

FARKLI POLİMERİZASYON ZAMANLARININ KONDANSE EDİLEBİLİR KOMPOZİT REZİNLERİN YÜZEY SERTLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Effects of Different Polymerization Time on Surface Hardness of Packable Composites

Dr.Dt. Adil NALÇACI*

Prof. Dr. Nuran ULUSOY**

ABSTRACT

The aim of the present study was to determine the effect of 20 seconds and 40 seconds exposure time on top and bottom surface hardness of packable composites. Four different packable composites (P60, Surefil, Solitare 2 and Pyramid-Dentin) were placed in 2 mm depth and 8 mm diameter of plexiglass mould (n=20). Specimens were polymerized with halogen light curing unit (600 mW/cm²) for 20 seconds or 40 seconds. Knoop Hardness Tester was used for microhardness recordings. Microhardness data were analyzed using 1-way ANOVA and Tukey HSD test. Top and bottom microhardness values from highest to lowest were as follows: P60> Surefil> Solitare 2 = Pyramid-Dentin. Curing time (20 sec or 40 sec) did not have an effect on top surface microhardness in most composites except Surefil. 40 sec polymerization gave way to higher microhardness values than 20 sec polymerization in Surefil.

Key words: Packable composite, surface hardness, exposure time

ÖZET

Bu çalışmanın amacı dört farklı kondanse edilebilir kompozitin 20 sn ve 40 sn ışık uygulaması sonucu oluşan alt ve üst yüzey sertlik değişiklerinin incelenmesidir. Yüzey sertlik ölçümleri için dört farklı kondanse edilebilir kompozit (P60, Surefil, Solitare 2 ve Pyramid-Dentin) 2 mm kalınlığında ve 8 mm çapında pleksi glass kalıp içerisindeki boşluklara yerleştirildi (n=20). Polimerizasyonlar halojen bir ışık kaynağı kullanarak (600 mW/cm²) 20 sn

(n=40) ve 40 sn (n=40) olacak şekilde polimerize edilen örnekler, Knoop Hardness (KHN) testi ile yüzey sertlik değerleri ölçüldü. İstatistiksel değerlendirme tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile yapıldı ve gruplar arası farklıklar Tukey testi ile belirlendi. En yüksek üst ve alt yüzey sertliği sırası ile P60> Surefil> Solitare 2 = Pyramid-Dentin olarak tespit edildi. Işık uygulama süresi (20 sn veya 40 sn) Surefil kompozit dışında kompozitlerin birçoğunda üst yüzey sertlik değerlerini değiştirmede. Sadece Surefil kompozit grubunda 40 sn polimerize edilen örnekler, 20 sn polimerizasyona göre daha fazla sertlik değeri gösterdi.

Anahtar Sözcükler: Kondanse edilebilir kompozit, yüzey sertliği, ışık uygulama süresi

GİRİŞ

Restoratif diş hekimliğinde kullanılan kompozit dolgu materyallerinin diş renginde olmaları, biyolojik uyumluluğu ve cıva içermemeleri nedeniyle hastalar ve hekimler tarafından tercih edilmektedir (1). Ancak, ışık ile polimerize olabilen kompozitlerde görülen yetersiz polimerizasyon sonucu oluşan renklenme ve dolgu direncinin azalması (2), komşu diş ile olan kontakt uyumunun eksikliği (3) ve dolgunun kaviteye yerleştirilmesi esnasındaki kompozitin el aletlerine yapışması gibi problemler (4) geleneksel kompozitler için dezavantaj olarak sayılabilmektedir. Son zamanlarda, kom-

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

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

pozitlerin kaviteye uygulamaları esnasında kompozit rezinlerin amalgam gibi kondanse edilebilmeleri amacıyla kondanse edilebilen kompozitler piyasaya sürülmüştür (1-7). Bu materyaller, geleneksel kompozitler ile aynı kimyasal yapıya sahiptirler ancak doldurucu ve monomer oranları hibrit ve akışkan kompozitlere göre farklıdır (5). Kondanse edilebilir kompozitler yüksek doldurucu oranları ve strese maruz kalan bölgelerde kullanıma uygun olmaları ile karakterizedir (1-3,5-7).

