

## Üç Farklı Teknikle Yapıştırılmış Ortodontik Braketlerin Bağlanma Dayanımlarının Karşılaştırılması

### Comparison of Shear Bond Strengths of Orthodontic Brackets Bonded with Three Different Curing Techniques

#### ÖZET

Çalışmamızın amacı kimyasal, LED ve halojen teknikleri ile yapıştırılmış ortodontik braketlerin bağlanma dayanımlarını karşılaştırmaktır. 45 adet çürüksüz yeni çekilmiş daimi 1. premolar diş rasgele 15'er dişten 3 gruba ayrıldı. 1. gruptaki dişlere metal premolar braketleri Rely-a-Bond ile kimyasal olarak yapıştırıldı. 2. gruptaki dişlere braketler Light Bond ile ve halojen cihazı ile yapıştırıldı. 3. gruptaki dişlere ise braketler Light Bond ile ve LED cihazı ile yapıştırıldı. Her bir örnek Universal test makinesine yerleştirildi. Bağlanma dayanımları, sıyırma modunda ve 0.5 mm/dk crosshead hızı ile tespit edildi. Ortalama, standart deviasyon, standart hata, minimum ve maksimum değerleri içeren tanımlayıcı istatistikler her grup için ayrı ayrı hesaplandı. Gruplar arasındaki farkların tespiti için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey çoklu karşılaştırma testlerinden yararlanıldı. En yüksek değerler LED grubunda (Grup 3) en düşük değerler ise halojen grubunda (Grup 2) de tespit edilmiştir. Varyans analizine göre gruplar arasında farklılıklar anlamlıdır ( $p<.05$ ). Tukey çoklu karşılaştırma testine göre ise bu farklılık LED grubu (Grup 3) ile halojen grubu (Grup 2) arasında anlamlıdır. LED grubu (Grup 3) ile kimyasal grubu (Grup 1) arasında bir fark bulunamamıştır. Sonuç olarak, her üç yöntemle elde edilen braket bağlanma dayanım değerleri ortodontik kuvvetleri karşılamada yeterlidir. En iyi bağlanma dayanım değerleri LED ile polimerizasyonda elde edilirken, en düşük değerler ise halojen ışın kaynağı ile polimerize edilen örneklerde saptanmıştır. (Türk Ortodonti Dergisi 2005;18:5-10)

**Anahtar Kelimeler:** LED, Halojen, Bağlanma dayanımı

#### SUMMARY

The aim of our study was to compare shear bond strengths of orthodontic brackets bonded with chemically cured, halogen light cured and LED cured adhesive systems. 45 extracted human premolar teeth were randomly divided into 3 groups. Bicuspid metal brackets were bonded on first group of teeth with chemically cured bonding system (Rely-a-Bond). Second group were bonded with halogen light cured bonding system (Light Bond). Last group were bonded with LED light cured bonding system (Light Bond). Each specimen was then loaded to universal testing machine. Bond strength was determined in the shear mode at a crosshead speed of 0.5 mm/min. Descriptive statistics, including the mean, standard deviation, standard error, minimum and maximum values were calculated for each of the groups tested. One-way analysis of variance (ANOVA) and Tukey multiple comparison tests were used to compare shear bond strengths of the groups. Highest values of the shear bond strengths were determined in LED group (Group 3), while Halogen group (Group 2) produced the lowest values. According to the results of analysis of variance (ANOVA), the difference between groups is significant ( $p<.05$ ). Results of Tukey multiple comparison test indicated that this difference was significant between LED (Group 3) and halogen (Group 2) groups. No significant difference was found between LED (Group 3) and chemical (Group 1) group. In conclusion, shear bond strengths produced by each method were sufficient to withstand orthodontic forces. Highest values of shear bond strengths were determined with LED polymerization, while lowest values were obtained from the specimens polymerized with Halogen light. (Turkish J Orthod 2005;18:5-10)



