

심미성 향상을 위한 간접수복용 Gum-Shade 복합레진의 굽힘 특성 평가

임용운 · 황성식^{1†}

단국대학교 치과대학 생체재료학연구소, ¹경동대학교 치기공학과

Evaluation of Flexural Properties of Indirect Gum-Shade Composite Resin for Esthetic Improvement

Yong-Woon Im and Seong-Sig Hwang^{1†}

Department of Biomaterials Science, Dankook University College of Dentistry, Cheonan 31116,

¹Department of Dental Technology, Kyungdong University, Goseong 24764, Korea

This study investigated flexural properties of indirect Gum-shade composite resins for esthetic improvement. The material utilized in this study was Crea.lign, Twiny flow and Twiny paste (TP). Ten specimens were fabricated with a dimension of 25 × 2 × 2 mm according to the ISO 4049. After fabrications, specimens were stored in the distilled water for 24 hours at the temperature of 37°C. Three-point bending test was performed in universal testing machine (Instron 3344; Instron, USA) at a crosshead speed of 1 mm/min until the failure occurred. TP exhibited a higher flexural strength (FS) and flexural modulus (FM) compared to the flowable materials. There were significant differences among the three materials in FS and FM. However, there was no significant difference in work of fracture (WOF) in all tested materials ($p > 0.05$). In Weibull analysis, TP showed the greatest Weibull modulus which means a higher reliability of the materials. Also, Gum-shade composite resins revealed a strong correlation in all flexural properties. There was a positive correlation in FS-FM ($r^2 = 0.99$) and a negative correlation between FS-WOF and FM-WOF ($r^2 > 0.97$). Therefore, this confirmed that flexural property was important for mechanical behavior evaluation and useful information. To addition, this improved among mechanical properties correlation of materials as important factor.

Key Words: Flexural properties, Flexural strength, Gum-shade composite resin, Weibull analysis

서론

치아의 결손에 따라 그 치아의 기능을 회복하기 위하여 치과보철물을 고정성 또는 가철성으로 수복하게 된다. 고정성은 술자가 보철을 시멘트하여 환자의 기능을 회복하는 데 접근이 용이하다. 그러나 가철성 보철은 구조물의 크기 때문에 환자의 심미적 기능을 회복하는 데 쉽지는 않다. 특히 상악 또는 하악의 자연 치아가 모두 상실되었을 때, 상실된 치아와 그 주위조직을 대처하는 가철성 보철물의 일종인 의

치는 기능적인 회복뿐만 아니라 심미적인 요구가 증가되고 있다. 이에 Ichiwata 등¹⁾과 Balchin²⁾에 의해서 치은의 색조 개선 등을 표현하려는 다양한 시도들이 이루어져 왔다. 또한 Yim과 Kim³⁾은 기존의 무치악 환자에서 치은 색조 개선을 통해 심미성을 향상시킨 총의치 수복 사례를 보고한 바 있다. 의치 형성의 매물과정 중에 치은의 심미적인 색조 표현을 위해 전입 시작단계에서 Aesthetic Color Set Easy System (Candulor dental GmbH, Wangen, Germany)을 활용하여 심미성을 향상시키기 위한 노력을 하여 왔으나, 복

Received: June 17, 2015, Revised: July 1, 2015, Accepted: July 1, 2015

ISSN 1598-4478 (Print) / ISSN 2233-7679 (Online)

†Correspondence to: Seong-Sig Hwang

Department of Dental Technology, Kyungdong University, 46 Bongpo 4-gil, Goseong 24764, Korea
Tel: +82-33-631-0359, Fax: +82-0504-019-3259, E-mail: sshwang@kduniv.ac.kr

Copyright © 2015 by the Korean Society of Dental Hygiene Science

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Table 1. Materials Used in This Study

Product	Code	Shade	Manufacturer	Country	Type	Lot. number
Crea.lign Gum Rosa	CL	Pink	Bredent	Germany	Flow	133506A
Twiny Gum Flow	TF	G1	Yamakin	Japan	Flow	01101210
Twiny Gum	TP	G1	Yamakin	Japan	Paste	01101210

잡한 제작과정, 숙련된 기술력, 고비용으로 인해 상용화에 한계점을 가지고 있다.

