T	Shinnakamura Chemical
Comphorquinone	C0014	Tokyo Chemical
2-(Dimethylamino) ethyl methacrylate(N,N-DMAEMA)	M0082	Tokyo Chemical
Amorphous spherical silica(φ1.5µm)	CRS-1405	Tatsumori
Crushed silica(φ6.9µm)	CRS-2105	Tatsumori

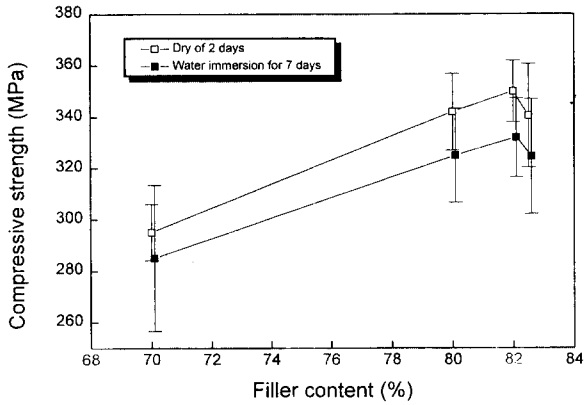


그림 2. UTeMA계 광중합형 복합레진의 구상형 필러의 함량에 따른 압축강도의 변화
Fig. 2. Change of compressive strength with spherical filler content of UTeMA-based light-activated composite resin

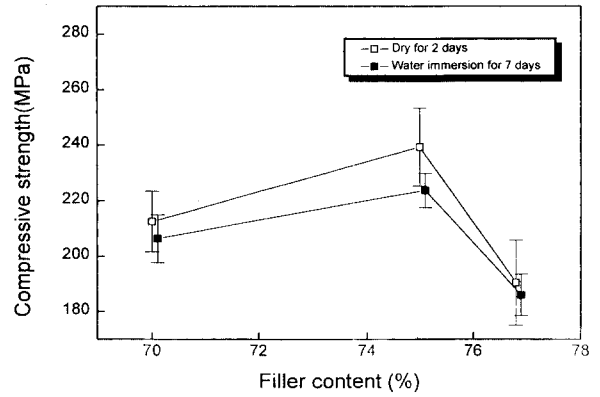


그림 4. UTeMA계 광중합형 복합레진의 분쇄형 필러의 함량에 따른 압축강도의 변화
Fig. 4. Change of compressive strength with crushed filler content of UTeMA-based light-activated composite resin

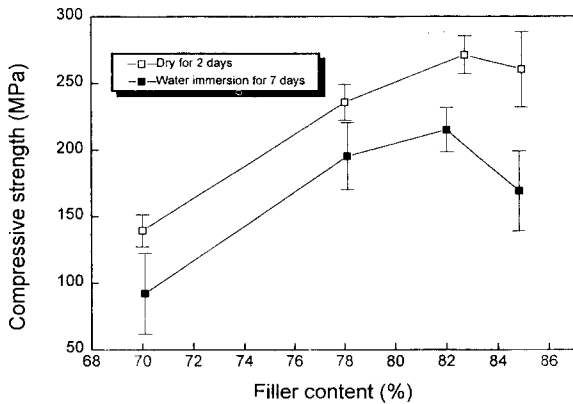


그림 3. BisGMA계 광중합형 복합레진의 구상형 필러의 함량에 따른 압축강도의 변화
Fig. 3. Change of compressive strength with spherical filler content of BisGMA-based light-activated composite resin

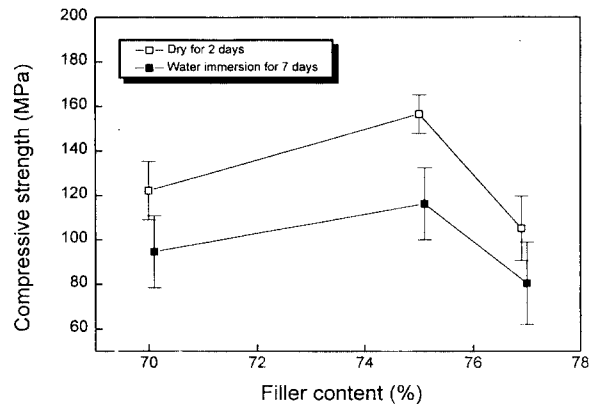


그림 5. BisGMA계 광중합형 복합레진의 분쇄형 필러의 함량에 따른 압축강도의 변화
Fig. 5. Change of compressive strength with crushed filler content of BisGMA-based light-activated composite resin

