

Yeni Jenerasyon İndirekt Kompozit Materyallerinin Aşınma Direnci ve Sertliklerinin, Lityum Disilikat İçerikli Tam Seramik Sistemi ile Karşılaştırılması

A Comparison of the Wear Resistance and Hardness of New Generation Indirect Composite Resins with Lithium Disilicate All Ceramic System

Ahmet K. ÇULHAOĞLU,^a
Ali ZAIMOĞLU,^b
S. Emre ÖZKIR^c

^aSerbest,
Ankara

^bProtetik Diş Tedavisi AD,
Özel Aydın Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi, İstanbul

^cProtetik Diş Tedavisi AD,
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi, Afyonkarahisar

Geliş Tarihi/Received: 30.07.2012

Kabul Tarihi/Accepted: 20.12.2012

Yazışma Adresi/Correspondence:

S. Emre ÖZKIR
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi AD, Afyonkarahisar,
TÜRKİYE/TURKEY
emreozkir@yahoo.com

ÖZET Amaç: Çalışmada, yeni nesil iki indirekt kompozit materyallerinin aşınma miktarları ve sertlikleri, lityum disilikat içerikli bir tam seramik materyali ile karşılaştırılarak incelenmiş, uzun dönemde seramiklere alternatif olup olamayacakları araştırılmıştır. **Gereç ve Yöntemler:** Örneklerin Knoop sertlik değerleri (KHN) 500 g yük ile 15 sn'de bıraktığı indentasyonun 400 kez büyütülmesi ile tespit edildi. İndirekt kompozit sistemlerinin aşınma özellikleri tam seramik sistemi ile in vitro tribolojik test kullanılarak karşılaştırılmıştır. Her bir restorasyon materyalinin aşınma davranışı pin-on-disk tribometre ile karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir. Her materyal grubundan 10'ar tane 15 mm çapında, 3 mm kalınlığında örnek hazırlanmış, in vitro tribolojik aşındırma cihazı ile incelenmiştir. **Bulgular:** İndirekt dental kompozitlerin sertlik değerleri seramik sistemden daha düşük olmasına rağmen; aşınma dirençleri ve sürtünme katsayıları daha yüksek bulunmuştur. Bu doldurucu tipleri ve büyüklükleri, matris davranışı ve bağlanma özelliklerindeki farklılıklara bağlanabilir. **Sonuç:** İndirekt kompozit materyallerinin sertlik, aşınma dirençleri içerdikleri doldurucu tipi ve miktarından etkilenmektedir. Yeni nesil indirekt kompozitlerin her ikisi de IPS Empress 2 seramik materyalinden düşük aşınma direnci göstermişlerdir.

Anahtar Kelimeler: Bileşik rezinler; IPS-Empress seramik

ABSTRACT Objective: In this study wear rates and hardness of two new-generation indirect dental composites were compared with lithium disilicate all-ceramic restoration material and evaluated if these could be alternative to ceramics or not. **Material and Methods:** Knoop hardness values are acquired by 400 times magnification of indentation of 500 g load in 15 seconds. Indirect dental composites and all-ceramic restoration material were compared by an in vitro tribological test. Wear behavior of each commercial restorative material was evaluated and compared by using pin-on-disk tribometer. Ten samples with a sum of 30 were prepared from each material group with dimensions of 15 mm in diameter and 3 mm in width. **Results:** Although indirect dental composites' microhardness values are lower than full ceramics, wear resistance and friction rates are found to be higher. It may be explained again by the different amount of fillers and their types and size, matrix behavior and interface bond conditions. **Conclusion:** Overall properties of a composite are found to be influenced by the volume fraction and types of fillers. Both second generation indirect composites showed more wear resistance property than IPS Empress 2 ceramic material.

Key Words: Composite resins; IPS-Empress ceramic

Türkiye Klinikleri J Dental Sci 2013;19(1):36-44

Aşınma, iki veya daha çok yüzeyin birbiriyle temasta iken hareket etmesi sonucunda oluşan yüzey kaybı veya alçalması olarak tanımlanır.¹ Diş hekimliğinde orijinal anatomik formun kaybıyla karakterize bir fenomen olan aşınma, fizyolojik ve/veya patolojik olarak meydana gelebilir.

Dental materyallerde dört tip temel aşınma tanımlanabilir:

-Adeziv aşınma; hareket eden yüzeyler arasında sürtünme sonucu oluşan soğuk mikro kaynakların kırılması ile oluşan aşınmadır.² Sürtünme etkileri sonucu, bir yüzey üzerinde düzensizlikler, pürüzler ortaya çıkar diğer yüzeyde soğuk mikro kaynaklar meydana gelir. Sürtünen parçaların yüzeylerindeki en yüksek pürüzler plastik olarak deforme olur. Hareketin oluşturduğu kesme ile yumuşak olan malzeme ufalanır. Kopan parçacıklar aşınma yüzeyine taşınır.

