

광중합형 레진 임시 수복재료의 물리적·기계적 특성

이은정¹, 강재경², 김경남^{1*}

연세대학교 치과대학 치과생체재료공학교실 및 연구소¹,

연세대학교 치과대학 구강악안면 경조직재생 연구센터¹, 신구대학교 치위생과²

Physical and Mechanical Properties of Light-Cured Resin Temporary Restorative Materials

Eun-Jung Lee¹, Jae-Kyoung Kang², Kyoung-Nam Kim^{1*}

Department and Research Institute of Dental Biomaterials and Bioengineering, Research Center for Orofacial Hard Tissue Regeneration¹, College of Dentistry, Yonsei University, Seoul 120-752, Republic of Korea¹,

Department of Dental Hygiene, Shingu College, Seongnam 462-743, Republic of Korea²

(Received: May. 11, 2012; Revised: Sep. 3, 2012; Accepted: Sep. 7, 2012)

ABSTRACT

Light-cured resin temporary restorative materials used for inlay and onlay treatment do not have a standard for the objective evaluation, despite their high frequency of usage and need for physical and mechanical properties assessment in the clinical settings. Therefore, this study evaluated the physical and mechanical properties of four different light-cured resin temporary restorative materials (FermitTM, ClipTM, Temp-itTM, QuicksTM) which were tested for sensitivity to ambient light, depth of cure, flexural strength, water sorption·solubility and radio opacity. The results of the study showed that the values obtained from flexural strength, water sorption·solubility and radio opacity tests were significantly different from the criteria in KS P ISO 4049, and this was because the criteria values were for permanent restorative materials. Thus, international or Korean standard is demanded for light-cured resin temporary restorative materials where the results of this study will be useful in terms of the basis data for these standards.

KEY WORDS : Light-cured resin, Mechanical properties, Physical properties, Temporary restorative materials

서론

치아의 경조직은 재생되지 않는 조직으로써 치아우식증, 치아파절, 교모, 마모, 칩식 등의 이유로 상실된 경조직을 대체하기 위하여 다양한 재료가 사용되고 있다. 이러한 재료는 크게 반영구적으로 사용하기 위한 영구 수복재료와 영구 수복치료를 위하여 비교적 짧은 기간 사용되는 임시 수복 재료로 크게 나누어진다.

영구 수복재료는 금속, 고분자, 세라믹 등 다양한 재료를

이용한 보존적 직접 와동 충전재료, inlay, onlay 등 부분치 관 수복을 위한 보철재료 및 금관, 계속가공의치, 국소의치 및 총의치 등 전부치관 수복을 위한 보철재료 등이 있으며 임플란트 치아를 위한 상부 구조물도 영구 수복재료로서 이용되고 있다(Anusavice, 2003; Powers와 Sakaguchi, 2006).

이러한 영구 수복재료는 광범위한 재료의 사용과 치료의 적용으로 이미 물리적·기계적 특성에 대한 많은 연구(Gladys 등, 1997; Duymus와 Guldag, 2003)가 진행되었지만 이와는 대조적으로 일정 기간만 사용하게 되는 임시 수복재료는 그 기능의 중요성에도 불구하고 영구 수복재료에 비하여 그 연구가 매우 한정적이다(Wideman 등, 1971; Lee 등, 2002; Cho와 Lee, 2008).

임시 수복재료는 근관치료 시 약제의 가봉과 외부 물질

* 교신저자 : 서울시 서대문구 연세로 50 연세대학교 치과대학 치과생체재료공학교실, 김경남.
Tel : 02-2228-3081, E-mail : kimkn@yuhs.ac

* 본 연구는 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구 결과입니다(R13-2003-013-03001-0).

및 미생물의 침투를 방지하기 위하여 사용되거나 inlay 혹은 onlay 치료 시 와동 형성 후 영구 수복물의 장착 전까지 외부 물질 혹은 미생물의 침투를 방지하여 살아있는 치수를 보호하고, 최종 보철물의 적합도를 위한 와동 형태 유지와 인접치, 대합치의 이동 방지, 저작 및 심미 기능의 회복을 위해 사용된다(Webber 등, 1978; Deveaux 등, 1992).

근관치료를 위한 임시 수복재료는 열가소성 재료인 stopping, 산화아연유지놀시멘트(zinc oxide-eugenol cement), 강화형 산화아연유지놀시멘트(reinforced zinc oxide-eugenol cement), 수정성 임시 수복재, 레진계 임시 수복재 등이 있으며(Deveaux 등, 1999), 이들 재료와 치아 경조직 사이의 미세누출에 관한 다수의 연구가 진행되었다. 이러한 연구는 근관치료를 특성상 최소 1회 이상의 약제 교체가 필요하므로 타액으로부터 근관 격리의 중요성을 강조하여 미세누출 연구에 중점을 두었다(Webber 등, 1978; Deveaux 등, 1992; Beach 등, 1996; Deveaux 등, 1999).

이와 마찬가지로 생활치를 대상으로 하는 inlay, onlay의 경우 영구 수복물이 장착되기 전까지 치수보호를 위해 사용되는 임시 수복재료의 적절한 물리적·기계적 특성과 미세누출에 관한 연구가 필요하다. 이러한 임시 수복재료는 근관치료에 사용되는 임시 수복재료와는 다르게 인접치 및 대합치와의 위치 관계를 유지해야 하므로 삭제된 치아의 와동 내면과 타액과의 격리 기능뿐만 아니라 일정 기준 이상의 물리적·기계적 기능이 추가로 요구된다. 따라서 최근 편리한 성형과 짧은 경화시간 등의 우수한 조작성을 가지면서도 물리적, 화학적으로 구강 내 환경에서 내구성을 가지며 후에 잔존 치아 경조직에 손상을 주지 않으면서 와동에서 제거가 편리한 광중합형 레진 임시 수복재료가 개발되어 소개되고 있다(Anderson 등, 1988; Hansen와 Montgomery, 1993).

