

Işık Uygulama Tekniklerinin Braket-Kompozit Bağlanma Dayanımına Etkisinin Değerlendirilmesi

Evaluation of the Effect of Light Application Techniques on Bracket-Composite Bond Strength

Kader Tatar*¹, Saadet Çınarsoy Çiğirim¹, Hüseyin Melik Büyük¹, Gönül Dinç¹, Jamil Bayzed¹

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Van, Türkiye

Atf: Tatar K, Çınarsoy Çiğirim S, Büyük HM, Dinç G, Bayzed J. (2024). Işık uygulama tekniklerinin braket-kompozit bağlanma dayanımına etkisinin değerlendirilmesi. *Van Sağlık Bilimleri Dergisi*, 17(2),89-96.

ABSTRACT

Objective: The fixed orthodontic treatment approach relies on transmitting the desired forces to the teeth through brackets attached to them. The ability of orthodontic brackets to resist forces without detachment is crucial for achieving successful outcomes. The composites used in bonding brackets to teeth exhibit polymerization-related shrinkage and stress formation, adversely affecting bond strength. Our study aims to assess the effect of different application techniques of polymerization light sources on the bond strength between brackets and composites.

Material and Method: For this study, premolar metal orthodontic brackets were embedded in acrylic blocks with the base portion positioned 1mm above. A 3mm high layer of an adhesive composite was applied to the bracket base surface. Polymerization was carried out using the LED light source with three available light application modes: P1 normal mode (continuous and constant light emission), P4 pulse mode (light applied intermittently at specific intervals), and P5 ramp mode (starts with low light intensity and gradually increases over time), applied for 20 seconds. Thus, a total of 45 samples were prepared, with 15 samples for each of the three light application modes. All groups were incubated in distilled water at 37°C for 24 hours. The values at the moment of rupture of the samples placed in the testing device were recorded to measure shear bond strength. The surfaces of the detached brackets were examined under a microscope, and the remaining composite amounts were scored according to the Adhesive Remnant Index (ARI).

Results: Statistical significance was observed in shear bond strength values among P1, P4, and P5 light application modes ($p=0.011$; $p<0.05$). The values for P4 light mode were not statistically significant compared to P1 light mode ($p=0.542$; $p>0.05$). The P5 ramp mode showed a higher bond strength value than the other two groups. In all three groups, more than 50% of the composite remained on the bracket surface, as examined by the Adhesive Remnant Index.

Conclusion: The P5 ramp mode, with gradually increasing light intensity in the polymerization technique, provides a better connection between brackets and composites, preventing common bracket detachment in clinically fixed orthodontic treatments and ensuring more successful and sustainable outcomes.

Keywords: Orthodontic Bracket, Composite Resin, Polymerization Shrinkage

ÖZET

Giriş: Sabit ortodontik tedavi yaklaşımı, dişlere yapıştırılan braketler aracılığıyla tedavi için istenen kuvvetlerin dişlere iletilmesi esasına dayanır. Ortodontik braketlerin tedavi süresince maruz kalacağı kuvvetlere karşı kopmadan direnç göstermesi başarılı sonuçlar elde etmek açısından önemlidir. Braketlerin dişlere yapıştırılmasında kullanılan kompozitlerin polimerizasyona bağlı büzülme ve stres oluşumu bağlanma dayanımını olumsuz etkilemektedir. Çalışmamız, polimerizasyon ışık kaynağının farklı uygulama tekniklerini kullanarak braket ile kompozit arasındaki bağlanma dayanımına etkisini değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Materyal ve Metot: Çalışma için premolar metal ortodontik braketler taban kısımları 1mm yukarıda kalacak şekilde akrilik bloklara gömülmüştür. Braket taban yüzeyine 3mm yükseklikte yapıştırma kompoziti yerleştirilmiştir. Polimerizasyon için bir LED ışık cihazının mevcut üç ışık uygulama modu; P1 normal mod (sürekli ve sabit bir ışık yayma durumu), P4 pulse mod (ışık, belirli aralıklarla kesintili uygulanır) ve P5 ramp modu (düşük bir ışık şiddetiyle başlar ve zamanla bu şiddeti artar) seçilerek 20 saniye boyunca ışık uygulanmıştır. Böylece bu üç ışık uygulama modunda 15'er örnek olmak üzere toplamda 45 örnek hazırlanmıştır. Tüm gruplar 24 saat 37°C'de distile suda etüvde bekletilmiştir. Makaslama bağlanma kuvvetlerini ölçmek için test cihazına yerleştirilen örneklerin kopma anındaki değerleri kaydedilmiştir. Kopan braketlerin yüzeyi bir mikroskop altında incelenerek Artık Adeziv İndeksine (AAİ) göre kalan kompozit miktarları skorlanmıştır.

Bulgular: P1, P4 ve P5 ışık uygulama modlarında kesme bağlanma kuvvetleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır ($p=0,011$; $p<0,05$). P1 ışık moduna göre P4 ışık modu değerleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p=0,542$; $p>0,05$). P5 ramp modu diğer iki gruptan daha yüksek bağlanma değeri göstermiştir. Adeziv Artık İndeksine göre incelenen braket yüzeylerinde her üç grupta da kompozitin %50 sinden fazlası braket yüzeyinde kalmıştır.

Sonuç: P5 ramp modu ışık şiddetinin giderek arttığı polimerizasyon tekniğinde braket-kompozit arasında daha iyi bir bağlantı sağlanması ile klinik olarak sabit ortodontik tedavilerde sık karşılaşılan braketlerin kopmasının önüne geçilerek daha başarılı tedaviler sürdürülebilir.

Anahtar kelimeler: Ortodontik Braket, Kompozit Resin, Polimerizasyon Büzülmesi

* Sorumlu yazar: Kader Tatar. E-mail: kader.tatar@hotmail.com.

