

BÖLÜM 9

GÜNCEL DİŞ HEKİMLİĞİNDE FİBER KULLANIMI VE FİBERLE GÜÇLENDİRİLMİŞ RESTORASYONLAR

Semiha EKİRİKAYA¹

GİRİŞ

Fiberler birçok biyomedikal alanda olduğu gibi yaklaşık 25 yıldır diş hekimliği uygulamalarında da kullanılmaktadır (1). Fiberlerin temel görevi materyaller içerisinde kuvvet kırıcı olarak görev yaparak materyalin mekanik ve fiziksel özelliklerini arttırmaktır (2). Fiberler diş hekimliğinde ilk kez polimetil metakrilatın mekanik özelliklerini geliştirmek ve boyutsal stabilitesini artırmak için kullanılmıştır (3).

Diş hekimliğindeki gelişmeler ve hastaların estetik algılarının değişmesi sonucunda restoratif tedavilerde kompozit materyallerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Ancak yüksek strese maruz kalan bölgelerde kompozit restorasyonların mekanik özellikleri ve kullanım endikasyonları sınırlı kalabilmektedir. Bu nedenle kompozit rezinlerin fiberle güçlendirilmesi gündeme gelmiş ve bu konuda çalışmalar yapılmıştır (4). Fiberle güçlendirilmiş kompozitler ve kompozit restorasyon yapımında fiber yapıları materyallerin kullanımı güncel tedavilerde yaygınlaşmaktadır (4). Fiberler; düşük elastik modül, yüksek basma mukavemeti, üstün estetik özellikler ve rezin materyaller ile adeziv bağlanabilme gibi avantajlara sahiptir. Bununla birlikte stres kırıcı ve dağıtıcı özellikleri ile restoratif materyallerin mekanik özelliklerini artırır. Fiberle güçlendirilmiş kompozit restorasyonlar geleneksel restoratif materyallere göre diş dokusunu daha iyi taklit edebilmekte ve daha güçlü mekanik özellikler sergilemektedir (5). Fiber yapıları kompozit restorasyonlar içerisinde stres kırıcı olarak görev yapmakta ve mekanik kuvvet iletimini azaltarak restorasyon başarısını artırmaktadır (1). Bu özellikleri ile restoratif diş hekimliğinde direkt kompozit restorasyonlarda, post-core yapımında ve CAD\CAM restorasyonlarla kullanılabilirler. Ayrıca çeşitli örgü fiberler ile adeziv köprü yapımı, splint görevi ve restorasyonların mekanik özelliklerinin artırılması sağlanabilir (6, 7).

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Nuh Naci Yazgan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, semihaekrikaya@gmail.com

DIŞ HEKİMLİĞİNDE KULLANILAN FİBERLERİN SINIFLANDIRILMASI

Diş hekimliğini uygulamalarında kullanılan fiberler; fiberlerin tipine, oryantasyonuna ve monomer infiltrasyonuna göre sınıflandırılmaktadır. Tipine göre fiberler; cam, karbon, aramid ve polietilen fiberler olmak üzere dört çeşittir (1). Fiberlerin oryantasyonuna göre tek yönlü paralel, iki yönlü sürekli ve kısa parçacıklı fiberler olarak sınıflandırılmaktadır (8). Kullanılan fiberin monomer infiltrasyonuna göre ise preinfiltre (önceden doyurulmuş) ve non-preinfiltre (önceden doyurulmamış) fiberler olarak sınıflandırılmaktadır (9). Klinik ve laboratuvar kullanımında olan fiberler ve fiberle güçlendirilmiş kompozit materyallerin sınıflandırılması tablo 1'de verilmiştir.

DIŞ HEKİMLİĞİNDE KULLANILAN FİBER TİPLERİ

1. CAM FİBERLER

Cam fiberler estetik ve biyouyumlu özellikleri ile diş hekimliğinde en sık kullanılan fiberlerdir. Kompozit materyallerde polimer matriks içeriğinde kullanıldığında basma ve çekme dayanımı artırarak mekanik özelliklerini güçlendirmektedir (10). Cam fiberlerin başlıca avantajları düşük maliyet, yüksek çekme mukavemeti, iyi yalıtım özellikleri ve kimyasal olarak dirençli olmalarıdır. Bununla birlikte cam fiberler çekme dayanımının az olması, düşük yorulma direnci, yoğunluklarının fazla olması ve aşınma gibi dezavantajlara sahiptir (11).