광중합형 레진 임시 수복재료는 urethane dimethacrylate (UDMA), hydroxyethyl methacrylate(HEMA), silicon dioxide를 주요 성분으로 하고 광개시제에 의해 일정 파장에서 중합이 개시되는 재료(Anderson 등, 1988)로 일반적으로 사용되는 수복용 레진과 유사하나 치질과의 접착이나 필러의 함유에 따른 물리적 특성 등이 영구 수복용 레진과는

매우 다르다.

광중합형 레진 임시 수복재료에 대하여 압축강도 및 미세누출에 관하여 일부 선행보고(Hwang 등, 2011)가 있지만 물리적·기계적 성질에 대한 국제 표준 및 한국 표준은 없는 실정이다. 국내 치과 병의원에서 광중합형 레진 임시 수복재료의 사용빈도가 매우 높음에도 불구하고 적절한 물리적·기계적 특성을 평가할 수 있는 표준이 존재하지 않아 시술자는 제조업체의 자료에만 의존하여 제품을 평가할 수밖에 없다.

따라서 이번 연구는 광중합형 레진 임시 수복재료의 물성을 평가하기 위하여 국내에서 많이 사용되고 있는 제품 4종(Fermit™, Clip™, Temp-it™, Quicks™)에 대하여 물리적·기계적 특성을 시험하였다.

재료 및 방법

1. 연구재료

본 연구에 사용된 재료는 광중합형 레진 임시 수복재료 4종을 선택하였고(Table 1), 제조자의 지시사항에 따라 작업하였으며 중합을 위해 광조사기(TuTu, Invisible Technology, Korea)를 사용하였다.

2. 연구방법

1) 주위 빛에 대한 민감도

현미경용 슬라이드 글라스 중앙에 약 30 mg의 재료를 구형으로 만들어 위치시키고 치과 진료용 광원과 유사한 스펙트럼을 갖도록 제논 램프 하방에서(8,000 ± 1,000) 렉스의 조도를 부여 받는 위치에서 60초간 광원에 노출시킨 후 즉시 또 다른 현미경용 슬라이드 글라스를 이용하여 상방에서 전단력을 가하여 재료가 균일하게 퍼지는지 육안으로 평가하였다. 이와 같은 실험을 각각의 실험군마다 3번씩 반복하였다.

Table 1. Materials used in this study

Material	Manufacturer	Lot. No.	Components
Fermit™	Ivoclar vivadent, Liechtenstein	N27507	Polyester urethane dimethacrylate, ethyl triglycol methacrylate and silicon dioxide.
Clip™	Voco, Germany	1004147	2-hydroxyethyl methacrylate and acrylate ester.
Temp-it™	Spident, Korea	TY11006	Urethane dimethacrylate and silicon dioxide.
Quicks™	Denkist, Korea	20111117	Urethane dimethacrylate, hydroxyethyl methacrylate and silicon dioxide.

2) 중합 깊이

현미경용 슬라이드 글라스 위에 폴리에스터 필름을 위치시킨 후 길이 10 mm, 직경 4 mm의 원주형 모양의 테프론 몰드에 플라스틱 스파툴라를 이용하여 기포가 생기지 않도록 각각의 광중합형 레진 임시 수복재료를 조금 넘치게 충전한 후 또 다른 폴리에스터 필름과 현미경용 슬라이드 글라스를 이용하여 압박하여 여분의 재료를 제거하였다. 몰드에 재료가 평탄하게 채워진 것을 확인한 후 상방의 현미경용 슬라이드 글라스를 제거하고 광조사면에 수직되도록 20초간 광조사 하였다. 광중합 후 재료를 몰드에서 분리하고 즉시 플라스틱 스파툴라를 이용하여 중합되지 않은 재료를 제거한 후 전자식 버니어캘리퍼스(Mitutoyo corporation, Japan)를 이용하여 0.01 mm 단위로 길이를 측정한 후 2로 나눈 값을 중합 깊이로 하였다.

4종의 광중합형 레진 임시 수복재료에 대하여 7회씩 반복 실시하였으며 각각의 시편의 길이는 2회 측정하여 그 평균값을 사용하였다. 각 실험군의 7개의 결과 값에서 상한 값과 하한 값은 통계처리에서 제외하였다.

3) 굴곡강도

중합 깊이 측정을 위한 시편 제작과 동일한 방법으로 (25 ± 2) mm × (2 ± 0.1) mm × (2 ± 0.1) mm의 스테인리스강 몰드에 광중합형 레진 임시 수복재료 4종의 시편을 제작하였다.

광 조사는 광조사기 입구의 크기보다 시편이 넓으므로 현미경용 슬라이드 글라스 상방에서 조사부가 중첩되도록 이동하면서 실시하였으며 하방에도 동일하게 적용하였다. 광중합된 시편은 몰드와 분리하지 않은 채 (37 ± 1) °C의 항온수조(Changshin Co., Korea)에 15분간 보관한 후 몰드에서 분리하였으며 과잉의 재료는 도구를 이용하여 다듬어 굴곡강도 측정을 위한 시편을 준비하였다. 완성된 시편은 24시간 동안 (37 ± 1) °C의 증류수에 보관하였다.

