

SİLANLA KAPLANAN VE GAMMA IŞINI UYGULANAN ÇOK YÜKSEK MOLEKÜL AĞIRLIKLIL POLİETİLEN ÖRGÜ FİBERLE GÜÇLENDİRİLEN AKRİLİK REZİNLERİN BÜKÜLME DAYANIKLILIĞI**FLEXURAL MODULUS OF ACRYLIC RESINS REINFORCED WITH GAMMA-IRRADIATED AND SILANE COUPLED WOVEN ULTRA-HIGH MOLECULAR WEIGHT POLYETHYLENE FIBER***Orhan Murat DOĞAN***Özgül KARACAER†**Teoman TİNÇER‡***ÖZET**

Amaç: Poli(metil metakrilat) rezinler, protez kaide materyali olarak yaygın kullanılmalarına rağmen, bükülme ve çarpma dayanıklılıkları gibi bazı mekanik özellikleri hala yeterli değildir. Akrilik rezini güçlendirmek için çeşitli fiberler geliştirilmiştir. Bu çalışmanın amacı, silan kaplama ajanlarının varlığında, gamma ışınları uygulanan çok yüksek molekül ağırlıklı polietilen örgü fiberle desteklenen akrilik rezinlerin bükülme dayanıklılıklarını değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntem: Bir tabaka örgü fiber, aktif oksidize merkezler yaratmak için gamma ışın kaynağı ile ışınlandı. Bunlara, aynı zamanda, akrilik rezinle daha iyi adezyon sağlamak için iki farklı silan kaplama ajanı uygulandı. Aynı anda 9 örneğin oluşturulabildiği özel yapılmış paslanmaz çelik kalıpta 60 x 7 x 4 mm boyutlarında 10 farklı akrilik örnek grubu hazırlandı. Uygun boyutlarda ve farklı işlemlere tabi tutulan tek tabaka örgü fiber akrilik hamurun yaklaşık ortasına yerleştirildi. Polimerizasyon sonrası fiber içeren ve içermeyen rezin örneklerin bükülme modülü üç nokta eğme testi ile incelendi. Elde edilen değerler istatistiksel olarak değerlendirildi.

Bulgular ve Sonuç: Silan kaplama ajanlarının bükülme dayanıklılığını artırdığı bulundu. En iyi sonuçlar VTMOEO silanlı ve 30 kGy dozda gamma ışını uygulanan çok yüksek molekül ağırlıklı polietilen örgü fiber içeren örneklerde görüldü. MEMO silan uygulanmayan fiber içeren örneklerde aktif olmadığı görüldü.

Anahtar kelimeler: Bükülme modülü, polietilen fiber, akrilik rezin

SUMMARY

Objective: Although poly(methyl methacrylate) resins are used widely as denture base material, some of their mechanical properties such as flexural and impact strength are still unsatisfactory. Various fibers have been developed for reinforcement of acrylic resin. The aim of this study is to evaluate the flexural moduli of gamma irradiated ultra high molecular weight polyethylene woven fiber reinforcing acrylic resins in the presence of silane coupling agents.

Material and Method: One layer of woven fiber was irradiated with a gamma-ray source to create active oxidized centers in ultra high molecular weight polyethylene cloth. These were also treated with two different silane coupling agents to provide further adhesion with acrylic resin. 10 different sets of acrylic samples were prepared with dimensions of 60 x 7 x 4 mm in a specially built steel mold which can hold 9 samples at a time. A single layer of woven fiber subjected to different treatment and in suitable sizes was placed approximately in the middle of the thickness of acrylic dough. After polymerization, flexural moduli of resin samples containing fiber and also blank acrylic samples were studied by three point bending test. The values obtained were analysed statistically.

Results and Conclusion: Silane coupling agents were found to improve the flexural moduli. The best results were seen in samples reinforced with ultra high molecular weight polyethylene woven fiber irradiated with a dose of 30 kGy and coupled VTMOEO silane while MEMO silane seemed to be inactive on samples including gamma irradiated fiber.