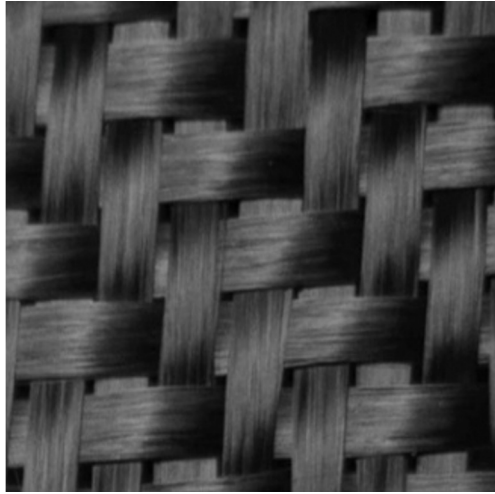


Şekil 1. Cam fiber (12)

Cam fiberlerin temel maddesi silisyum oksit (SiO_2), boron oksit (B_2O_3) ve fosfor oksit (P_2O_5) gibi oksitlerdir (13). Cam fiberler üretim sırasında camın ince lifler şekline getirilmesi ile elde edilirler (Şekil 1). Cam fiberlerin E-cam, S-cam ve C-cam olmak üzere farklı çeşitleri vardır. S-camlar yüksek elastik modülüne sahiptir ve magnezyum alüminyum silikat yapısındadır. C-camlar korozyona karşı dirençlidirler. Fiberle güçlendirilmiş kompozitlerde ise kullanılan cam fiberler elektriksel cam olarak bilinen E-cam fiberlerdir. E-cam fiberlerin yapısında % 56 SiO_2 , % 22 CaO , % 14 Al_2O_3 , % 6 B_2O_3 ve metal oksitler içeren boroalümina silika cam bulunmaktadır (14).

2. KARBON FİBERLER

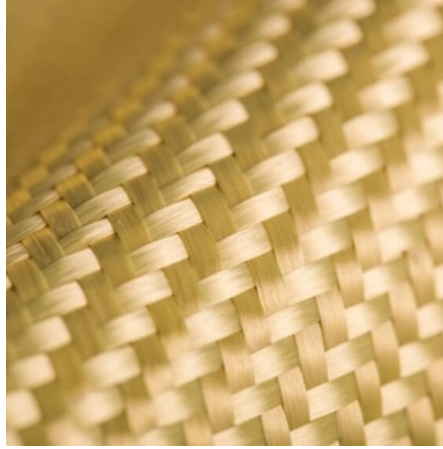
Karbon fiberler, çapı yaklaşık 5-10 μm olan ve çoğunlukla karbon atomlarını içeren ince tabakalar şeklindeki grafitin birbiri içinde dağılan fibrillerinden oluşan bir materyaldir. Karbon atomları, fiberin uzun eksenine paralel olarak dizilmiş kristal yapıları birbirine bağlanmaktadır. Karbon fiberler yüksek mukavemet sağlayan bu şekildeki kristal dizilimidir. Karbon fiber içerikli materyaller, yüksek mukavemete ve iyi darbe direncine sahiptir. Bununla birlikte, karbon fiberler zayıf makaslama dayanımına sahiptir ve materyalde kırık oluştuğunda fiberler parçalanır. Ayrıca koyu renginden (Şekil 2) dolayı estetik özellikleri iyi değildir ve karbonun toksik etkilerinden dolayı kullanım alanları sınırlıdır (11, 15).



Şekil 2. Karbon fiber (16)

3. ARAMİD FİBERLER

Aromatik poliamid fiberler (Aramid) yüksek gerilme mukavemetine sahiptir. Ancak mikrofibril yapısı nedeniyle sıkışma ve bükülme kuvvetlerine karşı diğer fiber çeşitlerine göre daha az dayanım gösterir. Aramid fiberler sarı renge sahiptir (Şekil 3). Bu nedenle estetiğin önemli olduğu durumlarda kullanımını kısıtlıdır (17). Bununla birlikte ıslanabilirliği iyidir ve bağlanma için silan gibi ajanlar ile modifiye edilmesi gerekmez (14).

