

KOMPOZİT REZİNİN YÜZEY SERTLİK DEĞERLERİ ÜZERİNE FARKLI IŞIK CİHAZLARININ ETKİSİ

Effect of Different Light Curing Units on the Surface Hardness of a Composite Resin

Gürkan GÜR

Hakan AKTÜRK***

İsmail Hakkı BALTACIOĞLU***

ÖZET

Bu çalışmanın amacı; halojen standart ışık cihazı, halojen turbo uçlu ışık cihazı, LED ışık cihazı ve Plazma Ark ışık cihazı olmak üzere farklı ışık cihazlarıyla polimerize edilen farklı kalınlıkta nanohibrit kompozit rezinin yüzey sertliğini değerlendirmektir.

Bu amaçla 2 mm, 3 mm ve 4mm kalınlıktaki pleksiglass kalıplar üzerinde 5 mm çapında toplam 210 adet yuva hazırlandı ve yuvalara kompozit rezin uygulandı. Üst yüzeyleri önce matriks bant sonra 1 mm kalınlığında bir mikroskop camı ile kapatılarak fazla materyalin uzaklaşması için basınç uygulandı. Bu şekilde hazırlanan örneklerden 2 mm kalınlıkta olanlardan 10 tanesine halojen standart ışık cihazı ile 40 s, 10 tanesine halojen turbo uç ile 10 s, 10 tanesine LED ışık cihazı ile 10 s, 10 tanesine LED ışık cihazı ile 20 s, 10 tanesine PAC ışık cihazı ile 3 s, 10 tanesine PAC ışık cihazı ile 6 s ve 10 tanesine de PAC ışık cihazı ile 10 s süreyle ışık uygulandı. Aynı işlem 3 mm ve 4 mm kalınlıktaki örnekler için tekrarlandı. Tüm örnekler için ışık cihazının ucu cam tabakaya temas edecek şekilde tutularak standardizasyon sağlandı. Işıklı polimerizasyonu takiben matriks bantlar çıkarıldı ve diskler yardımıyla bitirme ve cila işlemleri uygulandı. Örnekler kalınlıklarına göre 3 gruba ayrıldı, gruplar da kendi içinde ışık cihazı ve polimerizasyon sürelerine göre 10 adet örnek olacak şekilde 7 gruba ayrıldı. Bütün deney gruplarındaki örnekler ışığı geçirmeyecek şekilde özellikle kahverengi cam şişelere yerleştirilerek 37°C'de etüvde 1 hafta kuru hava ortamında bek-

letildi. Bu süre sonunda örnekler distile su ile yıkayıp kurutma kağıtları ile kurutuldu. Daha sonra Vickers yüzey sertlik ölçüm cihazı ile her bir örneğin üst ve alt yüzeyinin üç değişik noktadan yüzey sertlik ölçümleri yapıldı. Her bir örneğin Vickers sertlik değerleri kaydedilerek ortalamaları hesaplandı. Sonuçlar Kruskal Wallis Tek Yönlü Anova ve Mann-Whitney karşılaştırma yöntemi kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirildi ($p<0,01$). İstatistiksel analiz sonuçlarına göre gruplar arasında anlamlı farklılıklar bulundu ($p<0,01$). Kompozit rezinlerin yüzey sertliğinin kullanılan ışık cihazı ve uygulama sürelerine göre değiştiği saptandı. Halojen, LED ve PAC ışık cihazlarının kompozit rezinlerin yüzey sertliği üzerine etkisi, uygulanma sürelerine ve kavite derinliklerine göre değişiklik göstermektedir. Üst yüzeyde sertlik değerlerinde en yüksek değerler LED 20 s'de gözlenmiştir. Alt yüzey sertlik değerlerinde ise en düşük sertlik değeri PAC 3 s ile polimerize edilen 4 mm'lik kompozit örnekte bulunmuştur. 4 mm'lik kompozit kalınlığında halojen 40 s kabul edilebilir en düşük sertlik değerlerini verirken diğer polimerizasyon uygulamaları yetersiz değerleri vermiştir. PAC ışık cihazları tavsiye edilen kısa uygulama sürelerinde polimerizasyon derinliği açısından yeterli bulunmamıştır. Bütün polimerizasyon uygulamalarında kavite derinliğinin artması sonucunda alt yüzeydeki sertlik değerlerinin azaldığı bulunmuştur.

Anahtar Sözcükler: Kompozit rezin, polimerizasyon, ışık polimerizasyon cihazı, yüzey sertliği, kavite derinliği

* Sağlık Bakanlığı Bodrum Devlet Hastanesi Diş Tedavi ve Protez Merkezi

** Prof. Dr. Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı

*** Prof. Dr. Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı

SUMMARY

Effect of Different Light Curing Units on the Surface Hardness of a Composite Resin

The aim of this study was to evaluate the effect of various light curing units such as; Quartz Tungsten Halogen light curing unit with standard tip and turbo tip, LED curing unit and Plasma Arc curing unit on surface hardness of a nanohybrid composite.

210 Standard holes, each 2 mm, 3 mm and 4mm in thickness and 5 mm in diameter were prepared on plexiglass molds and were filled with a nanohybrid composite resin. Top surface of each specimen was covered with a matrix strip, 1 mm thick glass slide was placed over the matrix strip and pressure was applied to extrude excess material. 10 specimens in 2 mm thickness were polymerized with halogen curing unit with standard tip for 40 seconds. 10 specimens were cured with halogen curing unit with turbo tip for 10 seconds. 10 specimens were cured with LED curing light for 10 sec. whereas 10 specimens were cured with LED curing light for 20 seconds. 10 specimens were cured with PAC curing unit for 3 sec, 10 specimens were cured with PAC curing unit for 6 sec and 10 specimens were cured with PAC curing unit for 10 seconds. Same procedure was applied to the specimens in 3 mm and 4 mm thickness. The light source tip of the curing units were positioned directly over the glass slide for standardization. After light curing, the glass cover and matrix strips were removed and the top surface of each specimen was finished and polished with disks. The specimens were divided into 3 groups according to thickness, then each group was assigned into 7 groups each containing 10 specimens according to the different curing units and polymerization periods. All specimens were placed into dark colored glass containers and were stored at 37°C for one week. After the storing period, composite specimens were washed with distilled water and blotted dry. Surface hardness measurements were made by using Vickers surface hardness measuring device from three different points on the top and bottom surfaces of each specimen. The Vickers hardness of the specimens were recorded and the average values were calculated. The results obtained were subjected to statistical analysis using Kruskal Wallis one-way ANOVA and Mann Whitney Multiple Range test at a significance level of $p<0,01$.

