

광중합형 레진에 함침시킨 유리섬유의 위치가 상악 총의치의 파절강도와 파절양상에 미치는 영향

유현상^{1†} · 성수진^{1†} · 조재영¹ · 이도찬² · 허중보^{1*} · 정창모¹

¹부산대학교 치의학전문대학원 치과보철학교실, ²원치과기공소

연구 목적: 광중합형 레진에 미리 함침시킨 유리섬유를 이용하여 상악 레진상 총의치를 강화시킨 경우, 강화 부위의 위치가 파절 강도와 의치 파절 시 미치는 효과를 알아 보기 위함이다.

연구 재료 및 방법: 본 연구에서는 0.45 mm의 두께를 가지고 광중합형 레진에 미리 함침시킨 유리섬유(SES MESH, INNO Dental Co., Yeoncheon-gun, Korea)를 이용하여 상악 총의치를 강화하였고, 강화재료의 위치 및 유무에 따라 5개의 군(대조군, 의치상을 섬유 망사로 강화하지 않음; A군, 순측 치조정 중앙부 강화; B군, 순측 치조정 하방의 구개 추벽부위 강화; C군, 구개 중앙부위 강화; D군, 의치상 전체 강화)으로 나누었으며, 군당 6개의 시편을 제작하였다. 파절강도를 Instron test machine (Instron Co., Canton, MA, USA)을 이용해 5.0 mm/min의 크로스헤드 속도를 부여하여 구하였으며, 하중은 20 mm의 지름을 가진 구형 하중체를 통해 의치 중심부에 전달되었다. 파절 강도 시험 후 나타난 의치의 파절 양상을 분석하였다. 파절강도를 일원배치분산분석을 통해 검증하였다($\alpha=0.05$).

결과: 파절강도에 있어 각 군간 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 의치의 파절 양상을 분석한 결과 A군에서는 전후방파절과 후방파절의 양상을 주로 보였고, B군, C군 그리고 대조군에서는 정중국소파절이 주로 관찰되었으며 D군에서는 대부분 후방파절을 보였다.

결론: 파절 강도를 측정하여 분석한 결과 유리 섬유에 의한 강화 유무와 위치에 따른 차이를 보이지 않았다. 의치의 파절 양상을 분석한 결과 유리 섬유에 의한 강화를 통해 균열을 억제하는데 효과를 보인다고 판단된다. (대한치과보철학회지 2012;50:279-84)

주요단어: 유리섬유; 의치파절; 의치보강

서론

아크릴릭 레진은 조작이 쉽고 색상을 내기 쉬우며 구강내 조직에 적합하다는 장점으로 인해 가장 많이 사용되고 있는 의치상 재료이다.¹ 하지만 아크릴릭 레진상 의치의 파절은 임상에서 해결되어야 할 문제점으로 남아있으며 이는 특히 상악 총의치에서 빈번하게 나타난다.² 이러한 원인으로는 내면적합도의 부족 및 양측성 균형교합의 부족을 들 수 있으며³ 반복적인 저작에 의한 아크릴릭 레진 자체의 피로 파절도 중요한 요인이 될 수 있다.⁴ Lambrecht은 정중선 파절은 일반적으로 순절흔 또는 의치 구개부의 전방부에서 시작된다고 하였으며,⁵ Vallittu는 상악 총의치의 정중선 파절이 두 중절치 사이로부터 시작해 의치상의 일부로 연장되거나 또는 완전히 연장된다고 보고한 바 있다.⁶

아크릴릭 레진 의치상의 강화 및 의치의 파절을 방지하기 위해 금속호선 강화, 금속망사 혹은 금속판을 이용한 보강법이 보고된 바 있다.³ 상악 총의치에서 금속 강화 위치가 의치의 굴곡 강도에 미치는 영향을 평가한 연구에 따르면, 금속 강화부

