



# Ortodontik Plakların Plakların Mekanik Kuvvetlere Karşı Güçlendirilmesinde Cam Fiber Kullanımı

## Use of Glass Fiber to Reinforce Orthodontic Plates Against Mechanical Forces

### ÖZET

Bu çalışmada ortodontik akrilik rezinin yatay yüklenilme ve maksimum deformasyonu üzerinde cam fiberin yüzdesel miktarının farklı etkileri araştırıldı. Üretici firmanın talimatlarına göre kırk adet örnek özel bir kalıp kullanılarak hazırlandı. Cam fiber ile güçlendirme için toplam toz/likit oranına göre fiberlerin dört değişik yüzdesinde (0%, 1%, 2%, 5%) ve rasgele formunda çalışıldı. Sonuçlar %2 cam fiber ilavesi işlemi test örneklerinin yatay yüklenim derecesin arttırdığını gösterdi. Test edilen işlem gruplarının maksimum deformasyon hatası farklı bulunurken kırılma direnci ve deformasyonu üzerinde fiber konsantrasyonunun etkisi önemliydi. Sonuçta %2 cam fiber konsantrasyonunun kırılma direnci ve deformasyona karşı en iyi sonuçları verdiği bulunurken daha fazla miktarda cam fiber yüzdesinin rezini zayıflatacağı görüldü. (*Türk Ortodonti Dergisi* 2006;19:235-240)

**Anahtar Kelimeler:** Cam fiber, Ortodontik plak, Güçlendirme

### SUMMARY

This study investigated the different effects of quantitative percentages of glass fiber intensity on the transverse strength and maximum deformation of orthodontic acrylic resin. Forty specimens were formed in a specially designed mold to produce identical specimens in accordance with the manufacturer's recommendations. Four different percentages of glass fiber reinforcements in loose random form were studied. Each glass fiber treatment percentage (0%, 1%, 2%, 5%) was related to the total powder/liquid mass. The results indicated that 2% glass fiber treatment enhanced the transverse strength of the tested specimen. Maximum deformation at failure in the tested treatment groups was found to be different. The interaction of glass fiber concentration on fracture strength and deformation was significant. In conclusion the 2% glass fiber concentration was found to yield optimum fracture strength and deformation results. Increased amount of glass fiber incorporation resulted in decreased mechanical properties of the resin. (*Turkish J Orthod* 2006;19:235-240)

**Key Words:** Glass fiber, Orthodontic plate, Reinforcement



Yrd. Doç. Dr. İbrahim  
Erhan GELGÖR

Yrd. Doç. Dr. Bülent  
ÇATALBAŞ

Kırıkkale Üniv. Dişhek.  
Fak. Ortodonti AD./  
Kırıkkale Univ. Faculty of  
Dentistry, Dept. of  
Orthodontics  
Kırıkkale, Turkey

### İletişim Adresi Correspondence:

Dr. İbrahim Erhan Gelgor  
Kırıkkale Üniv. Dişhek.  
Fak. Ortodonti AD.  
Kırıkkale / Turkey  
Tel:+90 318 224 49 27  
Fax:+90 318 225 06 85

## GİRİŞ

Polimetil metakrilat (PMMA) renk stabilitesi, kolay manipülasyonu ve cilalanabilirliği nedenleriyle dişhekimliğinde en çok kullanılan materyallerden biridir. PMMA'nın ortodontide kullanılan formu olan ortodontik akrilin ilave bir özelliği şeffaf bir görüntü sağlayabilmesidir. Tüm bu üstün özelliklerine rağmen bu materyalin ideal mekanik gereksinimleri tam olarak yerine getiremediği görülmektedir (1-4). Araştırmacılar bu materyalde, en çok bükülme yorgunluğuna karşı orta hatta meydana gelen kırılmaları gözlemişlerdir (5,6). Araştırmalarda, bu materyalin mekanik dayanıklılığını arttırmada tel yada metal plakların, karbon, aramid ve son olarak cam fiberlerin denendiği görülmektedir (7,8).

