

압입과 압축에 의한 광중합형 수복용 복합레진의 기계적 성질 평가

이용우 · 유미경 · 조영곤* · 배태성 · 이광원

전북대학교 치과대학 치과보존학교실, 조선대학교 치과대학 치과보존학교실* 및 구강생체과학연구소

ABSTRACT

AN EVALUATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF LIGHT-CURED RESTORATIVE COMPOSITES BY INDENTATION AND COMPRESSION TEST

Yong-Woo Lee, Mi-Kyung Yu, Young-Gon Cho*, Tae-Sung Bae, Kwang-Won Lee

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry Chonbuk National University

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry Chosun University, and Institute of Oral Bioscience*

This study was performed to evaluate the mechanical properties of light-cured restorative composites by compression and indentation tests. Five commercially available light-activated composites (Heliomolar : HM, Aelitefil : AF, Amelogen : AG, Clearfil AP-X : CF, Z100 : ZH) were used. Disc specimens of 12mm in diameter and 1 mm in thickness and Cylindrical specimens of 3mm in diameter and 6mm in length were prepared for the indentation and compressive test, respectively. All specimens were immersed in distilled water at 37°C for 30 days. An indentation test of 68-degree trigonal diamond pyramid was made under 10 g load for 15 seconds and an Knoop indentation test was made under 50 g load for 15 seconds. Hardness numbers, characteristic indentation depths and permanent deformation were measured during indentation of the 68-degree trigonal diamond pyramid. Compressive test was carried out at a crosshead speed of 0.5mm/min.

The results obtained were summarized as follows.

1. The highest hardness value was obtained in the CF group and the lowest value was obtained in the HM group. Hardness values showed no significant difference between AG group and HM group but other groups showed the significant differences in each group($p < 0.05$).
2. Hardness number by Knoop pyramid were higher than those of 68-degree trigonal diamond pyramid.
3. Plastic deformation during the indentation of 68-degree trigonal diamond pyramid was the lowest in the CF group and the largest in the HM group. Results of Tukey test showed the significant difference between CF group and others; also between ZH and AF groups and AG and HM groups($p < 0.05$).
4. The highest compressive strength was obtained in the CF group and the lowest compressive strength was obtained in the ZH group. Compressive strength values showed no significant difference between CF group and ZH group but other groups showed the significant differences in each group($p < 0.05$).

I. 서 론

광중합형 수복용 복합레진은 심미성이 우수하고 조삭이 간편하기 때문에 전치부는 물론 구치부 수복용 재료로서 널리 적용되고 있지만, 구강환경에서는 교합과 저작에 의한

응력, 음식물에 의한 온도변화와 수분, 타액과 박테리아 등 복합적 요인이 수복물의 내구성에 영향을 미치므로 임상성적을 예측하기 위해 구강환경과 유사한 조건에서의 시험이 빈번하게 이루어지고 있다¹⁾.

구강내에서 일어나는 복합레진 수복물의 강도저하 원인의

로서, Power 등⁸⁾, Roulet⁹⁾는 교합과 저작과정에서 과도한 응력의 작용함에 따라 일어나는 기질레진의 잠정적인 물성 저하에 기인한다고 하였고, Draughn¹⁾, Asmussen과 Jörgensen²⁾, Mazer 등³⁾은 교합과 저작에 의한 응력이 반복적으로 작용함에 따라 일어나는 피로에서 기인한다고 하였다. Chen과 Brauer¹⁰⁾, Indranic 등⁷⁾은 수분에 의한 레진의 가소성 증가 및 레진과 필러의 계면에서 결합제로 작용하는 실란의 가수분해의 영향이 크다고 하였고, Troung과 Tyas¹¹⁾, Mair와 Vowl¹²⁾은 구강내의 온도가 상승함에 따라 일어나는 미중합 레진의 중합수축으로 인한 내부응력이 레진과 필러 계면에 형성된 미세균열부에 집중되어 강도의 저하가 일어난다고 하였으며, Söderholm¹³⁾, Drummond¹⁴⁾는 수분에 의한 필러와 레진의 응력부식과 균열선단에서의 수분의 확산이 강도 저하에 크게 영향을 미친다고 하였다.

복합레진 수복물의 기계적 성질은 필러의 종류와 형상, 크기분포 및 배합을 등에 따라서도 변화된다. Söderholm¹⁵⁾, Draughn¹⁶⁾은 필러의 함량이 증가함에 따라 열팽창계수와 경화수축이 감소하고, 강도, 경도, 탄성율 등의 기계적 성질이 증가한다고 하였고, Bowen¹⁷⁾은 다른 조건이 동일한 경우에는 필러의 평균입경이 감소할수록 강도가 증가한다고 하였다. Atsuata 등¹⁸⁾은 레진에 의한 필러의 젖음이 불량할 경우 기계적 성질이 저하한다고 하였고, Bowen 등¹⁹⁾, Tani 등²⁰⁾은 megafiller로 불리우는 β -quartz glass ceramic의 첨가에 의해 복합레진의 단점으로 지적되어 온 중합수축과 열팽창계수 및 강도 등을 개선할 수 있다고 하였다.

