



RESTORATİF DENTAL MATERYALLERİN YÜZEY MEKANİK ÖZELLİKLERİ

SURFACE MECHANICAL PROPERTIES OF RESTORATIVE DENTAL MATERIALS

Arş. Gör. Dt. Verda TÜREL *

Makale Kodu/Article code: 1714
Makale Gönderilme tarihi: 02.06.2014
Kabul Tarihi: 24.07.2014

ÖZET

Diş hekimliği materyalleri bilim ve teknolojinin gelişimi ile birlikte sürekli kendini yenilemekte ve kullanım alanları ve üreticilerine bağlı olarak aynı türden materyaller bile bazı farklılıklar taşımaktadır. Diş hekimliğinde kullanılan materyallerin belirli bir mekanik dirence sahip olmaları gerekir. Örneğin bazı restorasyon maddeleri ısırma kuvvetleri etkisi altında kırılmamalıdır, yük altında şekillerini koruyabilmelidir. Zamanla oluşan aşınma ve renk değişimi minimum seviyede kalmalıdır. Ancak bu şekilde uzun yıllar kullanılabilen restorasyonlar yapmak mümkündür. Diş fırçalama gibi çeşitli diş etkenlerle restoratif materyallerde meydana gelen aşınma da materyalin sertliği ile bağlantılıdır. Bu makalede restoratif dental materyallerin sertlik, yüzey pürüzlülüğü, aşınma gibi önemli yüzey mekanik özelliklerinin klinik önemi, bu özelliklerin ölçümünde kullanılan metodlar hakkında bilgi verilecektir.

Anahtar kelimeler: Restoratif materyaller, yüzey özellikleri

ABSTRACT

Dental materials are continuously renews itself with the development of science and technology and depending on uses and manufacturers, same materials can have some differences. Dental materials must have certain mechanic properties. For example some restorative materials should not break under the biting force and must maintain their shape under load. The wear and discoloration over time should remain at minimum level, only in this way it is possible the restoration can be used for many years. Abrasion, as a result of various external factors such as brushing in restorative materials is associated with hardness. This article compiles a review on these important surface mechanical properties of restorative dental materials and the methods of to determine these properties

Key words: Restorative materials, surface properties

SERTLİK

Bir restoratif materyal üzerine yük geldiğinde fazla deformasyon meydana gelmemesi için mümkün olduğu kadar katı ve sert olmalıdır. Kuvvetler devamlı olduğunda, yapısal değişim meydana gelmektedir. Başlangıçta bu deformasyon tamamen geriye dönüşümlüdür (elastik gerilme). Devamlı artan bir kuvvet sonucunda geriye dönüşümsüz bir gerilme oluşur(plastik gerilme) ve daimi deformasyon meydana gelir. Plastik deformasyonun oluşmaya başladığı nokta elastik limit olarak adlandırılır. Plastik gerilme daha da sürdüğünde, kırılma ile beraber kopmalar meydana gelmektedir.¹⁻⁴

Materyaller seçilirken olabildiğince fonksiyon sırasında oluşan basma seviyesini aşmayacak elastik limite sahip olmalarına dikkat edilmelidir. Eğer basma değeri elastik limiti çok az oranda geçiyorsa, oluşan plastik deformasyon çok az olacaktır. Eğer basma değeri bunun çok üstündeyse oluşan deformasyon öncelikle plastik gerilme şeklindedir ve bazı noktalarda kopmalar da oluşur. Klinik koşullarda restorasyon, fonksiyon sırasında döngüsel, kritik sınırın altındaki yüklerle maruz kalır. Bu döngülerin her biri tek başına yıkıma neden olmaz fakat zamanla restorasyon yüzeyinde büyüyen çatlaklar oluşturarak marjinal bozulmaya ve restorasyonun kaybına neden olur.

* Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Tedavi A.D.



