Acta Odontologica Turcica
The official journal of Gazi University Faculty of Dentistry

DOI: http://dx.doi.org/10.17214/gaziaot.1596912

Özgün araştırma makalesi

Norrish Tip I veya Norrish Tip II fotobaşlatıcı içeren üniversal adeziv rezinlerin yüzey sertliğine ışık uygulama gücü ve süresi ile ışık uygulama mesafesinin etkileri

Merve Üçtaşlı[1,2*] **Oya Bala**[1]

[1]*Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Diş Hekimliği Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye*
[2]*Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye*

Özet

Amaç: Bu çalışmanın amacı, Norrish Tip I fotobaşlatıcı içeren üniversal bir adezivin yüzey sertliği üzerinde farklı güç ve sürelerde ve farklı mesafelerden ışık uygulanmasının etkilerini incelemek ve elde edilen bulguları Norrish Tip II fotobaşlatıcı içeren üniversal adezivler ile karşılaştırmaktır.

Gereç ve Yöntem: Çalışmaya başlamadan önce, üç adet insan mandibuler molar dişinden okluzo-servikal yükseklikleri 2, 4 ve 6 mm olacak şekilde kalıplar hazırlandı. Test edilen adeziv rezinlerin her biri için 5 mm çapında ve 1 mm kalınlığında teflon kalıplar kullanılarak test örnekleri hazırlandı. Adeziv rezinlerin polimerizasyonu LED ışık cihazı (BluePhase PowerCure, Ivoclar-Vivadent, Vaduz, Lihtenştayn) ile 3 veya 10 sn ışık uygulanarak gerçekleştirildi. Hazırlanan test örnekleri 24 saat 37^{0}C'de etüv içinde bekletildikten sonra, yüzey sertlik ölçümleri yapıldı. Elde edilen veriler iki-yönlü varyans analizi ve gruplararası karşılaştırmalar Tukey testi ile %95 güven aralığında istatistiksel olarak değerlendirildi.

Bulgular: Adhese Universal ile sadece 6 mm uzaklıktan 3 veya 10 sn ışık uygulanması sonucu elde edilen yüzey sertlik değerleri arasında anlamlı fark olduğu görüldü ($p<0.05$). Adhese Universal için 3 sn süre ışık uygulanması ile sadece 6 mm mesafeden polimerize edilen gruptan anlamlı derecede düşük yüzey sertlik değerleri elde edildi ($p<0.05$). Aynı adeziv rezin 10 sn süre ile polimerize edildiğinde ise elde edilen yüzey sertik değerlerinin mesafeye bağlı olarak anlamlı farklılık göstermediği saptandı ($p>0.05$). Işık uygulama mesafesinin ise sadece One Coat 7 Universal'in 2 mm mesafeden ışık uygulanması ile 4 ve 6 mm mesafeden ışık uygulanmasına göre anlamlı derecede daha yüksek yüzey sertlik değerleri elde edildi ($p<0.05$).

Sonuç: Üniversal adeziv rezinlerin yüzey sertlik değerleri ışık cihazının gücü, uygulama süresi ve uygulama mesafesinden etkilenebilir.

Anahtar Kelimeler: Fotobaşlatıcı; mikrosertlik; üniversal adeziv rezin

Kaynak Göstermek İçin: Üçtaşlı M, Bala O. Norrish Tip I veya Norrish Tip II Fotobaşlatıcı İçeren Üniversal Adeziv Rezinlerin Yüzey Sertliğine Işık Uygulama Gücü ve Süresi ile Işık Uygulama Mesafesinin Etkileri. Acta Odontol Turc 2026;43(1):25-32

Editör: Hacer Deniz Arısu, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Yayın Hakkı: © 2025 Üçtaşlı ve Bala Bu eserin yayın hakkı Creative Commons Attribution License ile ruhsatlandırılmıştır. Sınırsız kullanım, dağıtım ve her türlü ortamda çoğaltım, yazarlar ve kaynağın belirtilmesi kaydıyla serbesttir.

Etik Beyan: Çekilmiş insan molar diş kullanımı için Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurul'undan onay alındı (No 740629 / 11.09.2023).

Finansal Destek: Bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması: Bulunmamaktadır.

[Abstract in English is at the end of the manuscript]

Giriş

Direkt restorasyon uygulamalarında diş sert dokuları ve restorasyon arayüzeyinde iyi bir bağlanmanın elde edilmesi amacıyla adeziv rezinlerin kullanımı oldukça önemldir.[1,2] Bunun yanısıra, adeziv rezin kullanımının kavite marjinlerinde sızdırmazlık sağlaması, mikrobiyal veya enzimatik bozunmaya karşı direnç oluşturması, post-operatif hassasiyeti engellemesi, yeniden olası çürük riskini azaltması ve marjinal renklenmeyi önlemesi gibi katkıları da bulunmaktadır.[3] Günümüze kadar farklı içerik ve uygulama şekilleri olan birçok adeziv rezin geliştirilmiştir. Adeziv rezinlerin kullanımı ile iyi bir bağlanma elde edilmesine rağmen, klinik uygulama esnasında teknik hassasiyet gerektirmeleri ile ilgili problemler hala devam etmektedir. Bu problemleri çözme çabaları hem kullanımı daha kolay hem de etch-and-rinse, self-etch veya selective-etch modunda kullanılabilme imkanı sunan universal adeziv rezinlerin gelişimine neden olmuştur.[1-5]

Makale gönderiliş tarihi: 05 Aralık 2024; Yayına kabul tarihi: 06 Ocak 2025
*İletişim: Dt. Merve Üçtaşlı, Gazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Emek Ankara-Türkiye;
E-posta: merveuctasli@gmail.com

Adeziv rezinlerin polimerizasyonu rezin kompozitlerin polimerizasyonu kadar önemli bir konudur.[6] Yeterince polimerize olamadığı durumlarda, düşük polimerizasyon derecesi ile ilişkili olarak bağlanma yüzeyinde çözünme ve dolayısıyla bağlanmada bozulma meydana gelebilir. İlaveten, adeziv rezinin yapısında polimerize olmadan kalan monomerlere bağlı pulpa hasarının oluşması gibi olumsuz etkiler de gözlenebilir.[7]

