

# CAM FİBER VE İKİ FARKLI POLİMERİZASYON YÖNTEMİNİN POLİMETİL METAKRİLATLARIN ARTIK MONOMERİ ÜZERİNE ETKİSİ

## THE EFFECT OF GLASS FIBER AND TWO DIFFERENT POLYMERIZATION METHODS ON THE RESIDUAL MONOMER OF POLYMETHYL METHACRYLATE RESINS

Çiğdem ARSLAN GÜNER<sup>1</sup>

Özgül KARACAER<sup>2</sup>

Arife DOĞAN<sup>2</sup>

### ÖZET

**Amaç:** Çalışmanın amacı protez kaide materyali olarak kullanılan polimetil metakrilat (PMMA) rezinlerin artık monomeri üzerinde cam fiber uygulamasının ve polimerizasyon yöntemlerinin etkisini değerlendirmektir.

**Gereç ve Yöntem:** Çalışmada ısı ile ve mikrodalga enerjisi ile polimerize olan akrilik rezin ve rezini güçlendirmek amacıyla E-cam fiber kullanıldı. Dört grup oluşturuldu. Her bir grup için beş adet olmak üzere toplam yirmi adet akrilik rezin örnek 20 mm çapında X 2mm kalınlığında disk şeklinde hazırlandı. Örneklerin artık monomer miktarları yüksek performans likit kromatografi (HPLC) cihazı ile ölçüldü. Veriler tek yönlü varyans analizinin (ANOVA) takiben Mann-Whitney U ve Tukey HSD testi ile istatistiksel olarak değerlendirildi.

**Bulgular:** Fiber uygulamasının ısı ile polimerize olan akrillere artık monomerinde azalmaya ( $p>0.05$ ), mikrodalga enerjisi ile polimerize olan akrillere monomerinde ise artmaya ( $p<0.05$ ) neden olduğu belirlendi. Fiber uygulanmayan rezinlerde mikrodalga ile polimerize edilen örneklerin, fiber uygulanan rezinlerde ise ısı ile polimerize edilen örneklerin artık monomerinin daha az olduğu tespit edildi. Fiber uygulanan ve uygulanmayan grupların her ikisinde de polimerizasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı saptandı ( $p>0.05$ ).

**Sonuç:** Çalışmada değerlendirilen tüm gruplarda düşük konsantrasyonlarda rezidüel monomer tespit edildi. Ancak bu miktarlar ISO standardında bildirilen sınırlar içerisindeydi.

**Anahtar Kelimeler:** Polimetil metakrilat, cam fiber, polimerizasyon yöntemi, artık monomer

### SUMMARY

**Objective:** The purpose of this study is to evaluate the effects of fiber and polymerization methods on the residual monomer of polymethyl methacrylate resins which are used as a denture base material.

**Material and Method:** In this study heat polymerized and microwave polymerized resins and E-glass fiber for reinforcement were used. Four groups were prepared. five specimens for each group, totally twenty units of resin specimens 20 mm diameter and 2 mm thickness like disc shape were prepared. The residual monomer content of specimens were measured with high performance liquid chromatography. Data was analyzed with Mann-Whitney U and Tukey HSD following one-way variance (ANOVA) analyzed test.

**Results:** It was determined that, fiber decreased the residual monomer on the heat polymerized acrylic resins ( $p>0.05$ ), while increased the residual monomer on the microwave polymerized acrylic resins ( $p<0.05$ ). Residual monomer was less the microwave polymerized specimens on the unreinforced groups and heat polymerized specimens on the reinforced groups. There was not statistically differences between the polymerization methods of both unreinforced and reinforced groups ( $p>0.05$ ).

**Conclusion:** Low concentration of residual monomer was observed in all groups which evaluated in this study. However these concentrations were ISO standard's limitations.

**Key Words:** Polymethyl methacrylate, glass fiber, polymerization methods, residual monomer

**Makale Gönderiliş Tarihi** : 30.06.2010

**Yayına Kabul Tarihi** : 27.12.2010

<sup>1</sup> Serbest Diş Hekimi, Dr.

