

## AKRİLİK REZİNLERİN GÜÇLENDİRİLME YÖNTEMLERİ

Doç. Dr. Handan YILMAZ\*

Doç. Dr. Cemal AYDIN\*

### ÖZET

Polimetilmetakrilat, 1940'lerden beri, kaide plağı yapımında sıklıkla kullanılan bir materyaldir. PMMA'nın arzu edilen özellikleri, renk stabilitesi, kolay uygulanabilmesi, polisajlanabilmesi ve tamir edilebilmesidir. Ancak kullanım sırasında meydana gelen kaide plağı kırıkları, halen önemli bir problem oluşturmaktadır. Dental polimerlerin mekanik özelliklerinin geliştirilmesi ve güçlendirilmesi için, ya rezinin yapısı modifiye edilmekte, yada rezin içersine metaller, karbon, aramid, polietilen ve cam fiber gibi materyaller eklenmektedir. Makalede, bu konuda günümüze kadar yapılmış olan araştırmaya ve gelişmeler hakkında bilgi verilmiş ve tartışılmıştır.

**Anahtar kelime:** Protez kaide rezini, güçlendirme, cam fiber, aramid fiber, polietilene fiber, sert akrilikler, karbon fiber.

### THE REINFORCEMENT OF DENTURE BASE RESINS

#### SUMMARY

Since the early 1940's, polymethyl methacrylate has become the most commonly used denture base material. Color stability, easy manipulation, polishing and repair are desirable properties of PMMA. However, the fracture of dentures during service is an important problem. To improve and strengthen the mechanical properties of dental polymers, the structure of denture base resin modified, or reinforcing the resin with the addition of the materials like metals, carbon, aramid, polyethylene fibers.

**Key words:** Denture base resin, reinforcement, glass fiber, aramid fiber, polyethylene fiber, high impact resin, carbon fiber

### Akrilik Rezilerin Güçlendirilme Yöntemleri

Akrilik reçine polimeri, ilk olarak 1935 yılında protez kaide maddesi olarak piyasaya sunulmuştur. Bu yıldan başlamak üzere plastik sanayiindeki hızlı gelişmeler, yeni polimerlerin ortaya çıkmasına yol açmıştır.<sup>18,60</sup> 1964'de ise protezlerin % 98'i metil metakrilat veya kopolimerlerinden yapılmaya başlanmıştır. O zamandan bu yana polimerlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri çok büyük oranda mükemmelleştirilmiştir. Ancak bütün bu gelişmelere karşın, idcal kaide maddesinin bulunabildiği halen söylenememektedir.<sup>20</sup>

Protez kaidesi yapımında çeşitli polimetil metakrilat maddeleri kullanılmaktadır. Bunlar akıcı tipte protez reçinesi (sıvı akrilikler, hidrofilik poliakrilat, vinil akrilikler), çok sert reçine (sert akrilik, high impact strength resin), ısıyla çabuk polimerize olan akrilik, görünür mavi ışıkla polimerize olan akrilik ve mikrodalga enerjisi ile polimerize olan akriliklerdir. Ancak, akrilik reçinelerin diş hekimliğinde kullanılmaya başlamasından sonra görülen en önemli dezavantajlarından biride kırılmalarıdır.<sup>20,46,57</sup>

Protezlerin kırılmaları çeşitli zamanlarda ve farklı sebeplerle gerçekleşmektedir. Kaide plağı kırıkları, ağız içi ve ağız dışında olmak üzere 2

şekilde meydana gelmektedir. Ağız dışında oluşan kırıkların, ya protezlerin kaza sonucu düşürülmesi ya da mufladan çıkartılırken kaba kuvvet kullanılmasıyla oluştuğu bildirilmektedir.<sup>2,46,56</sup> Ağız içindeki kırılmalar ise, kullanım sırasında kaide plağına etki eden aşırı ve dengesiz basınçlar vasıtası ile oluşmaktadır. Total protez kullanan bir insan, doğal dişleri olan bir insanın uygulayabileceği çiğneme basıncının ancak % 15-25'ini uygulayabilmektedir. Kaide plağının kullanım sırasında tekrarlanan bükülmeleri ve bükülme yorgunluğuna uğraması da kırılmayı oluşturan etkenlerden bir tanesidir. Bu tip hata, stres yoğunluğu bölgesinde oluşan mikroskobik çatlakların gelişmesi ile ortaya çıkmaktadır. Devam eden yüklenmeler ile çatlak büyümekte ve fissür haline gelerek materyali zayıflatmakta ve sonuç olarak dengesiz oklüzal yüklenmeler kaide plağının kırılmasına neden olmaktadır.<sup>46,77</sup> Ayrıca, hatalı yapımlar veya hatalı materyallerin seçimi de kırılmaların oluşumuna neden olmaktadır.<sup>58</sup> Tüm olumlu özelliklerine rağmen, kaide materyalleri olarak kullanılan akrilik rezinin kırıklar sonucu oluşan hata derecesi kabul edilemeyecek ölçülerde yüksektir.<sup>19</sup>

Beyli ve Fraunhofer,<sup>10</sup> kaide materyallerinde oluşan kırıkların sebeplerini araştırdıkları çalışmalarında, yetersiz uyumun, balanslı oklüzyon eksikliğinin, materyal yorgunluğunun ve

\* G.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi ABD Öğretim Üyesi

kaza ile düşürmelerin, kırılmaların olası nedenleri olduklarını bildirmişlerdir.

Hargreaves<sup>30</sup> ise, araştırmasında protezlerin % 69'unun, uygulamalarından sonra yaklaşık 3 yıl içerisinde kırılabilirliklerini saptamıştır.

Dorbar, Huggett ve Harison<sup>21</sup>, yaptıkları bir araştırmada 3 laboratuvardan aldıkları cevapları değerlendirmişler ve tamirlerin % 33'ünün yapay dişin ayrılması ve % 29'unun ise üst çene orta hat kırığı sebebiyle oluştuğunu bildirmişlerdir.