의 위치는 상악 아크릴릭 레진상 의치의 파절 저항에 영향을 미쳤으며, 경구개부위를 강화한 의치에서 상대적으로 높은 굴곡 강도를 보였다.¹

약 20년 전부터는 유리 섬유가 아크릴릭 레진상 의치의 강화에 사용되었다.^{7,8} 유리 섬유를 이용하여 의치상은 크게 두 가지 방법으로 강화될 수 있는데, 전체 의치상을 섬유 조직으로 강화시키거나, 섬유 조직을 의치의 가장 약한 부위에 부분적으로 위치시킴으로써 가능하다.^{9,10} 부분적으로 섬유 조직을 위치시켜 의치를 강화하는 경우, 의치에서 가장 높은 인장력을 받는 부위에 가능한 가까이 섬유를 위치시켜 초기 파절을 방지할 수 있으며⁹ 이를 위해서는 저작시 인장 부위에 섬유조직을 정확하게 위치시켜야 하며, 예상되는 파절선의 직각방향으로 섬유조직을 배열해야 한다고 알려져 있다.¹⁰ 하지만 최근에 시판된 유리 섬유에 레진을 적용시켜 형태 성형이 가능한 형태의 재료를 의치제작에 이용했을 경우, 상악 레진상 총의치에서 가장 우수한 굴곡강도를 나타내도록 하는 최적의 위치에 대하여 연구된 바가 드물다.

본 연구의 목적은 광중합형 레진에 미리 함침시킨 유리섬유

*교신저자: 허중보

626-870 경상남도 양산시 물금읍 범어리 부산대학교 치의학전문대학원 치과보철학교실
055 360 5130; e-mail, neoplasia96@hanmail.net

원고접수일: 2012년 9월 17일 / 원고최종수정일: 2012년 10월 10일 / 원고채택일: 2012년 10월 11일

*본 연구는 2012년도 부산대학교치과병원 임상연구비 지원으로 이루어졌음.

† 두 저자들은 이번 연구에 동일한 기여를 하였음.

© 2012 대한치과보철학회

© 이 글은 크리에이티브 커먼즈 코리아 저작자표시-비영리 3.0 대한민국 라이선스에 따라 이용하실 수 있습니다.

를 이용하여 상악 레진상 총의치를 강화시킨 경우, 강화 부위의 위치가 파절 강도와 의치 파절 시 미치는 효과를 알아보기 위함이다.

연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

본 연구에서는 0.45 mm의 두께를 가지고 광중합형 레진에 미리 함침시킨 유리섬유(SES MESH, INNO Dental Co., Yeoncheon-gun, Korea) (Fig. 1)와 열중합형 의치상용 레진(Vertex RS, Vertex Dental B.V., Zeist, Netherlands)을 이용하여 의치를 제작하였다.

2. 연구 방법

1) 주모형 제작

실험용 의치를 이용한 굴곡하중시험시 20 mm 지름을 가진 스테인리스 스틸 소재의 구형 하중체(Fig. 2)를 수용할 수 있도록 실험에서 사용할 상악 무치악 모형(B-3 NH, Frasco, Tettang, Germany)을 변형하였다. 상악 무치악 모형의 중앙부를 지름 10 mm의 원형으로 삭제 후 하중체와 동일한 지름 20 mm의 금속구 일부를 노출시켰다(Fig. 3). 실리콘 인상재(Imprint II, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA)와 레진 트레이(Vertex Trayplast NF, Vertex Dental B.V., Zeist, Netherlands)를 이용하여 무치악 모형의 인상을 채득한 후 초경석고(Die Keen, Heraeus Kulzer, NY, USA)를 이용하여 주모형을 제작하였다.

2) 섬유 망사의 성형 가공 및 실험군 설계

제조사에 따라 섬유 망사를 성형 및 가공하였으며, 강화재료의 위치 및 유무에 따라 다음과 같이 5개의 군으로 나누었으며(Fig. 4), 군당 6개의 시편을 제작하였다.

