

POLİMERLERDE ARTIK MONOMER KONSANTRASYONU ÜZERİNE İLAVE ISI UYGULAMASININ ETKİSİ

THE EFFECT OF ADDITIONAL HEAT TREATMENT ON RESIDUAL MONOMER CONCENTRATION OF POLYMERS

Gökçe MERİÇ¹

ÖZET

Amaç: Silika-cam fiberler ile güçlendirilmiş polimerlerde, artık monomer konsantrasyonu ile güçlendirilmemiş polimerlerde, polimerizasyon sonrası ilave ısı uygulamasının artık monomer miktarı üzerine etkilerinin yüksek performans likit kromatografi (HPLC) yöntemi kullanılarak belirlenmesidir.

Gereç ve Yöntem: İki farklı rezin karışımı (Rezin A ve B); polimetilmetakrilat ve metilmetakrilat'a farklı çapraz bağlantı ajanları, ethylene-glycol-dimethacrylate ve 1,4-butanediol-dimethacrylate (Rezin A); diethylene-glycol-dimethacrylate (Rezin B) eklenmesi ile hazırlanmıştır. Fiber ile güçlendirme amacıyla silika-cam fiberler kullanılmıştır. Test örnekleri hazırlandıktan sonra fiber ile güçlendirilmemiş polimer örnekler, üçer gruba ayrılmıştır. Üçte biri polimerizasyondan hemen sonra 30 dk süre ile 130°C'lik fırında tutulmuştur. Diğer üçte birlik kısım polimerizasyondan iki hafta sonra aynı şekilde 30 dk 130°C'lik fırında bekletilmiştir. Kalan üçte birine ve fiberle güçlendirilmiş gruptaki örneklere ayrıca herhangi bir uygulama yapılmamıştır. Daha sonra tüm örnekler HPLC yöntemi ile analiz edilmiştir.

Bulgular: Fiberle güçlendirilmemiş örneklerde, her iki rezin karışımında da ilave ısı uygulamasının artık metilmetakrilat miktarını anlamlı oranda arttırdığı izlenmiştir. Polimerizasyonun hemen ardından ilave ısı uygulanan grup ile 2 hafta sonra ilave ısı uygulanan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Fiber ile güçlendirilmiş örnekler güçlendirilmemişler ile karşılaştırıldığında, artık metilmetakrilat miktarının güçlendirilmiş örneklerde daha az olduğu tespit edilmiştir. Fiber ile güçlendirilmiş iki farklı polimer arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Sonuç: Çalışmada değerlendirilen polimerlerde, düşük konsantrasyonda artık monomer tespit edilirken, fiberle güçlendirmenin de artık monomer konsantrasyonunu arttırmadığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Polimer, artık monomer, HPLC, ısı etkinliği, polimerizasyon

SUMMARY

Objective: To evaluate the quantities of residual monomer of silica-glass fiber reinforced polymers and the effect of additional heat treatment to the quantities of residual monomer of unreinforced polymers by high performance liquid chromatography (HPLC).

Material and Method: Two resin mixtures (Resin A and B), based on poly (methyl) methacrylate and methyl methacrylate, were produced with two different crosslinking agent systems; ethylene-glycol-dimethacrylate and 1,4-butanediol-dimethacrylate (Resin A); diethylene-glycol-dimethacrylate (Resin B). Silica-glass fibers were chosen for reinforcement. Following the preparation of test specimens, onethird of the specimens with unreinforced polymers received an additional heat treatment at 130°C for 30 min after polymerization, and another third received an additional heat treatment in 2 weeks. The remaining one-third of the test specimens and the specimens with reinforced polymers have not received any additional heat treatment. All the specimens were analyzed by HPLC.

Results: Additional heat treatment resulted by a significant increase of residual methy methacrylate (MMA) regardless of whether the heat treatment was given immediately or 2 weeks following polymerization. The residual MMA monomer content of the fiber reinforced polymers was less than the residual MMA monomer content of unreinforced polymers. There was no significant difference between fiber reinforced polymer groups.

Conclusion: It was found that polymers investigated in this study had minor quantities of residual MMA monomer content and the residual monomer contents were not increased by the fiber reinforcement.

