

Çok Yüksek Molekül Ağırlıklı Polietilen Örgü Fiberle Güçlendirilen Akrilik Rezinlerin Çarpma Dayanımı ve Adezyonunun Değerlendirilmesi

THE EVALUATION OF ADHESION AND IMPACT STRENGTH OF ACRYLIC RESINS REINFORCED WITH WOVEN ULTRA-HIGH MOLECULAR WEIGHT POLYETHYLENE FIBERS

Orhan Murat DOĞAN*, Özgül KARACAER**, Teoman TİNÇER***

* Doç.Dr., İçişleri Bakanlığı, Sağlık Servisi,

** Prof.Dr., Gazi Üniversitesi, Dış Hekimliği Fakültesi, Protetik Dış Tedavisi AD,

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

Özet

Amaç: Bu çalışma silan kaplama ajanlarının kullanımında gamma ile ışınlanan polietilen örgü fiber ve desteklenen akrilik rezinler arasındaki adezyonu değerlendirmek ve çarpma dayanımını test etmek için yapıldı.

Materyal ve Metod: Çok yüksek molekül ağırlıklı örgü fiberler (UHMWPE), aktif oksidasyon merkezleri oluşturmak üzere gamma ışın kaynağı ile ışınlandı. Daha sonra akrilik rezinle daha iyi adezyon sağlamak için, bu fiberler, silan kaplama ajanıyla muamele edildiler. Tek tabaka örgü fiber içeren, ısıyla polimerize edilen akrilik rezin örneklerin çarpma dayanımları incelendi ve elde edilen değerler istatistiksel değerlendirildi. Kırık yüzeyler taramalı elektron mikroskopla gözlemlendi.

Bulgular: Örgü fiber içeren akriliklerde çarpma dayanımının arttığı gözlemlendi. Silan muameleli grup, en yüksek çarpma dayanım verilerine sahipken, gamma ışınlanmanın da etkili olduğu bulundu. Taramalı elektron mikroskop incelemesi, fiber ve akrilik matris arasında farkedilir adezyonu gösterdi.

Sonuç: Silan muamelesi ile çarpma dayanımındaki düzelme önemlidir. Silan muamelesi ile birlikte gamma ışınlanan fiberler, polietilen fiber ve akrilik matris arasında bağlantıyı düzeltebilir.

Anahtar Kelimeler: Güçlendirme, polietilen fiber, PMMA

Türkiye Klinikleri J Dental Sci 2005, 11:12-19

Akrilik rezin, poli (metil metakrilat) (PMMA), 50 yılı aşkın süreden beri protez kaide materyali olarak yaygın kullanılmaktadır. Ancak, mekanik davranışı ve boyutsal stabilitesine ilişkin sorunlar, henüz tam anlamıyla çözümlenmiş değildir. Materyalin çekme ve çarpma dayanımları veya yorulma direncindeki yetersizlik, kullanım sırasında sıklıkla kırılmalara neden olmakta; dolayısıyla, bu özellikleri düzeltmek için PMMA rezini modifiye eden çalışmalar güncelliğini korumaktadır (1-8).

Summary

Purpose: This study was undertaken to evaluate the impact strength and adhesion between gamma irradiated polyethylene woven fiber-reinforced acrylic resins in the presence of silane coupling agents.

Material and Methods: Ultra-high molecular weight polyethylene (UHMWPE) woven fibers were irradiated with a γ -ray source (Co-60) to create active oxidized centers in UHMWPE. The UHMWPE cloth was then treated with silane coupling agents to provide further adhesion with acrylic resin. Impact strengths of the heat cured samples reinforced with a mono layer of the woven fiber were studied with an impact tester and the fractured surfaces were observed with a scanning electron microscope.

Results: The substantial improvement in impact strength was observed in acrylics containing woven fiber. The silane treated group showed the highest increase improvement in impact strength, while γ -irradiation was also found to be effective. Scanning electron microscope studies revealed a noticeable adhesion between fiber and acrylic matrix.

Conclusion: The increasing of impact strength is significant by silane treatment. Silane treatment and also γ irradiation of fibers may improve the adhesion between polyethylene fiber and acrylic matrix.