Kırıklar sıklıkla, üst çene total protezlerinde orta hatta oluşmaktadır.<sup>21,46</sup> Ayrıca tamir edilen kaide materyallerin kırıklarında, kırığın merkezinden çok eski ve yeni materyallerin birleşim yerinde oluştuğu bildirilmektedir.<sup>54</sup> Kırılmış protezlerin tamirleri için birçok teknik ve materyal kullanılmaktadır. Bu amaçla, soğuk akrilikler,<sup>6,10,26,56,76</sup> ısı ile sertleşen akrilik rezinler<sup>54</sup> ve günümüzde ısıyla sertleşen rezinler<sup>4,5,41</sup> kullanılmaktadır. Kendi kendine sertleşen rezinler ile yapılan tamirler, hastaya hızlı ve ekonomik seçenek sunmaktadır, ancak tamir edilen protez yaklaşık olarak % 40 ile % 60 kadar transvers dayanıklılığını kaybetmektedir.<sup>9,13,46</sup> Isıyla sertleşen akrilik rezinlerde bu başarı oranı ise, orjinal transvers dayanıklılığın %75-85'i kadardır.<sup>2,44</sup> Görünür ısıyla polimerize olan akrilik rezinler ise, 1984 yılından beri kullanılmaktadır.<sup>25</sup> Kısaca VLC olarak bilinen bu akriliğin uygulama kolaylığı olması ve özellikle muflalama ve bitim işlerini ortadan kaldırması en büyük avantajıdır. Bu sistemde quartz halojen 400-500 nanometre (nm) boyunda mavi ışık veren bir polimerizasyon ünitesi vardır. Maddenin esası az miktarda çok ince silika katılmış üretilen dimetakrilattır.<sup>1,25</sup>

Polimetil metakrilat, renk stabilitesi, manipülasyon ve polisaj kolaylığı gibi önemli özelliklerinden dolayı uzun yıllardan beri protez kaide materyali olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak çarpma ve bükülme kuvvetleri sonucu sıklıkla oluşan kaide plağı kırıkları, bu problemin çözülmesi ve dental polimerlerin mekanik özelliklerinin geliştirilmesi için çeşitli araştırmaların yapılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Polimetil metakrilatın kullanımı sırasında mekanik yönden zayıflaması şu nedenlere bağlıdır. Bunlardan ilki, ısı, su, yiyecek, içecekler ve temizleyici maddelerden oluşan çevre şartlarıdır. Diğer bir etken ise protezin şeklinin komplike olması dengersiz oklüzal temaslar ve kaide plağında oluşan iç streslerdir. Kullanım sırasında, bakterilerle akriliğin yapısının bozulması da kırılmayı oluşturan etkenlerden birisidir.<sup>31</sup> Genellikle 3. ve 5. yıllarda kırıklar görülmektedir. Kaza sonucu veya kullanım sırasında olabilecek kırılmaları önlemek

ve materyalin dayanıklılığının artırılması amacı ile ya kaide materyalinin kendi yapısı geliştirilmekte ya da materyal içine eklenen maddelerle kaide materyali güçlendirilmektedir.<sup>32</sup>

PMMA'ı darbelerle karşı daha dayanıklı kılmak için yeni akriliklerin üretimi amacıyla ve sert akrilikler (high impact) geliştirilmiştir. High-impact polietilen lifler üzerinde ilk çalışmalar Capaccio ve Wad tarafından yapılmıştır.<sup>18,20</sup> Bu araştırmacılar polimer taneciklerine lastik fibriller katarak darbelerle karşı dayanım kazandırmışlardır. Ultra high modülüs polietilen (UHMPE) fibrilleri esnek ve kolay kırılmayan bir yapıya sahiptir. Doğal renkleri, düşük yoğunlukları ve biyolojik uyumluluğu birçok çalışmaya konu olmuştur. Günümüzde en çok kullanılan madde bütodine styrene kopolimeridir. Düşük moleküler ağırlığı olan bütodine siteren kavuğu % 30'a kadar PMMA'ya katılabilir ve viskozite değişikliği yapmaz. Bu tip akrilikler, toz likit formundadır ve diğer ısıyla sertleşen sert akriliklerin yapım metodları ile uygulanırlar.<sup>12,28</sup>

PMMA içine kavuuk ilavesi ile geliştirilen high-impact akrilikler, konvansiyonel PMMA kaide maddelerine başarılı ve iyi bir alternatif oluşturmuşlardır. Ancak bu tip akriliklerin konvansiyonel akriliklerden yaklaşık 20 kat yüksek fiyatı kullanımlarını engellemektedir.<sup>33</sup> Kaide materyalinin dayanımının artırmanın bir diğer yolu ise, güçlendirilmesidir. Bu amaçla, protez kaide rezininin içine çeşitli malzemeler yerleştirilmektedir. Rutin pratikte sıklıkla kullanılan güçlendirme tekniği, kaide materyali içine metal tellerin yerleştirilmesidir. Ancak tamir sonrası bağlantı değerleri düşük olarak tespit edilmiştir.<sup>14,21,34,49</sup> Kaide plağı içine metaller tel, plaka veya doldurucu şeklinde eklenebilmektedir.

Bery ve Funk,<sup>8</sup> tekrarlanan kırık oluşumuna sahip alt protezlerde, vitalyum tellerin kullanımını önermiştir. Rezin içerisindeki güçlendiricinin kalınlığı ve pozisyonu güçlendirme tekniklerine etki etmektedir.

Ruffino,<sup>49</sup> total protezlerde akrilik rezinin kırılma direncine, tel ile güçlendirmenin etkisini tartışmış ve metalin pozisyonunun önemini ve dayanıma etkisini araştırmıştır. Maksimum güçlendirme için, metalin olası stres ve kırık çizgisine dik olarak yerleştirilmesi gerektiğini bildirmiştir.

Schaypal ve Sood,<sup>53</sup> metal doldurucuların akrilik rezinin bazı fiziksel özelliklerine etkisini incelemişler ve toz şeklindeki gümüş, bakır ve alüminyumun değişik oranlarda eklenmesinin PMMA'nın ısıl uyumluluğuna, çekme dayanımına ve basma dayanımına radyoopasiteye etkisini tespit etmişlerdir. Araştırmada,

PMMA'nın basma dayanımının arttığı, çekme dayanımının azaldığı belirlenmiştir.

