

Fiberle Kuvvetlendirilmiş Akrilik Rezinlerde Farklı Monomer İlavesinin Su Emilim Miktarına Etkisi

Effect of Different Monomer Addition on Water Storage in Fiber Reinforced Acrylic Resin

Faik TUĞUT,^a
Mehmet TURGUT,^a
Onur ŞAHİN,^a
Dursun SARAYDIN^b

^aProtetik Diş Tedavisi AD,
Cumhuriyet Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi,
^bKimya Bölümü,
Hidrojel Araştırma Laboratuvarı,
Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi,
Sivas

Geliş Tarihi/Received: 25.08.2010
Kabul Tarihi/Accepted: 08.11.2010

Yazışma Adresi/Correspondence:
Faik TUĞUT
Cumhuriyet Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi AD, Sivas,
TÜRKİYE/TURKEY
tugut78@hotmail.com

ÖZET Amaç: Çalışmamızda, cam fiberle güçlendirilmiş akrilik rezinlerin farklı monomer yapıları ile olan ilişkilerinde su emilimi değerlerinin incelenmesi amaçlandı. **Gereç ve Yöntemler:** Çalışmada ısı ile polimerize olan akrilik tozu içine ağırlıkça %3 oranında ve 6 mm uzunluğunda kısa cam fiberler ilave edildi. Monomer olan MMA içerisinde ise %2, 5, 10 ve 20 oranlarında farklı monomerler olan 2 hidroksietil metakrilat (HEMA), etil metakrilat (EM), 2 hidroksietil akrilat (HEA), izobutil metakrilat (IBM) katılarak kopolimer yapılar oluşturuldu. Kontrol, fiber destekli ve fiber + (%2, 5, 10 ve 20) derişimlerdeki 4 farklı monomerdan oluşturulmuş örneklerde su emilim miktarı araştırıldı. Su emilimi değerlerinin ölçümleri için her bir grupta 50 mm çapında, 1 mm kalınlığında 7 disk hazırlandı. Örnekler tartılarak ağırlıkları kaydedildi. Yedi gün boyunca su banyosu cihazında sıcaklığı $37 \pm 1^\circ\text{C}$ olan distile su içerisinde bekletildikten sonra tekrar tartılarak ağırlıkları kaydedildi. Birbirinden bağımsız grupların sonuçlarında Kruskal-Wallis ve Mann-Whitney U testi, benzer gruplarda ise Wilcoxon testi kullanıldı. **Bulgular:** %2, 5, 10 ve 20'lik farklı monomer derişimleri yönünden gruplara ait su emilimi değerleri karşılaştırıldığı gruplar arası farklılık önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Su emilimi yönünden incelenen bu çalışmada elde edilen verilerin değerlendirilmesinde IBM ve fiberli grupta su emiliminin olmadığı belirlendi. Bunun yanı sıra HEMA ve HEA grup örneklerinde su emilimi değerlerinin konsantrasyon artışıyla yükseldiği belirlendi. En yüksek su emilimi ise %20'lik konsantrasyondaki HEMA ve HEA gruplarında görüldü ($p < 0.05$). **Sonuç:** Sadece fiber ve fiber+IBM ilave edilmesi su emilimi yönünden farklılığa sebep olmazken, HEMA ve HEA'nın konsantrasyon artışı ile su emilimi değerleri artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Polimetil metakrilat; akrilik rezinleri

ABSTRACT Objective: The purpose of this study was to investigate amount of water sorption of glass fiber reinforced acrylics' resin with different monomer structure. **Material and Methods:** 6 mm length and the weight ratio of 3% short glass fibers are added to acrylic powder polymerized with heat. The 2%, 5, 10 and 20 ratios of different monomers 2 hydroxyethyl methacrylate (HEMA), 2 hydroxyethyl acrylate (HEA), ethyl methacrylate (EM) and isobutyl methacrylate (IBM) added to monomer of MMA are composed of copolymer structures in this study. These structures which are four different monomers of control, fiber supported and fiber plus different ratios of %2, 5, 10 and 20 of concentrations are studied in water sorption with each others. Seven disc specimens with 50 mm diameter and 1mm thickness of all groups were prepared for water-sorption measurements. Specimens were weighed and result were recorded. Specimens were stored at $37 \pm 1^\circ\text{C}$ in closed box for 7 days and weighed again. The results were analyzed with Kruskal-Wallis and Mann-Whitney U tests for independent samples, and Wilcoxon test for dependent samples. **Results:** When the water sorption at the 2%, 5, 10, 20 ratios of different monomers of the groups were compared, statistically significant differences were found ($p < 0.05$). The evaluation of water absorption show that there is no water absorption in only the group of fibers and IBM group. However, the values of water absorption in HEMA and HEA groups increase with the concentration increase. The highest water sorption was found at concentration 20% of HEMA and HEA groups, respectively ($p < 0.05$). **Conclusion:** Adding fiber or fiber+IBM had no meaningful effect on the water sorption of acrylic resins, however, the values of water absorption in HEMA and HEA groups increase with the concentration increase.