(1) Control : 의치상을 섬유 망사로 강화하지 않음

(2) Group A : 순측 치조정 중앙부를 20 mm×20 mm 크기의 섬유 망사로 강화

(3) Group B : 순측 치조정 하방의 구개추벽부위를 20 mm×20 mm 크기의 섬유 망사로 강화

(4) Group C : 구개 중앙부위를 20 mm×20 mm 크기의 섬유 망사로 강화

(5) Group D : 의치상 전체를 강화

3) 실험 의치의 제작

가능한 균일한 두께의 기초상 제작을 위하여 열가소성 수지(Tru-tain, West Rochester, MN, USA)와 진공소성법을 이용하여 2.5 mm 두께의 기초상을 제작하였다. 기초상위에 납형 교합제를 제작하였으며 전치부 교합제의 순면이 절치유두의 중앙부로부터 10 mm 전방에, 높이가 순측 전정부의 가장 깊은 곳으로부터 22 mm가 되도록 하였고, 구치부 교합제는 구치부 치조정을 이은 선이 교합제의 설측 1/3과 일치하도록 하였으며 구치부 치조정으로부터 약 8 mm의 높이가 되도록 제작하였다. 교합제를 따라 인공치를 배열한 후 첫번째 납의치의 치아 배열을 실리콘 인상재(Express™ STD, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA)를 이용해 채득하여, 이를 이용하여 다른 시편에서도 동일한 치아 배열이 되도록 하였다. 매몰 후, 왁스 및 기록상을 제거하였고, 의치상용 레진을 혼합하여 병상기에 이르면 성형 및 가공이 이루어진 섬유 망사를 실험 부위에 위치시키고 레진을 주입 한 후 제조사의 지시에 따라 의치를 온성하였다. 온성된 의치는 통법에 따라 마무리 한 후 모든 인공치가 한 평면에 위치할 수 있도록 평탄면 상에서 사포를 이용하여 연마하였다.

4) 굴곡 하중 시험

본 실험에서는 비례한도에서의 굴곡강도를 Instron test machine (Instron Co., Canton, MA, USA)을 이용해 하중방향으로 5.0 mm/min의 속도를 부여하여 구하였다. 하중은 20 mm의 지름을 가진 구형 하중체를 통해 의치에 전달되었다(Fig. 5). 하중을 가하는 부위는 수직 하중이 의치에 균등히 분산될 수 있도록 정중부가 선택되었으며 의치 제작 시 미리 하중체와 동일한 곡률을 가지는 함요부를 형성하여 함요부 상에 하중이 가해지도록 설계하였다.



Fig. 1. SES MESH used in this study. 85 - 90% of the mesh is made up of a glass fiber.



Fig. 2. Ball attachment for flexural load test.



Fig. 3. Edentulous model with recess for ball attachment.

5) 파절 양상 분석

굴곡 강도 시험 후 나타난 의치의 파절 양상을 분석하였다. 파절의 방향과 위치에 따라 다음의 5가지로 나누었다(Fig. 6).

- (1) 전후방파절: 전후방으로 파절
- (2) 전방파절: 정중부를 기준으로 전방으로만 파절
- (3) 후방파절: 정중부를 기준으로 후방으로만 파절
- (4) 정중국소파절: 정중부에서만 국소적으로 파절선이 관찰됨
- (5) 일정한 경파절선이 보이지 않음

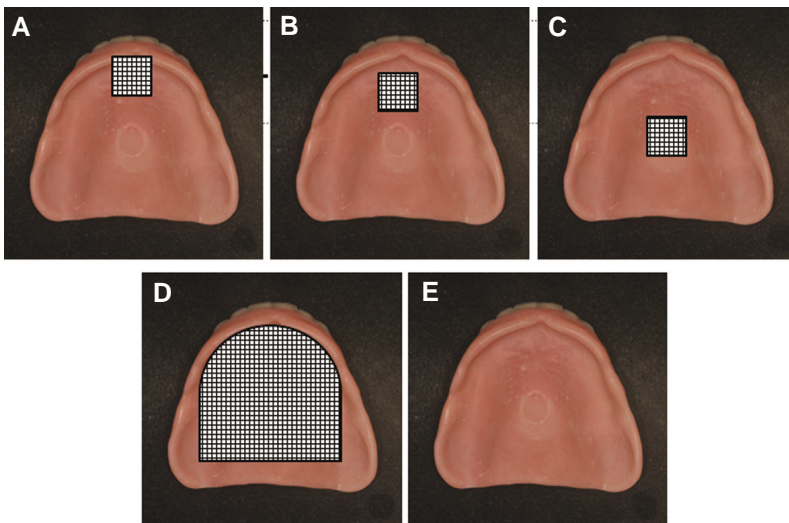


Fig. 4. Location of SES MESH of the maxillary complete denture: (A) the anterior ridge lap region, (B) the rugae region, (C) the middle region, (D) full coverage, (E) without reinforcement.