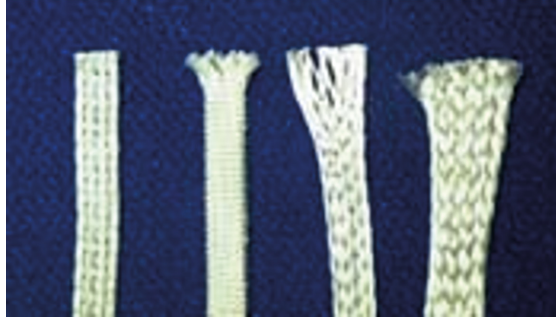


Şekil 3. Aramid fiber (18)

4. POLİETİLEN FİBERLER

Polietilen fiber 1992 yılında Ribbond adıyla piyasaya sunulmuş, organik polimer yapıda yüksek mukavemetli örgü şeklinde olan fiberlerdir (Şekil 4). Ribbond'un patentli leno örgüsü Ribbond'u diğer fiberlerden ayıran üstün özellikler sağlamaktadır (15).

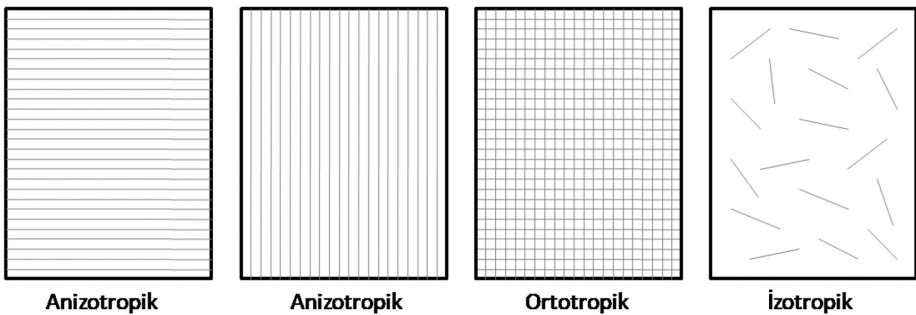
Polietilen fiberler çok yönlü bir malzemedir ve diş hekimliği alanında birçok uygulamaya sahiptir. Temel kullanım, kompozit materyalleri fiber formunda güçlendirmektir. Ayrıca polietilen fiberler, ince ve güçlü olmanın yanı sıra yüksek esnekliğe sahiptir ve fiberle güçlendirilmiş kompozit restorasyonların yapımında büyük avantaj sağlamaktadır (11). Bununla birlikte polietilen fiberlerin biyouyumlu materyaller olduğu bildirilmektedir (15). Polietilen fiberlerin estetik kaygıya neden olamayan rengi, düşük yoğunluğu, biouyumlu olması ve çözünmeye direnci nedeniyle kompozit restorasyonları güçlendirmek amacıyla kullanım alanı bulmaktadır. Ayrıca adeziv köprü yapımı ve splint amacıyla kullanılabilirler (19).



Şekil 4. Polietilen fiber (20)

Fiberlerin Oryantasyonu

Fiberlerin kompozitlerin içerisindeki dağılımı materyallerin fiziksel ve mekanik özelliklerini etkilemektedir. Kompozit içerisinde homojen dağılan fiberler materyalin yorulma direncini (fatigue resistance) artırmaktadır. Bununla birlikte homojen dağılmayan fiberler elastik modülün (Young's modulus) artmasına neden olabilir. Yapılan çalışmalarda araştırmacılar kompozitlerde homojen dağılmayan kısa cam fiberler kullanıldığında kırılma tokluğu (fracture toughness), eğilme mukavemeti (fracture toughness) ve basınç mukavemetinin (compressive strength) daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir (21-23). Materyal içerisinde fiberler birbirine dik, birbirine paralel veya rastgele dağılmış olarak bulunabilir. Tek yönlü dağılan fiberler anizotropiktir, tek yönde destek sağlar. Çift yönlü fiberler ise ortotropiktir ve iki yönde destek sağlar. Rastgele yönlendirilmiş kısa fiberler, her yönde izotropik bir destek sağlar (Şekil 5). Fiberlerin materyal içerisinde dağılımı ve yönü mekanik özellikleri ile birlikte mine ve dentine bağlanmayıda etkiler (24).