Key Words: Polymethyl methacrylate; acrylic resins

Akrilik rezinler genel olarak etilen türevi maddeler olup, yapısal formüllerinde vinil grubu içerirler. Protetik restorasyonlarda iki değişik akrilik rezin kullanılmaktadır. Bunlar akrilik asit ($\text{CH}_2=\text{CHCOOH}$) ve metakrilik asit [$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{COOH}$] türevleridir. Her iki tür bileşik de zincir polimerizasyonu ile elde edilir.^{1,2} Bu poliasitler sert ve şeffaftırlar. Fakat karboksilik asit gruplarından dolayı gözenekli yapısı, su çekme özelliğine sahiptir. Su, polimer zincirlerini ayırarak rezinin yumuşamasına ve dayanıklılığın azalmasına sebep olur.^{1,3-5}

Polimer (metil metakrilat) (PMMA) uzun dönemde yavaş su emmektedir. Su emilimi esas olarak polimer yapıdaki moleküller arası bağlantı kuvvetlerinin yetersizliği, doymamış bağlar ve moleküllerin polar özelliklerinden kaynaklanır. Mekanizma difüzyon kanunlarına göre, su difüzyonuyla gerçekleşir.⁶ Su emme, ortamın ısısı ve moleküllerin ağırlığına bağlı olarak değişir. Isı arttıkça su emme miktarı artarken, polimerin molekül ağırlığı arttıkça su emme değeri azalır.⁷

Tipik bir ısıyla polimerize olan akrilik rezinin 37°C'deki difüzyon katsayısı (D) 1.08×10^{-12} m²/sn'dir. Sıcaklık 23°C'ye düşünce katsayı yarıya düşmektedir.^{1,3-5}

Difüzyonun, birbirinden hafifçe ayrılmış olan makromoleküller arasında meydana geldiği düşünülmektedir. Düşük katsayı değerlerinden de anlaşılacağı gibi, doyunlukla bile su miktarı son derece azdır. Bu durum belli sayıdaki polar gruplarına düşen su molekülü cinsinden belirlenir. Emilen sudan dolayı ağırlıkta %1 artma, akrilik rezinlerde %0.23'lük bir genişlemeye sebep olmaktadır.^{1,3,5,8-11}

Su emilimini ölçme metodlarından biri, su ile temas eden yüzey alanı başına kütle artışının (mg/cm²) tespit edilmesidir. Diğerisi ise, suyla temas eden test örneğinin hacmi başına kütle artışının (g/cm³) tayin edilmesidir. Bu oran da, ISO 1567'ye göre $2.5-2.7 \times 10^{-2}$ g/cm³ olarak belirtilmiştir.^{11,12} Su emiliminin yüksek olması rezinin elastik ve plastik deformasyona karşı direnci ile çekme direncini düşürür. Ayrıca renklenmeye ve estetiğin bozulmasına neden olur.¹³⁻¹⁵

Akriliklerin mekanik ve fiziksel özelliklerini arttırmak için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlar PMMA'ya alternatif olabilecek materyaller geliştirmek için yapılan çalışmalar, PMMA'ya bazı güçlendirici materyallerin ilave edilmesi ve PMMA'nın kimyasal olarak modifikasyonu şeklindedir.^{16,17}

PMMA'lara eklenen çeşitli yapıdaki karbon, aramid, cam ve polietilen yapılı fiberler akrilik rezini kuvvetlendirmek için kullanılırlar.^{12,14,18}

Cam fiberlerin kırılma olmaması, erimeye dirençli hidrofobik ve biyouyumlu olması ve akrilik içerisinde materyalin dayanıklılığını artırması son yıllarda en çok tercih edilen fiber olmasına neden olmuştur.⁹ Ayrıca metakrilatların içerisinde uyumlu polimerlerin karıştırılması sonucunda, elde edilen kopolimerin zincirleri arasında her iki homopolimerin zincir yapıları da bulunur. Bu şekilde, mevcut polimerlerin ekonomik bir yoldan çarpma dayanıklılığı, elastikiyet modülü, transvers direnci gibi özellikleri geliştirilebilir.¹⁸

Metakrilik bileşimli yapılar günümüze kadar restoratif diş hekimliğinde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Genellikle diş hekimliğinde kullanılan metakrilik özellikli monomerler, metil metakrilat (MMA), 2 hidroksietil metakrilat (HEMA) ve trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) tır.^{19,20}

Butil metakrilat rezin içerisinde çözücü, örtücü ve yapıştırıcı özellik katmada, diş ürünlerinde, tekstilde, yapıştırıcılarda uygulama alanları vardır. HEMA ve butil metakrilatın polimer matrisi içerisinde birleşimi ve dağılımı sayesinde yüzeyler arasında güçlü bir etkileşme meydana getirmektedir.^{21,22}

Tıbbi uygulamalarda en yaygın olarak kullanılan hidrojenlerden HEMA sahip olduğu su içeriği nedeniyle, doğal dokulara büyük bir benzerlik gösterir. Normal biyolojik reaksiyonlarda tepkimeye girmez. HEMA ve HEMA'nın yüksek hidrofilik yani suyu seven özelliğe olduğunu ve yapısında karboksil gruplarını içermesi ve suyu seven hidrojenlerin bulunması sebebiyle hidrofilik özellik katmış olduğu, butil metakrilat ise moleküler yapısından dolayı hidrofobik (suyu sevmeyen) özellikte olduğu ifade edilirken, metil metakrilatın sudaki çö-

zünürlüğü, butil metakrilat yada izobutil metakrilattan daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.^{20,23,24}