ORCID: Kader Tatar: 0000-0002-9320-1500, Saadet Çınarsoy Çiğirim: 0000-0002-4384-0929, Hüseyin Melik Büyük: 0000-0002-5846-3177, Gönül Dinç: 0000-0003-4699-1543, Jamil Bayzed: 0000-0003-2102-2017

Geliş: 04.02.2024, Kabul: 15.06.2024 ve Basım:30.08.2024

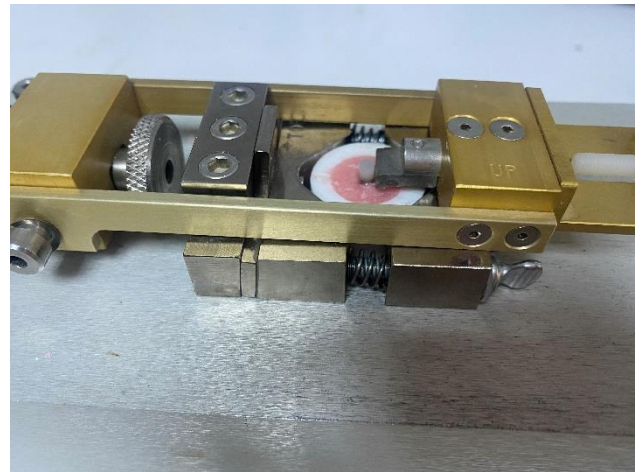
GİRİŞ

Sabit ortodontik tedavilerde kullanılan braketlerin dişlere yapıştırılması ve diş ile braket arasındaki bağlantının güçlü olması başarılı sonuçlar elde etmek açısından önemlidir. Braket tabanı ile yapıştırıcı arasındaki bağlantı, ortodontik kuvvetleri ve çiğneme kuvvetlerini etkili bir şekilde dağıtabilmeli ve tedavi tamamlandığında kolayca çıkarılabilmelidir (Knox ve ark., 2000). Tedavi sürecinde braketlerin diş yüzeyinden ayrılması tedavi sürecinin daha fazla zaman ve çaba gerektirmesine neden olabilir. Bu nedenle ortodontik tedavide, diş yüzeyine yapıştırılan braketlerin bağlanma dayanıklılığının artırılması yönünde yoğunlaşmıştır (Aksoy ve Şahin, 2018). Bağlanma dayanıklılığına, kullanılan adeziv tipi ve kalınlığı, kompozit tipi ve yüzey özellikleri, braket tipi ve geometrisi, kompozitin yaşı, yapıştırma öncesi uygulanan çeşitli yüzey pürüzlendirme yöntemleri, uygulanan polimerizasyon yöntemleri gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir (Tezcanlı, 2022). Günümüzde, braketleri yapıştırmak için genellikle ışıkla polimerize olan adezivlerin ve hızlı ışık kaynaklarının kullanıldığı direkt yapıştırma tekniği yaygın olarak kullanılmaktadır (Keim ve ark., 2002). Işıklı polimerize olan adezivler çalışma süreleri sayesinde, braketin konumunun doğruluğunu kontrol etmek için klinisyenlere zaman kazandırmaktadır (Aksoy ve Şahin, 2018; Balakrishnan ve ark., 2022). Ancak uygulama süresini kısaltmak ve daha derin polimerizasyon sağlamak amacıyla kullanılan yüksek ışık şiddetine sahip cihazlar beraberinde bazı endişeler de getirmiştir. Polimerizasyon çok hızlı olacağından kompozit alana yayılamaz. Bu yüzden polimerizasyon büzülme değerleri artar ve büzülme stresleri bağlanma yüzeyine iletilir (Bektaş ve Siso, 2006). Polimerizasyon stresleri, bağlanma yüzeylerinde boşluk oluşturarak mikrosızıntıya ve bağlanma dayanımının azalmasına neden olabilmektedir (Gonçalves ve ark., 2011; Kwon ve ark., 2011; Sakaguchi, 2012). Bu problemleri azaltmak amacıyla farklı ışık uygulama teknikleri geliştirilmiştir. Kompozit yüzeyine ilk düşük ışık enerjisinin gelmesi ile polimerizasyon büzülmesi ve iç streslerin azaldığı yönündeki bulguların elde edilmesi ile soft-start ve pulse delay adı verilen teknikler geliştirilmiştir. Soft-start polimerizasyon ile kompozit birkaç saniye düşük ışık yoğunluğuna maruz bırakılırken devamında ışık yoğunluğu arttırılarak polimerizasyon sonlandırılır (Ilie ve ark., 2006). Pulse-delay yönteminde ışık kaynağının ilk olarak bir ön ışık darbesi gönderildikten sonra belirli bir süre gecikme eklenir ve ardından ana ışık enerjisi verilir (Schneider ve ark., 2010). Böylelikle sertleşme oranının yavaşlatılarak viskoelastik yapıdaki kompozitin akması için zaman kazanılması ile büzülme streslerinin kontrol edilmesi sağlanacaktır (Mehl ve ark., 1997; Caughman ve Rueggeberg, 2002). Bu çalışma, polimerizasyon büzülmesi gösteren kompozitlerin braket yapıştırma işlemi sırasında kullanımında, farklı ışık uygulama yöntemlerinin braket ile kompozit arasındaki bağlanma dayanımına olan etkisini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Işığın

yoğunluğu ve hızının, braketin kompozitle olan bağlanma gücü üzerindeki potansiyel etkilerini inceleyerek, klinik uygulamalarda daha etkili ve güvenilir braket bağlanmalarının nasıl sağlanabileceğine dair önemli bir anlayış sunmayı hedeflemekteyiz.