According to results of statistical analysis, significant differences were found among groups

($p<0,01$). Surface hardness of composite resins varied according to curing units and polymerization periods.

Effect of halogen, LED and PAC curing units on surface hardness of composites varied according to application periods and cavity depth. Among the top surface hardness values, the highest value was obtained with LED 20 s. Among the bottom surface hardness values the lowest hardness was obtained with PAC 3 s in 4 mm depth. In 4 mm depth halogen 40 s gave acceptable minimum hardness value, other polymerization applications resulted in inadequate hardness values.

PAC curing unit was found inadequate within recommended polymerization periods.

In all polymerization applications, bottom surface hardness values decreased as cavity depth increased.

Key Words: Composite resin, polymerization, light curing unit, surface hardness, cavity depth.

1. GİRİŞ

İnsanların estetiğe gösterdikleri önem nedeniyle diş renginde restoratif materyaller üretimi ve kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu estetik restoratif materyaller silikat simanlar, akrilik rezinler, cam iyonomer simanlar ve kompozit rezinlerdir (1).

Kompozit rezinler de zaman içerisinde gelişim göstermiştir. 1970'li yılların ortalarında, 1960'larda kullanılan büyük doldurucu partiküllü kompozitler yerine, küçük boyutlu doldurucu partiküller içeren kompozit rezinler geliştirilmiştir. 1980'li yıllardan itibaren de doldurucu partikül boyutu küçük olan rezinler ile gelişmiş bonding ajanlar kullanılmaya başlanmıştır (2).

Polimerizasyon derecesi kompozit rezinlerin klinik açıdan başarısını etkiler. Maksimum polimerizasyon için, kompozit sistem içinde bulunan ve polimerizasyonu başlatacak olan yapıya, uygun dalga boyu aralığında, etkili bir şiddette ve yeterli sürede ışık verilmelidir ve ışık restorasyonun tüm yüzeyine ulaşmalıdır. Bu faktörler uygun değilse materyal tam olarak polimerize olmaz. Yetersiz polimerizasyon ise materyalin fiziksel ve mekanik özelliklerinin optimum seviyede olmasını en-

geller, su emilimi ve çözünürlüğünü artırır. Sonuçta restorasyonda başarısızlıklar ve hatta restorasyonun kaybı söz konusu olabilir (3,4).

Yüzey sertliğinin polimerizasyon derecesinin bir göstergesi olduğu gösterilmiştir ve sertlik testleri; metodun nispeten kolaylığı ve elde edilen sonuçların güvenilirliği nedeniyle polimerizasyonun değerlendirilmesi için, en popüler metot olarak görünmektedir (5). Yüzey sertliği yüksek dönüşüm alanlarındaki polimer çapraz bağlarının küçük değişimlerine özellikle duyarlıdır (6). Ayrıca örneklerin üst yüzeyi, orta bölgesi ve alt yüzeyi gibi örnek içerisindeki spesifik bölgelerin ölçümlerine izin verir (7). Diğer bir avantajı ise sertlik değerleri ve dönüşüm derecesi arasında, literatürde gösterilmiş bir korelasyonun bulunabilmesidir (8,9). Sertlik polimerize olan restoratif materyallerin mekanik özelliklerini belirler. Çizilme ve aşınmaya karşı direnci arttırdığı gibi, materyalin çeşitli kuvvetler karşısında kolayca deforme olmasını da önleyerek klinik başarıyı etkilemektedir (10). Materyallerin yüzey sertliği; orantı limiti, uzayıp genişleyebilme, şekil verilebilme özelliği (ductility), çekme ve basma dayanımı gibi özellikleriyle ilişkilidir. Bununla birlikte, materyallerin aşınma direncinin, abrazyon özelliğinin veya dental yapılar veya materyallere karşı abraze olabilme özelliğinin belirlenmesinde de kullanılmaktadır (11; 12).

Bu çalışmadaki amacımız farklı ışık kaynakları, uçları ve uygulama sürelerinin kompozit rezinin yüzey sertliğine olan etkisini incelemektir.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmada kullanılan cihazlar tablo 2.1'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1: Çalışmada kullanılan cihazlar

Cihazlar	Firma
Halojen Işık Cihazı	Hilux Expert, Benlioğlu Dental, Ankara, Türkiye
LED Işık Cihazı	Litex 692S, Dentamerica, CA, USA
Plazma Ark Işık Cihazı	Apollo 95E, DMD, Westlake, Village, CA 91362, USA
Vickers Sertlik Ölçüm Cihazı	Zwick 42952, MKE Mühimmatsan A.Ş. Kırıkkale / Türkiye

Test Örneklerinin Hazırlanması

Çalışmamızda test edilecek örneklerin yerleştirilmesi için üst yüzeyleri işaretlenmiş 2 mm, 3mm ve 4mm kalınlığındaki pleksiglass

kalıplar üzerine 5 mm çapında yuva açıldı. 1 mm kalınlığında bir cam tabakanın üzerine önce şeffaf matriks bant (S. S. White Limited, Middx, England) konularak, üzerine pleksiglass kalıplar yerleştirildi. Sonra pleksiglass kalıplar üzerinde bulunan 5 mm çapında, 2, 3 ve 4 mm kalınlığındaki standart yuvalara A2 renkte Grandio (Voco, Cuxhaven, Germany) kompozit materyali yerleştirildikten sonra üst yüzey, önce şeffaf matriks bant sonra 1 mm kalınlığında ince bir mikroskop camı ile kapatılarak fazla materyalin uzaklaşması için sabit bir basınç uygulandı. Halojen ışık cihazı standart uç ile polimerize edilecek örnekler; ışık cihazının ucu kompozit yüzeyine dik olacak şekilde tutularak, üst yüzeylerinden 700 mW/cm² ışık şiddetinde ışık uygulanarak, 40 s süreyle polimerize edildi. Test örnekleri polimerize edilmeden önce ışık ucu, polimerizasyon cihazının üzerinde bulunan sensör üzerine 36değecek şekilde yerleştirilip, bar şeklindeki ışık ölçerden ışık yoğunluğu okunarak kontrol edildi. Halojen ışık cihazı turbo uç ile polimerize edilecek örnekler; ışık cihazının ucu kompozit yüzeyine dik olacak şekilde tutularak, üst yüzeylerinden 950 mW/cm² ışık şiddetinde ışık uygulanarak, 10 s süreyle polimerize edildi. Test örnekleri polimerize edilmeden önce ışık ucu, polimerizasyon cihazının üzerinde bulunan sensör üzerine değecek şekilde yerleştirilip, bar şeklindeki ışık ölçerden ışık yoğunluğu okunarak kontrol edildi.