셀룰로이드판을 상하에 개재한 상태에서 상하면과 중앙부의 3위치에서 각각 30초씩 총 90초간 광중합을 시행하였다. 수분이 압축강도에 미치는 영향을 평가하기 위해 각 군 공히 20개씩의 시편을 준비한 다음 2개의 군으로 분류하였으며, 1개의 군은 37℃의 증류수 중에 7일간 침적하였고, 나머지 1개의 군은 비교를 위해 습기가 차단된 20℃의 건조기 내에 2일간 보관하였다. 광조사기는 12V, 120W의 할로젠 램프를 광원으로 하는 광조사기(Caulk, MAX)를 이용하였다. 압축강도의 측정을 위해 재료시험기(Instron, Model 4201)에 시편의 굽힘효과를 억제할 수 있는 보조지그를 설치한 다음 crosshead speed 0.5 mm/min으로 압축시험을 행하였으며, 각 군간의 압축강도의 차이를 비교하기 위해 t-test를 행하였다.

실험 성적

Fig. 2는 구상실리카의 배합율이 70wt% 이상인 UTeMA계 복합레진의 필러배합율에 따른 압축강도의 변화를 도시한 것으로, 압축강도의 최대치는 건조처리군에서 필러의 배합율이 82wt%일 때 343.3MPa로 나타났으며, 이후 필러의 함량증가에 따라 급격한 강도의 감소를 보였다. 7일간의 수중침적시 강도가 저하하는 양상을 보였으며, 압축강도가 최대를 보인 군간의 비교 결과, 수중침적 전후에 통계학적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다($p > 0.05$).

Fig. 3은 구상실리카를 포함하는 BisGMA계 복합레진의 필러배합율에 따른 압축강도의 변화를 도시한 것으로,

표 2. 레진의 종류에 따른 필러의 배합율과 압축강도

Table 2. The compressive strength and filler loading rate by resin type

Resin type	Filler type	Filler loading rate(wt%)	Compressive strength(MPa)
UTeMA/TEGDMA	Spherical filler	82	343.4
BisGMA/TEGDMA	Spherical filler	82.7	271.2
UTeMA/TEGDMA	Crushed filler	74.8	239.4
BisGMA/TEGDMA	Crushed filler	75	156.6

압축강도의 최대치는 건조처리군에서 필러배합율이 82.7 wt%일 때 271.2MPa로 나타났으며, 이후 필러의 함량 증가에 따라 완만한 감소를 보였다. 7일간의 수중침적시 강도가 저하하는 양상을 보였으며, 최대강도를 보인 군간의 비교 결과, 수중침적 전후에 통계학적으로 유의한 차

이를 보였다($p < 0.05$).

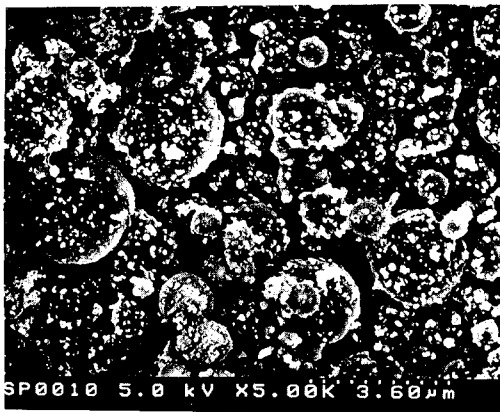
Fig. 4는 분쇄실리카를 포함하는 UTMA계 복합레진의 필러배합율에 따른 압축강도의 변화를 도시한 것으로, 필러의 평균입경이 구상입자보다 더 큼에도 불구하고 필러 배합율이 더 낮게 나타났으며, 압축강도의 최대치는 건조처리군에서 필러배합율이 74.8wt%일 때 239.4MPa로 나타났다. 7일간의 수중침적시 강도가 저하하는 양상을 보였으나, 수중침적 전후의 압축강도 사이에는 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$).