Restorasyonun yüzey sertliği rijit materyallerin oluşturduğu basınçlara karşı direnç göstererek restorasyonu korur.¹⁻⁴

Elastik limit ölçülürken, genellikle farklı materyallerin plastik deformasyon başlangıçları karşılaştırılır ve bu amaçla sertlik testleri de denilen çizme ve batırma testleri kullanılır.⁴

Restoratif materyallerin sertlik değeri ölçümünde yaygın olarak kullanılan testler Brinell, Knoop, Vickers ve Rockwell'dir. Her test birbirinden farklı avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Hepsinde genel olarak sertlik değeri ölçülecek materyalin yüzeyine küçük, simetrik şekilli bir ucun penetre edilmesi yöntemi uygulanır. Çeşitli sertlik testlerinde ucun yapısı, geometrisi ve yüzeye uyguladığı kuvvet farklıdır. Uç, çelik, tungsten karbit veya elmas olabilir veya şekil olarak küre, konik, piramit veya çubuk şeklinde olabilir. Uygulanan kuvvet 1 ile 3000 kg arası değişebilir. Uygulanacak sertlik testi seçimi materyalin kullanılacağı alana, materyalden beklenen sertlik değerine göre değişir.⁵

Genel prosedür olarak bir sertlik testi aşağıda anlatıldığı şekilde uygulanır. Standart bir kuvvet veya ağırlık penetre edilen noktadaki uca uygulanır. Simetrik şekilli uca uygulanan bu kuvvetin etkisiyle materyalde oluşan derinlik, genişlik veya bölgenin boyutları mikroskop altında ölçülür. Materyalde oluşan girintinin ölçümü sertlik değerini verir. Standart bir uca sabit bir kuvvet uygulandığında, oluşan girintinin boyutları test edilen materyalin penetrasyon direnci ile ters orantılıdır. Bu da daha hafif kuvvetlerin daha yumuşak materyallere uygulanması gerektiği anlamına gelir.^{4,5}

Brinell Sertlik Testi: Diş hekimliğinde metal ve alaşımların sertliğini ölçmede kullanılan en eski metodlardan biridir. Bu metod 1,6 mm çaplı küçük çelik veya tungsten karbit bir kürenin 123 N kuvvetle materyale uygulanması ve sonuç olarak meydana gelen iz'in ölçülmesinden ibarettir. Uç bu yük altında materyale 30 sn tatbik edilir. Uygulanan kuvvet yavaş yavaş artırılmalı ve darbeli uygulama önlenmelidir. Daha sonra oluşan girintinin boyutları mikroskop altında ölçülür.^{4,5}

Knoop sertlik testi: Bu test mikro düzeyde oluşan ihtiyacı karşılamak amaçlı yapılır. Bu test metodunda kuvvet özenle dizayn edilmiş piramit şekilli elmas bir uca uygulanır materyalde oluşan köşegen şekilli girintinin boyutları mikroskop altında ölçülür. Knoop sertlik testinin avantajı oldukça geniş bir

aralıkta materyal grubuna uygulanabilmesidir. Çünkü oldukça düşük miktarda yük uygulamaları dahi materyalde hassas mikrogirintiler oluşturur. Örneğin Knoop sertlik testi ile çekilmiş bir dişin mine, dentin sertliği, metal ve alaşımların sertliği ölçülebilir. Bu test metodunun dezavantajı oldukça parlak ve düz yüzey örneklerine ihtiyaç duymasındır ve test süresi diğer testlerden daha fazla zaman almaktadır.^{4,5}

Vickers Sertlik Testi: Prensipte olarak Brinell ve Knoop yöntemlerine benzer fakat bu test yönteminde uç olarak 136 derece tepe açılı elmas kare piramit uç kullanılır. Uygulanan yük 1 ile 120 kg arasında test edilen materyalin sertliğine bağlı olarak değişir. Restoratif dental materyallerin ölçümünde sınırlı derecede kullanılır. Materyale uygulanan yük kaldırıldıktan sonra meydana gelen izin köşegenlerinin ölçülmesinden ibarettir. Vickers testi özellikle çok sert materyallerin sertlik derecesini ölçmede faydalıdır.^{4,5}