LED ışık cihazı ile polimerize edilecek örnekler; ışık cihazının ucu kompozit yüzeyine dik olacak şekilde tutularak, üst yüzeylerinden, üretici firmanın verdiği değer olan 1000 mW/cm² ışık şiddetinde ışık uygulanarak, 10 s' lik ve 20 s' lik sürelerle polimerizasyon uygulandı. Her bir örneğin polimerizasyonu öncesi, ışık ucu polimerizasyon cihazının üzerinde bulunan sensör üzerine değecek şekilde yerleştirilerek ışık yoğunluğu kontrol edildi.

Plazma Ark ışık cihazı ile polimerize edilecek örnekler ise; ışık cihazının kompozit yüzeyine dik olacak şekilde tutularak, üst yüzeyinden, üretici firmanın verdiği değer olan 1320mW/cm² ışık şiddeti uygulanarak 3 s, 6 s ve 10 s' lik sürelerle polimerizasyon uygulandı. Tüm örneklerle standart mesafeden polimerizasyon uygulamak için, halojen, LED ve

Plazma Ark ışık kaynağının ucu cam yüzeyine temas edecek şekilde tutuldu. Işıyla polimerizasyonun ardından matriks bantlar uzaklaştırıldı ve örnek üst yüzeylerine, Sof-Lex bitirme ve polisaj diskleri (3M Dental Products, St. Paul MN, USA) ve mikromotor ile düşük hızda ve tek yönlü bir hareket ile, 15-20 s süre boyunca

bitirme ve cila işlemleri uygulanarak standart bir yüzey yapısı oluşturuldu (13). Bu şekilde hazırlanan 210 adet standart örnek kavite derinliklerine göre, her grupta 70'er örnek olacak şekilde 3 gruba ayrıldı. Deney düzeneği Tablo 2.2'de gösterilmektedir.

Tablo 2.2 : Deney düzeneği

Grup 1 (2mm kalınlık) n= 70	Grup 2 (3mm kalınlık) n= 70	Grup 3 (4mm kalınlık) n= 70
<i>Halojen Standart Uç</i> 40 s (n=10)	<i>Halojen Standart Uç</i> 40 s (n=10)	<i>Halojen Standart Uç</i> 40 s (n=10)
<i>Halojen Turbo Uç</i> 40 s (n=10)	<i>Halojen Turbo Uç</i> 40 s (n=10)	<i>Halojen Turbo Uç</i> 40 s (n=10)
<i>LED</i> 10 s (n=10)	<i>LED</i> 10 s (n=10)	<i>LED</i> 10 s (n=10)
<i>LED</i> 20 s (n=10)	<i>LED</i> 20 s (n=10)	<i>LED</i> 20 s (n=10)
<i>PAC</i> 3 s (n=10)	<i>PAC</i> 3s (n=10)	<i>PAC</i> 3 s (n=10)
<i>PAC</i> 6 s (n=10)	<i>PAC</i> 6 s (n=10)	<i>PAC</i> 6 s (n=10)
<i>PAC</i> 10 s (n=10)	<i>PAC</i> 10 s (n=10)	<i>PAC</i> 10 s (n=10)

Polimerizasyon işlemi tamamlanan 210 adet kompozit örnek, ışığı geçirmeyecek özellikte olan, içi boş, koyu renkli cam şişelere yerleştirildi. Birbirine temas etmesini önlemek için örnekler, şişe içine dik olarak yerleştirildi. Şişenin ağzı parafilm (American Can Company, Greenvich, CT) ile kapatılarak hava ile temas etmemesi sağlandı.

Cam şişelere yerleştirilen bu örnekler 37°C'de ki etüvde (Thelco GCA/Precision Scientific, Chicago, USA) 1 hafta süre ile beklendi. Daha sonra örnekler distile su ile yıkandı ve kurutma kağıdı ile kurutuldu. Vicker's sertlik ölçüm cihazı ile örneklerin üst ve alt yüzeylerindeki üç değişik noktadan sertlik ölçümleri yapıldı. Her bir örnek için, hem üst hem de alt yüzeyden üç sertlik ölçümünün ortalaması alındı ve elde edilen değerler Kruskal Wallis tek yönlü ANOVA çoklu karşılaştırma ve Mann-Whitney ikili karşılaştırma testi ve Bonferroni düzeltmesi yapılarak değerlendirildi.

zeylerindeki üç değişik noktadan sertlik ölçümleri yapıldı. Her bir örnek için, hem üst hem de alt yüzeyden üç sertlik ölçümünün ortalaması alındı ve elde edilen değerler Kruskal Wallis tek yönlü ANOVA çoklu karşılaştırma ve Mann-Whitney ikili karşılaştırma testi ve Bonferroni düzeltmesi yapılarak değerlendirildi.

3. Bulgular

Çalışmada hazırlanan toplam 210 örneğin Vickers yüzey sertlik ölçüm cihazı kullanılarak elde edilen alt ve üst Vickers sertlik ortalamaları ve standart sapmaları Çizelge 3.1, Çizelge 3.2, ve Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. GRUP 1. (2mm) Yüzey Vickers Sertlik Değerleri (HV)

Üst yüzey	102,9	3,19	102,34	1,39	104,27	2,56	109,2	2,25	90,16	2,49	97,58	2,93	107,4	2,71
Alt yüzey	98,12	2,72	100,72	1,43	95,83	6,23	101,03	2,29	69,85	2,70	83,17	3,14	100,71	2,68
	Halojen		Halojen turbo		LED 10 s		LED 20 s		PAC 3 s		PAC 6 s		PAC 10 s	

Çizelge 3.2. GRUP 2 (3mm) Yüzey Vickers Sertlik Değerleri (HV)

Üst yüzey	101,4	1,74	98,1	1,69	99,08	2,56	109,2	2,25	88,88	1,89	91,12	2,22	99,15	1,42
Alt yüzey	87,4	4,61	81,4	1,26	79,61	3,68	101,68	1,70	68,53	5,26	75,79	3,27	84,64	2,04
	Halojen		Halojen turbo		LED 10 s		LED 20 s		PAC 3 s		PAC 6 s		PAC 10 s	

Çizelge 3.3. GRUP 3 (4mm) Yüzey Vickers Sertlik Değerleri (HV)

Üst yüzey	99,43	2,36	104,6	2,07	102,48	2,85	116,1	3,60	90,87	3,06	95,58	2,11	108,2	1,55
Alt yüzey	87,28	2,84	57,2	,74	78,3	6,79	78,17	2,27	42,46	,96	45,06	2,38	76,84	1,12
	Halojen		Halojen turbo		LED 10 s		LED 20 s		PAC 3 s		PAC 6 s		PAC 10 s	