Kompozit rezinlerdeki, doldurucu partiküllerin yüzdesi, şekli ve büyüklüğü kompozitin yüzey sertliğini etkiler (6). Genel olarak doldurucu oranının artması ile hem yüzey sertliği artar hem de materyallerin mekanik özelliklerinde artış meydana gelir (4, 5). Kompozit rezin materyallerinin yetersiz polimerizasyonunda çok çeşitli faktörler rol oynayabilir. Kompozit rezinin kaviteye kalın tabakalar halinde yerleştirilmesi, özellikle Sınıf II kavite-lerde ışık-kompozit arası mesafenin uzak olması ve yetersiz süre ışık uygulaması sonucu polimerizasyon derinliğinin azalması bir restorasyonun uzun dönem başarısını etkileyen sebeplerden sayılabilir (9).

Polimerizasyon derinliğini ölçmek için direkt ve indirekt metotlar kullanılmaktadır (7-9). Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ve Ultraviolet-Visible Spectrophotometer polimerizasyon reaksiyonu süresince reaksiyona girmemiş monomerlerin (C=C) yüzde miktarlarını direkt olarak verir (7-13). Ancak bu metotlar karmaşık, fazlaca zaman harcayan ve yüksek maliyet getiren metotlardır. Sertlik testlerinin kullanımı ise basit bir teknik gerektirmesi ve elde edilen sonuçların güvenilirliği nedeni ile oldukça popüler olmuştur (1, 2, 4, 10-13). Daha da önemlisi yüzey sertlik değerleri ve polimerizasyon derinliği arasındaki pozitif korelasyon ilişkisi literatürde geniş bir şekilde gösterilmiştir (7-9, 14, 15).

Dental literatürde, Knoop hardness (KHN) testi indirekt bir metot olarak polimerize edilebilen materyallerin yüzey sertlik değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir (7-9, 14, 15). KHN testi ile kompozit örneklerin hem alt hem de üst yüzeylerin

sertlik değerleri ölçülebilmektedir. Pek çok araştırmacı kompozit örneğin alt ve üst yüzeylerindeki sertlik değerlerinin farklı olduğunu rapor etmişlerdir (8, 11, 12, 16-19). Pilo ve Cardash (11), alt ve üst yüzey sertlik KHN oranının en az 0.8 olması ve bu oranın da klinik şartlar için yeterli bir polimerizasyon derinliği oluşturduğunu bildirilmişlerdir.

KHN değeri ile ilgili olarak literatürde, kompozit tipinden başka farklı polimerizasyon uygulama teknikleri (20, 21), ışık kaynağının tipi ve yoğunluğu da kompozitlerin yüzey sertliğine önemli ölçüde etkilediği bildirilmiştir (20, 22). Yeterli bir polimerizasyon için en az 300-400 mW/cm² lik ışık kaynağı ile 2 mm'lik bir kalınlık ve 40 sn ışık uygulaması literatürde geniş bir şekilde önerilmiştir (18, 23, 24). Ancak kondanse edilebilen kompozitler için üretici firmalar 20 sn ışık uygulamasını önermektedirler. Bu çalışmanın amacı dört farklı kondanse edilebilir kompozitin 20 sn ve 40 sn ışık uygulaması sonucu oluşan alt ve üst yüzey sertlik değişikliklerinin incelenmesidir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada dört adet kondanse edilebilir kompozit kullanıldı (Tablo 1). Kompozit örnekler 2 mm kalınlığında ve 8 mm çapında pleksi glass kalıp içerisindeki boşluklara yerleştirildi. Kalıpların alt ve üst yüzeylerinde bulunan strip bantlar ve cam lamalar arasında preslenerek, düzgün bir yüzey oluşturuldu ve oksijen inhibisyon tabakası engellenmeye çalışıldı. Her bir kompozit grubu için 10 örnek hazırlandı. 1. gruptaki örnekleri oluşturmak için, örneklerin üst yüzeyindeki cam lam kaldırıldıktan sonra, ışık ucu ve örnek arası mesafe 1 mm olacak şekilde halojen ışık kaynağı ile (Optilux, Demetron, Kerr, Danbury, CT, USA) tüm kompozitler 20 sn süre ile polimerize edildi (n=40). 2. gruptaki kompozitler ise 40 sn süre ile polimerize edildi (n=40). Halojen ışık kaynağının ışık yoğunluğu her 5 örnek sonrası 600 mW/cm² olarak ölçüldü (Curing Radiometer, Model 100, Demetron, Danbury, USA).