Key Words: Reinforcement, UHMWPE fibers, PMMA

Son yıllarda, çeşitli fiber sistemler arasında özellikle çok yüksek molekül ağırlıklı polietilen (ultra-high molecular weight polyethylene) (UHMWPE) fiberler, akrilik rezinlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini artırmada, çalışmaların ilgi odağı olmuştur (1-12). Cam (12-15), aramid (15,16) ve karbon (15,17-19) fiberler, değişen mekanik test sonuçları ile özelliklerde artış sağlamakla birlikte, estetik olmamaları ve cila güçlükleri gibi sorunlara yol açmıştır. Yüksek elastiklik modülü ve biyouyumu ile UHMWPE

fiberler umut verici seçenek olarak görünmektedir. Akrilik rezini bu fiberle güçlendirme; estetik görünüm, ihmal edilebilir su emme ve standart tekniklerle mükemmel cilalanabilmenin yanı sıra, özellikle çarpma dayanımında olmak üzere mekanik özelliklerde önemli artış sağlamıştır (2-5,8,9).

UHMWPE fiberler, akrilik rezine sürekli tek yönlü/paralel, dokuma/örgü ve rasgele parçacık/kıymık formlarda katılabilir (1-11). Fiberle güçlendirilen rezinlerin sonuç fiziksel özellikleri matris seçimi, fiber tip, boyut ve dağılımı, total fiber içeriği, fiber ıslanabilmesi, bağlayıcı ajan seçimi ve uygulama tekniğine bağlıdır (11,16).

Bu parametreler arasında, UHMWPE fiberin adezyon ve ıslanabilme özelliğini artırmaya yönelik çabalar dikkat çekicidir (1-12,15,20-22). Herhangi bir işleme tabi tutulmadan doğrudan rezine katılan fiberlerin yabancı madde gibi davranarak, gerçekte yapıyı güçlendirmek yerine zayıflattığı bildirilmiştir (1-3). Dolayısıyla esas sorun, polietilen fiber ve rezin ara yüz bağlantısıdır ki bunu düzeltmek için kimyasal oksidasyon (20), elektrik plazma işlemi (2-9), ekstra akrilik monomer kullanımı (21) ve kimyasal kaplama ajan (22) uygulanımını içeren pek çok teknikten yararlanılmıştır. Silan kaplama ajanlarının polimerik yapı ve cam doldurucular arasında etkileşimi artırarak güçlü bir ara yüz bağlantılı matris yapı oluşturduğu gösterilmiştir (13,14).

Bu çalışmanın amacı, tek tabaka çok yüksek molekül ağırlıklı polietilen örgü fiberle güçlendirilen ve ısıyla polimerize edilen akrilik rezin örneklerde, fiberin gamma ışınlama ve silanla kaplanmasının çarpma dayanımı ve ara yüz bağlantısındaki etkisini yeni bir deneysel teknikle

araştırmaktır.

Materyal ve Metod

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 elastiklik modülü 95 GPa; çekme dayanımı 3000 MPa; fiber yoğunluğu 0.97 g/cm³.

PMMA rezinin çarpma dayanımında γ ışınlama ve silan kaplama ajanlarıyla işleme tabi tutulan UHMWPE örgü fiberin etkisini görmek için her biri 7 standart örnekten oluşan 10 farklı grup oluşturuldu. Bu örneklerin tasarım ve kodlaması Tablo 1'de sunulmuştur. Sonuçların kıyaslanmasında tamamen PMMA'dan oluşan grup (A) esas alındı.

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 γ ışınlaması 0.16 kGy saat/doz hızı ile Co-60 (Gammacell 220-Atomic Energy of Canada Ltd.) cihaz kavitesinde gerçekleştirildi (Şekil 1). UHMWPE örgülerin ışınlaması, yeterli oksitlenmiş yüzeyler sağlamak üzere normal atmosferik koşullar altında total doz 20 ve 30 kGy oluncaya değin sürdürüldü. E ve H grupları için sadece γ ışınlaması yapılırken, F, G, I ve J grupları için ilaveten silan kaplama işlemine geçildi. Aynı üretici firmaya ait iki farklı yapıda silan ürünü kullanıldı: MEMO (3-methacryloxypropyl trimethoxy silane) ve

Tablo 1. Örneklerin tasarımı.