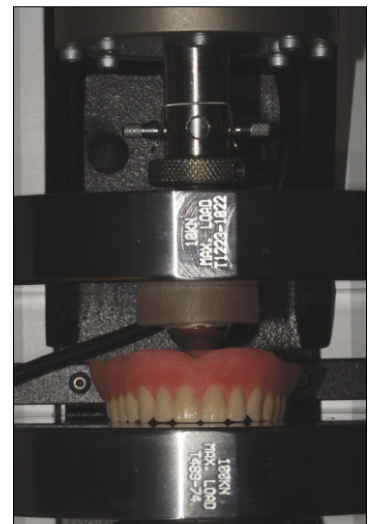


Fig. 5. Flexural load test using ball attachment.

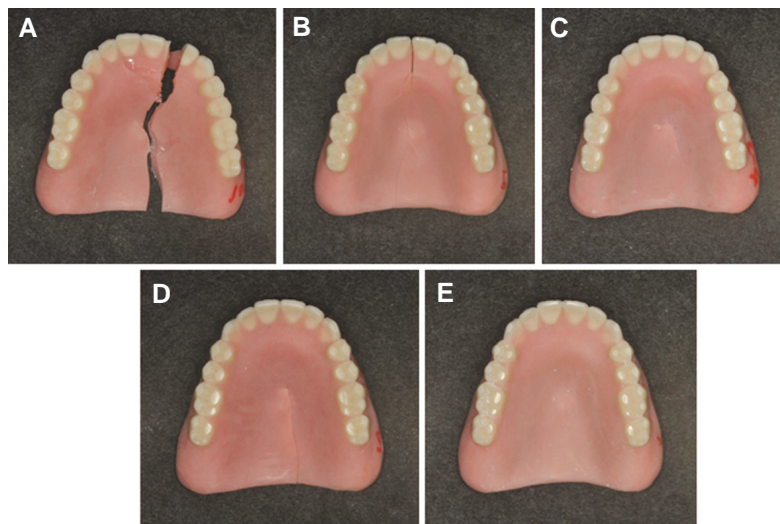


Fig. 6. Fracture mode of dentures : (A) anteroposterior fracture in group A, (B) anterior fracture in group B, (C) partial fracture on center area in group C, (D) posterior fracture in group D, (E) no significant fracture line in group E.

6) 통계 분석

본 연구는 SPSS (IBM SPSS Ver.19, Chicago, IL, USA)를 사용하여 통계처리 하였다. 정규성 검정 후 일원배치분산분석을 시행하였고, Tukey다중범위 검증법을 이용하여 사후 검정 하였다 ($\alpha=.05$).

결과

1. 의치 파절 강도

의치의 파절 강도를 측정하였으며(Table 1), 일원배치분산분석을 통해 검정한 결과 각 군간 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($P>.05$).

2. 의치 파절 양상 분석

의치의 파절 양상을 분석한 결과는 Table 2와 같다. A군에서는 전후방파절과 후방파절의 양상을 주로 보였고, B군, C군 그리고 E군에서는 정중국소파절이 주로 관찰되었으며 D군에서는 대부분 후방파절을 보였다. 전후방 파절의 경우에만 의치의 완전한 파절이 관찰되었으며, 그 외에는 파절부의 국소적인 균열만이 관찰되었다.