- Abraziv aşınma; en sık rastlanan aşınma tipidir. Sert bir yüzeyin, yük altında karşısındaki daha yumuşak yüzeye sürtünmesiyle oluşan yüzey çizilmesi veya abraziv partiküller ile kesilmesidir.²

- Yorgunluk aşınması; Yüke maruz kalan yüzeyde mikro çatlakların oluşması ve çoğalması ile yüzey altındaki deformasyona bağlı lateral yayılan çatlakların kırılması ile oluşan aşınmadır. Yüzeyde en derinde oluşan aşınmadır. Yorulma ve delaminasyon (tabakalar halinde ayrılma) sıklıkla eş anlamlı kullanılır. Bu aşınma tipi kompozitlerde matriks ve mikro doldurucular arasında görülür.²

- Koroziv aşınma; aşınma yüzeyler arasındaki kimyasal reaksiyon sonucu oluşur. Kimyasal ajanlarla oluşan reaksiyon tabakasının, karşıt yüzeyle kontağı sonucu uzaklaştırılmasıyla ortaya çıkar.²

Sert diş yapılarının ve dental restorasyonların aşınması kompleks bir olaydır. Aşınma, oklüzal diş kontaklarının sebep olduğu atrizyon, aşındırıcı partiküllerin sebep olduğu abrazyon ve sıvı akışına bağlı erozyon olarak ortaya çıkabilir.³

Seramik restorasyon materyalleri, estetik talepleri başarı ile karşılaması ve birçok fiziksel özelliği ile tercih edilmesine rağmen; aşındırma potansiyelleri sebebi ile karşıt minede zararlı etkiler oluşturabilmektedir.^{4,5} Bu problemi fark eden üreticiler aşınma miktarı mineye yakın seramik materyalleri geliştirme yoluna gitmişlerdir.

İndirekt kompozit materyalleri aşınma direnci, fiziksel özellikler ve renk stabilitesi bakımından geliştirilmişlerdir. Bu yeni kompozit materyallerin daha önceki kompozit yapılardan farklı olarak matriks içindeki doldurucu oranları

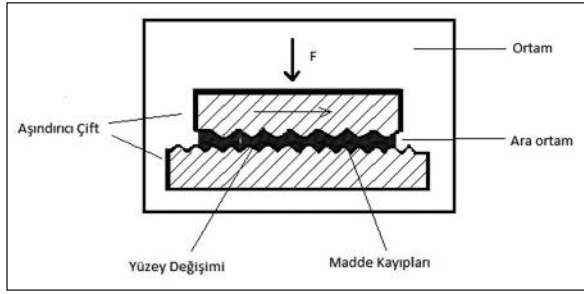
belirgin derecede fazladır. Artan doldurucu miktarı daha sert bir materyal sağlar, bununla birlikte yüksek oranda doldurucu içeren materyal karşıt dentisyona zarar verebilir.⁵ Rezin matriks içine ilave edilen inorganik doldurucular, materyalin dayanıklılığını, çalışabilirliğini ve radyoopasitesini artırır, ısıl genleşme katsayısını düşürür ve polimerizasyon büzülmesini minimal seviyeye indirir. Doldurucuların aşınma direnci üzerine olan etkisi doğru orantılı değildir ve kompleks bir biçimde diğer faktörlere bağlıdır.⁶ Doldurucu partiküllerin boyutunu artırarak aşınmaya karşı direnç sağlama fikri ileri sürülmesine rağmen, günümüzde doldurucu boyutunu küçülterek, maksimum miktarda doldurucu katılması dental kompozitler için ihtiyaç duyulan tüm özellikleri karşılamaktadır.⁶ Kompozit rezinlerde görülen aşınma sadece doldurucu tipine ve doldurucu miktarına bağlı değil ayrıca rezin tipine, polimerizasyon büzülmesine, doldurucu matriks bağlantısına, fiziksel özelliklere ve mekanik yükleme şartlarına da bağlıdır.³

Sertlik bir materyalin lokal deformasyona karşı koyabilme yeteneği olarak tanımlansa da açıklaması güç bir kavramdır. Mineralojide bir materyalin sertliği çizilmeye ya da zedelenmeye olan direnci olarak tanımlanır. Metalürji ve birçok farklı bilimde ise sertlik tanımı indentasyona (çentiklenme) karşı direnç olarak tanımlanır. Birçok modern sertlik testi bu tanıma göre tasarlanmıştır.^{7,8}

Diş hekimliğinde sertlik derecesi bir materyalin değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken bir özelliktir. Bir restoratif materyalin sertlik derecesinin, antagonist dişlerde istenmeyen miktarda aşınma yaratmayacak, ancak kendisinin de aşınmasına sebep olmayacak derecede olması istenir.⁹

Restorasyon materyallerinin aşınma miktarı, kullanım süresini belirleyen bir faktör olması sebebi ile önemlidir.³

Aşınmayı inceleyen temel bilim dalı, tribolojidir. Triboloji; lubrikasyon (kayganlaştırma), sürtünme ve aşınma arasındaki ilişkiyi inceler. Ana malzemenin ve aşındırıcı (sürtünen) malzemenin, ara ortamın (lubrikant), çevre ortamının, basınç ve sıcaklığın oluşturduğu sistemin tümüne tribolojik sistem denir (Şekil 1).



ŞEKİL 1: Tribolojik sistem.