MATERYAL ve METOT

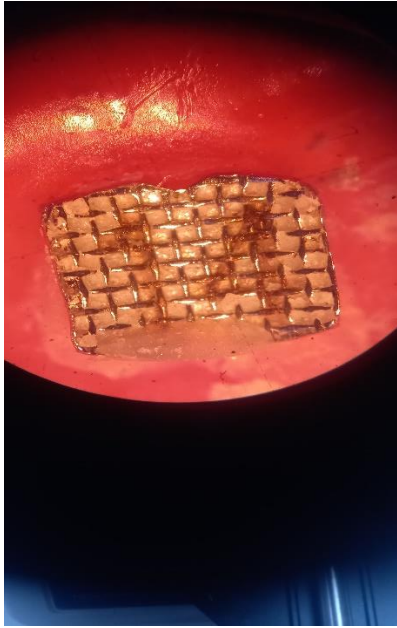
Çalışma için premolar metal ortodontik braketler (Leone 0, 0018'slot, İtalya) taban kısmı 1mm yukarıda kalacak şekilde akrilik bloklara gömülmüştür. Braket taban yüzeyine 3mm yükseklikte Transbond XT (3M Unitek Monrovia, CA, ABD) yapıştırıcı kompozit yerleştirilmiştir (Aktürk ve ark., 2014). Bunun için şeffaf esnek 4 mm yüksekliğinde silindir makaronlar kesilerek braketlerin etrafı çevrelenip kompozit tabancası yardımıyla braket tabanı üzerine kompozit kütlesi yerleştirilmiştir. Polimerizasyon için LED (Eighteenth CuringPen-E) ışık kaynağının ucu 1 mm mesafe ile braket tabanına yerleştirilen kompozit üzerine ışınlanmıştır. Işık cihazında P1 normal mod (sürekli ve sabit bir ışık yayma durumu), P4 pulse mod (ışık, belirli aralıklarla kesintili uygulanır) ve P5 ramp modu (düşük bir ışık şiddetiyle başlar ve zamanla bu şiddeti artar) modları seçilerek 20 saniye boyunca ışık uygulanmıştır. Böylece bu üç ışık uygulama modunda 15'er örnek olmak üzere toplamda 45 örnek hazırlanmıştır. Bu örnek sayısı, istatistiksel güce ulaşmak ve veri değişkenliğini kontrol etmek için özenle seçilmiştir. Polimerizasyon sonrası kompozit örneklerin etrafındaki şeffaf makaronlar bistöri ucuyla kesilerek uzaklaştırılmıştır. Bütün gruplar yeterli su emiliminin olması için 24 saat 37°C'de distile suda etüvde bekletilmiştir. Kesme bağlanım kuvvetlerini ölçmek için test cihazına (Bisco, Inc. Schaumburg, A.B.D) yerleştirilen örneklerin kopma anındaki değerleri Newton (N) cinsinden kaydedilip daha sonra bu kuvvetler braketin kaide alanına bölünerek megapaskal (1 MPa=1 N/mm²) cinsinden değerlendirilmiştir (Şekil 1.).



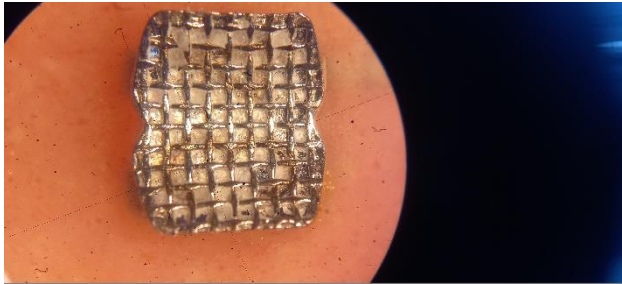
Şekil 1. Braket tabanına yerleştirilmiş kompozitin kesme dayanım testi

Kopan braketlerin yüzeyi bir mikroskop (Mitutoyo, Japonya) altında incelenerek Artık Adeziv İndeksine (AAİ) göre kalan kompozit miktarları skorlanmıştır (Şekil 2., Şekil 3. ve Şekil 4.). AAİ skoru: 0=kompozitin tamamı braket taban yüzeyinde kaldı,

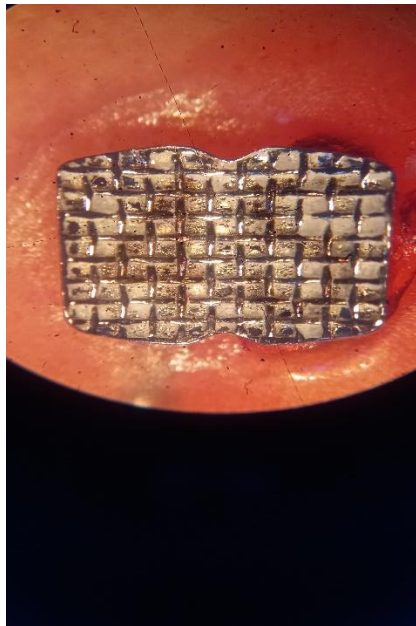
1=kompozitin yarısından fazlası braket taban yüzeyinde kaldı, 2= kompozitin yarısından azı braket taban yüzeyinde kaldı, 3=braket taban yüzeyinde kompozit kalmadı (Artun ve Berglan, 1984).



Şekil 2. Mikroskopta görülen braket tabanında kalan kompozit miktarı, AAİ skoru 0



Şekil 3. Mikroskopta görülen braket tabanında kalan kompozit miktarı, AAİ skoru 1



Şekil 4. Mikroskopta görülen braket tabanında kalan kompozit miktarı, AAİ skoru 2

İstatistiksel Analiz

SPSS 2027 programı kullanılarak istatistiksel analiz yapıldı. Çalışma verileri değerlendirilirken, nicel değişkenler ortalama, standart sapma, medyan, Q1 ve Q3 değerleriyle gösterildi. Verilerin normal dağılıma uygunlukları Shapiro Wilks testi ile değerlendirilmiştir. Takiplere göre grup içi karşılaştırmalarda, normal dağılım gösteren değişkenlerde Repeated Measures test, post hoc karşılaştırmalarında Bonferroni test kullanıldı. Sonuçlar % 95'lik güven aralığında, anlamlılık $p < 0.05$ düzeyinde değerlendirildi.