Rockwell Sertlik Testi: Rockwell sertlik testi diş hekimliğinde daha çok viskoelastik materyallerin sertlik değerini ölçmede kullanılır. Bir çelik koni veya küre uç olarak kullanılır ve diğer testlerden farklı olarak materyal üzerindeki iz çapı değil derinliği göz önüne alınır. Materyal yüzeyini düzleştirmeye gerek yoktur. Kısa sürede çok sayıda ölçüm yapılabilir ancak bunun yanında ölçüm hassasiyeti diğer testlere nazaran daha azdır. Rockwell sertlik testi diş hekimliğinde standart olarak 30 kg ağırlıkla ve 12,7 mm çaplı bir küre ile yapılır. Test yapılırken öncelikle materyale ön ağırlık olarak tabir edilen 3 kg yük uygulanır. Daha sonra 10 dakika süre ile asıl ağırlık olarak tabir edilen 30 kg yük uygulanır. Bu haldeyken materyalde oluşan derinlik ölçülür bu sürenin sonunda asıl ağırlık ön ağırlık materyalin üzerinde kalıncaya kadar kaldırılır, o haldeyken derinlik tekrar ölçülür. Materyalde meydana gelen iyileşmenin yüzdesi; A asıl ağırlığın 10 dakika süre ile materyalde oluşturduğu derinlik ve B asıl ağırlık kaldırılıp materyalin üzerinde sadece ön ağırlığın kalmasından sonra oluşan derinlik olmak üzere aşağıdaki formülde hesaplanır.

$$\text{İyileşme yüzdesi} = \frac{A-B}{A} \times 100$$

Rockwell testinin avantajı, sertlik değerinin direkt olarak ölçülebilmesi ve viskoelastik materyaller için çok uygun olmasıdır. Ön ağırlığa ihtiyaç duyulması, uzun zaman alması ve asıl ağırlığın kaldırılmasından sonra izin kaybolabilmesi ise dezavantajlarıdır.^{4,5}



Nano- İndentasyon

Geleneksel sertlik testleri materyale çok fazla kuvvet uygulamakta ve neticede 100µm kadar büyük değerlere ulaşılmaktadır. Materyaller arasında seçicilik yapılmasına rağmen yukarıda anlatılan sertlik testleri diş hekimliği için yeterli gelmemektedir. Çünkü birçok materyal mikro yapıdadır ve örneğin mikrofil kompozitlerde doldurucu faz azımsanmayacak derecede ucun boyutlarından küçük olabilir. Bu mikrofazların özelliklerini doğru bir şekilde ölçebilmek için çok daha küçük boyutlarda iz oluşturabilecek test metodlarına ihtiyaç duyulmuştur. Bütün bunlar göz önüne alınarak son yıllarda nano-indentasyon teknikleri geliştirilmiştir.⁶⁻⁸

Atomik Kuvvet Mikroskobu(AKM), taramalı prob mikroskobu altında yer alan en tanınmış yüzey inceleme tekniklerinden birisidir. Sistem temel olarak silikon veya silisyum nitrit (Si₃N₄) kaplı keskin bir iğne ucun, piezo elektrik kontrol elemanları aracılığıyla, incelenen yüzey üzerinde üç boyutta (x,y,z eksenleri) hareket ettirilmesiyle yapılır. AKM'nin çalışma prensibi kontakt, non-kontakt ve lift modu olmak üzere 3'e ayrılmaktadır. Kullanıcı tarafından örnek yüzeyine yaklaştırılan iğne ucun yüzeyi taraması sırasında yaklaşık 10⁻⁹ N'luk kuvvet uygulanır. Tarayıcı tarafından örnek ile uç arasındaki ölçüm uzaklığı ayarlanarak iğnenin konumundaki bozulmalar bir lazer ışığı tarafından algılanarak büyütülür. Böylece iğne uç ile örnek arasındaki itici kuvvetler veya iğne uçtaki eğilmeler hesaplanarak örnek yüzeyinin 3 boyutlu görüntüsü bilgisayar ekranına aktarılır ve yüzey topografisi nanometre seviyesinde belirlenir.^{6,7}

YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

Restorasyonların son aşaması olan yüzey bitirme ve polisaj işlemleri, restorasyonun estetik ve mekanik özelliklerinin geliştirilmesi açısından oldukça önemlidir. Özellikle dişetine yakın restorasyonlarda ideal dişeti sağlığı için pürüzsüzlük önemlidir. Pürüzlü bir yüzey plak birikimine yol açabilir ve cılasız bir restorasyon kötü estetik görünüme neden olabilir. Bitirme ve polisaj işlemleri uygulanmamış pürüzlü restorasyon yüzeylerindeki plak retansiyonunda görülen artış, uzun dönemde ikincil çürük oluşumuna, yüzey renklemelerine ve çevre yumuşak dokularda enflamasyona neden olmaktadır. Ayrıca pürüzlü yüzeylerde sürtünme katsayısı ve aşınma oranında da artış görülmektedir. Bu sebeple düzgün bir yüzey elde edilmesi, restorasyonun başarısı için en önemli kriterlerden biri-