Yapılan çalışmada, akrilik yapıları güçlendirmek için içerisine farklı derişimlerde ilave edilen akrilat ve metakrilat yapıli monomerlerin akrilik içerisinde farklı derişimlerde su emilimi üzerine etkisi karşılaştırıldı.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışmada ısıyla polimerize olan akrilik rezin (Meliodent, Bayer Dental, Almanya) tozuna cam fiber eklenerek oluşturulan yapıya kimyasal yapıları Şekil 1'de gösterilen dört farklı monomer (2 hidroksietil metakrilat, etil metakrilat, 2 hidroksietil akrilat, izobutil metakrilat) farklı oranlarda (%2, %5, %10 ve %20) eklenerek PMMA'nın su emme üzerine etkisi karşılaştırıldı.

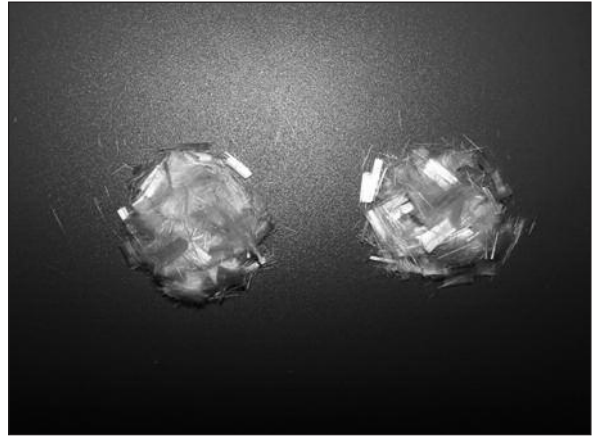
Akrilik rezin test örneklerinin hazırlanması için 50 ± 1 mm çapında ve 1 mm kalınlığında ADA Spesifikasyon No: 12'ye göre paslanmaz metal kaplılar elde edildi. Her bir grup için 7 örnek hazırlandı (Resim 1).²⁵

Akrilik tepim öncesi iplik tarzında silanlı E-cam fiberler (WR3-2400, Cam Elyaf Sanayi A.T., Kocaeli, Türkiye) dijital mikrometre ile 6 mm boyutlarında işaretlenerek, makas yardımıyla kesildi (Resim 2). Her bir deney grubu için, akrilik tozunun ağırlıkça %3 oranında olacak şekilde cam fiberler hassas teraziyle (0.0001 g hassasiyetli) tartımı yapıldı. Tartılan fiber akrilik tozuna eklendi. Fiberin akrilik toz içerisinde tamamen dağılmasına kadar karıştırıldı.

Kullandığımız ısı ile polimerize olan akrilik rezindeki (Meliodent, Bayer Dental, Almanya) PMMA/MMA oranı 3/1 olup bu monomer hac-

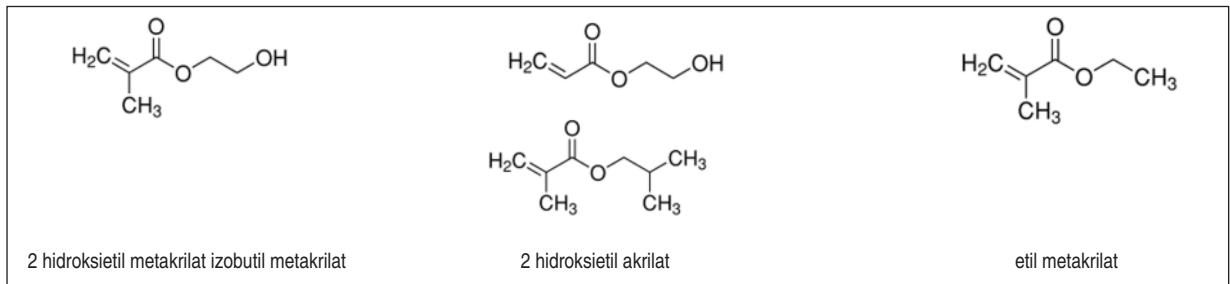


RESİM 1: Su emiliminde kullanılan örnekler.



RESİM 2: Kırılmış cam fiber.

mine bağlı kalınarak monomer içerisinde mililitrelik şırınga yardımıyla hacimce %2, 5, 10 ve 20 oranlarında; 2 hidroksietil metakrilat (HEMA), etil metakrilat (EM), 2 hidroksietil akrilat (HEA), izobutil metakrilat (IBM) her bir grup için ayrı ayrı eklendi. Her bir örnek içerisindeki fiber miktarı ağırlıkça yüzde olarak hesaplandı. Fiber ilave



ŞEKİL 1: Çalışmada kullanılan monomerlerin kimyasal yapıları.

edilecek gruplara eklenen fiber miktarına göre ilave likit eklendi. İlave likit eklenmesi şu şekilde belirlendi:

Bir kabın içine 3 mL monomer (MMA) konuldu. Monomerin üzerine 1 g kırılmış fiber konularak, 10 dakika bekletildi. Sonra fiber çıkartılıp, kabın içinde kalan monomer hacmi mL'lik şırınga ile ölçüldü. 1 g fiberi doyuran monomer miktarının 0.7 mL olduğu belirlendi. Sonra farklı derişimlerde (%2, %5, %10 ve %20) diğer likitler hazırlanıp, ilave likit eklenmiş MMA içerisine şırınga ile eklendi.