Işık ile polimerize olan rezin esaslı restoratif materyallerin polimerizasyonu, ışık uygulanmasını takiben oluşan fotopolimerizasyon sayesinde gerçekleşir. Fotopolimerizasyon, likit veya viskoz yapıdaki monomerlerin polimere dönüşerek katı bir form oluşturması olarak tanımlanır. Bu reaksiyonun oluşabilmesi için rezin esaslı materyallerin yapısına fotobaşlatıcılar ilave edilmiştir.[8] Fotobaşlatıcıların özellikleri birbirinden farklılık gösterdiğinden, Norrish isimli İngiliz bir kimyacı, fotobaşlatıcıları Norrish Tip I ve Norrish Tip II fotobaşlatıcılar olarak sınıflandırmıştır. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan fotobaşlatıcı kamforokinon'dur. Kamforokinon Norrish Tip II bir fotobaşlatıcı olup, 455-481 nm arasında, en fazla 468 nm dalga boyunda görünür mavi ışıkla polimerize olur.[9] Kamforokinon'un polimerizasyon reaksiyonu esnasında serbest radikaller oluşturabilmesi için amin grubunda bulunan hidrojen'e ihtiyacı vardır. Ancak amin grubunun rengi polimerizasyon sonrasında sarı renge dönüşme eğilimi gösterir. Bu dezavantajından dolayı, araştırıcılar kamforokinon yerine mono-açilfosfin oksit (Lucirin-TPO) veya dibenzoilgermanyum (Ivocerin) gibi Norrish Tip I olarak sınıflandırılan diğer fotobaşlatıcıları kullanmaya yönlenmişlerdir.[10-19]

İdealde, rezin esaslı materyallerdeki fotobaşlatıcıların ışık uygulaması ile aktive olması sonucu başlayan polimerizasyon reaksiyonunda monomerlerin tümünün polimere dönüşmesi istenir.[7] Yeterli polimerizasyonun elde edilmesinde ilave edilen fotobaşlatıcıların yanısıra bunları aktive eden ışık kaynaklarının da önemli rolü bulunmaktadır. Bu nedenle, günümüzde çalışmalar adeziv rezin ve rezin kompozit materyallerin yapılarıyla uyumlu ışık cihazlarının geliştirilmesine odaklanmıştır.[10-13]

Günümüzde rezin esaslı materyallerin ışık ile aktivasyonunda halojen (QTH) veya ışık yayan diyot (LED) ışık cihazları yaygın olarak kullanılmaktadır. LED ışık cihazlarının ısı oluşturmamaları, sessiz çalışmaları ve taşınabilir/kordonsuz yapıda olmaları gibi avantajlara sahip olmaları, onların QTH ışık cihazlarına göre daha fazla kullanılmasına neden olmuştur. Ayrıca, LED ışık cihazlarının filtreye ihtiyacı yoktur, bu nedenle daha uzun kullanım ömürleri vardır. 450-490 nm dalga boyunda çalışan LED ışık cihazlarının fotobaşlatıcı olarak kamforokinon'un kullanıldığı rezin esaslı materyallerde yeterli polimerizasyon sağladığı gösterilmiştir.[20] Günümüzde, geliştirilen yeni jenerasyon LED ışık cihazları daha küçük hacimli, hafif ve ergonomiktir, kullanımları daha kolaydır. İlk geliştirilen LED ışık cihazlarının ışık gücü 1000-1400 mW/cm^2 iken[21], günümüzde 3000 mW/cm^2 veya daha yüksek ışık gücüne sahip cihazlar üretilmiştir. Işık gücünün artmasına bağlı olarak ışık uygulama süresi bu cihazlarda 3 sn gibi oldukça kısa bir sürede gerçekleştirilebilmektedir.[11,22] 1000 mW/cm^2 ve daha üzeri ışık gücüne sahip cihazların daha etkili polimerizasyon sağladığı bildirilmiştir.[21]

Işık gücünün yanısıra, LED ışık cihazlarının dalga boyu ve dalga sayısının da rezin esaslı materyallerin polimerizasyonu üzerinde etkisi bulunmaktadır. 1. ve 2. nesil LED ışık cihazlarında, tek dalga boyunda mavi ışık kullanılmıştır. Bu cihazlarda, kullanılan ışığın dalga boyu 420-495 nm arasında dar bir bant yayılımı göstermekte olup, tepe noktası 460 nm'dir. İki veya daha fazla farklı dalga boyunda ışığı ileten LED ışık cihazları, hem mor (380-420 nm) hem de mavi (420-495 nm) ışık ile farklı fotobaşlatıcı içeren rezin esaslı materyallerin polimerize olmalarını sağlar. Bu özellik 1000 mW/cm^2 veya daha yüksek ışık gücüne sahip ışık cihazlarında mevcuttur.[20]

Son zamanlarda, 2700-3300 mW/cm^2 ışık gücüne sahip, mavi ve mor spektrumda ışık veren, BluePhase PowerCure (Ivoclar-Vivadent, Vaduz, Lihtenştayn) isimli bir ışık cihazı geliştirilmiştir. Üretici firma bu cihazla 3 ile 10 sn gibi kısa ışık uygulama sürelerinde kamforokinon (CQ) dışında, mono-açilfosfin oksit (Lucirin-TPO) veya dibenzoilgermanyum (Ivocerin) gibi alternatif fotobaşlatıcı içeren rezin esaslı materyallerin polimerize edilebileceğini belirtmiştir.[10,11,13] Bu ışık kaynağı ile ilgili çalışmalar, genellikle bulk-fill rezin kompozit[11,12] ve rezin esaslı yapıştırma simanları üzerinde yoğunlaşırken[13,15,16], günümüzde popüler olan universal adeziv rezinlerin polimerizasyonundaki etkinlikleri hakkında sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır.[17-19]

Işık ile polimerize olan rezin esaslı materyallerin polimerizasyonunu ışık cihazının tipi, ışık cihazının gücü, ışık uygulama süresi ve ışık cihazının ucu ile rezin esaslı materyal yüzeyi arasındaki mesafe gibi faktörlerden etkinlendiği çalışmalarda rapor edilmiştir.[20,23] Özellikle posterior dişlerdeki Sınıf II restorasyonlarda kavite derinliğinin artmasına bağlı olarak ışık cihazının ucu ile kavite tabanı arasındaki mesafe artmaktadır. Bu da rezin esaslı materyale yeterli güçte ışığın ulaşamamasına ve buna bağlı olarak polimerizasyon ile ilgili problemlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır.[24-26] Nitekim Price ve arkadaşları[27] ışık cihazının ucu ile rezin esaslı materyal yüzeyi arasındaki mesafenin 0 mm'den 6 mm'ye çıkması durumunda iletilen ışığın %50 oranında azaldığını bildirmişlerdir. Bu nedenle, ışık cihazının ucu ile rezin esaslı materyal yüzeyi arasındaki mesafenin mümkün olduğunca az olması, eğer klinik olarak mesafenin oluşması kaçınılmazsa ışık uygulama süresinin uzatılması veya daha yüksek ışık gücüne sahip bir ışık cihazının kullanılması önerilmektedir.