Key words: Flexural modulus, polyethylene fiber, acrylic resins

Makale Gönderiliş Tarihi : 14.01.2005

Yayın Kabul Tarihi: 14.02.2005

* İçişleri Bakanlığı, Sağlık Servisi, Doç. Dr.

† Gazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Prof. Dr.

‡ Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Prof. Dr.

GİRİŞ

Akrilik rezinler kimyasal stabiliteyi, tatminkar ısıl özellikleri, estetik görünüm ve manipülasyon kolaylığı nedeniyle, protez kaide materyali olarak uzun süreden beri kullanılmaktadır. Ancak, özellikle bükülme ve çarpma dayanıklılıklarındaki mekanik yetersizlikler kolayca kırılmalarına ve dolayısıyla klinik başarısızlıklara yol açmaktadır^{1,25}.

Fonksiyon sırasında oluşan kuvvetler altında tekrarlanan esnemelerin yorulma başarısızlığı oluşturduğu gösterilmiştir^{3,12,17}. Bu durum poli(metil metakrilat) (PMMA) rezinin bükülme dayanıklılığının artırılması gereğini açıkça ortaya koyar. Fleksibilite sağlayan daha yüksek metakrilat esterlerle metil metakrilatın kopolimerizasyonu, çapraz bağlantı ajan ilavesi ve lastik fazın dahil olduğu bazı kimyasal yaklaşımlarla, orijinal materyali düzeltmek ve daha iyi ürün sağlamak üzere PMMA rezin modifiye edilmiştir^{3,22,25}.

Son yıllarda fiber endüstrisindeki hızlı gelişmeye paralel olarak, akrilik rezinlerin fiberle güçlendirme çalışmalarında artış görülmektedir. Akriliğe fiber ilavesinin, rezinin bükülme dayanıklılığını artırdığı ve özellikle üst tam protezlerde orta hat kırıklarının azalttığı bildirilmiştir^{10,14,16}.

Bu tür uygulamalarda, fiberlerin idealde olabildiğince protez kaide yüzeyine paralel olacak şekilde stratejik düzenlenmesi, çekme kuvvetleri altında doğru konumlandırılması etkinlik yönünden önemlidir. Örgü fiberler, yerleşim ve oryantasyonun aynı anda kontrol edilebilmesi ve yüksek içerikle kaideyi daha iyi güçlendirmesi gibi avantajlara sahiptir¹. Uygulama alanı bulan değişik fiberler arasında çok yüksek molekül ağırlıklı polietilen örgü fiberler (UHMWPE) (ultra high molecular weight polyethylene), doğal renk, düşük yoğunluk ve biyouyumlularının yanısıra, kimyasal olarak tepkisiz, çözücülere karşı direnç ve hidrofobik özellikleriyle de öne çıkmaktadır^{3,5,7,10,11,16-18,20,21}. Ancak, polar grupların eksikliği ve düşük yüzey enerjileri nedeniyle yeterli ıslanabilme özelliği taşımamalarının, iki materyal arasında bağlantı başarısızlığına yol açtığı belirtilmiştir². Ara yüz bağlantısını düzeltmek üzere kimyasal oksidasyon¹⁵, elektrik plazma işlemi^{2,14}, ekstra akrilik monomer kullanımı^{5,23} ve kimyasal kaplama ajanlarının^{2,14} uygulanmasını içeren pek çok teknikten yararlanılmıştır.