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

n= 7



Şekil 1. Gamma ışınlama cihazı.

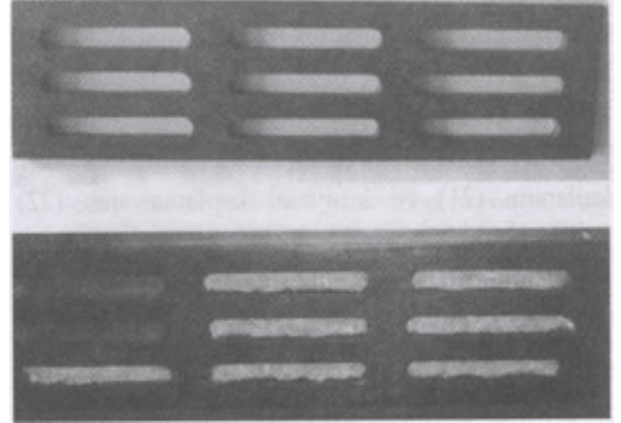
VTMOEO (vinyl tris 2-methoxyethoxysilane) (Dynaslan, HÜLS, Veba Group Company, Germany). Her iki silanda reaktif uçlardan vinil gruplarının metil metakrilatın polimerizasyonu sırasında radikallerle reakte olabilirken; alkoksi uçların okside olmuş UHMWPE ile etkileşime gireceği umuldu. γ ışınlamasına tabi tutulan (F, G, I ve J grupları) ve ışınlanmayan (C ve D grupları) UHMWPE fiberler 1 dakika süre ile Tablo 1'deki grup tasarımına göre ilgili silana batırıldı ve örnek hazırlığı için PMMA arasına yerleştirmeden önce 2-3 dakika bekletilerek kurutuldu.

Test örneklerinin hazırlanması için 60 x 7 x 4 mm boyutlarında 9 kavitenin yer aldığı, özel oluşturulan paslanmaz çelik kalıptan yararlanıldı. Böylece aynı koşullarda 9 örnek oluşturulması sağlandı, hatalı sonuç verebilecek 2 örnek ayrıldı.

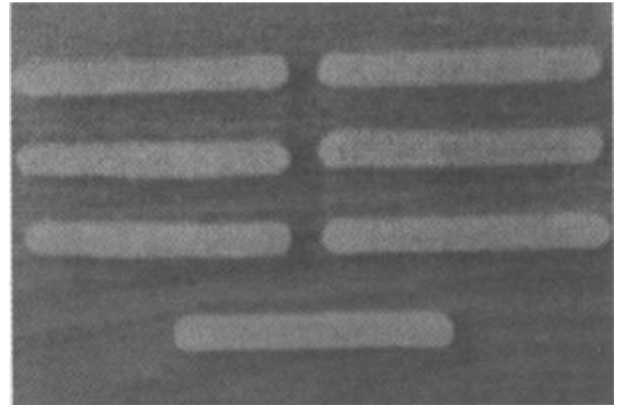
Her bir grup için örnek sayısı 7 olarak belirlendi. Kavite yarısına gelecek şekilde alt kısma konan PMMA hamur üzerine tek tabaka UHMWPE fiber yerleştirilerek üst kısım PMMA ile tamamlandı ve 100°C (\pm 5°C) sıcaklıkta, basınç altında 45 dakika süreyle polimerizasyon sağlandı (Şekil 2, 3). Daha sonra 23°C suda 30 dakika bekletilerek örnekler kalıptan çıkarıldı. Her bir örnekte fiber ağırlık yüzdesi %3.5 olarak belirlendi.

Çarpma dayanımı, Charpy tipte bir çarpma cihazı ile (Hounsfield Plastic Impact Machine, Tensometer Ltd., USA) test edildi (Şekil 4). Her seferinde, aynı koşullarda hazırlanan 7 örnek değerlendirildi. Kırık yüzeyler taramalı elektron mikroskop (SEM) ile gözlemlendi (JEOL, JSM 6400, Tokyo, Japan).