Rezin esaslı restoratif materyallerin *in vitro* olarak polimerizasyon derecelerinin saptanmasında direkt ve indirekt teknikler kullanılır.[13] Direkt ve indirekt olarak rezin esaslı materyallerin polimerizasyon derecesi,

© 2025 Üçtaşlı ve Bala

Tablo 1. *Çalışmada kullanılan üniversal adeziv rezinlerin özellikleri*

Kullanılan adeziv rezinler (Üretici Firma)	Polimerizasyon şekli	İçerikleri	Fotobaşlatıcı sınıfı ve tipi	pH
Adhese Universal (Ivoclar-Vivadent, Vaduz, Lihtenştayn)	Işık ile polimerize olan adeziv rezin	10-MDP, MCAP, HEMA, Bis-GMA, D3MA, Fotobaşlatıcılar, Doldurucu	Norrish Tip I Ivocerin	2.8
Scotchbond Universal Plus (Solventum, St. Paul, Minnesota, Amerika)	Işık ile polimerize olan adeziv rezin	10-MDP, PAC, Bis-GMA, Vitrebond kopolimer, Silan, HEMA, Etanol, Su, Fotobaşlatıcılar, Doldurucu	Norrish Tip II Kamforokinon	2.7
One Coat 7 Universal One Coat 7 Activatör (Coltene, Altstetten,İsviçre)	Dual olarak polimerize olan adeziv rezin	10-MDP, Metakrilatlanmış poliasit, HEMA, UDMA, Etanol, Su, Fotobaşlatıcılar, Doldurucu	Norrish Tip II Kamforokinon	2.8

Kısaltmalar: MDP = metakriloyloxydecyl dihidrojen fosfat; MCAP = metakrilatlanmış karboksilik asit polimeri; HEMA = 2-hidroksi etil metakrilat; Bis-GMA = bisfenol glisidil metakrilat; D3MA = Dekanediyol dimetakrilat ; PAC = polialkenoik asit kopolimeri; UDMA = üretan dimetrakrilat

sırasıyla spektrofotometre ve mikrosertlik cihazları kullanılarak ölçülebilir. Adeziv rezin söz konusu olduğunda, rezin matriks miktarının fazla olmasına bağlı materyalin akışkanlığı kontrol altına alınamadığı için direkt teknik ile adeziv rezinlerin polimerizasyon derecesi ölçülememektedir. Bu nedenle, indirekt teknik ile adeziv rezinlerin polimerizasyon derecesi ölçülmesi daha uygundur.[14] Belli bir kalınlıkta hazırlanan test örneklerin üst ve alt yüzey sertlik değerlerinin ölçülebildiği Vickers mikrosertlik ölçümü polimerizasyon derecesini ölçmede en yaygın olarak kullanılan tekniktir. Tekniğin uygulanmasının kolay olması, kısa sürede hassas ve güvenilir sonuç alınabilmesi gibi avantajları bulunmaktadır.[13,15,16]

Bu çalışmanın amacı, Norrish Tip I fotobaşlatıcı içeren üniversal bir adezivin (Adhese Universal) yüzey sertliği üzerinde farklı güç ve sürelerde (3300 mW/cm^2 gücünde 3 sn veya 1200 mW/cm^2 gücünde 10 sn) ve farklı mesafelerden (2, 4 veya 6 mm) ışık uygulanmasının etkilerini incelemek ve elde edilen bulguları Norrish Tip II fotobaşlatıcı içeren üniversal adezivler (Scotchbond Universal Plus ve One Coat 7 Universal) ile karşılaştırmaktır. Bu çalışmanın sıfır hipotezi, farklı yapıdaki üniversal adeziv sistemlerin yüzey sertlik değerleri üzerinde ışık uygulama gücü ve süresi ile ışık uygulama mesafesinin etkisi bulunmamaktadır.

Gereç ve Yöntem

Çalışmada kullanılan üniversal adeziv rezinlerin özellikleri Tablo 1'de verilmektedir.

Çekilmiş insan molar diş kullanımı için Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurul'undan onay alındı (No 740629 / 11.09.2023).

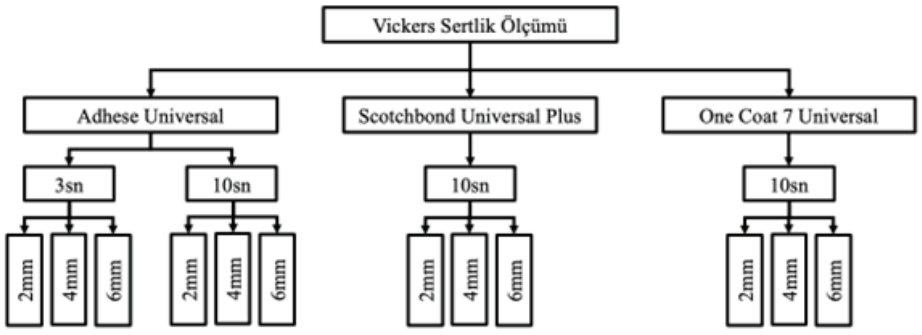
Çalışmaya başlamadan önce, test örneklerinin polimerizasyonu esnasında klinik koşulların taklit edilmesi ve adeziv rezin ile ışık cihaz ucu arasındaki mesafeyi standardize edilebilmek amacıyla üç adet insan mandibuler molar dişi kullanıldı. Dişlerin okluzal yüzeyleri su soğutmalı kesme makinası (Isomet 1000, Precision Saw, Buehler Ltd, Lake Bluff, Illinois Amerika) yardımıyla düzleştirildikten sonra, dişlerin apikal kısımları, her birinin okluzo-servikal yükseklikleri sırasıyla 2, 4 ve 6 mm olacak şekilde uzaklaştırıldı. Daha sonra, dişlerin okluzal yüzeylerinde, okluzo-gingival yönde 5 mm çapında boşluk oluşturuldu.

Test örneklerini hazırlamak için, 5 mm çapında, 1 mm kalınlığında disk şeklinde teflon kalıplar kullanıldı. Teflon kalıplar cam yüzey üzerindeki şeffaf band üzerine yerleştirildikten sonra, kalıpların içi adeziv rezin ile doldurulduu. Kalıbın üst yüzeyine tekrar şeffaf band ve cam yerleştirilerek düzgün bir adeziv yüzeyinin oluşması sağlandı ve yüzeyden cam uzaklaştırıldı. Takiben, şeffaf band üzerine farklı okluzo-servikal yüksekliklere sahip dişlerden hazırlanan kalıplar yerleştirildi. Test edilen adeziv rezinlerin polimerizasyonu bu kalıpların üzerinden LED ışık cihazı (BluePhase PowerCure, Vaduz, Ivoclar-Vivadent) kullanılarak Şekil 1'de gösterilen gruplar oluşturulacak şekilde gerçekleştirildi. Cihazın ışık gücü 3 sn ışık uygulandığı durumlarda 3000 mW/cm^2, 10 sn ışık uygulandığında ise 1200 mW/cm^2 olacak şekilde ayarlandı.[22] Her test grubu için beş adet test örneği hazırlandı. Polimerize olan test örnekleri hazırlandıkları kalıp içerisinde 24 saat 37^{0}C'de etüv içinde bekletildi.