Tasarıma, sürtünmeye, aşınmaya ve hareket sırasında temas eden yüzeylerin kayganlığına bağlı olan tribolojik özellikleri araştırmak için pin-on disk (POD) testi kullanılabilir. Yüzeysel kayma hareketi içeren bu test; lateral hareketler, protrüzyon ve bruksizm gibi klinik olaylarla bağdaştırılabilir.⁴

Sertlik ölçümü için birçok farklı metot kullanılmaktadır. Diş hekimliğinde en sık kullanılanları; Brinell, Knoop, Rockwell ve Vickers sertlik testleridir. Bu testlerde boyutları bilinen bir indenter, materyalin yüzeyine belli bir kuvvetle ve belli bir süre boyunca baskı yapar. Sertlik, oluşan indentasyonun derinliğine veya alanına göre hesaplanır. Sertlik ölçüsü sonuçları genellikle yük/alan formülü ile ifade edilir.⁷

Restoratif materyaller üzerinde yapılan yoğun araştırmalar mine ve dentin dokusuna fiziksel ve biyolojik olarak en yakın maddenin elde edilmesi amacını taşımaktadır. Günümüz uygulamalarında porselenin yerini henüz başka bir materyal dolduramamıştır. Ancak çalışmalar porselen ve alternatif diğer materyallerin geliştirilmesi şeklinde devam etmektedir.

Bu çalışmada indirekt kompozitlerin sertlik ve aşınma dirençlerinin incelenerek, porselen restorasyonlara alternatif olup olamayacaklarının incelenmesi amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada farklı yapıya sahip olan tam seramik ve indirekt kompozit materyallerinin, aşınma dirençleri ve sertlik değerleri incelenmiş ve bulgular karşılıklı olarak değerlendirilmiştir. Çalışmalarımız Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pro-

tetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı araştırma laboratuvarı ve Ortadoğu Teknik Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği bölümü araştırma laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Çalışmamızda tam seramik sistemi olarak litium disilikat içerikli bir dental porselen, IPS Empress 2 tam seramik (Ivoclar, Schann, Liechtenstein, Lot No:N36986), yeni nesil indirekt kompozit olarak da SR Adoro indirekt kompozit (Ivoclar, Schann, Liechtenstein, Lot No:J23355H22136) ve BelleGlass NG indirekt kompozit (Belle de Saint Claire Kerr, Orange, Calif. ABD, Lot No: 416800/410728) materyalleri kullanılmıştır.

ÖRNEKLERİN HAZIRLANMASI

Aşınma miktarı ölçümleri her materyal grubundan 15 mm çapında ve 3 mm kalınlığında 10'ar tane olmak üzere toplam 30 disk hazırlanarak yapılmıştır. Örnekleri belirtilen boyutta elde etmek için paslanmaz çelik kalıp kullanılmıştır.

Lityum disilikat içerikli porselen materyali elde etmek için 10 adet mum disk örneğin, yüzey gerilimi alkol ile silinip azaltıldıktan sonra manşet içine yerleştirilerek üzerine üreticinin tavsiye ettiği IPS Empress speed revetmanı, vibratör yardımı ile dökülmüştür. Revetman sertleştikten sonra manşet, ısı 850°C olan ön ısıtma fırınına pres pistonu ve preslenecek tabletler ile birlikte konularak 1 saat bekletilmiştir. Ön ısıtmadan sonra manşetler tabletler ve piston birlikte IPS Empress Ivoclar EP 500 (Ivoclar, Schann, Liechtenstein) pres döküm fırınına yerleştirilmiştir. Döküm 1075°C'de 5 bar basınç altında gerçekleştirilmiştir. Dökümden çıkarılan örnekler 50 µm alüminyum oksit tozu ile daha düşük basınçla temizlenerek, tesviyesi ve kontrolü yapılan örnekler 6 dakika 799°C'de glaze işlemine tabi tutulmuştur.

Tabaka tabaka SR Adoro indirekt kompozit materyali Vectris alt yapı üzerine yerleştirilerek her tabaka 20 saniye ışık ile polimerize edilmiştir. Hazırlanan kor yapıların silikon kalıplar yardımı ile son şekillendirmesi yapılmıştır. Daha sonra örnekler inhibisyon tabakasını önlemek ve polimerizasyon sırasında yüzeyin oksijen ile etkileşimini kesmek için SR Gel ile kaplanarak Lumamat 100

(Ivoclar, Schann, Liechtenstein) fırınında 25 dakika polimerize edilmiştir. Polimerize edilen örnekler firmanın önerdiği şekilde bitirme ve polisaj işlemlerine tabi tutulmuştur.

Tabaka tabaka BelleGlass materyali uygulanarak ışık ile polimerize edilmiştir. Hazırlanan örneklerin final polimerizasyonu 60 psi basınç ve 135°C ısı sağlayan BelleGlass Curing Unit (Kerr, Orange, Calif. ABD) ile 10 dakika polimerize edilerek tamamlanmıştır. Isı ve basınç ile polimerize edilen örneklerin mat ve pürüzlü yüzeyi tesviye ve polisaj işlemleri ile düzeltilmiştir.

İndirekt kompozit materyal kalıp içerisine tabaka tabaka yerleştirilerek her 2 mm'lik kompozit tabakası üretici firmanın önerilerine uygun olarak polimerize edildikten sonra kısmen sertleşen örneklerin yukarıda anlatılan indirekt yöntemlerle final polimerizasyonu yapılmıştır.

SERTLİK ÖLÇÜMÜ

Sertlik ölçümü için her materyal grubunda 5'er adet disk kullanılmıştır.