Key Words: Polymer, residual monomer, HPLC, thermal effect, polymerization

Makale Gönderiliş Tarihi : 22.06.2009

Yayına Kabul Tarihi : 26.10.2009

¹Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı, Öğretim Görevlisi, Dr.

GİRİŞ

Polimerler; özellikle de polimetilmetakrilat (PMMA), diş hekimliğinde yüksek klinik performansları, mükemmel görünümü, doku uyumu, uygulanabilme kolaylığı ve tamir kolaylığı gibi nedenlerle yaygın olarak kullanılmaktadır^{24,22}. Ancak çarpma dayanıklılığı, yorulma direnci ve transverse dayanıklılık gibi mekanik özelliklerinin zayıf olması en önemli dezavantajlarıdır⁶.

Endüstride birçok alanda olduğu gibi, dişhekimliğinde de kullanılan polimerlerin içerisine değişik tip ve yapıda fiberler eklenerek mekanik ve fiziksel özellikleri artırılmaktadır^{11,12, 26}.

Silika cam fiberler ile güçlendirilmiş polimerlerin mekanik, biyolojik ve fizikokimyasal özellikleri değerlendirildiğinde; diş hekimliğinde başarıyla kullanılabilecekları gösterilmiştir¹⁴⁻¹⁸.

Polimer tanımlaması, basitçe tek bir molekülün yani monomerin, birbirini tekrar ederek ve birbirine kimyasal yoldan bağlanarak oluşturduğu büyük molekülü ifade etmektedir. Bu reaksiyon dizisi polimerizasyon olarak adlandırılmaktadır. Polimerlerin mekanik özellikleri kimyasal yapısı içine çapraz bağlantı ajanları eklenerek artırılabilir²⁰. Çapraz bağlantı ajanlarının en önemli avantajı sonuç polimerinin küçük yüzey çatlaklarına karşı büyük direnç göstermesidir²¹.

Polimerizasyon tekrarlanan bir reaksiyon olup sonsuza dek devam edebilir. Reaksiyon zinciri hiçbir zaman tamamlanmaz, kütle içinde daima bir miktar artık monomer kalır. Kalan artık monomer miktarı maddenin fiziksel özelliklerini değiştirebildiği gibi, maddenin biyoyoumluluğunu da etkileyebilmektedir. Artık monomer, oral mukozada irritasyon, enflamasyon ve alerjik reaksiyonlara sebep olabilir^{5,8}. Metilmetakrilat monomerinin (MMA) polimerizasyonunun ardından ortamda farklı miktarlarda artık monomer oluşur. Artık monomerin miktarı esas olarak polimerizasyon esnasında uygulanan ısıya bağlıdır. Yüksek ısılarda, özellikle de cam dönüşüm sıcaklığının üzerindeki ısı değerlerinde artık MMA monomer miktarının % 1'in altında olduğu bildirilmiştir⁴.

Tuusa ve arkadaşları²⁸, cam fiberle güçlendirilmiş polimerlerde artık monomer konsantrasyonunu yüksek performans likit kromatografi (HPLC) yön-

temi ile değerlendirmiş ve kütleli olarak % 0,55 olarak belirlemiştir.

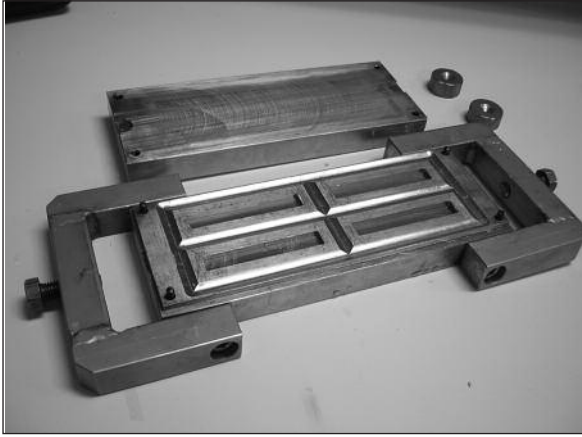
Polimerlerde artık monomer konsantrasyonunu düşürmek amacıyla polimerizasyon sonrası ilave ısı uygulaması veya mikrodalga ışını uygulamaları gibi çalışmalar yapılmıştır^{2,29,31}. Akrilik rezin protezlerin sebep olabileceği olası duyarlılık ve alerjik reaksiyon riskini azaltmak için protezlerin polimerizasyonunu takiben sıcak su (50 °C) içerisinde bir saat süre ile bekletilmesi önerilmiştir². Polimerizasyonu takiben ilave ısı uygulamasının polimerin cam dönüşüm sıcaklığını arttırdığı bildirilmiştir⁷. Böylece polimerin artık monomer konsantrasyonunun da düşürülebileceğine değinilmiştir²⁹.