2mm kalınlıkta;

Grup 1 (2 mm)'de üst yüzeyde; kontrol grubu olarak kullanılan halojen standart uç 40 s ile halojen turbo uç ve LED 10 s arasında istatistiksel olarak fark yokken ($p>0,05$); halojen standart uç 40 s ile LED 20 s, PAC 3 s, PAC 6 s ve PAC 10 s arasında istatistiksel olarak belirgin fark bulunmuştur ($p<0,001$). Buna göre halojen standart uç 40 s (102,9 HV), LED 20 s (109,2 HV) ve PAC 10 s (107,4 HV)'ye nazaran daha düşük sertlik değerleri gösterirken, PAC 3 s (90,16) ve PAC 6 s (97,58 HV)'ye nazaran daha yüksek sertlik değerleri göstermiştir. Üst yüzeyde LED 10 s ve LED 20 s arasında istatistiksel olarak fark bulunmuştur ($p<0,001$). Buna göre LED 20 s (109,2 HV), LED 10 s'ye (104,27 HV) göre daha yüksek sertlik değeri göstermiştir. PAC 10 s ile PAC 3 s ve PAC 6 s arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaktadır ($p<0,001$). Buna göre PAC 10 s (107,4 HV), PAC 3 s (90,16 HV) ve PAC 6 s'ye (97,58 HV) nazaran daha yüksek sertlik değeri göstermiştir.

Grup 1 (2 mm)'de alt yüzeyde kontrol grubu olarak kullanılan halojen standart uç 40 s ile turbo uç, LED 20 s ve PAC 10 s arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunurken ($p<0,01$); LED 10 s, PAC 3 s ve PAC 6 s arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmuştur ($p<0,001$). Buna göre halojen standart uç 40 s (98,12 HV); turbo uç (100,72 HV), LED 20 s (101,03 HV) ve PAC 10 s'ye (100,71 HV) nazaran daha düşük sertlik değeri gösterirken; LED 10 s (95,83 HV), PAC 3 s (69,85 HV) ve PAC 6 s'ye (83,17 HV) nazaran daha yüksek sertlik değeri göstermiştir.

Alt yüzeyde LED 20 s ile LED 10 s arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır ($p<0,001$). Alt yüzeyde PAC 10 s ile PAC 3 s ve PAC 6 s arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmuştur ($p<0,001$). Buna göre PAC 10 s (100,71 HV); PAC 3 s (69,85 HV) ve PAC 6 s'ye (83,17 HV) nazaran daha yüksek sertlik değeri gösterirken; PAC 6 s ve PAC 3 s arasında da istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmuştur ($p<0,001$). PAC 6 s (83,17 HV), PAC 3 s'ye (69,85 HV) nazaran daha yüksek sertlik değeri göstermiştir.

Grup 1'de (2 mm), hem alt hem de üst yüzeylerde kontrol grubu olarak kullanılan halojen standart uç 40 s ile diğer cihazların karşılaştırılmasında turbo uç ile arasında fark bulunmazken; LED 10 s, LED 20 s ve PAC 10 s daha yüksek yüzey sertlik değerleri göstermiş; PAC 3 s ve PAC 6 s daha düşük yüzey sertlik değerleri göstermiştir.

3mm kalınlıkta;

Grup 2'de (3 mm) üst yüzeyde kontrol grubu olarak kullanılan halojen standart uç 40 s ile turbo uç, LED 10 s ve PAC 10 s arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmazken ($p>0,05$); LED 20 s, PAC 3 s ve PAC 6 s arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmuştur ($p<0,001$). Buna göre halojen standart uç 40 s (101,4 HV), turbo uç (98,1 HV), LED 10 s (99,08 HV) ve PAC 10 s'ye (99,15 HV) nazaran çok düşük yüzey sertlik değeri gösterirken; PAC 3 s (88,88 HV) ile PAC 6 s'ye (91,12 HV) nazaran daha yüksek yüzey sertlik değeri göstermiştir. LED 20 s (109,2

HV) ise halojen standart uç 40 s'ye (101,4 HV) nazaran daha yüksek yüzey sertlik değeri göstermiştir.

Üst yüzeyde LED 10 s ile LED 20 s arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmuştur ($p<0,001$). Buna göre LED 20 s daha yüksek yüzey sertlik değeri göstermiştir.

Üst yüzeyde PAC 10 s ile PAC 3 s ve PAC 6 s arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<0,001$). Buna göre PAC 10 s (99,15 HV), PAC 3 s (88,88 HV) ile PAC 6 s'ye (91,12 HV) nazaran daha yüksek yüzey sertlik değeri gösterirken; PAC 6 s (91,12 HV), PAC 3 s'ye (88,88 HV) nazaran daha yüksek sertlik değeri göstermiştir.

Grup 2'de (3 mm); alt yüzeyde kontrol grubu olarak kullanılan halojen standart uç 40 s ile diğer ışık cihazlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,001$). Buna göre halojen standart uç 40 s (87,4 HV), halojen turbo uç (81,4 HV), LED 10 s (79,61 HV), PAC 3 s (68,53 HV), PAC 6 s (75,79 HV) ve PAC 10 s'ye (84,64 HV) nazaran daha yüksek yüzey sertlik değeri gösterirken; LED 20 s'ye (101,68 HV) nazaran daha düşük sertlik değeri göstermiştir.

Alt yüzeyde LED 10 s ile LED 20 s arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunurken ($p<0,001$), LED 20 s (101,68 HV), LED 10 s'ye (79,61 HV) nazaran daha yüksek yüzey sertlik değeri göstermiştir. PAC 3 s, PAC 6 s ve PAC 10 s arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunurken ($p<0,001$); PAC 10 s (84,64 HV), PAC 3 s (68,53 HV) ve PAC 6 s'ye (75,79 HV) göre daha yüksek yüzey sertlik değeri gösterirken; PAC 6 s (75,79 HV), PAC 3 s'ye (68,53 HV) göre daha yüksek yüzey sertlik değeri göstermiştir.

Grup 2 (3 mm)'de hem alt hem de üst yüzeylerde kontrol grubu olarak kullanılan halojen standart uç 40 s, LED 20 s hariç diğer cihazlarda daha yüksek yüzey sertlik değeri göstermiştir.