BULGULAR

P1, P4 ve P5 ışık uygulama modlarında kesme bağlanma kuvvetleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır ($p=0,011$; $p < 0,05$), (Tablo 1. ve Şekil 5.). Anlamlılıklar incelendiğinde P1 göre P4 değerleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p=0,542$; $p > 0,05$). P1 göre P5 değerlerindeki $9,79 \pm 14,11$ birimlik artış istatistiksel olarak anlamlı saptanmıştır ($p=0,018$; $p < 0,05$). P4 göre P5 değerlerindeki $12,00 \pm 17,54$ birimlik artış istatistiksel olarak anlamlı saptanmıştır ($p=0,019$; $p < 0,05$)

Tablo 1: P1, P4 ve P5 Işık Modlarına Göre Bağlanma Değerlerinin Karşılaştırması

P1	Ort±Ss	48,87±10,81
	Medyan (Q1-Q3)	48,3 (40,2-54,7)
P4	Ort±Ss	46,66±11,38
	Medyan (Q1-Q3)	42,8 (38,1-53,5)
P5	Ort±Ss	58,66±14,63
	Medyan (Q1-Q3)	53,9 (48,3-70,6)
	^a p	0,011*
Değişim Δ		
P1-P4	Ort±Ss	-2,21±13,71
	^{aa} p	0,542
P1-P5	Ort±Ss	9,79±14,11
	^{aa} p	0,018*
P4-P5	Ort±Ss	12,00±17,54
	^{aa} p	0,019*

^aRepeated Measures Test & ^{aa}Bonferroni Test

* $p < 0,05$, değer birimi: Newton

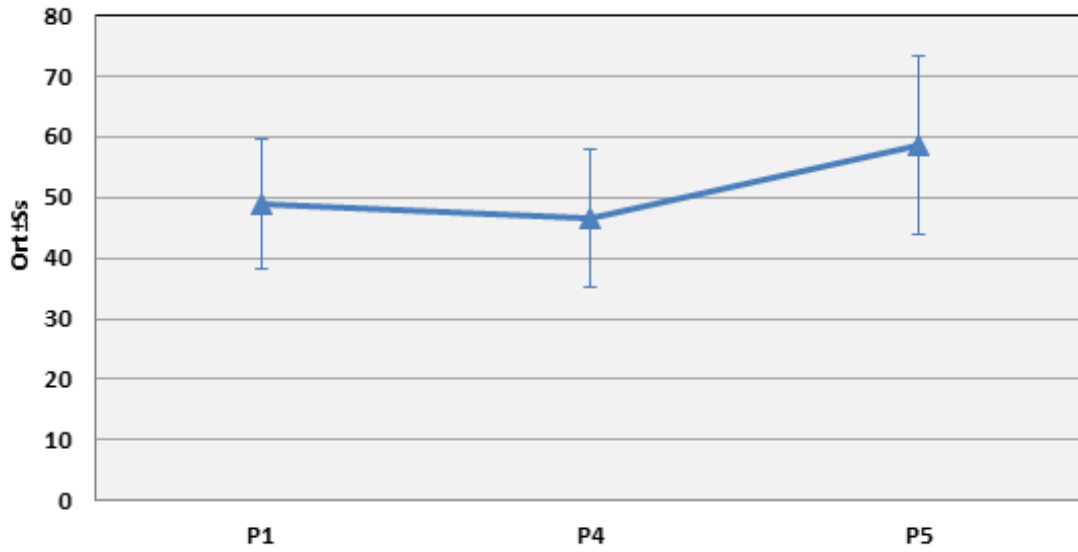
Premolar metal braketlerin taban alanı $8,91 \text{ mm}^2$ olarak ölçülmüştür. Elde edilen kuvvetler taban alanına bölünerek oluşan stresler hesaplanmıştır. P1 ışık modunda oluşan en düşük $3,7 \text{ MPa}$, en yüksek $7,9 \text{ MPa}$ ve ortalama stres değerleri $5,4 \text{ MPa}$, P4 ışık modunda en düşük $3,2 \text{ MPa}$, en yüksek $7,6 \text{ MPa}$ ve ortalama stres değerleri $5,2 \text{ MPa}$ ve P5 ışık modunda en düşük $4,6 \text{ MPa}$, en yüksek $10,3 \text{ MPa}$ ve ortalama stres değerleri $6,5 \text{ MPa}$ olarak ölçülmüştür.

Bağlanma dayanımı testi sonrası kompozitlerin koptuğu braket tabanları mikroskop altında incelendi. AAİ skorlarına göre braketlerin

çoğunluğunda %50 den fazla kompozit artığı kaldığı saptandı. Gruplarda AAİ skorlarına göre dağılım Tablo 2' de gösterilmiştir.

Tablo 2: Artık Adeziv İndeks (AAİ) skorlarının gruplara göre dağılımı

	AAİ-0	AAİ-1	AAİ-2	AAİ-3
P1 normal ışık modu	2	13	0	0
P4 pulse ışık modu	2	12	1	0
P5 soft-start ışık modu	3	10	2	0



Şekil 5. P1, P4 ve P5 ışık moduna göre kuvvet dağılımı

TARTIŞMA

Çalışmamızın amacı, farklı ışık uygulama teknikleri kullanarak ortodontik braketlerin yapıştırıcı kompozite bağlanma dayanımlarını kıyaslamaktır. Ortodontik tedavilerde 6-8 MPa arasındaki braket bağlanma kuvvetlerinin yeterli olduğu bildirilmiştir (Sunna ve Rock, 1998). Bazı araştırmacılar ise 2,86 MPa'nın da kabul edilebilir olduğunu belirtmişlerdir (Valizadeh ve ark., 2020). Jafarzadeh ve ark. (2011), 5,4 MPa bağlanma kuvvetinin elde edildiği çalışmalarda %5 oranında braketlerde debonding oluştuğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada, en düşük bağlanma stres değeri 3,2 MPa ile P4 ışık modunda görülürken, en yüksek bağlanma stres değeri P5 ışık modunda 10,3 MPa olarak ölçülmüştür. Önceki çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda, her üç ışık modunda da braket ve kompozit arasında yeterli bağlanma değerleri elde edilmiştir.