Bu çalışmanın amacı silika cam fiberler ile güçlendirilmiş polimerlerde artık monomer konsantrasyonu ile güçlendirilmemiş polimerlerde, polimerizasyonu takiben ilave ısı uygulamasının artık monomer miktarı üzerine etkilerinin HPLC yöntemi kullanılarak belirlenmesidir.

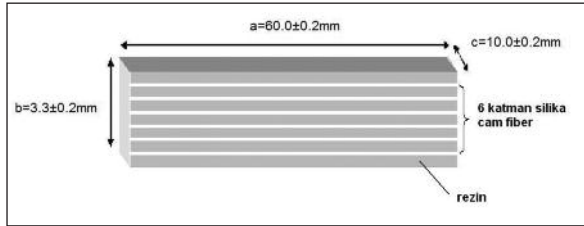
MATERYAL ve METOD

İki farklı rezin karışımı; PMMA (Aldrich, Almanya) ve MMA (Aldrich, Almanya)'ya iki farklı çapraz bağlantı ajanı eklenmesi ile hazırlandı. Rezin A solüsyonu çapraz bağlantı ajanı olarak Ethylene glycol dimethacrylate (EGDMA) (Aldrich, Steinheim, Germany) ve 1,4-Butanediol dimethacrylate (1,4-BDMA) (Aldrich, Almanya) içerirken, Rezin B solüsyonu Diethylene glycol dimethacrylate (DEGDMA) (Aldrich, Almanya) içeriğine sahiptir. Rezin hamuru 9:1 oranında, solüsyon (A veya B) ve benzoyl peroksit (BPO) (Fluka Chemika, İsviçre) içeren kopolimer, poly (vinyl chloride-covinylacetat) (Aldrich, Almanya), tozundan hazırlandı. Çalışmada, fiber ile güçlendirme amacıyla, rezin örneklerin içerisine silanlanmış silika-cam fiber (Enka, Almanya) sistemi yerleştirildi¹⁵.

Isı ile sertleşen güçlendirilmiş ve güçlendirilmemiş polimer örnekler, paslanmaz çelik muflalar (Resim 1) içerisinde 3.3 ± 0.2 mm x 10.0 ± 0.2 mm x 64.0 ± 0.2 mm, boyutlarında hazırlandı. Örgü şeklindeki fiberler 10.0 ± 0.2 mm x 64.0 ± 0.2 mm, boyutlarında kesilerek bir örnek içerisinde, aralarda polimer olacak tarzda 6 katman halinde mufla içerisine yerleştirildi ve preslendi (Resim 2). Örneklerin



Resim 1. Örneklerin hazırlandığı paslanmaz çelik mufla



Resim 2. Hazırlanan örneklerin şematik görüntüsü

hazırladığı muflalar soğuk su içerisine konuldu, su sıcaklığı 70 °C'ye çıktıktan sonra, bu ısıda 90 dk tutuldu. Daha sonra suyun sıcaklığı 100 °C'ye çıkarıldı, ve bu ısıda 1 saat beklendi. Hazırlanan test grupları ve gruplardaki örnek sayıları Tablo I'de gösterildi.

Fiberle güçlendirilmiş test örneklerindeki fiber miktarı, Grup 3 ve 4'ten 2'şer örnek 600 °C'de 60 dakika tutulmak sureti ile ve gravimetrik analiz ile tespit edildi.