Mullarky (9) ortodontik apareylerin güçlendirilmesinde aramid fiberlerin kullanımını önermiştir. Larson ve ark. (10) ve Stipho (3) karbon ve aramid fiberlerin PMMA'nın yapısını güçlendirdiğini bununla birlikte apareylerin cilalanmasını güçleştirdiğini ve estetiği kötüleştirdiğini bildirmişlerdir. Son yıllarda PMMA'nın mekanik özelliklerinin artırılmasında cam fiberlerin kullanımına yönelik çalışmalar artmıştır. Vallittu ve ark. (2) test örneklerinin merkezine uyguladığı cam fiberlerin örneklerin kırılma direncini oldukça yükselttiğini bildirmişlerdir. Stipho (3) toplam toz/likit oranına göre %1, %2, %5, %10 ve %15 oranında cam fiber ilavelerini test etmiş ve %1 cam fiber ilavesi ile protetik akrilik rezinin en yüksek oranda mekanik kuvvetlere karşı kırılma direnci gösterdiğini bulmuştur.

Özellikle vidalar ve springler gibi aktif elemanların eklendiği ortodontik apareylerde çoğu zaman farklı düzeylerde kırılmalara rastlanmaktadır. Apareylerin kırılmasını önlemenin bir yolu olarak biraz daha kalın yapılması öngörülse de bunun en büyük dezavantajı konuşma problemleri oluşturmasıdır.

Bu çalışmada ortodontik amaçla kullanılan ortodonti akrilik rezin materyalinin mekanik özelliklerinin artırılmasında cam fiber ilavesinin etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

## GEREÇLER ve YÖNTEM

Dört grup ve her grupta 10 test örneği olacak şekilde ısı ile sertleşen ortodontik akrilik (Orthocryl, Dentaurem, Germany) kullanıldı. Birinci grup kontrol grubu olarak düşünüle-

## INTRODUCTION

Polimethyl methacrylate (PMMA) is the most commonly used material in dentistry. Color stability and ease of manipulation and polishing make it a desirable material. The orthodontic form of PMMA has an additional transparent appearance. Despite its popularity, the material is far from ideal in fulfilling the mechanical requirements (1-4). The researchers have observed that in function, mid-line fracture is a common problem due mainly to flexural fatigue (5,6). Metal wires and plates, carbon and aramid fibers have been investigated in strengthening PMMA (7,8).

Mullarky (9) has said aramid fibers are useful in reinforcing orthodontic appliances. According to Larson et al. (10) and Stipho (3), carbon and aramid fibers are useful in strengthening PMMA but produced difficult polishing and poor aesthetics. In the last years the studies have increased using glass fiber to strengthening PMMA for mechanic forces. Vallittu et al. (2), informed that when the glass fibers applied in the centre of the tested specimens, the fibers was increased strengthening properties them. Stipho (3) tested 1%, 2%, 5%, 10% ve 15% glass fiber treatment percentage for prosthetic acrylic resin reinforcement, 1% glass fiber concentration was found to give the best fracture strength results.

In the orthodontic appliances which have screw and spring the different levels breakings are often seen. The thicker appliance can be a solution to these problems but the more speech disorders can be seen.

The purpose of this study was to investigate effects of using glass fiber to enhance mechanical properties of the orthodontic acrylic resin material.

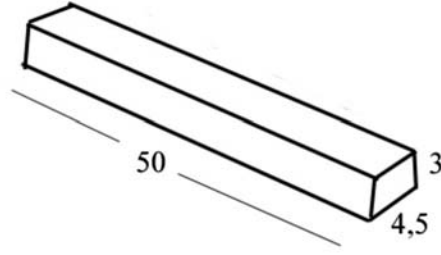
## MATERIAL and METHODS

Heat cured orthodontic acrylic resin (Orthocryl, Dentaurem, Germany) was used to prepare four groups of test specimens. One group was used as a control with no glass fiber strengthener added. Other groups were prepared with different percentages of E-glass fibers (Ahlstrom, Karhula, Finland). The material supplied in long strands of strong and flexible thread fibers had a nominal diameter of 10µm. The fibers were cut into short lengths of approximately 2 mm and set in predetermined masses enough to form the



rek akril içine cam fiber eklenmedi. Diğer akrilik grupları hazırlanırken farklı yüzdelerde E-cam fiberler (Ahlstrom, Karhula, Finland) karışma eklendi. Esnek ipliksi ve uzun dayanıklı tellerden oluşan fiber materyali 10µm çapındaydı. Uzun fiberler yaklaşık 2 mm boyunda kesilerek önceden saptanan miktarda akrilik likit/toz karışımına %1, %2 ve %5 oranında eklendi. İstenilen miktarda fiberler öncelikle belirlenen miktardaki metilmetakrilat likidine karıştırıldı daha sonra belirlenen miktardaki toz bu karışıma eklendi, bu sayede fiberlerin karışım içinde rasgele ve her yöne eşit bir şekilde dağılımı sağlandı (10). Her örnek, polymer/monomer oranı 10 gm/8 ml olacak şekilde 3 X 4.5 X 50 mm boyutlarında hazırlandı (2) (Şekil 1).