Akrilik rezinlerin, akrilik olmayan materyallerle adezyonunun çok düşük olduğu bilinmektedir. Akrilik rezin ve metal arasındaki adezyonun artırılması amacıyla, birçok metod kullanılmaktadır. Bunlar, metal yüzeyine değişik teknikler kullanılarak silan uygulanması<sup>62,63</sup> veya metal bonding rezin sistemlerinin<sup>43, 59</sup> uygulanmasıdır.

Günümüzde, endüstri'de fibröz kompozit materyallerinin gelişimi, dental akrilik rezinlerin gelişiminin de yeni bir başlangıç oluşturmuştur. Fiber kompozitler, 1960'lardan beri geliştirilmelerine rağmen, günümüzde çok sıklıkla kullanılmamaktadır. Akrilik kaide materyalleri için güçlendirme amacıyla eklenen fiberler, karbon, aramid, polietilen ve cam fiberlerdir.<sup>11,12,15,23, 24, 29,38,39,51,55,62,64-68,69,74,78,79</sup>

**Karbon fiberler:** Akrilik rezinlerin, karbon fiberlerle güçlendirilmelerine ait birçok çalışma bulunmaktadır.<sup>11,22,24,42,51,52,78,79</sup> Karbon fiberler PMMA içerisine uzun iplikçiklerle veya örgülü ağ yapısında eklenmektedir. Kuru fiberlerin manipülasyon özellikleri zor olmasına karşın, fiberlerin monomer ile ıslanması, bu özelliklerinin artmasına sebep olmaktadır.<sup>33</sup>

Schreiber<sup>51</sup>, protez kaide rezini olarak PMMA'ı karbon fiberle güçlendirdiği araştırmasında, transvers bükülme ve çarpma dayanımını test etmiş ve transvers bükülme ve çarpma dayanımında artış olduğunu saptamıştır. Ancak araştırması, karbon fiberlerin iyi bir estetik sağlamadığını ve alt çene protezlerinde tercih edilmesini önermiştir.

Manley, Bowman ve Cook,<sup>42</sup> protez kaide materyali olarak PMMA'ı, karbon fiberle güçlendirmiş ve yorulma dayanımında saf PMMA'a kıyasla daha yüksek bir değer elde etmişlerdir.

Bowman ve Manley<sup>11</sup>, karbon fiber eklenmiş PMMA ile yapılmış üst çene protezlerinde kırık oranının anlamlı şekilde azaldığını belirtmişlerdir. Yazarlar araştırmalarında, kırık hikayesiyle kliniğe başvuran 28 hasta üzerinde çalışmalar yapmış ve karbon fiberler ile güçlendirilmiş grupta güçlendirilmemiş gruba oranla daha fazla ağızda taşınabilirlik tespit edilmiştir.

Yazdanie ve Mahood<sup>52</sup>, devamlı tek yönlü ve örgü ağ şeklindeki karbon fiberlerin akrilik rezinlerin transvers dayanıklılığına etkisini araştırdıkları araştırmalarında, devamlı tek yönlü karbon fiberlerin örgü yapısındaki karbon fiberlere göre güçlendirme özelliklerinin daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar karbon fiber ve PMMA arasındaki yüzeyin, diğer güçlendirme metodlarına oranla daha fazla hata

oluşturabileceğini, karbon fiberlerin silan veya diğer kimyasallarla yüzey şartlandırılmalarının akrilik rezinlerle adezyonun artırılması için uygulandığını belirtmişlerdir.

İki çeşit akrilik rezinin yorulma dayanımı ve bükülme özelliklerine karbon fiberlerin yerleşimlerinin etkisinin araştırıldığı bir araştırmada<sup>22</sup>, fiberle güçlendirilmiş rezinlerin bükülme ve yorulma dayanıklılıklarının arttığı gösterilmiş ve uzun ekseninde paralel olarak yerleştirilen fiberlerin gelişigüzel yerleştirilen fiberlerden daha yüksek yorulma direncine sahip olduğu saptanmıştır.

Wylegala<sup>78</sup>, PMMA'nın karbon fiber ile güçlendirilmesi amacıyla 3 değişik tipte karbon fiber kullanmış ve yüzeyi muamele edilmiş karbon fiber eklendiğinde transvers dayanımın arttığını ancak yüzeyine herhangi bir işlem uygulanmamış örneklerde bu dayanımın azaldığını tespit etmiştir.

Ruyter, Ekstrand ve Bjork,<sup>50</sup> titanyum implantlar üzerine uygulanan altın alt yapılar alternatif olarak karbon grafit fiber ile güçlendirilmiş PMMA'ı tartışmışlar ve güçlendirilmemiş PMMA'ın kuru ve ıslak şartlardaki bükülme özelliklerini kıyaslamışlardır. Güçlendirilen örneklerde, güçlendirilmeyenlere oranla kırılma stresi ve bükülme modülüsü daha yüksek olarak belirlenmiş ve su emiliminin fiber ve matriks arasındaki adezyon etkilenmesinden dolayı materyalin bükülme özelliklerini azalttığı belirtilmiştir.

Chow, Cheng ve Lazizesky,<sup>16</sup> karbon fiber ile güçlendirilmiş polimerlerde uygun mekanik özelliklerin sağlanması için gerekli şartları tartışmışlardır. Araştırmacılar, matriks ve güçlendirme mekanizması arasındaki adezyonun iyi olması gerektiğini ve dış streslerin güçlendirme mekanizması tarafından karşılanması gerektiğini bildirmişler ve molekül seviyesindeki iki faz arasında maksimum temasın sağlanması amacıyla, matriks tarafından güçlendirme mekanizmasının ıslanabilirliğinin iyi olmasının gerektiğini vurgulamışlardır. Makalede, fiberin rezin tarafından yeterli şekilde kaplanmasına izin verecek oranda konsantrasyonunun düşük olması gerektiği ancak bu oranın stres konsantrasyon bölgesi oluşturmayacak kadarda küçük olmaması gerekliliği belirtilmiştir.