최근에는 의치상 레진의 색조와 유사한 Gum-shade (GS) 복합레진이 상용되고 있다. GS 복합레진은 repair 레진과 같이 poly methyl methacrylate (PMMA) 의치상 레진의 치은 부위에 gingiva coloring을 이용하여 심미성을 부여한 것과 같이 PMMA 의치상 레진에서도 환자 개개인의 치은 색조와 거의 비슷한 심미성을 부여할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 또한 완성된 의치의 전치부에 심미성을 재현하기 때문에 제작과정의 편리성을 이유로 상용화되고 있다.

의치상의 심미성 향상을 위해서는 GS 복합 레진의 기계적 굽힘 특성 평가가 선행되어야 한다. 일반적인 치과용 복합 레진의 강도측정은 국제표준규격(ISO 4049)에 의한 3점 굽힘 시험법과 4점 굽힘 시험법을 이용하였으나, 최근 3점 굽힘 시험법에 의한 강도 측정이 널리 사용되고 있다⁴⁾. 이러한 굽힘 특성 평가는 재료의 수명 예측 및 신뢰도 평가를 위해서도 매우 중요하다⁵⁾. 따라서 기존 PMMA 의치상 레진에 심미적이며 자연스러운 형태를 표현하기 위하여 사용되는 GS 복합 레진의 기계적 특성을 평가하는 것은 매우 중요하다. 특히 기계적 특성간의 상호 상관성은 재료의 기계적 거동평가에 매우 중요한 요인이다. 또한 와이블 분석(Weibull analysis)은 재료의 신뢰성 평가를 위해서 치과용 재료에 빈번히 사용되고 있다.

그러므로 본 연구에서는 심미성 향상을 위해 PMMA 아크릴 의치상 레진에 사용하는 3종의 GS 복합 레진의 굽힘 강도(flexural strength, FS), 굽힘 탄성계수(flexural modulus, FM), 파괴 에너지(work of fracture, WOF) 등의 굽힘 특성을 측정하고 비교하여 굽힘 특성간의 상호 상관성과 와이블 분석을 통한 신뢰성을 평가하여 GS 복합 레진의 임상 적용 시 유용한 정보를 제공하고자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구 재료 및 시편 제작

본 연구를 위해 사용된 3종의 GS 복합레진은 Table 1에 나타내었다. FS 측정을 위해 GS 복합레진(n=10)을 복합레진의 FS 측정을 위한 국제표준규격(ISO 4049)에 따라 길이

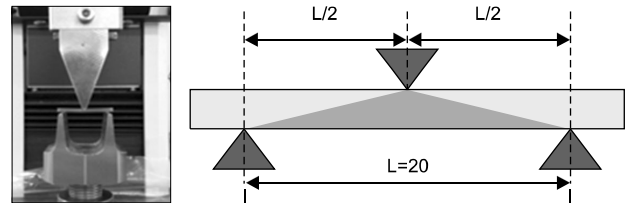


Fig. 1. Photograph and Schematic diagram of specimens in this study. σ : flexural strength (MPa), P: flexural load (N), L: length of support span (mm), b: width of specimen (mm), d: height of specimen (mm), E: elastic modulus (GPa), m: slope of the modulus line (N/mm), WOF: work of fracture, U: total energy (kJ/mm²).

25 mm, 폭 2 mm, 두께 2 mm의 막대시편을 제작하였다. 시편 제작을 위해서 celluloid strip 위에 금속 규격 몰드를 올려 놓고 3종의 GS 복합레진을 전입하였다. 이때 시편의 연마된 면을 얻기 위하여 celluloid strip을 덮은 후 표면 기포층이 형성되지 않도록 하였으며 시편의 중합은 light emitting diode 광중합기(Litex 695; Dentamerica, City of Industry, CA, USA)를 이용하여 양면을 1,400 mW/cm²의 빛의 세기로 광중합하였다. 일률적인 광중합을 위해 광유도기(light guide)를 사용하였으며 한 면을 7부분으로 충분히 중첩되도록 각각 10초간씩 양면을 광중합하였다. 중합된 시편의 fresh 부분은 SiC 800 grit (Daesung, Seoul, Korea)로 최종 연마한 후 37°C의 증류수에서 24시간 보관하였다.