Henüz polimerizasyonu başlamamış akrilik karışım bir kalıba yerleştirildi ve ardından basınçlı tencerede üretici firmanın tavsiyesine göre 40°C/104°F, 2.2 bars (30 p.s.i.) ve 20 dakika süre ile polimerize edildi. Örnekler kalıplardan çıkarıldıktan sonra ince bir zımpara ile fazla kısımları düzeltildi. Yine örneklerin son boyutları hassas dijital mikrometre ile kontrol edildi. Tüm örneklerin yatay yönde dayanıklılıkları Instron test makinesi (Model E500, Instron Corp. Canton, Mass) 12.7 mm/dak. hız ile test edildi. Örnekler kırılma meydana gelene kadar merkezi yükleme yapıldı (Şekil 2). Meydana gelen yük, maksimum eğilme hareketi formülü ile yatay dayanıklılığa çevrildi:  $S = 3PL/4bd^2$ , S: yatay dayanıklılık, P: uygulanan yük, L: destek çubukları arasındaki mesafe, b: örneğin genişliği ve d: örneğin kalınlığıdır. Maksimum kırılma ve deformasyon yüküne göre dört grubu karşılaştırmak için, veriler one-way analysis of variance (ANOVA) ile analiz edildi. İşlemlerdeki farkı değerlendirmek için de multiple range Tukey-B testi kullanıldı.



**Şekil 1:** Isı ile sertleşen ortodontik PMMA test örneğinin şekli ve boyutları (mm).

**Figure 1:** Shape and dimensions (in millimeters) of orthodontic heat-cured PMMA test specimens

percentages of 1%, 2%, and 5% of the powder/liquid mixes. The desired mass of fibers was first mixed thoroughly with a predetermined volume of methylmetacrylate liquid, then the required mass of powder was added to the mix and stirred so that the fibers will randomly orient to give isotropic properties to the composite (10). The polymer monomer ratio was 10 gm/8 ml for all samples. Ten samples (3 X 4.5 X 50 mm) were fabricated in each test group (2) (Figure 1).

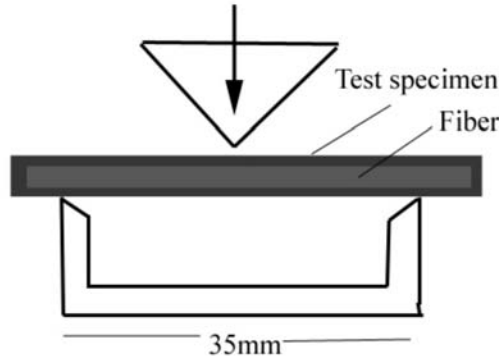
The unpolymerized acrylic resin dough was placed the model for curing in the pressure vessel containing water at between 40°C/104°F. Maintain a pressure of 2.2 bars (30 p.s.i.) for 20 minutes as manufacturers' recommendation. All specimens were prepared with same procedure in the same mold. After demolding, the specimens were removed and finished to remove excess material by honing with fine sand paper. The exact final dimensions were ensured with a fine digital micrometer. All samples were tested for transverse strength with the Instron testing machine (Model E500, Instron Corp. Canton, Mass) at crosshead speed of 12.7 mm/minute. The specimens were then loaded at the center until fracture occurred (Figure 2). The fracture load of each specimen was converted to transverse strength by calculations using maximum bending movement formula

**Tablo I:** Ölçülen kuvvet, deformasyon ve tüm test işlemleri için variance

**Table I:** Comparison between the calculated strength, deformation, and variance for all the tested treatments

Şekil 2: Örnekler üzerine uygulanan yüklemenin şematik gösterimi.

Figure 2: Schematic representation of specimen's loading.



### BULGULAR

Cam fiber eklenmemiş akrilik rezin örneklerin yatay yöndeki dayanıklılığı 66527 KPa'dı. Tüm test grupları karşılaştırıldığında en fazla dayanıklılık %2 cam fiber eklenmiş örneklerde görülürken (80260 KPa.), %5 cam fiber eklenmiş örneklerde %1 ve 2 fiber eklenmiş örnekler göre daha zayıftı (ortalama yatay yük dayanıklılığı 72660 KPa) (Tablo I). Aynı durumlar maksimum deformasyon hatası değerlendirmelerinde de görüldü. Ortala-

for fixed ends:  $S = 3PL/4bd^2$ , where S is transverse strength, P is load applied, L is distance between support rods, b is sample width, and d is sample thickness. The data were analyzed with a one-way analysis of variance (ANOVA) to compare the four types of treatment for the maximum breaking load and the deformation. Furthermore multiple range Tukey-B test was applied to determine any differences in treatment.

