



은사 필러가 함유된 의치상 레진의 굴곡강도와 경도 비교

금영희, 김부섭*

부산가톨릭대학교 보건과학대학 치기공학과

Comparison of flexural strength and hardness on denture base resin with silver-fiber filler

*Young-Hee Geum, Busob Kim**

Department of Dental Laboratory Science, College of Health Science, Catholic University of Pusan

In this study, we are to compare the effect of added silver-fiber filler on the mechanical properties of antimicrobial denture base resin. The silver-fiber filler were added to two heat-cured resin and one self-cured resin as 5 wt.% and 10 wt.%, respectively. The flexural strength was measured using a universal testing machine and the hardness value was measured using a micro Vickers hardness tester. The surface morphology was observed at a magnification of 5,000 by field emission scanning electron microscope and microscope($\times 100$). All data are in SPSS ver. 24.0 program was used to one-way ANOVA, followed by Scheffé test. Flexural strength increased with increasing silver-fiber, and heat-cured resin was significantly higher than self-cured resin. Hardness increased with increasing silver-fiber, and there was no significant difference between heat-cured resin and self-cured resin. Observation of surface morphology on the denture base resin showed no specific difference. For clinical application, we recommend adding 10 wt.% of a silver-fiber filler

Key words : Denture base resin, Flexural strength, Hardness, Silver-fiber filler

서론

치의학 분야에서 사용되는 레진에 있어서 기계적 성질이나 심미적 특성 외에 항균성을 포함하는 생물학적 특성이 중요한 관심사로 떠오르고 있다(Imazato 등, 2003). 최근에는 의치 이장재나 레진의 조성을 변화시킴으로써 항균성을 얻고자 하는 시도가 있었다. 레진 기질에 클로로헥시딘 같은 수용성 항균성 물질을 첨가하는 방법, methacryloyloxy-dodecyl

pyridinium bromide 같은 항균성 단량체를 이용하여 레진 기질에 이를 고정하는 등의 레진 조성을 바꾸는 방법(Imazato 등, 2003) 등이 있고, 은 성분을 운반하고 방출량을 조절하는 매개체로서 zeolite, silica-gel, calcium phosphate, zirconium phosphate 등이 사용될 수 있다(Mitra 등, 2003). 은이 항균성을 갖는 기전은 미생물에 섭취된 은이온이 세포막을 파괴, 은이 미생물의 RNA 복제를 방해, 산화과정을 통해 미생물의 세포호흡을 차단하여 질식사킴의 세 가지가 제거되고 있다(Abe 등, 2004).

의치의 단점 중 하나는 기계적 강도가 부족하다는 점을 들 수 있다. 이를 해결하기 위해 탄소 섬유, 유리 섬유, 금속 등과 같은 물질로 폴리메틸메타크릴레이트를 보강하는 방법이 제안되었다(Jagger 등, 2003; Franklin 등, 2005). 또 다른 단점은

* Correspondence: 김부섭 (ORCID ID: 0000-0002-0142-8602)
 Department of Dental Laboratory Science, College of Health Science, Catholic University of Pusan, 57, Oryundae-ro, Geumjeong-gu,
 Tel: +82-51-510-0593, Fax: +82-51-510-0598
 E-mail: bskim@cup.ac.kr

Received: Dec. 04, 2017; Revised: Dec. 26, 2017; Accepted: Dec. 27, 2017

의치 표면에 미생물 부착으로 인한 점막 자극으로써, 의치 착용자의 약 70 %가 의치 구내염을 앓고 있으며, 칸디다 알비칸스는 의치 구내염의 필수 전제 조건으로 간주되고 있다 (Moura 등, 2006).

치과영역에서 은의 항균성을 적용할 수 있는 재료는 크게 의치상용 레진, 의치 이장재, 각종 보철용 및 수복용 레진, 와동 충전재, 시멘트, 근관 충전재 등이다(Nam, 2011). 항균성에 대한 이전의 연구들은 주로 tissue conditioner에 항균 물질을 넣어 시험하였고(Nikawa 등, 1997; Ueshige 등, 1999), Imazato 등 (2006)의 연구처럼 상아질 접착제에 항균 물질을 넣은 시험과 근관용 sealer에 항균 물질을 첨가한 논문 (Patel 등, 2000; Thom 등, 2003)이 있다. 하지만, 의치상용 레진에 직접 항균 물질을 첨가하여 그 효과를 평가한 연구는 미비하다. 또한 이런 항균성 물질을 첨가한 재료의 문제점은 재료 자체의 강도가 감소할 수도 있다. 따라서 항균성을 가지며 기계적 강도에 영향을 미치지 않는 필러가 활용성이 있을 것으로 판단된다. 하지만 선행연구를 분석한 결과 이에 관련된 연구가 부족한 것으로 조사되었다.