Oluşturulan likit ile fiberli akrilik tozu birbirleriyle karıştırılıp hamur kıvamına geldikten sonra mufla içerisindeki kalıp boşluğuna yerleştirildi. Firmanın önerilerine göre soğuk suya atılan mufla, su kaynadıktan sonra 30 dk su banyosunda kaldı. Bu süre sonunda mufla dışarıya çıkarıldı ve soğuyuncaya kadar beklenildi. Mufla açıldı ve örnekler alçı içerisinde dikkatli bir şekilde çıkarıldı. İlk aşamada kenar fazlalıkları düzeltildi. İkinci aşamada yüzeyde oluşan düzensizlikler su altında 600 numaralı su zımparası ile düzeltildi. İşlemler tamamlanarak örnekler elde edildi.

Hazırlanan örnekler silika jel içeren desikatörde 24 saat (37 ± 1 °C) bekletildi. Süre bitiminde tüm örnekler başka bir desikatöre yerleştirilerek bir saat bekletildi ve hassas terazide kuru ağırlık tartımı yapıldı. 24 saatlik zaman içinde disklerde 0.5 mg'dan fazla ağırlık azalması olmayıncaya kadar işlemler tekrarlandı. Kuruyan örneklerin tartımı yapıldı ve değerleri yazıldı. Yedi gün boyunca su banyosu cihazında (Nüve BM302, Ankara, Türkiye) sıcaklığı 37 ± 1 °C olan distile su içerisinde bekletildi. Örnekler çıkarılıp teker teker kurutma kağıdında kurutulduktan sonra tartılıp emilmiş haldeki disklerin ağırlıkları kaydedildi.

Tüm örneklerin su emilim değerleri şu formülle hesaplandı:

$$\text{Su emilimi} = \frac{M2 - M1}{S} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

M1= Örneğin distile suda bekletilmeden önceki ağırlığı (g), M2= Örneğin distile suda bekletildikten sonraki ağırlığı (g), S= Test örneğinin hacmi (cm^3).

Çalışmanın verileri SPSS (Ver: 15.0) programına yüklenerek farklı derişimlerdeki su emiliminin; gruplar arasında farklılık olup olmadığı Kruskal-Wallis testi kullanılarak belirlendi. Test sonucunda önemlilik kararı verildiğinde grupların ikiyeşerli olarak karşılaştırılmasında Mann-Whitney U testi kullanıldı. Her bir grubun kendi içinde farklı derişimlerdeki su emilimi incelenirken ölçümler arası farklılığın belirlenmesinde Friedman testi kullanıldı. Test sonucunda önemlilik kararı verildiğinde farklılık yapan ölçümleri belirlemek için Wilcoxon testi kullanıldı.

Verilerimiz tablolarda ortalama, \pm standart sapma şeklinde belirtilip yanılma düzeyi $p < 0.05$ olarak alındı.

BULGULAR

Akrilik rezinin monomeri içine, farklı derişimlerdeki (%2, 5, 10 ve 20) monomerlerin ilave edilmesiyle elde edilen test örneklerinin su emilim değerleri (g/cm^3); her bir grubun kendi içerisinde değerlendirilmesinde Wilcoxon testi, gruplar arası değerlendirilmede Mann-Whitney U testi kullanılarak ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 1 ve 2, grafikler ise Şekil 2 ve 3'te gösterilmiştir.

%2'lik derişim yönünden gruplara ait su emilimi değerleri karşılaştırıldığında gruplar arası farklılık önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Gruplara ait su emilimi değerleri ikiyeşerli olarak karşılaştırıldığında HEMA grubu ile kontrol ve fiberli grup arasındaki farklılık önemli bulunurken ($p < 0.05$) diğer gruplar arası farklılık önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).

%5'lik derişim yönünden gruplara ait su emilimi değerleri karşılaştırıldığında gruplar arası farklılık önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Gruplara ait su emilimi değerleri ikiyeşerli olarak karşılaştırıldığında kontrol grubu ile HEMA, HEA ve EM grubu, fiberli grup ile HEA grubu, IBM grubu ile HEMA, HEA ve EM grubu, HEMA grubu ile HEA ve EM grubu arasındaki farklılık önemli bulunurken ($p < 0.05$) diğer gruplar arası farklılık önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).

%10'luk derişim yönünden gruplara ait su emilimi değerleri karşılaştırıldığında gruplar arası farklılık önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Gruplara

TABLO 1: Gruplara ait %2, %5, %10 ve %20'lik konsantrasyonlarda su emilimi testi sonuçları (g/cm³).

