

## NANO-HİBRİT BİR KOMPOZİT REZİNİN YÜZEY SERTLİĞİNİN *İN VİTRO* OLARAK İNCELENMESİ

### In Vitro Evaluation of Nano-Hybrid Composite Resin for the Surface Hardness

Dr.Dt. Adil NALÇACI\*

Dt. Bora BAĞIŞ\*\*

#### ABSTRACT

The aim of this in vitro study was to compare the surfaces hardness of a nano-hybrid composite resin material by using different light curing units. Disc-shaped composite specimens (10 x 2 mm) were made using stainless steel mold. The resin materials were placed into the holes and covered by transparent mylar strips at the top and bottom. The material was compressed at both ends by glass slides 1mm thick. The light source tips of the curing units were positioned directly over the mylar strip. The specimens were polymerized for Group 1: halogen light curing unit (LCU) (600 mW/cm<sup>2</sup>) with 40 seconds, for Group 2: light-emitting-diode (LED) LCU (400 mW/cm<sup>2</sup>) with 40 seconds, for Group 3: LED LCU (1000 mW/cm<sup>2</sup>) with 10 seconds and for Group 4: LED LCU (1000 mW/cm<sup>2</sup>) with 20 seconds. After light curing the specimens were kept in 37°C distilled water for 24 hours. Three hardness readings on the top and bottom of each specimen were taken with Knoop Hardness Measurements. Statistical measurements were made by using one-way analysis of variance (ANOVA) and Tukey test. LED (1000 mW/cm<sup>2</sup>) with 10 seconds LCU in group 3 showed lower top and bottom surfaces. No statistical differences showed any of the other groups both top and bottom surfaces (P>0.05). The top surfaces of the all specimens found high values than bottom surfaces

Key Words: Composite, nano-hybrid, surface hardness

#### ÖZET

Bu in vitro çalışmanın amacı nano-hibrit bir kompozit rezinin farklı ışık cihazları ile polimerize edilmelerinin yüzey sertliğine olan etkilerinin karşılaştırılmasıdır.

Kompozit örnekler, disk şeklindeki (10 x 2 mm) paslanmaz çelik kalıplar yardımıyla hazırlandı. Örnekler çelik kalıplara alt ve üst yüzeylerinde şeffaf bant olacak şekilde yerleştirildi. Daha sonra 1mm kalınlığındaki cam plakalar arasında parmak basıncıyla sıkıldı. Örneklerin polimerizasyonu için ışık cihazlarının ucu direkt olarak şeffaf bant üzerinden uygulandı. Polimerizasyonlar 1. Grup için halojen ışık cihazı (600 mW/cm<sup>2</sup>) ile 40 sn süreyle, 2. Grup için light-emitting-diode (LED) ışık cihazı (400 mW/cm<sup>2</sup>) ile 40 sn süreyle, 3. Grup için LED ışık cihazı (1000 mW/cm<sup>2</sup>) ile 10 sn süreyle ve 4. Grup için LED ışık cihazı (1000 mW/cm<sup>2</sup>) ile 20 sn süreyle gerçekleştirildi. Polimerize edilmiş kompozit örnekler daha sonra 37 °C de 24 saat distile su içerisinde bekletildi. Örneklerin alt ve üst yüzeylerinden üçer defa Knoop sertlik cihazı ile ölçümleri yapıldı. İstatistiksel değerlendirme tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile yapıldı ve gruplar arası farklılıklar Tukey testi ile belirlendi. En düşük alt ve üst yüzey sertlik değerleri 3. Gruptaki 10 sn süreyle uygulanan LED (1000 mW/cm<sup>2</sup>) ışık cihazı için elde edildi. Diğer polimerizasyon grupları arasında hem alt hem de üst yüzey sertlik değerleri için istatistiksel bir fark bulunmadı (P>0.05). Tüm örneklerin üst yüzey

\* Dr.Dt., Ankara Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı.

\*\* Dt. Ankara Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı.

*sertlikleri, alt yüzey sertliklerinden daha yüksek bulundu.*

*Anahtar sözcükler: Kompozit, nano-hibrit, yüzey sertliği*

## GİRİŞ

Kompozit rezinlerin en önemli sorunu polimerizasyon büzülmesi olarak kabul edilir. Bir çok problemde, bu dezavantajın paralelinde ortaya çıktığına inanılır (1-7). Son 15 senedir bu sorunun çözülebilmesi için bir çok alternatif materyal ve teknik yöntem üzerinde çalışmalar yapılmaktadır.