dir.^{9,14,17-19} Yap. ve ark.¹⁵ farklı yüzey bitirme işlemlerinin, kompozit rezinlerin özelliklerini etkilediğini bildirmişlerdir.¹ Yüzey sertliği düşük olan materyaller çizilmeye karşı daha hassastır. Yüzey çizikleri yorgunluğa karşı direnci azaltarak restorasyonun erken dönemdeki başarısızlığına neden olurlar. Küçüğeşmen ve ark. bitirme ve polisaj işlemleri sonrası elde edilen düzgün ve parlak restorasyon yüzeylerinde, zaman içerisinde meydana gelen yaşlanmaya bağlı yüzey pürüzlülüğünün azaldığını vurgulamışlardır.¹⁵ Aykent ve ark.¹⁶ yüzey pürüzlülüğü ve Streptokokkus Mutans adezyonu arasında önemli ve pozitif bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

Genel kavram olarak bitirme ve polisaj işlemleri pek çok alanda kullanılan terimlerdir. Bu açıdan diş hekimliği alanında ki tanımını tam olarak bilmek önemlidir.

Bitirme: Restorasyonun bitim sınırındaki düzensizliklerin kaldırılması, anatomik konturların oluşturulması ve yüzey pürüzlülüğünün giderilmesi işlemidir. Direkt veya indirekt restorasyonların uzun ömürlü olmaları için bitim sınırları oldukça önemlidir çünkü polimerizasyon büzülmesi çiğneme kuvvetleri ve ısıl genişleme gibi faktörler restorasyonların marjinal kısımlarını olumsuz etkilemektedir.¹⁸

Polisajlama: Bitirme işlemi sırasında restorasyon yüzeyinde meydana gelen küçük çizikleri ve yüzey pürüzlülüğünü azaltmak, düzgün, ışığı yansıtan ve mine benzeri parlak bir yüzey elde edebilmek amacıyla bitirme işlemlerinden sonra gerçekleştirilmektedir.¹⁸

Diş hekimliğinde bitirme ve polisaj işlemlerinin etkinliği bir takım faktörlere bağlıdır:

- 1.Restoratif materyalin tipi (örn.kompozit rezin, kompomer, cam iyonomer, amalgam, porselen-seramik materyaller)
- 2.Restoratif materyal ve aşındırıcının fiziksel özellikleri (örn.sertlik, esneklik, kalınlık, yumuşaklık, porozite)
3. Aşındırıcı partikül boyutu, miktarı ve şekli
- 4.Restoratif materyal ve aşındırıcı arasındaki sertlik farkı
- 5.Aşındırıcı enstrümanın uygulanma hızı ve restorasyon materyaline basıncı^{18,19}

Bitirme ve polisaj işlemleri sürtünme sonucu oluşabilecek ısıyı önlemek amacı ile su soğutması altında gerçekleştirilmelidir ve kullanılan malzemelerin biçimleri diş konturlarına uyum göstermelidir.^{9,16,17} Yüzey pürüzlülüğünü ölçmek amacıyla, profilometre



cihazı kullanılır. Cihazda elmas bir tarayıcı uç, örnek yüzeyinde gezinirken, elde edilen yüzey pürüzlülüğü bulguları dijital olarak hesaplanır ve kaydedilir. Yüzeylerin profilometre ile incelenmesinde Ra, Rz, Rpm ve Rz/Rpm oranı gibi birçok parametre kullanılır. Ra, ortalama yüzey pürüzlülüğü olarak tanımlanır. Rz, art arda gelen beş parçada, ortalama tepe-vadi yüksekliğini belirtir. Rpm, art arda gelen beş örnek parçasındaki ana derinlik seviyesi olarak tanımlanır ve profil şekli hakkında bilgi verir. Rpm/Rz oranının 0,5 den küçük olması yuvarlak kenarlı profili, 0,5 den büyük olması keskin kenarlı profili gösterir.^{7,8}