굴곡강도 측정 직전 각각의 시편은 0.01 mm의 단위로 전자식 버니어캘리퍼스(Mitutoyo Co., Japan)를 이용하여 폭과 두께를 측정하여 기록하였다.

굴곡강도 측정은 만능시험기(Instron 5942, USA)를 이용하여 1.0 mm/min의 크로스헤드 스피드의 하중속도로 시편이 굴곡강도 측정용 지그의 지지대를 이탈하면서 하중 값이 감소될 때까지 하중을 가하였다. 이때 측정된 최대 하중값을 기록하여 아래의 식에 대입하여 굴곡강도 (σ)를 MPa 단위로 계산하였다.

$$\sigma = \frac{3Fl}{2bh^2}$$

여기에서

F : 시편에 가해지는 최대 하중 (N)

l : 두 개의 지지대 사이의 거리 (mm, ± 0.01 mm 정확도)

b : 시험 직전에 측정된 시편의 폭 (mm)

h : 시험 직전에 측정된 시편의 두께 (mm)

각각의 실험군에 대하여 7개의 시편을 제작하여 반복 측정하였으며 각 실험군에서 상한 값과 하한 값은 통계처리에서 제외하였다.

4) 수분 용해도 및 흡수도

굴곡강도 측정을 위한 시편 제작과 동일한 방법으로 내경 (15 ± 0.1) mm, 두께 (1.0 ± 0.1) mm인 몰드를 사용하여 시편을 제작하였다. 완성된 시편은 (37 ± 1) °C로 유지되는 건조기(Jisico, Korea)에 22시간 보관 후 (23 ± 1) °C로 유지되는 건조기(Sanplatec Co., Japan)에 옮겨 2시간 보관 후 정밀정량 측정기(Mettler Toledo AG, Switzerland)를 이용하여 ± 0.1 mg의 정확도로 무게를 측정하여 기록하였다. 이러한 과정을 무게 손실이 24시간 이내에 0.1 mg보다 크지 않을 때까지 반복하였다. 일정한 무게가 얻어지면 이 무게를 m_1 로 기록하였다.

m_1 을 기록한 후 시편의 직경과 두께를 측정하는데 직경은 직각으로 엇갈리는 방향으로 2회 측정하여 평균값을 사용하였고 두께는 균일한 간격으로 4곳에서 측정하여 평균값을 사용하였다. 이렇게 얻어진 직경과 두께를 이용하여 시편의 부피 (V)를 mm³ 단위로 계산하고 기록하였다.

m_1 과 부피가 측정된 시편을 7일 동안 (37 ± 1) °C의 항온수조를 이용하여 증류수에 침적하였다. 이때 시편은 수직이 되도록 세워 놓고 시편 간 3 mm 이상의 간격이 유지되도록 하였다. 7일 후, 표면의 수분을 제거하고 공기 중에서 건조시켜 증류수에서 꺼낸 지 1분 후에 ± 0.1 mg의 정확도로 무게를 측정하여 m_2 로 기록하였다.

후에 시편을 m_1 을 측정된 방법대로 다시 건조시켜 일정한 무게를 얻을 때까지 동일한 과정을 반복하였다. 이렇게 얻어진 일정한 무게를 m_3 로 기록하였다.

수분 흡수도 (W_{sp})와 용해도 (W_{sl})는 아래의 공식에 대입하여 계산하였다.

$$W_{sp} = \frac{m_2 - m_3}{V} \quad W_{sl} = \frac{m_1 - m_3}{V}$$

각각의 실험군에 대하여 7개의 시편을 제작하여 측정하였으며 각 실험군에서 상한 값과 하한 값은 통계처리에서 제외하였다.

5) 방사선 불투과도

수분 흡수도 및 용해도에 사용된 시편과 동일한 방법으로 시편을 제작하여 두께 (1 ± 0.1) mm 디스크 모양의 시편을 제작하였다. 디지털 방사선 촬영 장치(Yoshida Dental MFG, Japan, 70 kV, 15 mA, 0.2 sec)를 이용하여 센서에 시편 3개와 알루미늄 스텝 웨지의 두께 1~4 mm 부분이 포함되도록 위치시킨 후 300~400 mm 직 상방에서 방사선 촬영을 실시하였다.

획득된 이미지를 이미지 데이터 분석용 프로그램(Image J 1.45s, USA)을 사용하여 각 실험군 별로 일정한 사각형 구간을 설정하여 각 두께의 알루미늄 스텝 웨지 및 시편의 평균 grey value를 기록하였다. 시편은 총 3개를 측정하였

으며 그 평균값을 사용하였다.

실험군 별로 알루미늄 스텝 웨지의 각 두께 (X축)에 대한 grey value (Y축)을 이용하여 꺾은선 형 그래프를 그려 평균 기울기를 구하고 이 방정식에 4종의 광중합형 레진 임시 수복재료의 평균 grey value를 이용하여 동등한 grey value 값을 가지는 알루미늄 스텝 웨지의 두께를 계산하였다. 이러한 과정은 방사선 사진 촬영 시 발생할 수 있는 오차를 고려하여 실험군 별로 알루미늄 스텝 웨지의 그래프를 각각 그려 시편의 grey value를 대입하였다(Figure 1).

3. 통계처리

중합 깊이, 굴곡강도, 용해도 및 흡수도의 실험 결과 값은 평균값 ± 표준편차로 나타내었으며, 굴곡강도 실험에서 각 실험군 간의 유의차를 알아보기 위하여 SPSS 18.0 소프트웨어를 이용하여 일원배치 분산 분석 시행 후 Tukey 사후 검정을 시행하였다. 신뢰구간은 95%로 하였다($p < 0.05$).

