

유리섬유 보강재 첨가에 따른 레진 의치상의 강화효과

김 총 명, 김 지 환, 김 혜 영, 김 응 철

고려대학교 대학원 보건과학과 치의기공전공

Strengthening effect of resin denture base by glass fiber reinforcement addition

Chong-Myeong Kim, Ji-Hwan Kim, Hea-Young Kim, Woong-Chul Kim

Department of Dental Lab. Science & Engineering, College of Health Science, Graduate School, Korea University

[Abstract]

Purpose: The aim of this study was analyzed by comparing the effect of glass fiber reinforcement addition on the strength of resin denture base. It was intended to provide a reference data useful for clinical application.

Methods: The test specimens (length 64.0 ± 0.1 mm, width 10.0 ± 0.1 mm, thickness 1.0 ± 0.1 mm, 1.5 ± 0.1 mm, and 2.0 ± 0.1 mm respectively) were made. In the experimental groups resin denture base reinforced with glass fiber were fabricated. In the control groups resin denture base were fabricated by conventional method. After specimen fabrication was completed, transverse test was performed using a universal testing machine.

Results: The transverse strength value in CON group was 83.08 ± 9.07 MPa for 1.0 mm, which ranked the highest in value. On the other hand, the value was 56.07 ± 5.15 MPa for 2.0 mm, which ranked the lowest in value. And CON+SES group was 119.80 ± 30.70 MPa for 1.0 mm, which ranked the highest in value. On the other hand, the value was 84.00 ± 7.97 MPa for 2.0 mm, which ranked the lowest in value. Also, the flexural modulus value in CON group was $2,983.10 \pm 506.92$ MPa for 1.0 mm, which ranked the highest in value. On the other hand, the value was $1,257.64 \pm 230.48$ MPa for 2.0 mm, which ranked the lowest in value. And CON+SES group was $4,679.41 \pm 1578.29$ MPa for 1.0 mm, which ranked the highest in value. On the other hand, the value was $2,512.36 \pm 527.09$ MPa for 2.0 mm, which ranked the lowest in value.

Conclusion: The reinforced glass fiber increased the strength of resin denture base, effected to reduce the thickness of resin denture base.

○ **Key words :** glass fiber reinforcement, strength of resin denture base, transverse strength, flexural modulus, transverse test

교신저자	성명	김 응 철	전화	010-8257-8592	E-mail	kuc2842@korea.ac.kr	
	주소	서울시 성북구 정릉 3동 산 1 고려대학교 보건과학대학 치기공학과					
접수일	2013. 11. 25		수정일	2014. 3. 23		확정일	2014. 3. 24

I. 서 론

컴퓨터의 발달로 치과보철물을 CAD/CAM으로 제작하는 것이 가능해졌고, 이로 인해 제작과정과 시간이 크게 단축되었다. 최근에는 치과용 CAD/CAM의 기술수준이 개선되어 부분의치는 물론 총의치의 제작도 가능해 졌다 (Bidra et al., 2013). 그럼에도 불구하고 아직까지 총의치 제작에 있어서는 치과용 CAD/CAM기술의 활용보다는 납의치의 매몰과 레진을 직접 전입하고 온성 중합하는 전통적인 제작방법이 주로 활용되고 있다. 치과영역에서 특히 총의치 의치상의 주 제작재료인 아크릭 레진은 조작성이 쉽고, 심미성이 우수하며, 수리가 간편하고, 또한 생체 적합성과 만족할 만한 물리적 성질 등을 갖추고 있다 (Uzum et al., 1999; Narva et al., 2005). 하지만 아크릭 레진은 중합 후 수축이 크고 열전도성이 낮으며 특히 파절 저항성이 낮은 단점들이 지적되고 있다(Jeong, 1996).

따라서 아크릭 레진의 파절 저항성의 향상을 위해 많은 방법들이 제시되어 왔는데, 그중에서도 특히 외력을 가장 많이 받는 부분에 금속, 탄소 섬유, 유리 섬유 등을 보강하여 기계적 성질을 개선하는 방법이 제시된바 있다 (Yazdanie & Mahood, 1985). 하지만 이들 재료 가운데 금속으로 보강할 경우 심미성이 낮고, 무거우며, 레진과의 결합력도 낮다는 단점들이 지적되어 왔다(유상희 등, 2009). 또한 탄소 섬유는 피로저항, 인장강도, 굴곡강도, 굴곡탄성을 등의 향상을 가능하게 하지만, 탄소 섬유 자체의 색이 어두워 심미적으로 좋지 못하다는 보고가 있다 (Dixon & Breeding, 1992; Kanie et al., 2000). 그러나 유리섬유는 인장강도와 파절 저항성이 높으면서도 투명하므로 레진과 결합시켰을 때에 심미적으로도 우수하다는 보고가 있다(Vallittu et al., 1994).