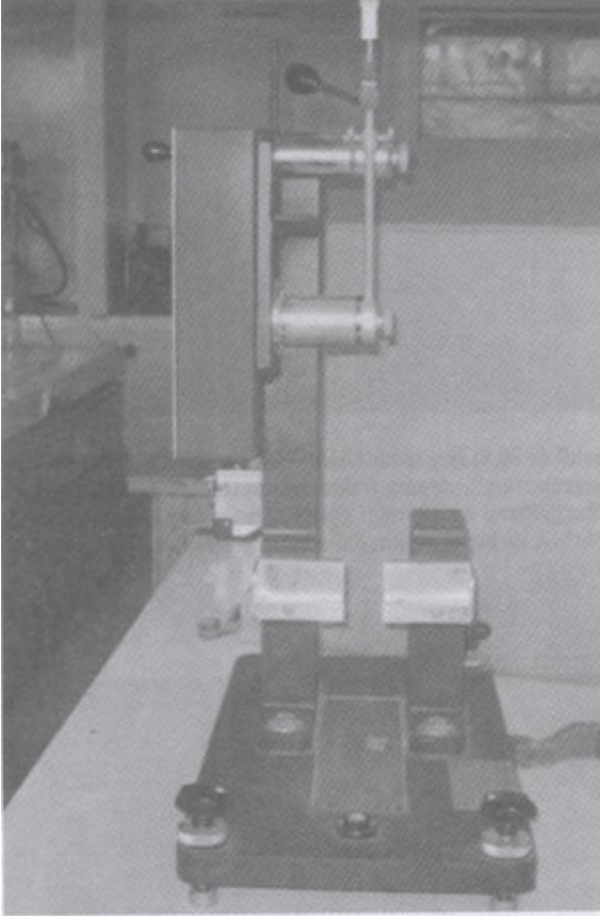
Mekanik test sonuçları, basit standart sapma metodu ile analiz edilerek, standart sapmalar belir-



Şekil 2. Örnek kalıpları ve fiber uygulanmış hali.



Şekil 3. Bir test grubu örnekleri.



Şekil 4. Çarpma test cihazı.

lendi. Çarpma dayanım yönünden 10 grubu mukayese etmek için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanıldı. Gruplar arası farkların belirlenmesinde Least Significant Difference (LSD) istatistik testinden yararlandı.

Bulgular

Bu deneysel çalışma sonuçları tamamen PMMA'dan oluşturulan örnekler (A) ile test örneklerin kıyaslamasına dayandırıldı.

Tüm gruplar için elde edilen çarpma dayanım ortalama değerleri ve standart sapmaları Şekil 5'te görülmektedir. Dikey hatlarla verilen standart sapmalar örnek grupların çoğunda küçüktü. Ancak bu statik test yönteminde MEMO silanla işlem görmüş fiberli C grubu ile γ ışınli ve VTMOEO

silanlı fiber içeren I ve J grubunda standart sapmalar nispeten saçılmış bulundu. A grubunun en düşük, C grubunun en yüksek değerlere sahip olduğu belirlendi. ANOVA değerlendirmesinde farklı fiber muamelesinin gruplar arası farka neden olduğu gözlemlendi (Tablo 2) ve daha ileri bir istatistiksel değerlendirme ile farklı gruplar belirlendi (Tablo 3). Buna göre A grubu, B ve I grupları dışında diğer tümüyle istatistiksel olarak farklı bulundu ($p < 0.05$). Ayrıca, D ve I grupları kendi aralarında $p < 0.05$ düzeyinde istatistiksel önemli fark gösterdiler.

Genelde, MEMO silanın yüksek γ ışınlama dozu ile birlikte kullanımı, çarpma dayanımında düzelme sağlamadı; VTMOEO silanlanan ve aynı dozda ışınlanan fiber içeren akrilik örneklerden daha düşük değerler gösterdi (Çarpma dayanımı G grubu için 0.72 ve J grubu için 0.96 joule). Oysa, MEMO silanın yalnız başına uygulanımı bu mekanik özellikte daha etkin bulundu: C grubu