Yrd. Doç. Dr. Hakan  
TÜRKKAHRAMAN\*

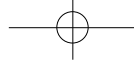
Dr. H. Cenker  
KÜÇÜKEŞMEN\*\*

Süleyman Demirel Üniv.  
Dişhek. Fak. Ortodonti A.D. /  
Süleyman Demirel Üniv.,  
\*Dept. of Orthodontics and \*\*  
Dept. of Prosthodontics  
Isparta- TURKEY

#### İletişim Adresi

#### Correspondence:

Dr. Hakan Türkkahraman  
Süleyman Demirel Üniversitesi  
Diş Hekimliği Fakültesi  
Ortodonti Anabilim Dalı  
32260 Çünür Isparta/TURKEY  
Tel: +90 246 2113314  
Faks: +90 246 2370607



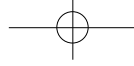
## GİRİŞ

Ortodontik braketterin direk olarak yapıştırılmasında kullanılan ilk ve en yaygın materyaller kimyasal olarak sertleşen bonding sistemleridir. Fakat bu yapıştırma sistemlerinin en büyük eksikliği sertleşme zamanını klinisyenin belirleyememesidir. Işınla sertleşen restoratif materyaller, diş hekimliğine sunulmasıyla birlikte, ortodontistler tarafından band ve braketterin yapıştırılmasında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Işınla sertleşen adeziv sistemlerinin en büyük avantajı, klinisyenlere ideal braket pozisyonunu belirleyebilmek için gerekli zamanı tanıması ve ışınlama ile hızlı ve tam olarak sertleşmesidir. Dezavantajı ise her bir braketin yapıştırılmasının 1 dakikaya yakın zaman almasıdır. Aynı zamanda en yaygın şekilde kullanılan Quartz-tungsten-halojen ışın kaynaklarının ürettiği enerjinin sadece %1'inin ışına dönüştürülmesi geri kalan enerjinin ısı olarak verilmesi hem cihaz için soğutmayı gerekli kılmakta hem de halojen ampullerinin ömürlerinin yaklaşık olarak 50 saatte sınırlı kalmasına neden olmaktadır (1). Buna rağmen çoğu ortodonti kliniğinde en az kimyasal olarak sertleşen adeziv sistemler kadar halojenle sertleşen sistemler de yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda özellikle halojen ışın kaynaklarının kısıtlamalarını giderecek bir ışık kaynağı arayışı LED'lerin (Light Emitting Diode) diş hekimliğinde ve ortodontide kullanımını sağlamıştır. LED cihazlarının en büyük avantajları, 10.000 saatin üzerinde ömürlerinin olması, mekanik şoklardan ve vibrasyonlardan etkilenmemesi, elektrik enerjisinin direk olarak ışığa dönüştürülmesi, dolayısıyla çok az enerjinin ısı olarak salınması, kablosuz olması ve sessiz çalışması olarak özetlenebilir (2-3). Bütün bu avantajlarının yanında bu cihazların diğer ışın cihazlarına göre oldukça pahalı olması ve henüz tam olarak in vivo ve in vitro çalışmalarının yapılmamış olması ise dezavantajları olarak görülmektedir. Ortodonti literatüründe, LED cihazı ile yapıştırılan ortodontik braketterin tutuculukları üzerine çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (4-7). Bu çalışmalarda LED cihazı halojen cihazı ile karşılaştırılmaktadır. Fakat hala pek çok klinikte kimyasal olarak sertleşen adeziv sistemlerinin kullanıldığını düşünürsek, bu üç sistemin braket tutuculuğuna etkilerini birbirleriyle karşılaştırmak daha man-