한편 총의치는 파절 저항성이 높으면서도 심미성이 있어야 함은 물론, 구강 안에 장착되었을 때, 불편함이나 이물감이 없어야 한다(Ryu et al., 2000). 불편함이나 이물감은 의치상의 두께와 밀접한 관련이 있는데, 통상적으로 장착되는 총의치상 구개부의 두께는 2.0mm~2.5mm이고 (Jamani & Morigoda, 1998), 강도가 저하되지 않는다면 이보다 더 얇은 것도 가능하다고 사료된다. 따라서 레

진 의치상에 섬유 보강재로 보강하여 총의치를 제작하는 것도 의미가 있다고 생각한다.

따라서 본 연구의 목적은 유리섬유 보강재를 첨가한 레진 의치상을 제작한 후 두께에 따른 강도의 변화를 비교 분석하여 레진 의치상의 강화효과와 최적의 두께를 제시함으로써 임상적 적용에 도움이 될 만한 참고자료를 제공하는 것이다.

II. 연구 방법

1. 실험 재료

의치상의 시편을 위한 주 재료는 열중합형 레진(Vertex RS, Vertex Dental B.V, Zeist, Netherland)을 사용하였다(Fig. 1). 그리고 레진 의치상의 보강재로는 두께 0.45mm인 격자문양의 유리섬유(SES MESH, INNO Dental Co., Yeonsheongun, Korea)를 사용하였다(Fig. 2).



Fig. 1. Acrylic resin used in the study

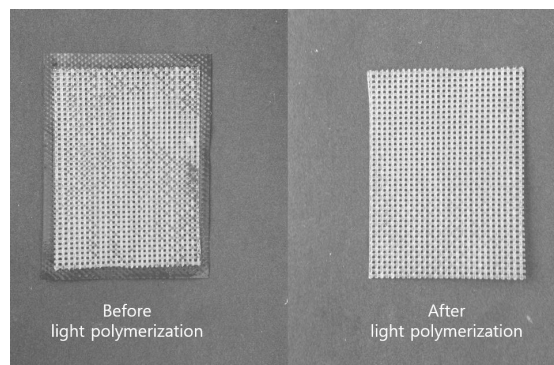


Fig. 2. Glass fiber used in the study

2. 시편 제작

시편은 미국치과의사협회 규격 제12호(A,D,A No,12-Denture base polymers)에 제시된 내용에 근거하여 제작하였다. 레진시편의 형태는 길이 $64.0 \pm 0.1\text{mm}$, 폭 $10.0 \pm 0.1\text{mm}$ 으로 하였고, 두께의 종별에 따라 각각 1.0mm, 1.5mm, 2.0mm로 하였다. 또한 레진시편에 포매하여 보강하고자 하는 유리섬유의 형태는 길이 $60 \pm 0.1\text{mm}$, 폭 $7 \pm 0.1\text{mm}$, 두께는 0.45mm의 bar형태로 하였다(Fig. 3).

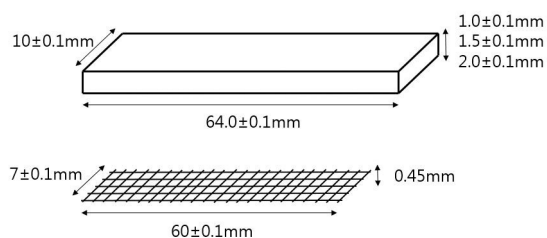


Fig. 3. Specimens size and form

레진 시편의 형태에 맞추어 CAD프로그램을 활용하여 디자인을 하고 CAM(DWX-50, Roland DG Corporation, Shizuoka, Japan)으로 밀링함으로써, 일관성과 정확성이 있는 레진시편을 제작하였다(Fig. 4). 한편 레진시편에 포매 할 유리섬유는 광중합레진액체에 함침시켜 광중합기에서 중합을 실시한 후 형태에 맞추어 절단하였다.