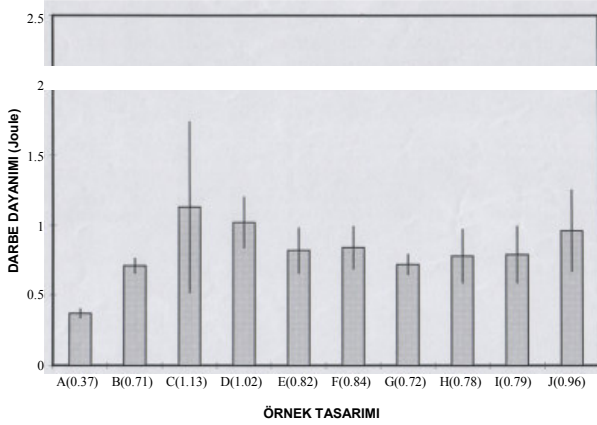
Tablo 2. ANOVA ile çarpma dayanımının değerlendirilmesi.

Değişkenlik kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p değeri
Fiber muamelesi	2	9	0.25	3.2	0.002
Kalan	5	68	0.08		
Toplam	7	77			

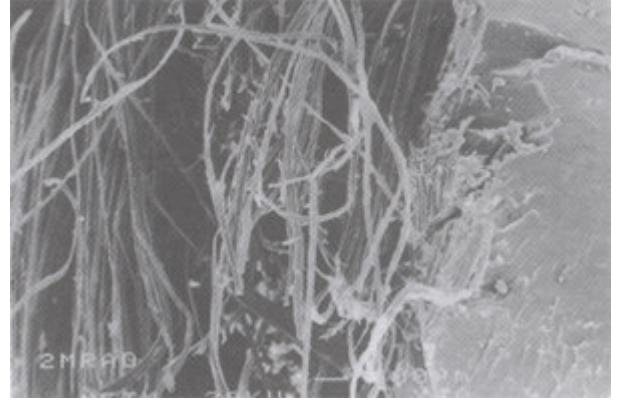
Tablo 3. LSD testine göre çarpma dayanımında farklı gruplar.

Gruplar	Ortalamalar		p değeri
	farkı	Standart hata	
A-C	0.5346	0.144	0.0004
A-D	0.5858	0.144	0.0001
A-E	0.4166	0.132	0.0024
A-F	0.5234	0.128	0.0001
A-G	0.3478	0.128	0.0084
A-H	0.3053	0.132	0.0240
A-J	0.4309	0.132	0.0018
D-I	0.3330	0.150	0.0304

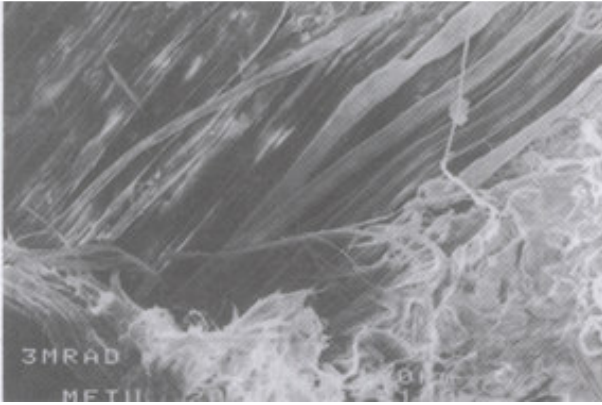
$p < 0.05$ istatistiksel önemli.



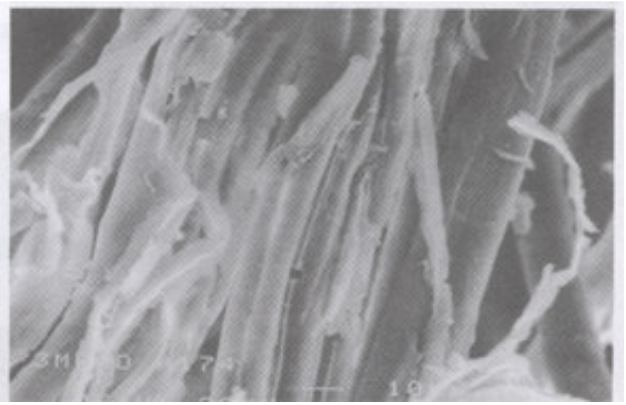
Şekil 5. İncelenen gruplarda çarpma dayanımlarına ait sütun grafikler (Sayısal değerler gruplara tekabül eden ortalama değerleri, her bir sütundaki dikey hat, ortalamadan standart sapma değerini göstermektedir).