복합레진은 인장시험이 용이하지 않으므로 굽힘시험이나 원주상 시험의 압축에 의해 간접적으로 인장강도를 측정하는 방법이 널리 적용되고 있지만, 구강내 수복물은 교합과 저작중에 압축력이 작용하여 파절이 일어나므로 수복용 복합레진의 압축특성에 관한 이해가 요구된다. 이에 본 연구에서는 최근 치과임상에서 빈번하게 사용되고 있는 hybrid 형의 광중합형 수복용 복합레진의 물성 비교 및 시효처리가 복합레진의 표면 물성의 변화에 미치는 영향을 평가하기 위해 압축시험 및 압자의 압입시에 일어나는 변형 거동 양상에 관하여 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 연구재료

본 연구에서는 최근 치과임상에서 사용되고 있는 shade A3의 수복용 복합레진 중에서 4 종류의 hybrid 형 복합레진(Aelitefil, Amelogen, Clearfil AP-X, Z100)을 실험군으로 사용하였으며, 비교를 위해 1 종류의 microfill 형 복합레진(Heliomolar)을 대조군으로 사용하였다(Table 1).

2. 연구방법

1) 압입시험

압입시험용 시편은 내경 12mm × 두께 1mm의 공간이 형성된 분할형의 테프론제 몰드를 이용하여 제작하였다. 테프론제의 몰드를 폴리에스테르 필름이 깔린 고정장치에 고정하고 복합레진 페이스트를 약간 넘치도록 채운 다음 또한장의 폴리에스테르 필름과 유리판을 덮고서 압력을 가하여 여분의 레진을 제거하였다. 광중합은 12V, 120W의 할로겐 램프를 광원으로 하는 광조사기(Caulk, MAX)를 이용하여 시편의 상부와 하부에서 각각 20초씩 40초간 시행하였다. 각 군 공히 10개씩의 시편을 준비한 다음 시편의 양면을 240 - 2,000번의 emery paper로 순차적으로 연마하였고, 인장면상의 미세결함을 제거하기 위해 1 μ m와 0.3 μ m의 diamond paste(Beuhler Ltd.)로 연마하였으며, 0.1 μ m 알루미늄 페이스트로 마무리 연마를 행하였다.

본 연구에서는 광중합형 복합레진의 표면물성을 조사하기 위해 시료의 미소표면에 압자를 압입하면서 압입하중의 크기와 시료의 변형을 연속적으로 기록하는 것이 가능한 장치인 미소표면 재료특성평가 시스템(Akashi Co., MZT-4)을 이용하였다. 압입시험은 대면적 680의 삼각추 압자를 이용하여 압입하중 98.06mN, 유지시간 15초의 조건에서 행하였으며, 압입하중과 압입깊이를 디지털 신호로 변환하여 컴퓨터에 저장한 다음 압입에 의한 경도와 영구변형률을 계산하였다. 압입깊이는 기준하중을 1.96mN을 설정한 다음 1nm의 분해능에서 측정하였다. 경도는 압입으로 형성된 표

Table 1. Materials used in this study

Brand	Code	Manufacturer	Type	Filler
Heliomolar	HM	Vivadent, Lichtenstein	microfilled	64vol% 76.5wt%
Aelitefil	AF	Bisco, USA	hybrid	80wt%
Amelogen	AG	Ultradent Products, USA	hybrid	60vol% 75wt%
Clearfil AP-X	CF	Kuraray, Japan	hybrid	70vol% 85.5wt%
Z100	ZH	3M, USA	hybrid	66.0vol% 84.5wt%

면적을 압입깊이의 항으로 표시한 식 (1)을 적용하여 계산하였다.

$$(1) \text{HUT} [68] = 29.13 \frac{(\sqrt{F_1} - \sqrt{F_0})^2}{(h_2)^2}$$

여기에서, F_1 은 시험하중(gf), F_0 는 기준하중(gf), h_2 는 압자의 압입후 유지시간이 종료된 시점에서의 압자 길이(μm)를 나타낸다.

Fig. 1은 복합레진의 표면에 압자를 압입했을 때의 압입하중과 압입깊이 사이의 관계를 나타낸 것이고, Fig. 2는 삼각추 압자의 압입시에 나타나는 압흔 양상을 도시한 것이다. 여기에서, h_1 은 작용력이 피크에 도달할 때까지의 압입깊이를 나타내고, h_2 는 압입하중이 peak에 도달한 이후 정적으로 유지했을 때의 최종 압입깊이를 나타내며, h_3 는 압입하중을 제거하는 과정에서 탄성회복이 일어난 후의 압입깊이를 나타낸다.