## INTRODUCTION

Chemically cured bonding systems are the first and the most commonly used materials for direct bonding of the orthodontic brackets. However, the most important disadvantage of these bonding systems is that they give the clinician no chance to determine curing time. With the introduction of light cured restorative materials to dentistry, they became widely used by the orthodontists for bonding bands and brackets. Most important advantage of the light cured adhesive systems is that they offer adequate time for precise bracket positioning and immediate curing. But the disadvantage is that bonding of each bracket consumes nearly 1 minute. Besides, in widely used Quartz-tungsten-halogen light sources, only 1% of the total energy input is converted into light with the remained energy generated as heat resulting necessity of cooling and short life of halogen bulbs (nearly 50 hours) (1). However, in many orthodontic clinics, halogen light cured adhesive systems are used as much as chemically cured systems. Recently, researches to overcome the disadvantages of the halogen light sources lead to use of LED (light emitting diode) in dentistry and orthodontics. Main advantages of the LED units are their lifetimes over 10.000 hours, their resistance to shock and vibration, direct conversion of electrical energy into light resulting minimal generation of heat and their cordless and silent operation type (2-3). In spite of these advantages, relatively high costs of these curing units and lack of in vivo and in vitro studies are the disadvantages. In recent orthodontic literature, several studies evaluated the bond strengths of brackets cured with LED (4-7). In these studies, LED and halogen curing lights were compared. However, chemically cured adhesives are still used in many clinics. Therefore, it will be more logical to compare the effects of these three systems to bond strengths of the brackets. So, it was the aim of this study to compare bond strengths of chemically cured, LED cured and halogen cured orthodontic brackets.

## MATERIALS and METHOD



rilmiş ortodontik braketlerin bağlanma dayanımlarını karşılaştırmaktır.

### GEREÇLER ve YÖNTEM

45 adet çürüksüz, yeni çekilmiş, daimi 1. premolar diş çekimden hemen sonra oda sıcaklığında %0.1'lik timol solüsyonunda saklandı. Daha sonra her bir diş, uzun aksı yere dik olacak şekilde akrilik blok içine gömüldü. Örnekler yapıştırma ve test işlemleri dışında devamlı distile su içinde ve oda sıcaklığında tutuldu. Braket yapıştırılmasından önce, dişlerin ön yüzeyleri su pomza karışımı ile temizlendi. Daha sonra suyla yıkanan dişler basınçlı hava ile kurutuldu. Her bir diş %37'lik fosforik asit jelle 30 saniye pörozlendirildi. Bütün dişler hava su spreyi ile yıkandı ve beyaz tebeşirimsi pöroz alan gözlenene kadar kurutuldu. Çalışmada 9.63 mm<sup>2</sup> yüzey alanına sahip Ormco Mini 2000 (Ormco Corp, Glendora, Calif) serisi metal premolar braketler kullanıldı. Kimyasal adeziv olarak Rely-a-Bond (Reliance Orthodontic Products, Inc., Ill, USA), ışınla sertleşen adeziv olarak da Light Bond (Reliance Orthodontic Products, Inc., Ill, USA) kullanıldı. Işın cihazı olarak MiniL.E.D.<sup>TM</sup> (Satelec, Merignac, France) ve Heliolux DLX (Vivadent ETS, Schaan, Liechtenstein) cihazları kullanıldı.

Rasgele seçilmiş 15 premolar dişten oluşan üç grup oluşturuldu.

- Grup 1: 15 premolar braket Rely-a-Bond ile kimyasal olarak yapıştırıldı.
- Grup 2: 15 premolar braket Light Bond ile ve halojen cihazı ile yapıştırıldı. Bonding sürüldükten sonra diş yüzeyi 20 saniye, braket tabanı 10 saniye, braket dişe yerleştirildikten sonra da 40 saniye (20 saniye mezial, 20 saniye distal yüzey) ışın tutuldu.
- Grup 3: 15 premolar braket Light Bond ile ve LED cihazı ile yapıştırıldı. Bonding sürüldükten sonra diş yüzeyi 20 saniye, braket tabanı 10 saniye, braket dişe yerleştirildikten sonra da 40 saniye (20 saniye mezial, 20 saniye distal yüzey) ışın tutuldu.