Test örnekleri hazırlandıktan sonra Grup 1 ve 2'deki örnekler, üçer alt gruba (her bir alt gruptaki örnek sayısı 3 olacak şekilde) bölündü. Üçte biri polimerizasyondan hemen sonra 30 dk süre ile 130 °C'lik fırında tutuldu. Diğer üçte birlik kısım polimerizasyondan iki hafta sonra aynı şekilde 30 dk 130 °C'lik fırında tutuldu. Kalan üçte bire ve Grup 3 ve 4'teki örneklere herhangi bir ilave ısı uygulaması yapılmadı. Daha sonra tüm örnekler HPLC yöntemi ile analiz edildi.

Artık MMA monomer miktarının belirlenmesi için HPLC (Shimadzu – LC 10, Kyoto, Japan; reversed phase column; Chrompack, 5 µm ODS) kullanılmıştır. Hazırlanan örnekler volumetrik (10 ml) cam şişenin boynundan sığabilecek kadar küçük parçalara bir çekiç yardımıyla bölündü ve 8 saat süreyle aseton içerisinde kısmen eritildi. Analizden önce karışım manyetik karıştırıcı ile çalkalandı.

Sonuçlar independet/sample t-testi ile SPSS (Statistical Package for the Social Sciences for Windows, 13.0.1, IL, ABD) bilgisayar programı kullanılarak değerlendirildi. Değerlendirme $p < 0.05$ anlamlılık düzeyinde yapıldı.

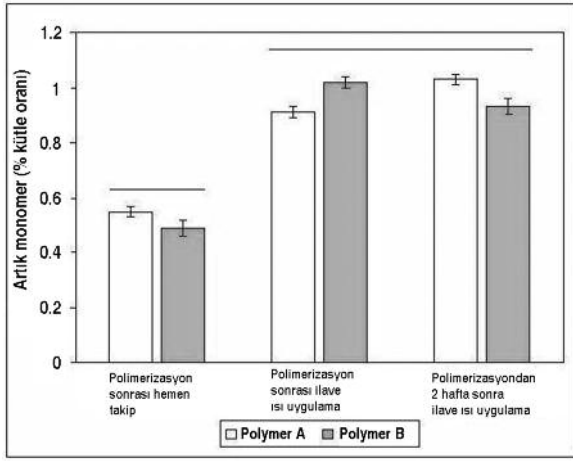
BULGULAR

Fiberle güçlendirilmiş örneklerdeki fiber miktarı, gravimetrik analiz sonucunda % kütle oranı 39.6 ± 1.8 olarak belirlenmiştir.

Artık çapraz bağlantı ajanları ve artık vinyl chloride monomer miktarı HPLC ile ölçülebilir veya saptanabilir miktarda bulunamamıştır. Fiberle güçlendirilmemiş örneklerdeki artık MMA monomer miktarı Resim 3'de gösterilmiştir. İlave ısı uygulaması ile artık MMA miktarının anlamlı oranda arttırdığı görül-

Tablo I. Çalışmada kullanılan gruplar ve örnek sayıları

Uygulama Gruplar	Polimerizasyon sonrası hemen takip (n)	Polimerizasyon sonrası ilave 30 dakika ısı uygulama (n)	Polimerizasyondan 2 hafta sonra ilave 30 dakika ısı uygulama (n)	Fiber konsantrasyonu analizi (n)
Grup I (Rezin A)	3	3	3	
Grup II (Rezin B)	3	3	3	
Grup III (fiberle güçlendirilmiş Rezin A)	3			2
Grup IV (fiberle güçlendirilmiş Rezin B)	3			2



Resim 3. Güçlendirilmemiş polimerlerde artık monomer miktarı (% kütle oranı)

müşür. Polimerizasyonun hemen ardından ilave ısı uygulanan grup ile 2 hafta sonra ilave ısı uygulanan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p > 0.05$).

Fiber ile güçlendirilmiş örnekler güçlendirilmemişler ile karşılaştırıldığında, artık MMA miktarının güçlendirilmiş örneklerde daha az olduğu tespit edilmiştir. Grup 3'teki artık MMA miktarı 0.37 ± 0.02 (% kütle), Grup 4 teki ise 0.36 ± 0.1 (% kütle) dir. İki grup arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p > 0.05$).