Şekil 5. Fiberlerin kompozit içerisinde dağılım şekilleri

FİBERLERİN POLİMER MATRİKSLE DOYURULMASI

Fiberin polimer matrisi ile doygunluğu veya monomerin fiber yapısına infiltre olması olarak da tanımlanabilir. Doyma işlemi, rezin matrisindeki fiberin her bir yüzeyinin monomer ile homojen olarak kaplanmasıdır. Resin ile fiberlerin yeterli doygunluğu, fiberle güçlendirilmiş restorasyonun mekanik ve fiziksel özelliklerini artırmaktadır. Yeterli doyurulmamış fiberle güçlendirilmiş kompozitlerin bükülme direnci, elastik modülü gibi mekanik özelliklerden olumsuz etkilenebilmektedir. Ayrıca yeterli doymamış fiber kompozitlerde ağız sıvılarıyla temas ile sıvı emilimi, mikroorganizma penetrasyonu ve renk değişikliği görülebilmektedir (25).

Kullanılan fiber monomer infiltrasyonuna göre non-preinfiltre ve preinfiltre fiberler olarak sınıflandırılmaktadır (26):

1. Önceden doyurulmamış (non-preinfiltre) fiber: Diş hekimin veya teknisyenin işlem öncesinde manuel olarak fiber liflerinin vizkozitesi düşük olan bir resin ile ıslattığı fiberdir. Bu işlem vakit alan ve teknik hassasiyet gerektiren bir işlemdir.
2. Önceden doyurulmuş (preinfiltre) fiber: Üretim aşamasında fabrikasyon olarak önceden doyurulma işlemi yapılmış fiberlerdir. Klinisyenin uygulama öncesinde resin ile ön doyurma yapması gerekmez ve böylece teknik hassasiyet azalır.

Tablo 1. Fiberle güçlendirilmiş kompozitlerin sınıflandırılması

	Materyal	Üretici Firma	Fiber Tipi	Fiber Yapısı
Önceden doyurulmuş (preinfiltre) laboratuvar ürünleri	Fiber-kor	Jeneric/Pentron	S Cam	Tek yönlü
	VectrisPontic	Ivoclar	E Cam	Tek yönlü
	VectrisFrame	Ivoclar	E Cam	Ağ
	Everstick-Net	StickTechLtd	E Cam	Ağ
Önceden doyurulmuş (preinfiltre) klinik uygulama ürünleri	Splint-It	Jeneric/Pentron	Cam	Tek yönlü
	Splint-It	Jeneric/Pentron	Cam	Örgü
	Splint-It	Jeneric/Pentron	Polietilen	Örgü
	Everstick	StickTechLtd	E Cam	Tek yönlü
Önceden doyurulmamış (non-preinfiltre) klinik uygulama ürünleri	Connect	Kerr	Polietilen	Saç örgü
	DVA fibers	Dental /Ventures	Polietilen	Tek yönlü
	Fiber-splint	PolydentiaInc.	Cam	Örgü
	Fiberflex	Biocomp	Kevler	Tek yönlü
	Glassspan	Glassspan	S Cam	Saç örgü
	Ribbon	Ribbon	Polietilen	Dokuma

FİBERLE GÜÇLENDİRİLMİŞ KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

İçerikteki Fiber Miktarı

Kompozit materyallerin mekanik dayanıklılıklarında içeriğindeki fiber çeşidi ile birlikte fiber miktarıda etkilidir. Dental materyallerde kullanılan fiberlerin optimum miktarı ağırlıkça %2,0 ile %7,6 oranındadır. Bu aralıkta fiber içeren materyaller en yüksek aşınma direnci ve yüksek kırılma dayanımı göstermektedir (15).

Fiberlerin Polimer Matrikse Adezyonu

Adezyon, moleküller veya atomlar arasındaki arayüz kuvveti, temas eden iki yüzey arasındaki moleküler veya atomik çekim olarak tanımlanır. Matris ve fiber arasındaki adezyon, materyalin mukavemetini etkilediği için büyük önem taşımaktadır. Adezyon yetersiz olursa fiberler kompozit matriste ayırıcı görevi görür ve kompoziti zayıflatır (21-23). Cam fiberler yüzeylerinde hidroksil grupları (OH) içerir ve bu sayede rezin materyallere iyi adezyon sağlar. Adezyona yardımcı olmak için fiber yüzeyinde kimyasal işlemlerle modifikasyonlar yapılabilir. Örneğin silan bağlama ajanları sentetik bileşiklerdir ve esas olarak iki farklı malzeme arasında yüzey modifikasyonu ile adezyon için kullanılmaktadır (19).