2. 연구방법

1) FS 측정 및 결과값 산출

FS는 만능 재료 시험기(Instron 3344; Instron, Canton, MA, USA)를 이용하여 ± 2 KN의 load cell을 적용하였으며, 하중속도는 1.0 mm/min으로 측정하였다(Fig. 1). 강도 측정 후 굽힘 data를 이용하여 ISO 4049에 따라서 다음 공식으로 FS (1)과 FM (2)를 측정하였으며⁴⁾, WOF (3)은 응력-변형률 곡선에서 아래 면적으로 산출하였다⁶⁾.

$$(1) \sigma = 3PL/2bd^2$$

$$(2) E = L^3m/4bd^3$$

$$(3) WOF_f = U/(bd)$$

여기서 σ 는 FS (MPa), E는 elastic modulus (GPa), P는

Table 2. Results of Flexural Strength (FS), Flexural Modulus (FM) and Work of Fracture (WOF), Weibull Modulus (m), Specific Strength (σ_0) of Gum-shade Composite Resins

Materials	r^2	m	FS (MPa)	σ_0	FM (GPa)	WOF (kJ/mm ²)
CL	0.735	6.09	103.62 (21.38) ^b	103.97	5.90 (1.68) ^b	3.06 (1.17) ^a
TF	0.903	9.03	78.45 (10.19) ^a	82.76	3.03 (0.16) ^a	3.38 (1.47) ^a
TP	0.825	14.22	135.70 (10.90) ^c	140.65	10.91 (0.40) ^c	2.63 (0.58) ^a

^{a-c}Different minuscule letters indicate significant difference between material with each property.

Table 3. Results of One-Way ANOVA Statistic among the Flexural Properties

	Sum of squares	df	Mean square	F	p
Flexural strength				31.486	<0.001
Between groups	15,551.76	2	7,775.878		
Within groups	6,915.033	28	246.965		
Total	22,466.79	30			
Flexural modulus				105.994	<0.001
Between groups	244.9329	2	122.466		
Within groups	32.35145	28	1.155		
Total	277.2844	30			
Work of fracture				0.997	0.382
Between groups	2.64814	2	1.324		
Within groups	37.1765	28	1.328		
Total	39.82464	30			

df: degree of freedom.

flexural load (N), L은 length of support span (mm), b는 width of specimen (mm), d는 height of specimen (mm), m 은 slope of the modulus line (N/mm), U는 total energy (kJ/mm²)이다.

2) 통계분석

GS 복합레진의 굽힘 data를 이용하여 재료에 따른 굽힘 특성 간의 통계처리는 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였고, 유의 차가 있는 경우 Duncan 사후 검정을 시행하였다(IBM SPSS Statistics ver. 21.0; IBM Co., Armonk, NY, USA). 또한 평균값을 이용하여 Excel (Microsoft, Redmond, CA, USA) 상에서 선형회귀분석을 통하여 Pearson correlation test를 실시하였다.

결 과

심미성 향상을 위해 사용하는 GS 복합레진의 3점 FS의 평균과 표준편차는 Table 2와 같다. 3종의 GS 복합레진의 FS와 FM은 Twiny paste (TP)에서 가장 높은 것으로 조사되었으나, Twiny flow (TF)의 FS는 ISO 권장 강도인 80

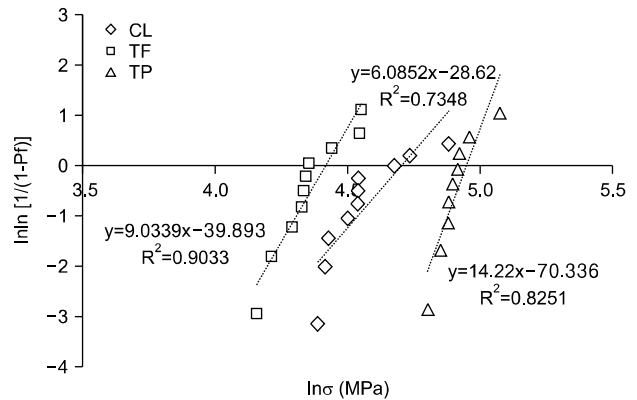


Fig. 2. Weibull analysis of Gum-shade composite resins. CL: Crea.lign, TF: Twiny flow, TP: Twiny paste.