Ortodontik braketlerin yapıştırılmasında en yaygın kullanılan yapıştırıcı sistemlerden biri olan Tranbond XT, klinik ve laboratuvar çalışmalarında sıklıkla tercih edilmektedir (Chapman, 2011; Condo ve ark., 2021; Hu ve ark., 2022). Yapılan klinik bir çalışmada, 6 aylık bir süre boyunca 190 braketten yalnızca 3'ünün koptuğu ve başarısızlık oranının %1,57 olduğu tespit edilmiştir (Romano ve ark., 2012). Bu çalışmada,

bağlantısı iyi olan bu kompozit rezin tercih edilerek farklı ışık modlarında polimerizasyon etkinliği değerlendirilmiştir.

Sturdevant ve ark. (1995), braketin yapıldığı malzemeye bağlı olarak, kompozit bağlanma mukavemeti değerinin mekanik testler sonucunda 17 ile 24 MPa arasında değişebileceğini göstermiştir. Katona (1997), bağlanma kuvvetinin ölçülmesinde farklı sonuçlar verebileceğini gösteren kapsamlı araştırmalar yapmıştır. Bu çalışmada, farklı materyalden yapılan braket çeşitliliğine bakılmadan metal braketler tercih edilmiştir.

Braketlerin kopma dayanımını değerlendiren *in vitro* çalışmalarda, braketler çekilmiş insan ya da hayvan dişleri üzerine yapıştırılarak testler yapılmıştır (Balakrishnan ve ark., 2022; Prylińska ve ark., 2022; Vattaparambil ve ark., 2022). Diş-kompozit-braket çalışmalarında iki yüzey diş ve braket arasında kompozit bağlantısı söz konusu iken bu çalışmada sadece braket yüzeyi ile kompozit arasında bir bağlantı söz konusudur. Braket ve diş minesindeki bağlantıda gerilimler homojen dağılmaz; uygulanan kuvvet ile ara yüzey arasında daha büyük lokal gerilimlerin oluşması muhtemelen mikro çatlakların oluşumuna ve dolayısıyla adeziv bağlantının başarısızlığına yol açabilmektedir (Katona ve Chen, 1994; Katona ve Moore, 1994). Bu

çalışmada kuvvetlerin kompozit kütlesinin üzerine uygulanması ve sadece braket kompozit ara yüzeyinde gerilim oluşması, bulgularımızı diğer çalışmalar ile kıyaslamada zayıf bırakabilir.

Ortodontik bağlanma üzerine yapılan çalışmaların sistematik incelemesi ve meta analizi, çoğu *in vitro* çalışmada örneklerin saklanması için distile su kullanıldığını ortaya koymaktadır (Finnema ve ark., 2010). Ortodontik braketlerin yapıştırılmasından 24 saat sonra elde edilen kesme bağlanma dayanıklılığı değeri ile 30 gün sonra elde edilen değer arasında önemli bir fark görülmediğinden, bu çalışmada örnekler polimerize edilip 24 saat distile suda bekletilmiş ve kesme bağlantı dayanımı için teste tabi tutulmuştur (McCourt ve ark., 1991; Hajrassie ve Kheir, 2007; Toodehzaeim ve ark., 2012).

Braketlerin direkt yapıştırma tekniğinde günümüzde en çok ışıkla polimerize olan kompozitler ve hızlı ışık kaynakları tercih edilmektedir. Geleneksel ışık cihazları 450-500 mW/cm² yoğunluğunda ışık üretirken, yüksek ışık şiddetine sahip cihazlar 1000 mW/cm²'nin üzerinde ışık üretme kapasitesine sahiptir. Yüksek ışık şiddetinde kaynakların kullanımı, geleneksel ışık kaynakları ile karşılaştırıldığında uygulama süresini kısaltması ve daha derin polimerizasyon sağlaması yönüyle avantaj sağlamaktadır (Mehl ve ark., 1997). Dolayısıyla bu çalışmada, 1200-3000 mW/cm² ışık yoğunluğuna sahip LED ışık cihazı (Eighteeth CuringPen-E) tercih edilmiştir.

Kompozitin yaşlanmasını simüle etmek için genellikle *in vitro* çalışmalarda termal siklus adı verilen ısıl döngü işlemi gerçekleştirilmektedir. Birçok çalışma, termal siklus uygulanmasının bağlanma gücünü önemli ölçüde azalttığını göstermiştir (Bektaş ve ark., 2012; Kiomarsi ve ark., 2017). Bu çalışmada yaşlandırma işlemi yapılmadan kesme testi yapılmıştır. Sonraki çalışmalarda termal siklus uygulanması, *in vivo* şartlara yaklaşması açısından faydalı olacaktır.

Ortodontik bağlanma kuvvetini değerlendirmek amacıyla yapılan mekanik testlerde, araştırmacıların çoğunluğu yüksek tekrarlanabilirliğe sahip olması nedeniyle "kesme" bağlanma kuvvetini tercih etmiştir. Bu bağlamda, çekme veya torsiyon kuvvetlerine kıyasla kesme testi daha güvenilir sonuçlar sunmaktadır (Heintze, 2013; Hellak ve ark., 2016; Arash ve ark., 2017; Pamukçu ve ark., 2018). Dolayısıyla bu çalışmada kesme bağlantı dayanım testi uygulandı.