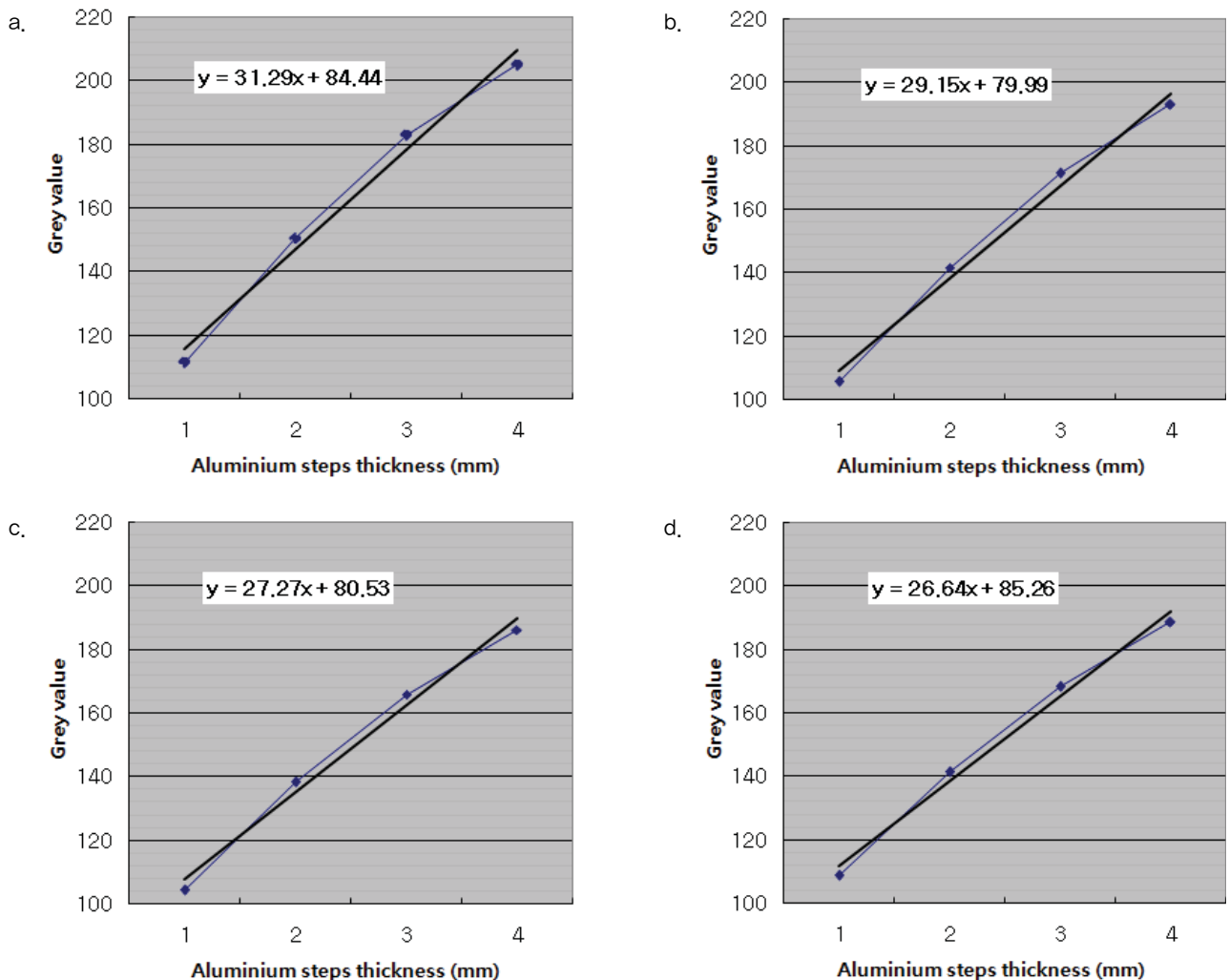


Figure 1. Determination of radio-opacity: (a) Fermit™, (b) Clip™, (c) Temp-it™ and (d) Quicks™.

결 과

4종의 광중합형 레진 임시 수복재료의 중합 깊이, 굴곡 강도, 수분 흡수도 및 용해도, 방사선 불투과도 실험의 결과는 Table 2와 같다.

1. 주위 빛에 대한 민감도

광중합형 레진 임시 수복재료 4종 모두 치과 진료용 광원과 유사한 스펙트럼에서 슬라이드 글라스를 이용하여 진단력을 가했을 경우 재료의 균열과 기포가 관찰되지 않고 균일하게 퍼졌다.

2. 중합 깊이

4종의 광중합형 레진 임시 수복재료 모두 플라스틱 스펙트럼을 이용하여 제거되는 미중합 재료는 관찰되지 않았으며 사용한 몰드의 깊이가 10 mm 이었으므로 2로 나눈 약 5 mm가 중합 깊이로 평가되었다(Figure 2). 측정값이 5 mm 미만인 것은 테프론 몰드의 크기와 임시 수복재료가 가지고 있는 탄성에서 오는 측정 오차에서 기인하였다.