MPa에 미치지 못했다. 파절될 때 흡수한 에너지를 나타내는 WOF는 TF에서 가장 높았으며, TP에서 가장 낮았다. 특히, GS 복합레진의 재료간의 굽힘 특성에서 FS와 FM은 통계적으로 유의하였으며($p < 0.05$), WOF는 재료간 유의한 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$; Table 3).

GS 복합 레진의 FS를 이용하여 신뢰도를 분석하기 위해 실시한 와이블 분석 결과는 TP에서 가장 높은 신뢰도를 보이는 것으로 조사되었으며($m = 14.22$), Crea.lign (CL)에서 가장 낮았다 ($m = 6.09$; Fig. 2).

또한, 3종의 GS 복합 레진의 굽힘 특성의 상호 상관성을 알아보기 위해서 실시한 결과, FS와 FM, FS와 WOF, 그리고 FM과 WOF는 모두 매우 높은 상호 상관성을 보이는 것으로 조사되었다($r^2 > 0.97$; Fig. 3).

고 찰

수복물의 임상적 성공을 위해 기계적 강도는 중요한 요인이다. 특히 구강 내 작용하는 복잡한 응력으로 인한 치과용 수복재료의 기계적 특성 평가는 다양한 시험 방법에 의해 적용되어야 한다^{7,8}. 치과용 수복재료의 경우 국제표준규격 (ISO 4049)에 의한 3점 굽힘 시험으로 FS 및 FM과 같은 굽힘 특성을 적용하여 빈번하게 평가되어 왔으며^{4,5,9}, 간접수

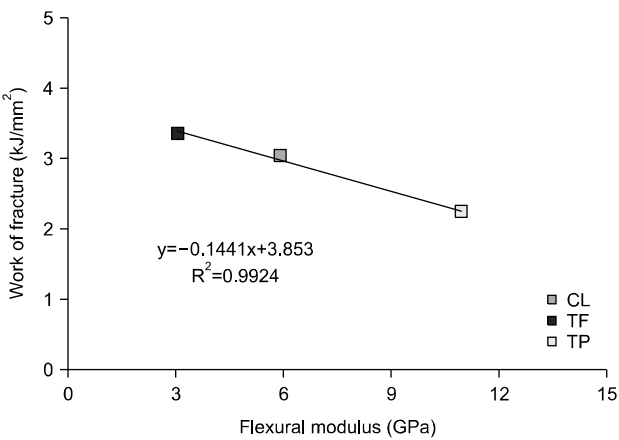
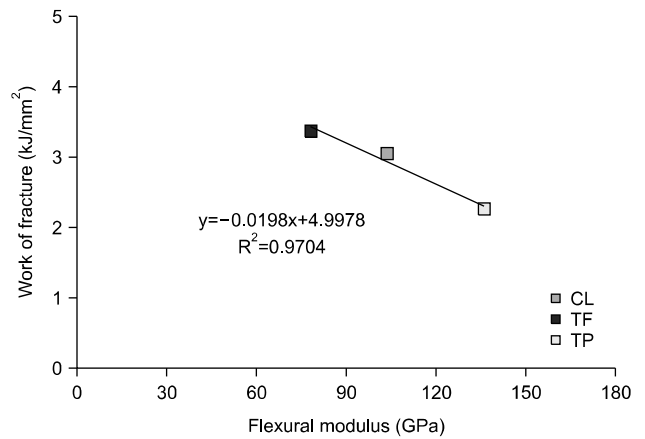
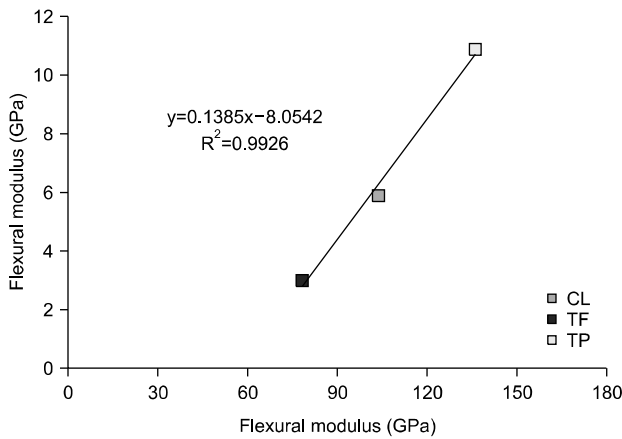


Fig. 3. Correlation between flexural strength, flexural modulus and work of fracture. CL: Crea.lign, TF: Twiny flow, TP: Twiny paste.