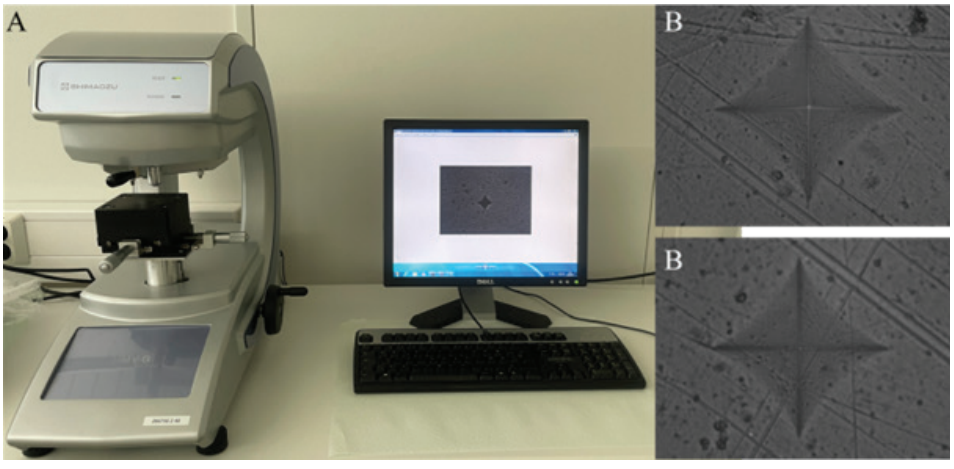
Örneklerin yüzey sertlik ölçümleri Vickers sertlik test cihazı (HMV-G21, Shimadzu, Kyoto, Japonya) ile ölçüldü. Ölçüm esnasında örnek yüzeylerine 10 gram yük 15 saniye süre ile uygulandı. Bu esnada, her bir ölçümden elde edilen köşegen görüntünün merkezinden geçen çapraz iki uzunluk esas alınarak her bir örnek için Vickers Sertlik Değeri (VHN) hesaplandı (Resim 1). Yüzey sertlik ölçümleri her örnek için beş kere tekrarlandı ve bunların ortalama değerleri alındı.

Test edilen gruplardan elde edilen verilerin istatiksel değerlendirmesi SPSS istatistik programı (Versiyon 28, IBM Corp, Armonk, New York, Amerika) kullanılarak iki-yönlü varyans analizi (ANOVA) ve gruplar arası karşılaştırmalar Tukey test ile %95 güven aralığında gerçekleştirildi.

© 2025 Üçtaşlı ve Bala



Şekil 1. *Kullanılan adeziv, ışık uygulama süresi ve ışık uygulama uzaklığına bağlı oluşturulan test grupları*



Resim 1. *Bilgisayar bağlantılı yüzey sertlik test cihazı (A) ve örnek yüzeyinde oluşan köşegen elmas izdüşümünün görüntüsü (B)*

Bulgular

İki yönlü varyans analizi, 'kullanılan adeziv rezin' ($p < 0.001$; $\eta p^2 = 0.470$), 'farklı ışık uygulama mesafeleri' ($p < 0.001$; $\eta p^2 = 0.568$) ve 'kullanılan adeziv rezin * farklı ışık uygulama mesafeleri' etkileşimlerinin ($p < 0.001$; $\eta p^2 = 0.541$) VHN değerlerini anlamlı bir şekilde etkilediğini göstermiştir ve Tablo 2'de verilmektedir. Her test grubundan elde edilen ortalama VHN değerleri ve standart sapmaları Şekil 2'de verilmektedir.

Adhese Universal ile hazırlanan gruplarda 2, 4 ve 6 mm mesafeden 10 sn ışık uygulaması ile 3 sn ışık uygulanmasına göre istatistiksel anlamda olmasa bile rakamsal olarak daha yüksek VHN değerleri elde edildi. Bu adeziv rezin ile elde edilen VHN (kgf/mm^2) değerleri üzerine ışık uygulama süresinin etkisi incelendiğinde, 2 veya 4 mm uzaklıktan polimerize edildiğinde 3 sn ile 10 sn ışık uygulaması arasında elde edilen VHN değerleri açısından anlamlı farklılık bulunmazken ($p>0.05$), 6 mm uzaklıktan polimerize edildiğinde 3 sn ile 10 sn ışık uygulaması sonrası elde edilen VHN değerleri arasında anlamlı farklılığın olduğu görüldü ($p<0.05$).

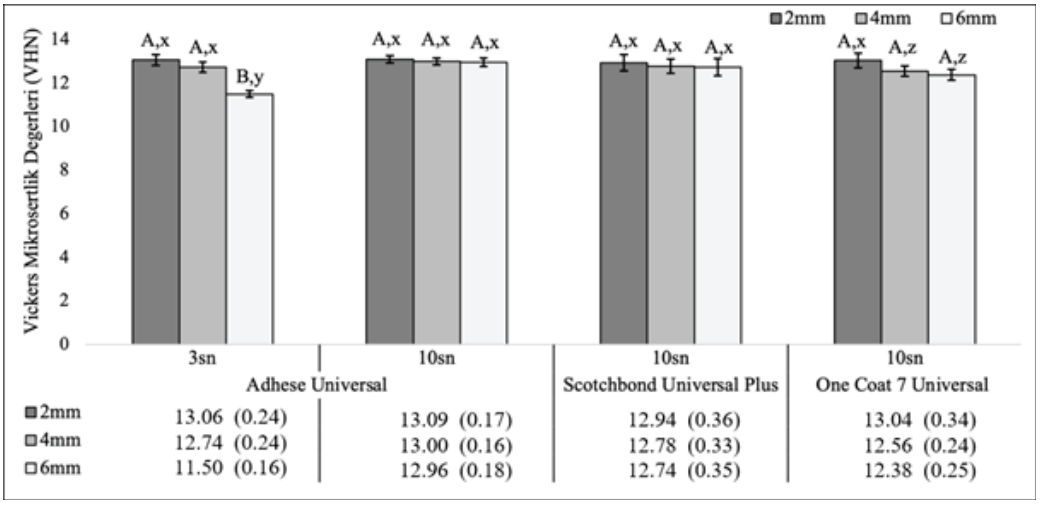
10 sn ışık uygulanarak polimerize edilen gruplardan elde edilen VHN değerleri üzerinde adeziv rezinler açısından karşılaştırma yapıldığında; her bir ışık uygulama mesafesinde test edilen adeziv rezinlerin arasında istatistiksel anlamlı farklılığın bulunmadığı görüldü ($p>0.05$).