<sup>2</sup> Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Prof. Dr.

## GİRİŞ

PMMA kaide materyali olarak kullanılan sentetik polimerlerdir. Materyalin kullanımının ve tamirinin kolay olması, ağız içinde stabil oluşu, biyouyumluluğu ve pigment ilave edilmesi ile estetik olması gibi avantajlarına karşın dayanıklılığı ve sertliği henüz arzu edilen düzeyde değildir. Darbe ve yorulma direnci düşüktür<sup>3,6,17</sup>. PMMA'ların fiziksel ve mekanik özelliklerini artırmak için karbon, safir, aramid, polietilen, cam fiber kullanımı önerilmektedir<sup>3,11</sup>.

Cam fiberleri diğer fiberlerden üstün kılan özellikleri; yüksek mekanik özelliklere sahip olması, estetik, hafif, ucuz olması ve kolay bulunmasıdır<sup>14,30</sup>. Ayrıca yüzey alanlarının ağırlıklarına oranlarının yüksek olmasıdır<sup>18</sup>. Ancak fiberlerin matriks olarak kullanılan PMMA içerisine tam olarak penetre olmama (impregnasyon) problemi vardır<sup>13,21</sup>. İmpregnasyonu artırmak amacıyla fiberin metil metakrilatin fazla kullanıldığı düşük vizkoziteli toz/sıvı karışımı ile ıslatılması önerilmektedir<sup>30</sup>. Bu durumda ise aşırı MMA kullanılması söz konusudur.

Protez kaidesinden salınan artık monomerin komşu ağız içi dokularında lokal irritasyon, inflamasyon, aşırı duyarlılık ve alerjik reaksiyonlara neden olduğu bildirilmektedir<sup>15,19,23,24</sup>. Ayrıca artık monomerin daha fazla poroziteye neden olduğu ve polimer matriks üzerinde plastikleştirici etki oluşturarak rezinin gerilme dayanımını, elastisite modülünü ve yüzey sertliğini olumsuz etkilediği rapor edilmiştir<sup>2,7,16,26</sup>.

PMMA'ların polimerizasyonu ısı, ışık, mikrodalga enerjisi ve kimyasal yolla gerçekleşir. Ancak bunların hiçbirinde monomerin polimere tam olarak dönüşümü sağlanamaz ve rezin içerisinde reaksiyona

girmemiş bir miktar monomer bulunur<sup>1,15,23,27,30</sup>. Artık monomer adı verilen bu monomer terminasyon reaksiyonları ile ortamda aktif bir uç kalmayınca polimer yapının ana bölgelerinde hapsolür ve ısıtılarak buharlaşma yolu ile uzaklaştırılmaz, ancak ağız sıvıları içine salınır. Rezinden salınan bu monomer ağız dokusunda yukarıda belirtilen reaksiyonlara neden olur<sup>8,19,23,27</sup>.

Artık monomer miktarının belirlenmesinde yüksek performans likit kromatografi (HPLC)<sup>12,26-28</sup>, gaz likit kromatografi, (GLC)<sup>7,23,33</sup> spektrometre<sup>9</sup> gibi çeşitli cihazlar kullanılmaktadır. HPLC yöntemi kantitatif ölçümlere kolaylıkla uygulanabilmesi, uçucu olmayan türlerin ayrışmasına uygun olması, sıcaklığa hassas maddelere bile uygulanabilmesi nedenleriyle bütün analitik ayırıştırma teknikleri arasında en yaygın kullanılanıdır.

Çalışmamızın amacı E-cam fiberin ve iki farklı polimerizasyon yönteminin (ısı ve mikrodalga enerjisi), PMMA rezinlerin artık monomerine etkisini araştırmaktır.

## GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmada oluşturulan gruplar Tablo I'de sunuldu. Test örneklerini standart büyüklükte ve kalınlıkta hazırlamak için 20 mm çapında, 2 mm kalınlığında disk şeklinde kalıptan yararlanıldı. Cam fiber uygulanacak grupta E-cam fiber (Cam Elyaf Sanayi AŞ, Türkiye) kullanıldı. Fiber polimer matriksin % 5'i fiber olacak şekilde 1/10000 gr hassasiyetteki hassas terazide (Sartorius AG, Almanya) tartıldı, penetrasyon için 10 ml akril likiti içerisinde 10 dakika bekletildi. Likit fazlalığı havlu peçete ile giderildikten sonra daha önce belirlenen akril tozu içersine katıldı.