Işıklı sertleşen kompozitlerde, sertleşme işlemi her zaman homojen olmaz. Yüzeyde yeterli ışık alan bölgelerde radikaller önce oluşur. Malzemenin yeterince akışkan olması, radikallerin tüm yapıya nüfuz ederek tam bir çapraz bağlanma sağlaması için kritiktir. Bu, homojen bir ağ yapısı oluşturur ve malzemenin uzun vadeli performansını ve mekanik özelliklerini iyileştirir (Porto ve ark., 2010; Armellin ve ark., 2016). Rüggeberg ve Jordan (1993), ışık

yoğunluğunun artmasıyla birlikte dolgu malzemesinde polimerizasyondan sorumlu serbest radikallerin daha fazla aktive olduğunu ve bu durumun dolgunun yapışma dayanımını doğrudan etkilediğini göstermişlerdir. Yüksek yoğunluklu LED ışık ve ışığın dişe en yakın konumda kullanılmasıyla yapılan çalışmalarda, dolgunun kayma bağlanma dayanımında artış gözlemlenmiştir.

Yüksek yoğunlukta ışık kaynaklarının kullanımı beraberinde bazı endişeler de getirmektedir; polimerizasyon çok hızlı olacağından kompozit büzülme miktarı artacak ve buna bağlı oluşacak iç stresler bağlanma dayanımını olumsuz etkileyecektir (Bektaş ve Siso, 2006). Araştırmacılar, polimerizasyon büzülmesi ile oluşacak streslerin önüne geçmek için polimerizasyon reaksiyonunun yavaşlatılması gerektiğini, bunun için düşük yoğunlukta başlayan polimerizasyon tekniklerinin (soft-start) kullanılmasını tavsiye etmişlerdir (Mehl ve ark., 1997). Bu çalışmada kullandığımız LED ışık cihazının (Eighteeth CuringPen-E) üç farklı modu kullanılmıştır; normal mod (P1) 1200 mW/cm² ışık yoğunluğu tuşa basılınca hemen çıkışı sağlanır, pulse modu (P4) 1200 mW/cm² ışık yoğunluğu tuşa basılınca anında çıkış sağlanır ve her 1 saniyede yanıp söner, ramp modu (P5) tuşa basıldığında ışık yoğunluğu kademeli olarak 0-1200 mW/cm²'ye yükselir. Bu çalışmada bu üç mod ayarlanarak 20 saniye boyunca ışık uygulanmıştır.

Standart ve soft-start tekniklerinin kompozit rezinlerin polimerizasyon büzülmesi üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği çalışmalarda, soft-start teknikle polimerize edilen kompozitlerde polimerizasyon büzülmesinin daha az olduğu saptanmıştır (Sakaguchi ve Berge, 1998; Obici ve ark., 2002; Bektaş, 2006). Ilie ve ark. (2006), polimerizasyon büzülmesi ile bağlanma dayanımı arasında önemli bir korelasyon olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada, soft-start tekniklerinden ramp modu P5 uygulanan örneklerde kompozit ve braket arasında en yüksek bağlanma değeri elde edilmiştir. Buna göre, yüksek bağlanma değeri gösteren P5 modundaki örneklerde daha az polimerizasyon büzülmesi olduğunu söyleyebiliriz. Ayrıca, standart mod P1 ve pulse mod P4 toplam enerji miktarı ramp mod P5 toplam enerji miktarından daha fazladır. Düşük enerji miktarı daha az polimerizasyon stresi oluşturarak braket-kompozit arasında bağlanmayı olumlu yönde etkilemiş olabilir. Bazı çalışmalarda ise standart ve soft-start tekniklerinin kompozit rezinlerde oluşturduğu etkiyi karşılaştırmış ve polimerizasyon büzülmesinde ışık uygulama teknikleri arasında fark bulamamışlardır (Koran ve Kurschner, 1998; Yap ve ark., 2001). Bu çalışmada ise standart mod P1 ve pulse mod P4 arasında bağlanma dayanımı açısından fark çıkmamıştır. Polimerizasyon hızını yavaşlatmak amacıyla uygulanan pulse modda 1'er saniye aralıklarla ışığın yanıp sönmeye, standart moda göre bir farklılık yaratmamıştır.

Mekanik testler sonucu kopan rezinin hem mine/yapışkan arayüzünde hem de braket/yapışkan arayüzünde lokalize olabilmektedir (Ishida ve ark., 2011; Pakshir ve ark., 2012; Kanashiro ve ark., 2014). Bu çalışmada ARI indeksine göre %50'den fazla rezin braket yüzeyinde kalmıştır ve çekilmiş diş kullanılmadığından sadece braket kompozit arayüzünde kopan rezinler incelenebilirdi

Çalışmamızın bazı sınırlamaları olduğunu kabul ediyoruz. Çalışma *in vitro* ortamda gerçekleştirildiğinden, tükürük, sıcaklık ve çiğneme gibi ağız ortamındaki faktörlerin braketlere ve kompozite etkisi değerlendirilememiştir. Diğer bir sınırlama da çalışmada braketlerin dişlere yapıştırılmamış olmasıdır. Bu durum, braketlerin kompozite bağlanma dayanımı üzerinde bir etkiye sahip olabilir. Daha doğru sonuçlar için braketlerin dişlere yapıştırıldığı klinik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Termal siklus uygulanmaması, kompozitin zamanla nasıl yaşlanacağını ve bu yaşlanmanın bağlanma dayanımını nasıl etkileyeceğini değerlendirmemizi engellemiştir. Bu çalışmada tek bir braket ve kompozit türü kullanılmıştır. Farklı braket ve kompozit türlerinin bağlanma dayanımı üzerinde farklı etkileri olabilir. Daha kapsamlı sonuçlar için farklı braket ve kompozit türleri ile testler yapılmalıdır.

Sonuç

Yüksek yoğunluklu LED ışın cihazıyla farklı ışınlama teknikleri ortodontik braketlerin kompozite bağlanma dayanımını etkilemektedir. Işık şiddetinin düşük başlayıp giderek arttığı P5 ramp yöntemi diğer yöntemlere göre daha sağlam braket kompozit bağlantısı sağlamıştır. Bu yöntemin klinik faydaları daha fazla araştırmayla kanıtlanmalıdır.