복합레진의 누프 경도를 측정하기 위해 미소경도측정기(Matsuzawa Seiki Co Ltd, MHT-1)에 대각선 길이의 비가 7.11 : 1인 누프 압자를 고정된 다음 압입하중 50g, 유지시간 15초의 조건에서 압자를 압입하였으며, 누프 경도는 식 (2)를 적용하여 계산하였다.

$$(2) H_k = 14.22 \frac{P}{a^2}$$

여기에서, P 는 압입하중, a 는 압흔의 긴 대각선 길이를 나타낸다.

2) 압축시험

압축시험용의 시편은 직경 3mm × 높이 6mm의 공간이 형성된 테프론제 몰드를 이용하여 제작하였다. 복합레진 페이스트를 압입시험용의 시편 제작시와 동일한 절차에 따라 테프론제 몰드내에 축성한 다음 시편의 상하면과 중앙부의 3위치에서 각각 20초씩 총 60초간의 광중합을 시행하였다. 각 시험군 공히 10개씩의 시편을 준비한 다음 37℃의 증류수에 30일간 침적하였다. 압축강도를 측정하기 위해 재료시험기(Instron, Model 4201)에 시편의 굽힘을 억제할 수 있는 보조지그를 설치한 다음 crosshead 속도 0.5mm/min에서 파절하중을 측정하였다.

측정된 결과는 분산분석에 의해 통계적 유의성을 검증한 다음 Tukey 다중범위검증법에 의해 각 군 상호간의 차이를 비교하였다.

III. 결 과

Fig. 3은 37℃의 증류수에 30일간 침적한 다음 대면적 68의 삼각추 압자와 누프 압자를 이용하여 측정된 경도값을 함께 도시한 것이고, Table 2는 그의 결과치를 표시한 것이다. 삼각추 압자보다 누프 압자에 의한 경도값이 상대적으로 높게 나타나는 경향을 보였지만 각각의 시험군 사이에서는 유사한 분포를 보였다. 삼각추 압자에 의한 경도값은 CF군이 63.2로 가장 크고 HM군이 13.0으로 가장 작게 나타났으며, 각 군간의 통계적 유의성을 검증한 결과 HM

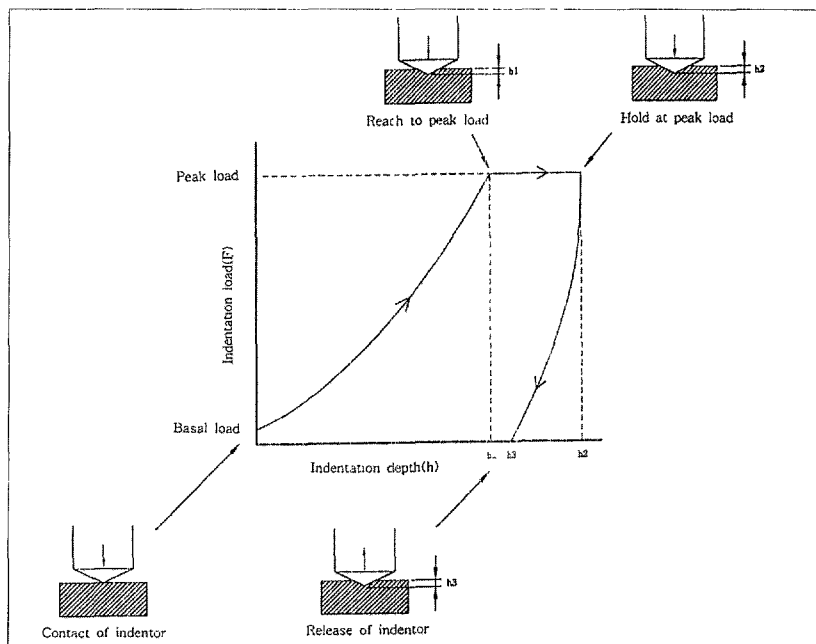


Fig. 1. Schematic illustration of the indentation test for composite resin

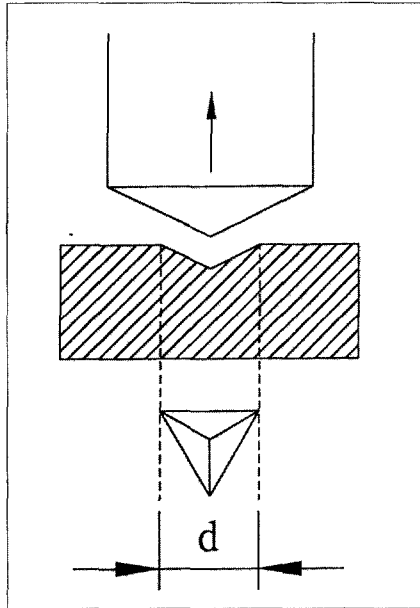


Fig. 2. Schematic illustration of the indentation test by 68-degree trigonal diamond pyramid.