AŞINMA

Aşınma, anatomik formun kaybolmasıyla karakterize olan madde kaybı olayıdır. Aşınma direnci, restoratif materyalin karşıt diş, başka bir restoratif materyal, gıda, diş fırçası veya kürdan gibi yabancı maddelerle temas sonucu gösterdiği yüzeyel aşınmaya karşı direncidir.³

İdeal olarak, genelde bütün diş hekimliği Materyallerinin aşınmaya karşı dirençli olması gerekir. Çünkü restorasyonun aşınması sonucu yüzeyden ağız ortamına salınan biyolojik aktif partiküller bir inflamatuvar cevaba neden olabilir. Ayrıca aşınma restorasyonda şekil değişikliklerine neden olarak fonksiyonu etkileyebilir. Örneğin oral kavitede aşınma materyalin anatomik formunda kayıpla karakterizedir. Diş dokusunda ve restoratif materyalde kayıp mekanik, psikolojik ve patolojik durumlara yol açabilir. Normal çiğneme süreci diş dokusunun atresiyonuna neden olabilir. Bruksizm ise aşınmanın patolojik bir formudur. Eğer doğru yapılmazsa diş fırçalamada aşınmanın abraziv formuna neden olur.¹⁸⁻²⁰ Çok sayıda materyali etkileyen aşınma, çevresel faktörlerden, materyalin yüzey özelliklerinden (homojenite, kristal oriyantasyonu), birbiri üzerinde kayan yüzeyler arasında lubrike edici ajanın olup olmasından, sıcaklıktan ve farklı materyal kombinasyonlarından etkilenir.¹⁸⁻²¹

Genel olarak, dört tip aşınma vardır: (1) abraziv aşınma; (2) adeziv aşınma; (3) yorulma aşınması ve (4) koroziv aşınma

Abraziv Aşınma: Abraziv aşınma iki yüzeyden birinin çok sert ve yüzeyin pürüzlü olduğu şartlarda oluşan bir aşınmadır. Bu durumda oluşan aşınma iki gövdeli aşınma olarak adlandırılır. Benzer davranış çok sert aşınma ürünlerinin ve yabancı parçacıkların daha yumuşak yüzeyi kazınması ve çizilmesiyle de

görülmektedir. Bu tür aşınma üç gövdeli aşınma olarak tabir edilir. Ağız ortamı içinde restorasyonun bulunduğu bölgeye bağlı olarak abraziv aşınmanın derecesi değişir. Sınıf 3 ve sınıf 5 restorasyonlar diş fırçalamadan dolayı öncelikle risklidir. Oklüzal yüzeyi içine alan restorasyonlarda daha çok iki gövdeli aşınma, oklüzal yüzeyi içine almayan restorasyonlarda çiğneme fonksiyonu etkisiyle daha çok üç gövdeli aşınma oluşur.¹⁰

Restoratif materyallerde meydana gelen abraziv aşınma derecesi abrazivin yani aşındırıcının sertlik, keskinlik, şekil, büyüklük gibi fiziksel karakteristik özelliklerinden etkilenir. Abrazivden daha sert olan yüzeylerde aşınma seviyesi önemli miktarda azalır. Köşeli abrazivler, yuvarlak olanlara göre daha fazla aşınmaya neden olurlar.

Adeziv Aşınma: Adeziv aşınma, birbirine yapışan mikrobağlantı yüzeylerinin yük, hareket ve titreşim gibi sebeplerle birbirinden ayrılması ve beraberinde yüzeyden partiküllerin ayrılmasıyla karakterizedir.

Yorulma Aşınması: Yorulma aşınması, tekrarlayan bası ve kaymalar sonucu restorasyondan partiküllerin koparak ayrılmasıyla karakterizedir. **Koroziv Aşınma:** Koroziv aşınma, restoratif materyalin oksidatif reaksiyona girerek yüzeyde bir oksit film tabakası oluşturması ve zamanla yüzeye tutunan bu oksit film tabakasının yüzeyden ayrılması ve ayrılırken de beraberinde yüzeyden madde kaybına neden olması ile karakterizedir.