Kablosuz LED cihazı her bir örnek polimerize edildikten sonra şarj cihazına yerleştirildi. Braket yapıştırma işleminden sonra bütün örnekler distile su içinde ve oda sıcaklığında 24 saat bekletildi.

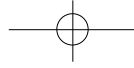
Her bir örnek Universal test makinesine (Lloyd; Fareham, Hants, England) yerleştirildi.

0.1% thymol solution at room temperature. Each tooth was individually and perpendicularly embedded in auto polymerizing acrylic resin (Meliodent, Herause Kulzer, Hanau, Germany). The mounted specimens were kept in distilled water and at room temperature except during the bonding and testing procedures. Before bonding, the facial surfaces of the teeth were cleaned with a mixture of water and pumice. The teeth were rinsed thoroughly with water and dried with oil and moisture-free compressed air. Each tooth was etched with 37% phosphoric acid gel for 30 seconds. Then, all of the teeth were rinsed with water/spray combination and dried until a frosty white etched area was observed. Stainless steel orthodontic bicuspid brackets (Ormco Corp, Glendora, Calif) with 9.63 mm<sup>2</sup> surface area were bonded with a LC composite resin Light Bond (Reliance Orthodontic Products, Inc, Itasca, Ill, USA). MiniLED<sup>TM</sup> (Satelec, Merignac, France) and Heliolux DLX (Vivadent ETS, Schaan, Liechtenstein) were used as curing units. Three groups each consisting randomly selected 15 premolar teeth were formed.

- Group 1 15 bicuspid brackets were chemically bonded with Rely-a-Bond.
- Group 2 15 bicuspid brackets were bonded with Light Bond and halogen light. After application of sealant, tooth surface was cured for 20 seconds; bracket base was cured for 10 seconds. After bracket positioning, specimens were cured for 40 seconds (20 seconds on the mesial and 20 seconds on the distal surfaces of the brackets).
- Group 3 15 bicuspid brackets were bonded with Light Bond and LED. After application of sealant, tooth surface was cured for 20 seconds, bracket base was cured for 10 seconds. After bracket positioning, specimens were cured for 40 seconds (20 seconds on the mesial and 20 seconds on the distal surfaces of the brackets).

The cordless LED light curing unit was returned to battery charger after each specimen was polymerized. After bonding, the teeth were stored in distilled water and at room temperature for 24 hours.

Each specimen was loaded into a



yanım kuvveti, sıyırma modunda ve 0.5 mm/dk crosshead hızı ile tespit edildi. Kırılma kuvvet değerleri (N) kaydedildi ve daha sonra braket yüzey alanına bölünerek megapaskal (MPa) cinsine çevrildi.

Ortalama, standart deviasyon, standart hata, minimum ve maksimum değerleri içeren tanımlayıcı istatistikler her grup için ayrı ayrı hesaplandı. Gruplar arasındaki farkların tespiti için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey çoklu karşılaştırma testlerinden yararlanıldı. Bütün istatistik testler için önem sınırı  $p < .05$  olarak belirlendi. Bütün hesaplamalar SPSS 11.0.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) programı ile gerçekleştirildi.

### BULGULAR

Üç gruba ait tanımlayıcı istatistik değerler Tablo 1'de sunulmuştur. En yüksek bağlanma dayanım değerleri LED grubunda (Grup 3) en düşük değerler ise halojen grubunda (Grup 2) tespit edilmiştir. Varyans analizine göre gruplar arasında farklılıklar anlamlıdır ( $p < .05$ ) (Tablo 2). Tukey çoklu karşılaştırma testine göre ise bu

was positioned to make contact with the bonded specimen. Bond strength was determined in the shear mode at a crosshead speed of 0.5 mm/min. Values of failure loads (N) were recorded and converted into megapascals (MPa) by dividing the failure load (N) by the surface area of the bracket base.