Fig. 4. Milling process of inlay wax blocks for specimens fabricated

CAM으로 밀링하여 제작된 시편의 원형을 이용하여 silicone rubber mold(Deguform, DeguDent GmbH, Wolfgang, Hanau, Germany)를 제작하였다. 이어서 이 mold에 용융된 inlay wax를 주입하여 동일한 형태와 조

건의 inlay wax pattern의 시편을 만들었다. Inlay wax pattern은 각 군별로 7개씩 총 21개를 만들었다. 완성된 inlay wax pattern을 석고(Snow rock plaster, Munkyo, Korea)를 이용하여 denture flask(Flask upper&lower, Osung Industrial, Seoul, Korea)에 3개씩 매몰하였다. 석고가 경화한 후 석고분리제(Magic sep, Talladium Inc., Los Angeles, California, USA)를 도포한 후 초경석고(Fujirock, GC Europe, Leuven, Belgium)로 2차매몰을 실시하였다. 2차 매몰재가 경화된 후 최종적으로 경석고로 3차 매몰(Snow rock stone, Munkyo, Korea)을 진행하였다. 매몰이 끝난 다음 통법에 따라 wax를 제거하였다. 의치상 레진 분리제(Acrosep, GC, Tokyo, Japan)를 도포 한 다음, 제조사의 지시에 따라 혼합된(polymer 21.5g, monomer 10 ml) 병상의 열중합 레진을 전입하였다(CON: Conventional). 유리섬유는 레진을 전입할 때 두 장의 얇은 판상의 병상수지 사이에 삽입하였다(CON+SES: Conventional+SES fiber reinforce). 전입이 끝난 레진은 $65 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 물에서 12시간 동안의 중합을 실시하였다. 중합이 완료된 denture flask를 상온까지 냉각 시킨 후 시편을 분리하고 180-grit SIC paper(Buehler Ltd., USA)를 이용하여 습윤 연마 하였다. 시편은 강도측정 이전까지 밀폐된 용기에 넣어 37°C 의 증류수에서 50 ± 2 시간 동안 보관하였다(Table. 1).

Table 1. Materials used in the study

Group	Material	Thickness
CON	Vertex RS	1.0mm, 1.5mm, 2.0mm
CON+SES	Vertex RS+SES fiber	1.0mm, 1.5mm, 2.0mm

*CON : Conventional, CON+SES : Conventional+SES fiber reinforce

3. 강도측정

본 연구에서는 레진 의치상의 두께와 유리섬유의 보강에 따른 강화효과를 측정하기 위하여 3점 굽힘 강도 실험(3point bending test)를 실시하였다. 3점 굽힘 강도 측정을 위해서는 Universal Testing Machine(AG-X, Shimadzu Scientific Instruments, Kyoto, Japan)을 사용하였다. Universal Testing Machine에 지지대의 길

이가 50mm인 3점 굽힘 강도 실험용 지그를 위치시키고, cross head speed는 5.0mm/min으로 설정한 다음 3점 굽힘 강도 실험을 진행하였다(Fig. 5).

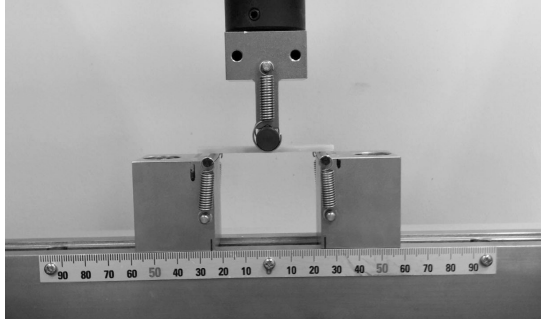


Fig. 5. Universal Testing Machine(AG-X, Shimadzu Scientific Instruments, Kyoto, Japan)

Transverse strength(S)와 flexural modulus(F)의 값은 국제표준규격(ISO 1567:1999)에 따라서 계산하였다.

$$S = 3PL/2WT^2$$

P = breaking load (N)

L = distance between the supports (mm)

W = specimen width (mm)

T = thickness of specimen (mm)

$$F = PL^3/4\delta WT^3$$

δ = deflection due to the load P (mm)

P, W, T : 위와 동일

4. 통계분석

본 연구에서의 측정된 결과의 통계적 유의성 검증은 SPSS Version 20.0 for win(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)으로 실시하였다. 시편의 두께와 유리섬유 보강재의 첨가 유무에 따른 transverse strength와 flexural modulus 값의 차이를 알아보기 위해 이원분산분석(Two-way ANOVA)을 실시하였다. 특히 두께에 따른 각 시편 사이의 통계적 유의성을 검증하기 위하여 Tukey 다중범위검정(Tukey-HSD test)을 실시하였다. 본 연구에서의 통계분석은 95%의 유의 수준에서 검정하였다.