**Tablo I.** Çalışmada yer alan gruplara ait özellikler ve standart ortalamalar ve sapmalar

Grup	Polimerizasyon metodu	Toz/likit	Ortalama	Standart sapma
1	Isı (-)	23.4mg /10 lt	0.64	0.16016
2	Isı (+)	23.4mg /10 lt	0.488	0.27096
3	Mikrodalga (-)	23.2mg /10lt	0.4260	0.14046
4	Mikrodalga (+)	23.2mg /10lt	0,8720	0.37686

(-): Fiber uygulanmayan (+): Fiber uygulanan.

Isı ile polimerize olan akrilik rezin (Meliodent, Bayer Ltd, İngiltere) üretici firmanın önerisi doğrultusunda 23.4 gr/10 ml toz/ likit oranında, mikrodalga ile polimerize olan akril (Acron MC, GC Dental, Japonya) 23.2 gr/10 ml toz/likit oranında hazırlandı. Isı ile polimerize edilecek örnekler pirinç muflalara, mikrodalga ile polimerize edilecek örnekler fiber destekli plastik muflalara bilinen yöntemlerle alındılar.

Isı ile polimerize edilecek örnekler ön polimerizasyon (60 °C'de 30 dakika suda bekletme) yapıldıktan sonra 100 °C da 20 dakika boyunca termostatlı su banyosunda polimerize edildi. Mikrodalga ile polimerize edilecek grup 2450 MHz'lik frekansta ve 500 W da 3 dakika boyunca mikrodalga fırınında (Vestel Goldstar, Türkiye) polimerize edildi. Mufladan çıkarıldıktan sonra örnek yüzeyindeki çapaklar su zımparası ile düzeltildi. Dekompozisyona ve monomer kaybına neden olmamak için tesviye ve cila işlemleri yapılmadı.

#### Artık Monomer Analizi

Artık monomer analizi ISO tarafından hazırlanan 1567 no'lu standarda göre yürütüldü<sup>10</sup>. Örneklerdeki rezidüel monomer yüzdesini hesaplamak üzere örneklerin her biri hassas terazide tartıldı ve ağırlıkları kaydedildi. Örnek ağırlıkları belirlendikten sonra her bir örnek cam beher içerisine konuldu ve % 99,5 saflıkta 10 ml metanol solüsyonu (Merck, Almanya) ilave edilerek monomer salınım işlemine kadar buzdolabında bekletildi. Örneklerdeki artık monomerin metanol solüsyonuna geçmesini sağlamak amacıyla hazırlanan düzenekte 20 ml metanol ilavesi yapıldı. Tüm örneklerin monomer salınım işlemleri tamamlandıktan sonra metanol içerisine geçen artık monomer miktarını belirlemek amacı ile HPLC (Cecil 1100 HPLC, İngiltere) kullanıldı. Örneklerdeki artık monomer konsantrasyonları belirlendikten sonra aşağıdaki formüle göre yüzdesi hesaplandı.

$$\text{Artık monomer miktarı (\%ağırlık)} = \frac{\text{örnekteki artık monomer miktarı (mgr)}}{\text{örneğin ağırlığı (mgr)}} \times 100$$

#### İstatistiksel Değerlendirme

İstatistiksel değerlendirme için SPSS 11.5.0 (SPSS Inc, Amerika) istatistik programı kullanıldı. Veriler tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile de-

ğerlendirildi. Fiber uygulaması ve polimerizasyon yöntemleri ana faktörler olarak belirlendi. Fiberin etkisi Mann-Whitney U testi ile polimerizasyon yönteminin etkisi Tukey HSD testi ile değerlendirildi.

#### BULGULAR

Akrilik rezin örneklerin artık monomer miktarının ortalamaları, standart sapmaları Tablo II'de gösterilmiştir.