본 연구에서는 의치상 레진에 항균성과 양호한 기계적 강도를 가지는 필러를 연구하고자 하며 항균성을 가지는 은사 필러 첨가 시 기계적 특성에 미치는 영향을 알아보하고자 하였다. 그래서 기존에 사용되는 열중합형 레진과 자가중합형 레진에 은사의 함량을 5 wt.%, 10 wt.%로 다르게 첨가하여 임상 적용에 있어서 중요한 부분으로 굴곡강도와 경도, 그리고 표면상태 등을 대조군과 비교 분석하였다.

재료 및 방법

1. 연구 재료

Table 1. Materials used in this study

Material	Product name	Manufacturer
Denture base resin	Heat-cured	Vertex RS
	Self-cured	Ostron 100
Filler	Silver-fiber	Dongyang EMD, Korea

열중합형 레진(Vertex RS, Vertex-Dental BV, Netherlands) 과 자가중합형 레진(Ostron 100, GC Co., Japan)의 의치상 레진 2종을 사용하였다. 필러는 은이 함유된 은사(Silver-fiber, 동양 EMD, Korea)를 사용하였다(Table 1).

2. 실험 방법

1) 시편 제작

파라핀 왁스를 이용하여 10 × 25 × 2 mm 크기의 납형을 제작하여 플라스크에 석고로 매몰하였다(Figure 1.). 플라스크 후 고압 세척기를 사용하여 왁스를 제거하고, 열중합형 레진을 혼합하여 통상적인 compressive molding technique로 시편을 제작하였다. 은사를 첨가하는 시편은 은사가 각각 전체 분말 중량비의 5 wt.%, 10 wt.%가 되도록 측정하였다. 은사의 혼합은 측정된 은사의 양을 각 레진의 분말에 넣어 균일하게 섞은 다음 액과 혼합하였다. 열중합레진은 제조사의 지시대로 분말 2.3 g/액 1 ml로 30초간 혼합한 후 병상 상태에서 전입하고, 온도를 서서히 올려 100℃에서 20분간 중합하였다. 수조에서 꺼내 30분간 상온에 놓아두고, 흐르는 물에 15분간 위치시켰다. 자가중합 레진의 경우 분말 2 g/액 0.9 g로 30초간 혼합하여 전입하고, 압력을 가한 상태에서 상온에 방치하여 중합시켰다(Table 2).

2) 굴곡강도 시험

제작된 시편은 시험 전까지 밀폐된 용기 내에 37℃의 증류수에 보관하였으며, 3점굽힘강도시험은 만능재료시험기 (AGS-J, Shimadzu Co., Japan)를 이용하여 지점 간 거리 20 mm, crosshead speed 5.0 mm/min으로 시편이 파절될 때까지 시편의 중앙에 수직으로 압축력을 가하여 최대하중을 측정하였다. 굴곡강도는 ISO20795-2:2010에 따라 계산되었다.

Table 2. Classification of experimental groups

Group	Treatment	N
VC	Vertex RS only(control)	10
V5	Vertex RS + 5wt.% Silver-fiber	10
V10	Vertex RS + 10wt.% Silver-fiber	10
OC	Ostron 100 only(control)	10
O5	Ostron 100 + 5wt.% Silver-fiber	10
O10	Ostron 100 + 10wt.% Silver-fiber	10



Figure 1. Photograph of wax pattern.

3) 경도 시험

굴곡강도 시험에서 파절된 시편을 그대로 사용하여 마이크 로비커스경도계(MVK-H1, Akashi, Japan)를 사용하여 하중 100 gf, 부하시간 10 s의 조건으로 각 시편당 5번을 측정하여 평균을 경도값으로 하였다.

4) 표면상태 관찰

굴곡강도 시험을 시행하여 파단된 시편을 이용하여 표면상태를 관찰하기 위하여 전계방사형 주사전자현미경(S-4200, Hitachi Ltd., Japan)을 이용하여 관찰하였다. 그리고 거시적 표면관찰을 위하여 실체광학현미경(SZX7, Olympus, Japan)을 이용하여 100배율로 관찰하였다.