Şekil 6. 20 kGy γ ışınli UHMWPE örgü fiberle güçlendirilen E grubuna ait çarpma fraktografisi. Dış yüzeyler PMMA ile fiberin kısmi etkileşimini gösterirken; iç tabaka hemen hemen PMMA ile hiç etkileşim olmadığını göstermektedir.



Şekil 7. 30 kGy γ ışınli UHMWPE örgü fiberle güçlendirilen H grubuna ait çarpma fraktografisi. Örgü fiber üzerinde PMMA'ya ait bazı izler ve örgünün ortasında düşük arayüz etkileşimi gözlenmektedir.



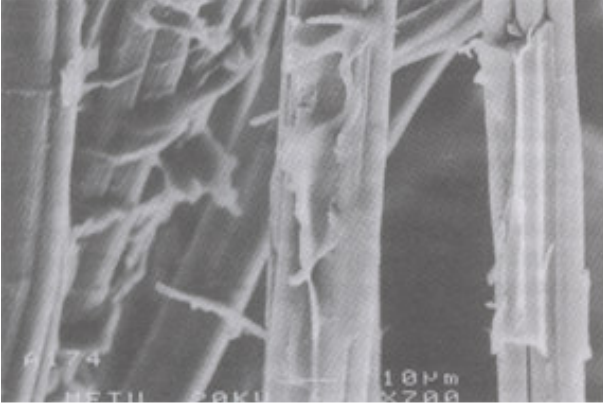
Şekil 8. VTMOEO silanla kaplanan ve 30 kGy γ ışınlanan fiber içeren J grubuna ait çarpma fraktografisi. İki materyal arasında güçlü tutunma dikkat çekicidir.

1.13 joule ile tüm gruplar arasında en yüksek değerle, 1.02 joule çarpma dayanımına sahip VTMOEO silanlı D grubundan daha iyi sonuç verdi.

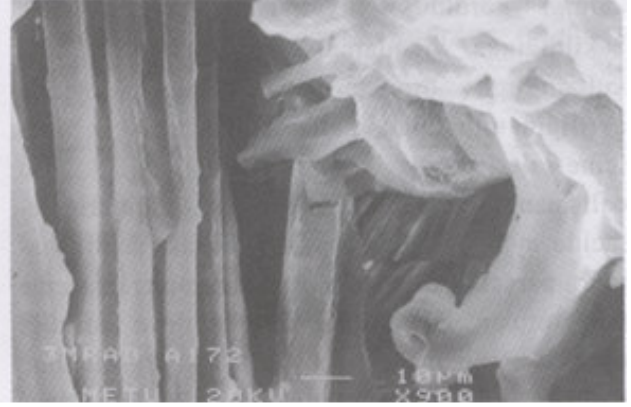
Değişik muamelelere tabi tutulan fiberlerle güçlendirilen akrilik örneklerin, çarpma testi sonrası elde edilen bazı SEM fraktografileri Şekil 6-10'da verilmiştir. Genel olarak, bu fraktografiler polietilen fiber ve akrilik materyal arasında etkileşim olduğunu gösterdi. Şekil 6, 7 ve 9'da, ayrı ayrı silan veya γ ışınlamaya tabi tutulan örneklerde,

akrilik ve fiber arasındaki etkileşim ve adezyon, belirli alanlarda görülebildi. Sadece γ ışınlanan örneklere kıyasla (Şekil 6 ve 7), γ ışınlamaya silanlanmanın ilave etkisi (Şekil 8 ve 10), bu adezyonun daha etkin olduğunu ve fiber matrisi içine akriliğin yayıldığını gösterdi. Şekil 10'da görüldüğü gibi, MEMO silan, γ ışınlama ile birlikte mekanik özellikleri düzeltmede etkili olmasa da, akrilik ve fiber arasında yine de adezyon artışı bulundu.

Tartışma



Şekil 9. VTMOEO silanla kaplanan fiber içeren D grubuna ait çarpma fraktografisinde, fiber yüzeylerinde akriliğin tutunduğu görülmektedir.



Şekil 10. MEMO silanla kaplanan ve 30 kGy γ ışınlanan fiber içeren G grubuna ait çarpma fraktografisi. Sağda masif akrilik materyal; solda akrilik materyalle kaplı fiber yüzeyi görülmektedir.