	%2 X ± Ss	%5 X ± Ss	%10 X ± Ss	%20 X ± Ss	n
Kontrol	0.010 ± 0.001 ^a	0.010 ± 0.001 ^{c,d,e}	0.010 ± 0.001 ^{l,m}	0.010 ± 0.001 ^{u,v}	7
Fiberli Grup	0.010 ± 0.001 ^b	0.010 ± 0.001 ^f	0.010 ± 0.001 ^{n,o}	0.010 ± 0.001 ^{y,z}	7
Fiber + IBM	0.010 ± 0.001	0.010 ± 0.001 ^{g,h,i}	0.010 ± 0.001 ^{p,r}	0.009 ± 0.001 ^{x,w}	7
Fiber+ HEMA	0.011 ± 0.001 ^{a,b}	0.011 ± 0.001 ^{c,g,j,k}	0.011 ± 0.001 ^{l,p,s}	0.014 ± 0.001 ^{u,y,x,û}	7
Fiber + HEA	0.011 ± 0.002	0.012 ± 0.001 ^{d,f,h,j}	0.013 ± 0.001 ^{m,r,t}	0.017 ± 0.005 ^{v,z,w,q}	7
Fiber + EM	0.010 ± 0.001	0.012 ± 0.003 ^{e,i,k}	0.009 ± 0.001 ^{o,s,t}	0.010 ± 0.001 ^{q,û}	7
	KW= 10.05	KW= 12.46	KW= 13.31	KW= 13.36	
	p= 0.039	p= 0.029	p= 0.021	p= 0.010	
	*p< 0.05	*p< 0.05	*p< 0.05	*p< 0.05	

*Dikey sütunlarda aynı küçük harfle izlenen ortalamalar arasındaki fark Mann-Whitney U testine göre istatistiksel olarak önemlidir (p< 0.05).

HEMA: 2 Hidroksietil metakrilat, EM: Etil metakrilat, IBM: İzobutil metakrilat, HEA: 2 Hidroksietil akrilat.

TABLO 2: Her bir grubun kendi içinde dört farklı derişimdeki su emilimi test sonuçları (g/cm³).

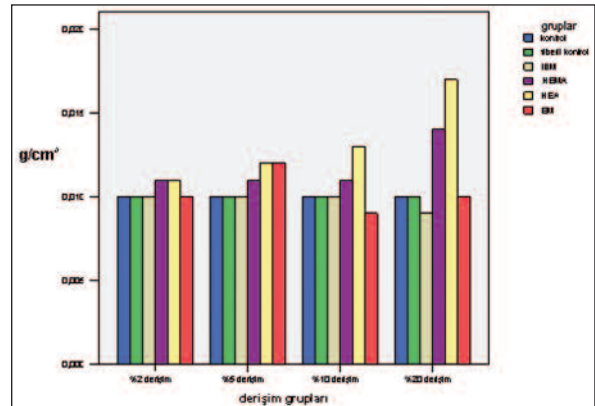
	Fiber + IBM X ± Ss	Fiber + HEMA X ± Ss	Fiber + HEA X ± Ss	Fiber + EM X ± Ss	n
%2	0.010 ± 0.001	0.011 ± 0.001	0.011 ± 0.002	0.010 ± 0.001	7
%5	0.010 ± 0.001	0.011 ± 0.001	0.012 ± 0.001	0.012 ± 0.003	7
%10	0.010 ± 0.001	0.011 ± 0.001	0.013 ± 0.001	0.009 ± 0.001	7
%20	0.009 ± 0.001	0.014 ± 0.001	0.017 ± 0.005	0.010 ± 0.001	7
	X ² = 7.18	X ² = 6.60	X ² = 7.00	X ² = 7.60	
	p= 0.065	p= 0.096	p= 0.072	p= 0.075	
	*p> 0.05	*p> 0.05	*p> 0.05	*p> 0.05	

*Dikey sütunlardaki derişimler arasındaki fark Wilcoxon testine göre istatistiksel olarak önemsizdir (p> 0.05).

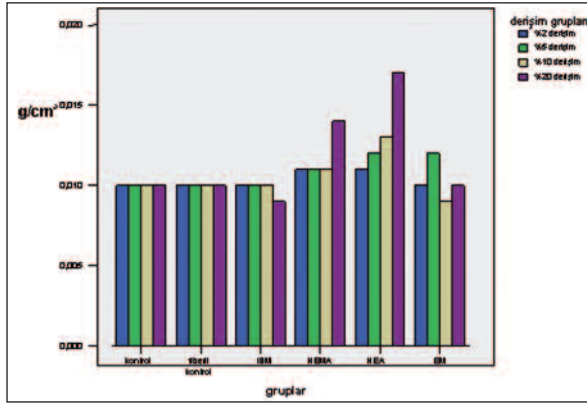
HEMA: 2 Hidroksietil metakrilat, EM: Etil metakrilat, IBM: İzobutil metakrilat, HEA: 2 Hidroksietil akrilat.

ait su emilimi değerleri ikiyeşerli olarak karşılaştırıldığında kontrol grubu ile HEMA ve HEA grubu, fiberli grup ile IBM ve EM grubu, IBM grubu ile HEMA ve HEA grubu, EM grubu ile HEMA ve HEA grubu arasındaki farklılık önemli bulunurken (p< 0.05) diğer gruplar arası farklılık önemsiz bulunmuştur (p> 0.05).

%20'lik derişim yönünden gruplara ait su emilimi değerleri karşılaştırıldığında gruplar arası farklılık önemli bulunmuştur (p< 0.05). Gruplara ait su emilimi değerleri ikiyeşerli olarak karşılaştırıldığında kontrol grubu ile HEMA ve HEA grubu, fiberli grup ile HEMA ve HEA grubu, IBM grubu ile HEMA ve HEA grubu, EM grubu ile HEMA ve HEA grubu arasındaki farklılık önemli bulunurken (p< 0.05) diğer gruplar arası farklılık önemsiz bulunmuştur (p> 0.05) (Tablo 1).