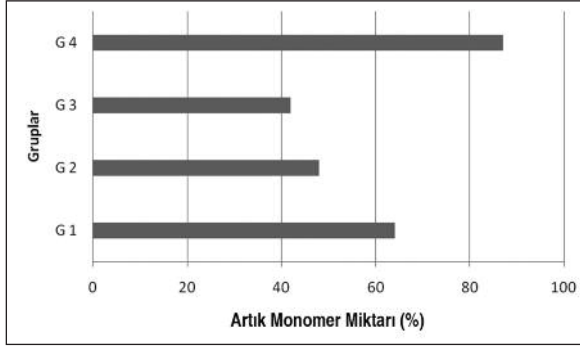
Fiber uygulanmamış grupta artık monomer miktarı ısı ile polimerize olan örneklerde % 0.64, mikrodalga ile polimerize olan örneklerde % 0.43 dür. Fiber uygulanmış grupta artık monomer miktarı ısı ile polimerize olan örneklerde % 0.49, mikrodalga ile polimerize olan örneklerde % 0.87'dir. (Grafik 1) Fiber uygulanmayan rezinlerde mikrodalga ile polimerize edilen örneklerin, fiber uygulanan rezinlerde ise ısı ile polimerize edilen örneklerin artık monomerinin daha az olduğu tespit edildi. Fiber uygulanan ve uygulanmayan grupların her ikisinde de polimerizasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı belirlendi.

Fiberin, ısı ile polimerize olan akrillere artık monomerinde azalmaya ( $p>0.05$ ), mikrodalga enerjisi ile polimerize olan akrillere monomerinde ise artmaya ( $p<0.05$ ) neden olduğu görüldü.

#### TARTIŞMA

Son yıllarda akrilik rezinlerin güçlendirilme çabaları ağırlık kazanmıştır. Fiber ile güçlendirme işlemi, rezinlerin mekanik özelliklerini pozitif yönde etkilemektedir<sup>3,11,14</sup>. Geleneksel polimerler ile karşılaştırıldığında fiber ile güçlendirilmiş polimerler yüksek elastiklik modülü ve dayanıklılıktan ötürü deformasyon oluşmadan streslerin büyük bir kısmını karşılamakta ve daha iyi klinik başarı göstermektedir<sup>11,22,31</sup>.

Rezinin çarpaz dayanıklılığını, elastiklik modülünü, yorulma ve çarpma dayanıklılığını artırması, estetik olması, uygulanmasının ve tedarik edilmesinin kolay olması cam fiberin tercih edilmesine neden olmuştur. Fiberin polimer matrisi içerisinde etkili olabilmesinde fiber-matrisi bağlantısının önemi büyüktür<sup>25,31,33</sup>. Bağlantıyı artırmak için fiber yüzeyine herhangi bir işlem yapılmadığında, fiberin matrisi içerisinde yabancı cisim gibi davrandığı, rezini



Grafik 1. Dört gruba ait artık monomer miktarı (%)

güçlendirmek yerine zayıflattığı bildirilmiştir<sup>11</sup>. Bağlantıyı artırmak için yapılan çalışmalarda fibri silan<sup>31</sup>, monomer (MMA)<sup>23</sup>, benzol peroksit<sup>13</sup> ve plazma<sup>25,29</sup> ile ıslatma önerilmiştir.

Mc Cabe ve Basker<sup>20</sup> metil metakrilat monomerinin dokuda irritasyona ve hassasiyete neden olduğunu rapor etmişlerdir. Dahl ve arkadaşları<sup>5</sup> aşırı MMA monomerinin hücrelerde toksisiteye, Ergün ve arkadaşları da<sup>8</sup> toksisite ve doku reaksiyonuna neden olduğunu bildirmişlerdir.