Bu çalışmanın amacı UHMWPE örgü fiberle güçlendirilen PMMA yapısının bükülme modülünde, gamma ışınlama ve silan kaplama ajanlarının etkisini yeni bir deneysel teknikte araştırmaktır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada test materyali olarak ısıyla polimerize edilen PMMA rezin (Meliodent, Bayer Dental, Newbury, Berkshire, U.K.) ve yüzeyinde herhangi bir işlem yapılmamış, örgü formunda çok yüksek molekül ağırlıklı polietilen fiber (UHMWPE) (Dyneema SK66, DSM High-performance fibers B.V. Netherlands) kullanıldı. Üretici firma tarafından bildirilen fiber özellikleri şöyledir: Tek fiber için elastisite modülü 95 GPa; çekme dayanıklılığı 3000 MPa; fiber yoğunluğu 0.97g/cm³.

PMMA rezinin bükülme modülünde gamma ışınlama ve silan kaplama ajanlarıyla işleme tabi tutulan UHMWPE örgü fiberin etkisini görmek için, her biri 9 standart örnekten oluşan 10 farklı grup oluşturuldu. Bu örneklerin tasarımı ve kodlaması Tablo I de verilmiştir. Sonuçların karşılaştırılmasında tamamen PMMA dan oluşan grup (A) ve hiçbir işlem görmeden, doğrudan PMMA ya yerleştirilen UHMWPE içeren grup (B) esas alındı.

Tablo I. Örnek grupların tasarımı.

| Örnek sembolü | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|---------------|------------|------|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| İçerik | Tamamen PE | PE | PE | PE | PE | PE | PE | PE | PE | PE |
| ve işlem | akrilik | örgü | örgü | örgü | örgü | örgü | örgü | örgü | örgü | örgü |
| | | | MEMO | VTMOEO | 20kGy | 20kGy | 30kGy | 30kGy | 20kGy | 30kGy |
| | | | | | | | MEMO | MEMO | | VTMOEO |
| | | | | | | | | | | VTMOEO |

n=9

UHMWPE örgü fiber, özel makası ile (Tipo, Spezial Stahl, Solingen, Germany) 60 x 7 mm boyutlarında tek tabaka olarak (yaklaşık 0.5 mm kalınlıkta) test örneklerine uygun kesildi. Bu örgü fiberlerin gamma ışınlaması 0.16 kGy saat/doz hızı ile Co-60 (Gammacell 220-Atomic Energy of Canada Ltd) cihaz kavitesinde gerçekleştirildi. UHMWPE örgü fiberlerin ışınlanması, yeterli oksitlenmiş yüzeyler sağlamak üzere normal atmosferik koşullar altında total doz ayrı ayrı 20 ve 30 kGy oluncaya değin sürdürüldü. E ve H grupları için sadece gamma ışınlaması yapılırken, F, G, I ve J grupları için ek olarak silan kaplama işlemi de gerçekleştirildi. İki farklı silan ürünü kullanıldı: MEMO (3-methacryloxypropyl trimethoxy silane) ve VTMOEO (vinyl tris 2-methoxyethoxy silane) (Dyanasilan, HÜLS, Veba Group Company, Germany).

Her iki silanda reaktif uçlardan vinil grupları metil metakrilatın polimerizasyonu sırasında radikallerle reaksiyona girebilirken; alkoksi uçların okside olmuş UHMWPE ile etkileşime gireceği düşünüldü. gamma ışınlamasına tabi tutulan gruplar (F, G, I ve J) ve ışınlanmayan gruplar (C ve D) için UHMWPE fiberler 1 dakika süre ile silana batırıldı ve örnek hazırlığı için PMMA arasına yerleştirmeden önce 2-3 dakika bekletilerek kurutuldu.

Test örneklerinin hazırlanmasında 60 x 7 x 4 mm boyutlarında 9 kavitenin yer aldığı, özel oluşturulan paslan-

maz çelik kalıptan yararlanıldı. Böylece aynı koşullarda 9 örnek oluşması sağlandı. Kavite yarısına gelecek şekilde alt kısma konan PMMA hamur üzerine bir tabaka UHMWPE örgü fiber yerleştirilerek üst kısım PMMA ile tamamlandı ve 100°C (± 5°C) sıcaklıkta basınç altında 45 dakika süreyle polimerizasyonu sağlandı. Daha sonra 23°C suda 30 dakika bekletilerek örnekler kalıptan çıkarıldı. Her bir örnekte fiber ağırlık yüzdesi % 3.5 olarak belirlendi.