TARTIŞMA

Akrilik rezinle hazırlanmış protezlerde yıllar sonra bile artık monomer tespit edilebilmektedir^{1,25}. Artık monomer miktarının düşük olması materyalin biyoyumluluğu açısından olduğu kadar mekanik özellikleri açısından da oldukça önemlidir. Artık monomer plastizer etkisi göstererek mekanik özellikleri daha zayıf polimerlerin oluşmasına sebep olabilir³⁰. Artık monomer miktarının düşük olması ile materyalin oral kavitede kullanım ömrü çok daha uzun olacaktır.

Bu çalışmada, artık monomer konsantrasyonu tespitinde HPLC yöntemi uygulanmıştır. Kromatografi, çözücü ve ayırt edici ortam kullanarak çözünen madde karışımını bileşenlerine ayırma metodudur. Bu yöntem kullanılarak fiziksel ve kimyasal özellikleri oldukça benzer olan bileşenlerden

oluşan karışımları, kısa sürede tamamıyla ve kolayca ayırmak mümkün olabilmektedir. HPLC, sahip olduğu gelişmiş pompa sistemiyle yüksek basınçlara çıkarak, istenilen akış hızında ayırma yapabilen bir kromatografi sistemidir. Duyarlılığı, doğru kantitatif tayinlere kolaylıkla uyarlanabilir olması, uçucu olmayan ve sıcaklıkla kolayca bozulabilen maddelerin ayrılmasına uygun olması gibi avantajları vardır. Bu cihazda herhangi bir çözücüde çözünebilir tüm maddelerin analizi yapılabilmektedir. Böylelikle hem kantitatif hem de kalitatif belirleme yapmak mümkün olabilmektedir. HPLC analizlerinde karışım halindeki örnek mobil faz ile kolondan geçirilip bileşenlerine ayrılarak dedektörde analizlenir^{19,23}.

Örnekler HPLC ile analiz edilmeden önce aseton içerisinde kısmen eritildi. Artık monomer miktarının tespitinde distile su, tükrük, etanol, methanol gibi farklı çözücüler kullanılabilir. Çapraz bağlı rezinler genellikle çözünmez maddelerdir²⁷. Bu maddelerin çözünebilmesi için ancak aseton gibi çok güçlü çözücülere ihtiyaç vardır.

Çalışmada kullanılan ve standart boyutlarda hazırlanan örnekler HPLC analizi için gerekli küçük parçacık boyutlarına getirilmiştir. Başlangıç boyut standardizasyonunun bir amacı örneklerdeki fiber konsantrasyonu tespitinin doğru yapılabilmesi, bir diğer sebebi de örneklerin tamamının aynı fiziksel ve kimyasal içerikte hazırlanabilmesidir. Standart boyutlarda hazırlanan polimer örneklerin daha sonra analiz için küçük parçalara bölünmesinde çekiç kullanılmamasının sebebi, frezin sebep olabileceği ısı oluşumuna ve dolayısıyla oluşabilecek depolimerizasyona engel olabilmektir.

Polimerizasyonu takiben açığa çıkan artık monomer miktarının polimerizasyon ısısı ve süresine bağlı olarak değiştiği gösterilmiştir³⁰. Bu nedenle polimerizasyon ısısı ve süresi materyalin biyoyumluluğunu da etkilemektedir¹⁰. 70 °C'de 90 dk, takiben 100 °C'de 60 dk polimerizasyonun ardından polimerlerdeki artık monomer miktarının kütle oranının 0.05 ten daha az olduğu gösterilmiştir³⁰. Çalışmamızda tarif edilen polimerizasyon prosedürü izlenmiştir. Protez kaide polimerleri için ISO standartlarında artık monomer miktarının kütle oranının 2.2'nin altında olması gerektiği bildirilmiştir⁹. Her iki polimer için de

artık monomer miktarı belirtilen limitin altındadır.

Artık monomer, tamamlanmayan polimerizasyon reaksiyonlarının sonucu olarak polimerin kimyasal bir özelliğidir. Dolayısıyla fiberle güçlendirilmiş polimer örneklerde de ilave ısı uygulamasının artık monomer üzerine etkisi, polimer yapısı ile ilişkilendirileceğinden, güçlendirilmemiş örneklerdeki gibi olacaktır. Bu nedenle güçlendirilmiş örneklerde ilave ısı uygulaması yapılmamıştır.