고찰

이번 연구를 통해 광중합형 레진에 미리 함침시킨 유리섬유를 이용하여 상악 레진상 총의치를 강화시킨 경우, 광화 부위의 위치에 따른 파절 강도의 차이를 보이지 않음을 알 수 있었다. PMMA 계열의 의치상용 레진은 압축강도에 비해 인장강도가 약한 편으로 취성을 띄고 있는 재료이다.¹¹ 이를 유리섬유와

혼용하여 사용하는 경우 상대적으로 취약한 인장강도를 보완할 수 있으며 균열에 대한 저항성을 증가시킬 수 있다.⁷⁻¹⁰ 의치상용 레진을 강화하기 위하여 강선이나 기성 금속 망사를 이용하는 것도 같은 이유이다.³

복합재료의 파절 양상은 여러 가지로 분류할 수 있으나 대표적으로 취성파괴, 연성파괴, 피로파괴 등으로 나눌 수 있다.¹² 취성파괴의 경우 파단면에 소성 변화가 없이 파절이 되는 특징을 가지지만 연성파괴의 경우 소성변화를 보인 다음 파괴가 일어난다는 것이 차이점이다.¹² 고분자에 유리섬유를 이용하여 강화를 하는 경우 하중에 대한 파괴 양상은 유리섬유와 고분자의 부착과 관계가 있으며, 부착이 긴밀할수록 굴곡 시 생기는 균열을 섬유조직이 억제하여 연성 파괴의 양상을 보인다.^{12,13} PMMA를 소량의 유리 섬유로 강화하는 경우 일반적으로 유리 섬유의 비율이 높아질수록 굴곡 강도가 증가하지만,¹⁴ 복합재료내 유리 섬유가 최적 비율 이상으로 높아지면 PMMA와 유리섬유간 젖음성 저하로 인해 기포함유량이 증가하여 오히려 강도가 떨어진다.¹⁵

이번 실험 결과 발생한 파절을 살펴보면 대부분 하중이 가해지는 방향과 같은 방향으로 파절면이 존재하였으며, 이는 취성파괴의 증거가 된다. 따라서 유리섬유와 PMMA간의 부착이 긴밀하지 못했으며, 복합재료 내에서 0.45 mm의 두께를 가지는 유리 섬유의 비율이 상대적으로 높았다고 여겨진다. 즉, 유리 섬유에 의한 강화 효과와 함께 의치상용 레진의 감소가 함께 일어나서 전체적으로는 굴곡 강도에 차이를 보이지 않았다고 생각된다. 또한 강화부위를 피하여 주변 레진만으로 이루어진 부위에 파절선이 발생한 경우 실제 파절 강도는 레진의 파절 강도와 유사할 수 있으며 이는 대조군에 큰 차이를 보이지 않는 결과로 나타났다.

일반적으로 의치의 파절이 일어나는 이유는 의치를 떨어뜨리는 것과 같은 사고에 의한 것이 아니라면 대부분 반복 하중에 의한 피로파절 때문이다.¹⁶ 실제 의치 착용자의 저작력은 156 N정도, 즉 15.9 kgf로 보고되고 있는데,¹⁷ 이는 실험에서 보인 파절강도와 비교하였을 때 8%에도 미치지 못하는 수준이기에 반복하중하에서 피로파절에 대한 연구가 추후 필요하다고 판단된다.

실제 저작환경과 실험방법의 차이로 인해 파절양상에서도 실제와 다른 결과를 보였다. 일반적인 저작환경에서는 저작압이 의치의 순절흔 부위에 응력이 집중되고 균열이 시작되어 파절이 일어나는 경우가 많지만,³ 실험에서는 이를 재현하기

Table 1. Mean fracture strength of the maxillary acrylic resin denture reinforced at several locations (n = 6)

Group	Fracture strength (kgf)
Control	216.0 ± 16.9
A	228.2 ± 14.5
B	214.3 ± 10.9
C	209.8 ± 21.5
D	204.8 ± 7.0

Table 2. Fracture mode of dentures (n = 6)

Group	Anteroposterior	Anterior	Posterior	Partial fracture on center area	No significant fracture line
Control				5	1
A	2		2	1	1
B	2	1		3	
C	2			4	
D			6		