Bükülme modülünü belirlemede üç nokta eğme testi İngiliz standartları spesifikasyonuna göre yapıldı (BS2487: 1980). Universal Test Cihazında (Lloyd Instruments Ltd, Fareham, U.K.) hız 5 mm/dakika, yük sınırı 10 mm ve 400 N olarak ayarlandı. Her grupta tek kalıp içinde aynı anda hazırlanan 9 örnek test edildi. Bükülme modülü aşağıdaki formülle¹⁰ hesaplandı:

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

Burada;

S, dayanıklılığı (N/mm²); P, kırılma anındaki yükü (N); L, destekler arası mesafeyi (mm); W, örnek genişliğini (mm) ve T, örnek kalınlığını (mm) göstermektedir. Bulgularda MPa olarak elde edilen veriler GPa birimine dönüştürüldü.

Mekanik test sonuçları, basit standart sapma yöntemi ile analiz edilerek, standart sapmalar belirlendi. Bükülme modülü yönünden 10 grubu karşılaştırmak için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanıldı. Gruplar arası farkların belirlenmesinde Least Significant Difference (LSD) testinden yararlanıldı.

BULGULAR

Bu deneysel çalışmanın sonuçları, fibersiz, tamamen PMMA dan oluşturulan grup (A Grubu) ve işlem görmemiş fiberle güçlendirilen grubun (B Grubu) diğer test grupları ile karşılaştırılmasına dayandırıldı. Basit standart sapma yöntemi ile elde edilen bükülme modülü verileri Şekil 1 de görülmektedir. Bu statik testte, dikey hatlarla verilen standart sapmalar tüm örnek gruplarında göreceli olarak küçük bulundu. ANOVA ile yapılan daha ileri değerlendirilmede fiber uygulamasının gruplar arasında farka neden olduğu bulundu (Tablo II). Gruplar arası farkı belirlemek üzere uygulanan LSD testi (Tablo III), bazı özel kompozisyonlarda bükülme modülünün farklı olduğunu gösterdi; işlem görmemiş fiberle güçlendirilen B grubu ile J grubu (30 kGy + VTMOEO) istatistiksel olarak farklı bulundu (p<0.05). Ayrıca 20 kGy dozda ışın uygulanan ve MEMO silanla kaplanan F grubu, sırasıyla C (MEMO), D (VTMOEO), I (20 kGy + VTMOEO) ve J (30 kGy +

VTMOEO) grupları ile p<0.05 düzeyinde anlamlı farklılığa sahipken, 30 kGy dozda ışın uygulanan ve VTMOEO silanla kaplanan J grubu ile G (30 kGy + MEMO) ve H (30 kGy) grupları arasında da deneysel hata sınırları içinde anlamlı fark bulundu (p<0.05). Tüm gruplar içerisinde J grubu 1.79 GPa ile en yüksek bükülme modülü değerini verdi. Şekil 1 den de görüldüğü üzere, A ve B gruplarına göre C, D, I ve J gruplarının mekanik özelliğinde artış olmakla birlikte, bu artış kendi aralarında farksız bulundu.