Descriptive statistics, including the mean, standard deviation, standard error, minimum and maximum values were calculated for each of the groups tested. One-way analysis of variance (ANOVA) and Tukey multiple comparison tests were used to compare shear bond strengths of the groups. Significance for all statistical tests was predetermined at  $p < .05$ . All statistics were performed with SPSS version 11.0.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

### RESULTS

The descriptive statistics for the three groups are presented in Table 1. The highest shear bond strengths were measured in LED

**Tablo 1:** Grupların bağlanma dayanım değerlerine (MPa) ait tanımlayıcı istatistikleri. SD: Standart Sapma SE: Standart Hata.

	N	X	SD	SE	Min	Max
Grup 1 (Kimyasal) Group 1 (Chemically)	15	20.33	6.91	1.78	10.59	31.60
Grup 2 (Halojen) Group 2 (Halogen)	15	17.38	5.41	1.40	10.57	29.20
Grup 3 (LED) Group 3 (LED)	15	23.86	6.20	1.60	14.76	38.26

**Table 1:** Descriptive statistics for shear bond strengths of groups SD: Standard Deviation SE: Standard Error.

**Tablo 2:** Gruplara ait bağlanma dayanım değerlerinin (MPa) varyans analizi ile karşılaştırılması.

Grup 1		Grup 2		Grup 3		Post-hoc test			
X	Sd	X	Sd	X	Sd	Sig.	I-II	I-III	II-III
20.33	6.91	17.38	5.41	23.86	6.2	0.012	ns	ns	*

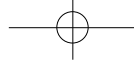
**Table 2:** Comparison of groups with ANOVA.

farklılık LED grubu (Grup 3) ile halojen grubu (Grup 2) arasında anlamlıdır. LED grubu (Grup 3) ile kimyasal grubu (Grup 1) arasında bir fark bulunamamıştır.

### TARTIŞMA

LED cihazlarının diş hekimliğinde kullanılmaya başlanması ile birlikte, diğer bilim dallarında olduğu gibi ortodontide kullanımı ile ilgili çalışmalar da gerçekleştirilmeye başlamıştır. Bu çalışmalarda genel olarak LED cihazları ve

group (Group 3) while lowest values were determined in halogen group (Group 2). Analysis of variance (ANOVA) indicated a significant difference between groups ( $p < .05$ ) (Table 2). According to Tukey multiple comparison test, this difference is significant between LED (Group 3) and halogen (Group 2) groups. No significant difference was found between LED (Group 3) and chemical (Group 1) groups.