Polimerizasyon büzülmesinin önüne geçebilmenin en kolay yolunun polimerizasyon büzülme stresleriyle mücadele olduğuna inanılan 80' li yıllarda, bu konudaki en büyük çalışmalar bonding sistemler üzerine yapılmıştır. Ne yazık ki, üretici firmalar her yıl farklı sloganla yeni bir ürünü kullanıcıya sundukları bu alanda, polimerizasyon büzülmesine bağlı olarak gelişen mikrosızıntı tam olarak elimine edilememiştir. Bu arada büzülme streslerini en az düzeyde tutabilmek için "daha az kütle daha az strese neden olur" tezinden yola çıkılarak uygulama tekniklerindeki gelişmeler başarıyı biraz daha ileriye götürdü. Dünyada önemli bir ticari unsur haline gelen kompozit rezinler bir çok kimya sektörünü harekete geçirdi ve alternatif monomer sistemler geliştirildi. Bu da istenilen başarıdan uzaktı. Farklı ve daha güçlü ışık cihazları daha az sürede restorasyonun bitimi üzerine önemli adımlar olsa da, nano-doldurucular bu alandaki en umut verici materyaller olarak karşımıza çıktı (8).

Doldurucular kompozit rezinin fiziksel özelliklerini güçlendirmek için yapı içine konularlar (9). Monomerler ise, polimer yapıya dönüşürken hem dış dokuları ile adezyon sağlamak hem de doldurucular ile bağ oluşturarak yapı içinde kalmalarını sağlamakla görevlidirler. En büyük sorun olarak görülen polimerizasyon büzülmesi monomer oranının birim miktarda artmasıyla daha da artar (10,11). Bu nedenle polimerizasyon büzülmesi ile mücadelede monomer miktarını daha az kullanabilmek için doldurucu miktarını artırmak en kolay yoldur. Bu hedefe adına mikro-doldurucu

denilen ve ortalama büyüklüğü 0,01-7 mikron arasında olan doldurucular ile ulaşılmaya çalışılıyordu. Günümüzde bu partikül büyüklüğü teknolojik ilerlemelerle 0,001 mikrona kadar düşürüldü. Bu büyüklükteki doldurucular da nano-dolduruculu kompozitlerin üretilmesini sağlamıştır (12-14). Bu alanda ilk üretilen kompozitler daha çok yapısal özelliklerinden dolayı, üretici firma tarafından ön bölge restorasyonları için önerilirken, nano-hibrit yapıda yeni üretilen bir kompozit, hem ön hem de arka grup restorasyonlarda kullanılabilme endikasyonuna sahiptir. Bu gelişim yapılacak bir dizi araştırma ile kompozitlerin ilerleme sürecinde önem düzeyini belirleyecektir.

Bu araştırmanın amacı, yeni geliştirilen nano-hibrit yapıdaki bir kompozitin farklı light emitting diode (LED) ışık cihazları ile yapılan polimerizasyonlarının alt ve üst yüzey sertlikleri üzerine olan etkilerini incelemektir.

## GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamızda A3 renginde nano-dolduruculu hibrit bir kompozit olan Grandio (Voco,Cuxhaven, Germany; Lot#370296) kullanıldı.

Test edilecek örneklerin hazırlanabilmesi için 2 mm yüksekliğinde ve 10 mm çapındaki paslanmaz çelik kalıplar içindeki yuvalara kompozit rezin yerleştirildi. Bu yuvalara yerleştirilen kompozit rezinler şeffaf bant ve 1 mm kalınlığındaki iki cam tabaka arasında sıkıştırıldı. Üst yüzeydeki cam uzaklaştırıldıktan sonra şeffaf bant üzerinden kompozit yüzeylerine dik gelecek şekilde (Deney düzeneği Şekil 1'de gösterilmektedir) aşağıdaki gruplara göre farklı ışık kaynakları ve farklı sürelerde polimerize edildi:

1. Grup (Kontrol): Test edilecek kompozit örnekler 40 sn süre ile 600 mW/cm<sup>2</sup> gücünde halojen bir ışık kaynağı (Hilux, Benlioğlu Dental, Ankara, Türkiye) ile polimerize edildi.