5) 통계분석

SPSS ver. 24.0(IBM Co., USA) 프로그램으로 굴곡강도 및 경도의 평균값과 표준편차를 구하고 각 그룹 간의 유의차를 검정하기 위하여 95% 신뢰도 조건에서 일원배치분산분석을 실시하였으며, 사후검정으로 Scheffe test를 시행하였다.

결 과

1. 굴곡강도

의치상 레진의 강화를 위해 은사의 함량을 다르게 첨가한

시편의 굴곡강도 평균과 표준편차의 결과는 Table 3과 같다. 열중합형 레진 시편의 대조군(VC)은 97.8 ± 5.9 MPa로 가장 낮았고, V5(102.4 ± 2.1 MPa), V10(125.6 ± 7.8 MPa) 순으로 높게 나타났으며 은사의 함유량이 증가할수록 유의성 있게 굴곡강도가 대조군보다 유의성 있게 증가하였다($p < 0.05$). 자가중합형 레진 시편의 대조군(OC)은 85.4 ± 3.0 MPa로 가장 낮았고, O5(85.7 ± 2.9 MPa), O10(85.7 ± 2.9 MPa) 순으로 높게 나타났으며 은사의 함유량이 증가할수록 유의성 있게 굴곡강도가 대조군보다 유의성 있게 증가하였다($p < 0.05$). 레진 종류에 따라서는 열중합형 레진이 자가중합형 레진보다 통계학적으로 유의성 있게 높았다($p < 0.05$).

파절양상을 살펴보면, 열중합형 레진에서는 VC 시편은 완전히 파절된 경우가 대부분이었으며, V5 시편은 완전히 파절된 경우와 약간 파절되는 경우가 복합적으로 나타났으며, V10 시편은 의치상 레진 시편이 약간 파절되는 경우가 대부분이었다. 자가중합형 레진에서는 은사 필러의 유무와 관계없이 대부분 시편이 완전히 파절되었다.

2. 경도

의치상 레진의 강화를 위해 은사의 함량을 다르게 첨가한 시편의 경도 평균과 표준편차의 결과는 Figure 2와 같다. 열중합 레진 시편의 대조군(VC)은 20.9 ± 0.8 HV로 가장 낮았고,

Table 3. Means and standard deviations on the flexural strength

Group	Flexural strength (MPa)	p
VC	97.8 ± 5.9^{ab}	.000
V5	102.4 ± 2.1^a	
V10	125.6 ± 7.8^c	
OC	85.4 ± 3.0^b	
O5	85.6 ± 2.9^b	
O10	85.7 ± 2.9^b	

The same letters are not significantly different ($p > 0.05$).

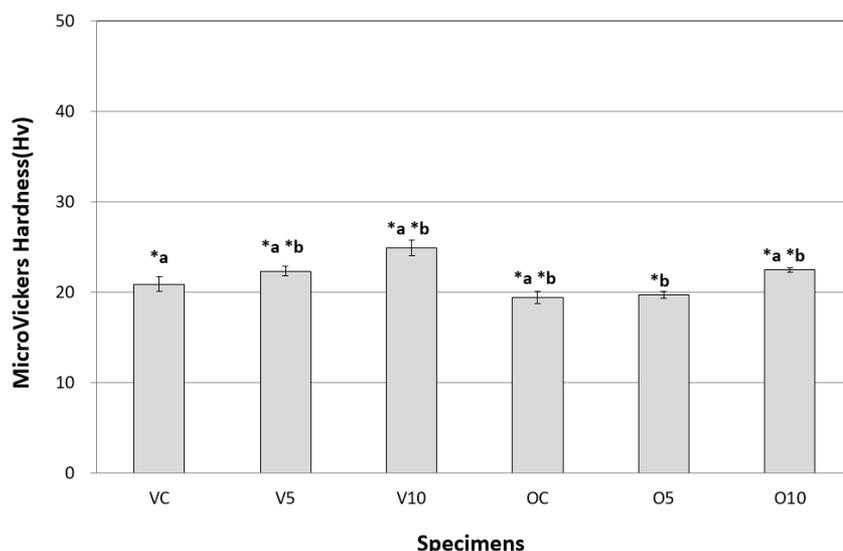


Figure 2. Means and standard deviations of hardness, (*a, *b : $p > 0.05$)