Tükürük-Aşınma İlişkisi

Birbiri üzerinde kayan yüzeyler arasında bir sıvı bulunması sürtünmeyi azaltarak, aşınmayı minimize eder. İnsan tükürüğünün kayganlaştırıcı etkisini gösteren çok az sayıda çalışma vardır ancak tükürüğün yüksek moleküler ağırlıklı protein, prolinden zengin glikoprotein ve musin içeriği bu özelliğine bağlanmıştır. Tükürük içerdiği makromoleküllerle yüksek bir film tabakası oluşturarak yüzeylerin birbirine penetrasyon direncini artırır ve aşınmanın azalmasına katkıda bulunur.^{10,13,29,30}

Aşınma Deneyleri ve Ölçüm Yöntemleri

Son yıllarda yeni restoratif materyallerin gelişimi ile birlikte materyallerin aşınma değerleri ve karşı arka etkileri ile ilgili daha yüksek doğrulukta araştırmaların yapılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu yüzden materyallerin aşınma dirençlerini değerlendirmek amacıyla yüze yakın yöntem mevcuttur. Bunlar-



dan en çok kullanılanları ise ağırlık farkı, kalınlık farkı ve iz değişim metodlarıdır.^{22,23}

Ağırlık farkı metodu: Ekonomik olması ve ölçülen büyüklüğün alet duyarlılık kapasitesi dahilinde bulunması sebebiyle en çok kullanılan yöntemdir. Ölçü alınarak materyaldeki aşınma kaybının ölçülmesi 10^{-3} veya 10^{-4} gr hassasiyetinde oldukça duyarlı bir terazide yapılır.

Kalınlık farkı metodu: Aşınma esnasında oluşacak boyut değişikliğinin ölçülmesi, başlangıç değeri ile karşılaştırılması suretiyle elde edilir. Kalınlık farkı olarak tespit edilen bu değerden gidilerek, hacimsel kayıp değeri ve birim hacimdeki aşınma miktarı hesaplanır. Kalınlık hassas ölçme aletleri yardımıyla $\pm 1\mu\text{m}$ duyarlılıkta ölçülmelidir.

İz değişim metodu: Materyal yüzeyinde plastik deformasyon metodu ile, geometrisi belirli bir iz oluşturulur. Deney boyunca bu izin karakteristik bir boyutunun (çapının) değişimi ölçülür. Uygulamada iz bırakıcı olarak en çok kullanılan alet Vickers veya Brinell sertlik ölçme ucudur. Elmas piramit veya bilyanın bıraktığı iz boyutlarındaki değişme mikroskop vasıtasıyla ölçülerek belirlenir.²⁴⁻²⁸

Sonuç olarak bilim ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte materyallerin özellikleri gelişmekte ve diş hekimliğinde kullanılan restoratif materyallere yenileri eklenmektedir. Bu bakımdan yeniliklerin takip edilmesi ve uygulanan restorasyonların yüzey mekanik özelliklerinin gelişmiş olması daha uzun ömürlü ve dayanıklı restorasyonlar yapılabilmesini sağlar.