2.Grup: Bu gruptaki örnekler 40 sn süre ile 400 mW/cm<sup>2</sup> gücünde LED ışık kaynağı (Elipar Freelight, 3M ESPE, Germany) ile polimerize edildi.

3.Grup: Bu gruptaki örnekler 10 sn süre ile 1000 mW/cm<sup>2</sup> gücünde LED ışık kaynağı

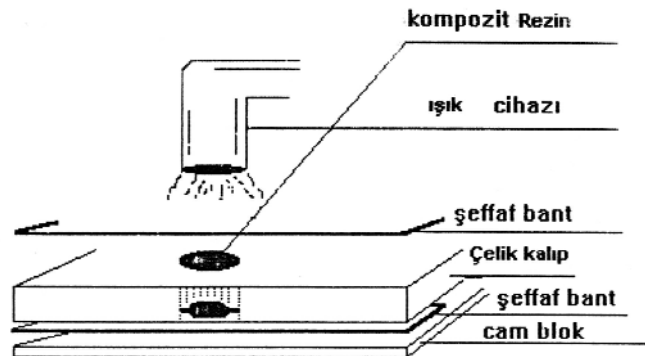
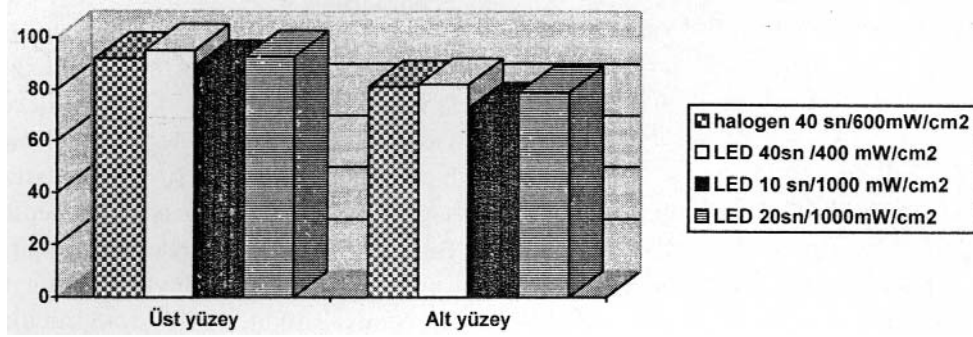
Tablo 1: Kompozit örneklerin polimerizasyonu için farklı güçlerde ve sürelerde uygulanan ışık cihazlarının yüzey sertlik ortalamaları ve Tek Yönlü Varyans Analizi ile Tukey çok yönlü istatistiksel karşılaştırma sonuçları.

Gruplar	Üst yüzey $\pm$ Sd	Alt yüzey $\pm$ Sd	Alt/Üst yüzey oranı % $\pm$ Sd
Grup 1 (Kontrol) Halojen 40 saniye (600 mW/cm <sup>2</sup> )	92.03 $\pm$ 2.3 A	81.16 $\pm$ 1.6 C	88 $\pm$ 3
Grup 2 LED 40 saniye (400 mW/cm <sup>2</sup> )	95.26 $\pm$ 1.5 A	82.00 $\pm$ 2.1 C	86 $\pm$ 1
Grup 3 LED 10 saniye (1000 mW/cm <sup>2</sup> )	89.11 $\pm$ 1.9 B	72.72 $\pm$ 2.2 D	82 $\pm$ 3
Grup 4 LED 20 saniye (1000 mW/cm <sup>2</sup> )	92.93 $\pm$ 1.3 A	79.07 $\pm$ 4.5 C	85 $\pm$ 5

Sd: Standart Sapma Değeri

Tabloda kullanılan farklı harfler gruplar arasında istatistiksel fark olduğunu göstermektedir (p<0.05).

Tablo 2: Kompozit örneklerin polimerizasyonu için farklı güçlerde ve sürelerde uygulanan ışık cihazlarının yüzey sertlik ortalama grafiği.



Şekil 1: Sertlik ölçümlerinin gerçekleştirildiği deney düzeneği.

(Elipar Freelight 2, 3M ESPE, Germany) ile polimerize edildi.

4.Grup: Bu gruptaki örnekler 20 sn süre ile 1000 mW/cm<sup>2</sup> gücünde LED ışık kaynağı (Elipar Freelight 2, 3M ESPE, Germany) ile polimerize edildi.