V5(22.4 ± 0.6 HV), V10(25.0 ± 0.9 HV) 순으로 높게 나타났으며, 은사의 함유량이 증가할수록 유의성 있게 대조군보다 경도값이 증가하였다($p < 0.05$). 자가중합형 레진 시편의 대조군(OC)은 19.4 ± 0.7 HV로 가장 낮았고, O5(19.7 ± 0.4 HV), O10(22.5 ± 0.2 HV) 순으로 높게 나타났으며, 은사의 함유량이 증가할수록 유의성 있게 대조군보다 경도값이 증가하였다($p < 0.05$). 레진 종류에 따라서는 열중합형 레진과 자가중합형 레진 사이에는 통계학적으로 유의성 있는 차이가 없었다($p > 0.05$).

3. 표면상태 관찰

은사 필러가 함유된 의치상 레진의 표면을 전계방사형 주사전자현미경으로 5,000배율로 관찰하여 대조군과 비교한 결과, 약간의 표면 거칠기의 차이가 눈으로 관찰되나 특이한 차이는 나타나지 않았다(Figure 3). 그리고 거시적 표면관찰을 위하여 광학현미경으로 표면을 관찰한 결과 표면에 노출되어 있는 은사 필러를 관찰할 수 있었으며 그 함량에 따라 노출량이 많은 것으로 나타났다(Figure 4).

고 찰

의치상 레진의 성분, 중합방법, 의치의 환경에 따라서 의치상 레진의 물성은 변화한다(Phillips, 1982). 본 연구에서는 의치상 레진에 항균성과 양호한 기계적 강도를 가지는 필러를 연구하고자 하며 항균성을 가지는 은사 필러 첨가 시 기계적 특성에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 그래서 기존에 사용되는 열중합형 레진과 자가중합형 레진에 은사의 함량을 5 wt.%, 10 wt.%로 다르게 첨가하여 임상 적용에 있어서 중요한 부분으로 굴곡강도와 경도, 그리고 표면상태 등을 대조군과 비교 분석하였다.

굴곡강도는 굽힘강도로도 알려져 있으며, 물체에 힘이 가해졌을 때 버틸 수 있는 강도를 의미한다(Ashby, 2011). 의치의 파절을 방지할 수 있게 하고 의치의 수명과도 직결되기 때문에 매우 중요한 기계적 특성 중 하나이다. 국제표준규격 제1567호에 의하면 열중합형 레진은 65 MPa 이상, 자가중합

형 레진은 60 MPa 이상의 굴곡강도가 필요하다고 규정하고 있다. 본 실험에서는 열중합형 레진과 자가중합형 레진의 굴곡강도가 모두 기준값보다 높게 측정되었으며, 유의차 있게 은사 필러의 함량이 증가할수록 굴곡강도 값도 증가하였다. 열중합형 레진이 자가중합형 레진보다 굴곡강도가 더 많이 증가하였으며, 열중합형 레진은 10 wt.%의 은사 필러를 첨가하는 것이 적합하다고 간주할 수 있다.

자가중합형 레진은 조작성이 쉽고 간편하며, 적합도가 우수한 장점을 가졌지만 중합반응이 불안정하여 발생하는 잔류단량체와 중합 시 발생하는 기포에 의해 기계적인 성질이 저하되므로(Winkler, 1984), 본 연구에서도 열중합형 레진보다 굴곡강도의 상승이 미비하였다. 본 실험에서 의치상 레진에 첨가된 다양한 농도의 은사 필러는 굴곡강도에 부정적 영향을 주지 않은 것으로 나타났다. Syafiuddin 등 (1997)은 은 이온 필러를 40 %까지 첨가하면 압축강도와 인장강도가 감소한다고 하였으며, Lee (2008)도 silver-zeolite의 농도가 증가함에 따라 굴곡강도가 감소한다고 하였다. 의치상 레진의 고분자 사슬이 길게 중합되거나 가교가 발생할 때 영향을 받아 강도가 증가하거나 감소하는 경향이 나타나는 것으로 생각된다. 하지만, 이외에도 여러 가지 요인들이 복합적으로 작용을 하므로 평가하기가 쉽지 않다. 의치상 레진에 항균성 향상을 위해 첨가하는 물질로 인한 굴곡강도 변화에 대한 복합적인 연구가 추가로 필요하다고 생각한다.