4mm kalınlıkta;

Grup 3'te (4mm) üst yüzeyde kontrol grubu olarak kullanılan halojen standart uç 40 s ile diğer ışık cihazları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,001$). Buna göre;

halojen standart uç 40 s (99,43 HV), PAC 3 s (90,87 HV) ve PAC 6 s'ye (95,58 HV) nazaran daha yüksek yüzey sertlik değeri gösterirken halojen turbo uç (104,6 HV), LED 10 s (102,48 HV), LED 20 s (116,1 HV) ve PAC 10 s'ye (108,2 HV) nazaran daha düşük yüzey sertlik değeri göstermiştir. LED 10 s ve LED 20 s arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($p<0,001$); LED 20 s (116,1 HV), LED 10 s'ye (102,48 HV) nazaran daha yüksek yüzey sertlik değeri göstermiştir. PAC 3 s, PAC 6 s ve PAC 10 s arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($p<0,001$); PAC 10 s (108,2 HV), PAC 3 s (90,87 HV) ve PAC 6 s'ye (95,58 HV) nazaran daha yüksek yüzey sertlik değeri gösterirken; PAC 6 s (95,58 HV), PAC 3 s'ye (90,87 HV) nazaran daha yüksek yüzey sertlik değeri göstermiştir.

Grup 3 (4 mm) alt yüzeyde kontrol grubu olarak kullanılan halojen standart uç 40 s ile diğer ışık cihazları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,001$). Buna göre halojen standart uç 40 s (87,28 HV), diğer ışık cihazları olan turbo uç (57,2 HV), LED 10 s (78,3 HV), LED 20 s (78,17 HV), PAC 3 s (42,46 HV), PAC 6 s (45,06 HV) ve PAC 10 s'ye (76,84 HV) nazaran daha yüksek yüzey sertlik değeri göstermiştir.

Alt yüzeyde LED 10 s ile LED 20 s arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Alt yüzeyde PAC 3 s, PAC 6 s, PAC 10 s arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunurken ($p<0,001$); PAC 10 s (76,84 HV), PAC 3 s (42,46 HV) ve PAC 6 s'ye (45,06 HV) nazaran daha yüksek sertlik değeri göstermiş; PAC 3 s (42,46 HV), PAC 6 s'ye (45,06 HV) nazaran daha düşük sertlik değeri göstermiştir.

Grup 3 (4 mm)'te hem alt hem de üst yüzeylerde kontrol grubu olarak kullanılan halojen standart uç 40 s, PAC 3 s ve PAC 6 s'ye göre daha yüksek yüzey sertlik değerleri gösterirken; üst yüzeyde turbo uç, LED 10 s, LED 20 s ve PAC 10 s'ye nazaran daha düşük yüzey sertlik değerleri göstermiştir.

Işın cihazlarının farklı kavite derinliklerinde gösterdiği sertlik değerleri ise:

Halojen standart uç 40 s için üst yüzeyde Grup 1 (2 mm) ile Grup 3 (4 mm) arasında fark

bulunurken ($p>0.01$), Grup 1 (2 mm) ile Grup 2 (3 mm) arasında sertlik açısından fark yoktur ($p>0.05$). 2 mm'de (102,9 HV) daha sert bir yüzey oluşmuştur. Alt yüzeyde ise Grup 2 (3 mm) ile Grup 3 (4 mm) arasında fark yokken ($p>0.05$) diğer gruplar arasında önemli fark vardır ($p<0.001$). Yine 2 mm'de (98,12 HV) daha sert bir yüzey oluşmuştur.

Halojen turbo uç 10 s için üst yüzeyde Grup 1 (2 mm) ile Grup 3 (4 mm) arasında az anlamlı bir fark varken ($p>0.01$); Grup 1 (2 mm) ile Grup 2 (3 mm) arasında önemli bir farklılık vardır ($p<0.001$). Buna göre en düşük sertlik 3 mm'de (98,1 HV) oluşmuşken 4 mm (104,6 HV) derinlikte sertlik 2 mm'den (102,34 HV) daha fazla bulunmuştur. Alt yüzeyde ise tüm gruplar arasında önemli farklılık vardır ($p<0.001$). Bu yüzeyde derinlik arttıkça sertlik azalmıştır.

LED 10 s için üst yüzeyde Grup 1 (2 mm) ile Grup 2 (3 mm) karşılaştırıldığında önemli fark bulunmuş ($p<0.001$), Grup 3 (4 mm) ile Grup 2 (3 mm) arasında az bir fark gözlenmiş ($p>0.01$) ve Grup 3 (4 mm) ile Grup 1 (2 mm) arasında fark bulunamamıştır ($p>0.05$). Buna göre Grup 1 (2 mm)'de Grup 2 (3 mm)'ye göre daha sert bir yüzey elde edilmiştir. Alt yüzeyde Grup 3 (4 mm) ile Grup 2 (3 mm) arasında fark yokken ($p>0.05$) Grup 3 (4 mm) ile Grup 1 (2 mm) ve Grup 2 (3 mm) ile Grup 1 (2 mm) arasında önemli fark vardır ($p<0.001$). Bu yüzeyde ise 2 mm (95,38 HV) en sert yüzey değerini vermiştir.

LED 20 s için üst yüzeyde Grup 1 (2 mm) ile Grup 2 (3 mm) karşılaştırıldığında fark bulunmazken ($p>0.05$), Grup 3 (4 mm) ile Grup 2 (3 mm) arasında ve Grup 3 (4 mm) ile Grup 1 (2 mm) arasında önemli fark vardır ($p<0.001$). Buna göre 4 mm derinlik diğer derinliklere göre daha yüksek sertlik değeri vermiştir. Alt yüzeyde Grup 1 (2 mm) ile Grup 2 (3 mm) arasında istatistiksel olarak fark bulunmazken ($p>0.05$), Grup 1 (2 mm) ve Grup 2 (3 mm) ile Grup 3 (4 mm) arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.001$). Buna göre en düşük değer 4 mm derinlikte alt yüzeyde (78,17 HV) saptanmıştır.

PAC 3 s için, üst yüzeyde Grup 1 (2 mm) ile Grup 3 (4 mm) arasında fark bulunmazken ($p>0.05$), diğerleri arasında önemli bir farklılık

vardır ($p<0.001$). buna göre en düşük değer 3 mm derinlikte (88,88 HV) saptanmıştır. Alt yüzeyde ise bütün gruplar arasında istatistiksel olarak fark bulunurken ($p<0.001$), en yüksek değer 2 mm derinlikte (69,85 HV) saptanmıştır.

PAC 6 s için üst yüzeyde Grup 2 (3 mm) ile Grup 1 (2 mm) arasında fark yokken ($p>0.05$), diğer gruplar arasında önemli bir farklılık vardır ($p<0.001$). Alt yüzeyde ise tüm gruplar arasında önemli farklılık vardır ($p<0.001$) Buna göre üst yüzeyde en yüksek değer 2 mm derinlikte (97,58 HV) ve alt yüzeyde yine en yüksek değer 2 mm derinlikte (83,17 HV) saptanmıştır.