MMA tek başına toksik bir maddedir. Bu maddenin polimerize olmuş rezin içerisinde serbest kalmasının duyarlılığı yüksek olan bireylerde oral mukozada irritasyona, inflamasyona ve alerjik reaksiyonlara neden olduğu, toksik etki oluşturması için monomer miktarının belli bir limitin üstünde olması gerektiği ifade edilmiştir<sup>5,7,8</sup>. Artık monomer miktarını belirlemek için infrared spektroskopisi<sup>9</sup> ve kromatografi<sup>28</sup> yöntemleri kullanılmaktadır. Birçok araştırmacı çeşitli organik materyallerin tespitinde düşük konsantrasyonlardaki artık monomer miktarını hassas ve güvenli bir şekilde değerlendirebilen HPLC tercih etmişlerdir<sup>12,26,28</sup>.

Polimerizasyon işlemi artık monomer miktarını etkileyen önemli bir parametredir. Artık monomer miktarının azaltılması için toz/ sıvı oranına dikkat edilmesi, çok düşük ısıda ya da kısa sürede polimerizasyondan kaçınılması önerilmiştir<sup>2,5,7,23</sup>.

Artık monomer miktarı fiber uygulanmayan grupta ısı ile polimerize edilen örneklerde % 0.64, mikrodalga ile polimerize edilen örneklerde % 0.43 dür. Fiber ile güçlendirilen grupta ısı ile polimerizasyon yönteminde % 0.49, mikrodalga ile polimerizasyon

yonda % 0.87 dir. Çalışmamızda en düşük monomer miktarı, fiber uygulanmamış mikrodalga ile polimerize edilen akrilik rezin örneklerinde görüldü.

Fiberin artık monomer miktarına etkisini inceleyen çalışmalarda, fiberin artık monomer miktarını artırdığı belirtilmiştir<sup>2,21,33</sup>. Miettinen ve Vallittu<sup>21</sup> fiberin polimer matriks yapı ile impregnasyonu için fazla monomer kullanılması nedeniyle artık monomerin arttığını ifade etmişlerdir. Çalışmamızda fiberin, ısı ile polimerize edilen örneklerin artık monomerinde azalmaya, mikrodalga ile polimerizasyon yönteminde ise artmaya neden olduğu gözlemlendi. Mikrodalga ile polimerizasyon yöntemine ait bulgumuz çalışmacıları destekler niteliktedir. Buna karşın ısı ile polimerizasyon yönteminde fiberin artık monomerde azalmaya neden olduğunu belirten sonucumuz diğer bulgularla örtüşmemektedir. Bu gruba ait farklılığın, ön ısıtma işlemi uygulanmasından kaynaklandığı düşüncesindeyiz.

Polimerizasyon yöntemlerinin rezidüel monomer üzerine etkisini araştıran çalışmacılar mikrodalga ve ısı ile polimerize edilen örneklerin artık monomer sonuçlarını benzer bulmuşlardır<sup>1,28</sup>. Çalışmamız sonucunda fiber uygulanan ve uygulanamayan grupların artık monomer miktarı üzerinde ısı ve mikrodalga ile polimerizasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı belirlendi ( $p>0.05$ ).

Isı ile ve mikrodalga enerjisi ile polimerizasyon yöntemleri arasındaki fark monomer moleküllerinin polimer moleküllerine doğru hareket etme şeklidir. Isı ile polimerizasyon yönteminde monomer molekülleri dışarıdaki ısıya bağımlı olarak diğer moleküllerden aldığı enerji ile pasif hareket eder ve polimerizasyon sonunda, serbest radikallerin ve polimerizasyon ısısının azalması ile polimerleşmemiş monomer miktarı artar. Mikrodalga ile polimerizasyon yönteminde ise mikrodalgaların oluşturduğu elektromagnetik alandan dolayı MMA moleküllerinin yüksek aktivitede dönme hareketi sonucu rezinin içinde oluşan ısı ile monomer moleküllerinin aktivitesi artar ve kendi kendine ayarlanabilen polimerizasyon formu oluşur<sup>32</sup>. Böylece rezinin tam olarak polimerizasyonu gerçekleşir<sup>4,13,16,34</sup>. Compagnoni ve arkadaşları<sup>4</sup> mikrodalga ile polimerizasyon yönteminde daha fazla ısı oluştuğunu, moleküllerin hızlı hareketi sonucu polimerizasyon reaksiyonunun bütü-

nüyle tamamlandığını bu nedenle artık monomerin daha az olduğunu belirtmiştir.