경도는 재료의 비파괴적 방법으로 기계적 특성 평가에 많이 활용되고 있다(Tabor, 1970). 의치상 레진의 표면 경도는 저작 시 가해지는 힘에 어느 정도 저항할 수 있는가를 측정할 수 있는 값으로 표면 경도가 낮아지면 저작력에 의한 응력 분포가 균등하게 이루어지지 않음을 나타낸다(Emmanouil 등, 2002). 본 실험에 의하면, 은사의 함유량이 증가할수록 유의성 있게 굴곡강도가 대조군보다 증가하였으며, V10 시편이 24.9 ± 0.9 HV로 가장 높게 나타났다. 재료의 경도는 흔히 기계적 강도와 상관관계가 있으며(McCabe, 1990), 경도가 높다고 반드시 강도도 높은 것은 아니다(Harrison과 Draughn, 1976). 본 연구에서도 굴곡강도는 경도 실험 결과와는 약간의 차이를 보였다.

중합과정에서 의치상 레진의 기포 발생은 오랫동안 문제점으로 나타났고 많은 양의 기포는 의치에 세균 부착을 쉽게

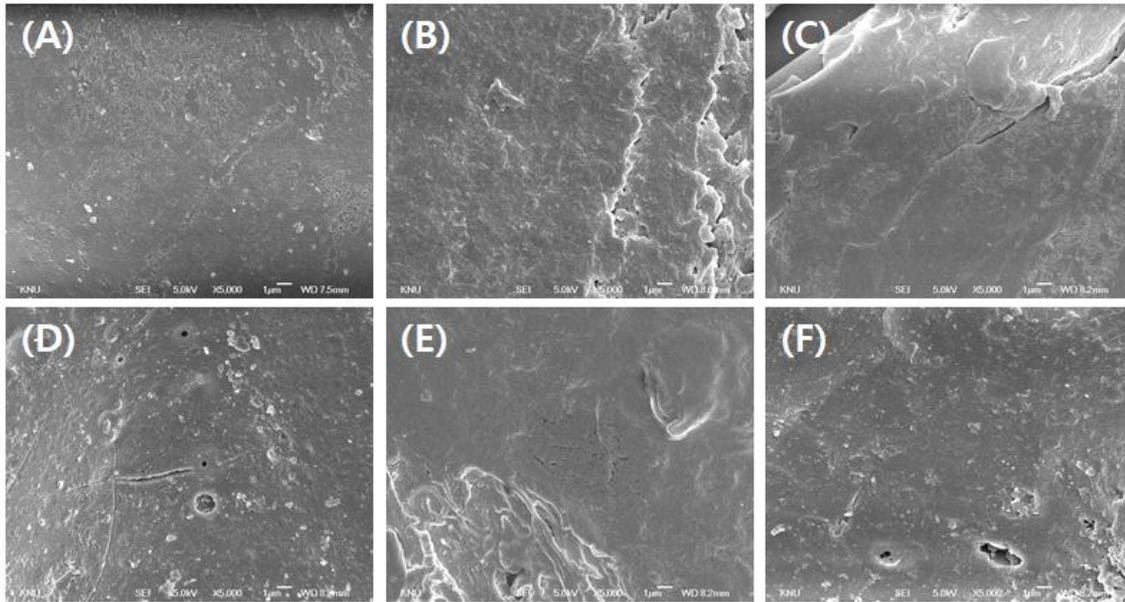


Figure 3. FE-SEM images of $\times 5,000$ for the specimens. (A) VC, (B) V5, (C) V10, (D) OC, (E) O5, (F) O10.