Çıkar Çatışması: Yazarlar herhangi bir kişi veya kuruluş ile çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Etik Onay

Çalışmanın etik kurul onayı, 29.11.2021 Tarihli, 21 oturum nolu ve 15 sayılı kararı ile Harran Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan alınmıştır.

KAYNAKLAR

- Aksoy A, Şahin Ş. (2018). Ortodontide kullanılan materyallerin ve adeziv sistemlerin tutuculuklarına genel bir bakış. *Black Sea Journal of Health Science*, 1(3), 58-69.
- Aktürk H, Gür G, Baltacıoğlu İH. (2014). Kompozit rezinin yüzey sertlik değerleri üzerine farklı ışık cihazlarının etkisi. *Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 41(3), 139-144.
- Arash V, Naghipour F, Ravadgar M, Karkhah A, Barati MS. (2017). Shear bond strength of ceramic and metallic orthodontic brackets bonded with self-etching primer and conventional bonding adhesives. *Electron Physician*, 9(1), 3584-3591.

- Armellini E, Bovesecchi G, Coppa P, Pasquantonio G, Cerroni L. (2016). LED curing lights and temperature changes in different tooth sites. *Biomedical Research International*, 2016:1894672.
- Artun J, Bergland S. (1984). Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. *American Journal of Orthodontics*, 85(4), 333-40.
- Balakrishnan A, Antony V, Shalooob M, Roshan G, Nayaz M, Parayaruthottam P et al. (2022). Effect of different light-tip distances on shear bond strength of orthodontic brackets cured with light-emitting diode and highintensity light-emitting diode. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 23(8), 775-780.
- Bektaş ÖÖ. (2006). Farklı Işık Kaynaklarının Ve Işık Uygulama Tekniklerinin Kompozit Rezinlerdeki Polimerizasyon Büzülmesi ve Dentine Bağlanma Dayanımlarına Etkisinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Bektas Ö, Eren D, Herguner Siso S, Akin GE. (2012). Effect of thermocycling on the bond strength of composite resin to bur and laser treated composite resin. *Lasers in Medical Science*, 27(4), 723-728.
- Bektaş Ö, Siso ŞH, Eren D. (2006). Işık kaynakları polimerizasyon ve klinik uygulamalar. *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 27(2), 117-124.
- Caughman WF, Rueggeberg FA. (2002). Shedding new light on composite polymerization. *Operative Dentistry*, 27(6), 636-8.
- Chapman JL. (2011). Bond failure rates of two self-ligating brackets: a randomised clinical trial. *Australasian Orthodontic Journal*, 27(2), 139-144.
- Condo R, Mampieri G, Ciof A, Cataldi ME, Frustaci I, Giancotti A et al. (2021). Physical and chemical mechanisms involved in adhesion of orthodontic bonding composites: *in vitro* evaluations. *BMC Oral Health*, 21,350
- Finnema KJ, Özcan M, Post WJ, Ren Y, Dijkstra PU. (2010). *In-vitro* orthodontic bond strength testing: a systematic review and meta-analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 137(5), 615-622.
- Gonçalves F, Azevedo CL, Ferracane JL, Braga RR. (2011). BisGMA/TEGDMA ratio and filler content effects on shrinkage stress. *Dental Materials*, 27(6), 520-526.
- Hajrassie MK, Kheir SE. (2007). *In-vivo* and *in-vitro* comparison of bond strengths of orthodontic brackets bonded to enamel and debonded at various times. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 131, 384-390.
- Harari D, Aunni E, Gillis I, Redlich M. (2000). A new multipurpose dental adhesive for orthodontic use: *in vitro* bond-strength study. *American Journal of Orthodontics Dentofacial Orthopedics*, 118(3), 307-310.