Su Absorpsiyonu

Absorpsiyon ve çözünürlüğün etkisi fiberle güçlendirilmiş kompozitlerde restorasyon başarısızlıklarına, mekanik özelliklerde zayıflama ile birlikte olumsuz sonuçlara yol açabilir (27). Bu sorun temelde fiberlerin yüzey ıslanabilirliği, rezin matrikse bağlanma ve emilimle ilgilidir. Zayıf emilen fiberler su emilimi ile birlikte, materyal içerisinde çatlaklara ve matriks-fiber arasındaki bağ gücünün azaltarak hidrolitik bozunmalara neden olabilir (28). Hidrolitik bozulma ile birlikte aşınma direnci, eğilme mukavemeti, çekme mukavemeti ve elastisite modülü gibi mekanik özellikler olumsuz etkilenmektedir (29).

Polimerizasyon Büzülmesi

Polimerizasyon sırasında monomerler kovalent bağ oluşturmak için reaksiyona girdikçe fiberle güçlendirilmiş kompozitler ile atomlar arasındaki mesafenin azalması nedeniyle rezin materyalde büzülme meydana gelir (30, 31). Bu büzülme, diş dokularında daformasyona neden olabilir ve restorasyonda iç stresler oluşur (32). Fiberle güçlendirilmiş kompozitlerde fiber oranı arttıkça polimerizasyon büzülmesi azalmaktadır (33). Günümüzde dental rezin kompozitlerin tümünde polimerizasyon büzülmesi ve büzülme stresi önemli bir sorundur. Bu sorunla mücadelede tabakalama teknikleri ve alternatif polimerizasyon yöntemleri faydalı olabilir (33).

FİBERLE GÜÇLENDİRİLMİŞ REZİN KOMPOZİTLERİN RESTORATİF DİŞ HEKİMLİĞİNDE KULLANIM ALANLARI

Fiberle güçlendirilmiş kompozitlerin restoratif diş hekimliğinde uygulamaları temel olarak fiber destekli direkt kompozit restorasyonlardan oluşmaktadır. Geleneksel restoratif materyallere göre avantajları biyomimetik özellikte olmalarıdır. İdeal restorasyon minimal invaziv olmalı ve doğal dişi olabildiğince taklit etmelidir (34). Bu yaklaşımla yapılan restorasyonlarda fiber kompozitler diş sert dokularını taklit etmek ve biyomimetik restorasyonlar yapmak için kullanılmaktadır. Bu konuda araştırmacılar fiberle güçlendirilmiş rezin kompozitlerin iki tabakalı kullanımının restorasyonda oluşabilecek stresi azalttığını ve çatlak oluşumunu önlediğini bildirmektedir (35). Bu nedenle yüksek stres alan bölgelerdeki dişlerin geniş restorasyonlarında çift katmanlı biyomimetik teknikle fiberle güçlendirilmiş rezin kompozitler önerilmektedir (36-38). Ayrıca fiberle güçlendirilmiş rezin kompozitlerin polimerizasyon büzülmesinin geleneksel kompozitlerden daha az ve polimerizasyon derinliğinin daha fazla olduğu bildirilmiştir (34).

Güncel restoratif materyaller olan fiberle güçlendirilmiş kompozit rezinlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini geliştirerek klinik performanslarını artırmaya yönelik çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Kompozit rezinler ile ilgili önemli ve üzerinde çalışılan önemli konulardan biri polimerizasyon büzülmesidir. Yapılan bir çalışmada polietilen fiber içeren kompozit rezinin polimerizasyon büzülmesinin fiber içerikli olmayan diğer kompozit gruplarından daha az olduğu bulunmuştur. Ayrıca fiber varlığında polimerizasyon büzülmesi azaldığı için marjinal sızıntıda azalmıştır (26). Benzer şekilde geniş madde kayıplı dişlerin restorasyonunda fiber kullanımının tüberkül kırılma oranını azalttığı, restorasyon içerisinde stres kırıcı olarak görev aldığı ve polimerizasyon büzülmesini azaltarak avantaj sağladığı bildirilmiştir (39-41).