**ŞEKİL 2:** Gruplararası su emilim değerleri.

Her grup kendi içinde dört farklı derişimde istatistiksel olarak kıyaslandığında Wilcoxon testi sonucuna göre;



ŞEKİL 3: Grup içi su emilim değerleri.

IBM, HEMA, HEA ve EM gruplarındaki %2, 5, 10 ve 20 derişimlerde ölçülen su emilim değerleri kendi içlerinde karşılaştırıldığında ölçümler arası farklılık önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$) (Tablo 2).

Testler sonucunda en fazla su emilim değeri sırayla %20'lik derişimdeki HEA (0.017 ± 0.005 g/cm³) ve HEMA (0.014 ± 0.001 g/cm³) gruplarında görüldü. Diğer gruplardaki su emilim miktarı bu değerlerden düşük ve/veya birbirlerine yakın değerlerde görüldü. En az su emilim değeri %20'lik derişimdeki IBM'de (0.009 ± 0.001 g/cm³) saptandı.

TARTIŞMA

Günümüz protetik diş hekimliğinde PMMA en yaygın kullanılan materyallerden biridir. Uygulamasının kolaylığı, hastalar tarafından kolay kabul edilebilirliği, iyi estetik göstermesi sebebiyle geniş bir kullanım alanı bulmuştur.^{26,27}

Bu materyalin fiziksel özelliklerinden, transvers ve darbe dayanıklılığı istenilen düzeyde değildir. Fonksiyonel kuvvetler altında ağızda kullanımı veya düşürülmesiyle kırılabilen ya da çatlaklar oluşabilmektedir. Bu nedenle fiziksel dayanıklılığın daha iyi bir duruma getirilmesi için çalışmalar sürdürülmektedir.²⁸ Son yıllarda akrilik rezinlerin fiziksel özelliklerini geliştirmek amacıyla cam, karbon, aramid ve polietilen fiberlerin ilavesi, yapıları farklı monomerler ilave edilerek yapıların kimyasal modifikasyonun sağlanması gibi çalışma alanlarında yoğunluk gözlenmektedir.^{16,17,29-31}

Akriliğin çarpma dayanımını, elastikiyet modülünü, transvers direncini arttırdığı, beyaz renkte olduğu için estetik olmaları, tepim aşamasında diğer fiberlerden daha homojen olarak dağılması gibi özelliklerinden dolayı çalışmada cam fiber tercih edildi.^{27,32} Yaptığımız çalışmada PMMA'nın oluşturduğu matris yapısını bozmadan o yapıya benzer özellikte yapılar ekleyip kopolimer yapıları oluşturuldu. Burada amaç aynı molekül içinde hem sert hem de yumuşak segmentlere sahip bir yapı oluşturarak yüksek dayanıklılık özelliklerine sahip bir materyal elde etmek ve su emilim miktarını değerlendirmektir.

Yapılan çalışmalarda, sonuçların standardizasyonunu sağlamak açısından test örneklerinin şekli ve kalınlıklarının çok etkili olduğu bildirildiğinden araştırmamızda, ADA standartlarına uygun akrilik örnekler kullanıldı.

Chow ve ark., fiberle güçlendirilmiş akriliklerin su emilimini tespit etmede standart bir yöntem olmadığını dile getirmişlerdir.³³ Bu yöntemlerden biri, suyla temas eden yüzey alanı başına meydana gelen ağırlık artışını tespit etmektir (mg/cm²). Diğer ise, suyla temas eden belli hacimdeki akrilik rezinin (cm³) cinsinden ağırlık artışını tespit etmektir (g/cm³).³⁴ Çalışmada su emilimi tespitinde ikinci metot uygulandı.

Su emilimi, fiberle kuvvetlendirilmiş kompozit ve akriliklerde ağız içerisinde uzun süre stabilize kalabilmesinde önemli rol oynamaktadır. Su emiliminin fazlalığı akriliklerde boyutsal değişikliğe sebebiyet vereceğinden istenilen durum değildir.³⁵ Akrilikler uzun süre zarfında yavaş su emerler. Bu emilim difüzyon kanunlarına göre olur. Moleküller su difüzyonu ile birbirinden ayrılarak daha hareketli hale gelir ve böylelikle protezde büyüme olur. Ancak akriliklerin polimerizasyon büzülmesi ile bu tolere edilebilir.^{1,36}

Öztürk ve ark., ağırlıkça %2 oranında E-cam fiber ilaveli akrilikleri ısı ve mikrodalga ile polimerize edip 37 °C'de distile suda bekletip 1. ve 7. günde su emilimine değerlendirmişlerdir.³⁷ Fiberle kuvvetlendirilmiş akriliklerde su emiliminin azaldığını ancak her iki polimerizasyon yöntemiyle elde edilen fiberli akriliklerde su emilimi yönünden fark olmadığını belirtmişlerdir.

