

치과 수복재용 복합레진의 기계적 물성에 대한 연구

Mechanical properties of composite resins for dental restorative

류 호 남* 이 광 래**
Ryu, Ho-Nam Lee, Kwang-Rae

Abstract

The purpose of the study was to investigate the mechanical properties (diametral tensile strength, flexural strength, compressive strength, Vickers hardness) of 4 kinds of composite resins; Bis-GMA based composite, Bis-EMA based composite, Bis-GMA/UDMA based composite, and Bis-EMA/UDMA based composite. The composite resin based Bis-GMA showed stronger mechanical properties than Bis-EMA. It was found that the addition of UDMA to both Bis-GMA based composite and Bis-EMA based composite highly improved mechanical properties. However, the mechanical properties of the composite resins prepared in this study were lower than those of the commercialized products in market (Charmfil flow (Denkist), Quadrant flow (CAVEX)), since the composite resins prepared in this study has much lower inorganic filler content of 43wt% comparing with 50~70wt% inorganic filler content of the commercialized products.

키워드 : 치과용, 복합레진, Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA,
Keywords : Dental, Composite resin, Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA,

1. 서론

치아는 다른 조직과는 달리 일단 손상되고 나면 재생이 거의 불가능한 특징을 가지고 있으며 소화 기능과 의사를 전달하는데 매우 중요한 역할을 하는 인체 조직이다. 치과재료는 보존과 보철 등 모든 치과 영역에서 핵심요소가 되고 있으며, 가장 많이 사용되고 있는 것이 인상재, 접착제, 치과용 수복재 등이 사용되고 있다[1]-[4].

일반적으로 치과 의료 기술과 그 예후는 치과 재료에 의해 크게 영향을 받는다. 치과 재료는 구강 내의 특수한 상황으로 일반 재료와는 달리 그 요구 특성이 매우 까다롭다. 평소의 구강 내 온도

는 32~37°C이지만 차가운 얼음이나 뜨거운 음료를 마실 때 0~70°C의 급격한 온도 변화, 음식물을 씹을 때 발생하는 높은 교합압(최대 470 MPa)을 견딜 수 있는 기계적 강도, 상대습도가 100%에 가까운 습윤한 환경, 자연치아와 유사한 열팽창률, 생체조직과의 긴밀한 접촉에 의한 과민 반응과 같은 부작용, 무수한 세균종의 구강내 상주, 자연치아와 거의 동일한 색상과 광택 등 심미적인 요건, 산도의 경우 과일주스 같은 pH 2에서 알칼리성의 pH 11까지 그 변화가 매우 크기 때문에 구강 내의 다양한 악조건과 요구조건을 만족시킬 수 있는 치과재료를 사용하여야 한다[1][4]. 이상적인 치과재료는 열악한 구강 내 환경에 견딜 수 있는 내구성과 치질 또는 뼈에 영구적으로 결합하여 눈에 보이는 기타 조직들의 자연적인 외관과 조화를 이루며 치아의 법랑질, 상아질 및 기타 조직과 비슷한 성질을 가지고 인체에 무해한 생체 적합성이 있어

* 휴젤(주), 기술개발팀, 공학석사
** 강원대학교 화학공학과 교수, 공학박사, 교신저자

야 한다[2]. 따라서, 치과 재료에 대한 연구개발이 나 상업적 생산에 높은 기술력이 요구되고 있다.

대표적인 치과재료는 금속(metal)재료, 세라믹(ceramic)재료, 고분자(polymer)및 복합레진(composite resin)이 있는데 이 재료들은 물리적 성질을 개선해 오고 있음에도, 현재까지 어느 것도 열악한 구강 조건들을 충분히 만족시키지는 못하고 있다[1][2]. 그중에서 복합레진은 다른 치과용 수복재료와는 달리 여러 가지 색을 표현할 수 있어 심미적으로 우수하고 가격이 저렴하며 구강 내에서 바로 적용 가능하여 시술과정이 간편하고 적용시간이 짧다는 장점이 있어 가장 많이 사용되는 치과 수복재료이다[1]. 치과용 복합 레진은 중합방법에 따라 화학중합형, 광중합형, 그리고 화학중합과 광중합을 같이 사용하는 dual 중합형으로 구분할 수 있고 치과에서는 수복 시 기포의 유입이 적으며 시술자가 경화시간을 조절할 수 있는 광중합형 복합레진을 많이 사용하고 있다.