Bir başka makalede, karbon fiberlerin potansiyel toksisitesi Manley, Bowman ve Cook<sup>42</sup> tarafından, tavşanlara karbonların implante edilmesi ile tartışılmış ve uzun süreli herhangi bir toksisiteye ve karsinojenik etkiye rastlanmamıştır. Buna rağmen Yazdanie ve Mahood<sup>79</sup>, el ile temasta deri irritasyonları gibi bazı problemler bildirmişlerdir.

1980 sonrası, PMMA'nın güçlendirilmesi amacıyla karbonların kullanımına ait çok az yayımlanmış veri bulunmaktadır. Ancak, karbon fiberler ile güçlendirmenin bazı problemler oluşturduğu bilinmektedir. Bu problemler, fiberler ile çalışma zorluğu, rezin içine hassas olarak yerleştirilmeleri, kaide akriliğinin polisaj zorluğu, siyah renkli fiber sebebi ile estetik olmaması, karbonların potansiyel toksisitesi ve güçlendirme için kullanılan diğer alternatif metodların gelişimidir<sup>33</sup>.

**Aramid Fiberler:** Aramid organik bir bileşimdir ve poli-para-fenilene terephtalamit sentetik aramik polimer fiber olarak bilinmektedir. Günlük kullanımda ise, Kevlar olarak piyasaya sürülmüştür. Kevlar, naylondan 2 kat daha yüksek çekme dayanımına ve yine naylondan 20 kat cam fiberden 2 kat daha fazla modülise sahiptir. Poliaramid fiberler, karbon fiberlerden çok daha yüksek oranda ıslanabilme özelliğine sahiptir ve yüzey muamelesi için herhangi bir ajana gerek duymamaktadır. Sarı rengi bazı hastalar için uygun bulunmamakta ve estetik bölgelerde kullanımını sınırlamaktadır. Aramid fiberlerin kullanımındaki problemler, rezin yüzeyinden fiberin dışarıya çıkarak pürüzlü bir yüzey oluşturarak polisajlanma güçlüğü ve hastalar tarafından rahat kullanılamamalarıdır.<sup>33</sup>

Grave, Chandler ve Wolfaardt<sup>27</sup>, değişik yüzdelere yerleştirilen aramid fiberli akrilik rezinlerin transvers dayanımını kıyaslamışlardır. Tüm güçlendirilen örneklerde anlamlı şekilde daha düşük değerler tespit edilmiş ve muhtemel hata sebebinin ise fiber ve matris arasındaki adezyon eksikliğinden kaynaklandığı belirtilmiştir.

Bu bulguların aksi yönde, Berrong, Weed ve Young<sup>7</sup>, % 2'lik bir fiber oranında çarpma dayanımının anlamlı şekilde arttığını bildirmişlerdir.

Vallittu ve Lassila<sup>62</sup>, yarım yuvarlak metal tel cam, karbon, aramid fiberlerle akrilik rezini desteklemişlerdir. Araştırma sonucunda, kullanılan fiberlerin hiçbirisinin kırılma dayanımını üzerine metal teller kadar etkili olmadığı görülmüştür. Aramid fiberlerin estetik olmaması ve intraoral kullanımlarının güvenli olmaması kullanımlarını sınırlamaktadır.

**Çok Yüksek Molekül Ağırlıklı Polietilen Fiberler:** Polietilen fiberler, yumuşak, kolay kırılmayan, düşük densiteli, biyolojik uyumlu ve renkleri nötr olan fiberlerdir ve polietilen ve akrilik rezin arasındaki adezyonun sağlanması amacıyla, rezin faza mekanik tutuculuğu yüzeyin etchlenmesi ile sağlayan elektrikli plazma kaplama işlemine tabi tutulmaktadırlar.

Braden, Davy, Parker ve Ladizesky, Ward,<sup>12</sup> yaptıkları çalışmada çok yüksek modüllü polietilen fiber (UHMPE) kullanmışlar ve elektrik plazma kaplama ile etchlenen fiberlerin fiber ve rezin arasındaki adezyonu artırıp artırmadığını tartışmışlardır. Bükülme testi sonucunda memnun edici sonuçlar alamazken, çarpma dayanımının arttığını gözlemişlerdir.

Gutteridge,<sup>28</sup> ağırlıkça % 0.5- % 4 oranında 6 mm. uzunluğunda, akrilik içine rastgele dizelenmiş UHMPE ile akrilik rezin protez kaidelerinin çarpma dayanımının arttığını göstermiştir. Araştırma sonunda, fiberlerin yüzde olarak % 3'den fazla yerleştirildiğinde fayda sağlayamayacağını ve % 1'lik oranın dayanımının artmasında başarılı olduğunu saptamıştır.

Gutteridge başka bir çalışmada,<sup>29</sup> UHMPE fiberlerle desteklenmiş örnekler üzerinde transvers bükülme, çarpma dayanıklılık ve sertlik testleri uygulamıştır. Araştırmacı, young modülü ve transvers dayanımın fiber ilavesinden etkilenmediğini tespit etmiş ve sertliğin % 1 oranındaki fiberden etkilenmediğini ancak % 2 oranındaki fiber mevcudiyetinde azaldığını saptamıştır. Plazma işleminin mekanizmaya ilave bir yarar sağlamadığını ifade etmiştir.

Ladizesky ve Ward,<sup>35</sup> yaptıkları çalışmada kullandıkları çok yüksek molekül polietilen fiberlerin yüzeylerini plazma ve kromik asit ile işleme tabi tutmuşlar ve fiber ve epoksi rezin arasındaki adezyonu incelemişlerdir. Araştırma sonunda, adezyonda artış görülmüş ancak çekme gerilim deneyinde düşme izlenmiştir.

UHMPE fiberlerin güçlendirme amacıyla ilave edilmesi, rezinin boyutsal stabilitesine etki etmektedir.<sup>16</sup> Pour, Deyhimi ve Wayner,<sup>47</sup> % UHMP fiber ilavesi ile belirgin bir güçlendirme etkisi ölçülmüş, ancak bu oranın üzerinde ilave bir gelişme olmadığı ifade edilmiştir.

Andreopoulos, Papaspyrides ve Tsilibounidis,<sup>3</sup> polietilen fiberlerin yüzeylerini benzolperoksit ile işleme tabi tutmuşlar ve örnekler ilave etmişlerdir. Çekme dayanıklılığı testleri sonucunda, işlem uygulanmamış polietilen fiberlerin ilavesi ile çekme dayanımının düştüğü ve işlem görmüş fiberli örneklerde hafif bir artış söz konusu olduğunu bildirmişlerdir.