Polimerizasyonu tamamlanmış kompozit örnek kalıptan çıkarıldıktan hemen sonra (21) sertlik ölçüm cihazında (Tukon Hardness

Tablo 1: Çalışmada kullanılan kompozit materyaller ve özellikleri.

Material (Üretici firma)	Doldurucu Hacmi (%)	Doldurucu Ağırlığı (%)	Doldurucu büyüklüğü (μm)	Önerilen tabaka kalınlığı	Önerilen polimerizasyon zamanı	Lot No
Solitare 2 (Heraeus, Kulzer, Wehrheim, Germany)	66	76	2.0-20	2 mm	40 sn	030225
P60 (3M ESPE, USA)	61	83	0.01-3.5	2.5 mm	20 sn	4720B2
Pyramid-Dentin (Bisco, Schaumburg, USA)	64	78	2.3-20	2 mm	20 sn	020000 -2259
Surefil (Dentsply, DeTrey, Konstanz, Germany)	66	77	0.8	2 mm	20 sn	545133

Tablo 2: Kompozit örneklerin 20 sn süre ile polimerizasyonları sonucu oluşan KHN değerleri

Materyal	Üst yüzey \pm Sd	Alt yüzey \pm Sd	Alt/üst yüzey oranı % \pm Sd
Solitare 2	55.89 \pm 1.0 ^a	51.52 \pm 0.7 ^d	92 \pm 1
P60	75.65 \pm 0.7 ^b	69.91 \pm 0.7 ^c	92 \pm 1
Pyramid-Dentin	55.49 \pm 0.6 ^a	50.92 \pm 0.8 ^d	92 \pm 1
Surefil	70.63 \pm 1.1 ^c	68.87 \pm 0.5 ^f	98 \pm 2

Farklı harfler gruplar arası farklılıkları göstermektedir.
Sd: Standart Sapma değeri

Tablo 3: Kompozit örneklerin 40 sn süre ile polimerizasyonları sonucu oluşan KHN değerleri

Materyal	Üst yüzey \pm Sd	Alt yüzey \pm Sd	Alt/üst yüzey oranı % \pm Sd
Solitare 2	56.84 \pm 1.0 ^a	51.16 \pm 0.6 ^d	90 \pm 1
P60	75.50 \pm 0.9 ^b	70.40 \pm 0.6 ^e	93 \pm 1
Pyramid-Dentin	56.36 \pm 1.0 ^a	51.34 \pm 0.4 ^d	91 \pm 1
Surefil	72.02 \pm 0.8 ^c	68.88 \pm 1.1 ^f	96 \pm 2

Farklı harfler gruplar arası farklılıkları göstermektedir.
Sd: Standart Sapma değeri

Tester, Wilson Mechanical Instrument Division, American Chain and Cable Company Inc., Bridgeport, CT, USA) 10 sn süre ile 500 gram yük altında (19, 24) örneklerin alt ve üst yüzeylerinden üç sertlik ölçümü yapıldı. Bu üç ölçüm ortama tek bir değer olarak, tek bir örnek için elde edildi. Sertlik değerleri (KHN) aşağıdaki formüle göre hesaplandı (10):

$$KHN=L/ I^2Cp$$

Bu formüle göre L, kilogram cinsinden uygulanan yük değeri; I, milimetre cinsinden çentiğin en uzun çapraz uzunluğu; ve Cp ise çentiğin kendi alan sabitini (0.07028) gösterir.

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 (11, 25).

İstatistiksel farklılık olup olmadığı tek yönlü varyans analizi ile (1-way ANOVA) ile hesaplanmıştır. İstatistiksel farklılığın hangi gruplar arasında olduğu ise Tukey HSD çok yönlü karşılaştırma testi ile yapılmıştır (p=.05).

BULGULAR

Sertlik değerleri Tablo 2 ve 3'te gösterilmiştir (tek yönlü varyans analizi (ANOVA)).