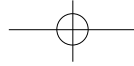


mıştır (4-7). Bu çalışmalardan birinde, Dunn ve Taloumis (4) gerek LED ile gerekse halojen ışın kaynakları ile yapıştırılmış metal ortodontik braketlerin bağlanma dayanımları arasında belirgin bir fark bulamamışlardır. Bishara ve arkadaşları (5) ise LED cihazlarının klinisyenlere, yüksek bağlanma dayanımının yanında, aynı ışınla 2 braketi yapıştırabilme avantajını da sunduğunu bildirmişlerdir. LED cihazlarının polimerizasyon süresi üzerine de literatürde çeşitli çalışmalar mevcuttur. Genelde, halojen cihazları ile 40 saniyelik polimerizasyon önerilmektedir. LED cihazlarının ise bu süreyi kısaltarak klinisyenlere önemli ölçüde vakit kazandıracığı öne sürülmektedir. Bizim çalışmamızda kullandığımız MiniLED cihazında da 20 saniyelik bir polimerizasyon süresi önerilmektedir. Bu konu ile ilgili yapmış olduğu çalışmasında Swanson ve arkadaşları (6) LED cihazları ile 40, 20 ve 10 ar saniyelik polimerizasyona uğratılan braketlerin bağlanma dayanımlarını karşılaştırmışlar, her ne kadar 10 saniyelik sürede bile klinik açıdan yeterli bağlanma sağlanmış olsa bile, daha uzun süreleri tavsiye etmişlerdir. Benzer bir çalışmada Üşümez ve arkadaşları (7) LED cihazı ile 20 saniyelik polimerizasyonun halojen cihazı ile gerçekleştirilen 40 saniyelik polimerizasyonla benzer sonuçlar doğurduğunu, fakat LED cihazı ile 10 saniyelik polimerizasyonda braket bağlanma dayanım değerlerinde önemli ölçüde azalma gözlediklerini bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda ise polimerizasyon süresi 40 saniye (20 mesialden, 20 distalden) olarak belirlenmiştir. Araştırmamızın sonuçlarına göre, LED grubunda en yüksek bağlanma dayanım değerleri tespit edilmiştir. İkinci olarak kimyasal sertleşen adezivlerle yapıştırılmış braketlerin hemen hemen LED ile yapıştırılan braketler kadar tutucu olduğu görülmektedir. Çalışmamızda halojen ışın kaynağı ile yapıştırılan braketlerin ise diğer gruplara göre daha düşük bağlanma dayanım değerlerine sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu sonuç yetersiz polimerizasyon süresine veya braket tabanında ışığın ulaşmadığı, dolayısıyla polimerize olamayan adeziv tabakasının varlığına bağlanabilir (8). Benzer sonuçlar, Greenlaw ve arkadaşlarının (8), Toledano ve arkadaşlarının (9) ve King ve arkadaşlarının (10) yaptıkları çalışmalarda da elde edilmiştir. Araştırmacılar, kimyasal olarak sertleşen adezivlerle

rise to researches about its use in orthodontics, as well as other scientific branches. In these studies, generally the bond strengths of brackets cured with LED and halogen curing lights were compared (4-7). In one of these studies, Dunn and Taloumis (4) reported no significant difference in bond strength of metal orthodontic brackets bonded to tooth enamel with LED or halogen-based light-curing units. Bishara et al. (5) reported that besides higher bond strengths LED light curing devices also offered clinicians an advantage of light curing two orthodontic brackets with the same light exposure.

Several studies about the polymerization times of the LED units existed in the literature. Generally, 40 seconds of polymerization is recommended with halogen units. It is suggested that LED units offer shorter periods of curing to the clinicians. For MiniLED unit used in this study, 20 seconds of polymerization is recommended. Swanson et al (6) compared shear bond strengths of orthodontic brackets bonded with LED curing units for 40, 20 and 10 seconds. They found clinically satisfactory shear bond strengths even with a 10-second cure, but recommended longer periods of curing. In a similar study, Üşümez et al. (7) suggested that 20 seconds of LED exposure might yield shear bond strengths comparable with those obtained with halogen-based units in 40 seconds. However, they also reported significantly decreased values with 10 second LED curing.

In our study, total polymerization time was equal to 40 seconds (20 seconds for mesial and distal, each). According to the results, the highest shear bond strengths were measured in the LED group. Secondly, brackets bonded with chemically cured adhesives yielded values nearly as high as those polymerized with LED. Lower values of shear bond strengths were determined in halogen group when compared with the other groups. This result may be due to inadequate polymerization and resultant unpolymerized adhesive layer in the bracket base (8). Similar results were reported in researches of Greenlaw et al. (8), Toledano et al. (9) and



lara göre daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Diğer yandan Joseph ve Rossouw (11), polimerizasyondan 1 hafta sonra, ışınla sertleşen kompozitlerin kimyasal sertleşen kompozitlere benzer bağlanma dayanımı sağladıklarını bildirmişlerdir. Fakat bu araştırmaların hepsinde, kullanılan adeziv, braket, diş, ışın kaynağı, ışın süresi ve ortam farklılık göstermektedir. Literatürdeki çelişkili sonuçların da bu bağlamda değerlendirilmesi gerekmektedir.