ISO 1567 nolu standarda göre<sup>10</sup> ısı ile polimerize olan akrillerin artık monomer miktarı % 2.2 oranındadır. Değerlendirilen gruplardaki artık miktarları standart verilere uygundur. Bu sonuçlar doğrultusunda, rezidüel monomer salınımlarının klinik olarak güvenli sınırlar içerisinde olduğunu söyleyebiliriz. Ancak akrilik rezinlerden salınan monomer oral dokularda olumsuz etkiye sahip olduğu için açığa çıkan kimyasalların miktarını azaltacak metodlar uygulanmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Bartoloni JA, Murchison DF, Wofford DT, Sarkar NK. Degree of conversion in denture base materials for varied polymerization techniques. *J Oral Rehabil* 27: 488-493, 2000.
- Bayraktar G, Duran Ö, Güvener B. Effect of glass fibre reinforcement on residual methyl methacrylate content of denture base polymers. *J Dent* 31: 297-302, 2003.
- Chen SY, Liang WM, Yen PS. Reinforcement of acrylic denture base resin by incorporation of various fibers. *J Biomed Mater Res* 58: 203-208, 2001.
- Compagnoni MA, Barbosa DB, Souza RF, Pero AC. The effects of polymerization cycles on porosity of microwave-processed denture base resins. *J Prosthet Dent* 91: 281-285, 2004.
- Dahl OE, Garvik LJ, Lyberg T. Toxic effects of methyl methacrylate monomer on leukocytes and endothelial cells in vitro. *Acta Orthop Scand* 65: 147-153, 1994.
- Darbar UR, Huggett R, Harrison A. Denture fracture- a survey, *Br Dent J* 176: 342-345, 1994.
- Doğan A, Bek B, Çevik NN, Usanmaz A. The effect of preparation conditions of acrylic denture base materials on the level of residual monomer, mechanical properties and water absorption. *J Dent* 23: 313-318, 1995.
- Ergün G, Sağesen LM, Doğan A, Özkul A, Demirel E. Metilmetakrilat monomerlerinin primer insan gingival fibroblastları üzerine sitotoksik etkisinin in vitro olarak değerlendirilmesi. *GÜ Diş Hek Fak Der* 23: 97-103, 2006.
- Ertem G. Polietilen fiberle güçlendirilen akrilik rezinlerde farklı polimerizasyon yöntemlerinin artık monomer miktarına etkisinin in-vitro koşullarda değerlendirilmesi. *Doktora Tezi, Ankara, 2009.*
- International Standarts Organization. DIS 1567. (ISO). *Dentistry: Denture base polymers.* Genova, Switzerland, 1999.
- John J, Gangadhar SA, Shah I. Flexural strength of heat-polymerized polymethyl methacrylate denture resin reinforced with glass, aramid, or nylon fibers, *J Prosthet Dent* 86: 424-427, 2001.
- Kalıpçılar B, Karaağaçlıoğlu L, Hasanreisioğlu U. Evaluation of the level of residual monomer in acrylic denture base materials having different polymerization properties, *J Oral Rehabil* 18: 399-401, 1991.
- Kaplan R. Isı ve mikrodalga enerjisi ile polimerize olan akrilik kaide rezinlerine dental fiber sistemlerinin etkilerinin in vitro olarak değerlendirilmesi. *Doktora Tezi Ankara, 2002.*
- Karacaer Ö, Polat TN, Tezvergil A, Lassila LJ, Vallittu PK. The effect of length and concentration of glass fibers on the mechanical properties of an injection- and a compression-molded denture base polymer. *J Prosthet Dent* 90: 385-389, 2003.
- Kedjarune U, Charoenworakul N, Koontongkaew S. Release of methyl methacrylate from heat-cured and autopolymerized resins: Cytotoxicity testing related to residual monomer. *Aust Dent J* 44: 25-30, 1999.
- Keskin Y. Farklı yöntemlerle polimerizasyonu sağlanan akriliklerin bazı fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması olarak değerlendirilmesi. *Doktora Tezi, Ankara, 1993.*