Örneklerin Knoop sertlik değerleri (KHN), cihazın (Dukson tester, Willson) 500 g yük ile 15 sn'de bıraktığı indentasyonun yani kuvvetle uygulanan keskin uçlu cisim ya da abraziv partiküllerin, materyal yüzeyi üzerinde çeşitli faktörlere bağlı olarak oluşturduğu etkinin, 400 kez büyütülmesi ile tespit edilmiştir. Her örnek için farklı noktalardan 5'er kez ölçüm yapılmıştır ve ortalaması alınmıştır.

AŞINMA MİKTARI ÖLÇÜMÜ

Çalışmada aşındırma işlemi için CSEM tribometre (CSEM Instruments, Neuchatel, İsviçre) cihazı kullanılmıştır (Resim 1). Bu sistemde iki boyutlu bir aşınma testi olan POD testi uygulanmakta ve bu cihaz aşındırma işlemi yanında sürtünme katsayılarını da ölçmektedir. Deney için örnekler alet tablası üzerine yerleştirilerek sabitlenmiştir. Aşındırma işlemi 6 saat süre ile örnekler üzerinde 0075 m/sn hızla dönen Al₂O₃ pinin, 300 metre mesafe boyunca 10 N statik yük altında rotasyonel hareketi ile gerçekleştirilmiştir. Aşındırma işlemi Tablo 1'de belirtilen koşullarda yapılmıştır.



RESİM 1: CSEM tribometre aşındırma cihazı.

Sürtünme katsayısının tespiti test sırasında elastik kolun gösterdiği yer değiştirme ile ölçülmektedir. Sürtünme katsayısı sürtünme kuvvetinin uygulanan yüke bölünmesi ile elde edilir ve birimsizdir.

Tribolojik testler bittikten sonra örneklerin aşınma miktarı, aşınma izinin derinliği ve aşınma alanı profilometre (Sutronic 3+, Taylor/Hobson, Leicester, İngiltere) ile ölçülmüş (Resim 2) ve örneklerin aşınan yüzeylerini incelemek için elektron tarama mikroskobu (SEM) (Jeol 6400) kullanılmıştır.

Materyallerin sertlik ve aşınma değerlerinin istatistiksel değerlendirilmesinde SPSS for Windows 13,0 kullanılmış ve ANOVA testi uygulanmıştır.

TABLO 1: Triboloji test koşulları.

Parametreler	Test Koşulları
Aşındırıcı küre materyali	Aluminus porselen
Uygulanan kuvvet	10 N
Hareket hızı	0,075 m/sn
Hareket mesafesi	300 m
Aşındırıcı küre çapı	0,01 m
Lubrikant	Yok
Isı	Oda ısısı



RESİM 2: Profilometre.

BULGULAR

SERTLİK BULGULARI

İstatistiksel olarak en yüksek sertlik değerlerini IPS Empress 2 seramik sistemi gösterirken en düşük sertlik değerlerini SR Adoro indirekt kompozit sistemi göstermektedir (Tablo 2).

Sistemlerin sürtünme katsayıları, aşınma miktarları ve sertlikleri arasında bir ilişki olup olmadığını anlayabilmek için istatistiksel nonparametrik ilişki testi yapılmıştır. IPS Empress 2 seramik örneklerin sürtünme katsayıları, aşınma miktarları ve sertlikleri arasında istatistiksel bir ilişki yoktur.

SR Adoro sisteminde örneklerin sürtünme katsayısı ve sertlik değerleri arasında pozitif yönlü kuvvetli bir ilişki saptanmıştır ($p<0,05$, $r=0,9$).

BelleGlass NG sisteminde örneklerin sürtünme katsayısı ve aşınma miktarları arasında pozitif yönlü kuvvetli bir ilişki saptanmıştır ($p<0,05$, $r=0,9$).

Sertlik değerleri daha yüksek olan BelleGlass NG materyalinin aşınma miktarı fazla ve sürtünme

katsayısı yüksek bulunurken, yüzey sertliği düşük olan SR Adoro sisteminin sürtünme katsayısı ve aşınma miktarı düşük bulunmuştur.

Aşınma Miktarı Bulguları

IPS Empress 2 seramik sistemi, SR Adoro ve BelleGlass NG indirekt kompozit sistemlerinin aşınma miktarlarının değerlendirilmesinde Kruskal Wallis çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. IPS Empress 2 seramik sistemi, SR Adoro ve BelleGlass NG indirekt kompozit sistemlerine ait ortalama, minimum ve maksimum aşınma miktarı ve sürtünme katsayısı değerleri Tablo 3'te gösterilmiştir.

Materyaller arasında aşınma miktarları istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$). En çok aşınan örnek grubu IPS Empress seramik sistemi iken, en az aşınan örnek grubu SR Adoro indirekt kompozit sistemidir.

Sürtünme katsayısı değerleri incelendiğinde, IPS Empress2 ve SR Adoro materyallerinin sürtünme katsayıları arasında fark gözlenirken ($p<0,05$), IPS Empress 2 ve BelleGlass NG sistemlerinin sürtünme katsayıları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). IPS

TABLO 2: IPS Empress 2, SR Adoro ve BelleGlass NG sistemlerine ait maksimum, minimum ve ortalama sertlik değerleri.

Materyal n= 10	Knoop Sertlik Değerleri		
	Minimum	Maksimum	Ortalama±Sx (standart sapma)
IPS Empress 2	421	434,3	427,54 ± 4,97
SR Adoro	42,3	54,9	49,88 ± 4,92
BelleGlass NG	55,8	64,2	60,01 ± 3,37

TABLO 3: IPS Empress 2, SR Adoro ve BelleGlass NG örneklere ait aşınma miktarları ve sürtünme katsayıları.