Polimerize edilmiş kompozit örnekler kalıptan çıkarıldıktan sonra 37°C de 24 saat distile su ortamında bekletildi. Örnekler sertlik ölçüm cihazında (Tukon Hardness Tester, Wilson Mechanical Instrument Division, American Chain and Cable Company Inc., Bridgeport, CT, USA) 10 sn süre ile 500 gr yük altında (15,16) örneklerin alt ve üst yüzeylerinden üç sertlik ölçümü yapıldı. Bu üç ölçümün ortalaması tek bir değer olarak, tekbir örnek için elde edildi.

Her gruptaki her örneğin alt ve üst yüzeylerinin sertlik değerleri ile alt/üst yüzey oranı yüzde (%) olarak hesaplandı. Alt yüzeyin yeterli yüzey sertlik değeri ise alt yüzeyin üst yüzey sertlik değerine göre en az % 80 olarak tanımlandı (17,18).

İstatistiksel farklılık olup olmadığı Tek Yönlü Varyans Analizi (One-way ANOVA) ile hesaplandı. İstatistiksel farklılığın hangi gruplar arasında olduğu ise Tukey çok yönlü karşılaştırma ile yapıldı (P=0,05).

## BULGULAR

Grupların alt ve üst yüzey KHN değerleri Tablo 1 ve 2 de gösterilmiştir. En yüksek üst yüzey sertlik değeri 40 sn süre için LED (400 mW/ cm<sup>2</sup>) ile polimerize edilen örnekler için bulunmuştur (2.Grup). Fakat bu sertlik değerleri 1. Grup (40 sn süre için Halojen (600 mW/cm<sup>2</sup>) ve 4.Grup (20 sn süre için LED (1000 mW/ cm<sup>2</sup>) ta yer alan örneklerin yüzey sertliklerinden istatistiksel olarak farklı değildir (P>0.05).

En düşük sertlik değerini hem üst hem de alt yüzeylerde polimerizasyonları 10 sn süreyle uygulanan LED (1000 mW/ cm<sup>2</sup>) ışık cihazı ile hazırlanan örnekler (3.Grup) göstermiştir. Bu grup örnekler her durumda yüzey sertlik değerleri yönüyle diğer gruplardan istatistiksel olarak ta farklıdır (P<0.05).

Alt/üst yüzey sertlik oranları karşılaştırmasında ise; tüm kompozitlerde alt

yüzeylerin sertlik değerleri üst yüzeylerden daha düşük bulunmuştur. Bu farklılık, literatürde ifade edilen %80 oranı ile test edilen tüm örneklerde vardır. En yüksek oran %88 ile halojen ışık cihazı ile 40 sn polimerizasyon ve en düşük oran %82 ile LED ışık cihazı ile 10 sn süreyle polimerize edilen kompozit örneklerde bulunmuştur

## TARTIŞMA

Kompozit rezinlerin kabul edilen en önemli problemleri, düşük abrazyon dirençleri, polimerizasyon büzülmeleri ve bu özelliklerine bağlı ortaya çıkan olumsuz sonuçlarıdır (1-7).

Abrazyon dirençlerini artırabilmek için reçinenin yapısına katılan inorganik doldurucular kompozitin sertliğini arttırırken, reçine ile hem kimyasal hem de mekanik olarak reaksiyona girmeleri beklenir (19,20). Kompozitin aşınma direnci ile doldurucuların sertliği arasında doğru orantılı bir ilişki vardır. Doldurucular reçine içine sadece sertlik kazandırmak için değil, polimerizasyon büzülmesini azaltmak ve termal iletkenlik katsayısını düşürmek amacıyla ilave edilmektedir. Bu amaçlar doğrultusunda; quartz, pirolitik silika, aluminyum silika, lityum aluminyum silika, borocam silikat, gibi doldurucular tercih edilirken, reçinenin radyopak görüntü vermesini sağlamak için ağır metaller ve oxidleyiciler de kullanılmaktadır (20,21). Kompozit rezinin aşınma direncini artırmanın diğer bir yolu da kompozit kütlelerinin içindeki doldurucu oranlarının arttırılmasıdır. Klasik yöntemlerle hazırlanan doldurucuların rezin içindeki oranları %75-85 arasında sınırlıdır. Bu oranın daha ileriye götürülmesi ancak teknolojik ilerlemelerle mümkündür. Nano teknoloji bir çok alandaki avantajları ile dental sektörde de yeni bir dönemin başlamasını sağlamıştır.