복용 복합 레진의 평가에도 널리 적용되어 왔다¹⁰⁾. 이는 복합 레진이 일반적으로 압축 응력보다 인장 응력에서 훨씬 취약하기 때문에 인장 강도의 측정은 레진 재료의 기계적 특성을 평가하는 데 의미가 있다. 따라서 본 연구에서 최근 GS 복합 레진의 굽힘 특성 평가를 위해 3점 굽힘 시험법에 의한 굽힘 특성을 평가하였다.

심미성 향상을 위해 의치상에 사용하는 GS 복합 레진의 3점 FS를 측정된 결과, TP에서 가장 높은 FS와 FM을 보였지만, TF의 FS는 ISO 권장 강도인 80 MPa에 미치지 못했다⁴⁾. 이는 직접수복용 레진의 권장 강도로서 GS 복합레진은 PMMA 의치상 레진의 치은 형성 부위는 직접적인 응력의 작용으로 인한 접촉 부위가 아니기 때문에 다소 ISO 규격에는 미치지 못했지만 사용에는 충분할 것으로 사료된다. 다만 GS 복합 레진의 기본적인 강도는 파절에 대한 저항성 증가를 위해 중요한 부분이다.

굽힘 특성의 상호 상관성 연구는 복합레진의 기계적 특성 평가에서 주로 연구되었으며^{5,8)}, 간접 수복용 복합 레진에서의 굽힘 특성간의 상관성 연구는 드물다¹¹⁾. 다양한 기계적

특성이 평가될 때 재료에 대한 신뢰성은 높아진다. 또한 이러한 상관성을 통해서 재료의 기계적 특성에 적합한 실험 설계 및 평가가 이루어진다는 점에서 주목할 만한 점이다. GS 복합레진은 PMMA 의치상 레진에 첨가하여 사용되기 때문에 굽힘 특성의 상관성은 기계적 거동 평가에 유용한 정보를 얻을 수 있는 하나의 지표로써 의미가 크다. 본 연구에서 굽힘 특성 간의 상호 상관성 연구는 Excel상의 선형회귀 분석을 통하여 실시하였으며, 3종의 GS 복합 레진의 굽힘 특성 간의 상호 상관성은 모두 매우 높았다($r^2 > 0.97$). 이는 다른 치과용 복합 레진의 연구와 매우 일치하는 결과로써 응력-변형률 곡선에서의 기울기인 탄성계수가 증가할수록 FS도 증가하는 것을 알 수 있다⁵⁾. 또한 FS와 WOF, FM과 WOF는 높은 음의 상관성을 보였다.

재료가 파절될 때 흡수한 에너지를 나타내는 WOF는 응력-변형률 곡선 그래프의 아래 면적을 의미한다⁶⁾. 본 연구에서 TF에서 가장 높은 WOF를 보였으며, TP에서 가장 낮았다. 굽힘 저항성이 paste에서 높은 것은 응력-변형률 곡선에서 수직선에 가깝고, flow에서는 곡선에 가까운 양상을