Materyal n= 10	Aşınma Miktarı (mm ³ /N/m)			Sürtünme katsayısı		
	Min	Max	Ortalama ± Sx	Min	Max	Ortalama±Sx (standart sapma)
IPS Empress 2	2,20 x 10 ⁻³	2,90 x 10 ⁻³	2,27 x 10 ⁻³ ± 0,2 x 10 ⁻³	0,7260	0,7990	0,7350±0,03
SR Adoro	5,37 x 10 ⁻⁵	7,39 x 10 ⁻⁵	7,21 x 10 ⁻⁵ ± 0,8 x 10 ⁻⁵	0,3010	0,5960	0,4630±0,1
BelleGlass NG	9,18 x 10 ⁻⁵	14,54 x 10 ⁻⁵	13,5 x 10 ⁻⁵ ± 215 x 10 ⁻⁵	0,6200	0,7840	0,7520±0,06

Empress 2 ve BelleGlass NG sistemlerinin sürtünme katsayıları birbirine yakınken, SR Adoro sisteminin sürtünme katsayısı düşük bulunmuştur.

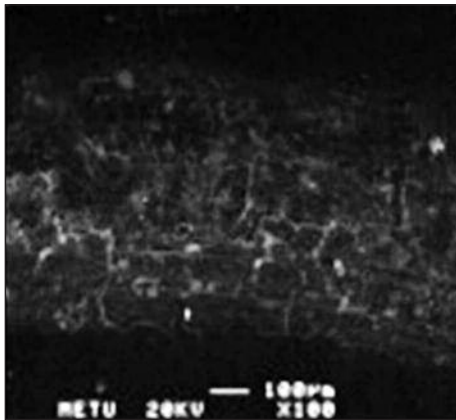
IPS Empress 2 seramik sisteminin aşınmış yüzeylerine ait SEM görüntülerinde, aşınma izleri üzerinde adeziv ve abraziv aşınma mekanizmalarına bağlı olarak oluşan deformateler gözlenmiştir. Yüzeyde tabakalar halinde delamine alanlar yani tabakalara ayrılmış ve çentikler görülmüştür.

İndirekt kompozit rezinlerin, aşınma yüzeylerinde iki farklı alanın görülmesi karakteristik bir bulgudur; deforme olmuş alanlar ve delamine olmuş yani tabakalara ayrılmış alanlar. Delamine alanlar aşındırıcı ucun hareketi ile yüzeye paralel oluşan mikro kırıkların birleşmesi ile yüzeydeki materyalin tabakalar halinde kalkmasıdır. Delamine olmuş alanlar, deforme olmuş alanlara göre daha pürüzlü ve gözle görülebilen birçok küçük doldurucu parça içermektedir. Aşınan yüzey üzerinde görülen küçük çukurcuklara, rezin yapıdan tamamen kopmuş doldurucu partiküller sebep olmaktadır.

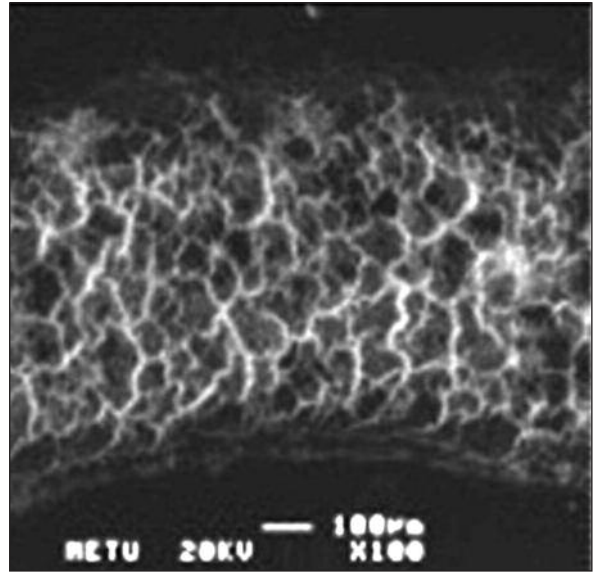
İndirekt kompozit rezinlerin SEM görüntüleri karşılaştırıldığında SR Adoro indirekt kompozit materyalinin aşınma yüzeylerinde daha az küçük çukurcuklar ve pürüzlülük gözlenmektedir (Resim 3,4,5).

TARTIŞMA

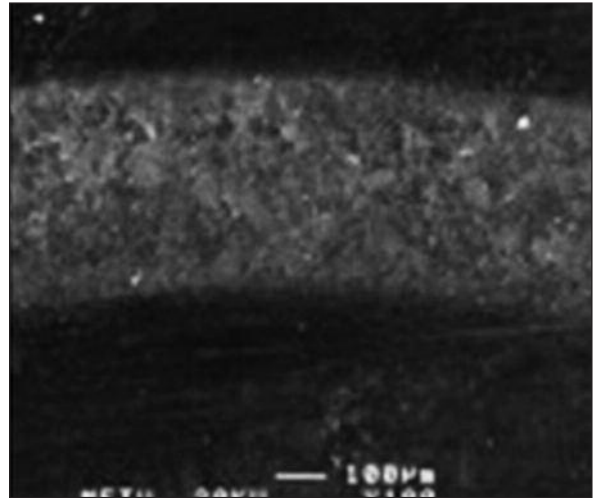
En sert doğal yapılardan biri olan diş minesinin özelliklerine henüz herhangi bir yapay restorasyon



RESİM 3: SR Adoro örneğinin aşınmış yüzeyi (x100).