Nanometre metrenin milyonda biri, mikronunda binde biri gibi oldukça küçük değere sahiptir. Bir hidrojen atomunun yaklaşık olarak 0,1-0,2 nanometre, küçük bir bakterinin 1000 nanometre (1mikron) olduğu düşünülürse (22) doldurucu olarak kullanılan 0,1-100 nanometre büyüklüğündeki doldurucular yapının mikromekanik özelliklerini olumlu yönde geliştirmesi beklenir. Doldurucuların yapı için-



deki oranlarının artırılması geleneksel doldurucu anlayışıyla oldukça zordur. Çünkü her doldurucunun öncelikle ıslanabilirliği hem de yapı içinde homojen olarak dağılabilmeleri gerekir. Geleneksel doldurucular cam partiküllerin öğütülerek daha küçük partiküllerin elde edilmesi ile kullanılır. Bu şekilde üretilen doldurucular düzensiz yüzeylere sahiptirler. Nano doldurucular ise, sol-jel işlemiyle üretilirler (13,14). Sol-jel sistemi ise, istenilen ebatlarda ve küresel özellikte doldurucuların elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu özellikte ve bu denli küçük partiküller katıdan ziyade sıvıya benzerler. Bu özellik daha şeffaf ve estetik yapı kazandırırken gereksiz kalınlıkta oluşturmaz. Böyle bir yapıda ilave edilen %50 doldurucu, hiç doldurucu içermeyen kompozit viskozitesine sahip özelliktedir. Grandio kompozit ise, hibrit yapıda hem nano hem de klasik dolduruculardan oluşan universal bir kompozit olarak kullanıma sunulmuştur. Beklenen hedef ise, maksimum doldurucu yoğunluğu ile, hibrit kompozitlerin posterior avantajlarını nano-doldurucularla desteklemektir.

Bir çok araştırmacı (23-27) kompozit reçinelerin polimerizasyonu için tabakalama tekniğini önerirken, bu teknikte kullanılan her kompozit tabakasının 2mm'yi aşmamasını önermektedirler. Koyu renkli kompozit reçinelerin ışığı alt tabakalara iletmeye açık renkli olanlara göre daha zayıftır (28-30). Ayrıca açık renk kompozitlerde camphorquinone kullanmama rizikosunu elimine etmek ve LED ışık cihazlarının camphorquinone duyarlılığı göz önüne alarak çalışmamızda A3 renginde nano-hibrit dolduruculu bir kompozit kullanılmıştır.

Günümüzde üzerinde çalışılan bir diğer konu da ışık cihazları ve kompozit rezinin polimerizasyonu için uygulanması gereken sürelerdir. Geleneksel tip halojen esaslı ışık cihazlarından farklı olarak kullanıma sunulan LED ışık cihazı, daha az sıcaklık, daha parlak ışık ve ampullerinin daha uzun ömürlü olma avantajlarına sahiptir (31,32). LED ışık cihazlarının ürettikleri ışığın dalga boyu, kompozit polimerizasyonu için camphorquinone nun istediği (468nm) dalga boyuna çok yakındır (33,34). Fakat camphorquinone sarı renkte olması açık renk kompozitler için önemli bir

sorundur. Bu durumda polimerizasyon başlatıcılar için seçilecek maddelerin istediği dalga boyu oldukça önem kazanmaktadır (32,35). Gücü yükseltilebilir (high-power) LED ışık cihazlarının düşürülen dalga boyları ile camphorquinone dışında kullanılan polimerizasyon başlatıcılarını da etkileyebilecekleri düşünülmektedir (36). Bu durumda kullanılan polimerizasyon başlatıcının etkilendiği dalga boyu önem kazanmaktadır. Fakat bu alanda henüz net bir bilgi yoktur.