20 sn polimerizasyon süresi için ortalama değerler ve standart sapmalar en yüksek üst yüzey sertliği P60 kondanse edilebilir kompozit grubunda görülmüştür (75.65 ± 0.7). Daha sonra Surefil (70.63 ± 1.16) gelmektedir. En az sertlik değeri gösteren Solitare 2 ve Pyramid-Dentin kondanse edilebilir kompozitler arasında ise istatistiksel bir fark bulunamamıştır (P>.05). Alt yüzey sertlik değeri ise en yüksek P60 ve sonra Surefil kondanse edilebilir kompozitlerde görülmüştür. En az sertlik değeri gösteren Solitare 2 ve Pyramid-Dentin kondanse edilebilir kompozitler arasında ise istatistiksel bir fark bulunamamıştır (P>.05).

40 sn polimerizasyon süresi için en yüksek üst yüzey sertliği P60 kondanse edilebilir kompozit grubunda görülmüştür ($75,50 \pm 0,9$). Daha sonra Surefil ($72,02 \pm 0,8$) gelmektedir. En az sertlik değeri gösteren Solitare 2 ve Pyramid-Dentin kondanse edilebilir kompozitler arasında

ise istatistiksel bir fark bulunamamıştır (P>.05). Alt yüzey sertlik değeri ise en yüksek P60 ve sonra Surefil kondanse edilebilir kompozitlerde görülmüştür. En az sertlik değeri gösteren Solitare 2 ve Pyramid-Dentin kondanse edilebilir kompozitler arasında ise istatistiksel bir fark bulunamamıştır (P>.05).

Üst yüzeylerin 40 sn ve 20 sn süre ile polimerizasyonlarının karşılaştırılmasında ise sadece Surefil kompozitte istatistiksel fark bulunmuştur (P<.05). Alt yüzeylerin 40 sn ve 20 sn karşılaştırılmasında ise tüm kompozitlerde polimerizasyon süreleri bakımından istatistiksel bir fark bulunmamıştır (P>.05).

Alt/üst yüzey sertlik oranları karşılaştırılmasında ise tüm kompozitlerde alt yüzeyin sertlik değerleri üst yüzeylerle uyumlu olarak tespit edilmiştir. En yüksek oran %98 ile 20 sn polimerize edilen Surefil ve en düşük oran %90 ile 40 sn polimerize edilen Solitare 2 olarak bulunmuştur.

TARTIŞMA

Kondanse edilebilir kompozitler, üreticiler tarafından amalgam gibi rahat kondanse edilebilmesi ve özellikle interproksimal kontakların daha rahat sağlanabilmesi için üretilmişlerdir. Üreticilere göre, doldurucu sistemlerdeki değişiklikler bu teknik yaklaşıma izin vermiştir. Doldurucu hacmi ve doldurucu büyüklüğü arttıkça materyallerin mekanik özelliklerindeki artış ile birlikte materyal seçimi de büyük önem kazanmıştır. Bu çalışma sonuçları kompozit materyal seçiminin de önemini ortaya koymuştur.

Bu çalışmada kompozit rezinlerin yüzey sertlik değerleri indirekt bir metot olan KHN ile ölçülmüştür. Yüzey sertlik özelliği bir materyalin lokal deformasyona gösterdiği direnç ile ilgilidir (1). Knoop sertlik cihazında, yüzeye elmas bir uç ile belli bir yük uygulandığı zaman test edilen materyalin üzerinde mikroskop ile ölçülecek bir iz oluşur (26). Knoop sertlik testinde bu iz, eşkenar dörtgen şeklindedir ve oluşan izin en uç noktaları arasından ölçüm yapılır (26). Polimer materyallerinde yük uygulamasından sonra elastiki bir geri dönüş gerçekleşir. Knoop ölçümü bu elastiki geri dönüşümü, en uzun köşelerden ölçüm

yapıldığı için elde edilen sonuçlar en az şekilde etkilenir (26).

Sertlik, genellikle mekanik direnç ve ağız içi sıvılarının neden olduğu yumuşamaya karşı direnç gösteren önemli bir değerdir (20). Klinik başarıyı gösteren polimerizasyon derinliği, en iyi Knoop sertlik testi ile gösterilebilir (7-9, 14, 15). Bouschlicher ve ark. (14) polimerizasyon derinliğini FTIR ve Knoop sertlik ile ölçtükleri çalışmalarında Knoop sertliğinin FTIR'a göre 2.5 kat daha hassas polimerizasyon derinliğini ölçtüğünü bildirmiştir.