Dixon ve Breeding,<sup>23</sup> üç farklı protez kaide rezini örneklerini polietilen fiberlerle güçlendirerek transvers dayanıklılıklarını ölçmüşlerdir. Yapılan çalışma sonucunda, farklı 2 tip ısı ile polimerize olan protez kaide rezininin transvers dayanımında bariz bir artış olduğu tespit edilmiştir.

Ladizesky ve Chow,<sup>36</sup> UHMPE fiberlerle güçlendirilen protez kaide akrilik rezininin

mekanik özelliklerine ara yüz adezyonunun ve su emiliminin etkisini incelemişler ve su emiliminin mekanik özelliklere ve arayüz direncine çok küçük bir etkisinin olduğunu ve plazma ile etch'in fiber ve rezin arasındaki adezyonu arttırdığını saptamışlardır

Kaide plağı içindeki polietilen fiberlerin oryantasyonları akrilik rezinin dayanımına etki edebilmektedir. Bu amaçla Ladizesky ve Chow,<sup>37</sup> kaide plağı içinde fiberlerin oryantasyonu ve en iyi şekilde yerleştirilmesi için yeni bir metod tanımlamışlardır.

Chow, Ladizesky ve Clarke,<sup>17</sup> örülmüş çok katlı doğrusal polietilen fiberlerle güçlendirilmenin su emilimini belirgin şekilde düşürdüğünü vurgulamışlar ve fiber ile akrilik rezin arayüzünde suya olan geçirgenliğine izin veren bir bölge olmadığını rapor etmişlerdir.

Ladizesky, Fang, Chow ve Ward,<sup>40</sup> çok katlı örgülü doğrusal polietilen fiberlerle güçlendirilen akrilik rezinlerinin çarpma dayanımında belirgin bir artışa rastlamışlardır. Fakat bükülme modülü ve bükülme direncinde aynı artışa rastlanmadığı ifade edilmiştir.

Viguie, Malquart, Vincent ve Bourgeois,<sup>75</sup> epoksi/karbon kompozit rezinlerin fiberlerle güçlendirilmesine bağlı mekanik özellikleri incelemişlerdir. Devamlı tek yönlü ve örgülü karbon fiberlerin epoksi rezine ilave edilmesi ile barlar hazırlanarak 3 nokta bükülme testi uygulamışlar ve en iyi sonuçların uzun ve tek yönlü fiberlerle hazırlanma örneklerinden alındığını tespit etmişlerdir.

Carlos ve Harrison,<sup>13</sup> polietilen fiberlerin ilavesi ile fayda sağlanması gerektiğini yeni protez yüzeyine paralel yerleştirilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Ancak bu yolla fiberlerin eklenmesi, laboratuvar olarak pahalıdır ve zaman alıcıdır. Eğer fiberler gelişigüzel PMMA tozlarına karıştırılırsa, bazı fiberler faydalı bir etki sağlayacak şekilde düzenlenecekler ve diğerleri az yada hiç bir etkiye sahip olmayacaklardır. Geçici restorasyonlarda kullanılan PMMA'm polietilenler ile güçlendirilmesi Ramos, Runyan ve Christensen<sup>48</sup> tarafından tartışılmıştır.

Bugüne kadar örgü yapısındaki polietilen fiber ile güçlendirilmesi mekanik özellikleri artırılmış rezinlerin üretilmesi için tatmin edici ve yeterli bir yoldur. Buna rağmen, bu metod ile kavite plaklarının fabrikasyonu zaman alıcıdır ve dental laboratuvarlarda rutin olarak kullanımını engellemektedir.<sup>33</sup>

**Cam fiberler ile güçlendirme :** Cam fiberler devamlı tek yönlü ve örgü yapısında olmak üzere değişik şekillerde, dental polimerlerin güçlendirilmesi için kullanılmaktadır.

Rezinin güçlendirilmesi, polimer matris ve fiberler arasında çok iyi bir adezyonun sağlanması ile gerçekleşmektedir. Yüzeyine bir şey uygulanmamış fiberler akrilik rezin karışımı içinde rezini zayıflatabilmektedir. Fiber ve rezin arasındaki bağlantının kuvvetlendirilmesi amacıyla silanlar gibi birçok kimyasal madde kullanılmaktadır.<sup>33</sup>

Solnit,<sup>55</sup> silanla işlem görmüş ve görmemiş cam fiber eklenmiş PMMA'm transvers dayanımını ölçmüş ve yüzeyi işlem görmemiş fiberli örneklerin güçlendirilmemiş örneklerden daha zayıf olduğu vurgulamıştır. Araştırmacı, ayrıca işlem görmüş fiberli örneklerin daha yüksek değerlere sahip olduğu, ancak gruplar arası farkın anlamlı olmadığını belirtmiştir.

Kullanılan fiberin tipi rezin dayanımını etkileyen faktörlerden bir tanesidir.

Vallittu,<sup>64</sup> 2 değişik silan bileşiminin değişik tip cam fiberler arasındaki adezyona etkisini araştırmış ve silan uygulanan cam fiberle güçlendirilmiş örneklerde kırık direncinin anlamlı şekilde arttığını tespit etmiştir.

Cam fiberlerin polimer içindeki pozisyonu ve yerleşimi rezinin dayanımına etki edebilmektedir. Vallittu, Lassila, Lappalainen,<sup>53</sup> optimum güçlendirme için polimer matris içindeki fiber konsantrasyonunun yüksek olması gerektiğini bildirmişlerdir.

Cam fiberler, genel olarak polimere elle karıştırılmaktadır. Buna rağmen, problemler akrilik rezinin muflada preslenmesi sırasında fiber iplikçiklerinin polimer matris içinden yanlara doğru dışarıya çıkmalarıyla oluşmaktadır. Buna ek olarak, akrilik rezin içinde fiberlerin ıslatılmalarının iyi olmaması ve PMMA'm polimerizasyon büzülmesi fiber ve polimer matris içindeki bağlantının zayıflamasına sebep olmaktadır.<sup>33</sup>

Vallittu,<sup>66</sup> fiberlerin uygulanmadan önce PMMA ve MMA karışımı ile işlem görmemesinin polimerizasyon büzülmesinin ortaya çıkardığı etkiyi azalttığını belirtmiştir. Cam fiberlerin birleşimi dayanımın artmasını ve PMMA'm zayıflatan yorulma direncinin azalmasını sağlamaktadır.