Bir çok üretici firma ve araştırmacı, geleneksel bir halojen ışık kaynağı ile kompozit rezinin polimerizasyonu için gerekli süreyi 2mm kalınlık ve 40sn olarak açıklamışlardır (23-26). Bu uygulama büyük restorasyonlar için oldukça uzun vakit almaktadır. Uygulama süresinin uzunluğu, halojen ampullerinin güçlerinin düşme ihtimali ve daha kalın kompozit tabakasının polimerizasyonu için daha güçlü ışık cihazları geliştirilmiştir. Çalışmamızda geleneksel bir LED, high-power bir LED (farklı uygulama sürelerinde) ve 600 mW/cm<sup>2</sup> ışık gücüne sahip halojen ışık kaynakları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Farklı ışık cihazlarını farklı uygulama yöntemleriyle nano-hibrit bir kompozit rezinin alt ve üst yüzeylerinin sertliklerini değerlendirdiğimiz çalışmamızda; her durumda örneklerin üst yüzey sertlikleri alt yüzey sertliklerinden daha fazla bulunmuştur. Elde ettiğimiz bulgular aynı kompozit materyal kullanılsa da Friedman ve Hassan (29), Zaimoğlu (30), Pires ve ark (37), Pilo ve Cardash (17), Ulusoy ve ark (38) DeWald ve Ferracane (39) nin çalışma sonuçlarıyla paralellik göstermektedir.

Görünür ışık ile sertleştirilen kompozitlerde alt yüzey sertliğinin üst yüzey sertliğinden daha düşük bulunması hakkında literatürde farklı görüşler bulunmaktadır (37, 38-40)

Yücel ve ark (40) aynı örneğin alt ve üst yüzeylerinde buldukları bu farklı sertlik derecelerini reçinenin polimerizasyonunu sağlayan ışığın, alt tabakalara üst tabakalara oranla yeterince ulaşamamasına bağlamışlardır.

Pires ve ark (37) da ilk uygulanan ışığın yüzeyde bulunan ışığa hassas molekülleri

hemen etkileyerek polimerizasyonu başlattığını fakat, bu polimerizasyonun ışığın iletilmesini engelleyerek alt yüzeylerin ışığı iyi alamamasına neden olduğunu bildirmektedirler. Araştırma sonuçları 2mm kalınlıktaki kompozit reçinenin 40 sn süreyle halojen ışıkla polimerizasyonu ile üst yüzeyin %100 polimerize olduğunu, alt yüzeyde ise polimerizasyonun %90 olarak gerçekleştiğini göstermiştir.

DeWald ve Ferracane (39) derinliğin artmasıyla gözlenen sertlik kaybının reçinenin polimerizasyon değişim derecesiyle ilgili olduğunu, kompozit içinde bulunan akışkan komponentlerin, katalizörlerin ve artık monomerlerin derin yüzeylerde fazla bulunmasının bunun sebebi olabileceğini bildirmişlerdir.

Uhl ve ark.(40), 660 mW/cm<sup>2</sup> ışık gücüne sahip bir halojen bir ışık kaynağı ile 630 mW/cm<sup>2</sup> ve 270 mW/cm<sup>2</sup> ışık gücüne sahip iki farklı LED ışık cihazını polimerizasyon derinliği ve yüzey sertlikleri olarak değerlendirdikleri çalışmalarında, polimerizasyon derinliği yönüyle halojen ışık kaynağını çok daha iyi fakat, 2mm derinliğindeki kompozit rezin için bu farkın Knoop sertlik ölçümleri (KHN) için istatistiksel olarak önemli olmadığını bulmuşlardır.

Çalışma bulgularımıza göre en yüksek üst yüzey sertlik değeri 40 sn süre için LED (400 mW/cm<sup>2</sup>) ile polimerize edilen örnekler için bulunmuştur (2.Grup). Fakat bu sertlik değerleri 1. Grup (40 sn süre için halojen (600 mW/cm<sup>2</sup>) ve 4. Grup (20 sn süre için LED (1000 mW/cm<sup>2</sup>) ta yer alan örneklerin yüzey sertliklerinden istatistiksel olarak farklı değildir. Bu veriler doğrultusunda nano-hibrit kompozit örneklerin yüzey sertlikleri için uygulama süresinin oldukça önemli olduğunu göstermektedir. Işık LED, gücü 1000 mW/cm<sup>2</sup> olsa bile uygulama süresinin 10 sn olması, aynı özelliklerde fakat 40 sn uygulanmış 400 mW/cm<sup>2</sup> ışık gücüne sahip bir başka LED cihazına göre daha düşük yüzey sertlikleri göstermektedir. Araştırma verileri en iyi sonuçların 40 sn süre için LED (400 mW/cm<sup>2</sup>) ile elde edildiğini gösterse de alt yüzey üst yüzey sertlik oranları incelendiğinde halojen (600 mW/cm<sup>2</sup>) ışık cihazı istatistiksel önemi olmayan daha başarılı

sonuçlar sergilemiştir. Çalışma sonuçlarımız oldukça yeni olan nano-hibrit yapıda kompozit rezin içeren başka bir yüzey sertliği çalışmasına literatürde rastlanılmadığı için karşılaştırılmamaktadır.