본 연구에서는 수복재용 복합레진으로 널리 사용되고 있는 Bisphenol A glycerolate dimethacrylate(Bis-GMA)와 Bis-GMA의 propylene glycol기를 ethoxyl기로 치환하여 점도를 낮춘 Bisphenol A ethoxylated dimethacrylate (Bis-EMA)를 레진기질로 사용한 복합레진의 기계적 물성 (간접인장강도, 굴곡강도, 압축강도, Vickers 표면경도)을 측정하여 비교·분석 하였으며, Diurethane dimethacrylate(UDMA)를 혼합하였을 경우의 기계적 물성변화를 측정하여 비교·분석 하였다. 또한 이들 복합레진과 시중에 판매되고 있는 제품들의 기계적 물성 (간접인장강도, 굴곡강도, 압축강도, Vickers 표면경도)을 측정하여 비교·분석 하였다.

2. 실험

2.1 실험재료

레진기질로 4종류의 단량체 즉, Bisphenol A ethoxylated dimethacrylate (Bis-EMA), Bisphenol A glycerolate dimethacrylate (Bis-GMA), Diurethane dimethacrylate(UDMA), 그리고 점도가 높은 Bis-GMA의 희석재로서 Triethylene glycol dimethacrylate(TEGDMA)를 사용하였다. 무기질 필러로는 3-methacryloxy propyl trimethoxysilane (γ -MPS)로 표면 처리한 평균입도 $1\mu\text{m}$ 크기의 Barium glass와 평균입도 $0.05\mu\text{m}$ 크기의 silicate를 혼합하여 사용하였다. 가시광선 광 개시제로는 약 468nm의 파장의 빛을 흡수하는 CQ (Camphorquinone)과 아민기를 가지고 있는 광중합제를 사용하였으며, 혼합과정에서의 경화를 막기 위해 Hydroquinone(HQ)과 복합제의 산화방지제를 사용하였다.

2.2 성분 및 조성

본 연구에서 제조하여 사용한 복합레진은 무기 필러 43wt%, 레진기질 57wt%를 기본 조성으로 하였다. 레진의 성분 및 조성에 따라 레진기질1 [Bis-GMA/TEGDMA(70wt%:30wt%)], 레진기질2 [Bis-EMA(100wt%)], 레진기질3 [Bis-GMA/TEGDMA/UDMA(35wt%/15wt%/50wt%)], 레진기질4 [Bis-EMA/UDMA (50wt%/ 50wt %)]의 4종류로 제조하였다.

이렇게 제조한 4종류의 복합레진이 나타내는 기계적 물성과 시중에서 판매되고 있는 제품과의 물성을 비교하기 위하여 시중에 판매되고 있는 제품인 Quadrant flow(Cavex)와 Charmfil flow (Denkist)를 구입하여 기계적 물성을 측정하여 비교하였다.

3. 결과 및 토론

3.1 간접인장강도(Diametral tensile strength)

UDMA를 혼합하지 않은 레진기질1의 간접인장강도는 34.3MPa, 레진기질2는 31.0MPa를 나타내었으며, Bis-GMA로 구성된 레진기질1이 Bis-EMA로 구성된 레진기질2의 경우 보다 3.3MPa(10%) 크게 나타났다. 이는 Bis-GMA로 제조한 복합레진의 간접인장강도가 Bis-EMA 보다 더 크다는 것을 알 수 있다.