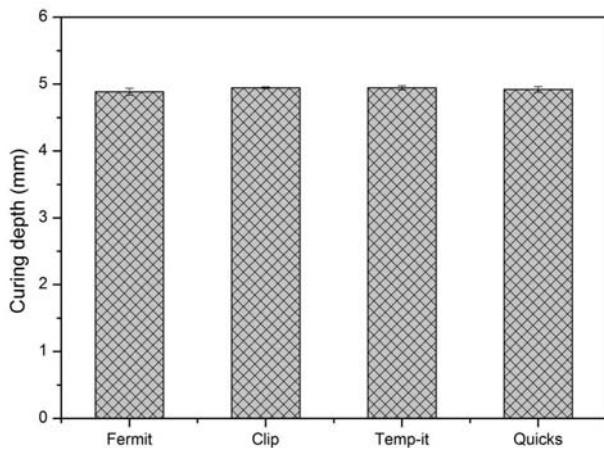


Figure 2. Curing depth.

3. 굴곡강도

만능시험기를 이용한 굴곡강도 시험은 시편이 파절되기 직전의 최대 하중 값을 결과 값으로 사용하는 것이 이상적이거나 본 연구에서는 광중합형 레진 임시 수복재료의 유연한 특성에 따라 파절 양상을 관찰할 수 없었다. 따라서 하중에 의해 시편이 굴곡강도 측정용 지그의 지지대를 이탈할 때까지의 하중 값을 기록하고 그중 최대 값을 결과 값으로 사용하였다.

광중합형 레진 임시 수복재료의 굴곡강도는 Clip™ 실험군이 (5.67 ± 0.39) MPa로 모든 실험군과 유의하게 높은 값 ($p < 0.05$)을 보였고 Temp-it™ 실험군이 (2.65 ± 0.14) MPa로 가장 낮은 값을 나타냈다(Figure 3).

4. 수분 흡수도 및 용해도

광중합형 레진 임시 수복재료의 수분 흡수도 실험에서는 Temp-it™ (38.62 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$), Fermit™, Clip™, Quicks™ 순으로 낮은 값을 보였으며(Figure 4a), 수분 용해도 시험에서는 Clip™ 실험군이 3.75 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ 로 가장 낮은 결과 값을 보였다(Figure 4b).

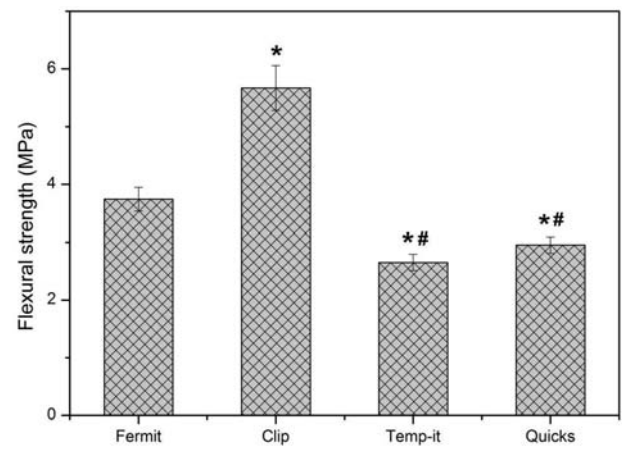


Figure 3. Flexural strength, Symbol * means a significant difference in comparison with the Fermit™ samples ($p < 0.05$). Symbol # means a significant difference in comparison with the Clip™ samples ($p < 0.05$).

Table 2. Test results

Materials	Depth of cure	Flexural strength	Water sorption	Water solubility	Radio-opacity
	Mean ± SD (mm)	Mean ± SD (MPa)	Mean ± SD ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$)	Mean ± SD ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$)	Aluminium equivalent (mm)
Fermit™	4.88 ± 0.05	3.74 ± 0.21	40.60 ± 0.77	14.80 ± 0.63	0.03
Clip™	4.95 ± 0.01	5.67 ± 0.39	46.87 ± 1.03	3.75 ± 0.11	0.07
Temp-it™	4.94 ± 0.03	2.65 ± 0.14	38.62 ± 0.38	13.54 ± 0.58	0.06
Quicks™	4.92 ± 0.04	2.95 ± 0.14	50.68 ± 1.20	14.07 ± 0.61	0.12

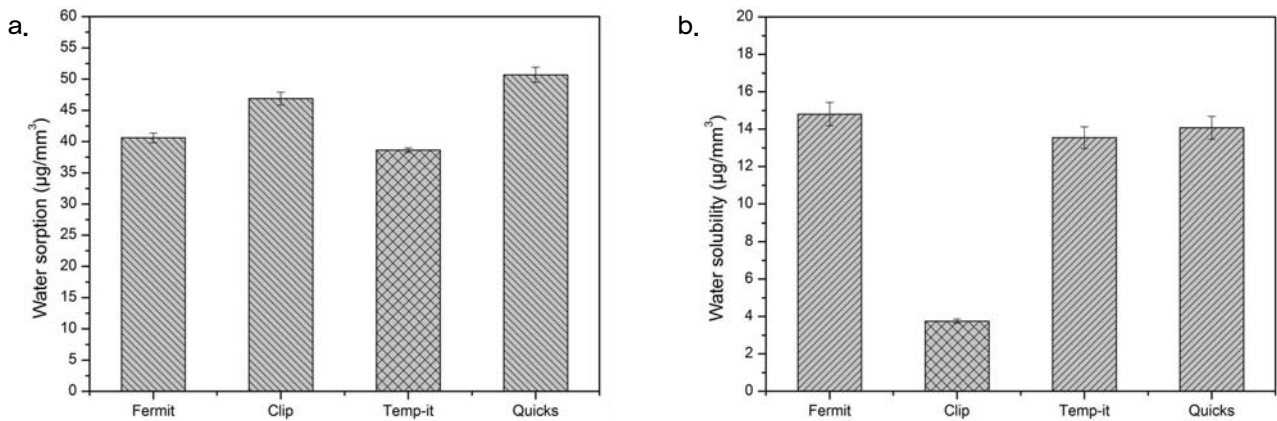


Figure 4. Water sorption (a) and water solubility (b).