Fig. 5는 분쇄입자를 포함하는 BisGMA계 복합레진의 필러배합율에 따른 압축강도의 변화를 도시한 것으로, 압축강도의 최대치는 건조처리군에서 필러배합율이 75wt%일 때 156.6MPa를 보였다. 7일간의 수중침적시 강도가 저하하는 양상을 보였으며, 최대강도를 나타낸 군의 비교 결과, 수중침적 전후에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

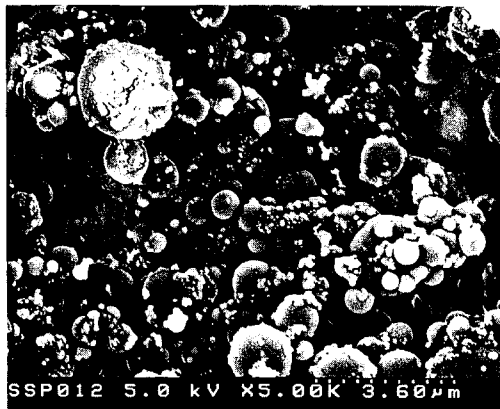
Table 2는 각 실험조건에서 레진의 종류에 따른 필러의 배합율과 그때의 압축강도를 나타낸 것이다. 필러에 따라서는 분쇄실리카보다 필러의 배합율이 높은 구상실리카를 포함하는 경우에, 기질레진에 따라서는 BisGMA계보다 UTMA계에서 압축강도가 더 크게 나타났으며, 이들 사이에 통계학적인 유의차를 보였다($p < 0.01$).

Fig. 6은 평균입경 1.5 μ m의 구상실리카에 대한 SEM 사진이고, Fig. 7은 평균입경 6.9 μ m의 분쇄실리카에 대한 SEM 사진으로, 상부가 미처리 필러, 하부가 γ -MPTS로 처리한 필러이다. 미처리 필러에서는 분진상의 미세입자가 관찰되지만 실란처리한 필러에서는 이같은 양상이 관찰되지 않는 것으로부터 실란처리 과정에서 이들이 상실되었다고 생각된다. 또한 실란처리한 필러에서는 부분적으로 입자와 입자가 접촉되어 있는 양상이 관찰된다.

Fig. 8과 Fig. 9는 구상실리카와 분쇄실리카를 포함하는 UTMA계 복합레진의 압축실험 후의 파면에 대한 SEM 사진이다. 미처리 필러를 포함하는 경우에는 레진과 필러 사이에 미세한 간극이 형성되어 화학적 결합 양상이 관찰되지 않지만, 실란처리한 필러를 포함하는 경우에는 필러표면의 파절양상으로부터 레진과 필러 간에 화학적 결합이 일어났음을 알 수 있다.



(a)



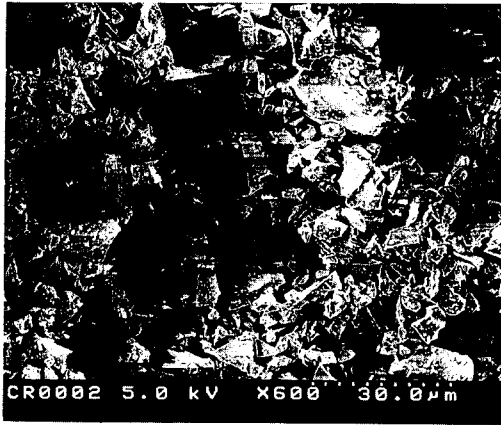
(b)

그림 6. 구상형입자의 SEM 사진

(a) 미처리 구상형 필러 (b) γ -MPTS 처리 구상형 필러

Fig. 6. SEM micrographs of spherical fillers.

(a) No treated spherical filler (b) γ -MPTS treated spherical filler



(a)



(b)

그림 7. 분쇄형 입자의 SEM 사진

(a) 미처리 분쇄형 필러 (b) γ -MPTS 처리 분쇄형 필러

Fig. 7. SEM micrographs of crushed fillers.