Kompozit rezinlerin elastik modülü, restorasyon dayanıklılığını ve prognozunu etkileyen önemli faktörlerden biridir. Bu nedenle düşük elastik modüle sahip stres kırıcı bir materyalin uygulanması restorasyon başarısını artırabilir (42, 43). Basavanna ve ark. (43) çalışmalarında kompozit restorasyonlar ile birlikte akışkan kompozit ve polietilen fiber kullanımının dentine benzer elastikiyet modülü sağladığını kompozit rezinle dentin arasında stres kırıcı olarak görev aldığını bildirilmiştir. Bununla birlikte polietilen fiberlerin akışkan kompozit ile birlikte kullanıldığı kompozit restorasyonlarda fiber ve kompozit arasındaki bağlantının arttığı, fiberlerinin polimerizasyon büzülmesini azalttığı, buna bağlı olarak marjinal sızıntının daha az olduğu ve çiğneme stresleri için tampon görevi gördüğü bildirilmiştir (44, 45).

Restoratif materyallerin klinik uygulamalarda başarılı olabilmesi için dişi uygun şekilde restore edebilmesi, restorasyon ile diş arasında etkili bir sızdırmazlık sağlaması ile birlikte çiğneme sırasında oluşan streslere, basma, eğilme ve maksi-kasılma kuvvetlerine dayanıklı olması ayrıca kırılma dayanımının yüksek olması hedeflenmektedir (46). Bijelic-Donova ve ark. (47) fiberle güçlendirilmiş kompozitler ile geleneksel kompozitleri kıyasladıkları çalışmalarında fiberle güçlendirilen kompozitlerin geleneksel kompozitlere göre daha yüksek kırılma dayanımına sahip olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca fiber kullanılan kompozit restorasyonlarda mekanik özellikleri artırmaya yönelik yapılan farklı çalışmalarda kullanılan polietilen fiberin, kök kanal tedavili ve geniş restorasyonlu dişlerde daha yüksek kırılma direncine sahip olduğubildirilmiştir (48, 49).

SONUÇLAR

Güncel materyaller olan fiberle güçlendirilmiş kompozit rezinler ve fiberler, restorasyonun fiziksel, mekanik ve estetik özelliklerini iyileştirerek klinik ömrünü artırmaktadır. Bu olumlu özellikleri ile fiberler, restoratif diş hekimliğinde sıklıkla tercih edilebilir. Ancak bu konuda literatürde sınırlı bilgi mevcuttur. Fiberle güçlendirilmiş kompozit rezinler ve fiberlerin klinisyenler tarafında güvenle kullanılması için bu konuda in vitro çalışmalar ile birlikte uzun dönem takipli klinik çalışmalara da ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

1. Scribante A, Vallittu PK, Özcan M, Lassila LV, Gandini P, Sfondrini MF. Travel beyond clinical uses of fiber reinforced composites (FRCs) in dentistry: a review of past employments, present applications, and future perspectives. *Biomed Res Int*; 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/1498901>
2. Kumbuloglu O, Özcan M, User A. Fracture strength of direct surface-retained fixed partial dentures: effect of fiber reinforcement versus the use of particulate filler composites only. *Dent Mater J*; 2008;27:195-202. <https://doi.org/10.4012/dmj.27.195>
3. Vallittu P, Lassila V. Reinforcement of acrylic resin denture base material with metal or fibre strengtheners. *J Oral Rehabil*; 1992;19:225-230. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.1992.tb01096.x>
4. Brozek R, Koczorowski R, Dorocka-Bobkowska B. Laboratory and clinical evaluation of polymer materials reinforced by fibers used in dentistry. *Eur Rev Med and Pharmacol Sci*. 2019;23:1855-63.
5. Rubino F, Nistico A, Tucci F, Carlone P. Marine application of fiber reinforced composites: A review. *J Mar Sci Eng*; 2020;8:26. <https://doi.org/10.3390/jmse8010026>
6. Attik N, Colon P, Gauthier R, Chevalier C, Grosgeat B, Abouelleil H. Comparison of physical and biological properties of a flowable fiber reinforced and bulk filling composites. *Dent Mater*; 2022;38:19-30. <https://doi.org/10.3390/polym14091809>
7. Alshabib A, Jurado CA, Tsujimoto A. Short fiber-reinforced resin-based composites (SFRCs); Current status and future perspectives. *Dent Mater J*; 2022. <https://doi.org/10.4012/dmj.2022-080>
8. Gürbulak A, Çölgeçen Ö, Kesim B. Fiberle güçlendirilmiş adeziv köprüler. *Dicle Diş Hek Derg*. 2009;10:55-62. <https://doi.org/10.17567/ataunifd.895687>;