5. 방사선 불투과도

광중합형 레진 임시 수복재료의 방사선 불투과도는 모든 실험군이 알루미늄 스텝 웨지 0.12 mm 이하의 두께에 해당하는 방사선 불투과도를 가지는 것으로 나타났다.

고 찰

광중합형 레진 임시 수복재료는 inlay 혹은 onlay 치료 시 영구 수복물의 장착 전까지 살아있는 치수의 보호, 삭제된 치질과 구강의 격리(Webber 등, 1978; Deveaux 등, 1992), 와동의 형태와 인접치, 대합치와의 간격 유지, 저작 및 심미 기능의 회복을 위하여 사용된다. 이러한 다양한 기능을 적절히 수행하기 위하여 임시 수복재료는 삭제된 와동 벽의 봉쇄, 교합력, 온도 및 산도 변화, 수분 등 물리 화학적 자극에 대한 안정성, 충전, 경화 및 제거의 용이성, 낮은 열전도성, 치아 및 치주조직에 대한 생체적합성 등의 요구조건을 갖추어야 한다.

본 연구에서는 위의 요구조건 중 충전 및 경화의 용이성, 물리적·기계적·화학적 안정성의 평가 그리고 광중합형 레진 임시 수복재료를 위한 표준 마련의 중요성을 밝히기 위하여 한국산업표준 KS P ISO 4049호(지식경제부 기술표준원, 2011)의 실험방법을 적용하여 주위 빛에 대한 민감도, 중합 깊이, 굴곡강도, 수분 흡수도 및 용해도, 방사선 불투과도에 대하여 실험하였다.

KS P ISO 4049호는 영구수복재료를 위한 표준이므로 이것의 요구조건 기준을 본 연구에서 사용된 임시 수복재료에 적용하는 것은 적절하지 않으나 현재 광중합형 레진 임시 수복재료를 위한 표준이 마련되어 있지 않으므로 KS P ISO 4049호에 따라 실험을 진행하고 요구조건에 부합하지 평가

하였다.

KS P ISO 4049호의 요구조건을 실험군 모두에서 만족하는 실험 항목은 주위 빛에 대한 민감도와 중합 깊이(1.5 mm 이상) 실험이었다. 주위 빛에 대한 민감도 결과는 광중합형 레진 영구 수복재료에 사용되는 안정제(stabilizers) (Anusavice, 2003)가 광중합형 레진 임시 수복재료에도 적절하게 포함되어 있는 것으로 사료된다. 만약 재료가 주위 광원에 대하여 매우 민감하게 반응하였다면 실험에서 광원에 노출 후 불규칙한 양상이 관찰되었을 것이다. 중합 깊이는 영구 수복재료에 비해 상대적으로 투명하기 때문에 높은 중합 깊이 값을 나타낸 것으로 판단된다. 우수한 중합 깊이 결과는 다소 깊은 와동이나 인접면 부위에서도 최소의 시간으로 중합이 가능하므로 시술시간을 단축할 수 있다. 중합 깊이와 관련하여 본 연구에서는 중합 수축에 대하여 평가하지 않았지만 Cho와 Lee(2008)의 연구에서 특수 고안된 LVDT를 이용한 축방향 중합수축 실험에서 Fermit™, Quicks™, Clip™의 선형중합수축량은 각각 0.22%, 0.64%, 0.67%로 Fermit™이 가장 낮은 값을 나타냈다. 일반적인 복합레진의 중합시 선 수축률은 0.2~2%이므로(Watts와 Cash, 1991; De Gee 등, 1993; Davidson와 Feilzer, 1997; Lee 등, 2006) 광중합형 레진 임시 수복재료도 그 범주에 들었으며 높은 중합 깊이 값을 보이면서도 중합수축은 비교적 낮다고 할 수 있다.

구강 내에서 24시간 이상 기능을 하는 광중합형 레진 임시 수복재료는 교합력과 인접치 및 대합치의 이동에 저항하기 위하여 일정 수준 이상의 물리적·기계적 강도를 가지고 있어야 한다. 광중합형 레진 임시 수복재료의 압축강도에 관하여 Hwang 등(2011)은 만능시험기(크로스헤드 스피드 1.0 mm/min)를 이용하여 37 °C 증류수에 1일간 보관하였을 경우 Quicks™ 실험군에서 23.78 MPa 임을 제시하면서 높은 압축강도의 재료에서 미세누출이 적게 일어남을 보고

하였다. 또한 Lee 등(2003)은 TEGDMA, HEMA, 유리필러 등을 이용하여 자체 제작한 광중합형 임시 수복재료에 대하여 만능시험기(크로스헤드 스피드 1.0 mm/min)를 이용한 압축강도 및 간접인장강도에 대하여 보고하였다. 하지만 광중합형 레진 임시 수복재료는 와동 내에서 제거가 용이하도록 제작된 고탄성체이기 때문에 재료의 기계적 강도를 평가하기에는 한계가 있다. 본 연구에서도 KS P ISO 4049호의 실험 방법을 적용하여 굴곡강도를 평가하였지만 광중합형 레진 임시 수복재료의 교합압에 대한 영향을 평가하기 위한 기계적 평가 방법은 탄성체에 적용 가능한 shore 정도(Qi 등, 2003)를 평가하는 것이 더욱 적절하다고 사료된다. 본 연구에서도 굴곡강도 측정 시 시편의 파절은 관찰 할 수 없었고 굴곡강도 측정을 위한 지그에서 시편이 이탈하면서 하중이 감소되는 포물선 형태의 데이터를 얻었다. 실험 결과 값은 획득한 그래프에서의 최대값을 적용하였다. 실험 결과 모든 실험군이 KS P ISO 4049호의 요구조건(50 MPa 이상)에 매우 부적합하였지만 굴곡강도의 평가는 광중합형 레진 임시 수복재료의 평가에 큰 의미가 없다고 판단된다.