### RESULTS

The untreated acrylic resin samples (no glass fiber) exhibited a mean transverse strength of 66527 KPa. When all tested groups are compared the transverse strength of the 2% glass fiber treated acrylic samples were found stronger (mean transverse strength of 80260 KPa), but 5% glass fiber reinforcement was found actually weaker compared to the 1% and the 2% (mean transverse strength of 72660 KPa) (Table I). A similar tendency was found on the maximum deformation at failure. The mean transverse strength and maxi-

Tablo II: Dört farklı işlem grubunun One-way ANOVA analizi ile karşılaştırılması.

Table II: One-way ANOVA analysis to compare the six different groups of treatment.

Group	Mean Transverse Strength (KPa)	Maximum Deformation at Failure (mm)
Untreated	66527	
1% Glass Fiber	72660	
2% Glass Fiber	80260	
5% Glass Fiber		

ma yatay yük dayanıklılığı ve maksimum deformasyon hatasının cam fiber işlemlerinden önemli derecede etkilendiği bulundu ( $p < 0.0001$ ) (Tablo II). Tukey'in istatistiksel test sonuçları Tablo III'de görülmektedir. Buna göre tüm grupların maksimum deformasyon hatası ortalamaları karşılaştırıldığında test edilen işlemler arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır ( $p = 0.05$ ). %2 cam fiber ile muamele edilen örnekler, işleme tabi tutulmayan ve %5 fiberle muamele edilen örnekler göre önemli derecede daha kuvvetliydi.

### TARTIŞIMA

Bu çalışmada akrilik rezin polimer matris içindeki fiber miktarındaki artışın test örnek-

num deformasyon at failure were found significantly influenced by the glass fiber percentage treatments ( $p < 0.0001$ ) (Table II). Tukey's statistical test results are presented in Table III. These revealed that a significant level of differences between the tested treatments exist ( $p = 0.05$ ), comparing the means of both the maximum deformation at failure of all the groups. It was clear that acrylic resin samples treated with the 2% glass fiber were significantly stronger than those untreated or 5% glass fiber.

### DISCUSSION

It was found that an increase in the amount of the fibers in the acrylic resin polymer



**Tablo III:** %5 önem düzeyli Tukey-B multiple range testi sonuçları.

**Table III:** Tukey-B multiple range test results with 5% significant level.

---

---

---

---

---

---

lerinin kırılma yüklerini arttırdığı bulunmuştur. Bu bulgu diğer cam fiber çalışmalarıyla uyumludur (1-4). Tüm işlem grupları içinde, %2' lik cam fiber ilave işlemi en olumlu etkiye sahipti. Stipho (3), 1%, 2%, 5%, 10% ve 15% oranlarında cam fiber ilave ettiği otopolimerize protetik akrilik rezin örneklerini test etmiş ve öncelikle %1 ve hemen sonra %2 fiber ilave gruplarının en yüksek kırılma dayanıklılığına sahip olduklarını bulmuştur.

Diğer yandan cam fiber konsantrasyonunun %2'yi geçmesi durumunda rezinin kırılma direncinin düştüğü görülmüştür. Valittu (2) ve Stipho (3), hem ısı ile sertleşen hem de otopolimerize rezinlerde akrilik rezin karışımındaki fiber oranının %10'u geçmesi durumunda önemli boyutsal değişiklikler meydana gelmeyeceğini bildirmişlerdir. Yüksek orandaki cam fiberler monomer ile karıştırıldığında poröziteyi arttıracak biçimde kümelenmeye sebep olabilmektedir. Böylece kompozitin yapısında boşluklar meydana gelecek ve PMMA'nın homojen yapısı bozulacaktır (2).

PMMA'nın güçlendirilmesinde karbon veya aramid fiberlerin kullanımı da düşünülebilir. Mullarky (9) ortodontik plakların güçlendirilmesinde aramid fiberleri kullanmıştır. Bununla birlikte bu fiberlerin kullanımı ile plağın polisajı zorlaşacak ve kötü bir görünüm ortaya çıkacaktır (3,10). Cam fiberler yüksek ısılara, neme ve yağa dayanıklı olması ve plaklara mükemmel polisaj özelliği kazandırması yönünden avantajlara sahiptir (3). Özellikle iyi polisaj özelliği ortodontik apareylerin yapımında önem kazanmaktadır.