9. Çekiç Nagaş I, Uzun G. Fiberle güçlendirilmiş kompozitlerin protetik uygulamalardaki yeri. Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Derg (Clinical Dentistry and Research). 2009;33:49-60.
10. Stickel JM, Nagarajan M. Glass fiber-reinforced composites: from formulation to application. Int J Appl Glass Sci; 2012;3:122-136. <https://doi.org/10.1111/j.2041-1294.2012.00090.x>
11. Prashanth S, Subbaya K, Nithin K, Sachhidananda S. Fiber reinforced composites-a review. J Mater Sci Eng. 2017;6:2-6. <https://doi.org/10.4172/2169-0022.1000341>
12. <https://textilelearner.net/glass-fiber-types-properties/> (Erişim tarihi 28.08.2022).
13. KA Ç. Fiberle güçlendirilmiş indirekt kompozit sistemlerinin bazı fiziksel özelliklerinin ıps impress seramik sistemi ile karşılaştırılarak incelenmesi. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez çalışması. 2007:1-31.
14. Baysal N, Ayyıldız S. Sabit bölümlü protezlerde fiberle güçlendirilmiş kompozit rezin kullanımı. Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg; 2014;24:315-325. <https://doi.org/10.17567/dfd.95336>
15. Srinivas K, Naidu AL, Bahubalendruni MR. A review on chemical and mechanical properties of natural fiber reinforced polymer composites. Int J Perform Eng; 2017;13:189-200. <https://doi.org/10.23940/ijpe.17.02.p8.189200>
16. <https://carbonfiberglass.com/blogs/carbonfiber/how-strong-is-carbon-fiber> (Erişim tarihi 17.08.2022)
17. Karaalioglu A, Duymuş Z. Fiberle güçlendirilmiş kompozitlerin sabit bölümlü protez yapımında kullanımları. Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg; 2008;2:70-77.
18. <https://tr.textilejourney.com/post/aramid-esasli%C4%B1-elyafklar-keklar-ve-nomex> (Erişim tarihi 28.08.2022).
19. Vallittu P, Matinlinna J. Types of FRCs used in dentistry. A Clinical Guide to Fibre Reinforced Composites (FRCs) in Dentistry: Elsevier; 2017;11-34. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100607-8.00002-2>
20. <http://www.ribbond.es/comparativa-de-fibras.php> (Erişim tarihi 23.08.2022).
21. Khan AS, Azam MT, Khan M, Mian SA, Rehman IU. An update on glass fiber dental restorative composites: a systematic review. Mater Sci Eng C 2015;47:26-39. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2014.11.015>
22. Narva K, editor Clinical and laboratory findings reinforcing denture base acrylic. The Third International Symposium on Fibre-Reinforced Plastics in Dentistry; 2002.
23. Fonseca RB, Paula MSd, Favarão IN, Kasuya AVB, Almeida LNd, Mendes GAM, et al. Reinforcement of dental methacrylate with glass fiber after heated silane application. Biomed Res Int; 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/364398>
24. Tezvergil-Mutluay A. Tooth as an adhesive substrate for fiber-reinforced composites. A Clinical Guide to Fibre Reinforced Composites (FRCs) in Dentistry: Elsevier; 2017;79-96. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100607-8.00014-9>
25. Bahramian N, Atai M, Naimi-Jamal MR. Ultra-high-molecular-weight polyethylene fiber reinforced dental composites: Effect of fiber surface treatment on mechanical properties of the composites. Dent Mater; 2015;31:1022-1029. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.05.011>
26. Özüdoğru S. Geniş kuron harabiyeti olan genç daimi dişlerde fiber ile güçlendirilerek yapılan kompozitlerin klinik başarısının ve in vitro ortamda dayanıklılığının değerlendirilmesi. 2020.
27. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. Dent Mater; 2006;22:211-222. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.05.005>
28. He J, Vallittu PK, Lassila LV. Preparation and characterization of high radio-opaque E-glass fiber-reinforced composite with iodine containing methacrylate monomer. Dent Mater; 2017;33:218-225. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.12.001>
29. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins. Biomaterials. 2003;24:655-665. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(02\)00380-0](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(02)00380-0)
30. Schneider LFJ, Cavalcante LM, Silikas N. Shrinkage stresses generated during resin-composite applications: a review. J Dent Biomech ; 2010. <https://doi:10.4061/2010/131630>