Çal ve ark., örgü ve tek yönlü iplik şeklinde cam fiber eklenmiş akriliklerde su emilimini incelediklerinde, fiberin artmasıyla su emiliminin azaldığını ve iplik ve örgü şeklindeki fiberleri kıyasladıklarında su emilimi yönünden fark olmadığını belirtmişlerdir.³⁸

Yaptığımız çalışmada kontrol grubu ile fiberli grup arasında su emilimi yönünden fark bulunmamıştır. Çalışmaların çoğunda fiber ilaveli akriliklerde su emiliminde artış olurken bazılarında da azalma ile sonuçlanan veriler belirtilmiştir. Bu durum kullanılan fiberlerin farklılıklarından kaynaklanabilir. Su emiliminin artması çoğunlukla polietilen fiber kullanılmasıyla olmaktadır. Ancak bizdeki su emilimi değerinin farklı olmamasının sebebi olarak, fiberi silanlı olarak seçtiğimizden dolayı fiber ile rezin arası bağlantının tam olması böylece boşlukların az olması nedeniyle emilimin fazla olmadığını ve çoğu çalışmalarda yüksek konsantrasyonlarda fiber ilaveli akriliklerde su emilimi arttığını ve bundan yola çıkarak çalışmamızdaki fiber konsantrasyonun azlığı da su emiliminde fazla değişiklik göstermemiş olabileceğini söyleyebiliriz.

Miettinen ve ark., cam fiberli kompozitler için farklı polimer matriksler kullanmışlar ve Poli(etil metakrilat) tozuna butilmetakrilat (DP), PMMA tozuna MMA likiti (PP), BisGMA ve 2 hidroksietil metakrilat (MA) yapılı kompozit polimerlerden farklı matriks yapılar oluşturarak bunların su emi-

limini araştırmışlardır.³⁵ DP ve PP polimerlerinin MA polimerinden oldukça düşük su emiliminin olduğunu belirtmişlerdir. Bu su emiliminin azalmasını ise doldurucu maddenin yapısından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. MA polimer matriksinin fazla su emmesi, içindeki hidrofilik (suyu seven) 2 hidroksietil metakrilatın olmasından dolayı olduğunu belirtmişlerdir. Yaptığımız çalışmada distile suda 1 hafta bekletilen farklı kopolimerli akriliklerde, su emilimi değerleri incelendiğinde her bir grubun farklı derişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı olmasa da HEA ve HEMA gruplarında konsantrasyon artışı ile su emilimi artmaktadır. En düşük su emilimi %20'lik konsantrasyonda IBM grubunda, en yüksek su emilimi ise %20'lik konsantrasyondaki HEMA ve HEA'da görülmüştür. Su emiliminin azlığının hidrofobik, emilimin fazlalığının ise hidrofilik özelliğinden kaynaklandığını söyleyerek yukarıdaki çalışmayla paralellik göstermektedir.

SONUÇ

Akriliğe sadece fiber ya da IBM ilave edilmesi su emilimi yönünden kontrol grubu ile arasında fark oluşturmamış, HEMA ve HEA'nın tüm konsantrasyonlardaki su emilim değerleri kontrol grubuna göre fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu da fiber ve IBM'nin akriliklerde kullanılabilirliği ancak çalışmanın in vivo olarak da yapılarak sonuçların desteklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Zaimoğlu A, Can G, Ersoy E, Aksu L. Diş Hekimliğinde Maddeler Bilgisi. 1. Baskı. Ankara: A.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Yayınları; 1993. p.70-5.
2. Phoenix RD. Denture base materials. Dent Clin North Am 1996;40(1):113-20.
3. Craig RG, O'brien WJ, Powers JM. Properties and Manipulation. Dental Materials; Properties and Manipulation. 7th ed. Missouri: Mosby-Year Book; 1992. p.209-20.
4. Çalıkocaoğlu S. [Complete denture prosthodontics. In acrylic resin and this subject last developments]. Tam Protezler; Protez Akademisi ve Gnatoloji Derneği 2. Bilimsel Yayını. 2. Cilt. 3. Baskı. İstanbul: Teknografik Matbaacılık; 1998. p.537-67.
5. McCabe JF, Walls AWG. Applied Dental Materials. 7th ed. Oxford: Mass Publishing CO; 1994. p. 75-91.
6. Wong DMS, Cheng LYY, Chow TW, Claric RF. Effect of processing method on the dimensional accuracy and water sorption of acrylic resin dentures. J Prosthet Dent 1999;81(3): 300-4.
7. Vallittu PK. Some aspects of tensile strength of unidirectional glass fibrepolymethyl methacrylate composite used in denture. J Oral Rehabil 1998;25(2):100-5.
8. Dixon DL, Breeding LC, Ekstrand KG. Linear dimensional variability of three denture base resins after processing and in water storage. J Prosthet Dent 1992;68(1):196-200.
9. Miettinen VM, Vallittu PK. Water sorption and solubility of glass fiber-reinforced denture polymethyl methacrylate resin. J Prosthet Dent 1997;77(5):531-4.
10. Takahashi Y, Chai J, Kawaguchi M. Effect of water sorption on the resistance to plastic deformation of a denture base material relined with four different denture relining materials. Int J Prosthodont 1998;11(1):49-54.