RESİM 4: IPS Empress 2 örneğinin aşınmış yüzeyi (x100).



RESİM 5: BelleGlassNG örneğinin aşınmış yüzeyi (x100).

materyali ulaşamamıştır. Üstün aşınma direnci sergileyen sağlıklı mine dokusu çiğneme ve ısırma gibi doğal etkiler altında yılda 10-40 µm arasında aşınmaktadır.⁹

Dental restorasyon materyalleri ve minenin aşınma direncini saptamanın en ideal yolu ağız ortamında sürdürülen çalışmalar olmasına karşın klinik incelemelerin zaman alması, etkileri birbirinden ayıramayan birçok faktörün etkili olması gibi sebepler nedeni ile aşınma direncinin ölçüldüğü çalışmalarda daha çok in-vitro yöntemler kullanılmaktadır. Bugüne kadar dental materyallerin

sürtünme katsayısı ve aşınma direncini ortaya koyan triboloji testleri için birçok farklı yöntem ve araç kullanılmıştır. Bu yöntemlerden en çok tercih edilen; örnek ve aşındırıcı yüzey arasındaki göreceli harekete bağlı aşınma sağlayan iki boyutlu aşınma testleridir. Aşınma sağlayan birçok geometrik tasarım içinde POD aşınma testleri en çok kullanılanlardır. Bu yöntem, basit ve çabuk sonuçlar vermesi yönünden avantajlıdır.¹⁰ Bu sebepler göz önüne alındığında triboloji çalışmalarımızda POD aşınma testi tercih edilmiştir.

Aşınma sırasında karşılıklı yüzeylerin etkileşimi, birçok faktörle beraber, birbiri ile kontak halinde bulunan yüzeylerin temel özelliklerine bağlıdır. Tüm koşullar aynı olsa dahi farklı materyaller farklı tribolojik ortamlar yaratmaktadır. İdeal olarak aşınma testlerinde test edilecek materyal karşısına aşındırıcı materyal olarak diş minesinin yerleştirilmesi gerekmektedir. Bununla beraber insan dişi kullanımının boyut kısıtlılığı, morfolojik ve fiziksel özelliklerin varyasyonları gibi dezavantajları bulunmaktadır. POD testlerde aşındırıcı materyal olarak belli bir materyal üzerinde karar kılınmamıştır. Bazı araştırmacılar aşındırıcı olarak mine, bazıları ise çalışmalardaki başarısı tam olarak araştırılmamış olsa da üretiminin ve bulunmasının kolay olması sebebi ile paslanmaz çelik materyali kullanmışlardır.^{1,11-13} Bunların yanında çeşitli seramik sistemleri de aşındırıcı olarak kullanılmıştır.^{1,6,14} Çalışmada da aşındırıcı uç olarak aşınma mekanizması mineye yakın olan alüminöz porselen kullanılmıştır.

Aşınma direnci araştırmalarında çiğneme kuvvetlerine benzer olması amacıyla 0,5N'dan 15N'a kadar çeşitli statik yükler uygulanmıştır.^{1,15,16} Çalışmamızın aşınma miktarını inceleyen bölümü; yöntem olarak ve yukarıdaki test koşulları dikkate alınarak, her örnek için 0,075 m/sn hızla 300 m mesafe boyunca 10 N statik yük uygulanması ile diğer araştırmacıların metodları ile uyum içerisindedir.

Tillitson ve ark., tribolojik ortamda su varlığının aşınma miktarına ve sürtünme katsayısına olan etkisini araştırdıkları çalışmada; lubrikant olarak suyun kullanılmasının, aşındırıcı olarak mine kul-

lanıldığında mine, dentin ve porselen aşınmasını arttırdığını belirtmişlerdir. Su gibi polar bir sıvının varlığının, polar materyallerin pürüzlü yüzeylerinin birbirine daha fazla tutunmasını sağladığını ve sürtünme kuvvetini arttırdığını ancak polar olmayan yapılarda aşınma üzerinde herhangi bir etki yapmadığını belirtmişlerdir.^{13,14} Çalışmamızda kullandığımız seramik ve indirekt kompozit materyallerinin birçok özellikleri yanında polar özelliklerinin de farklı olması sebebi ile lubrikant olarak su kullanmanın çalışma sonuçlarımızı etkileyeceğini düşünülerek aşındırma işlemi kuru bir ortamda yapılmıştır.

Kompozit rezinlerin esas özelliklerini, doldurucu tipi, doldurucu büyüklüğü, doldurucuların total hacim içinde kapladıkları alan ve rezin matrisine bağlanma durumları belirler. Doldurucu miktarının artması hem kompozitin sertliğini hem de baskı kuvvetleri karşısındaki direncini artırır. Kompozit rezinlerin sertliği ve aşınma miktarları arasındaki ilişki konusunda birçok farklı fikir vardır. Bu ilişkiyi inceleyen araştırmacılar daha büyük ve daha yüksek oranda doldurucu içeren kompozitlerin daha yüksek sertlik değerleri gösterdiğini ancak aşınma testinde daha fazla madde kaybına uğradığı yani daha fazla aşındığını belirtmişlerdir.^{1-6,14,15,17-19} Buna paralel olarak yapılan çalışmalarda sürtünme katsayılarının da doldurucu oranı azaldıkça düştüğü gözlenmiştir.^{1,20} Çalışmamızda da önceki çalışmalara paralel olarak daha sert ve daha yüksek oranda doldurucu içeren BelleGlass NG indirekt kompozit materyalinin, daha yumuşak ve daha az oranda doldurucu içeren SR Adoro materyaline göre daha fazla aşındığı buna karşın sürtünme katsayısının ve yüzey sertliğinin fazla olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4).^{2,4,18,19} Bu bulgu

TABLO 4: SR Adoro ve BelleGlass NG sistemlerine ait doldurucu oranları.