31. Rueggeberg FA. From vulcanite to vinyl, a history of resins in restorative dentistry. *J Prosthet Dent*; 2002;87:364-379. <https://doi.org/10.1067/mpr.2002.123400>
32. Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Polymerization shrinkage and contraction stress of dental resin composites. *Dent Mater*; 2005;21:1150-1157. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.02.004>
33. Puckett AD, Fitchie JG, Kirk PC, Gamblin J. Direct composite restorative materials. *Dent Clin N Am*; 2007;51:659-675. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2007.04.003>Get rights and content
34. Garoushi S, Gargoum A, Vallittu PK, Lassila L. Short fiber-reinforced composite restorations: a review of the current literature. *J Investig Clin Dent*; 2018;9:12330. <https://doi.org/10.1111/jicd.12330>
35. Garoushi SK, Lassila L, Vallittu PK. Direct composite resin restoration of an anterior tooth: effect of fiber-reinforced composite substructure. *Eur J Prosthodont Restor Dent*; 2007;15:61-66.
36. Fennis WM, Kreulen CM, Tezvergil A, Lassila LV, Vallittu PK, Creugers NH. In vitro repair of fractured fiber-reinforced cusp-replacing composite restorations. *Int J Dent*; 2011. <https://doi.org/10.1155/2011/165938>
37. Garoushi SK, Lassila LV, Vallittu PK. Fiber-reinforced composite substructure: load-bearing capacity of an onlay restoration. *Acta Odontol Scand*; 2006;64:281-285. <https://doi.org/10.1080/00016350600700067>
38. Omran TA, Garoushi S, Abdulmajeed AA, Lassila LV, Vallittu PK. Influence of increment thickness on dentin bond strength and light transmission of composite base materials. *Clin Oral Invest*; 2017;21:1717-1724. <https://doi.org/10.1007/s00784-016-1953-6>
39. Akman S, Akman M, Eskitascioglu G, Belli S. Influence of several fibre-reinforced composite restoration techniques on cusp movement and fracture strength of molar teeth. *In Endod J*; 2011;44:407-415. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01843.x>
40. Belli S, Erdemir A, Ozcopur M, Eskitascioglu G. The effect of fibreinsertion on fracture resistance of root filled molar teeth with MOD preparations restored with composite. *Int Endod J*; 2005;38:73-80. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2004.00892.x>
41. Cramer N, Stansbury J, Bowman C. Recent advances and developments in composite dental restorative materials. *J Dent Res*; 2011;90:402-416. <https://doi.org/10.1177/0022034510381263>
42. Belli S, Orucoglu H, Yildirim C, Eskitascioglu G. The effect of fiber placement or flowable resinlining on microleakage in Class II adhesive restorations. *J Adhes Dent*; 2007;9:175-181. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a12145>
43. Basavanna R, Garg A, Kapur R. Evaluation of gingival microleakage of class II resin composite restorations with fiber inserts: An in vitro study. *J Conserv Dent*; 2012;15:166-19-69. <https://doi.org/10.4103%2F0972-0707.94590>
44. Lassila L, Keulemans F, Sailyloja E, Vallittu PK, Garoushi S. Mechanical properties and fracture behavior of flowable fiber reinforced composite restorations. *Dent Mater*; 2018;34:598-606. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.01.002>
45. Belli S, Inokoshi S, Ozer F, Pereira PN, Ogata M, Tagami J. The effect of additional enamel etching and a flowable composite to the interfacial integrity of Class II adhesive composite restorations. *Oper Dent*; 2001;26:70-75.
46. Angeletaki F, Gkogkos A, Papazoglou E, Kloukos D. Direct versus indirect inlay/onlay composite restorations in posterior teeth. A systematic review and meta-analysis. *J Dent*; 2016;53:12-21. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2016.07.011>
47. Bijelic-Donova J, Garoushi S, Vallittu PK, Lassila LV. Mechanical properties, fracture resistance, and fatigue limits of short fiber reinforced dental composite resin. *J Prosthet Dent*; 2016;115:95-102. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.07.012>
48. Kemaloglu H, Pamir T, Tezel H. A 3-year randomized clinical trial evaluating two different bonded posterior restorations: Amalgam versus resin composite. *Eur J Dent*; 2016;10:016-22. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.175692>
49. Costa S, Silva-Sousa Y, Curylofo F, Steier L, Sousa-Neto M, Souza-Gabriel A. Fracture resistance of mechanically compromised premolars restored with polyethylene fiber and adhesive materials. *Int J Adhes Adhes*; 2014;50:211-215. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2014.01.030>