Tablo II. ANOVA ile bükülme modülünün analizi.

| Değişkenlik kaynağı | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Kareler | F | P değeri |
|-----------------------|-----------------|---------------------|---------|------|----------|
| Fiberin işlem görmesi | 3.63 | 9 | 0.40 | 2.19 | 0.05 |
| Kalan | 5.37 | 31 | 0.18 | | |
| Toplam | 9.00 | 40 | | | |

Tablo III. Bükülme modülünün LSD testi ile gruplar arası karşılaştırılması.

| Gruplar | Ortalamalar farkı | Standart hata | P değeri |
|---------|-------------------|---------------|----------|
| B-J | 0.2245 | 1.034 | 0.038 |
| C-F | 0.2101 | 0.989 | 0.042 |
| D-F | 0.2070 | 0.856 | 0.022 |
| H-J | 0.2297 | 0.908 | 0.017 |
| F-I | 0.2284 | 0.856 | 0.012 |
| F-J | 0.3562 | 0.908 | 0.000 |
| G-J | 0.2745 | 0.908 | 0.005 |

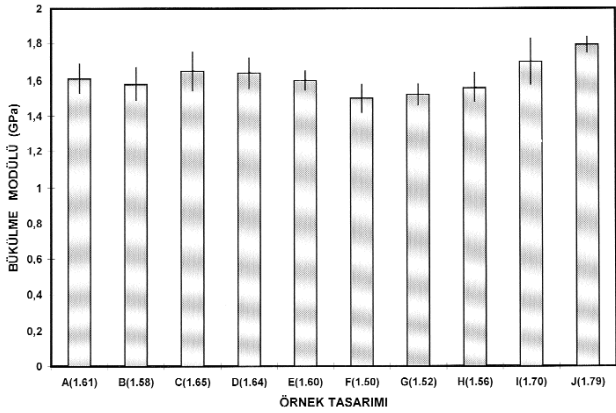
p < 0.05 istatistiksel önemli

TARTIŞMA

Protez kaide rezinleri, çığneme kuvvetleri altında sürekli tekrarlanan esnemelerden dolayı bükülme yorulması gösterirler^{3,12,17}. Bu açıdan rezin performansını değerlendirmede, üç nokta eğme testleri, klinik koşullarda kuvvet düzenini yansıttığından sıkça kullanılır^{4,8}. Bu testle belirlenen bükülme modülü, materyal esnekliğinin bir göstergesidir; yüksek modüle sahip materyalin direnci de yüksektir. Orantı sınırı üstünde gerilim uygulandığında oluşan plastik deformasyonlar materyalde kalıcı bükülme ya da kırılmaya neden olur ki akrilik rezinlerde bükülme yorulmaları ve düşük çarpma dayanıklılıkları mekanik başarısızlıkların temelini oluşturur^{12,24}.

Bu çalışmada çok yüksek molekül ağırlıklı örgü fiber işlem görmeksizin PMMA içine yerleştirildiğinde bükülme modülünde düşüşe neden oldu. Bu sonuç genel olarak literatürle uygundur¹⁹. Tamamen akrilik örnek grubuna oranla işlemsiz fiber katılımlı gruplar arası fark (A ve B), fiber ilavesinin PMMA ana matris devamlılığını bozması ve böylece iki materyal arasında (fiber ve PMMA) gerilim transferini kesintiye uğratması ile açıklanabilir²³. Bu kesinti ve PMMA-fiber arası zayıf adezyon bükülme modülünde düşüşe neden olmuştur. Ayrıca fiberin viskoz akrilat hamur tarafından zayıf ıslatılması da bu veride dikkate alınması gereken diğer husustur^{2,7}.

Uygulanan gerilimlere direnç için güçlendirme istenildiğinde, fiber materyalin matriksle bağlantısı optimal olmalıdır³⁷. Polietilen fiber düşük yüzey enerjisi gösterir ve buna bağlı olarak zayıf ıslanabilme özelliğindedir⁷. Fiber ve rezin arasında iyi bir kimyasal bağlantı için, silan kaplama ajanları fiber yüzeylerinde kondanse edilebilir ve böylece PMMA ile kopolimerize olabilen metakrilo gruplarıyla kimyasal olarak bağ sağlayabilir. Bu çalışmada fiberleri silanla kaplama ve gamma ışınlanmanın ara yüz bağlantısını artıracağı ve bükülme dayanıklılığında etkili olabileceği düşünüldü. Ancak, silan uygulaması tek başına bükülme modülünde ufak bir artış sağladı (C ve D grupları) (Şekil 1). Bu bulgu, değişik yüzey işlemlerine karşın bükülme modülünde değişim kaydetmeyen önceki çalışma verileriyle uyumludur¹⁹.



