



ARAŞTIRMA / RESEARCH

Farklı Braket ve Ark Teli Kombinasyonlarında Oluşan Sürtünme Kuvvetlerinin İn Vitro Olarak Değerlendirilmesi

In-Vitro Evaluation of Frictional Forces in Different Bracket and Archwires Combinations

ÖZET

Amaç: Bu araştırmanın amacı, beş farklı ortodontik braket tipinin paslanmaz çelik ve beta titanyum tellerle kullanıldıklarında ortaya çıkardıkları sürtünmenin incelenmesidir. **Gereçler ve Yöntem:** Araştırmada, 0,022x0,029 inç oluk çapında ve standart Roth değerlerine sahip olan dört tip estetik braket (Transcend 6000 SeriesTM, ClarityTM, Inspire IceTM and Brilliant TM) ve bir metal braket (Victory SeriesTM) kullanılmıştır. Braketler 0.019x0.025 inç boyutlarında olan paslanmaz çelik ve beta titanyum ark teli ile beraber kullanılmıştır. Sürtünme kuvvetleri Zwick Universal test cihazı ile ölçülmüştür (model no Z250). **Bulgular:** Çalışma sonucunda, hem paslanmaz çelik hem de beta titanyum teller ile beraber kullanıldığında en yüksek sürtünme kuvvetlerini Transcend braketin açığa çıkardığı belirlenmiştir. Transcend braketleri, benzer sürtünme özellikleri gösteren Clarity ve Victory braketlerinden daha yüksek sürtünme kuvvetlerine neden olmaktadır. Transcend ve Inspire Ice braketleri istatistiksel olarak benzer sürtünme değerleri göstermektedir. Brilliant braket ise Victory ve Clarity braketlerle benzer sürtünme özellikleri göstermiştir ve bu braket için elde edilen değerler Transcend ve Inspire Ice braketlerden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur. **Sonuç:** Brilliant braketler hariç tüm braket materyalleri için beta titanyum ark teli materyalinin paslanmaz çelik tele göre daha yüksek sürtünme kuvvetine neden olduğu tespit edilmiştir. Brilliant braketle birlikte kullanıldığında, paslanmaz çelik ve beta titanyum ark telleri benzer sürtünme özellikleri göstermişlerdir. Seramik braketlerin metal oluğa sahip olması sürtünme kuvvetini azaltmaktadır. Monokristalin ve polikristalin seramik materyalleri benzer sürtünme özellikleri göstermektedir. Polimetilen yapısı, plastik braketlerde sürtünmeyi konvansiyonel paslanmaz çelik braketlere benzer olacak şekilde azaltmaktadır. (Türk Ortodonti Dergisi 2011;24:193-201)

Anahtar Kelimeler: Sürtünme kuvveti, braket, ark teli, angulasyon.

Gönderme: 03.08.2011
Kabul: 18.10.2011

SUMMARY

Aim: This investigation aimed to evaluate the frictional forces produced by five different orthodontic brackets when used in combination with stainless steel and beta titanium archwires. **Materials and Methods:** In this study, four types of esthetic (Transcend 6000 SeriesTM, ClarityTM, Inspire IceTM and Brilliant TM) and one metal bracket (Victory SeriesTM) with Standard Roth prescription and 0.022 x 0.029 inch slot size were used. The brackets were used in combination with stainless steel and beta titanium archwires of 0.019 x 0.025 inch dimensions. Frictional forces released were measured in vitro by a Zwick Universal testing machine (model no Z250). **Results:** According to the data obtained, when used in combination with stainless steel and beta titanium archwires, the Transcend bracket revealed the highest frictional forces. The frictional forces measured for the Transcend bracket were significantly higher than the Victory and Clarity brackets which revealed similar frictional forces. Transcend and Inspire Ice brackets resulted in statistically similar frictional values. The Brilliant bracket showed similar frictional behavior to both the Victory and the Clarity brackets and the values obtained for this bracket were statistically lower than the values revealed by the Transcend and Inspire Ice brackets. **Conclusion:** Beta titanium archwire showed higher frictional forces than the stainless steel archwire in all bracket combinations except for the Brilliant bracket. The finding with the Brilliant bracket revealed that beta titanium and stainless steel archwires have similar frictional characteristics. The stainless-steel reinforced bracket slots decreases frictional force levels in ceramic brackets. Monocrystalline and polycrystalline ceramic materials produce similar frictional values. The polyoxymethylene material reduces the amount of friction in plastic brackets to levels encountered in conventional stainless-steel brackets. (Turkish J Orthod 2011; 24:193-201)

Key Words: Frictional force, bracket, archwire, angulation.