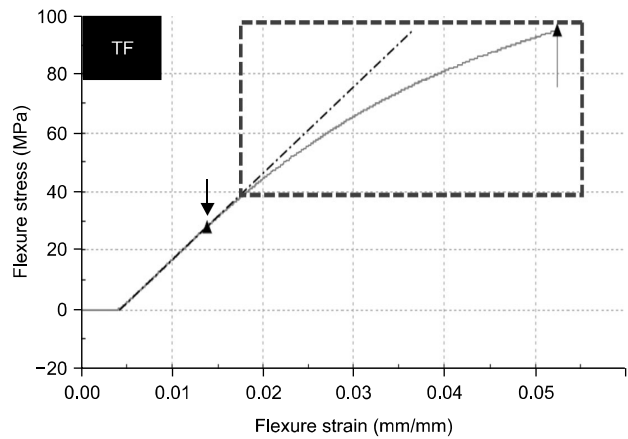
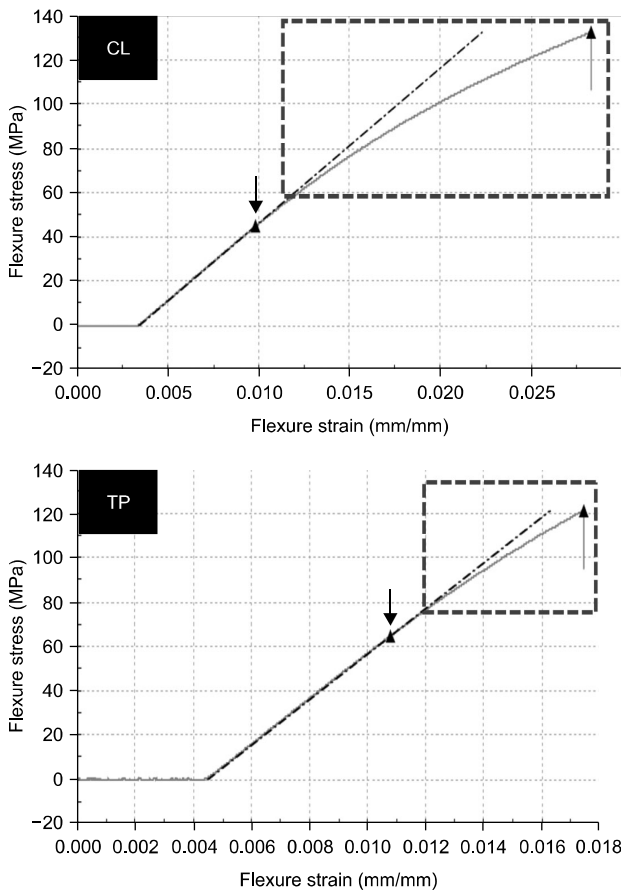


Fig. 4. Stress-strain curve of Gum-shade composite resins in 3-pointing test: arrow mark (proportional limit), square box (flexural strain). CL: Crea.lign, TF: Twiny flow, TP: Twiny paste.

보이는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 4).

세라믹 같은 취성 재료의 표면 결함으로 인한 신뢰성 평가를 위해서 사용하는 와이블 분석은 치과용 복합 레진에서도 분석이 이루어지고 있다⁹⁾. 일반적으로 와이블 계수가 높을수록 재료의 신뢰성은 높고, 와이블 계수가 낮을수록 신뢰도는 낮다. 본 연구에서 GS 복합 레진의 와이블 분석 결과, TP에서 가장 높은 와이블 계수를 보였으며($m=14.22$), 이는 재료의 높은 신뢰도를 보이는 것으로 알 수 있다. 또한 TF에서는 낮은 와이블 계수를 보였으며, CL에서 가장 낮은 와이블 계수를 보였다($m=6.09$). 이는 flowable 복합 레진의 낮은 필러 함량과 점조도, 레진 충전 시 표면 결함으로 인한 것으로 생각되며, 이는 낮은 FS와 FM과도 일치하는 결과이다.

본 연구를 종합해 보면 심미 향상을 위해 사용되는 GS 복합레진의 FS는 조작의 편리성을 위해서 사용하는 flowable 복합 레진에서 다소 낮은 FS를 보였으나, 직접적인 응력의 작용이 미치지 않는 곳에 사용되지 않는 특성상 강도에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다. 아울러 굽힘 특성의 상관성과 신뢰도 평가를 통해서 굽힘 특성간의 매우 높은 상관성이 성립하였으며, 와이블 분석을 통한 신뢰성은 paste

의 복합 레진이 높았다. 이는 다소 조작의 어려움이 있으나 강도 및 신뢰도를 생각할 때 임상 적용에 있어서 paste 타입의 복합 레진의 사용을 권장한다.

PMMA 의치상 레진에 심미성을 향상시키기 위해 사용하는 추가적인 과정으로 직접적인 응력에 의한 파절이 야기되지 않는다는 점과 구강 환경 조건 하에서 실험이 필요할 것으로 사료되어 임상적 한계를 지닌다. 하지만, 본 연구에서 사용한 GS 복합레진의 기계적 특성에 대한 연구가 미미하고, 기계적 특성간의 상호 상관성을 통해서 재료에 미치는 다양한 응력으로 인한 물리적, 기계적 특성 간의 기계적 거동을 평가하여 제시함으로써 재료 선택에서 있어서 유용한 정보를 제공하기 때문에 실험적 의의가 크다고 할 수 있다.