İki farklı rezin karışımı (Rezin A ve B) farklı çapraz bağlantı ajanları kullanılarak hazırlanmıştır. Farklı çapraz bağlantı ajanları, polimerlere farklı mekanik özellikler kazandırır²⁰. Ancak polimerik materyallerin artık monomer miktarları değerlendirildiğinde elimizdeki veriler ışığında materyaller arasında bir fark gözlenmemiştir. Polimerizasyondan sonra, artık çapraz bağlantı ajanları HPLC ile incelendiğinde, her iki polimerde de ölçülebilir veya saptanabilir miktarda bulunamamıştır.

Çalışmamızda fiberle güçlendirilmiş örneklerde yaklaşık % 40 kütle oranında fiber kullanılmıştır. Bu örneklerde rezin oranındaki azalmaya bağlı olarak artık monomer miktarı da azalmıştır. Bayraktar ve arkadaşları³ ısı ile polimerize olan rezinlerde artık monomer miktarının polimerizasyon süresindeki artışa bağlı olarak azaldığını ancak fiberle güçlendirmenin bu sonucu herhangi bir şekilde değiştirmedini göstermişlerdir.

Çalışmada incelenen materyallerin artık monomer miktarının az olması materyalin biyouyumluluğunun iyi olduğunun da bir göstergesidir. Fiberle güçlendirilmiş polimerlerde; fiber, polimerin mekanik özelliklerini arttırırken, artık monomer açısından değerlendirildiğinde biyouyumluluğu üzerinde herhangi bir negatif etkiye sebep olmamaktadır.

Polimerizasyonun ardından ilave ısı uygulanmış örneklerde artık monomer miktarında, cam dönüşüm ısısının artışına bağlı olarak, düşme olacağı beklenmekteydi. Ancak ilave ısı uygulanan örneklerde artık MMA miktarının arttığı görülmüştür. Artan MMA miktarının depolimerizasyon ve termal degradasyonun bir sonucu olduğu düşünülmektedir. 100 °C'nin üstünde PMMA'nın depolimerizasyonu ve termal degradasyonunun gerçekleştiği bilinmektedir¹³. Bu nedenle polimer bazlı protetik restorasyonlar

hazırlanırken, polimerizasyonu takiben herhangi bir ilave ısı uygulaması önerilmemektedir. Özellikle yüksek ısılarla maruz kalmamalarına dikkat edilmesi gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Çalışmanın HPLC analizi aşamasındaki katkılardan dolayı NIOM (Nordic Institute of Dental Materials) Enstitüsü malzeme kalite yöneticisi Sayın Inger S. Kleven'e sonsuz teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

1. Austin AT, Basker RM. The level of residual monomer in acrylic denture base materials with particular reference to a modified method of analysis. *Br Dent J* 149: 281-286, 1980.
2. Baker S, Brooks SC, Walker DM. The release of residual monomeric methyl methacrylate from acrylic appliances in the human mouth: an assay for monomer in saliva. *J Dent Res* 67: 1295-1299, 1988.
3. Bayraktar G, Duran O, Güvener B. Effect of glass fibre reinforcement on residual methyl methacrylate content of denture base polymers. *J Dent* 31: 297-302, 2003.
4. Büyükyılmaz S, Ruyter IE. The effects of polymerization temperature on the acrylic resin denture base-tooth bond. *Int J Prosthodont* 10: 49-54, 1997.
5. Çalikkocaoğlu S. Tam Protezler. İstanbul, 1998, 532-536.
6. De Boer J, Verwilyen SG, Brady RE. The effect of carbon fiber orientation on the fatigue resistance and bending properties of two denture resins. *J Prosthet Dent* 51: 119-121, 1984.
7. Ferracane JL, Condon JR. Post-cure heat treatments for composites: properties and fractography. *Dent Mater* 8: 290-295, 1992.
8. Huang FM, Tai KW, Hu CC, Chang YC. Cytotoxic effects of denture base materials on a permanent human oral epithelial cell line and on primary human oral fibroblasts in vivo. *Int J Prosthodont* 14: 439-443, 2001.
9. ISO 1567. Dentistry – Denture base polymers. Geneva: International Organisation for Standardization, 1999.
10. Jorge JH, Giampaolo ET, Machado AL, Vergani CE. Cytotoxicity of denture base acrylic resins: a literature review. *J Prosthet Dent* 90: 190-193, 2003.
11. 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.
12. Ladizesky NH, Ho CF, Choe TW. Reinforcement of complete denture bases with continuous high performance polyethylene fibers. *J Prosthet Dent* 68: 934-939, 1992.
13. McNeill C. A study of the thermal degradation of methyl methacrylate polymers and copolymers by thermal volatilization analysis. *Eur Polym J* 4: 21-30, 1968.
14. Meriç G, Dahl JE, Ruyter IE. Cytotoxicity of silica-glass fiber reinforced composites. *Dent Mater* 24: 1201-1206, 2008.
15. Meriç G, Dahl JE, Ruyter IE. Physicochemical evaluation of si-