III. 결 과

3점 굽힘 강도 측정의 결과로 나타난 각 그룹별 transverse strength와 flexural modulus의 값은 평균 및 표준편차로 구분하여 <Table 2>에 표시하였다.

Transverse strength의 값은 CON그룹에선 1.0 mm

Table 2. Comparisons of CON and CON+SES of transverse strength and flexural modulus values after 3point bending test(Mean±SD, n=7) (Unit: MPa)

Thickness	Transverse strength		Flexural modulus	
	CON	CON+SES	CON	CON+SES
1.0mm	83.08±9.07 ^a	119.80±30.70 ^a	2983.10±506.92 ^a	4679.41±1578.29 ^a
1.5mm	63.62±9.62 ^b	94.28±18.06 ^b	1407.41±444.74 ^b	3228.90±947.42 ^b
2.0mm	56.07±5.15 ^b	84.00±7.97 ^b	1257.64±230.48 ^b	2512.36±527.09 ^b

*Different alphabets are significantly different at 0.05 significance level.

가 83.08±9.07MPa로 가장 높았고, 2.0mm에서 56.07±5.15 MPa로 가장 낮았다. 그리고 CON+SES그룹에 있어서도 1.0mm가 119.80±30.70MPa로 가장 높았고, 2.0mm에서 84.00±7.97MPa로 가장 낮았다. 이원분산분석(Two-way ANOVA)에 따르면 레진시편의 두께와 유리섬유 보강재의 첨가유무 간에 교호작용은 통계적으로 유의한 차이가 없었지만(p=0.760), 레진시편의 두께에서는 물론이고, 유리섬유 보강재의 첨가 유무에 따라서도 통계적으로

유의한 차이를 보였다(p<0.001). 반면에 Tukey 다중범위 검정에선 CON그룹은 1.5mm, 2.0mm 그룹 간에 유의한 차이를 보이지 않았고(p>0.05), CON+SES그룹은 1.0mm, 1.5mm, 2.0mm 그룹 간에 유의한 차이를 보이지 않았다(p>0.05). 전체적으로 CON그룹보다는 CON+SES그룹에 있어서 transverse strength가 모두 높게 나왔다.

또한, flexural modulus의 값은 CON그룹에선 1.0mm가 2,983.10±506.92MPa로 가장 높았고, 2.0mm에서

1,257.64±230.48MPa로 가장 낮았다. 그리고 CON+SES 그룹에 있어서도 1.0mm가 4,679.41±1578.29MPa로 가장 높았고, 2.0mm에서 2,512.36±527.09MPa로 가장 낮았다. 이원분산분석(Two-way ANOVA)에 따르면 레진 시편의 두께와 유리섬유 보강재의 강화유무 간에 교호작용은 통계적으로 유의한 차이가 없었지만(p=0.644), 레진시편의 두께에서는 물론이고, 유리섬유 보강재의 첨가 유무에 따라서도 통계적으로 유의한 차이를 보였다(P<0.001). 반면에 Tukey 다중범위검정에선 CON그룹은 1.5mm, 2.0mm 그룹 간에 유의한 차이를 보이지 않았고(P>0.05), CON+SES그룹은 1.0mm, 1.5mm 그룹 간에 유의한 차이를 보이지 않았다(p>0.05). 전체적으로 CON그룹보다는 CON+SES그룹에 있어서 flexural modulus가 모두 높게 나왔다.