Şekil 1. Test örneklerinin bükülme modülü verileri. (Sayısal değerler ortalama değerleri, her bir barda yer alan dikey hatlar standart sapmaları göstermektedir).

Gamma ışınlanmanın da fiber yüzeyinde oksidasyon oluşturarak bağlantıyı artırma yönünde silanizasyona göre etkin olmadığı gözlemlendi. Bu işlem ile E ve H grupları için elde edilen veriler, hemen hemen B grubundakilerle aynıydı. PMMA ile ışınlanan fiber arasında kimyasal etkileşimin direnci artıracağı varsayıldı. Çünkü, 20 ve 30 kGy gibi düşük dozdaki ışınlama fiberin kendi mekanikliğinde kayda değer değişim yaratmaksızın, yüzeydeki diğer materyalle ilişki kurmak üzere oksijen taşıma gruplarını aktive edilebileceği gösterilmiştir^{9,13}. gamma ışınlamayla oluşan özellikle peroksi, belirli bir ölçüye kadar hidroksi ve asit, akrilik rezinlerle reaksiyona girecek gruplardır ve silan kaplama ajanının varlığında hidroliz reaksiyonlarla uygun bağ sağlayabilirler. Nitekim, silan kaplama ajanının varlığında, gamma ışını uygulanan poli(tetrafloretilen) in düşük yoğunluklu polietilen ile etkileşimi gösterilmiştir¹. Bu çalışmada özellikle J grubunda en yüksek bükülme modülü değerlerinin elde edilmesi gamma ışınlama doz artışının silanla etkileşime girebilen daha fazla aktif böl-

geler oluşturmasıyla ilgili olabilir. MEMO silan akrilik rezinle uyumlu kimyasal yapıda metakrilo gruplara sahip olması nedeniyle C grubunda diğer silana (VTMOEO) oranla (D grubu) daha iyi sonuç sağlarken; gamma ışınlama ile birlikte kullanıldığında çok etkili bulunmadı. Çalışmada silanların kimyasal yapısına ilişkin analiz yapılmamakla birlikte, aynı ışınlama dozunda silanların farklı davranışı, kimyasal yapılarının etkili olabileceğini düşündürmektedir.

Bu çalışmanın sınırları içinde çok yüksek molekül ağırlıklı polietilen örgü fiberlerde gamma ışınlamasını takiben VTMOEO silan uygulamasının akrilik rezinler için daha tatminkar bükülme modülü sağladığı ifade edilebilir. Ancak bu güçlendirme yapısının daha ileri çalışmalarla desteklenmesi gerekir.