Vallittu,<sup>70</sup> PMMA'm polimerizasyon büzülmesinin cam fiber ile güçlendirilmiş test örneklerinin boyutsal sabitliğini azalttığını göstermiş ve fiberlerin ıslatılmasının, sonuç ürününde en az düzeyde distorsiyona sebep olduğunu bildirmiştir.

Miettinen ve Vallittu,<sup>45</sup> cam fiber ile güçlendirilmiş PMMA'dan salınan atık monomer miktarını incelemişler ve bu tip güçlendirmenin anlamlı şekilde artık monomer miktarını arttır-

diğini saptamışlar ve bu oranın klinik olarak anlamlı olup olmadığını sorgulamışlardır.

Birçok çalışmada PMMA tek tip fiber ile güçlendirilmiştir. Buna rağmen, Vallittu ve Narva,<sup>72</sup> cam fiber ve aramid fiberden oluşan bir hibrid fiber güçlendirilmesi üzerine çalışmışlardır. Araştırma sonucunda ağırlıkça % 12.4, kendi kendine sertleşen akril içine cam fiber eklenmesinin çarpma dayanımını yüksek oranda arttırdığını saptamışlar ve ek yapılan fiberlerin çarpma dayanımına herhangi bir etkisinin olmadığını gözlemlemişlerdir.

Vallittu,<sup>71</sup> başka bir çalışmada akrilik rezinlerin total ve parsiyel olarak güçlendirilmelerini tartışmış ve tüm kaide plağının örgü yapısındaki cam fiberle güçlendirilebileceğini veya fiberin kaidenin en zayıf bölgesine konulabileceğini bildirmiştir.

Vallittu, Lassila ve Lappalainen,<sup>67</sup> parsiyel olarak cam fiber ile güçlendirme ile intraoral olarak hareketli bölümlü protezlerin mekanik özelliklerinin arttığını belirtmişlerdir.

Klinik bir çalışmada Vallittu,<sup>71</sup> parsiyel olarak güçlendirmenin etkisini araştırmış ve bu araştırma parsiyel olarak güçlendirilmelerinin, total olarak güçlendirilmelerine göre daha avantajlı olduğunu ortaya çıkartmıştır. Böylece total güçlendirmede ortaya çıkan doku irritasyonu problemi de parsiyel güçlendirme ile en aza indirilebilecektir.

Vallittu,<sup>73</sup> değişik fiber oranı kullanılarak güçlendirdiği PMMA'nın çekme dayanımı ve elastik modülünü tespit etmiştir. PMMA içinde fiber oranının artması ile (ağırlık olarak % 14.8'den yüksek) çekme dayanımı ve elastik modülü artmıştır.

Stipho,<sup>57</sup> değişik oranda cam fiber ile güçlendirmenin, akrilik rezinlerin transvers dayanımına ve elastik modülüne etkisini araştırdığı çalışmada, % 1 oranındaki cam fiber ilavesinin en iyi kırılma dayanımına sahip olduğunu tespit etmiş ve cam fiber oranının artmasının rezini zayıflattığını bildirmiştir.

Uzun, Hersek ve Tinçer,<sup>61</sup> yaptıkları çalışmada 5 değişik örgü yapısındaki fiber ile güçlendirilmiş PMMA'nın çarpma dayanımı, transvers dayanımı ve elastik modülünü incelemişlerdir. Araştırma sonucunda, örgü yapısındaki fiberler ile, çarpma direncinin arttığı ancak transvers dayanımında anlamlı şekilde bir fark bulunmadığını bildirmiştir.

Vallittu,<sup>74</sup> yeni bir cam fiber güçlendirme sistemini araştırdığı çalışmada, devamlı tek yönlü ve örgü yapısındaki cam fiber ile güçlendirdiği sıcak ve soğuk akriliklerin bükülme direncini test etmiş ve bükülme değerlerinin çok yüksek oranda arttığını saptamıştır.

Günümüzde, protez kaide rezini olarak kullanılan PMMA'nın güçlendirilmesine ve başarı oranlarının yükselmesine ait çalışmalar halen devam etmektedir.

#### KAYNAKLAR

1-Al Mulla MAS, Hugget R, Brodes SC, Murphy WM. Some physical and mechanical properties of a visible light-activated material. *Dent Mater* 1998; 4: 197-200.

2-Anderson JN. *Applied Dental Materials*, 5th ed. Oxford; Blackwell Scientific 1976; 269-274.

3- Andreopoulos AG, Papaspyrides CD, Tsilibounidis S. Surface treated polyethylene fibers as reinforcement of acrylic resins. *Biomaterials* 1991; 12(1): 83-87.

4-Andreopoulos AG, Polyzois GI., Demetriou PP. Repairs with visible light-curing denture base materials. *Quintessence Int* 1991; 22: 703-706.

5-Andreopoulos AG, Polyzois GI.. Repair of denture base resins using visible light-cured materials. *J Prosthet Dent* 1994; 72: 462-468.

6-Berge M. Bending strength of intact and repaired denture base resins. *Acta Odont Scand* 1983; 41: 187-191.

7-Berrong IM, Wood PM, Young JM. Fracture resistance of Kevlar-reinforced poly(methyl methacrylate) resin: a preliminary study. *Int J Prosthodont* 1990; 3: 391-395.

8-Berry HH, Funk OJ. Vitallium strengthener to prevent lower denture breakage. *J Prosthet Dent* 1971; 137: 532-536.

9-Beyli MS, von Fraunhofer JA. Repair of fractured acrylic resin. *J Prosthet Dent* 1980; 44: 497-503.

10-Beyli MS, von Fraunhofer JA. An analysis of causes of fracture of acrylic resin dentures. *J Prosthet Dent* 1981; 46: 238-241.