IV. 고 찰

총의치 제작에 사용되는 레진 의치상의 단점 가운데 하나는 낮은 강도이다. 따라서 이러한 단점을 보완하기 위하여 많은 연구가 진행되었음에도 불구하고 그 해결방안은 실용화 된 것이 별로 없는 실정이다. 하지만 레진 의치상을 유리섬유 보강재로 보강하는 방안이 파절저항성을 높이고 상대적으로 약한 취성을 보완할 수 있는 방안으로 제시되기도 하였다(Yoo et al., 2012). 레진 의치상의 강화를 위해 사용되는 유리섬유 보강재는 실란처리된 화이버 글라스에 광경화 레진을 함침 시킨 재료로서, 실란이 아크릭 레진과 유리섬유 사이에서 결합제로 작용을 하면서 양자사이의 결합력을 향상시키는 것으로 알려져 있다(Tu et al., 2009). 따라서 유리섬유 보강재로 강화된 레진 의치상은 강도가 높아질 수 있다. 이에 본 연구진은 유리섬유 보강재의 사용 유무와 레진의 두께에 따른 효과를 알아보기 위하여 본 연구를 시행한 것이다.

본 연구에 있어서는 이러한 효과를 검증하기 위하여 transverse strength와 flexural modulus의 값을 측정할 수 있는 3점 굽힘 강도 시험을 실시하였다. Transverse strength는 인장강도, 압축강도, 전단강도를 동시에 측정할 수 있으며, 외부로부터 오는 굽힘 강도

에 견디어 내는 정도를 알 수 있다. 이는 구강 내에서 의치에 가해지는 힘의 형태와 관련성이 있다고 예측할 수 있다. 레진 의치상의 transverse strength의 값이 높을수록 임상적 유용성이 우수하다는 것을 의미하며, 의치의 저작 기능 시에도 발생할 수 있는 파절을 줄일 수 있다(Chard et al., 2011). 따라서 본 연구에서 나타난 결과 값에 근거할 때 유리섬유 보강재로 강화된 실험군에 있어서는 레진 의치상의 두께와 관계없이 transverse strength의 값이 모든 군에서 높았으므로, 유리섬유 보강재의 강화 효과가 있는 것으로 사료된다.

한편, flexural modulus는 하중을 받는 물체가 변형되는 정도를 나타내는 변형률로서, 외부로부터 하중을 받은 물체가 구부러진 후에 그 하중이 사라지면 다시 본래의 모양으로 되돌아가려도 하는 성질이다(Yazdanie & Mahood, 1985). 본 연구에서 나타났듯이 flexural modulus의 값이 높은 유리섬유 보강재의 강화군에서 외력이 제거됨에 따라 원래의 모습으로 돌아가려는 특성이 우수하므로 임상적으로도 그 효과가 있을 것으로 사료된다. 더욱이 유리섬유 보강재로 강화시킨 레진 의치상의 경우에 파절 시 유리섬유가 의치상을 잡고 있어 분리 저항성이 있으며, 또한 무의식중에 일어나는 의치 파편의 목 넘김 가능성도 낮출 수 있다는 주장(Kim et al., 1994)을 뒷받침 한다고 할 수 있다.

Transverse strength와 flexural modulus의 강도 값은 시편의 두께가 증가할수록 낮았는데, 이는 레진 중합 후 증류수에 시편을 넣을 경우 잔류된 단량체가 증류수 속에서 제거되면서, 제거된 단량체는 시편에 기포가 되고 두꺼운 시편일수록 기포 형성양이 증가하므로 깨지기 쉽다는 주장과도 관련이 있을 수 있다고 생각한다(Dixon & Breeding, 1992; Lee, 2003). 따라서 1mm 두께의 시편보다는 2mm 두께의 시편이 기포의 형성양이 많으므로 더 낮은 강도를 갖는다는 추정을 가능하게 한다. 또한 1mm 두께의 시편이 2mm 두께의 시편보다 두께가 얇아 쉽게 파절되기 보다는 휘어지는 특성이 있어, 파절에 필요한 힘이 더욱 커지고, 이것이 transverse strength와 flexural modulus의 값을 증가시키는데 기여하였을 것으로 추정한다. 하지만 본 연구 실험에서는 시편의 두께가 다양하지 않았고, 표본수도 적었으므로 이를 일반화하기에는 한

계가 있다고 생각한다. 따라서 앞으로 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각한다.