KAYNAKLAR

1. Akınay EA, Tinçer T. Gamma irradiated poly(tetrafluoroethylene) particle filled low density polyethylene: The effect of silane coupling agents on mechanical, thermal and morphological properties. J Appl Polym Sci 74: 866-876, 1999.
2. Andreopoulos AG, Papaspyrides CD, Tsilibounidis S. Surface treated polyethylene fibers as reinforcement for acrylic resins. Biomater 12: 83-87, 1991.
3. Braden M, Davy K, Parker S, Ladizesky NH, Ward IM. Denture base poly(methyl methacrylate) reinforced with ultra-high modulus polyethylene fibers. Br Dent J 164: 109-113, 1988.
4. Chitchumnong P, Brooks SC, Stafford GD. Comparison of three- and four-point flexural strength testing of denture-base polymers. Dent Mater 5: 2-5, 1989.
5. Chow TW, Ladizesky NH, Clarke DA. Acrylic resins reinforced with woven highly drawn linear polyethylene fibers. 2. Water sorption and clinical trials. Aust Dent J 37: 433-438, 1992.
6. Chow TW, Cheng YY, Ladizesky NH. Polyethylene fiber reinforced poly(methyl methacrylate)-water sorption and dimensional changes during immersion. J Dent 21: 367-372, 1993.
7. Clarke DA, Ladizesky NH, Chow TW. Acrylic resins reinforced with highly drawn linear polyethylene woven fibers. 1. Construction of upper denture bases. Aust Dent J 37: 394-399, 1992.
8. Craig RG. Restorative Dental Materials. 9th ed. St. Louis: CV Mosby, 1993, 72-77.
9. Deng M, Johnson RA, Latour Jr RA, Shalaby WS. Effects of gamma-ray irradiation of ultra-high molecular weight polyethylene systems, irradiation of polymers. Washington: ACS symp series, 1996, 620-630.
10. Dixon DL, Breeding LC. The transverse strengths of three denture base resins reinforced with polyethylene fiber. J Prosthet Dent 67: 417-419, 1992.
11. Gutteridge DL. Reinforcement of poly(methyl methacrylate) with ultra-high-modulus polyethylene fiber. J Dent 20: 50-54, 1992.

12. Jagger DC, Harrison A, Jandt KD. The reinforcement of dentures. *J Oral Rehabil* 26: 185-194, 1999.
13. Kaji K, Abe Y, Murai M, Nishioka N, Kosai K. Radiation grafting of acrylic acid onto ultra-high molecular high-strength polyethylene fibers. *J Appl Polym Sci* 47: 1427-1438, 1993.
14. Karacaer Ö, Doğan OM, Tinçer T, Doğan A. Reinforcement of maxillary dentures with silane-treated ultrahigh modulus polyethylene fibers. *J Oral Sci* 43: 103-107, 2001.
15. Ladizesky NH, Ward IM. A study of adhesion of drawn polyethylene fibre/polymeric resin systems. *J Mater Sci* 18: 533-544, 1983.
16. Ladizesky NH, Chow TW. Reinforcement of complete denture bases with continuous high performance polyethylene fibers. *J Prosthet Dent* 68: 934-939, 1992.
17. Ladizesky NH, Chow TW, Cheng YY. Denture base reinforcement using woven polyethylene fiber. *Int J Prosthodont* 7: 307-314, 1994.
18. Miller ET, Hakimzadeh F, Rudo DN. Immediate and indirect woven polyethylene ribbon reinforced periodontal-prosthetic splint: A case report. *Prosthodont Clinical Comm* 26: 267-271, 1995.
19. Pourdeyhmi B, Wäagner HD. Elastic and ultimate properties of acrylic bone cement reinforced with ultra-high-molecular-weight polyethylene fibers. *J Biomed Mater Res* 23: 63-80, 1989.
20. Ramos V, Runyan D, Christensen LC. The effect of plasma-treated polyethylene fiber on the fracture strength of poly(methyl methacrylate). *J Prosthet Dent* 76: 94-96, 1996.
21. Samadzadeh 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, 1997.
22. Stafford GD, Smith DC. Some studies of the properties of denture base polymers *Br Dent J* 15: 337-342, 1968.
23. Taner B, Doğan A, Tinçer T, Akınay AE. A study on impact and tensile strength of acrylic resin filled with short ultra-high molecular weight polyethylene fibers. *J Oral Sci* 41: 15-18, 1999.
24. Vallittu PK. A review of fiber-reinforced denture base resins. *J Prosthodont* 5: 270-276, 1996.
25. Yazdanie N, Mahmood M. Carbon fiber acrylic resin composite: an investigation of transverse strength. *J Prosthet Dent* 54: 543-547, 1985.

Yazışma adresi

Dr. Orhan Murat Doğan
10. Sokak No: 2 Mutluköy Sitesi
Ümitköy/ANKARA
Tel: 0.312.2351024
E-posta: avfm1956@yahoo.com