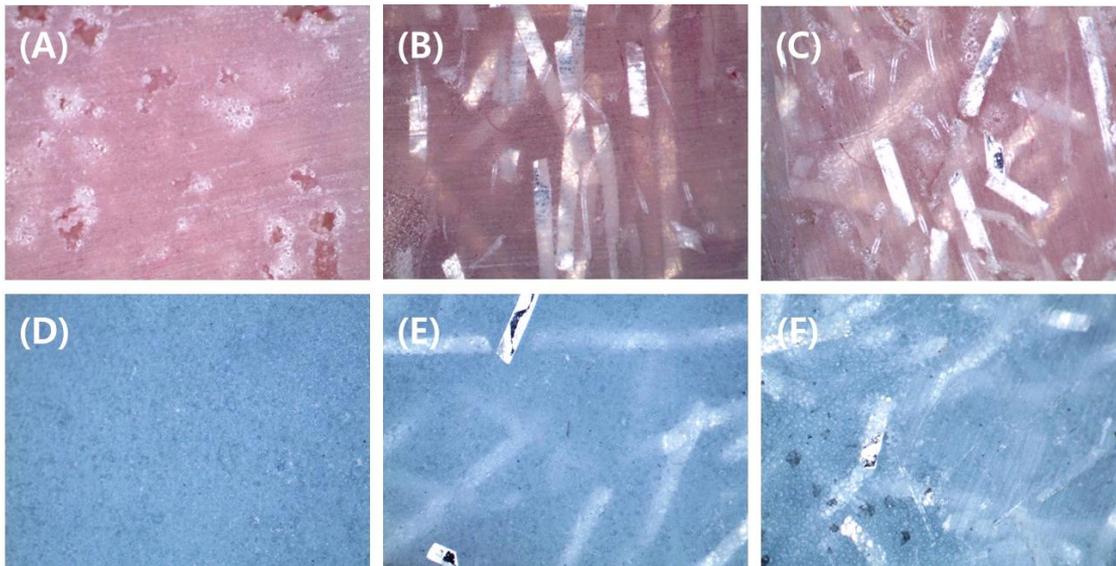


Figure 4. Microscope images of $\times 100$ for the specimens. (A) VC, (B) V5, (C) V10, (D) OC, (E) O5, (F) O10.

함으로써 물성저하를 유발한다(Phillips, 1982). Figure 3의 FE-SEM으로 의치상 시편을 5,000배율로 관찰한 결과 표면 거칠기가 육안으로 차이가 나타났으나, 은사 필러로 인한 기포 증가나 표면 이상 등의 물성 저하를 나타내는 현상은 나타나지 않았다. 이것은 Nam과 Lee (2008)의 다양한 은-화합물이 첨가된 의치상 레진의 표면상태 및 기공도 변화를 관찰한 선

행연구의 결과와 일치하였다.

본 연구에서는 은사와 레진과의 결합을 향상시켜 은사와 레진 기질이 한 단위가 되도록 시편 내 은사의 배열 위치를 고려할 필요가 있다. 또한, 보관 기간에 따른 기계적 특성 변화를 알아보는 추가적인 연구와 더불어 색조 변화에 대한 연구가 더 필요할 것으로 생각한다.

결론

본 연구에서는 의치상 레진의 항균성 향상을 위해 첨가한 은사 필러가 기계적 특성에 미치는 영향을 알아보기로 열중합형 레진과 자가중합형 레진에 은사의 함량을 5 wt.%, 10 wt.%로 다르게 첨가하여 굴곡강도와 경도 값을 대조군과 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 굴곡강도는 은사의 함유량이 증가할수록 유의성 있게 증가하였으며, 열중합형 레진이 자가중합형 레진보다 유의성 있게 높았다.
2. 경도는 은사의 함유량이 증가할수록 유의성 있게 증가하였으며, 열중합형 레진과 자가중합형 레진 사이에는 유의성 있는 차이는 없었다.
3. 의치상 레진의 표면을 관찰한 결과 특이한 차이는 나타나지 않았다.

참고문헌

Abe Y, Ishii M, Takeuchi M, Ueshige M, Tanaka S, Akagawa Y (2004). Effect of saliva on an antimicrobial tissue conditioner containing silver-zeolite. *J Oral Rehabil* 31: 568-573.

Ashby MF (2011). Materials selection in mechanical design. 4th ed. Elsevier. pp. 52-90.

Emmanouil JK, Kavouras P, Kehagias T (2002). The effect of photo-activated glazes on the microhardness. *J Dent* 30:7-10.

Franklin P, Wood DJ, Bubb NL (2005). Reinforcement of poly(methyl methacrylate) denture base with glass flake. *Dent Mater* 21:365-370.

Harrison A, Draughn RA (1976). Abrasive wear, tensile strength, and hardness of dental composite resins: Is there a relationship? *J Prosthet Dent* 36:395-398.

Imazato S, Ebi N, Takahashi Y, Kaneko T, Ebisu S, Russell R (2003). Antibacterial activity of bactericide-

immobilized filler for resin-based restoratives. *Biomaterials* 24:3605-3609.

Imazato S, Kuramoto A, Takahashi Y, Ebisu S, Peters MC (2006). In vitro antibacterial effects of the dentin primer of Clearfil Protect Bond. *Dent Mater* 22:527-532.