구강내는 타액으로 인하여 항상 수분에 노출되어 있으므로 수분의 흡수도와 용해도는 재료의 안정성과 연관된다. 레진의 수분 흡수에 관하여 많은 연구(Hirasawa 등, 1983; Musanje와 Darvell, 2003; McCabe와 Rusby, 2004)가 진행되었으며 수분의 흡수는 물리적 성질의 변화를 야기하고 대부분의 수분 흡수는 기질에서 일어난다(Gohring 등, 2005; Keyf와 Yal in, 2005). 본 연구에서 수분 흡수도의 결과는 하나의 실험군에서만 KS P ISO 4049호의 요구조건(40 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ 이하)을 만족하였는데 이것은 레진계 임시 수복재료가 영구 수복재료에 비하여 상대적으로 기질의 양이 많으므로 수분 흡수가 증가한 것으로 생각된다. 또한 시편에 기포가 존재할 경우 중합되지 않는 inhibition zone이 형성되어 높은 수분 용해를 유발한다(Oysaed와 Ruyter, 1986). 본 연구에서 Clip™ 실험군만이 KS P ISO 4049호의 수분 용해도 요구조건(7.5 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ 이하)을 만족하였는데 이것은 모든 시편을 최대한 기포가 없도록 제작하였음에도 불구하고 광중합형 레진 임시 수복재료가 광중합형 레진 영구 수복재료에 비하여 매우 끈적한 물성을 가지고 있어 상대적으로 기포가 함입 될 가능성이 높다는 점과 관련이 있을 것이라 생각된다. 본 연구의 수분 흡수도 및 용해도 실험 과정을 통하여 광중합형 레진 임시 수복재료의 시편 제작 후 최초 건조 시 무게와 수분 흡수 시 무게 차이의 평균이 Fermit™ (5.49 mg), Temp-it™ (6.47 mg), Quicks™ (8.92 mg), Clip™ (10.05 mg) 순으로 작은 것을 알 수 있었다. 이것은 생리식염수에 침전시킨 광중합형 레진 임시 수복재료를 LVDT로 측정된 7일간의 두께 변화를 이용한 수화팽창

실험에서 Fermit™ (0.75%), Quicks™ (0.78%), Clip™ (0.90%) 순으로 수화팽창율이 증가한 것(Cho와 Lee, 2008)과 동일한 경향성을 나타낸다. 따라서 수분 흡수에 따라 무게 변화 및 두께 변화가 발생하고 이러한 변화는 양의 상관관계를 나타내는 것을 유추할 수 있다.

영구적으로 사용되는 수복재료는 방사선 불투과성을 부여하여 치질과의 적합도와 재료의 탈락 여부, 이차 우식 등을 확인하지만 임시 수복재료에서는 상대적으로 방사선 불투과성에 대한 중요도가 저하된다. 또한 일부 광중합형 레진 임시 수복재료는 구강 내에서도 쉽게 관찰되는 색상을 부여하여 환자가 스스로 탈락 여부를 확인할 수 있도록 하기도 한다. 본 연구에서 모든 실험군이 KS P ISO 4049호의 방사선 불투과도 요구조건(1 mm 이상)을 만족하지 못하였지만 이는 영구 수복재료가 아니므로 재료의 평가에 중요하게 고려되지 않아도 될 것으로 사료된다.

기존의 KS P ISO 4049호의 요구조건을 광중합형 레진 임시 수복재료에 동일하게 적용하여 평가하는 것은 재료의 성분이나 특성을 고려하였을 때 매우 부적절하므로 광중합형 레진 임시 수복재료를 위한 새로운 평가 기준의 마련이 필요하다. 이번 연구의 결과는 이러한 필요성의 객관적 근거이며 평가 기준 설정에 참고 자료로 활용될 수 있다.

본 연구에서는 광중합형 레진 임시 수복재료가 인체와 직접 접촉되는 생체재료임에도 불구하고 재료의 물리적·기계적 성질만을 평가하였다. 따라서 추후 실험에서는 광중합형 레진 임시 수복재료의 생물학적 평가가 이루어져야 할 것이다. 또한, 굴곡강도와 같이 재료의 특성상 부적절한 실험법을 대체하여 적용할 새로운 평가 방법을 제시해야 할 것이다.

요 약

본 연구에서는 4종의 광중합형 레진 임시 수복재료의 물리적·기계적 특성을 평가하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 주위 빛에 대한 민감도는 4종의 임시 수복재료 모두 치과 진료용 광원 하에 60초간 노출하였을 경우 중합되지 않았다.
2. 4종의 광중합형 레진 임시 수복재료 모두 4.8 mm 이상의 중합 깊이를 보였다.
3. 굴곡강도는 Clip™ 실험군이 5.67 MPa로 다른 실험군에 비하여 유의하게 높은 값을 나타내었다($p < 0.05$).
4. 수분 흡수도는 Temp-it™ 실험군이 38.62 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ 로

가장 낮았고, 수분 용해도는 Clip[™] 실험군이 3.75 μ g/mm³로 가장 낮았다.