Materyal	Doldurucu türü/ oranı	Rezin türü	Polimerizasyon Şekli
BelleGlass NG/ Construct	%85 oranında 25 µm Silica nanopartikülleri, prepolimerize doldurucular	Bis-GMA, TEGMA	Işık Isı Basınç
SR Adoro/ Vectris	%65 oranında 10-30 µm Kopolimer	UDMA	Işık Vakum

rezin yapı ve doldurucu partiküller arasındaki adezyonun daha başarılı olduğunu ortaya koymaktadır ve Adoro indirekt kompozit materyalinin BelleGlass materyaline göre daha homojen bir yapıda olduğunu göstermektedir.

Bununla birlikte aksi görüş ifade eden araştırmacılar, test yapılan cihazların çalışma mekanizmasına ve test ortamına bağlı olarak sonuçların değiştiğini belirtmektedirler.²¹⁻²³ Yapılan bir çalışmada, POD yöntemi ile ortalama bir sürtünme katsayısının tespit edilmesinin yanıltıcı olabileceğini belirtmişlerdir. Bunun sebebi olarak elde edilen değerlerin uygulanan yüke, kayma hızına, lubrikant varlığına ve aşınan partiküllerin birikimine bağlı olarak değişimini göstermişlerdir. Yaptıkları çalışmada uygulanan kuvvet arttıkça sürtünmenin arttığını belirtmişlerdir. Test edilen materyallerin düşük yük altında yumuşak bir materyal gibi davranırken, yüksek yük altında kırılabilir bir materyal gibi davrandığı belirtilmiştir. Bu kırılabilir davranışın yüksek yük altında aşınmanın daha hızlı olmasına sebep olabileceği bildirilmiştir.¹³

Metallerin, aşınma miktarları ve sürtünme katsayısı arasında doğru orantı olduğu belirtilirken, kompozitlerde ise bu durumun kompleks olduğu ve aşınma oranının metallerdeki gibi kolaylıkla materyal sertliği ile ilişkilendirilemeyeceği belirtilmiştir.²⁴

Bu çalışmada indirekt kompozitlerin, sertliği ve sürtünme katsayısı daha yüksek olan IPS Empress 2 seramik materyalinden daha az aşınmalarının nedenlerinden birinin, çalışmada porselen aşındırıcı uç kullanılmış olmasının olduğu düşünülmektedir. Yap ve ark., mine ve mine benzeri porselen aşındırıcıların kompozit yüzeyleri üzerinde parlatici etki yaptığını ve az aşındırma sağladığını belirtmişlerdir. Porselen aşındırıcı uçların aksine, paslanmaz çelik materyali inorganik doldurucuların sebep olduğu aşınma sebebi ile pürüzlü bir yüzey oluşturmakta ve kompozit matriksi daha çok aşındırabilmektedir.²⁵

Ayrıca indirekt kompozitlerin düşük elastik modül değerleri aşınma testi sırasında aşındırıcı uç ve kompozit materyali arasında lubrikant etki yapmış olabilir. Elastik modül değerleri yüksek olan, bu sebepten dolayı son derece sert ve az deformasyon

gösteren, kırılabilir bir malzeme olan IPS Empress 2 seramik materyalinin yüzeyinde oluşan mikro çatlakların lateral yönde ilerleyip kopmalar meydana gelmesi sonucu yorulma aşınması gözlenmiş olabilir. İndirekt kompozit materyallerinin esnek yapısına bağlı olarak porselen aşındırıcı ucun esnek olan kompozit materyali üzerinde bıraktığı aşınma izi rijit porselen materyaline kıyasla daha silik ve yetersiz olmuş olabilir. Bu yetersiz aşınma izi profilometre ile yapılan aşınma miktarı ölçümlerinde, elastik indirekt kompozit materyalinin, rijit IPS Empress 2 materyaline göre daha az aşınma değeri göstermesine sebep olmuş olabilir. Aynı şekilde indirekt kompozit restorasyonların düşük elastik modülleri ve esnek karakterleri nedeniyle lubrikant etki meydana getirmelerine de bağlanabilir.

Bugün için minenin yerini alabilecek bir şey geliştirilememiştir. Protetik uygulamalarda kullanılması düşünülen materyalin dirençli olmasının yanında doğala yakın özellikler göstermesi, fonksiyon altında direnç ve dayanıklılık gösterirken karşıt çenedeki doğal yapılara da zarar vermemesi gerekir. Bu nedenlerle kullanılan materyallerin yapısal özelliklerinin bilinmesi ve değerlendirilmesi önemlidir. Tüm olumlu ve olumsuz sonuçlar değerlendirildiğinde indirekt kompozit sistemlerinin ağız içinde kullanım süreleri, biyolojik etkileri ve fiziksel davranışları açısından geliştirilmesine, in vivo ve invitro koşullarda daha ileri düzeyde araştırılmasına ihtiyaç vardır.