끝으로 아직 GS 복합 레진의 기계적 특성에 대한 평가가 미미하고, 심미성 요구에 따른 수요를 예측해 볼 때 추후 표면 굽힘에 대한 저항 정도를 나타내는 미세표면 경도와 구강 환경을 가정한 열순환 과정에서의 FS의 변화에 대한 신뢰성 연구가 필요할 것으로 생각된다.

요약

본 연구에서는 심미성 향상을 위한 3종의 GS 복합 레진의 굽힘 특성 평가를 위해 ISO 4049 규격에 따라 실험을 설계하여 3점 FS 실험을 통하여 FS와 FM, WOF를 측정하고 분석하여 각각의 기계적 특성간의 상호 상관성 및 신뢰도를 평가하고, GS 복합레진의 기계적 거동 평가 및 재료 선택에 유용한 정보를 얻고자 하였다. 그 결과, 3종의 GS 복합레진의 FS와 FM은 TP에서 가장 높았으며, TF의 FS는 ISO 권장 강도인 80 MPa에 미치지 못했다. 파절될 때 흡수한 에너지를 나타내는 WOF는 T에서 가장 높았으며, TP에서 가장 낮았다. GS 복합 레진의 FS, FM은 재료별 유의한 차이를 보였으나($p < 0.05$), WOF는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). GS 복합 레진의 와이블 계수는 TP에서 가장 높았으며($m = 14.22$) 신뢰도가 높았고, CL에서 가장 낮은 값($m = 6.09$)으로 낮은 신뢰도를 보였다. 복합 레진은 각각의 굽힘 특성 간 매우 높은 상관성을 보였으며($r^2 > 0.97$), FS와 WOF, FM과 WOF는 높은 음의 상관성을 보였다. 따라서 굽힘 특성간의 기계적 거동 평가에 중요한 요인으로 상호 상관성이 입증되었으며, 향후 재료 선택에 있어서 임상 적용 시 중요한 지표로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

References

1. Ichiwata T, Ueda K, Takeda T, et al.: Research into the colors of denture base resin-influence of differences in shade and thickness. *J Nihon Univ Sch Dent* 26: 30-38, 1984.
2. Balchin EJ: The use of acrylic stains to retain shade harmony in dentures. *Dent Tech* 36: 30-41, 1983.
3. Yim SH, Kim JH: Esthetically improved complete denture by gingival shade alteration: a case report. *J Korean Acad Prosthodont* 52: 239-245, 2014.
4. ISO 4049: Dentistry-polymer-based filling, restorative and luting materials. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, pp.15-17, 2000.
5. Jun SK, Kim DA, Goo HJ, Lee HH: Investigation of the correlation between the different mechanical properties of resin composites. *Dent Mater J* 32: 48-57, 2013.
6. Lee HH, Lee CJ, Asaoka K: Correlation in the mechanical properties of acrylic denture base resins. *Dent Mater J* 31: 157-164, 2012.
7. Bayne S, Thompson JF, Roberson JF, et al.: Sturdevant's art and science of operative dentistry. 5th ed. Mosby, St. Louis, pp.144-145, 2006.
8. Wang L, D'Alpino PH, Lopes LG: Mechanical properties of dental restorative materials: relative contribution of laboratory tests. *J Appl Oral Sci* 11: 162-167, 2003.
9. Rodrigues SA Jr, Ferracane JL, Della Bona A: Flexural strength and Weibull analysis of a microhybrid and a nanofill composite evaluated by 3- and 4-point bending tests. *Dent Mater* 24: 426-431, 2008.
10. Kim KS, Yoon TH, Song KY, Ahn SG: Comparison of mechanical properties in 4 indirect composite resin. *J Korean Acad Prosthodont* 45: 21-33, 2007.
11. Tyas MJ: Correlation between fracture properties and clinical performance of composite resins in Class IV cavities. *Aust Dent J* 35: 46-49, 1990.