11. De Clerck JP. Microwave polymerization of acrylic resins used in dental prostheses. *J Prosthet Dent* 1987;57(1):650-4.
12. Braden M, Davy KWM, Parker S, Ladizesky NH. Denture base poly(methyl methacrylate) reinforced with ultrahigh modulus polyethylene fibres. *Dental Mater* 1998;164(4):109-13.
13. DeBoer 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* 1984;51(1):119-21.
14. Dixon DL, Breeding LC. The transverse strengths of three denture base resins reinforced with polyethylene fibers. *J Prosthet Dent* 1992;67(3):417-9.
15. Friskopp J, Blomlöf L, Söder PO. Fiber glass splints. *J Periodontol* 1979;50(4):193-6.
16. Doğan OM, Bolayır G, Keskin S, Boztuğ A, Doğan A, Bek B. Effects of some methacrylate monomers used as liquid component on tensile and flexural strengths of poly(methyl methacrylate) denture base resin. *Mater Res Innov* 2006;10(4):424-7.
17. Arlen MJ, Dadmun MD. The reinforcement of polystyrene and poly (methyl methacrylate) interfaces using alternating copolymers. *Polymer* 2003;44(22):6883-9.
18. Vallittu PK, Lassila VP. Transverse strength and fatigue of denture acrylic glass fiber composite. *Dent Mat* 1994;10(2):116-21.
19. Henriks-Eckerman ML, Suuronen K, Jolanki R, Alanko K. Methacrylates in dental restorative materials. *Contact Dermatitis* 2004;50(4):233-7.
20. Andreasson H, Johnsson S, Karlsson S. On permeability of methyl methacrylate, 2-hydroxyethylmethacrylate and triethyleneglycol dimethacrylate through protective gloves in dentistry. *Eur J Oral Sci* 2003;111(6):529-35.
21. Brar AS, Hooda S, Goyal AK. Microstructure determination of 2-hydroxy ethyl methacrylate and methyl acrylate copolymers by NMR spectroscopy. *J Mol Struct* 2006;828(1-3):25-37.
22. Emileh A, Farahani EV, Imani M. Swelling behavior, mechanical properties and network parameters of pH and temperature-sensitive hydrogels of poly (2-dimethyl amino) ethyl-methacrylate-co-butyl methacrylate). *Eur Polymer J* 2007;43(5):1986-95.
23. Mun GA, Nurkeeva ZS. Temperature-responsive water-soluble copolymers based on 2-hydroxyethyl acrylate and butyl acrylate. *Macromol Chem Phys* 2007;208(9):979-87.
24. Chen JT, Lin Y. Liquid-liquid equilibria of water + 1-butanol + methyl methacrylate or butyl methacrylate or isobutyl methacrylate at 288.15 K and 318.15 K. *Fluid Phase Equilibra* 2007;259(2):189-94.
25. American National Standard/American Dental Association/ Specification No. 12 Denture Base Polymers, Council on Scientific Affairs. Chicago: American Dental Association; 1999.
26. İmirzalıoğlu P, Gürbüz R, Atasav E, Erkut S. [The effect of fiber reinforcement on the fracture toughness of denture base acrylic resin]. *Journal of Hacettepe Faculty of Dentistry* 2006;30(3):3-14.
27. Murei MK. Reinforcement of denture base resin with glass fillers. *J Prosthet Dent* 1999;8(1):18-26.
28. Jagger DC, Jagger RG, Allen SM. An investigation into the transverse and impact strength of 'high strength' denture base acrylic resins. *J Oral Rehabil* 2002;29(3):263-7.
29. Vallittu PK, Lassila VP, Lappalainen, R. Acrylic resin-fiber composite- Part 1: The effect of fiber concentration on fracture resistance. *J Prosthet Dent* 1994;71(6):607-12.
30. Kanie T, Fujii K, Arikawa H, Inoque K. Flexural properties and impact strength of denture base polymer reinforced with woven glass fibers. *Dent Mater J* 2000;16(2):150-8.
31. Johnson JA, Jones DW. The mechanical properties of PMMA and its copolymers with ethyl methacrylate and butyl methacrylate. *J Mater Sci* 1994;29(4):870-6.
32. Uzun G, Keyf F. The effect of glass-fiber reinforcement on the transverse strength, deflection and modulus of elasticity of repaired acrylic resins. *Int Dental J* 2000;50(2):93-9.
33. Chow W, Cheng Y, Ladizesky H. Polyethylene fibre reinforced poly(methyl methacrylate) water sorption and dimensional changes during immersion. *J Dent* 1993;21(6):367-72.
34. Reis JMS, Vergani CE, Pavarina AC. Effect of relining, water storage and cyclic loading on the flexural strength of a denture base acrylic resin. *J Dentistry* 2006;34(7):420-6.
35. Miettinen VM, Narva KK, Vallittu PK. Water sorption, solubility and effect of post-curing of glass fibre reinforced polymers. *Biomaterials* 1999;20(13):1187-94.
36. Sun SF. Syntheses of macromolecular compounds. *Physical Chemistry of Macromolecules Basics Principles and Issues*. 1st ed. New York: John Wiley and Sons; 1994. p.4-23.
37. Ozturk AN, Inan O, Yoldem I. Dimensional changes and water sorption of two acrylic polymer materials reinforced with glass fibres. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2003;11(3):129-32.
38. Cal, NE, Hersek N, Sahin E. Water sorption and dimensional changes of denture base polymer reinforced with glass fibers in continuous unidirectional and woven form. *Int J Prosthodont* 2000;13(6):487-93.