- Kim SH, Watts DC. The effect of reinforcement with woven E-glass fibers on the impact strength of complete dentures fabricated with high-impact acrylic resin. *J Prosthet Dent* 91: 274-280, 2004.
- Lubin G. *Handbook of Fiberglass And Advanced Plastics Composites*, Van Nostrand Reinhold C, Inc, 142-811, 1969.
- Lung CYK, Darvell BW. Minimization of the inevitable residual monomer in denture base acrylic. *Dent Mater* 21: 119-128, 2005.
- Mc Cabe JF, Basker RM. Tissue sensitivity to acrylic resin. *Br Dent J* 140: 347-350, 1976.
- Miettinen VM, Vallittu PK. Release of residual methyl methacrylate into water from glass fibre-poly (methyl methacrylate) composite used in denture. *Biomaterials* 18: 181-185, 1997.
- Narva KK, Vallittu PK, Helenius H, Yli-Urpo A. Clinical survey of acrylic resin removable denture repairs with glass-fiber reinforcement. *Int J Prosthodont* 14: 219-224, 2001
- Pfeiffer P, Rosenbauer EU. Residual methyl methacrylate monomer, water sorption, and water solubility of hypoallergenic denture base materials. *J Prosthet Dent* 92: 72-78, 2004.
- Sadomori S, Ganefiyanti T, Hamada T, Arima T. Influence of thickness and location on the residual monomer content of denture base cured by three processing methods. *J Prosthet Dent* 72: 19-22, 1994.
- Samahzadeh A, Kugel G, Hurley E, Aboushala A. Fracture strengths of provisional restorations reinforced with plasma-treated woven polyethylene fiber *J Prosthet Dent* 78: 447-450, 1996.
- Shim JS, Watts DC. Residual monomer concentrations in denture-base acrylic resin after an additional, soft-liner, heat-cure cycle. *Dent Mater* 15: 296-300, 1999.
- Sofou, A, Tsoupi I, Emmanouil J. HPLC Determination of residual monomers released from heat-cured acrylic resins. *Anal Bioanal Chem* 381: 1336-1346, 2005.
- Takamata, T, Setcos, JC, Phillips RW, Boone, ME. Adaptation of acrylic resin dentures as influenced by the activation mode of polymerization. *J Am Dent Assoc* 119: 271-276, 1989.
- Urban VM, Cass QB, Oliveria RV, Giampaolo ET, Machado AL. Development and application of methods for determination of residual monomer in dental acrylic resins using high performance liquid chromatograph. *Biomed Chromatogr* 20: 369-376, 2006.
- Uzun G, Hersek N. Otopolimerizan akrilik rezinin dayanıklılığında plazma kaplı cam liflerin etkisi. *GÜ Diş Hek Fak Derg* 18: 53-57, 2001.

30. Vallittu PK, Miettinen V, Alakujala P. Residual monomer content and its release into water from denture base materials. Dent Mater 11: 338-342, 1995.
31. Vallittu PK. Curing of a silane coupling agent and its effect on the transverse strength of autopolymerizing polymethylmethacrylate-glass fibre composite. J Oral Rehabil 24: 124-30,1997.
32. Williamson DL, Boyer DB, Aquilino SA, Leary JM. Effect of polyethylene fiber reinforcement on the strength of denture base resins polymerized by microwave energy. J Prosthet Dent 72: 6135-6138,1994
33. Yılmaz H, Aydın C, Çağlar A, Yaşar A. The effect of glass fiber reinforcement on the residual monomer content of two denture base resins. Quintessence Int 34: 148-153, 2003.
34. Yunus N, Harrison A, Huggett R. Effect of microwave irradiation on flexural strength and residual monomer levels of an acrylic resin repair material. J Oral Rehabil 21: 641-648, 1994.

### **Yazışma Adresi**

Prof. Dr. Özgül KARACAER

Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ankara

e-posta: ozgulkaracaer1@yahoo.com