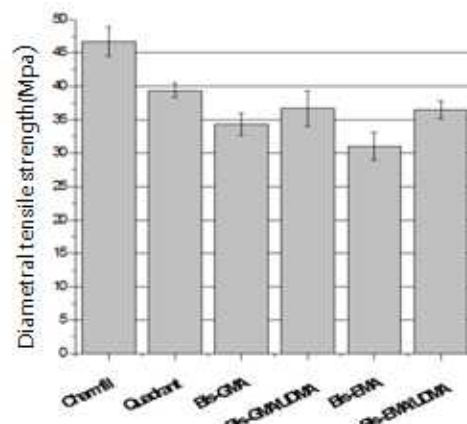


Fig.1. Diametral tensile strength

UDMA를 50wt%:50wt%로 혼합한 레진기질3은 36.7MPa, 레진기질4는 36.5MPa로 비슷한 값을 나타내었으며, UDMA를 혼합하지 않은 레진기질1과 레진기질2 보다 각각 2.4MPa(7%), 5.5MPa(15%) 더 크게 나타났다. 이는 혼합한 레진기질3과 레진기질4가 UDMA를 혼합하지 않고 Bis-GMA, Bis-EMA를 단독으로 사용한 레진기질1과 레진기

질2 보다 간접인장강도가 증가하였다. UDMA를 혼합한 UDMA가 복합레진의 간접인장강도를 증가시키는 데 기여한다는 것을 알 수 있다.

시중에 판매되고 있는 복합레진 제품인 Charmfil flow(Denkist)의 간접인장강도는 46.7MPa, Quadrant flow(CAVEX)는 39.4MPa로 Charmfil flow의 간접인장강도가 7.3MPa 더 크게 나타났으며, 본 연구에서 제조한 레진기질3과 레진기질4의 간접인장강도보다 높게 나타났다. 간접인장강도를 시중제품과 비슷한 수준으로 증가시키기 위해서는 무기필러의 양을 증가시키는 것이 필요하다고 판단된다.

3.2 굴곡강도(Flexural strength)

UDMA를 혼합하지 않은 레진기질1과 레진기질2의 굴곡강도는 각각 90.2MPa, 80.9MPa를 나타내었다. Bis-GMA가 주성분인 레진기질1이 Bis-EMA가 주성분인 레진기질2 보다 9.3MPa(10%) 크게 나타났으며, 이는 Bis-GMA가 Bis-EMA 보다 우수한 굴곡강도를 나타낸다는 것을 알 수 있다.

UDMA를 혼합한 레진기질3과 레진기질4의 굴곡강도는 각각 106.7MPa, 97.7MPa를 나타내었으며, Bis-GMA가 함유된 레진기질3이 Bis-EMA가 함유된 레진기질4 보다 9.0MPa만큼 크게 나타났다. UDMA를 혼합한 레진기질3과 레진기질4의 굴곡강도는 UDMA를 혼합하지 않은 레진기질1과 레진기질2 보다 각각 16.5MPa(15%), 16.8MPa(17%) 만큼 더 크게 나타났다. 이는 UDMA가 굴곡강도 증가에 크게 기여함을 알 수 있다.

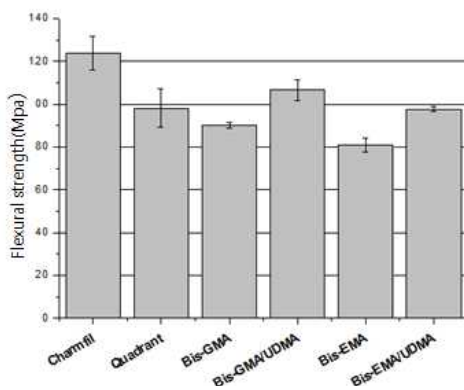


Fig.2. Flexural strength

시중에 판매되고 있는 복합레진 제품인 Charmfil flow(Denkist)의 굴곡강도는 124.0MPa, Quadrant flow(CAVEX)는 98.2MPa로서 Charmfil flow의 굴곡강도가 25.8MPa 더 크게 나타났다. 본

연구에서 제조한 Bis-GMA가 함유된 레진기질3의 굴곡강도는 Charmfil flow(Denkist) 보다 낮았으나, Quadrant flow(CAVEX) 보다 크게 나타났다. Bis-GMA가 함유된 레진기질4의 굴곡강도는 Charmfil flow(Denkist) 보다 낮았으나, Quadrant flow(CAVEX)와 비슷하였다. 이는 Bis-GMA가 Bis-EMA 보다 우수한 굴곡강도를 나타내는데 기여한다는 것을 알 수 있다.