5. 방사선 불투과도는 Quicks[™] 실험군이 가장 높은 값을 나타내었다.

본 연구에 사용된 광중합형 레진 임시 수복재료는 임상에서 널리 사용되는 수입 및 국내 제조 제품으로 본 연구는 임상적으로 요구되는 광중합형 레진 임시 수복재료의 물리적·기계적 특성을 객관적인 자료로 제시하기 위하여 수행되었다. 본 연구의 실험방법 및 결과를 토대로 이러한 광중합형 레진 임시 수복재료를 위한 평가 기준 마련이 요구되며 이러한 기준은 임상에서 사용 목적에 가장 적절한 재료의 선택에 중요한 지표가 될 것이다.

또한 본 연구에 사용된 재료들은 인체에 24시간 이상 접촉하는 생체재료로 추후 세포독성 등에 관한 생물학적 평가가 필요하다고 사료된다.

참고문헌

- Lee YK, Lim BS, Kim CW (2002). Setting, Compressive and thermal properties of dental temporary filling materials. *J Korean Res Soc Dent Materials* 29, 31-39.
- Lee YK, Lim BS, Kim CW (2003). Domestic development of dental hygroscopic expansion type temporary filling material. *J Korean Res Soc Dent Materials* 30, 307-324.
- Cho NY, Lee IB (2008). Polymerization shrinkage, hygroscopic expansion and microleakage of resin-based temporary filling materials. *J Korean Acad Conserv Dent* 33, 115-124.
- Hwang SH, Yu JS, Kim SJ (2011). An experimental study on microleakage in light-activated temporary filling materials. *Journal of Dental Hygiene Science* 11, 333-337.
- 지식경제부 기술표준원: 한국산업표준 KS P ISO 4049:2011 호: 치의학-치과용 폴리머계 수복재
- Anderson RW, Powell BJ, Pashley DH (1988). Microleakage of three temporary endodontic restorations. *J Endod* 14, 497-501.
- Anusavice KJ (2003). Phillips' science of dental materials, 11th ed. St. Louis: Saunders; pp. 5-6, 408.
- Beach CW, Calhoun JC, Bramwell JD, Hutter JW, Miller GA (1996). Clinical evaluation of bacterial leakage of endodontic temporary filling materials. *J Endod* 22, 459-462.
- Davidson C, Feilzer A (1997). Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. *Journal of Dentistry* 25, 435-440.
- De Gee A, Feilzer A, Davidson C (1993). True linear polymerization shrinkage of unfilled resins and composites determined with a linometer. *Dental Materials* 9, 11-14.
- Deveaux E, Hildelbert P, Neut C, Boniface B, Romond C (1992). Bacterial microleakage of Cavit, IRM, and TERM. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 74, 634-643.
- Deveaux E, Hildelbert P, Neut C, Romond C (1999). Bacterial microleakage of Cavit, IRM, TERM, and Fermit: a 21-day in vitro study. *J Endod* 25, 653-659.
- Duymus ZY, Guldag MU (2003). The comparison of wear characteristics of prosthodontic restorative materials. *International Dental Journal* 53, 33-36.
- Gladys S, VanMeerbeek B, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G (1997). Comparative physico-mechanical characterization of new hybrid restorative materials with conventional glass-ionomer and resin composite restorative materials. *Journal of Dental Research* 76, 883-894.
- Gohring TN, Gallo L, Luthy H (2005). Effect of water storage, thermocycling, the incorporation and site of placement of glass-fibers on the flexural strength of veneering composite. *Dent Mater* 21, 761-772.
- Hansen SR, Montgomery S (1993). Effect of restoration thickness on the sealing ability of TERM. *J Endod* 19, 448-452.
- Hirasawa T, Hirano S, Hirabayashi S, Harashima I, Aizawa M (1983). Initial dimensional change of composites in dry and wet conditions. *J Dent Res* 62, 28-31.
- Keyf F, Yal in F (2005). The weight change of various light-cured restorative materials stored in water. *The journal of contemporary dental practice* 6, 72.
- Lee IB, Cho BH, Son HH, Um CM, Lim BS (2006). The effect of consistency, specimen geometry and adhesion on the axial polymerization shrinkage measurement of light cured composites. *Dental Materials*

- 22, 1071-1079.
- McCabe JF, Rusby S (2004). Water absorption, dimensional change and radial pressure in resin matrix dental restorative materials. *Biomaterials* 25, 4001-4007.
- Musanje L, Darvell BW (2003). Aspects of water sorption from the air, water and artificial saliva in resin composite restorative materials. *Dental Materials* 19, 414-422.
- Oysaed H, Ruyter I (1986). Water sorption and filler characteristics of composites for use in posterior teeth. *Journal of dental research* 65, 1315-1318.
- Powers JM, Sakaguchi RL (2006). Craig's restorative dental materials, 12th ed, St. Louis: Elsevier; pp. 2, 22, 1071-1079.
- Qi HJ, Joyce K, Boyce MC (2003). Durometer hardness and the stress-strain behavior of elastomeric materials. *Rubber Chemistry and Technology* 76, 419-435.
- Watts D, Cash A (1991). Determination of polymerization shrinkage kinetics in visible-light-cured materials: methods development. *Dental Materials* 7, 281-287.
- Webber RT, del Rio CE, Brady JM, Segall RO (1978). Sealing quality of a temporary filling material. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 46, 123-130.
- Widerman FH, Eames WB, Serene TP (1971). The physical and biologic properties of Cavit. *J Am Dent Assoc* 82, 378-382.