Table 2. HUT (68) and Knoop hardness numbers of light-cured restorative composites

Group	HUT [68]	KHN
HM	13.0±2.0	16.7±2.6
AF	33.2±2.3	45.8±4.3
AG	16.2±1.5	20.5±4.4
CF	63.2±5.1	72.7±4.5
ZH	44.2±3.3	65.1±2.7

Table 3. Characteristic indentation depths and permanent deformation during the indentation of 68-degree trigonal diamond pyramid

Group	h1(μm)	t1(sec)	h2(μm)	h3(μm)
HM	3.343±0.245	0.850±0.138	4.103±0.323	2.323±0.187
AF	2.235±0.243	0.567±0.082	2.547±0.092	1.427±0.033
AG	2.934±0.121	0.780±0.045	3.654±0.170	2.202±0.086
CF	1.627±0.072	0.367±0.052	1.847±0.079	0.909±0.061
ZH	1.924±0.146	0.400±0.173	2.268±0.152	1.216±0.126

Table 4. Permanent deformation by the indentation of 68-degree trigonal diamond pyramid under 10 g load for 15 seconds

Group	h2-h1(μm)	h3/h2(%)
HM	0.760±0.113	0.566±0.015
AF	0.402±0.029	0.560±0.012
AG	0.720±0.051	0.585±0.043
CF	0.220±0.024	0.490±0.013
ZH	0.344±0.036	0.535±0.018

Table 5. Compressive strength values after immersion in distilled water at 37°C for 30 days

Group	Compressive strength(MPa)
HM	252.4±20.19
AF	289.0±17.1
AG	263.5±27.3
CF	360.3±20.8
ZH	344.5±28.8

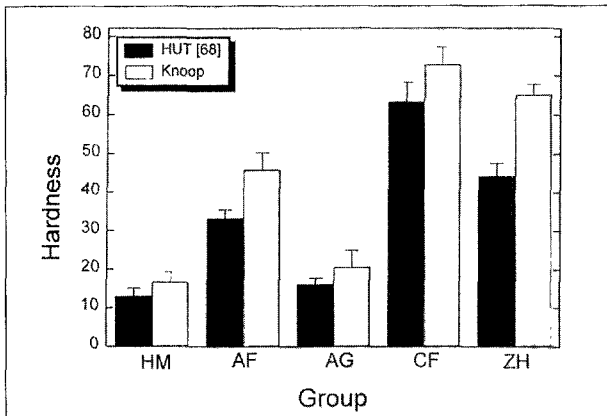


Fig. 3. Mean HUT [68] and Knoop hardness values of light-cured restorative composites.

군과 AG군을 제외한 나머지 군들 사이에서 상호간에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 누프 압자에 의한 경도값은 CF군이 72.7로 가장 크고 HM군이 16.7로 가장 작게 나타났으며, HM군과 AG군을 제외한 나머지 군들 사이에서 상호간에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$).

Fig. 4는 각각의 시험재료에 대면각 68도의 삼각추 압자를 압입하중 98.06mN, 유지시간 15초로 압입했을 때의 압입하중과 압입깊이 사이의 관계를 연속적으로 기록한 것으로, 측정된 곡선 중에서 경도값이 평균치에 근사한 곡선을 선택하여 표시하였다. Table 3은 각각의 시료에서 얻은 압입깊이(h_1 , h_2 , h_3)와 압입하중이 peak에 달했을 때의 시간을 표시한 것이다. 10g의 압입하중이 작용했을 때의 변형은 HM군이 3.343μm로 시험군 중에서 가장 크고 CF군이 1.627μm로 가장 작게 나타났으며, 각 군간의 통계적 유의성을 검증한 결과 CF군과 AF군 및 CF군, ZH군, AF군과