Tüm gruplar ışık uygulama mesafesine göre kendi içlerinde değerlendirildiğinde; istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermese bile, rakamsal olarak baktığımızda en yüksek VHN değerlerinin 2 mm uzaklıktan polimerize edilen örneklerinden elde edildiği tespit edildi. Adhese Universal 3 sn ışık uygulaması ile polimerize edildiğinde sadece 6 mm ile 2 ve 4 mm mesafeden elde edilen VHN değerleri arasında istatistiksel anlamlı farklılığın olduğu görüldü ($p<0.05$). Adhese Universal 10 sn ışık uygulaması ile polimerize edildiğinde ise 2, 4 ve 6 mm mesafeden polimerize edilen gruplardan elde edilen VHN değerleri arasında istatistiksel anlamlı farklılığın olmadığı saptandı ($p>0.05$).

Benzer şekilde Scotchbond Universal Plus'ın kullanıldığı gruplarda da 2, 4 ve 6 mm mesafeden polimerize edilen gruplardan elde edilen VHN değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığın olmadığı saptandı ($p>0.05$).

One Coat 7 Universal'in kullanıldığı gruplarda ise 2 mm mesafeden polimerize edilen gruptan elde edilen VHN değerlerinin 4 ve 6 mm mesafeden polimerize edilen gruplara göre istatistiksel anlamlı derecede yüksek olduğu görüldü ($p<0.05$). Bu adezivin 4 veya 6 mm mesafeden polimerize edilen gruplarından elde edilen VHN değerleri arasında ise istatistiksel anlamlı farklılık izlenmedi ($p>0.05$).

© 2025 Üçtaşlı ve Bala



Şekil 2. *Test edilen tüm gruplardan elde edilen ortalama VHN (kgf/mm²) ve standart sapma değerleri*

Farklı büyük harfler, aynı mesafeden polimerize edilmiş farklı adeziv sistemler arasındaki istatistiksel farkları Tukey testine göre ifade etmektedir (p<0.05). Farklı küçük harfler, aynı adeziv sistem içerisindeki farklı ışık uygulama mesafeler arasındaki istatistiksel farkları Tukey testine göre ifade etmektedir (p<0.05).

Tablo 2. *Kullanılan adeziv rezin, ışık uygulama mesafeleri ve etkileşimlerinin etkisinin ortalama değerler, p-değerleri ve etki büyüklükleri ile gösterildiği tanımlayıcı istatistik tablosu*

Analiz edilen faktörler	Ortalama (Standart hata) değerleri	p-değeri	ηp^2
Kullanılan adeziv rezin	12.724 (0.068)	< 0.001	0.470
Işık uygulama mesafeleri	12.725 (0.059)	< 0.001	0.568
Etkileşim (adeziv rezin*mesafe)	12.702 (0.119)	< 0.001	0.541

Tartışma

Bu çalışmada tüm test gruplarından elde edilen yüzey sertlik değerlerinin 11.5 ila 13.09 VHN arasında değiştiği görüldü. Bu bulgumuz altı farklı adeziv rezinin yüzey sertlik değerlerini inceleyen Kusakabe ve arkadaşlarının[28] çalışma bulgularıyla uyum içindedir.

Adhese Universal'in kullanıldığı gruplarda 3000 mW/cm² gücünde 3 sn ışık uygulaması ile 1200 mW/cm² gücünde 10 sn ışık uygulanmasına göre daha düşük VHN değerleri elde edilmesine rağmen, 2 veya 4 mm mesafeden ışığın uygulandığı durumlarda 3 sn ile 10 sn ışık uygulaması sonucu elde edilen yüzey sertlik değerleri arasında anlamlı farklılığın olmadığı görüldü. Tersine, 6 mm mesafeden ışık uygulandığında ise 3 sn ile 10 sn ışık uygulaması sonucu elde edilen yüzey sertlik değerleri arasındaki farklılığın anlamlı olduğu tespit edildi. Bu bulgumuz bu adeziv rezinden elde edilen yüzey sertlik değerlerinin ışık cihazın ucu ile mesafe arttığında, ışık cihazının gücünden ziyade uygulama süresinden etkilendiğini göstermektedir.

Çalışmada 10 sn ışık uygulanarak polimerize edilen adeziv rezinlerin yüzey sertlik değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığın bulunmadığı görüldü. Buna test edilen adeziv rezinlerin polimerizasyon şekilleri ve fotobaşlatıcıları farklı da olsa temel olarak içeriklerinin ve pH'larının benzer olması neden olabilir.

Bu çalışmada test edilen adeziv rezinlerin polimerizasyon şekilleri farklılık göstermektedir. Adhese Universal ve Scotchbond Universal Plus ışık ile polimerize, One Coat 7 Universal ise dual olarak polimerize olma özelliğine sahiptir.[3] Monomerin polimere dönüşüm derecesini ifade eden polimerizasyon derecesinin materyalin yapısı ve polimerizasyon şekline bağlı olarak değiştiğini bildiren çok sayıda çalışma bulunmaktadır.[14,16] Bu çalışmalarda dual olarak polimerize olan rezin esaslı materyallerin yapısında ek olarak oluşan kimyasal reaksiyona bağlı olarak daha yüksek polimerizasyon derecesinin elde edildiği bildirilmiştir.[6] Işık uygulama mesafesinden bağımsız olarak, ışık uygulanması ile başlayan polimerizasyonun dual olarak devam etmesiyle polimerizasyon derecesinde artmanın gözlenebileceği ön görülebilir.[24] Ancak bu çalışmada 2 mm mesafeden ışık uygulanarak polimerize edilen grupların yüzey sertlik değerlerinin en yüksekten en düşüğe doğru sıralamasının; Adhese Universal, One Coat 7 Universal ve Scotchbond Universal Plus şeklinde olduğu görüldü. 4 ve 6 mm mesafeden ışık uygulanarak polimerize edilen gruplarda ise bu sıralamada One Coat 7 Universal'in Scotchbond Universal Plus ile yer değiştirdiği görüldü. Bu da test edilen universal adeziv rezinlerin yüzey sertlik değerleri üzerinde dual olarak polimerizasyonun katkısının gözardı edilebileceğini göstermektedir.[28]