Literatürde 6.5 ile 10 N/mm<sup>2</sup> arasında braket bağlanma dayanımlarının ortodontik kuvvetleri karşılama yeterli olduğu bildirilmektedir (12-13). Çalışmamızda, her ne kadar gruplara ait ortalama değerler arasında fark bulunsa da, her üç yöntemle de yapıştırılan braketlerin bağlanma dayanımlarının yeterli olduğu görülmektedir.

### SONUÇ

- Her üç yöntemle elde edilen braket bağlanma dayanım değerleri klinik ortamda ortodontik kuvvetleri karşılama yeterli olabilecek sınırlar içerisindeydi.
- En yüksek bağlanma dayanım değerleri LED ile polimerizasyonda elde edilirken, en düşük değerler ise halojen ışın kaynağı ile polimerize edilen örneklerde saptanmıştır.

cured adhesives were higher than of those bonded with light cured adhesives. On the other hand, Joseph and Rossouw (11) reported that 1 week after polymerization; light cured adhesives yielded bond strengths values similar to chemically cured adhesives. However, in all of these researches, differences existed in adhesives, brackets, teeth, light sources, polymerization types and environment. Conflicting results in literature should be evaluated considering these differences.

In literature, it is reported that bond strength values between 6.5 and 10 N/mm<sup>2</sup> are sufficient to withstand orthodontic forces (12-13). In our study, although significant differences existed between mean values of the groups, bond strengths of the brackets bonded with all three methods were sufficient.

### CONCLUSION

- Each bonding method yielded sufficient bond strength values to withstand orthodontic forces in clinical circumstances.
- Highest values of shear bond strengths were determined with LED polymerization, while lowest values were obtained from the specimens polymerized with halogen light.

### KAYNAKLAR/REFERENCES

1. Yoon TH, Lee YK, Lim BS, Kim CW. Degree of polymerization of resin composites by different light sources. *J Oral Rehabil* 29:1165-1173, 2002.
2. Mills RW, Jandt KD, Ashworth SH. Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology. *Br Dent J* 186:388-391, 1999.
3. Haitz RH, Craford MG, Wiessman RH. *Handbook of Optics*. Vol 2. New York, NY: McGraw Hill 12.1-12.9, 1995.
4. Dunn WJ, Taloumis LJ. Polymerization of orthodontic resin cement with light-emitting diode curing units. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 122:236-241, 2002.
5. Bishara SE, Ajlouni R, Oonsombat C. Evaluation of a new curing light on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Angle Orthod* 73:431-435, 2003.
6. Swanson T, Dunn WJ, Childers DE, Taloumis LJ. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded with light-emitting diode curing units at various polymerization times. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 125:337-341, 2004.
7. Joseph VP, Rossouw E. The shear bond strengths of stainless steel and ceramic brackets used with chemically and light-activated composite resins. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 97:121-125, 1990.
8. Greenlaw R, Way DC, Galil KA. An in vitro evaluation of a visible light-cured resin as an alternative to conventional resin bonding systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 96:214-220, 1989.
9. Toledano M, Osorio R, Osorio E, Romeo A, de la Higuera B, Garcia-Godoy F. Bond strength of orthodontic brackets using different light and self-curing cements. *Angle Orthod* 73:56-63, 2003.
10. King L, Smith RT, Wendt SL Jr, Behrens RG. Bond strengths of lingual orthodontic brackets bonded with light-cured composite resins cured by transillumination. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 91:312-315, 1987.
11. Joseph VP, Rossouw E. The shear bond strengths of stainless steel and ceramic brackets used with chemically and light-activated composite resins. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 97:121-125, 1990.
12. Lopez JL. Retentive shear strengths of various bonding attachment bases. *Am J Orthod* 77:669-678, 1980.
13. Sunna S, Rock WP. Clinical performance of Angle Orthod 74:259-263, 2004.