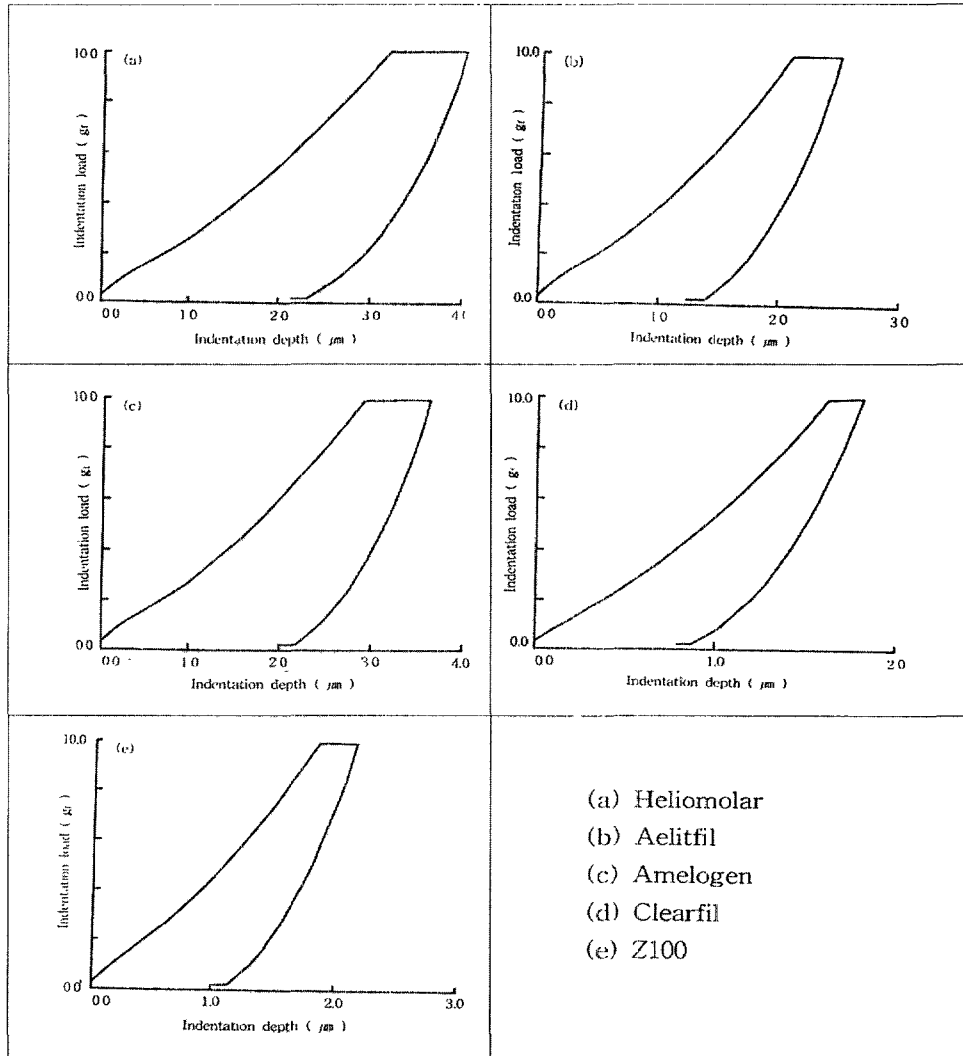


Fig. 4. Relation between indentation depth and applied load by 68-degree trigonal diamond pyramid during the indentation test.

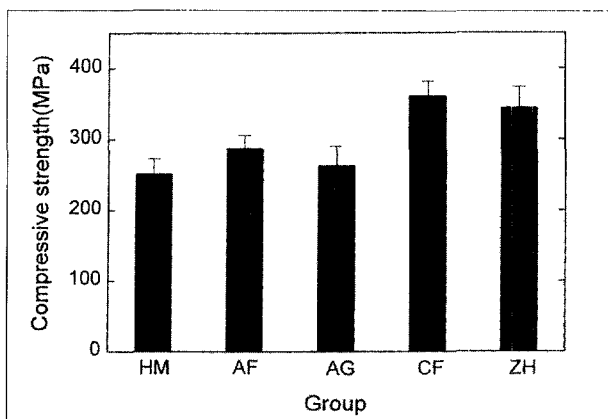


Fig. 5. Mean compressive strength of light-cured restorative composites

AG군, HM군, AG군과 HM군 사이에서 상호간에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

Table 4는 압자의 압입과정에서 하중이 정적으로 유지되는 동안의 변형(h_2-h_1) 및 압입과정에서 발생한 영구변형(h_3/h_2)을 표시한 것이다. 10g의 하중이 정적으로 유지되는 동안에 일어난 변형은 CF군이 $0.220\mu\text{m}$ 로 가장 작았고, HM군이 $0.760\mu\text{m}$ 로 가장 컸으며, 각 군간의 통계적 유의성을 검증한 결과 CF군과 나머지 군들 및 ZH군, AF군과 AG군, HM군 사이에서 상호간에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($\alpha < 0.05$). 압자의 압입과정에서 발생한 영구변형은 CF군에서 49.2%로 가장 작고 AG군에서 58.5%로 가장 크게 나타났으며, 각 군간의 통계적 유의성을 검증한 결과 CF군과 나머지 군들 및 ZH군과 AG군 사이에서 상호간에

통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

Fig 5는 37°C의 증류수에 30일간 침적한 후의 압축강도를 도시한 것이고, Table 5는 그의 결과치이다. 압축강도는 CF군이 360.3MPa로 가장 크고 HM군이 252.4MPa로 가장 작게 나타났으며, 각 군간의 통계적 유의성을 검증한 결과 CF군, ZH군과 나머지 군들 사이에서 상호간에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