© 2025 Üçtaşlı ve Bala

Rezin esaslı materyallerin yüzey sertlik değerlerini monomer içeriği, doldurucu tipi, miktarı, büyüklüğü ve fotobaşlatıcı tipi gibi yapısal özellikler etkileyebilir. Universal adeziv rezinlerin yapısında çoğunlukla fosfat ester içeren bir fonksiyonel monomer bulunur. Asidik özelliğe sahip bu fosfat grubu diş yüzeylerini pürüzlendirirken, diğer bileşenler hidroksiapatit'ten çözülen kalsiyum ile reaksiyona girerek tuz formatında bağlanma yüzeyine çökerek bağlanmaya katkı sunar. Günümüz adeziv rezinlerinde çoğunlukla asidik monomer olarak 10-MDP kullanılır. Bunun dışında hidrofilik yapıya sahip HEMA ve hidrofobik özellik gösteren Bis-GMA gibi monomerler de universal adeziv rezinlerin içeriğinde bulunmaktadır. Bu monomerler genellikle su ve/veya alkol gibi bir solvent içerisinde bulunurlar.[21] Çalışmamızda test edilen üniversal adeziv rezinlerin tümü fonksiyonel monomer olarak 10-MDP içermektedir. Bunun dışında Adhese Universal MCAP, One Coat 7 Universal metakrilat poliasit, Scotchbond Universal Plus ise PAC monomerlerini içermektedir.[3] Test edilen adeziv rezinlerin fonsiyonel monomer yapılarının aynı olması bir şekilde polimerizasyon derecesini gösteren yüzey sertlik değerleri arasında farklılık görünmemesini açıklayabilir.

Adeziv rezinlerin mekanik özelliklerinin ve bağlanma dayanımlarının arttırmak için içeriğine doldurucu partikülleri ilave edilmektedir.[6,29-33] Mekanik özelliklerin artması, bağlanma performansı açısından önemlidir, yeterli polimerizasyon sağlandığında bağlanma dayanıklılığı artar.[28] Çalışmamızda, test edilen tüm adeziv rezinler doldurucu partikül içermektedir. Adhese Universal'in 6 mm uzaklıktan 3200 mW/cm^2 gücünde 3 sn ışık uygulanarak polimerize edildiği grup dışında, diğer test gruplarından yüksek yüzey sertlik değerleri elde edilmesi test edilen adeziv rezinlerin mekanik özelliklerinin ve bağlanma kuvvetlerinin yüksek olacağı var sayımının yapılmasına neden olabilir. Ancak bu çalışmada bu yönden bir değerlendirme yapılmadığından, konu hakkında başka çalışmaların yapılmasına gereksinim bulunmaktadır.

Işıkla polimerize olan rezin esaslı materyallerin yapısında bulunan fotobaşlatıcıların da polimerizasyon reaksiyonuna etkisi olduğu bilinmektedir.[13,14] En yaygın olarak kullanılan fotobaşlatıcı kamforokinon olmasına rağmen, polimerizasyon miktarını arttırma çabaları kamforkinon yerine Ivocerin gibi fotobaşlatıcıların kullanımını arttırmıştır. Kamforokinon ile karşılaştırıldığında, Ivocerin daha geniş dalga boyunda (370-460 nm) aktive olmaktadır. Ivocerin'in kullanıldığı materyallerde polimerizasyon hızı ve derinliğinin daha fazla olduğu rapor edilmiştir.[13] Bu çalışmada kullanılan Adhese Universal fotobaşlatıcı olarak Ivocerin, diğer adeziv rezinler ise kamforokinon içermektedir. Tüm ışık uygulama mesafelerinde 10 sn ışık uygulamasıyla polimerize edilen adeziv rezinlerden elde edilen yüzey sertlik değerleri arasında anlamlı fark bulunmamasına rağmen, Adhese Universal ile daha yüksek değerler elde edilmesinde fotobaşlatıcı olarak Ivocerin'in kullanılmasının katkısı olabilir.

Çalışmamızda test edilen adeziv rezinlerin pH değerleri 2.5'dan yüksektir. Bu nedenle pH değerlerine göre ultra hafif adeziv rezin sınıfında yer alırlar. Adeziv rezinlerin dentine bağlanmaları ile polimerizasyon dereceleri arasında yakın ilişki bulunmaktadır.[34] Tichy ve arkadaşları[35] bu ilişkinin ısısal döngü testinden sonra daha da belirginleştiğini ve uzun süre dentin bağlamanın devam edebilmesi için polimerizasyon derecesinin yüksek olmasının gerektiğini vurgulamışlardır. Navarra ve arkadaşlarının[36] dört farklı self-etch adeziv rezinin polimerizasyon derecesini inceledikleri başka bir çalışmada, ultra hafif asiditeye sahip adeziv rezinin polimerizasyon derecesinin hafif asiditeye sahip adeziv rezinlerden daha yüksek olduğu, bu sonucun elde edilmesinde ise test edilen adeziv rezinlerin yapısal farklılıklarının rol oynadığı belirtilmiştir.

Işıkla polimerize olan rezin esaslı materyallerin polimerizasyonunu dolayısıyla yüzey sertliğini kullanılan materyalin yapısal özelliklerinin yanısıra polimerizasyon reaksiyonunu başlatan ışık cihazının özellikleri ve uygulanma şekli de etkiler.[14,20] Bu çalışmada hem mavi hem mor ışık veren çok dalgalı bir LED ışık cihazı olan BluePhase PowerCure (Ivoclar-Vivadent) kullanıldı. Üretici firma, bu ışık cihazının farklı ışık gücünde ve farklı ışık uygulama sürelerinde (500 ila 1300 mW/cm^2 ışık gücünde 10 sn, 1800 ila 2200 mW/cm^2 ışık gücünde 5 sn, 2700 ila 3300 mW/cm^2 ışık gücünde 3 sn) kullanılabileceğini belirtmiştir.[22] Düşük ışık gücünde uzun süre ışık uygulamanın aksine, yüksek ışık gücünde kısa süre ışık uygulamanın rezin kompozitlerin polimerizasyon miktarı, yüzey sertliği, dayanıklılık ve elastisite modülü ölçümlerinde düşük değerlere neden olduğu gösterilmiştir.[4-6] Bu çalışmada da Adhese Universal ile hazırlanan örnekler 6 mm uzaklıktan 3000 mW/cm^2 gücünde 3 sn ışık uygulanarak polimerize edildiğinde düşük yüzey sertlik değerleri elde edilirken, 1200 mW/cm^2 gücünde 10 sn ışık uygulanarak polimerize edildiğinde test edilen üç adeziv rezinden de birbirine benzer yüzey sertlik değerleri elde edildi. Bu durum, rezin esaslı materyallerin polimerizasyonunda, ışık uygulama süresinin ışık gücü parametresinden daha önemli olduğu ile açıklanabilir.