(a) No treated spherical filler (b) γ -MPTS treated spherical filler



(a)



(b)

그림 8. 구상형 필러를 포함하는 UTeMA계 광중합형 복합레진의 압축시험 후의 파면에 대한 SEM 사진

(a) 미처리 분쇄형 필러(70wt%) (b) γ -MPTS 처리 구상형 필러(82wt%)

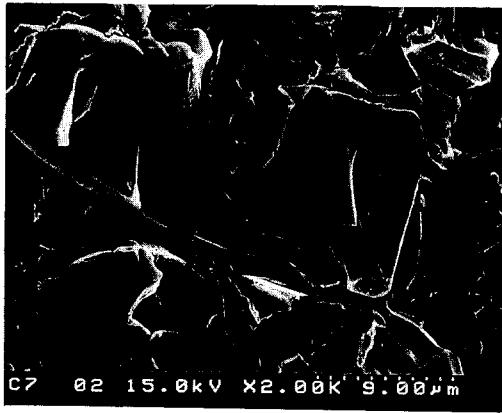
Fig. 8. SEM micrographs for the fracture surface of UTeMA-based light-activated composite resin with spherical filler

총괄 및 고안

복합레진은 기질레진, 분산상인 필러 및 이들 두상을 결합시키는 결합제로 구성되며, 그의 특성은 레진과 필러의 구성 및 중합방법에 크게 의존한다. 레진에 따른 영향으로 레진의 조성, 중합방법, 중합율, 중합수축, 수분흡수 등을 들 수 있고, 필러에 따른 영향으로 필러의 조성, 형상, 입도, 배합율 및 표면처리 방법 등을 들 수 있다 [1-15]. 본 연구에서는 레진의 조성과 필러의 형상이 복합레진의 기계적 성질에 미치는 영향을 평가하기 위해, 레진으로는 강성이 큰 것으로 알려진 UTMA와 재래형

복합레진에 널리 사용되어 온 BisGMA를, 필러로는 구상 실리카와 분쇄실리카를 사용하였다.

광중합형 복합레진은 균일한 paste의 광조사에 의해 경화가 일어나므로 술자에게 형태를 부여할 시간적 여유를 부여할 뿐만 아니라, 화학중합형에서와 같은 기포의 혼입에 의한 강도의 저하가 일어나지 않고, 표면의 경도가 커서 내마모성이 개선되는 등의 장점을 갖지만, 한편 중합의 정도가 조사된 광량, 레진의 색조, 광조사 시간 등의 영향으로 불균일하게 되는 단점이 있다. Swartz 등[16]은 광조사 두께가 증가함에 따라 경도가 감소하며, 대략 24시간 후 실질적인 최대경도에 도달한다고 하였고, Jent



(a)



(b)

그림 9. 분쇄형 필러를 포함하는 UTMA계 광중합형 복합레진의 압축시험 후의 파면에 대한 SEM 사진

(a) 미처리 분쇄형 필러(70wt%) (b) γ -MPTS 처리 구상형 필러(82wt%)

Fig. 9. SEM micrographs for the fracture surface of UTMA-based light-activated composite resin with crushed filler

[17]는 레진과 필러의 구성에 따라 광흡수 정도가 차이를 보이므로 중합의 정도가 복합레진에 따라 다양한 차이를 보인다고 하였다. Hirabayashi 등[18], Onose 등[19]은 대기중의 산소가 광중합을 방해하므로 최대경도는 표면하 0.5~1mm 부근에서 나타나며, 산소가 차단된 질소가스 분위기 하에서 광중합을 행할 경우 조사표면의 중합정도가 개선된다고 하였고, Hasuike[20]는 셀룰로이드 판을 개재한 상태에서 광을 조사할 경우 산소의 차단으로 표면층의 중합 정도가 개선된다고 하였다. 본 연구에서는 레진과의 접착성이 없는 테프론제 금형내에 제조한 복합레진을 주입한 다음, 대기중의 산소를 차단하기 위해 상

하면에 셀룰로이드 판을 압접한 상태에서 광중합을 행하였다.