IV. 고 찰

광중합형 복합레진은 균일한 paste의 광조사에 의해 경화가 일어나므로 술자에게 시간적 여유를 부여할 뿐만 아니라, 화학중합형과 같은 기포의 혼입으로 인한 강도의 저하가 일어나지 않고, 표면의 경도가 커서 내마모성이 향상되는 등의 장점을 갖지만, 중합의 정도가 광조사 조건과 중합층의 두께, 레진의 색조, 광조사 시간 등에 따라 불균일하게 되는 단점이 있다²¹⁾. Swartz 등²²⁾은 중합층의 두께가 증가함에 따라 경도가 감소하지만 대략 24시간 후 실질적인 최대 경도에 도달한다고 하였고, Ruyter와 Oysad²³⁾는 광중합형 복합레진의 중합 불균일성을 개선하기 위해서는 레진과 필러 사이의 굴절율의 일치가 중요하다고 하였다. Hirabayashi 등²⁴⁾, Onose 등²⁵⁾은 대기중의 산소가 광중합을 저해하므로 최대 경도는 표면하 0.5~1mm 부근에서 나타나며, 산소가 차단된 질소가스 분위기에서 광중합을 행할 경우 광조사 표면의 중합율이 개선된다고 하였고, Hasuike²⁶⁾는 celluloid matrix를 개재한 상태에서 광을 조사할 경우 산소의 차단으로 표면층의 중합 정도가 개선된다고 하였다. 본 연구에서는 시편을 제작하기 위해 레진과의 접착성이 없는 테프론제 몰드를 이용하였으며, 대기중의 산소를 차단하기 위해 상하면에 폴리에스테르 필름을 개재한 상태에서 광중합을 행하였다.

복합레진은 레진기질, 분산상인 필러 및 이들 두 상을 결합시키는 결합제로 구성되며, 기질 레진과 필러의 개선 및 접착기법의 발달 등으로 인해 수복재료로서의 미비점이 크게 개선되었지만, 파절이나 마모 저항성이 낮은 것이 단점으로 지적되어 왔다^{3,9)}. 최근 필러의 제조와 배합기술의 진보에 힘입어 미세 필러를 고밀도로 충전한 hybrid 형의 복합레진이 도입되었으며, 강도, 경도, 내마모성 등²⁷⁻²⁹⁾의 기계적 성질과 표면 연마성의 개선 등으로 인해 전치부는 물론 구치부 수복용 재료로서 그의 임상 적용이 증가하고 있다. 구강내 수복물에는 교합과 저작과정에서 압축력이 반복적으로 작용하므로 복합레진 수복물의 내구성을 평가하기 위해서는 경도 및 압축시의 변형거동에 관한 충분한 이해가 요구된다. 경도는 재료 표면의 국소적인 부위에 외력을 가하였을 때의 영구변형에 대한 저항력의 크기를 표시하는 기계적 성질로서, 압입자국이 작아서 재료의 기계적 성질에

크게 영향을 미치지 않기 때문에 품질관리의 측면에서 널리 적용되고 있을 뿐만 아니라 재료의 강도와 내마모성 등을 예측하는 지표로 사용되고 있다³⁰⁾. Lloyd와 Iannetta³¹⁾, Ferracane 등³²⁾은 경도는 압축파괴에 대한 저항력을 표시하고, 파괴인성은 인장파괴에 대한 저항력을 표시한다고 하였으며, 구강환경에서는 압축과 인장파괴에 대한 저항력이 모두 요구된다고 하였다. 치질의 누프 경도는 범랑질이 343, 상아질이 68로 보고되고 있으며³³⁾, Pilliar 등³⁴⁾은 수복용 복합레진의 구치부에서 저작력에 저항하기 위해서는 누프 경도값이 80~150, 파괴인성이 1.4~1.8MPa·m^{1/2}이 되어야 한다고 하였다. Hirabayashi 등³⁵⁾은 광중합형 복합레진의 압축강도는 thermal cycling 전후에 그다지 큰 변화를 보이지 않지만 굽힘강도, 마모저항, 경도의 감소가 일어났다고 하였고, 배 등³⁶⁾은 광중합형 수복용 복합레진의 누프경도는 37°C의 증류수에 10일간 침적하였을 때 47.4~112.6에 달하였지만, 1,000회의 thermal cycling 후 30.7~95.5로 감소를 보였다고 하였다. 본 연구에서 5종의 광중합형 수복용 복합레진을 37°C의 증류수에 30일간 침적한 다음 누프 경도를 조사한 결과, CF군이 72.7로 가장 크고 HM군이 16.7로 가장 작게 나타났으며, 각 군간의 통계적 유의성을 검증한 결과 HM군과 AG군을 제외한 나머지 군들 사이에서 상호간에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

비정질 재료에 정적 하중이 작용할 때 분자간의 미끄러짐에 기인하여 일어나는 유동현상을 흐름(flow)이라 한다³⁰⁾. 본 연구에서 복합레진의 표면에 10g의 하중을 가하여 삼각추 압자를 압입한 다음 15초간 정적으로 유지하였을 때 변형이 경과시간에 비례하여 증가하는 현상으로부터 복합레진에서 흐름이 일어나는 것을 알 수 있으며, 흐름의 정도는 hybrid형의 CF군이 시험군 중에서 가장 작고 microfill 형의 HM군이 가장 크게 나타났으며, 각 군간의 통계적 유의성을 검증한 결과 CF군과 나머지 군들 및 ZH군, AF군과 AG군, HM군 사이에서 상호간에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