Işık ile polimerizasyon esnasında ışık cihazının ucunun rezin esaslı restoratif materyal yüzeyine dik olarak konumlandırılması ve mümkün olduğu kadar en yakın mesafeden uygulanması gerektiği rapor edilmiştir.[20] Teorik olarak, ışık cihazın ucu ile rezin esaslı materyal yüzeyi arasındaki mesafe arttıkça, polimerizasyon miktarında azalma olur.[21] Ayrıca, uzaklığa bağlı ışık gücündeki azalma, fotobaşlatıcıların düşük aktivasyonuna ve polimerizasyon değişim derecesinde kararsızlığa, başka bir deyişle polimerizasyonun tam olarak gerçekleşmemesine ve derin alanlarda polimerizasyon miktarının düşmesine neden olur.[10,12] Bu çalışmada 6 mm mesafeden 3 sn süre ile ışık uygulanarak polimerize edilen Adhese Universal

© 2025 Üçtaşlı ve Bala

ile hazırlanan örneklerin yüzey sertlik değerleri ile 2 ve 4 mm mesafeden ışık uygulanarak polimerize edilen örneklerin yüzey sertlik değerleri arasında anlamlı fark olduğu görüldü. 10 sn ışık uygulanarak polimerize edilen gruplarda ise sadece One Coat 7 ile hazırlanan örneklerin 2 mm mesafeden ışık uygulanarak polimerize edilmesi ile 4 ve 6 mm mesafeden ışık uygulanarak polimerize edilmesi sonucu elde edilen yüzey sertlik değerleri arasında anlamlı fark olduğu görüldü. Buna dual olarak polimerize olan One Coat 7 ile hazırlanan örneklerde polimerizasyon reaksiyonunun ışıkla ile aktivasyonun kimyasal olarak aktivasyondan daha önemli olduğunu göstermektedir.[8,29]

Bu çalışmadan elde ettiğimiz tüm bulgulara dayanarak, "farklı yapıdaki üniversal adeziv sistemlerin yüzey sertlik değerleri üzerinde ışık uygulama gücü ve süresi ile ışığın uygulanma mesafesinin etkisi bulunmamaktadır." şeklindeki sıfır hipotezimiz kısmen reddedildi. Bu *in vitro* çalışmada ışık uygulama cihazının gücü, uygulama süresi ve uygulama mesafesinin universal adeziv rezinlerin sadece yüzey sertlikleri üzerine etkisi incelendiğinden sınırlamaları mevcuttur. Bu nedenle çalışmada tasarlanan test gruplarının polimerizasyon derecesi, mekanik özellikleri ve mine, dentin ve/veya farklı yapıdaki restoratif materyallere bağlanma dayanıklılıklarının da ayrıca test edilmesine gereksinim bulunmaktadır.

Sonuç

Bu *in vitro* çalışmanın sınırları dahilinde aşağıdaki sonuçlar elde edildi.

Norrish Tip I, Ivocerin fotobaşlatıcı içeren Adhese Universal için ışık uygulama mesafesi 6 mm olduğu durumlarda, 3 sn ışık uygulanması ile 10 sn ışık uygulanmasına göre anlamlı derecede daha düşük yüzey sertlik değerleri elde edildi. Bu nedenle, Norrish Tip I fotobaşlatıcı içeren adeziv rezinlerde ışık uygulama mesafesi fazla ise ($\geq$6mm) polimerizasyon derecesini arttırmak için ışık uygulama süresinin 10 sn olarak kullanılması önerilebilir.

Test edilen üniversal adeziv rezinlerin 10 sn süre ile polimerize edildiği durumlarda, adeziv rezinin Norrish Tip I veya Norrish Tip II fotobaşlatıcı içermesinin yüzey sertlik değerleri üzerinde belirgin bir değişiklik yaratmadığı görüldü.

Test edilen adeziv rezinlerin yüzey sertlik değerleri üzerinde genelde ışık uygulama mesafesinin etkisinin olmadığı saptandı.

Etik Beyan

Çekilmiş insan molar diş kullanımı için Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurul'undan onay alındı (No 740629 / 11.09.2023).

Kaynaklar

1. Perdigao J, Araujo E, Ramos RQ, Gomes G, Pizzoltto L. Adhesive dentistry: Current concepts and clinical considerations. J Esthet Restor Dent 2021; 33: 51-68.

2. Burke FJT. What's new in dentine bonding? Universal adhesives. Dent Update 2017; 44: 275-83.

3. Burke FJT. Bonding to dentine: An update on universal adhesives. Dent Update 2021; 48: 620-31

4. Burke FJT. Ten tips for avoiding post-operative sensitivity with posterior composite restorations. Dent Update 2021; 48: 823-32.

5. Burke FJT. A practice–based clinical evaluation of a novel two-bottle dentine adhesive system. Dent Update 2022; 49: 2-6.

6. Tang C, Ahmed MH, Yoshihara K, Peumans M, Van Meerbeeek B. Multi-parameter characterization of HEMA/BPA-free 1- and 2-step universal adhesives bonded to dentin. J Adhes Dent 2024; 26: 41-52.

7. Wang X, Huyang G, Palagummi SV, Liu X, Skrtic D, Beauchamp C, *et al.* High performance dental resin composites with hydrolytically stable monomers. Dent Mater 2017; 24: 901-907.

8. Piovezan Fugolin AP, Bacchi A, Pfeifer CS. Curing Reaction and Kinetics Chapter 3. In: Miletic V, editör. Dental Composite Materials for Direct Restorations. Switzerland: Springer International Publishing; 2018. p. 27-42.

9. Oliveira D, Rocha MG. Dental light-curing-Assessing the blue-light hazard. Dent Clin N Am 2022; 66: 537-550.

10. Marovic D, Danicic P, Bojo G, Par M, Tarle Z. Monowave vs polywave light-curing units: Effect on light transmission of composite without alternative photoinitiators. Acta Stomatol Croat 2024; 58: 30-38.

11. Marovic D, Par M, Crnadak A, Sekelja A, Negovetic Mandic V, Gamulin O, *et al.* Rapid 3s curing: What happens in deep layers of new bulk-fill composites? Materials 2021; 14: 515-530.

12. Klaric N, Macan M, Par M, Tarle Z, Marovic D. Effect of rapid polymerization on water sorption and solubility of bulk-fill composites. Acta Stomotol Croat 2022; 56: 235-245.