PAC 10 s için, üst yüzeyde Grup 3 (4 mm) ile Grup 1 (2 mm) arasında fark yokken ($p>0.05$), diğer gruplar arasında önemli bir farklılık vardır ($p<0.001$). Buna göre üst yüzeyde en düşük değer 3 mm derinlikte (99,15 HV) saptanırken; üst yüzeyde en yüksek değer 2 mm derinlikte (100,71 HV) saptanmıştır. Alt yüzeyde ise tüm gruplar arasında önemli farklılık vardır ($p<0.001$).

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, kontrol grubu olarak kullandığımız geleneksel halojen ışık cihazıyla polimerize edilen farklı derinliklerdeki kompozit rezininin yüzey sertlik değerlerini, son yıllarda kullanılmaya başlanan yeni geliştirilmiş LED ve PAC cihazlarıyla polimerize edilen kompozit rezinlerin yüzey sertlik değerleriyle karşılaştırdık.

Kompozit rezinlerin polimerizasyonunda ışığın yoğunluğu ve etkinliği rezinin derinliği arttıkça azalır(14,15). Görünür ışıkla polimerize olan kompozit rezinler için önerilen derinlik 2 mm'dir. Biz çalışmamızda geleneksel halojen ışık cihazlarına alternatif olarak üretilen ve yüksek yoğunlukta ışık verebilen yeni geliştirilmiş LED ve PAC ışık cihazlarının 2 mm'den daha kalın örneklerde(3mm ve 4mm) nasıl performans verdiğini araştırdık.

Mills ve ark. (3), Halvorson ve ark. (16), polimerizasyon etkinliği açısından halojen ve LED'leri karşılaştırdıklarında; LED'leri halojenden daha etkin bulurlarken; Yoon ve ark. (17); Micali ve Basting (18); Nomoto ve ark. (19) LED'lerin polimerizasyon etkinliklerinin

halojenden farklı olmadığını bulmuşlardır. Bennet ve Watts'a (20) göre, polimerizasyon derinliği performansı açısından; kuartz tungsten halojen ile LED ışık cihazları arasında açık bir istatistiksel farklılık olmasına rağmen, LED'lerin performansı klinik açıdan memnun edicidir. Bala ve ark.(21) halojen ışık üniteleriyle LED ışık ünitelerinin kompozitlerin yüzey sertliğine olan etkisini araştırdıkları çalışmada LED ışık ünitelerinin halojen ışık ünitelerinden daha fazla yüzey sertliği oluşturduğunu ancak halojen ışık üniteleriyle LED ışık ünitesi arasında yüzey sertlik değerleri açısından belirgin bir istatistiksel farklılık olmadığını bildirmişlerdir. Jandt ve ark. (22), Stahl ve ark. (23), Kurachi ve ark. (24) ve Knezevic ve ark. (25), LED ile polimerize edilen kompozitlerin Knoop veya Vickers sertlik değerlerinin, halojen ışık cihazı ile elde edilen değerlerden çok farklı olmadığını belirtmişlerdir. Bu çalışmalara benzer olarak çalışmamızda halojen ışık cihazı ve LED ışık cihazı kullanılarak polimerize edilen kompozit örneklerin Vickers sertlik değerleri ortalaması karşılaştırıldığında iki cihaz arasında benzer sertlik değerleri bulunmuştur. LED ışık cihazının 10 s ve 20 s'lik uygulamaları arasında ise 20 s'lik LED uygulamasının 10 s'lik LED uygulamasına nazaran daha yüksek yüzey sertlik değeri gösterdiği bulunmuştur.

Bizim çalışmamızda da LED ışık cihazının 10 s'lik uygulamalarının, halojen ışık cihazının 40 s'lik uygulamalarına benzer yüzey sertlik değerleri göstermesine karşın LED ışık cihazlarının 20 s'lik uygulamalarının halojen ışık cihazının 40 s'lik uygulamalarından daha yüksek yüzey sertlik değerleri gösterdiği saptanmıştır. Kurachi ve ark. (24) araştırmalarında, 5 farklı LED bazlı polimerizasyon cihazının performanslarını halojen lambalarla karşılaştırmışlardır. Çalışmada cihazların polimerizasyon etkinliklerini karşılaştırmak için sertlik testini kullanmışlardır. LED bazlı cihazlar, 40 s polimerizasyon süresi ile kullanılan halojen lambalarla karşılaştırıldığında; daha düşük sertlik değerleri göstermişlerdir. Dunn ve Bush (26), piyasadaki bir halojen bazlı ışık cihazı ve bir mavi LED ile polimerize edilen, hibrit ve mikrofil rezin bazlı kompozitlerin alt ve üst yüzey sertliklerini karşılaştırmışlardır. Çalışmada, kompozit tipi ve 2 mm kalınlığındaki

rezin bazlı kompozitleri polimerize etmek için kullanılan ışık cihazı tipleri için, Knoop sertliklerinde anlamlı derecede farklılık açığa çıkmıştır. Resin bazlı kompozit tipi gözönüne alınmaksızın, halojen bazlı ışık cihazları, LED ışık cihazlarından daha yüksek alt yüzey sertlik değerleri vermişlerdir. Price ve ark. (27) çalışmalarında, ikinci jenerasyon bir LED polimerizasyon cihazı kullanarak polimerize edilen 10 kompozitin hepsinin, kuartz tungsten halojen ışıklarıyla polimerize edildiğinde elde edilen sertlik değerlerinin %80'inden fazla sertlik değeri gösterdiklerini bulmuşlardır. Ancak LED ışıkları kompozitlerin tümünü halojen kadar iyi polimerize edemediği için; hekimlerin kullandıkları rezinleri yeterince polimerize etmek için, gerekli zamanı ve polimerizasyon cihazını kontrol etmeleri gerektiğini belirtmişlerdir. Farklı kalınlıklarda kompozit örneklerin polimerize edildiği çalışmamızda, halojen ışık cihazı ve LED ışık cihazı karşılaştırıldığında; grupların üst yüzey sertlik değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmazken grupların alt yüzey sertlik değerleri arasında örnekler kalınlaştıkça halojen ışık cihazının uygulandığı gruplardaki yüzey sertlik değerleri LED ışık cihazının uygulandığı gruplara nazaran daha yüksek değerler göstermiştir. Bunun nedeninin halojen ışık cihazının ışık ucundan yayılan yüksek ısının, monomerlerin mobilitesini ve dönüşüm derecesini arttığını düşünmekteyiz.