Düşük dozlarda gamma ışınlamanın, polietilen örgü fiberin kendi mekanik özelliklerini değiştirmeksizin, yüzeyde diğer materyallerle etkileşime girebilecek oksijen taşıyıcı gruplar oluşturduğu gösterilmiştir (23). Gamma ışınlamayla, kromik ve nitrik asitle pürüzlendirmede ortaya çıkan kimyasal kontaminasyon oluşmaz. Oksidasyon sağlayan ışınlamayla, şekillenme miktarına göre oluşması muhtemel gruplar; peroksi, hidroksi, asit, keton ve aldehittir. Buna dayalı olarak, aktif oksijen grupları, özellikle peroksi ve bir dereceye kadar hidroksi ve asit, protez akriliği ile reaksiyona girebilir ve öte yandan hidroliz reaksiyonlarıyla silan kaplama ajanlarına bağlanabilir. Nitekim, γ ışınlamayla okside edilen poli(tetrafloretilen)'nin, silan kaplama ajan varlığında düşük densiteli polietilenle etkileştiği gösterilmiştir (24).

Şekil 5'te görüldüğü gibi, akriliğin bir tabaka UHMWPE ile güçlendirilmesi ile çarpma dayanımı düzeldi. Bu sonuç, önceki çalışma verileri ile uyumludur (1,6,7,10,21). Gutteridge (1) ile Braden ve ark. (6), işlem görmemiş UHMPE fiber içeren akrilik resin örneklerin güçlendirilmemiş kontrol grubuna göre çarpma dayanımının daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bu mekanik özellikteki artışın, rezine katılan polietilen fiberin ağırlık veya hacimsel artışı ile doğru orantısı Gutteridge ve

ark. (7) ile Taner ve ark. (21) tarafından benzer çalışmalarda gösterilmiştir. Ladizesky ve ark. (10) ise, polietilen örgü fiberle desteklenen alt ve üst tam protez kaidelerinin özellikle çarpma kuvvetlerine karşı olmak üzere klinik performanslarındaki artışa dikkat çekmişlerdir. Öte yandan silanla kaplama işleminin tek başına uygulanması ile çarpma dayanımındaki düzelme De Boer ve ark. (19) tarafından bildirilmiştir. Çalışmamızda örgü fiberin γ ışınlaması ile oluşturulan gruplar (E ve H), tamamen akrilikten oluşan grup (A) ve işleme tabi tutulmadan fiberin ilave edildiği grupla (B) kıyaslandığında daha yüksek çarpma dayanımı sağlarken, yalnız başına silan kaplanan fiber içeren gruplara (C ve D) oranla daha düşük değerler gösterdi. γ ışınlama ve silan kaplamanın birlikte uygulandığı grupların (F, G-MEMO ve I-VTMOEO) deneysel ölçüm ve istatistik değerlendirmeye çarpma dayanımında daha ileri düzelme sağlamadığı bulundu. Oysa, 30 kGy dozla ışınlanan ve VTMOEO silanla kaplanan fiberli grup (J) bu testte daha çarpıcı artış oluşturdu.

SEM çalışmasıyla, fiber ve akrilik materyal arasında belirli bir ölçüye kadar adezyon artışı gözlemlendi. Şekil 6 ve 7'de görüldüğü üzere, 20 ve 30 kGy ışınlanan örneklerde, örgü fiberin dış

yüzeyde akrilikle kısmen etkileştiği, ancak iç tarafta hala serbest halde, rezine tutunmaksızın kaldığı görüldü. Büyütmesiz, çıplak gözle bakıldığında, γ ışınlama ve silanlamanın birlikte kullanıldığı örneklerde, fiber yüzeyinde akriliğin tutunduğu, hatta ısı ve basınçla fiber içine ilerlediği gözlemlendi (Şekil 8-10). Bu çalışmanın B grubunu oluşturan örneklerle temelde aynı özelliklere sahip, ancak akrilik hamura parçacık formda, ekstra monomerle işleme tabi tutulan UHMWPE fiberin ilave edildiği önceki çalışmada böyle bir görünüme raslanmadığı bildirilmiştir (21). Oysa, çalışmamızda fiber yüzeyinde hidrolize ve kondanse olduktan sonra silan kaplama ajanların fiber ve akrilik rezin arası adezyonu artırmada etkili olduğu gözlemlendi.