3.3 압축강도(Compressive strength)

UDMA를 혼합하지 않은 레진기질1과 레진기질2의 압축강도는 각각 219.0MPa, 240.1MPa를 나타내었으며, Bis-EMA로 구성된 레진기질2가 Bis-GMA로 구성된 레진기질1 보다 21.1MPa(10%) 크게 나타났다. 이는 간접인장강도와 굴곡강도와는 달리 Bis-EMA가 Bis-GMA 보다 압축강도에 크게 기여한다는 것을 의미한다.

UDMA를 혼합한 레진기질3과 레진기질4의 굴곡강도는 각각 252.8MPa로서 차이가 없었으며 UDMA를 혼합하지 않은 레진기질1 보다 33.8MPa(13%)만큼 더 크게 나타났으며, 레진기질2 보다 12.7MPa(5%)만큼 더 크게 나타났다. 이는 UDMA가 굴곡강도 증가에 크게 기여함을 알 수 있다.

시중에 판매되고 있는 복합레진 제품인 Charmfil flow (Denkist)의 압축강도는 295.7MPa, Quadrant flow (CAVEX)는 279.5MPa로서 Charmfil flow의 압축강도가 16.28MPa 더 크게 나타났다. 본 연구에서 제조한 레진기질3과 레진기질4의 압축강도 보다 높게 나타났다. 압축강도를 시중제품과 비슷한 수준으로 증가시키기 위해서는 무기필러의 양을 증가시킬 필요가 있다고 판단된다.

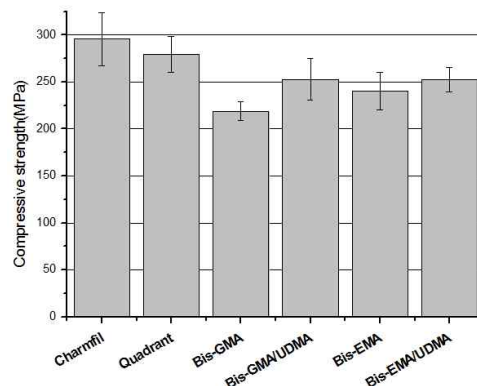


Fig.3 Compressive strength

3.4 Vickers 표면경도(Vickers hardness)

UDMA를 혼합하지 않은 레진기질1은 35.8Hv

과 레진기질2는 32.1Hv를 나타내었으며, Bis-GMA로 구성된 레진기질1이 Bis-EMA로 구성된 레진기질1 보다 3.7Hv(10%) 크게 나타났다. 이는 Bis-GMA가 Bis-GMA 보다 Vickers 표면경도에 우수하다는 것을 의미한다.

UDMA를 혼합한 레진기질3과 레진기질4의 Vickers 표면경도는 각각 38Hv, 38.7Hv로서 매우 유사한 값을 나타내었다. UDMA를 혼합하지 않은 레진기질1과 레진기질2에 비해 UDMA를 혼합한 레진기질3과 레진기질4가 2.2Hv(6%), 6.6Hv(17%) 만큼 더 크게 나타났다. 이는 UDMA가 Vickers 표면경도 증가에 크게 기여한다는 것을 의미한다.

시중에 판매되고 있는 복합레진 제품인 Charmfil flow(Denkist)의 Vickers 표면경도는 47.8MPa, Quadrant flow(CAVEX)는 37.5MPa로서 Charmfil flow의 Vickers 표면경도가 10.3MPa 더 크게 나타났다. 본 연구에서 제조한 레진기질3과 레진기질4의 Vickers 표면경도는 Quadrant flow(CAVEX)와 비슷한 수준이었으나, Charmfil flow(Denkist)보다 낮게 나타났다. Vickers 표면경도를 시중제품과 비슷한 수준으로 증가시키기 위해서는 무기필러의 양을 증가시킬 필요가 있다고 판단된다.