Devamlı formda fiberleri plaklara dahil etmek oldukça zordur özellikle basınç altında

matrix enhanced the fracture loads of the test specimens. This finding is in agreement with previously reported studies (1-4). Of all the treatments used, the 2% glass fiber contents revealed the most favorable effect with the method used in this study. Stipho (3) tested 1%, 2%, 5%, 10% ve 15% glass fiber treatment percentage for autopolymerizing prosthetic acrylic resin reinforcement, and found 1% and following 2% glass fiber concentrations gave the best fracture strength results.

On the contrary, the increase in the concentration of glass fiber reinforcement beyond 2% of the composite mass actually weakened the resin. Valittu (2) and Stipho (3) found that glass fiber reinforcements used in a concentration of 10% by weight of the acrylic resin mix did not demonstrate considerable improvement to dimensional changes in both heat-cured and autopolymerizing resins. The higher content of the glass fibers may tend to clump together when mixed with monomer increasing the porosity by forming void spaces in the composite, or acting as inclusive bodies that break up homogeneous matrix of the PMMA (2).

Carbon or aramid fibers can also be used in strengthening PMMA. Mullarky (9) has used aramid fibers in reinforcing orthodontic appliances. However these fibers produce difficult polishing and poor aesthetics (3,10). Glass fibers are known to resist extreme temperature, moisture, and oil and have excellent polishing characteristics (3). Especially, excellent polishing characteristics of this material present an importance for orthodontic appliances.

The incorporation of continuous fibers at a specific part of the denture base is difficult



fiberler plak içinde istenildiği formda kalmamak ve yer değiştirmektedirler (2,3). Bu çalışmada kullanılan küçük parçalı ve dağınık formda kullanılan fiberler bu sorunu ortadan kaldırmıştır.

Ortodontik plaklarda aranılan başlıca özellikler en ince ve en güçlü yapıda olmasıdır. Bu çalışma düşük konsantrasyonda dağınık küçük parçalı cam fiber kullanımının ortodontik aparatların dayanıklılığını arttırmada oldukça faydalı olacağını ortaya koymuştur.

because of the complications in the fabrication of the fiber composite reinforcement and the lateral spreading of the fibers during pressing (2,3). However, the glass fiber reinforcement used in this study, in small cut random loose form, minimizes these difficulties.

Orthodontic plates must have the thinnest and the strongest structures. This study revealed that reinforcing acrylic resin with low concentration of loose small cut glass fibers mixed in random form proved to be a useful and laboratory technique to strengthen the orthodontic appliances.

#### KAYNAKLAR/REFERENCES

1. Solnit GS. The effect of Methacrylate reinforcement with silane-treated and untreated glass fibers. J Prosthet Dent 1991;66:310-314.
2. Vallittu PK, Bodont DT, Lassila VP, Lappalainen R. Acrylic resin-fiber composite-part I: The effect of fiber concentration on fracture resistance. J Prosthet Dent 1994;71:607-612.
3. Stipho HD. Effect of glass fiber reinforcement on some mechanical properties of autopolymerizing polymethyl methacrylate. J Prosthet Dent 1998;79:580-584.
4. Chung K, Lin T, Wang F. Flexural strength of a provisional resin material with fibre addition. J of Oral Reh 1998;25:214-217.
5. PolyzoisGL, Andreopoulos AG, Langouvardos PE. Acryl,c resin denture repair with adhesive resin and metal wires; effects on strength parameters. J Prosthet Dent 1996;75:381-387.
6. Drabar UR, Huggett R, Harrison A. Denture fracture – a survey. Br Dent J 1994;176:342-345.
7. RuffinoAR. Effect of steel strengtheners on fracture resistance of the acrylic resin complete denture base. J Prosthet Dent 1985;54:75-78.
8. Vallitu PK, Lassila VP. Reinforcement of acrylic resin denture basematerial with metal or fibre strengtheners. J Oral Rehabil 1992;19:225-230.
9. Mullarky RH. Aramid fiber reinforcement of acrylic appliances. J Clin Orthod 1985; 51:334-337.
10. Larson WR, DixonDL, Aguilino SA, Clancy JM. The effect of carbon graphite fiber reinforcement on the strength of provisional crown and fixed partial denture resins. J Prosthet Dent 1991;66:816-820.