Çalışmamızda kullandığımız halojen turbo uçlu cihazla, 2 mm'lik kalınlıkta polimerize edilen örnekler LED cihazı ile benzer sonuçlar vermiştir. Ancak derinlik arttıkça turbo uçlu cihazın polimerize ettiği örneklerin sertlik değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bunun nedeni turbo uçlu cihazda uygulama süresinin(10s) kısa olması nedeniyle oluşan toplam enerjinin düşük olması olabilir.

Son yıllarda, uzun ışık uygulama süresinin kısaltılması ve hastaların tedavi sürelerinin azaltılması amacıyla geleneksel ışık ünitelerine alternatif olarak PAC ışık cihazları geliştirilmiştir. Bu cihazlarda bir xenon-plazma kısa ark lambası kullanılarak 1000mW/cm² den fazla enerji seviyesinde ve 470 nm dalga boyunda kesintisiz ışık üretilmektedir. Bu cihazlar sertleşme zamanını önemli ölçüde düşürmesine rağmen, kısa sürede polimerize olan

materyalin mekanik özelliklerinin olumsuz etkilendiğini gösteren çalışmalar da vardır (28, 29).

Tarle ve ark.'nın (30) araştırmalarında halojen ve LED cihazları ile elde edilen 4 mm derinliğe kadar olan mikrosertlik değerlerinin Plasma ark ile elde edilen değerlerle karşılaştırıldığında daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Peutzfeldt ve ark (28) yaptıkları bir çalışmada PAC ile sertleştirilen kompozitlerin 2mm kalınlığı aştığı zaman yeterli sertleşme derecesine erişemediğini görmüşlerdir. PAC ışık kaynaklarının amacı polimerizasyon zamanını azaltırken polimerizasyon oranını arttırmaktır (31). Öte yandan bu çalışmada görülmüştür ki PAC 2 mm'lik kompozit rezini üretici firmalar tarafından önerilen sürede tam olarak sertleştirememektedir. Rahiotis ve ark. (32), bir Plazma Ark ışık cihazı ile iki farklı modda çalışan bir LED ve bir halojen ışık cihazının, monomer dönüşüm yüzdesine ve polimerizasyon derinliğine etkisini değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre; halojen ışık cihazı ile LED ışık cihazının, Plazma Ark ışık cihazından daha yüksek değerler göstermiştir.

Dietschi ve ark (7) çalışmalarında 1-2 mm lik kavite derinliklerinde PAC ve halojenle polimerize edilen örnekleri karşılaştırdıklarında, yakın değerlerde sertlik değerleri oluşturduklarını ve belirgin derecede ekspoz zamanını azalttığını ancak 2 mm den daha kalın örneklerde PAC'ın halojen kadar yüksek sertlik değerleri vermediğini bulmuşlardır. Correr ve ark.(33) yaptıkları çalışmada enerji yoğunluğu ve ışınlama süresinin arttırılmasıyla daha yüksek sertlik değerleri elde edilebileceği sonucuna varmışlardır. Bu çalışmada 2mm derinliğe kadar LED ve halojen arasında sertlik açısından istatistiksel bir fark bulamamışlardır ancak PAC cihazı, LED ve halojen cihazlara nazaran en düşük Knoop sertlik değerlerini göstermiştir. Bizim çalışmamızda da 2mm'deki PAC uygulamasının halojen cihaz uygulamasıyla benzer sertlik değerleri gösterdiği saptanmıştır. Ancak örneklerin kalınlığı arttıkça PAC ile polimerize edilen örneklerdeki sertlik değerleri azalmıştır. En düşük sertlik değeri 4 mm'lik grupta PAC 3 s uygulamasında bulunmuştur. PAC ışık cihazları geleneksel ışık cihazlarına göre daha az

toplam enerji yayar. Toplam enerji, ışınlama süresi ve ışık yoğunluğuyla ilgilidir. (28, 34-36). Bu PAC cihazının halojen cihazla karşılaştırıldığında daha az polimerizasyon derinliği elde edilmesini açıklayabilir.

Munksgard ve ark (37) yaptıkları çalışmada PAC ünitesini üreticinin tavsiyesine göre kullandıklarında en ideal sertliği elde edememişler ve ideal sertliği elde etmek için daha fazla süreye ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışmamızda ışık yoğunluğu daha fazla olan PAC cihazının tüm kalınlıklarda kompozit örneklerin üst ve alt yüzeyi arasında LED ve halojen cihazlarıyla polimerizasyon işlemleriyle karşılaştırıldığında eşit bir sertleştirme oluşturmadığı gözlemlendi. PAC 3s ve 6s ile sertleştirilen örneklerin alt yüzeydeki sertlik değerleri diğer gruplardan daha düşük bulunmuştur. Diğer gruplara en yakın sertlik değerleri PAC 10 s grubunda gözlenmiştir. Böylece PAC'ın güçlü ışıkla kısa sürede yeterince polimerizasyon sağlamadığı saptanmıştır. Bu sonuçlar, kompozit resin polimerizasyonu için LED teknolojisinin halojene alternatif oluşturabilecek potansiyele sahip olduğunu ancak PAC cihazlarının üreticilerin tavsiye ettiği uygulama sürelerinin yeterli performansı vermediği göstermektedir.

5. Sonuç ve öneriler

Tüm ışık cihazlarının polimerizasyon uygulamalarında örnek kalınlığı arttıkça yüzey sertlik değerlerinin azalması, görünür ışıkla polimerize edilecek kompozit kalınlığının 2 mm'yi geçmemesi gerektiğini göstermektedir. Derin kavitelerde kompozit rezinlerin 2 mm'lik tabakalar halinde yerleştirilmesi ve her tabakadan sonra polimerize edilmesi gerekmektedir.

Geleneksel halojen ışık cihazlarına alternatif olarak üretilen yeni ışık cihazlarından LED ışık cihazı ile polimerize edilen örnekler yeterli yüzey sertlik değerleri gösterirken, PAC ışık cihazı ile polimerize edilen örneklerin yüzey sertlik değerleri yeterli bulunmamıştır.