복합레진의 압축강도에 관하여, Vanherle[21]는 구치부 수복용 복합레진의 압축강도가 364-407MPa의 값을 갖는다고 하였고, Miyazaki 등[22]은 37°C의 증류수에 24시간 수중침적을 행하였을 때 6종의 구치부 수복용 복합레진의 압축강도가 407.8-454.9MPa로 나타났으며, thermal cycling의 횟수가 증가함에 따라 압축강도보다 항복강도에서 보다 뚜렷한 열화 양상이 나타났다고 하였다. Itoh[12]는 TEGDMA에서 친수성이 큰 ethylene glycol을 벤젠고리로 치환시켜 소수성을 증가시킨 RDMA 레진과 colloidal silica와 TMPT 레진을 중합시켜 제조한 유기질 필러를 사용하였을 때 압축강도가 350MPa에 가까운 값을 보였다고 하였고, Hirabayashi와 Hirasawa[9]는 기질레진으로 실리카에 가까운 굴절율을 갖는 불소방향족 dimethacrylate 및 diacrylate계 레진을 사용하고, 여기에 필러로 평균입경 4.3 μ m의 무정형 구상실리카를 70wt% 배합하였을 때 압축강도의 최대치는 BisMEPHFP (bis(4-methacryloxyethoxy phenyl)hexafluoro propane)계 복합레진에서 260MPa를 보였다고 하였다.谷 등[13]은 필러의 형상과 입도에 따른 복합레진의 압축강도는 분쇄석영(1-40 μ m)과 구상실리카(0.3 μ m)에서 각각 280MPa와 370MPa를 보였다고 하였고, Willems 등[23]은 법랑질과 상아질의 압축강도는 각각 384MPa과 297MPa을, 제1대구치와 제2대구치의 파절강도는 각각 248MPa과 305MPa로 나타났으며, 이 수치들이 구치부 복합레진의 선택 기준으로 이용될 수 있다고 하였다. 본 연구에서 제조한 복합레진의 압축강도는 구상실리카를 82wt% 포함하는 UTMA계에서 건조처리를 하였을 때 343.3MPa로 최대를 보였고, 분쇄실리카를 75wt% 포함하는 BisGMA계에서 156.6MPa로 최소를 보였다. 기질레진과 필러에 따른 압축강도를 비교한 결과, 필러에 따라서는 분쇄실리카보다 구상실리카를 포함하는 경우에, 기질레진에 따라서는 BisGMA계보다 UTMA계에서 압축강도가 더 크게 나타나는 양상을 보였으며, 각 실험조건에서 압축강도가 최대를 보인 군들의 비교 결과 통계학적인 유의차를 보였다($p < 0.01$). BisGMA계보다 UTMA계 복합레진의 압축강도가 더 크게 나타나고 있는 것은 BisGMA 레진의 상온중합성의 불량과 UTMA 레진이 BisGMA 레진보다 압축강도가 더 크기 때문에 이같은 결과를 보였다고 생각된다[24,25]. 분쇄실리카보다 구상실리카를 포함하는 복합레진의 압축강도가 더 크게 나타나고 있는 것은 구상실리카가 분쇄실리카보다 필러의 배합율이 더 높고, 중합수축으로 인한 잔류응력이 더 낮으며, 압축력이 작용할 때 필러 주위에서 균일한 응력분산이 일어났기 때문으로 생각된다. 또한 필러의 함량증가에 따라 압축강도가 최대를

보인 후 감소를 나타내고 있으며, 이는 기질레진의 양이 필러들을 결합시키기에 충분한 경우에는 고강도의 실리카 입자를 필러로 보강함으로써 강도가 향상되지만, 필러의 함량이 과다한 경우에는 레진에 의한 필러간의 결합이 불충분해지기 때문에 강도가 저하하였다고 생각된다(Fig. 2-Fig. 5).