Çalışmamızda kullanılan Knoop sertlik cihazı ile farklı KHN değerleri tespit edilmiştir. En yüksek sertlik değeri hem üst hem de alt yüzeylerde 40 sn veya 20 sn polimerize edilmiş P60 kompozitte görülmüştür. P60 kompozitteki doldurucu oranı kullanılan diğer kompozitlerden daha fazladır (%83). Yüksek doldurucu oranı yüksek sertlik değeri göstereceği için P60 kompozitin en yüksek sertlik değerine sahip olması yüksek doldurucu oranına sahip olması ile açıklanabilir (10).

Araştırmamızın sonuçlarına göre hem alt hem de üst yüzeylerde, ikinci en yüksek yüzey sertlik değerini Surefil kompozit göstermiştir. Bu sonuç daha önceki çalışmalar ile uyumludur (3, 4, 7, 26). Surefil kompozit "Interlocking Particle Technology" doldurucu teknolojisine sahiptir ve doldurucular farklı büyüklükte partiküllerdir (3, 5) ve rezin matriksini modifiye urethane BisGMA oluşturur. Bu matriks abrazyon nedeni oluşan aşınmaya karşı son derece dirençlidir (5).

Bu çalışma sonuçlarına göre, sadece Surefil kompozitte, üst yüzeylerin 20 ve 40 sn polimerizasyon süreleri karşılaştırılmasında fark bulunmuştur. Işık uygulama süresi polimerizasyonu etkileyen en önemli faktörlerden birisidir (7, 10). Surefil kompozitin 40 sn süre ile polimerize edilmesi ile yüksek sertlik değeri göstermesi, polimerizasyon süresinin uzatılarak daha iyi polimerizasyon göstermesi ile açıklanabilir.

Bu çalışmada Solitare 2 ve Pyramid-Dentin en düşük sertlik değerleri göstermişlerdir. Solitare 2 kompozitteki doldurucu sistem 2-20 μm büyüklüğünde pöröz SiO_2 partiküller içerir.

Bu doldurucu sistem yüzeyin yumuşamasına yol açmaktadır (1). Solitare 2 kompozitteki küçük partiküllerin ve geniş pöröz kümelerin oluşturulmasındaki amaç doldurucular ve matriks arasında "dolaştırıcı etki" yaratmaktır (27). Pyramid-Dentin kompozitte aynı düzensiz doldurucu şekline sahiptir (27). Solitare 2 kompozitin en düşük alt ve yüzey sertlik değerleri sonuçları göstermesi diğer çalışmalar ile uyumlu gözükmektedir (4, 10, 26).

Polimerizasyonları hem 40 sn hemde 20 sn süre ile yapılan kompozit gruplarının tamamı alt yüzey sertlik değerleri, üst yüzey sertlik değerleri ile uyumlu olarak tespit edilmiştir. İdeal alt/üst yüzey sertlik oranı %100 veya 1 olmalıdır, çünkü, yüzey sertliği hem alt yüzeyde hemde üst yüzeyde eşit olarak polimerize olmuş demektir. Bu çalışma sonuçlarına göre en yüksek oran %98 ile 20 sn polimerize edilen Surefil ve en düşük oran %90 ile 40 sn polimerize edilen Solitare 2 olarak bulunmuştur. Tüm kompozitler, klinik olarak kabul edilebilirlik sınırının (%80) üstünde yer almışlardır.

Bu in-vitro çalışma sonuçlarına göre, P60 kondanse edilebilir kompozit en yüksek sertlik değerine ulaşmıştır. Polimerizasyon süreleri bakımından, Surefil kompozitin 40 sn süre ile polimerize edilmesi ile 20 sn süreye göre daha fazla sertlik değeri göstermiştir. Tüm kompozitler de alt yüzey sertlik değerleri üst yüzey sertlik değerleri ile uyumluluk göstermiştir.