KAYNAKLAR

1. Ersoy M, Özel E, Gökçe K. Farklı uygulama yöntemlerinin kompozit rezinlerin mikrosertlikleri üzerine etkisi. Atatürk Üniv Diş Hek Fak Der 2007; 17:28-31
2. Taşveren S. İki farklı restoratif materyalin yüzey sertliklerinin karşılaştırılması. Cumhuriyet Üniv Diş Hek Fak Der 2005; 8:94-7
3. Türköz Y, Kansu G. Sabit protezlerde kullanılan iki estetik materyalin aşınma özelliklerinin incelenmesi. G Ü Diş Hek Fak Der 1994;11: 109-14
4. Robenson TM, Heymann HO, Swift EJ. Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry, 5.Baskı, Ostim; Ankara; 2011;138-49
5. O'Brien WJ. Dental Materials and Their Selection , 3 ed, Canada; 2002;p.34-50
6. Somay SD. Zirkonyum oksit yüzeylerin rezin simana bağlanabilme özelliklerinin plazma polimerizasyon yöntemi ile geliştirilmesi..Başkent Üniv.Sağlık Bilimleri Enstitüsü Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Doktora Tezi. 2010.
7. Blanchard CR. Atomic Force Microscopy. The Chemical Educator. 1996;1: 1-8
8. Bourauel C, Fries T, Drescher D, Plietsch R. Surface roughness of orthodontic wires via atomic force microscopy, laser specular reflectance and profilometry. Eur J Orthod 1998;(20: 79-92.
9. Pereira CA, Eskelson E, Cavalli V, Liporoni PC, Jorge AO, doRego MA. Streptococcus mutans biofilm adhesion on composite resin surfaces after different finishing and polishing techniques. Oper Dent 2011;36:311-7.
10. Perduso C, Purquerio B, Serra M. Wear of dental resin composites: İn sights into underlying processes and assessment methods-A review. J Biomed Mater ResPart B:Appl Biomater 2002; 65B: 280-5
11. Hatton MN, Loomis RE, Levine MJ, Tabak LA. Masticatory lubrication: Role of carbohydrate in the lubricating property of a salivary glycoprotein-albumin complex. Biochem J 1985;230:817-20
12. Aguirre A, Mendoza B, Levine MJ, Hatton MN, Douglas WH. In vitro characterization of human salivary lubrication. Arch Oral Biol 1989;34:675-7
13. Hay DI, Bowen WH. The functions of salivary protein. In: Edgar WN, O'Mullane DM, editors. Saliva and oral health. London: British Dental Association; 1996. pp 105-22
14. Mandikos M, McGivney G, Davis E, Bush P, Carter M. A comparison of the wear resistance and hardness of indirect composite resins. J Prosthet Dent 2001; 85: 386-95
15. Küçükeşmen HC, Küçükeşmen Ç, Üşümez A. Yaşlandırma prosedürünün farklı restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi. S D Ü: Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2010;1:39-48
16. Aykent F, Yoldem I, Ozyeşil AG, Gunal SK, Avunduk MC, Ozkan S. Effect of different finishing techniques for restorative materials on surface roughness and bacterial adhesion J Prosthet Dent 2010; 103:221-7
17. Gomis J M, Bizar J, Anglada JM, Samsó J, Paraire M. Comparative evaluation of four finishing systems on one ceramic surface. Int J Prosthodont 2003; 1: 74-7.



18. Ölmez A, Kisbet S. Kompozit rezin restorasyonlarda bitirme ve polisaj işlemlerindeki yeni gelişmeler. Acta Odontol Turc. 2013;30:115-22
19. Barakah H, Taher N. Effect of polishing systems on stain susceptibility and surface roughness of nano composite resin material. J Prosthet Dent 2014;112:625-31
20. Craig RG, Powers JM. Restorative Dental Materials, 11 ed, St Louis; Missouri, 2002,p 64-124
21. Cao L, Zhao X, Gong X, ZhaoS.An in vitro investigation of wear resistance and hardness of composite resins. Int J Clin ExpM ed 2013; 6: 423-30
22. Sulong MZ, Aziz RA. Wear of materialsused in dentistry: A review of the literature.J Prosthet Dent 1990; 63: 342-9
23. Mehl A,Gloger W,Kunzelmann K-H,Hickel R.A new optical 3-D device for the detection of wear. J Dent Res 1997; 76: 1799-807
24. Kreulen CM, van Amerongen. Wear measurements in clinical studies of composite resin restorations in the posterior region: A review. J Dent Child 1991; 2: 109-23.
25. Moore DF. Wear and abrasion.In:Principles and applications of tribology. Oxford: Pergamon Press; 1975. pp 177-202
26. Mair LH, Stolarski TA, Vowles RW, Lloyds CH. Wear: Mechanisms, manifestations and measurement. Report of a workshop. J Dent 1996; 24: 141-8.
27. Hickel R, Manhart J. Longevity of restorations in posterior teeth and reasons for failure. J Adhes Dent 2001;3:45- 64.
28. Pugh B. Wear. In: Friction and wear. London: Newnes-Butterworths; 1973. pp 141-72.
29. Aguirre A, Mendoza B, Levine MJ, Hatton MN, Douglas WH.*In vitro* characterization of human salivary lubrication. Arch Oral Biol 1989; 34: 675-7.
30. Mandel ID. Thefunctions of saliva. J Dent Res 1987; 66: 623- 7.

Yazışma Adresi

Verda Türel

Atatürk Üniversitesi , Diş hekimliği Fakültesi
Restoratif Tedavi A.D. 25240/ Erzurum

Tel:0442 231 3882

E-mail: r_verda@hotmail.com