한편 레진 의치상은 그 두께가 얇을수록 이물감을 줄이고 무게도 감소시키며 의치에 대한 적응력도 높일 수 있다고 생각 된다. 본 연구에서 유리섬유 보강재로 강화된 레진 의치상의 경우 두께를 줄여도 강도가 높은 것을 알 수 있었다. 따라서 레진 의치상에 유리섬유 보강재를 적용하는 것은 단순히 강도를 증가시키는 것뿐만 아니라 두께도 감소시킬 수 있으므로 임상적인 유용성이 매우 높은 것으로 추정된다.

본 연구는 ISO규격에 근거하여 측정된 3점 굽힘 강도를 기준으로 비교 분석한 것이다. 따라서 본 실험의 연구 결과가 임상적으로 그대로 적용되는 데에는 한계점이 있다. 앞으로 보다 많은 변인들이 고려된 실험 설계나 나아가 임상평가 연구가 이어졌으면 한다.

V. 결 론

본 연구는 의치상 재료로 많이 쓰이는 열중합 레진에 섬유 보강재인 유리섬유를 첨가하여 transverse strength 와 flexural modulus를 비교 평가함으로써, 그 효과를 가늠하는 자료를 제공하는데 도움이 되고자 하는 것이다. 본 연구에서 나타난 결과로 미루어볼 때 유리섬유 보강재료의 강화는 레진 의치상의 강도를 증가시키며, 의치상의 두께도 감소시키는 효과가 있는 것으로 사료된다.

REFERENCES

Bidra AS, Taylor TD, Agar JR. Computer-aided technology for fabricating complete dentures: Systematic review of historical background, current status, and future perspectives. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 109, 361-366, 2013.

Chard P, Patel CB, Singh BP, Singh RD, Shingh K. Mechanical properties of denture base resins:

An evaluation. *Indian Journal of Dental Research*, 22, 2011.

Dixon DL, Breeding LC. The transverse strengths of three denture base resins reinforced with polyethylene fibers. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 67, 417-419, 1992.

Jamani KD, Morigoda MA. Effect of denture thickness on tooth movement during processing of complete dentures. *Journal of Oral Rehabilitation*, 25, 725-729, 1998.

Jeong CM. A comparative study on the several metal reinforcement methods of maxillary complete acrylic resin denture base. *The Journal of the Korean academy of prosthodontic society*, 34, 363-372, 1996.

Kanie T, Fujii H, Arikawa H, Inoue K. Flexural properties and impact strength of denture base polymer reinforced with woven glass fiber. *Dental Materials*, 16, 150-158, 2000.

Kim HS, Kim CW, Kim YS. An experimental study on reinforcement of acrylic resin denture base. *The Korean Academy of Prosthodontics*, 32, 411-430, 1994.

Lee SI. Reinforcement of heat-cured denture base resin with glass fibers. *Seoul National University School of dentistry Master's Thesis*, 2003.

Narva KK, Lassila LV, Vallittu PK. The static strength and modulus of fiber reinforced denture base polymer. *Dental Materials*, 21, 421-428, 2005.

Ryu DH, Yoon SH, Song KB, Jo KH, Jeong SH. Analysis and survey of satisfaction about removable prosthodontics treatment among dental patients in Kyungpook National University Hospital. *J Korean Acad Dent Health*, 24, 159-170, 2000.

Tu MG, Liang WM, Wu TC, Chen SY. Improving

- the mechanical properties of fiber-reinforced acrylic denture-base resin. *Materials and Design*, 30, 2468-2472, 2009.
- Uzum G, Hersek N, Tincer T. Effect of five woven fiber reinforcements on the impact and transverse strength of a denture base resin. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 81, 616-620, 1999.
- Vallittu PK, Lassila VP, Lappalainen R. Transverse strength and fatigue of denture acrylic-glass fiber composite. *Dental Materials*, 10, 116-121, 1994.
- Yazdanie N, Mahood M. Carbon fiber acrylic resin composite: An investigation of transverse strength. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 54, 543-547, 1985.
- Yoo HS, Sung SJ, Jo JY, Lee DC, Huh JB, Jeong CM. Effect of location of glass fiber pre-impregnated with light-curing resin on the fracture strength and fracture modes of a maxillary complete denture. *The Korean Academy of Prosthodontics*, 50, 279-284, 2012.
- Yu SH, Kim YS, Choi UJ, Jun JN. Effect of reinforcement of glass fiber on auto and heat polymerized denture base resin. *The Journal of Korean Academy of Dental Technology*, 31, 295-301, 2009.