KAYNAKLAR

1. Manhart W, Chen HY, Hickel R. The suitability of packable resin-based composites for posterior restorations. J Am Dent Assoc 2001;132: 639-45.
2. Schulze KA, Marshall SJ, Gansky SA, Marshall GW. Color stability and hardness in dental composites after accelerated aging. Dent Mater 2003; 19: 612-9.
3. Kelsey WP, Lata MA, Shaddy RS, Stanislaw CM. Physical properties of three packable resin-composite restorative materials. Oper Dent 2000; 25: 331-5.
4. Cobb DS, Macgregor KM, Vargas MA, Denehy GE. The physical properties of packable and conventional posterior resin-based composites: A comparison. J Am Dent Assoc 2000; 131:1610-5.
5. Manhart KJ, Kunzelmann H, Chen Y, Hickel R. Mechanical properties and wear behavior of light-

cured packable composite resins. *Dent Mater* 2000; 16: 33-40.

6. Jung M, Bruegger H, Klimek J. Surface geometry of three packable and done hybrid composite after polishing. *Oper Dent* 2003; 28: 816-24.

7. Knobloch LA, Kerby RE, Clelland N, Lee J. Hardness and degree of conversion of posterior packable composites. *Oper Dent* 2004; 29: 642-9.

8. Vandewalle KS, Ferracane JL, Hilton TJ, Erickson RL, Sakaguchi RL. Effect of energy density on properties and marginal integrity of posterior resin composite restorations. *Dent Mater* 2004; 20: 96-106.

9. Chung KH, Greener EH. Correlation between degree of conversion, filler concentration and mechanical properties of posterior composite resins. *J Oral Rehabil* 1990; 17: 487-94.

10. Herrero AA, Yaman P, Dennison JB. Polymerization shrinkage and depth of cure of packable composites. *Quint Int* 2005; 36: 25-31.

11. 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.

12. Ulusoy N, Gökay O, Müjdecı A. Farklı kalınlıklarda uygulanan yeni geliştirilmiş üç kompozitin yüzey sertliği. *A Ü Diş Hek Fak Derg* 2000; 27:29-35.

13. Gür G, Özyurt P. Surface hardness of hybrid ionomer, compomer and composite. *Balkan J Stom* 2003; 7:174-5.

14. Bouschlicher MR, Rueggeberg FA, Wilson BM. Correlation of bottom-to-top surface microhardness and conversion ratios for a variety of resin composite compositions. *Oper Dent* 2004; 29: 698-704.

15. Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent Mater* 1985; 1: 11-4.

16. Bağış YH. Farklı ışık cihazlarının rezin içerikli restoratif materyallerin yüzey sertliğine etkisinin in vitro olarak incelenmesi. *A Ü Diş Hek Fak Derg* 1998; 25:261-70.

17. Moon HJ, Lee YK, Lim BS, Kim CW. Effects of various light curing methods on the leachability of uncured substances and hardness of a composite resin. *J Oral Rehabil* 2004; 31:258-64.

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

19. 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.

20. Soh MS, Yap AUJ. Influence of curing modes on crosslink density in polymer structures. *J Dent* 2004; 32: 321-6.

21. Amaral CM, Bedran de Castro KB, Pimenta LAF, Ambrosano GMB. Influence of resin composite polymerization techniques on microleakage and microhardness. *Quint Int* 2002; 33: 685-9.

22. St-Georges AJ, Swift EJ, Thompson JY, Heymann HO. Irradiance effects on the mechanical properties of universal hybrid and flowable hybrid resin composites. *Dent Mater* 2003; 406-13.

23. Shortall AC, Harrington E. Effect of light intensity on polymerisation of three composite resins. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 1996; 4: 71-6.

24. 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.

25. Yap AUJ, Seneviratne C. Influence of light energy density on effectiveness of composite cure. *Oper Dent* 2001; 26: 460-6.

26. Poskus LT, Placido E, Cardoso PEC. Influence of placement techniques on Vickers and Knoop hardness of Class II composite resin restorations. *Dent Mater* 2004; 20:726-32.

27. Sabbagh J, Ryelandt L, Bacherius L, Biebuyck JJ, Vreven J, Lambrechts P, Leloup G. Characterization of the inorganic fraction of resin composites. *J Oral Rehabil* 2004; 31: 1090-101.

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