## SONUÇ

Çalışma sonuçlarımıza göre üst yüzey sertlik değerleri alt yüzey sertlik değerlerinden farklıdır. En düşük yüzey sertlik değerleri 10 sn süreyle uygulanan LED (1000 mW/cm<sup>2</sup>) ışık cihazı için bulunmuştur. Işık cihazları olarak, LED (1000 mW/cm<sup>2</sup>) 20 sn, LED (400 mW/cm<sup>2</sup>) 40 sn ve halojen (600 mW/cm<sup>2</sup>) 40 sn polimerizasyon süreleri ile nano-dolduruculu bir hibrit kompozit rezin için yeterli sertliği sağlamıştır.

## KAYNAKLAR

- 1-Brannström M, Mattson B, Torstenson B. Materials and techniques for lining composite resin restorations: a critical approach. J Dent 1991; 19: 71-5.
- 2-Brune D, Smith D. Microstructure and strength properties of silicate and glass ionomer cements. Acta Odontol Scand 1982; 40:389-94.
- 3-Burgess JO, Summit JB. Shear bond strength of thirteen dentin bonding agents. J Dent Res 1995; 74: 35-41.
- 4-Burke FJT, Qualtrough AJE. Aesthetic inlays: Composite or ceramic? Br Dent J 1993; 176: 53-9.
- 5-Burrow MF, Tagami J, Negishi T, Nikaido T, Hosoda H. Early tensile bond strengths of several enamel and dentin bonding systems. J Dent Res 1994; 73: 522-9.
- 6-Christensen GJ. Veneering of teeth. Dent Clin North Amer 1985; 29: 373-9.
- 7-Christensen GJ. A look at state of the art tooth colored inlays and onlays. J Am Dent Assoc 1992; 123:66-73.
- 8-Yap AU, Lim LY, Yang TY, Ali A, Chung SM. Influence of dietary solvents on strength of nanofill and ormocer composites. Oper Dent 2005; 30: 129-33-8.
- 9-Abe Y, Lambrechts P, Inoue S, Braem MJ, Takeuchi M, Vanherle G, Van Meerbeek B. Dynamic elastic modulus of packable composites. Dent Mater 2001;17: 520-5.