- Heintze SD. (2013). Clinical relevance of tests on bond strength, microleakage and marginal adaptation. *Dental Material*, 29(1), 59–84.
- Hellak A, Ebeling J, Schauseil M, Stein S, Roggendorf M, Korbmacher Steiner H. (2016). Shear bond strength of three orthodontic bonding systems on enamel and restorative materials. *Biomedical Research International*, 6307107. 27
- Hu B, Hu Y, Li X, Gao J, Sun R, Zhan D et al. (2022). Shear bond strength of different bonding agents to orthodontic metal bracket and zirconia. *Dental Materials Journal*, 41(5), 749–756.
- Ilie N, Kunzelmann KH, Hickel R. (2006). Evaluation of micro-tensile bond strengths of composite materials in comparison to their polymerization shrinkage. *Dental Materials*, 22(7), 593-601.
- Ishida K, Endo T, Shinkai K, Katoh Y. (2011). Shear bond strength of rebonded brackets after removal of adhesives with Er, Cr:YSGG. *Laser Odontology*, 99(2), 129–134.
- Jafarzadeh Kashi TS, Erfan M, Rakhshan V, Aghabaigi N, Tabatabaei FS. (2011). An *in vitro* assessment of the effects of three surface treatments on repair bond strength of aged composites. *Operative Dentistry*, 36(6), 608-17.
- Kanashiro LK, Robles-Ruíz JJ, Ciamponi AL, Medeiros IS, Tortamano A, JB Paiva. (2014). Influence of different methods of cleaning custom bases on the shear bond strength of indirectly bonded brackets. *Journal of Orthodontics*, 41(3), 175–180.
- Katona TR, Chen J. (1994). Engineering and experimental analyses of the tensile loads applied during strength testing of direct bonded orthodontic brackets. *American Journal of Orthodontics Dentofacial Orthopedics*, 106(2), 167–174.
- Katona TR, Moore BK. (1994). The effects of load misalignment on tensile load testing of direct bonded orthodontic brackets—a finite element model. *American Journal of Orthodontics Dentofacial Orthopedics*, 105(6), 543–551
- Katona TR. (1997). A comparison of the stresses developed in tension, shear peel, and torsion strength testing of direct bonded orthodontic brackets. *American Journal of Orthodontics Dentofacial Orthopedics*, 112(3), 244–251.
- Keim RG, Gottlieb EL, Nelson AH. (2002). JCO study of orthodontic diagnosis and treatment procedures. *Journal of Clinical Orthodontics*, 36(10), 553-568.
- Kiomarsi N, Saburian P, Chiniforush N, Karazifard MJ, Hashemikamangar SS. (2017). Effect of thermocycling and surface treatment on repair bond strength of composite. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 9(8), 945-951.
- Knox J, Hubsch P, Jones ML, Middleton J. (2000). The influence of bracket base design on the strength of the bracket cement interface. *Journal of Orthodontics*, 27(3), 249-54.
- Koran P, Kurschner R. (1998). Effect of sequential versus continuous irradiation of a light-cured resin composite on shrinkage, viscosity, adhesion, and degree of polymerization. *American Journal of Dentistry*, 11(1), 17-22.
- Kwon Y, Ferracane J, Lee IB. (2012). Effect of layering methods, composite type, and flowable liner on the polymerization shrinkage stress of light cured composites. *Dental Materials*, 28(7), 801-809.
- Mc Court JW, Cooley RL, Barnwell S. (1991). Bond strength of light cure fluoride-releasing base-liners as orthodontic bracket adhesives. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 100, 47-52.
- Mehl A, Hickel R, Kunzelmann KH (1997). Physical properties and gap formation of light-cured composites with and without 'softstart'-polymerization. *Journal of Dentistry*, 25(3-4), 321-330.
- Obici AC, Sinhoreti MA, de Goes MF, Consani S, Sobrinho LC. (2002). Effect of the photo-activation method on polymerization shrinkage of restorative composites. *Operative Dentistry*, 27(2), 192-198.
- Pakshir HR, Zarif Najaf H, Hajipour S. (2012). Effect of enamel surface treatment on the bond strength of metallic brackets in rebonding process. *European Journal of Orthodontics*, 34(6), 773–777.
- Pamukcu H, Ozsoy OP, Dagalp R. (2018). *In vitro* and *in vivo* comparison of orthodontic indirect bonding resins: a prospective study. *Niger Journal of Clinical Practice*. 21(5), 614–623.
- Porto IC, Soares LE, Martin AA, Cavalli V, Liporoni PC. (2010). Influence of the photoinitiator system and light photoactivation units on the degree of conversion of dental composites. *Brazilian Oral Research*, 24(4), 475–481
- Prylińska-Czyżewska A, Maciejewska-Szaniec Z, Olszewska A, Polichnowska M, Grabarek BO, Dudek D et al. (2022). Comparison of bond strength of orthodontic brackets onto the tooth enamel of 120 freshly extracted adult bovine medial lower incisors using 4 adhesives: A resin-modified glass ionomer adhesive, a composite adhesive, a liquid composite adhesive, and a one-step light-cured adhesive. *Medical Science Monitor*, 28, e938867
- Romano FL, Valério RA, Gomes-Silva JM, Ferreira JT, Faria G, Borsatto MC. (2012). Clinical evaluation of the failure rate of metallic brackets bonded with orthodontic composites. *Brazilian Dental Journal*, 23(4), 399–402.

- Rueggeberg FA, Jordan DM. (1993). Effect of light-tip distance on polymerization of resin composite. *International Journal of Prosthodontics*, 6(4), 364-370.
- Sakaguchi RL, Berge HX. (1998). Reduced light energy density decreases post-gel contraction while maintaining degree of conversion in composites. *Journal of Dentistry*, 26(8), 695-700.
- Sakaguchi R. (2012). Fundamentals of materials science. In: Sakaguchi RL, Powers JM (Editors). *Craig's Restorative Dental Materials*. 13th edition, Philadelphia, Mosby, 33-81.
- Schneider LF, Cavalcante, LM, Silikas N. (2010). Shrinkage Stresses Generated during Resin-Composite Applications: A Review. *Journal of Dental Biomechanics*, 1-14.
- Sturdevant C, Roberson T, Heuman H, Sturdevant J. (1995). *The art and science of operative dentistry*. Mosby: St. Louis.
- Sunna S, Rock WP. (1998). Clinical performance of orthodontic brackets and adhesive systems: a randomized clinical trial. *British Journal of Orthodontics*, 25, 283-287.
- Tezcanlı O. (2022). Ortodontide Kompozit Yüzeyle Bağlanma: Farklı Materyal ve Yüzey Değişikliği Uygulamalarının Metal ve Seramik Braketlerin Basma Dayanıklılığı Üzerine Etkileri. Bitirme Tezi, İstanbul Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, İstanbul.
- Valizadeh S, Alimohammadi G, Nik TH, Etemadi A, Tanbakuchi B. (2020). *In vitro* evaluation of shear bond strength of orthodontic metal brackets to aged composite using a self-adhesive composite: Effect of surface conditioning and different bonding agents. *International Orthodontics*, 18(3), 528-537.
- Vattaparambil S, Shaloo M, Antony V, Roshan G, Parayaruthottam P, Odayappurath MJ. (2022). Influence of primer pre-curing and co-curing on shear bond strength of orthodontic brackets using three light-cure. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 23(9), 900-906.
- Toodehzaeim MH, Kazemi, AD, Aghili, HA, Barzegar K, Fallahtafti T. (2012). Comparison of shear bond strength of orthodontic brackets bonded with halogen and plasma arc light curing. *Dental Research Journal*, 9(3), 361-367.
- Yap AU, Ng SC, Siow KS. (2001). Soft-start polymerization: influence on effectiveness of cure and post-gel shrinkage. *Operative Dentistry*, 26(3), 260-266.