실란 처리한 유리나 실리카 필러를 포함하는 복합레진이 구강내의 액상의 환경에 노출될 경우, 수분에 의한 실란결합의 가수분해[24-30], 수분의 침투로 인한 레진의 가소성 증가[26-28], 레진의 부가적인 중합수축으로 인한 균열형성[32] 및 필러와 레진의 응력부식으로 인한 저속균열성장[26-28,31] 등의 복합적 요인으로 인해 기계적 성질이 저하한다. Chen과 Brauer[29]는 액상의 환경에서 레진과 필러 계면의 실란 결합이 가수분해를 일으키므로 복합레진의 강도가 저하한다고 하였고, Kamel과 Neri[30], Söderholm[26]은 기질레진을 통한 수분의 침투로 복합레진의 표면과 내부에서 실란 결합의 파괴가 가능하다고 하였다. Roulet와 Wälti[27]는 구강내에서 1년이 경과한 후 복합레진 수복물에 기계적인 응력이 작용하지 않은 상태에서도 레진과 필러의 계면에 미세균열이 형성된다고 하였고, Bascom[28]은 미세결합부에서의 응력부식으로 인한 균열성장과 균열선단에서의 수분의 확산 등의 영향으로 파절강도가 저하하며, 응력부식의 영향은 정하중하에서보다 반복하중하에서 더 크게 나타난다고 하였다. Drummond[31]는 응력부식은 필러의 표면, 필러에 인접한 레진 및 기질레진 내에서 일어날 수 있다고 하였으며, Troung과 Tyas[32]는 복합레진의 중합수축시에 발생하는 내부응력에 의해 레진과 필러 계면에서 미세균열이 형성될 경우 저작력과 온도변화로 인한 열응력 때문에 균열성장을 일으켜 필러와 레진 간의 결합이 약화될 수 있다고 하였다. 본 연구에서 수중침적의 영향을 평가하기 위해 37℃의 증류수에 7일간 저장한 후의 압축강도 변화를 조사한 결과, 모든 실험군에서 강도의 저하 양상이 관찰되었다. 각 실험조건에서 압축강도가 최대를 보인 군들의 비교 결과, 수중침적 전후에 UTMA계 복합레진에서는 유의한 차이를 보이지 않았으나($p>0.05$), Bis-GMA계 복합레진에서는 유의한 차이로서 감소를 보였는데($p<0.05$), 이는 UTMA/TEGDMA 레진보다 BisGMA/TEGDMA 레진의 수분흡수가 더 크므로 실란결합의 가수분해와 레진의 가소성 증가의 영향이 더 크게 나타났으며, 또한 Bis-GMA의 상온 중합성이 UTMA보다 불량하기 때문에 이같은 결과를 보였다고 생각된다.

결 론

본 연구에서는 광중합형 복합레진의 기계적 성질에 미

치는 레진과 필러의 영향을 조사하기 위해, 기질레진으로 UTMA/TEGDMA와 BisGMA/TEGDMA를, 필러로 구상실리카와 분쇄실리카를 사용하여 복합레진을 제조한 다음, 필러의 함량에 따른 압축강도의 변화를 조사하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 압축강도는 기질레진에 따라서는 Bis-GMA계보다 UTMA계 복합레진에서 더 크게 나타났다.
2. 필러의 입도에 따라 배합율이 더 높은 구상실리카를 포함하는 복합레진에서 압축강도가 더 크게 나타났다.
3. 37℃의 증류수 중에 수중침적시 UTMA계보다 Bis-GMA계 복합레진에서 더 큰 강도의 열화 양상을 보였다.
4. 복합레진의 파면은 균열이 레진기질 및 레진과 필러의 계면을 따라서 전파되는 양상을 보였다.

참 고 문 헌

1. Miyamoto R, Itoh K, Nagata K, and Nakabayashi N : *Preparation of 1,3-Bis(methacryloyloxyethoxy) benzene and the application to composite resin*, *J J Dent Mater* 4(1):45, 1985.
2. Itoh K, Miyamoto R, Nagata K, and Nakabayashi N : *The evaluation of organic filler to composite resin*, *J J Dent Mater* 5(1):110, 1985.
3. Kawaguchi M, Fukushima T, Horibe T, and Watanabe T : *Mechanical properties and curing depth of urethane tetramethacrylate-based composite resin*, *J J Dent Mater* 9(5):762, 1990.
4. Stansbury JJ : *Improved monomers for double ring-opening polymerization with expansion*, *J Dent Res* 70:527, Abstr No 2088, 1991.
5. Byerley JJ, Eick JD, Chen GP, Chappelow CC, and Millich F : *Synthesis and polymerization of new expanding dental monomers*, *J Dent Mater* 8:345, 1990.
6. Hirabayashi S : *The influences of monomer composition and filler on light permeability and polymerization of visible light-cured composite resin*, *J J Dent Mater* 6(4):481, 1987.
7. Komatsu, K, Nemoto, K, and Horie, K : *Transmittance of light-cured composite resins, Part I : Measurement of transmittance with time*, *J J Dent Mater* 9(1):762, 1990.
8. Ruyter, IE and Oysad, H : *Conversion in different depths of ultraviolet and visible light activated composite materials*, *Acta Odont Scand*, 40:179, 1992.
9. Hirabayashi S and Hirasawa T : *The application of*