에 어려움이 있어 교합면을 편평하게 한 후 의치의 정중부위에 구형 하중체를 통해 하중을 가하였으며, 대부분의 시편에서 구형 하중체의 주변에서부터 균열이 발생하였다. 이러한 차이점을 고려하더라도 균열의 방향을 통해 강화 부위에 따른 유리 섬유의 효과를 살펴보았을 때 중요한 점을 발견할 수 있다. 하중체가 놓이는 부위와 강화부위가 거리를 두고 있는 A군의 경우 하중체 주변에서 시작된 균열이 전방 혹은 후방으로 전파되면서 강화부위를 비껴가는 것을 볼 때, 응력이 집중되는 상대적인 취약부위가 강화부위를 벗어나 있음을 관찰할 수 있다. 상대적으로 하중체가 놓이는 부위와 강화부위의 거리가 가까운 B군, 하중체가 놓이는 직하방부위를 강화한 C군의 경우에는 하중체 부근에서 균열이 발생하더라도 가까이 존재하는 강화부위에 의해 균열이 차단되어 파절이 국소적으로 발생하였고, 의치상 대부분을 유리섬유로 강화한 D군의 경우에는 모든 시편에서 하중체가 놓이는 부위에서 후방으로만 국소적인 균열이 발생한 것으로 보아 유리 섬유로 강화시킨 부위에서 균열을 억제하는 경향을 보인다고 판단된다. 즉, 의치상을 유리섬유로 강화시키는 것은 굴곡강도의 차이를 보이지 않더라도 의치의 균열 및 파절을 억제하는데 도움이 되며, 특히 의치의 구개부 전방과 정중부를 포함하여 강화시킬 경우 파절의 빈도가 가장 높은 정중파절을 예방하는데 도움이 될 것이라 예상할 수 있다.

흥미로운 점은 아무런 처리를 하지 않은 대조군의 경우 특별한 보강을 하지 않았지만 완전한 파절이 일어나지 않고 하중체 주변에서만 국소적인 균열을 보인다는 것이다. 이는 실험 과정에서 파절이 발생하면 실험이 중단되기 때문에 나타나는 것으로, 일반적인 저작환경하에서는 균열이 계속 발생하여 파절에 이르게 될 것이라고 생각된다.

결론

1. 비레한도에서의 파절강도를 측정하여 분석한 결과 유리 섬유에 의한 강화 유무와 위치에 따른 차이를 보이지 않았다.
2. 의치의 파절 양상을 분석한 결과 유리 섬유에 의한 강화를 통해 균열의 진행을 억제하는데 효과를 보인다고 판단된다.

참고문헌

1. Yoshida K, Takahashi Y, Shimizu H. Effect of embedded metal reinforcements and their location on the fracture resistance of acrylic resin complete dentures. *J Prosthodont* 2011;20:366-71.
2. Smith LT, Powers JM, Ladd D. Mechanical properties of new denture resins polymerized by visible light, heat, and microwave energy. *Int J Prosthodont* 1992;5:315-20.
3. Jeong CM. A comparative study on the several metal reinforcement methods of maxillary complete acrylic resin denture base. *J Korean Acad Prosthodont* 1996;34:363-72.
4. Morris JC, Khan Z, von Fraunhofer JA. Palatal shape and the flexural strength of maxillary denture bases. *J Prosthet Dent* 1985;53:670-3.
5. Lambrecht JR, Kydd WL. A functional stress analysis of the maxillary complete denture base. *J Prosthet Dent* 1962;12:865-72.
6. Vallittu PK, Lassila VP, Lappalainen R. Evaluation of damage to removable dentures in two cities in Finland. *Acta Odontol Scand* 1993;51:363-9.
7. Vallittu PK, Lassila VP. Reinforcement of acrylic resin denture base material with metal or fibre strengtheners. *J Oral Rehabil* 1992;19:225-30.
8. Narva KK, Lassila LV, Vallittu PK. The static strength and modulus of fiber reinforced denture base polymer. *Dent Mater* 2005;21:421-8.
9. Vallittu PK. Glass fiber reinforcement in repaired acrylic resin removable dentures: preliminary results of a clinical study. *Quintessence Int* 1997;28:39-44.
10. Narva KK, Vallittu PK, Helenius H, Yli-Urpo A. Clinical survey of acrylic resin removable denture repairs with glass-fiber reinforcement. *Int J Prosthodont* 2001;14:219-24.
11. Pollet JC, Burns SJ. An analysis of slow crack propagation data in PMMA and brittle materials. *Int J Fract* 1977;13:775-86.
12. Ezrin M. Failure analysis and test procedures. In: *Plastics Failure Guide*. Cincinnati, OH, USA, Hanser Gardner Publ; 1996. p. 210-25.
13. Huang GC, Lee CH, Lee JK. Thermal and mechanical properties of short fiber-reinforced epoxy composites. *Polymer(Korea)* 2009;33:530-6.
14. Shin IJ, Lee DJ. Reinforcing characteristics of ductile short-Fiber in brittle matrix composites. *Trans KSME A* 2000;24:250-8.
15. Jang J, Han S. Mechanical properties of glass-bre mat/PMMA functionally gradient composite. *Composites Part A* 1999;30:1045-53.
16. Gurbuz O, Unalan F, Dikbas I. Comparative study of the fatigue strength of five acrylic denture resins. *J Mech Behav Biomed Mater* 2010;3:636-9.
17. Michael CG, Javid NS, Colaizzi FA, Gibbs CH. Biting strength and chewing forces in complete denture wearers. *J Prosthet Dent* 1990;63:549-53.