- lica-glass fiber reinforced polymers for prosthodontic applications. Eur J Oral Science 113: 258-264, 2005.
16. Meriç G, Ruyter IE. Bond strength between a silica-glass fiber reinforced composite and artificial polymer teeth. Acta Odont Scand 65:306-312, 2007.
 17. Meriç G, Ruyter IE. Effect of thermal cycling on composites reinforced with two differently sized silica-glass fibers. Dental Mater 23: 1157-1163, 2007.
 18. Meriç G, Ruyter IE. Influence of thermal cycling on flexural properties of composites reinforced with unidirectional silica-glass fibers. Dent Mater 24: 1050-1057, 2008.
 19. Moharamzadeh K, Van Noort R, Brook IM, Scutt AM. HPLC analysis of components released from dental composites with different resin compositions using different extraction media. J Mater Sci Mater Med 18:133-137, 2007.
 20. Øysæd H, Ruyter IE. Creep studies of multiphase acrylic systems. J Biomed Mater Res 23: 719-733, 1989.
 21. Øysæd H, Ruyter IE. Formation and growth of crazes in multiphase acrylic systems. J Materials Sci 22: 3373-3378, 1987.
 22. Phoenix RD. Denture base resins: Anusavice KJ. Phillips Science of Dental Materials. Philadelphia, PA: Elsevier Science, 2003, 721-757.
 23. Polydorou O, Trittler R, Hellwig E, Kümmerer K. Elution of monomers from two conventional dental composite materials. Dent Mater 23: 1535-1541, 2007.
 24. Ruyter IE, Øysæd H. Conversion in denture base polymers. J Biomed Mater Res 16: 741-754, 1982.
 25. Sadamori S, Shigeto N, Hamada T, Okuda K. A method of determining residual monomer in acrylic resin using methyl ethyl ketone. Aust Dent J 35: 509-513, 1990.
 26. Solnit GS. The effect of methyl methacrylate reinforcement with silane/treated and untreated glass fibers. J Prosthet Dent 66: 310-314, 1991.
 27. Spahl W, Budzikiewicz H, Geurtsen W. Determination of leachable components from four commercial dental composites by gas and liquid chromatography/mass spectrometry. J Dent 26: 137-145, 1998.
 28. Tuusa SM, Puska MA, Lassila LV, Vallittu PK. Residual monomers released from glass-fibre-reinforced composite photopolymerised in contact with bone and blood. J Mater Sci Mater Med 16: 15-20, 2005.
 29. Vakiarta M, Puska M, Vallittu PK. Residual monomers and degree of conversion of partially bioresorbable fiber-reinforced composite. Acta Biomater 2: 29-37, 2006.
 30. Vallittu PK, Ruyter IE, Büyükyılmaz S. Effect of polymerization temperature and time on the residual monomer content of denture base polymers. Eur J Oral Sci 106: 588-593, 1998.
 31. Yunus N, Harrison A, Huggett R. Effect of microwave irradiation on the flexural strength and residual monomer levels of an acrylic resin repair material. J Oral Rehabil 21: 641-648, 1994.

Yazışma Adresi

Dr. Gökçe MERİÇ

Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı, Kıbrıs

e-posta: gokcemerich@yahoo.com