- fluorinated aromatic dimethacrylates and diacrylates to light-cured composite resins, Part I Improvement of transmittance of composite, J J Dent Mater 9 (6):778, 1990.*
10. S derholm KJ : *Influence of silane treatment and filler fraction on thermal expansion of composite to resins, J. Dent. Res. 63:1321, 1984.*
 11. Hirano S and Hirasawa T : *Water sorption and desorption on experimental composite resins. J J Dent Mater 9(6):878, 1990.*
 12. Itoh K : *New type of visible light-cured composite resins containing TMPT filler, J J Dent Mater 7 (1):117, 1988.*
 13. 谷 嘉明, 楠本 士, 湯淺茂樹 : *齒科用コンポジットレジン修復材の開発, 生體材料 10(6):328, 1992.*
 14. Bowen RL, Eichmiller FC, and Misra DN : *Beta quartz microcrystalline glass as megafillers for composites, J Dent Res 68:248, 1989.*
 15. Tani Y, Togaya T, Ihikawa A, Watanabe Y, Maruyama K, and Katsuyama S : *Effect of "Megafiller" insertion on the wear of composite resins, Dent Master J 13(2):174, 1994.*
 16. Swartz ML, Phillips RW, and Rhodes B : *Visible light-activated resins—depth of cure, JADA 106:634, 1983.*
 17. Jent J : *Die durchh rtung von lichtpolymerisierten MOD-komposit füllungen, Med Diss Hannover, 1984.*
 18. Hirabayashi S, Hirasawa T, Nasu I, Nakanishi S, and Miyake H : *The heterogeneities of polymerization of visible light-cured composite resins, J J Dent Mater 3(5):665, 1984.*
 19. Onose H, Sano H, Kanto H, Ando S, and Hasuike T : *Selected curing characteristics of light-activated composite resins, Dent Mater 1:48, 1985.*
 20. Hasuike T : *Selected curing characteristics of light activated composite resins, J J Prosthodont Soc 27: 1, 1984.*
 21. Vanherle G : *Posterior composite resin dental restorative materials, Current status of posterior composite resins in Japan, Peter Szulc Publishing Co., pp185-198, 1985.*
 22. Miyazaki T, Suzuki E, and Miyaji T : *The Influence of thermal cycling on the mechanical properties of posterior restorative composite resin, J J Dent Mater 5(2):187, 1986.*
 23. Willems G, Lambrechts P, Braem M, and Vanherle G : *Composite resins in the 21st century, Quintessence International 24(9):641, 1993.*
 24. Torada K : *A clinico-pathological study on pulp reaction of three types of cold-curing resin, Shikwa Gakuho 73(7):1172, 1973.*
 25. 채 민수, 추 용호, 배 태성 : *광중합형 복합레진 제조 시의 압축강도에 관한 실험적 연구, 대한치과기재학회지 22(2):113, 1995.*
 26. Söderholm K-J : *Degradation of glass filler in experimental composites, J Dent Res 60:1867, 1981.*
 27. Roulet JF and Wälti C : *Studieüber die Mundbest ndigkeit von Komposits, Dt zahnärztl Z 35:516, 1980.*
 28. Bascom WD : *The surface chemistry of moisture-induced composite failure. In:Interface chemistry in polymer, Matrix Composites, vol6(ed Pluddemann EP), Academic Press, New York, p79, 1974.*
 29. Chen TM and Brauer GM : *Solvent effects on bonding organosilane to silica surfaces, J Dent Res 61:1439, 1982.*
 30. Kamel IL and Neri GA : *Radiation modified filler for dental restorative composites, J Math Phys Chem 14:603, 1979.*
 31. Drummond JL : *Cyclic fatigue of composite restorative materials, J Oral Rehabil 16:509, 1989.*
 32. Troung VT and Tyas MJ : *Prediction of in vivo wear in posterior composite resins, A fracture mechanics approach, Dent Mater 4:318, 1988.*