- 10-Sakaguchi RL, Douglas WH, Peters MC. Curing light performance and polymerization of composite restorative materials. *J Dent* 1992; 20: 183-8.
- 11- Unterbrink GL, Muessner R. Influence of light intensity on two restorative systems. *J Dent* 1995; 23: 183-9.
- 12- Mitra SB, Wu D, Holmes BN. An application of nanotechnology in advanced dental materials. *J Am Dent Assoc* 2003; 134: 1382-90.
- 13-Geck M, Deubzer B, Weis J. Intramolekular vernetzte Poly(organo-siloxan) partikel. *Angew Makromol Chem* 1994; 223: 203-16., In: Moszner N, Klapdohr S. Nanotechnology for dental composites. In *J Nanotechnology*.2004; 1:130-55.
- 14-Baumann F, Geck M, Schmidt M, Deubzer B. Monodisperse Soluble Organo-polysiloxane Particles, US 5,854,369, Wacker Chemie GmbH. 1998. In: Moszner N, Klapdohr S. Nanotechnology for dental composites. In *J Nanotechnology*.2004; 1:130-55.
- 15- Coffey O, Ray NJ, Lynch CD, Burke FM, Hannigan A. In vitro study of surface microhardness of a resin composite exposed to a quartz-halogen lamp. *Quint Int* 2004; 35: 795-800.
- 16- Fan PL, Schumacher RM, Azzolin K, Geary R, Eichmiller FC. Curing-light intensity and depth of cure of resin-based composites tested according to international standards. *J Am Dent Assoc* 2002; 133: 429-34.
- 17-Pilo R, Cardash HS. Post-irradiation polymerization of different polymerization of different anterior and posterior visible-light activated resin composites. *Dent Mater* 1992; 8: 299-304.
- 18- Yap AUJ, seneviratne C. Influence of light energy density on effectiveness of composite cure. *Oper Dent* 2001; 26: 460-6.
- 19- Chung KH. The relationship between composition and properties of posterior resin composites. *J Dent Res* 1990; 69: 852-60.
- 20- Talib R. Dental composites: Review. *J Nihon Univ Sch Dent* 1993; 35:161-89.
- 21-Leinfelder KF. Posterior composites, state-of-the art clinical applications. *Dent Clin North Am* 1993; 411-27.
- 22- Frankenberger R, Tay FR. Self-etch vs etch-and-rinse adhesives: effect of thermo-mechanical fatigue loading on marginal quality of bonded resin composite restorations. *Dent Mater* 2005; 21: 397-412.
- 23-Suzukı M, Jordan RE, Boksman L. Posterior composite resins restoration-clinical considerations, In:Vanherle G. Smith DC. Posterior composite resin dental restorative materials. Peter Szulc Publishing Co. Netherlands.1985,s: 455-64
- 24- Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW Jr.Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Oper Dent*. 1994;19:26-32.
- 25-Lutz F, Krejci I, Oldenburg TR. Elimination of polymerization stress at the margins of posterior composite resin restorations: a new restorative technique. *Quint Int* 1986; 17: 777-82.
- 26- Lutz F, Ralph WP. A classification and evaluation of composite resin systems. *Oper Dent* 1983; 50: 480-6.
- 27- Douglas WH, Fields RP, Fundingsland J. A comparison between the microleakage of direct and indirect composite restorative systems. *J Dent* 1989; 17: 184-9.
- 28-Kawaguchi M, Fukushima T, Miyazaki K: The relationship between cure depth and transmission coefficient of visible-light-activated resins composites. *J Dent Res* 1994; 73: 516-21.
- 29-Friedman J, Hassan R. Comparison study of visible curing lights and hardness of light cured restorative materials. *J Prosthet Dent* 1984; 52: 504-9.
- 30-Zaimoğlu L. Görünür ışınla polimerize olan bir kompozit reçinede yüzey sertliğinin tesbiti. *AÜ Diş Hek Fak Derg* 1985; 12: 427-33.
- 31- Soh MS, Yap AU, Yu T, Shen ZX. Analysis of the degree of conversion of LED and halogen lights using micro-Raman spectroscopy. *Oper Dent* 2004; 29: 571-7.
- 32- Uhl A, Mills RW, Vowles RW, Jandt KD. Knoop hardness depth profiles and compressive strength of selected dental composites polymerized with halogen and LED light curing technologies. *J Biomed Mater Res* 2002; 63: 729-38.
- 33- Nomoto R. Effect of light wavelength on polymerization of light cured resins. *Dent Mater J* 1997; 16: 60-73.
- 34- Uhl A, Sigusch BW, Jandt KD. Second generation LEDs for the polymerization of oral biomaterials. *Dent Mater* 2004; 20: 80-7.
- 35- Price RB, Ehrnford L, Andreou P, Felix CA. Comparison of quartz-tungsten-halogen, light-emitting diode, and plasma arc curing lights. *J Adhes Dent* 2003; 5: 193-207.

36- Price RB, Felix CA, Andreou P. Knoop hardness of ten resin composites irradiated with high-power LED and quartz-tungsten-halogen lights. *Biomaterials* 2005; 26: 2631-41.

37-Pires JAF, Cvitko E, Denehy GE, Swift EJ. Effects of curing tip distance on light intensity and composite resin microhardness. *Quintessence Int* 1993; 24: 517-21.

38-Ulusoy N, Bağış YH, Kasar B. Işıklı polimerize olan iki hibrit reçinenin yüzey sertlik-

lerinin in vitro olarak incelenmesi. *AÜ Diş Hek Fak Derg* 1996; 23. 153-60.

39-DeWald JP, Ferracane JL. A comparison of four modes of evaluating depth of cure of light activated composites. *J Dent Res* 1987; 66:727-34.

40-Uhl A, Mills RW, Jandt KD. Photoinitiator dependent composite depth of cure and Knoop hardness with halogen and LED light curing units. *Biomaterials* 2003; 24:1787-95.

#### **Yazışma Adresi:**

*Dr. Dt. Adil NALÇACI*  
*Ankara Üniversitesi*  
*Diş Hekimliği Fakültesi*  
*Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı*  
*06500 Beşevler - ANKARA*  
*e-posta: analcaci@dentistry.ankara.edu.tr*