13. Alkhudhairyl F, AlKheraif A, Naseem M, Khan R, Vohra F. Degree of conversion and depth of cure of Ivocerin containing photo-polymerized resin luting cement in comparison to conventional luting agents. Pak J Med Sci 2018: 34: 253-259.

14. Tarle Z, Par M. Degree of Conversion Chapter 5. In: Miletic V, editör. Dental Composite Materials for Direct Restorations. Switzerland: Springer International Publishing; 2018. p. 63-85.

15. Yan Y, Kim Y, Kim K, Kwon T. Changes in degree of conversion and microhardness of dental resin cements. Oper Dent 2010; 35: 203-210.

16. Yoshida K, Meng X. Microhardness of dual-polymerizing resin cements and foundation composite resins for luting fiber-reinforced posts. J Prosthet Dent 2014; 111: 505-511.

17. Ilie N. Resin-based bulk-fill composites: Tried and tested, new trends and evaluation compared to human dentin. Materials 2022; 15: 8095-8108.

18. Hardan L, Bourgi R, Cuevas-Suárez CE, Zarow M, Kharouf N, Mancino D *et al.* The bond strength and antibacterial activity of the universal dentin bonding system: A systematic review and meta-analysis. Microorganisms 2021; 9: 1230-1245.

19. Hardan L, Bourgi R, Cuevas-Suárez CE, Devoto W, Zarow M, Monteiro P *et al.* Effect of different application modalities on the bonding performance of adhesive systems to dentin: A systematic review and meta-analysis. Cells 2023; 12: 190-212.

20. Price RB. The Dental Curing Light Chapter 4. In: Miletic V, editör. Dental Composite Materials for Direct Restorations. Switzerland: Springer International Publishing; 2018. p. 43-63.

21. Sakaguchi R, Ferracane J, Powers J. Craig's Restorative Dental Materials 14th ed. London: Mosby Elsevier; 2019.

22. Todd J. Scientific Documentation 3s PowerCure. Ivoclar Vivadent [Internet]. 2019 [cited 2024 Dec 9]. Available from: https://www.ivoclarvivadent.com/zoolu-website/media/document/46892/3s+PowerCure+System.

23. AlShaaf MM. Factors affecting polymerization of resin-based composites: A literature review. Saudi Dent J 2017; 29: 48-58.

© 2025 Üçtaşlı ve Bala

24. Beolchi RS, Moura-Netto C, Palo RM, Torres RG, Pelissier B. Changes in irradiance and energy density in relation to different curing distances. Braz Oral Res 2015; 29: 1-7.

25. Prati C, Chersoni S, Montebugnoli L, Montanari G. Effect of air, dentin and resin-based composite thickness on light intensity reduction. Am J Dent 1999; 12: 231–234.

26. Zhu S, Platt JA. Curing efficiency of three different curing lights at different distances for a hybrid composite. Am J Dent 2009; 22: 381–386.

27. Price RB, Murphy DG, Derand T. Light energy transmission through cured resin composite and human dentin. Quintessence Int 2000; 31: 659–667.

28. Kusakabe S, Rawls HR, Hotta M. Relationship between thin film bond strength as measured by a scratch test and indentation hardness for bonding agents. Dent Mater 2016; 32: e55-e62.

29. Kim YK, Chun JN, Kwon PC, Kim KH, Kwon TY. Polymerization kinetics of dual-curing adhesive systems when used solely or in conjunction with chemically-cured resin cement. J Adhes Dent 2013; 15:453-459.

30. Randolph LD, Palin WM, Leprince JG. Composition of Dental ResinBased Composites for Direct Restorations Chapter 2. In: Miletic V, editör. Dental Composite Materials for Direct Restorations. Switzerland: Springer International Publishing; 2018. p. 11-27.

31. Ichimura T, Hotta M, Kotake H, Yamamoto K. Mechanical properties of different bonding agents. Jpn J Conserv Dent 2008; 51: 379-395.

32. Mortazavi V, Fathi M, Ataei E, Khodaeian N, Askari N. Shear bond strengths and morphological evaluation of filled and unfilled adhesive interfaces to enamel and dentine Int J Dent 2012; 1: 2-9.

33. Uctasli M, Stape THS, Mutluay MM, Tezvergil-Mutluay A. Silver diamine fluoride and resin-dentin bonding: Optimization of application protocols. Int J Adhes Adhes 2023; 126: 103468.

34. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y, Mine A, De Munck J, Van Landuyt KL. State of art of self-etch adhesives. Dent Mater 2011; 27: 17-28.

35. Tichy A, Hosaka K, Abdou A, Nakajima M, Tagami J. Degree of Conversion Contributes to Dentin Bonding Durability of Contemporary Universal Adhesives. J Oper Dent 2020; 45: 556-566.

36. Navarra CO, Cadenaro M, Frassetto L, Fontanive L, Di Lenarda R, Breschi L. Degree of Conversion of Self-etch Adhesives: In Situ Micro-Raman Analysis. Oper Dent 2016; 41: 501-510.

Effects of light exposure power, time, and light exposure distance on surface hardness of universal adhesive resins containing Norrish Type I or Norrish Type II photoinitiators

Abstract

Objective: The aim of this study was to evaluate the effects of light irradiation from different distances, with varying power and duration, on the surface hardness of a universal adhesive containing Norrish Type I photoinitiator and to compare the results with universal adhesives containing Norrish Type II photoinitiator.

Materials and Method: Molds were prepared from three human mandibular molars with occluso-cervical heights of 2, 4, and 6 mm. For each of the tested adhesive resins, test samples were prepared using Teflon molds with 5 mm diameter and 1 mm thickness. Adhesives were polymerised with a LED device (BluePhasePowerCure, Ivoclar-Vivadent, Vaduz, Liechtenstein) for 3 or 10 sec. Before conducting surface hardness measurements, the prepared test specimens were stored in an incubator at 37°C for 24 hours. Data were analysed using two-way ANOVA and Tukey's test at a 95% confidence interval.

Results: A significant difference in surface hardness values obtained by applying light at a distance of only 6 mm for 3 and 10 sec using Adhese Universal ($p<0.05$). For Adhese Universal, significantly lower surface hardness values were obtained from the test group polymerized at 6 mm distance at 3 sec light irradiation ($p<0.05$). The same adhesive resin, when polymerized for 10 seconds, did not show significant differences based on distance ($p>0.05$). For One Coat Universal 7, a 2 mm light distance produced significantly higher surface hardness values than 4 and 6 mm distances.

Conclusion: The surface hardness values of universal adhesive resins can be affected by the power of the light curing unit, irradiation time, and irradiation distance.

Keywords: Photoinitiator; microhardness; universal adhesive

© 2025 Üçtaşlı ve Bala