Effect of location of glass fiber pre-impregnated with light-curing resin on the fracture strength and fracture modes of a maxillary complete denture

Hyun-Sang Yoo[†], DDS, MSD, Su-Jin Sung[†], DDS, MSD, Jae-Young Jo¹, DDS, MSD, Do-Chan Lee²,
Jung-Bo Huh^{1*}, DDS, MSD, PhD, Chang-Mo Jeong¹, DDS, MSD, PhD

¹Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Pusan National University, Yangsan, Korea

²One Dental Lab., Ltd, Pusan, Korea

Purpose: This study evaluated the effect of glass fiber pre-impregnated with light-curing resin on the fracture strength and fracture modes of a maxillary complete denture. **Materials and methods:** Maxillary acrylic resin complete dentures reinforced with glass fiber pre-impregnated with light-curing resin (SES MESH, INNO Dental Co., Yeoncheon-gun, Korea) and without reinforcement were tested. The reinforcing material was embedded in the denture base resin and placed different regions (Control, without reinforcement; Group A, center of anterior ridge; Group B, rugae area; Group C, center of palate; Group D, full coverage of denture base). The fracture strength and fracture modes of a maxillary complete denture were tested using Instron test machine (Instron Co., Canton, MA, USA) at a 5.0 mm/min crosshead speed. The flexure load was applied to center of denture with a 20 mm diameter ball attachment. When fracture occurred, the fracture mode was classified based on fracture lines. The data were analyzed with one-way ANOVA at the significance level of 0.05. **Results:** There were non-significant differences ($P>.05$) in the fracture strength among test groups. Group A showed anteroposterior fracture and posterior fracture mainly, group B, C and control group showed partial fracture on center area mostly. Most specimen of group D showed posterior fracture. **Conclusion:** The location and presence of the fiber reinforcement did not affect the fracture strength of maxillary complete denture. However, reinforcing acrylic resin denture with glass fiber has a tendency to suppress the crack. (*J Korean Acad Prosthodont* 2012;50:279-84)

Key words: Glass fiber; Fracture of denture; Reinforcement of denture

*Corresponding Author: Jung-Bo Huh

Department of Prosthodontics, School of dentistry, Pusan National University, Beomeo-ri, Mulgeum-eup, Yangsan, 626-870, Korea

+82 55 360 5130: e-mail, neoplasia96@hanmail.net

Article history

Received September 17, 2012 / Last Revision October 10, 2012 / Accepted October 11, 2012

[†] These authors contributed equally to this work.

*This study was supported by Clinical Research Grant, Pusan National University Dental Hospital (2012).