11-Bowman AJ, Manley TR. The elimination of breakages in upper dentures by reinforcement with carbon fibre. *Br Dent J* 1984; 156: 87-89.

12-Braden M, Davy KWM, Parker S, Ward IM. Denture base poly(methyl methacrylate) reinforced with ultra-high modulus polyethylene fibres. *Br Dent J* 1988; 164: 109-113.

13-Carlos B, Harrison A. The effect of untreated UHMPE heads on some properties of acrylic resin denture base material *J Dent* 1996; 25: 59-64.

14-Carroll CE, von Fraunhofer JA. Wire reinforcement of acrylic resin prostheses. *J Prosthet Dent* 1984; 52: 639-641.

15-Cheng YY, Hui OL, Ladizesky NH. Processing shrinkage of heat-curing acrylic resin reinforced with high performance polyethylene fibres. *Biomaterials* 1993; 14: 775-780.

- 16-Chow TW, Cheng YY, Ladizesky NH. Polyethylene fibre reinforced poly(methyl methacrylate) dimensional changes during immersion. *J Dent* 1993; 21: 367-372.
- 17-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* 1992; 37(6): 433-438.
- 18-Craig RG. Restorative Dental Materials 9ed. Mosby Year Book, St Louis: 1993; 505.
- 19-Cunnigham JL. Bond strength of denture teeth to acrylic bases. *J Dent* 1993; 21: 274.
- 20-Çalırkocaoğlu S. Tam Protezler. Cilt 2. 3. Baskı Teknografik, İstanbul, 1998.
- 21-Drabour UR, Huggett R, Harrison A. Denture fracture- a survey. *Br Dent J* 1994; 176: 342-345.
- 22-De Boer J, Verwilyen SG, Brady RE. The effect of carbon fiber orientation on the fatigue resistance and bending properties of two denture resins. *J Prosthet Dent* 1984; 51: 119-121.
- 23-Dixon DL, Breeding LC. The transverse strengths of three denture base resins reinforced with polyethylene fibers. *J Prosthet Dent* 1992; 67: 417-419.
- 24-Ekstrand K, Ruyter IE, Wellendorf H. Carbon/graphite fiber reinforced poly (methyl methacrylate): properties under dry and wet conditions. *J Biomed Mater Res* 1987; 21: 1065-1080.
- 25-Fellman S. Visible light-cured denture base resin used in working dentures with conventional teeth. *J Prosthet Dent* 1989; 62: 356-359.
- 26-Grajower R, Goultshin J. The transverse strength of acrylic resin strips and of repaired acrylic samples. *J Oral Rehabil* 1984; 11: 237-247.
- 27-Grave AMH, Chandler HD, Wolfaardt JF. Denture base acrylic reinforced with high modulus fibre. *Dent Mater* 1985; 1: 185-187.
- 28-Gutteridge DL. The effect of including ultra-high modulus polyethylene fibre on the impact strength of acrylic resin. *Br Dent J* 1988; 164: 177-180.
- 29-Gutteridge DL. Reinforcement of poly(methyl methacrylate) with ultra-high-modulus polyethylene fibre. *J Dent* 1992; 20: 50-54.
- 30-Hargreaves AS. The prevalence of fractured dentures. A survey. *Br Dent J* 1969; 126: 451-455.
- 31-Hargreaves AS. Polymethyl methacrylate as a denture base material in service. *J Oral Rehabil* 1975; 2: 97-104.
- 32-Jagger RG, Huggett R. The effect of cross-linking on indentation resistance, creep and recovery of an acrylic resin denture base material. *J Dent* 1975; 3: 15-18.
- 33-Jagger DC, Harrison A, Jandt KD. The reinforcement of dentures. *J Oral Rehabil* 1999; 26:185-194.
- 34-Jennings RE, Wvenbberharst AM. The effect of metal reinforcements on the transverse strength of acrylic resin. *J Dent Child* 1960; 27: 162-168.
- 35-Ladizesky NH, Ward IM. A study of the adhesion of drawn polyethylene fibre, polymeric resin systems. *J Mater Sci* 1983; 18(7): 533-544.
- 36-Ladizesky NH, Chow TW. The effect of intererface adhesion, water immersion and anatomical notches on the mechanical properties of denture base resins reinforced with continuous high performance polyethylene fibres. *Aus Dent J* 1992; 37(4): 277-289.
- 37-Ladizesky NH, Chow TW. Reinforcement of complete denture bases with continuous high performance fibres. *J Prosthet Dent* 1992; 68(6): 934-941.
- 38-Ladizesky NH, Ho CF, Chow TW. Reinforcement of complete denture bases with continuous high performance polyethylene fibers. *J Prosthet Dent* 1992; 68: 934-939.
- 39- Ladizesky NH, Cheng YY, Chow TW, Ward IM. Acrylic resin reinforced with chopped high performance polyethylene fiber, Properties and denture construction. *Dent Mater* 1993; 9: 128-135.
- 40-Ladizesky NH, Fang MKM, Chow TW, Ward IM. Acrylic resins reinforced with woven highly drawn linear polyethylene fibres. 3 Mechanical properties and further aspects of denture construction. *Aust Dent J* 1993; 38(1): 28-38.
- 41-Levinstein I, Zeltser C, Mayer CM, Tal Y. Transverse bond strength of repaired acrylic resin strips and temperature rise of dentures relined with VLC reline resin. *J Prosthet Dent* 1995; 74: 392-399.
- 42-Manley TR, Bowman AC, Cook M. Denture bases reinforced with carbon fibers. *Br Dent J* 1979; 146: 25.
- 43-Matsumura H, Nakabayashi N. Adhesive 4 META/MMA-TTB opaque resin with poly(methyl methacrylate)- coated titanium dioxide. *J Dent Res* 1988 67; 29-32.
- 44-Mc Goric JW, Anderson JN. Transverse strength repairs with self curing resins. *Br Dent J* 1960; 109: 364-366.
- 45-Miettinen VM, Vallittu PK. Release of a residual methyl methacrylate into water from glass fiber polymethyl methacrylate composite used in dentures. *Biomaterials* 1997; 18: 181-185.
- 46-Polyzois GL, Andreopoulos AG, Lagouvardos PE. Acrylic resin denture repair with adhesive resin and metal wires: Effects of strength parameters. *J Prosthet Dent* 1996; 75: 381-387.
- 47-Pourdeyhimi B, Wagner HD. Elastic and ultimate properties of acrylic bone cement reinforced with ultra-high molecular weight polyethylene fibers. *J Biomed Mater Res* 1989; 23: 63-80.
- 48-Ramos V, Runyan DA, Christensen LC. The effect of plasma treated polyethylene fiber on the fracture strength of polymethyl methacrylate. *J Prosthet Dent* 1996; 76: 94-96.