International Standard Organization (1999). ISO 1567:1999(E). Dentistry-Denture base polymers.

Jagger D, Harrison A, Jagger R, Milward P (2003). The effect of the addition of poly(methyl methacrylate) fibres on some properties of high strength heat-cured acrylic resin denture base material. *J Oral Rehabil* 30:231-235.

Lee JS (2008). Effect of silver-nano filler on the antimicrobial activities and the mechanical properties of denture base resins. Department of dentistry, Graduate school, Wonkwang University, Master thesis.

McCabe JF (1990). Applied dental materials. 7th ed, Oxford, England, Blackwell Scientific Publications, pp. 78-86.

Mitra SB, Wu D, Holmes BN (2003). An application of advanced nanotechnology in advanced dental materials. *J Am Dent Assoc* 134:1382-1390.

Moura JS, Silva WJ, Pereira T, Cury AADB, Garcia RCMR (2006). Influence of acrylic resin polymerization methods and saliva on the adherence of four Candida species. *J Prosthet Dent* 96:5-11.

Nam KY (2011). In vitro antimicrobial effect of the tissue conditioner containing silver nanoparticles. *J Adv Prosthodont* 3:20-24.

Nam KY, Lee CH (2008). Study of antifungal and physical properties of denture acrylic base incorporated with silver. *Korean J Dent Mater* 35:177-190.

Nikawa H, Yamamoto T, Hamada T, Rahardjo MB, Murata H (1997). Antifungal effect of zeolite-incorporated tissue conditioner against Candida albicans growth and/or acid production. *J Oral Rehabil* 24:350-357.

Patel V, Santerre JP, Friedman S (2000). Suppression of bacterial adherence by experimental root canal sealers. *J Endod* 26:20-24.

- Phillips RW (1982) Skinner's Science of Dental Materials, 8th ed, Philadelphia, WB Saunders Co., pp. 161-170.
- Syafiuddin T, Hisamitsu H, Toko T, Igarashi T, goto N, Fujishima A, Miyazaki T (1997). In vitro inhibition of caries around a resin composite restoration containing antibacterial filler. *Biomaterials* 18:1051-1057.
- Tabor D (1970). The hardness of solids. *Rev Phys Tech* 1:145.
- Thom DC, Davies JE, Santerre JP, Friedman S (2003). The hemolytic and cytotoxic properties of a zeolite-containing root filling material in vitro. *Oral Sug Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 95:101-108.
- Ueshige M, Abe Y, Sato Y, Tsuga K, Akagawa Y, Ishii M (1999). Dynamic viscoelastic properties of antimicrobial tissue conditioners containing silver-zeolite. *J Dent* 27: 517-522.
- Winkler S (1984). Denture base resins. *Dental Clinics of North America* 28:287-297.

은사 필러가 함유된 의치상 레진의 굴곡강도와 경도 비교

금영희, 김부섭*

부산가톨릭대학교 보건과학대학 치기공학과

본 연구의 목적은 의치상 레진의 항균성 향상을 위해 첨가한 은사 필러가 기계적 특성에 미치는 영향을 알아보고자 한다. 열중합형 레진 2종과 자가중합형 레진 1종에 은사 필러의 함량을 5 wt.%, 10 wt.%로 다르게 첨가하여 만능재료시험기를 이용하여 굴곡강도를 측정하였고 마이크로비커스경도계를 사용하여 경도 값을 측정하였으며, 전계방사형 주사전자현미경으로 표면상태를 5,000배율로, 광학현미경으로 100배율로 관찰하여 대조군과 비교 분석하였다. 모든 데이터는 SPSS ver. 24.0 프로그램으로 일원배치분산분석을 실시하였으며, 사후검정으로 Scheffe test를 시행하였다. 굴곡강도는 은사의 함유량이 증가할수록 높아졌으며, 열중합형 레진이 자가중합형 레진보다 유의성 있게 높았다. 경도는 은사의 함유량이 증가할수록 높아졌으며, 열중합형 레진과 자가중합형 레진 사이에는 유의성 있는 차이는 없었다. 의치상 레진의 표면을 관찰한 결과 특이한 차이는 나타나지 않았다. 임상적용을 위해서는 10 wt.%의 은사 필러를 첨가하는 것을 추천하는 바이다.

색인 단어 : 의치상 레진, 굴곡강도, 경도, 은사 필러