Bu sonuçlar LED ışık cihazlarının halojen ışık cihazlarına alternatif olarak kullanılabilirliğini ancak PAC ışık cihazlarının güvenli klinik uygulamalar için daha fazla araştırmalar ile desteklenmesi gerektiğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

1. Craig, RG, Powers, JM. (2002). Restorative dental materials. 11th Ed. St. Louis: The C.V. Mosby Co., p.: 231-257.
2. Jackson, R.D., Morgan, M. The new posterior resins and a simplified placement technique. *JADA*, 2000; 131: 375-83.
3. Mills, RW, Jandt KD, Ashworth SH. Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology. *Br Dent J* 1999;24:388-91.
4. Yoon TH, Lee YK, Lim, BS, Kim CW. Degree of polymerization of resin composites by different light sources. *J Oral Rehabil* 2002; 29: 1165-73.
5. Yap AUJ. Effectiveness of polymerization in composite restoratives claiming bulk placement: impact of cavity depth and exposure time. *Oper Dent* 2000; 25: 113-20.
6. Rueggeberg FA, Margeson DH. The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. *J Dent Rest* 1990; 69: 1652-8.
7. Dietschi D, Marret N, Krejci, I. Comparative efficiency of plasma and halogen light sources on composite microhardness in different curing conditions. *Dent Mater* 2003; 19: 493-500.
8. Rueggeberg FA, Craig RG. Correlation of parameters used to estimate monomer conversion in a light cured composite. *J Dent Res*, 1988; 67: 932-7.
9. Cohen ME, Leonard DL, Charlton DG, Roberts HW, Ragain JC. Statistical estimation of resin composite polymerization sufficiency using microhardness. *Dent Mater* 2004; 20: 158-66.
10. Sonugelen M, Artunç C, Güngör MA. Farklı yöntemlerle polimerize edilen estetik restoratif materyallerde aşınma ve sertliğin incelenmesi. *EÜ Dış Hek Fak Derg* 2000; 21: 1-10.
11. Van Noort R (2002). Introduction to dental materials 2nd Ed. London, England: Mosby Int. Pub. Ltd., p.: 96-123.
12. Rawls KJ. (2003). Mechanical properties of dental materials in: *Phillips' Science Of Dental Materials* 11th Ed Ed: ANUSAVICE, KJ. St. Louis: W.B. Saunders, p.: 69-143.
13. Sturdevant CM, Roberson TM, Heymann HO, Sturdevant JR (1995). The art and science of operative dentistry. 3rd Ed. St. Louis: Mosby-Year Book Inc., p. : 252-263.
14. Kanca J. Visible light activated composite resins for posterior use-A comparison of surface hardness and uniformity of cure. *Update. Quintessence Int* 1985; 16: 687-90.
15. Pires JA, Cvitko E, Denehy GE, Swift EJ. Effects of curing tip distance on light intensity and composite resin microhardness. *Quintessence Int* 1993; 24: 517-21.
16. Halvorson RH, Erickson RL, Davidson CL. Polymerization efficiency of curing lamps: a universal energy conversion relationship predictive of conversion of resin based composite. *Oper Dent* 2004; 29: 105-11.
17. Yoon TH, Lee YK, Lim BS, Kim CW. Degree of polymerization of resin composites by different light sources. *J Oral Rehabil* 2002; 29: 1165-73.
18. Micali B, Basting RT. Effectiveness of composite resin polymerization using light-emitting diodes (LEDs) or halogen-based light-curing units. *Braz Oral Res* 2004; 18: 266-70.
19. Nomoto R, McCabe JF, Hirano S. Comparison of halogen, plasma and LED curing units. *Oper. Dent* 2004; 29: 287-94.
20. Bennett AW, Watts DC. Performance of two blue light emitting diode dental light curing units with distance and irradiation time. *Dent Mater* 2004; 20: 72-9.
21. Bala O, Üçtaşlı MB, Tüz MA. Barcol hardness of different resin based composites cured by halogen or light emitting diode (LED). *Oper Dent* 2005; 30: 69-74.
22. Jandt KD, Mills RW, Blackwell GB, Ashworth SH. Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue emitting diodes (LEDs). *Dent Mater* 2000; 16: 41-7.
23. Stahl F, Ashworth SH, Jandt KD, Mills RW. Light-emitting diode (LED) polymerisa-

tion of dental composites: flexural properties and polymerisation potential. *Biomaterials* 2000; 21: 1379-85.

24.Kurachi C, Tuboy AM, Magalhaes DV, Bagnato VS. Hardness evolution of a dental composite polymerized with experimental LED-based devices. *Dent Mater* 2001; 17:309-15.

25.Knezevic A, Tarle Z, Meniga A, Sultalo J, Pichler G, Ristic M. Degree of conversion and temperature rise during polymerization of composite resin samples with blue diodes. *J Oral Rehabil* 2001; 28: 586-91.

26.Dunn WJ, Bush AC. A comparison of polymerization by light-emitting diode and halogen-based light-curing units. *JADA* 2002; 133: 335-41.

27.Price RB, Felix CA, Andreou P. Evaluation of second generation LED curing light. *J Can Dent Assoc* 2003; 69: 666-75.

28.Peutzfeldt A, Sahafi A, Asmussen E. Characterization of resin composites polymerized with plasma arc curing units. *Dent Mater* 2000; 16: 330-6.

29.Stritikus J, Owens B. An in vitro study of microleakage of occlusae composite restorations polymerized by a conventional curing light and a PAC curing light. *J Clin Pediatr Dent* 2000; 24: 221-7.

30.Tarle Z, Meniga A, Ristic M. The effect of the photopolymerization method on the

quality of composite resin samples. *J Oral Rehabil* 1998;25: 436-42.

31.Fortin D, Vargas MA. The spectrum of composites:new techniques and materials. *J Am Dent Assoc* 2000; 131:26-30.

32.Rahiotis C, Kakaboura A, Loukidis M, Vougiouklakis G. Curing efficiency of various types of light curing units. *Eur J Oral Sel* 2004; 112: 89-94.

33.Correr AB, Sinhoreti MAC, Sobrinho LC, Tango RN, Schneider LFJ, Consani S. Effect of the increase of energy density on knoop hardness of dental composites light-cured by conventional QHT,LED and Xenon Plasma Arc. *Braz Dent J* 2005; 16:218-24.

34.Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis Jr JW, Davis HC. Factors affecting cure at depths within light-activated resin composites. *Am J Dent* 1993; 6:91-5.

35.Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Oper Dent* 1994; 19: 26-32.

36.Sakaguchi RL, Berge HX. Reduced light energy density decreases post-gel contraction while maintaining degree of conversion in composites. *J Dent* 1998; 26:695-700.

37.Munksgaard EC, Peutzfeldt A, Asmussen E. Elution of TEGDMA and BisGMA from a resin and a resin composite cured with halogen or plasma light. *Eur J Oral Sel* 2000; 108: 341-5.

Yazışma Adresi

Prof. Dr. Gürkan GÜR
A.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi
Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı
06500 - Beşevler / ANKARA