복합레진의 압축강도에 관하여, Vanherle²⁹⁾은 구치부 수복용 복합레진의 압축강도가 364 - 407MPa를 보였다고 하였고, Miyazaki 등⁴⁾은 6종의 구치부 수복용 복합레진을 37°C의 증류수에 24시간 침적했을 때 압축강도가 407.8 - 454.9MPa로 나타났으며, thermal cycling의 횟수가 증가함에 따라 압축강도보다 항복강도에서 뚜렷한 열화 양상이 나타났다고 하였다. Willems 등²⁷⁾은 범랑질과 상아질의 압축강도는 각각 384MPa과 297MPa로 나타났고, 제 1 대구치와 제 2 대구치의 파절강도는 각각 248MPa과 305MPa로 나타났으며, 이 수치들이 구치부 복합레진의 선택기준으로 이용될 수 있다고 하였다. Itoh³⁶⁾는 기질레진으로는 TEGDMA에서 친수성이 큰 ethylene glycol을 소수

성이 큰 벤젠고리로 치환한 RDMA 레진을 사용하고, 필러로는 colloidal silica와 TMPT 레진을 중합시켜 제조한 유기질 필러를 사용하였을 때 압축강도가 350MPa에 가까운 값을 보였다고 하였고, ³⁷은 복합레진의 압축강도는 필러의 형상과 입도분포에 따라 분쇄 석영(1 - 40 μ m)과 구상 실리카(0.3 μ m)에서 각각 280MPa과 370MPa을 보였다고 하였다. 채 등³⁸⁾은 기질레진으로는 6개의 ethylene group을 갖는 UTMA 레진을 사용하고, 필러로는 평균입경 1.6 μ m의 구상 실리카와 6.9 μ m의 분쇄 실리카를 사용하여 복합레진을 제조하였을 때, 7일간 수증침적 후의 압축강도가 각각 318.8MPa과 214.3MPa을 보였다고 하였고, 최 등³⁹⁾은 채 등³⁸⁾이 사용한 것과 동일한 종류의 레진과 필러를 사용하여 필러의 함량에 따른 압축강도의 변화를 조사한 결과, 분쇄 실리카의 경우에는 필러의 함량이 74.8wt%일 때 239.4MPa을 보였고, 구상 실리카의 경우에는 필러의 함량이 82wt%일 때 343.4MPa을 보였다. 본 연구에서 5종의 광중합형 수복용 복합레진을 37 $^{\circ}$ C의 증류수에 30일간 침적한 다음 압축강도를 조사한 결과 CF군이 360.3MPa로 가장 크고 HM군이 252.4MPa로 가장 작게 나타났으며, 각 군간의 통계적 유의성을 검증한 결과 CF군, ZH군과 나머지 군들 사이에서 상호간에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05).

V 결 론

본 연구에서는 최근 치과임상에서 빈번하게 사용되고 있는 hybrid 형의 광중합형 수복용 복합레진의 압축특성을 평가하기 위해 37 $^{\circ}$ C의 증류수 중에서의 시효처리를 행한 다음 압자의 압입시험 및 압축시험을 행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다

1. 경도값은 CF군에서 가장 크고 HM군에서 가장 작게 나타났으며, HM군과 AG군을 제외한 나머지 군들 사이에서 상호간에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05).
2. 삼각추 압자보다 누프 압자를 이용하여 측정된 경도값이 상대적으로 높게 나타나는 경향을 보였지만, 각각의 시험군 사이에서는 유사한 분포를 보였다.
3. 정하중 조건에서의 변형은 hybrid 형의 CF군이 가장 작고 microfill 형의 HM군이 가장 크게 나타났으며, CF군과 나머지 군들 및 ZH군, AF군과 AG군, HM군 사이에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05)
4. 압축강도는 CF군이 가장 크고 HM군이 가장 작게 나타났으며, 각 군간의 통계적 유의성을 검증한 결과 CF군, ZH군과 나머지 군들 사이에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05).