- 49-Ruffino AR. Effect of steel strengtheners on fracture resistance of the acrylic resin complete denture bases. *J Prosthet Dent* 1985; 54:75-78.
- 50-Ruyter IE, Ekstrand K, Björk N. Development of carbon /grafite fibre reinforced poly(methyl methacrylate) suitable for implant-fixed dental bridges. *Dent Mater* 1996; 2: 6-9.
- 51-Schreiber CK. Polymethyl methacrylate reinforced with carbon fibers. *Br Dent J* 1971; 130: 29-30.
- 52-Schreiber CK. The clinical application of carbon fibre/ polymer denture bases. *Br Dent J* 1974; 137: 21-22.
- 53-Schagpal SB, Sood VK. Effect of fibers on some physical properties of acrylic resin. *J Prosthet Dent* 1989; 61: 746-751.
- 55-Solnit GS. The effect of methyl methacrylate reinforcement with silane-treated and untreated glass fibers. *J Prosthet Dent* 1991; 66: 310-314.
- 56-Stipho HD, Stipho AS. Effectiveness and durability of repaired acrylic resin points. *J Prosthet Dent* 1987; 58: 249-253.
- 57-Stipho HD. Effect of a glass fiber reinforcement on some mechanical properties of autopolymerizing polymethyl methacrylate. *J Prosthet Dent* 1998; 79: 580-584.
- 58-Stipho HD. Repair of acrylic resin denture base resin reinforced with glass fiber. *J Prosthet Dent* 1998; 80: 546-550.
- 59-Tanaka T, Nagata K, Takeyama M, Atsuta M, Nakabayashi N, Masuhara E. 4 META opaque resin. A new resin strongly adhesive to nickel-chromium alloy. *J Dent Res* 1981; 60†: 1697-1706.
- 60-Underwade JH, Sidhaye AB. Curing acrylic resin in a domestic pressure cooker: a study of residual monomers content. *Quintessence Int* 1989; 20(2): 123-129.
- 61-Uzun G, Hersek N, Tinçer T. Effect of five woven fiber reinforcements on the impact and transverse strength of a denture base resin. *J Prosthet Dent* 1999; 81: 616-620.
- 62-Vallittu PK, Lassila VP. Reinforcement of acrylic denture base material with metal or fiber strengtheners. *J Oral Rehabil* 1992; 19: 225-230.
- 63-Vallittu PK. Effect of some properties of metal strengthness on the fracture resistance of acrylic denture base material. *J Oral Rehabil* 1993; 20: 241-248.
- 64-Vallittu PK. Comparison of two different silane compound used for improving adhesion between fibers and acrylic denture base material. *J Oral Rehabil* 1993; 20: 533-539.
- 65-Vallittu PK, 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.
- 66-Vallittu PK. Acrylic resin-fiber composite Part II: The effect of polymerization shrinkage of polymethyl methacrylate applied to fiber roving on transverse strength. *J Prosthet Dent* 1994; 71: 613-617.
- 67-Vallittu PK, Lassila VP, Lappalainen R. Transverse strength and fatigue of denture acrylic glass fiber composite. *Dental Mater* 1994; 10: 116-121.
- 68-Vallittu PK. The effect of void space and polymerization time on transverse strength of acrylic-glass fibre composite. *J Oral Rehab* 1995; 22: 257-261.
- 69-Vallittu PK, Vojtova H, Lassila VP. Impact strength of denture polymethyl methacrylate reinforced with continuous glass fibers or metal wire. *Acta Odontol Scand* 1995; 53: 392-396.
- 70-Vallittu PK. A comparison of in vitro fatigue resistance of an acrylic resin removable partial denture reinforced with continuous glass fiber or metal wires. *J Prosthodont* 1996; 5: 115-121.
- 71-Vallittu PK. Glass fiber reinforcement in repaired acrylic resin removable dentures: Preliminary results of clinical study. *Quintessence Int* 1997; 28: 39-44.
- 72-Vallittu PK, Narva K. Impact strength of a modified continuous glass fiber-poly(methyl methacrylate). *Int J Prosthodont* 1997; 10(2): 142-148.
- 73-Vallittu PK. Some aspects of the tensile strength of unidirectional glass fiber polymethylmethacrylate composite used in dentures. *J Oral Rehabil* 1998; 25: 100,105.
- 74-Vallittu PK. Flexural properties of acrylic resin polymer reinforced with unidirectional and woven glass fibers. *J Prosthet Dent* 1999; 81: 318-326.
- 75-Viguie G, Malquart G, Vincent B, Bourgeois D. Epoxy carbon composite resins in dentistry: Mechanical properties related to fiber reinforcement. *J Prosthet Dent* 1994; 72(3): 245-249.
- 76-Ward JE, Moon PC, Levine RA, Bohrendt CL. Effect of repair surface design, repair materials and processing method on the transverse strength of repair acrylic denture resin. *J Prosthet Dent* 1992; 67: 815-820.
- 77-Wiskott HWA, Nicholls JT, Belser UC. Stress fatigue: Basic principles and prosthodontic implication. *Int J Prosthodont* 1995; 8: 105-116.
- 78-Wylegala RT. Reinforcing denture base material with carbon fibres. *Dent Tech* 1973; 26: 29-30.
- 79-Yazdenie N, Mahood M. Carbon fiber acrylic resin composite. An investigation of transvers strength. *J Prosthet Dent* 1985; 54: 543-547.

**Yazışma Adresi:**

**Doç Dr. Handan Yılmaz**  
Kennedy Cad. Yahm Sok. No: 5/5  
Kavaklıdere/ANKARA  
Fax: 0-312-2239226