Sonuç

UHMWPE örgü fiberle güçlendirilen akrilik rezin örneklerin çarpma dayanımında sağlanan önemli düzelmede, γ ışınlama ve silan kaplamanın etkin olduğu bulundu. En iyi sonuçlar metakrilo gruba sahip MEMO silanla tek başına muamele edilen fiberli örneklerde elde edildi. Keza γ ışınlamaya ilaveten vinil gruplara sahip silan ile fiber muamelesi, oluşturulan örneklerin fiber-rezin ara yüzünde adezyon artışı sağladı.

KAYNAKLAR

- Gutteridge DL: The effect of including ultra-high-modulus polyethylene fiber on the impact strength of acrylic resin. *Br Dent J* 164: 177, 1988
- 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, 1992
- 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, 1992
- Dixon DL, Breeding LC: The transverse strengths of three denture base resins reinforced with polyethylene fibers. *J Prosthet Dent* 67: 417, 1992
- Ladizesky NH, Chow TW, Cheng YY: Denture base reinforcement using woven polyethylene fiber. *Int J Prosthodont* 7: 307, 1994
- 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, 1988
- Gutteridge DL: Reinforcement of poly(methyl methacrylate) with ultra-high-modulus polyethylene fiber. *J Dent* 20: 50, 1992
- Chow TW, Cheng YY, Ladizesky NH: Polyethylene fiber reinforced poly(methyl methacrylate)-water sorption and dimensional changes during immersion. *J Dent* 21: 367, 1993
- 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, 1996
- Ladizesky NH, Chow TW: Reinforcement of complete denture bases with continuous high performance polyethylene fibers. *J Prosthet Dent* 68: 934, 1992
- 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, 1997
- Miller ET, Hakimzadeh F, Rudo DN: Immediate and indirect woven polyethylene ribbon reinforced periodontal-prosthetic splint: A case report. *Prosthodontics, Clinical Comm* 26: 267, 1995
- Solnit GS: The effect of methyl methacrylate reinforcement with silane treated and untreated glass fibers. *J Prosthet Dent* 66: 310, 1991
- Vallitu PK, Vojtkova H, Lassila VP: Impact strength of denture poly(methyl methacrylate) reinforced with continuous glass fibers or metal wire. *Acta Odontol Scand* 53: 392, 1995
- Uzun G, Hersek N, Tinçer T: Effect of five woven fiber reinforcements on the impact and transverse strength of denture base resin. *J Prosthet Dent* 81: 616, 1999
- Berrong JM, Weed RM, Young JM: Fracture resistance of Kevlar-reinforced poly(methyl methacrylate) resin: A preliminary study. *Int J Prosthodont* 3: 391, 1990
- Vigue G, Malquarti G, Vincent B, Burgeois D: Epoxy/carbon composite resin in dentistry: Mechanical properties related to fiber reinforcements. *J Prosthet Dent* 72: 245, 1994
- Yazdanie N, Mahmood M: Carbon fiber acrylic resin composite: An investigation of transverse strength. *J Prosthet Dent* 54: 543, 1985
- De Boer J, Vermilyea 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, 1984
- Ladizesky NH, Ward IM: A study of the adhesion of

- drawn polyethylene fiber/polymeric resin systems. *J Material Science* 18: 533, 1983
21. 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, 1999
22. Andreopoulos AG, Papaspyrides CD, Tsilibounidis S: Surface treated polyethylene fibers as reinforcement for acrylic resins. *Biomater* 12: 83, 1991
23. Kaji K, Abe Y, Murai M, Nishioka N, Kosai K: Radiation grafting of acrylic acid onto ultrahigh molecular high-strength polyethylene fibers. *J Appl Polym Sci* 47: 1427,

1993

24. Akınay EA, Tinçer T: γ -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, 1999

Geliş Tarihi: 17.01.2005

Yazışma Adresi: Dr. Orhan Murat DOĞAN
10. Sokak, No: 2, Mutluköy Sitesi
Ümitköy, ANKARA
avfm1956@yahoo.com