참 고 문 헌

- 1 Draughn RA Compressive fatigue limits of composite restorative materials J Dent Res 58 1093-1096, 1979
- 2 Asmussen E, Jorgensen KD Fatigue strength of some resinous materials J Dent Res 90 76-79, 1982
- 3 Mazer RB, Lemfelder KF, Russell CM Degradation of microfilled posterior composite. Dent Mater 8 185-189, 1992
- 4 Miyazaki T, Suzuki E, Miyaji T The influence of thermal cycling on the mechanical properties of posterior restorative composite resin, J J Dent Mater 5:187-195, 1986
- 5 배태성, 김내조, 김효성 : 광중합형 수복용 복합레진의 기계적 성질에 미치는 수증침적과 thermal cycling의 영향 대한의용생체공학회지 17 327-335, 1996
- 6 Anikawa H, Kuwahata H, Seki H, Kanie T, Fujik K, Inoue K Deterioration of Mechanical properties of composite resins Dent Mater J 14:78-83, 1995
- 7 Indrani DJ, Cook WD, Televantos F, Tyas MJ, Harcourt JK Fracture toughness of water-aged composite restorative materials Dent Mater 11 201-207, 1995
- 8 Powers JM, Pan PL, Marcotte M In vitro accelerated aging of composite and a sealant J Dent Res 60 1672-1677, 1981.
- 9 Roulet JF Degradation of Dental Polymers, 1st ed New York Karger 60-86, 1987
- 10 Chen TM, Brauer GM Solvent effects on bonding organosilane to silica surfaces. J Dent Res 61 1439-1443, 1982
- 11 Thang VT, Tyas MJ Prediction of in vivo wear in posterior composite resins A fracture mechanics approach Dent Mater 4 318-327, 1988
- 12 Marr LH, Vowel R The effect of thermal cycling on the fracture toughness of seven composite restorative materials Dent Mater 5 23-26, 1989
- 13 Soderholm KJ Degradation of glass filler in experimental composites J Dent Res 60 1867-1875, 1981
- 14 Drummond JL Cyclic fatigue of composite restorative materials J Oral Rehabil 16 509-520, 1989
- 15 Soderholm K-J Influence of silane treatment and filler fraction on thermal expansion of composite to resins J Dent Res 63 1321-1326, 1984.
- 16 Draughn RA Influence of filler parameters on mechanical properties of composite restorative materials J Dent Res 62 640, Spec Issue A, Abst 187, 1983
- 17 Bowen R Effect of particle shape and size distribution in a reinforced polymer. J Am Dent Ass 69 481-495, 1964
- 18 Atsuata M, Abell AK, Turner DT, Nakabayashi N, Tetsuyama NA A New coupling agent for composite materials 4-methacryloxyethyl trimethylic anhydride J Biomed Mater Res 16:619-628, 1982.
- 19 Bowen RL, Eichmiller FC, Misra DN Beta quartz microcrystalline glass as megafillers for composites J Dent Res 68:248 Abstr No 534, 1989
- 20 Tani Y, Togaya T, Ihikawa A, Watanabe Y, Matsumura K, Katsuyama S Effect of "Megafiller" insertion on the wear of composite resins, Dent Mater J 13:174-181, 1994
- 21 배태성, 박영준, 김형일, 김교한 : 요점치과재료학 군사출판사 115-123, 1997
- 22 Swartz ML, Phillips RW, Rhodes B Visible light-activated resin depth of cure JADA 106:634-637, 1983
- 23 Bayler IE, Oysad H Conversion in different depths of ultraviolet and visible light activated composite materials Acta Odont Scand 40:179-192, 1992

24. 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* 3:665-679, 1984
25. Onose H, Sano H, Kanto H, Ando S, Hasuike T : Selected curing characteristics of light-activated composite resins *Dent Mater* 1:48, 1985.
26. Hasuike T : Selected curing characteristics of light activated composite resins, *J Japan Prosthodont Soc* 27:1-11, 1984
27. Willems G, Lambrechts P, Braem M, Vanherle G : Composite resins in the 21st century, *Quintessence Int* 24 641- 658, 1993.
28. Lambrechts P, Braem M, Vuylsteke-Wauters M, Vanherle G : Quantitative in vivo wear of human enamel. *J Dent Res* 68:1752-1754, 1989.
29. Vanherle G : Posterior composite resin dental restorative materials . Current status of posterior composite resins in Japan. Peter Szulc Publishing Co 185-198, 1985.
30. 고영무, 김경남, 김광만, 김교한, 김형일, 박영준, 배태성, 임호남, 조혜원, 최기열 : 치과재료학. 둘째판, 군자출판사 43-78, 1998.
31. Lloyd CH, Iannetta RV : The fracture toughness of dental composite. *J Oral Rehabil* 9:55, 1982.
32. Ferracane JL, Antonio RC, Matsumoto H, Variables affecting the fracture toughness of dental composites. *J Dent Res* 66 1140-1145, 1987.
33. O'Brien WJ : Dental materials, Properties and selection. Quintessence Publishing Co, Inc, Chicago 513-566, 1989.
34. Pilliar RM, Smith DC, Maric B, Fracture toughness of dental composites determined using the short-rod fracture toughness test. *J Dent Res* 65 : 1308-1314, 1986
35. Hirabayashi S, Nomoto R, Harashima I, Hirasawa T : The surface degradation of various light-cured composite resins by thermal cycling. *J J Dent Mater* 9:53, 1990.
36. Itoh K : New type of visible light-cured composite resins containing TMPT filler, *J J Dent Mater* 7:117-130, 1988.
37. 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.
38. 채민수, 추용호, 배태성 : 광중합형 복합레진 제조시의 압축강도에 관한 실험적 연구 *대한치과기체학회지* 22:113-121, 1995.
39. 최규형, 원대희, 이민호, 배태성 : 광중합형 복합레진의 압축강도에 미치는 레진과 필러의 영향. *대한의용생체공학회지* 18 1-8, 1997.