SONUÇ

1. İki farklı monomer yapısına, farklı doldurucu içeriğine ve miktarına sahip SR Adoro ve BelleGlass NG indirekt kompozit rezin materyalinin doldurucu tipinin ve miktarının sertliği ve aşınma direncini doğrudan etkilediği bulunmuştur. Doldurucu oranının artması ve seramik doldurucular kullanılması aşınma miktarı ve yüzey sertliğini arttırmıştır.

2. Aşınma miktarları değerlendirildiğinde tam seramik sistemi, indirekt kompozit sistemlerinden daha fazla aşınma göstermiştir.

3. Tam seramik materyali IPS Empress 2 ile en yüksek sertlik değerleri elde edilirken bunu BelleGlass NG ve SR Adoro takip etmiştir.

KAYNAKLAR

1. Shortall AC, Hu XQ, Marquis PM. Potential countersample materials for in vitro simulation wear testing. *Dent Mater* 2002;18(3):246-54.
2. Mandikos MN, McGivney GP, Davis E, Bush PJ, Carter JM. A comparison of the wear resistance and hardness of indirect composite resins. *J Prosthet Dent* 2001;85(4):386-95.
3. Kern M, Strub JR, Lü XY. Wear of composite resin veneering materials in a dual-axis chewing simulator. *J Oral Rehabil* 1999;26(5):372-8.
4. Schuh C, Kinast EJ, Mezzomo E, Kapczinski MP. Effect of glazed and polished surface finishes on the friction coefficient of two low-fusing ceramics. *J Prosthet Dent* 2005;93(3):245-52.
5. Suzuki S, Nagai E, Taira Y, Minesaki Y. In vitro wear of indirect composite restoratives. *J Prosthet Dent* 2002;88(4):431-6.
6. Hu X, Marquis PM, Shortall AC. Influence of filler loading on the two-body wear of a dental composite. *J Oral Rehabil* 2003;30(7):729-37.
7. Combe EC, Shaglouf AM, Watts DC, Wilson NH. Mechanical properties of direct core build-up materials. *Dent Mater* 1999;15(3):158-65.
8. Anusavice KJ. Mechanical properties of dental materials. Phillips' Science of Dental Materials. 11th ed. St. Louis: Elsevier; 2003. p. 73-100.
9. Gladwin M, Bagby M. Instruments as Dental Materials- Care and Maintenance. Clinical Aspects of Dental Materials. 1st ed. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins; 2000.p.231-9.
10. Sajewicz E. On evaluation of wear resistance of tooth enamel and dental materials. *Wear* 2006;260(11):1256-61.
11. Douglas WH, Sakaguchi RL, DeLong R. Frictional effects between natural teeth in an artificial mouth. *Dent Mater* 1985;1(3):115-9.
12. Krejci I, Albert P, Lutz F. The influence of antagonist standardization on wear. *J Dent Res* 1999;78(2):713-9.
13. Tillitson EW, Craig RG, Peyton FA. Friction and wear of restorative dental materials. *J Dent Res* 1971;50(1):149-54.
14. Chen MH. Update on dental nanocomposites. *J Dent Res* 2010;89(6):549-60.
15. Hu X, Marquis PM, Shortall AC. Two-body in vitro wear study of some current dental composites and amalgams. *J Prosthet Dent* 1999;82(2):214-20.
16. Park J, Öztürk A. Tribological properties of MgO-CaO-SiO₂-P₂O₅-F-based glass-ceramic for dental applications. *Materials Letters* 2007;61(8):1916-21.
17. Li Y, Swartz ML, Phillips RW, Moore BK, Roberts TA. Effect of filler content and size on properties of composites. *J Dent Res* 1985;64(12):1396-401.
18. St Germain H, Swartz ML, Phillips RW, Moore BK, Roberts TA. Properties of microfilled composite resins as influenced by filler content. *J Dent Res* 1985;64(2):155-60.
19. Heintze SD, Barkmeier WW, Latta MA, Rousson V. Round robin test: wear of nine dental restorative materials in six different wear simulators - supplement to the round robin test of 2005. *Dent Mater* 2011; 27(2):e1-9.
20. Fan PL, Powers JM. Wear of aged dental composites. *Wear* 1981;68(2):241-8.
21. Wassell RW, McCabe JF, Walls AW. A two-body frictional wear test. *J Dent Res* 1994;73(9):1546-53.
22. Reeh ES, Douglas WH, Levine MJ. Lubrication of saliva substitutes at enamel-to-enamel contacts in an artificial mouth. *J Prosthet Dent* 1996;75(6):649-56.
23. Cesar PF, Miranda WG Jr, Braga RR. Influence of shade and storage time on the flexural strength, flexural modulus, and hardness of composites used for indirect restorations. *J Prosthet Dent* 2001;86(3):289-96.
24. Kakaboura A, Rahiotis C, Zinelis S, Al-Dhahmadi YA, Silikas N, Watts DC. In vitro characterization of two laboratory-processed resin composites. *Dent Mater* 2003;19(5):393-8.
25. Yap AU, Tan CH, Chung SM. Wear behavior of new composite restoratives. *Oper Dent* 2004;29(3):269-74.