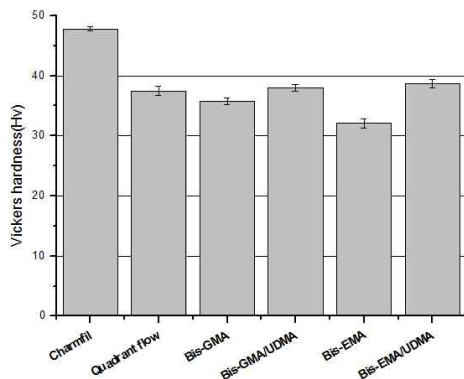


Fig.4. Vickers hardness

4. 결론

Bis-GMA를 레진기질로 하는 복합레진이 Bis-EMA를 레진기질로 하는 복합레진보다 간접인장강도, 굴곡강도, Vickers 표면경도가 더 크게 나타났다. 그러나, Bis-GMA를 레진기질로 하는 복합레진이 Bis-EMA를 레진기질로 하는 복합레진 보다 압축강도는 작게 나타났다. UDMA를 혼합하였을 경우, 간접인장강도, 굴곡강도, 압축강도, Vickers 표면경도 모두 큰 증가를 나타내었다. UDMA를 혼합한 레진(Bis-GMA/UDMA, Bis-EMA/UDMA)은 Bis-GMA, Bis-EMA를 각각 단

독으로 사용한 것보다 기계적강도가 15%~21% 증가하였다. 이것은 UDMA가 Bis-GMA보다 소수성(hydrophobivity)이 좋고 기계적 성질이 우수하며 UDMA와 같은 non-aromatic monomer를 사용한 레진은 잔존 이중결합이 교차결합(cross linking)하는 중합 반응의 마지막 단계에서 유연성을 유지하기 때문에 중합율을 증진시켜 기계적 강도를 증가시켰다고 설명할 수 있다[5]-[8]. 이는 UDMA가 기계적 물성을 크게 향상시킬 수 있다.

그러나, 본 연구에서 제조한 복합레진은 시중에서 판매되고 있는 제품보다 기계적 강도가 낮았다. 이는 시중제품인 Charmfil flow(Denkist) 및 Quadrant flow(CAVEX)의 필러 함량이 50~70wt%인데 비하여 본 연구에서 제조한 복합레진의 필러 함량이 43wt%로서 필러 함량에 의한 물성의 차이로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] M. Gladwin, M. Bagby, *Clinical aspects of dental materials*, 3rd ed., Seoul, Korea: Koonja, pp.4-58, 2009.
- [2] K. J. Anusavice, *Philips Science of Dental Materials*, 11th ed., Seoul, Korea: Charmyun, pp.4-441, 2006.
- [3] 한국치과재료학회수협의회, *치과재료학*, 5th ed., Seoul, Korea: Koonja, pp.1-215, 2008.
- [4] A. Peutzfeldt, "Quantity of remaining double bonds of propanal-containing resins", *J. Dent. Res.*, 73(10), pp.1657-1662, 1994.
- [5] K. A. Schulze, A. A. Zaman, K. J. M. Söderholm, "Effect of filler fraction on strength, viscosity and porosity of experimental compomer materials", *J. Dent.*, 31, pp.373-82, 2003.
- [6] B. I. Suh, C. Ferber, R. Baez, "Optimization of hybrid composite properties", *J. Esthet Dent.*, 2, pp.44-48, 1990.
- [7] E. Asmussen, A. Peutzfeldt, "Influence of UEDMA, BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites", *Dent. Mater.*, 14, pp.51-56, 1998.
- [8] I. E. Ruyter, S. A. Svendsen, "Remaining methacrylate groups in composite restorative materials", *Acta Odontol Scand*, 36, pp.75-82, 1978.