Submitted: 03.08.2011
Accepted: 18.10.2011



Dr. Berna YÜZBAŞ*
Prof. Dr. Tülin ARUN*

* Serbest ortodontist

**Yazışma Adresi/
Corresponding Author:**

Prof. Dr. Tülin Arun
Adres: Prof.Dr. Hulusi Behçet
cad. No: 34 D: 5 Caddebostan
Tel: 0216 467 18 10
E-posta:
prof.dr.tulinarun@gmail.com





GİRİŞ

Bir cisim başka bir cisim üzerinde hareketi esnasında oluşan direnç sürtünme olarak adlandırılmaktadır (1). Ortodontide dişin ark teli boyunca kayması, özellikle de dişsel arkta boşlukların kapanmasında sıkça kullanılan bir yöntemdir. Her kayma hareketine, sürtünme kuvveti direnç göstermektedir. Braket ve ark teli arasında oluşan sürtünme direnci dişlere iletilen kuvvetin azalmasına neden olabildiği gibi kayma mekaniklerinde kuvvet miktarının belirlenmesinde de etkili olabilmektedir (3).

Sürtünme iki şekilde olabilmektedir: 1) Statik sürtünme, cismin harekete başlamasını engelleyen direnç kuvveti ve 2) Dinamik (kinetik) sürtünme, hareket sırasında var olan sürtünmedir (4,5). Ortodontide, dişin ark teli boyunca kayma hareketi devrilme ve dikleşme hareketlerinden oluşan küçük adımlar şeklinde olmaktadır. Bu yüzden de, ortodontik boşluk kapatma dinamik sürtünmeden ziyade statik sürtünmeye bağlıdır (6).

Kayma mekanikleri esnasında sürtünmeyi etkileyen faktörlerin belirlenmesine yönelik birçok araştırma yapılmıştır: braket ve tel materyali, braket genişliği, oluk boyutu, tel kesiti, braket ve ark teli arasındaki ikinci düzen angülasyon ve tork, ark telinin yüzey özellikleri, ligasyon tipi ve kuvveti, braketler arası mesafe, tükürük ve oral fonksiyonların ortodontik diş hareketi esnasında oluşan sürtünme kuvvetlerini etkilediği belirlenmiştir.

Seramik ve plastik ortodontik teller aslen hastaların estetik isteği nedeni ile geliştirilmiştir. Klinik kullanımda ise kayma mekaniklerine yüksek sürtünme direnci gösterdikleri rapor edilmiştir. Üretici firmalar, estetik braketlerin sürtünme miktarını azaltmaya yönelik yeni materyallerin ve tekniklerin arayışına girmişlerdir.

Bu in-vitro çalışmanın amacı, farklı beş tip ortodontik braketin paslanmaz çelik ve beta titanyum ark teli ile kombinasyonlarında ortaya çıkan sürtünme kuvvetlerinin belirlenmesidir.

GEREÇLER ve YÖNTEM

0,022 inç oluk çapında ve standart Roth değerinde beş farklı tip üst birinci küçük azı dişi braketi 0,019 x 0,025 inç'lik paslanmaz

INTRODUCTION

Friction is the resistance to motion when one object moves tangentially against another (1). Sliding a tooth along an archwire is a very common orthodontic procedure to translate a tooth, especially during closure of spaces in the dental arch. Whenever sliding occurs, a frictional type of force is encountered (2). Frictional resistance between brackets and archwires can reduce the force transmitted to the teeth, and may be an important factor determining the amount of the force used, particularly during sliding mechanics (3).

Friction may exist in two forms: 1) Static friction, which is the resistance that prevents actual motion, and 2) dynamic (kinetic) friction, which exists during motion (4,5). In orthodontics, a tooth undergoing a sliding movement along an archwire goes through many tipping and uprighting cycles, moving in small increments. Therefore, orthodontic space closure depends more on static friction than on kinetic friction (6).

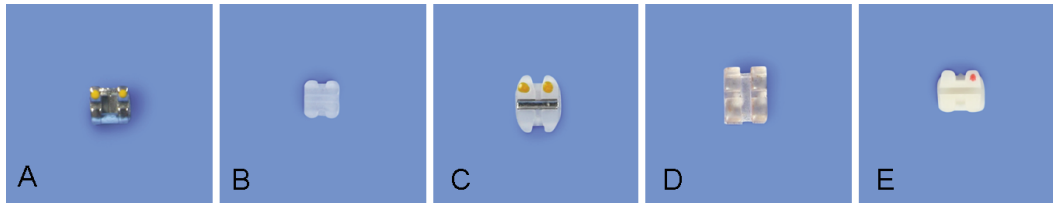
Many studies have been carried out to investigate the factors that affect frictional forces released during sliding mechanics: bracket and wire materials, bracket width, slot size, wire section, second order angulation and torque at the wire bracket interface, surface conditions of the archwires and the bracket slots, type and force of ligation, interbracket distance, saliva and influence of oral functions have been reported to influence frictional forces encountered during orthodontic tooth movement.

Ceramic and plastic orthodontic brackets were developed originally to meet the esthetic demands of orthodontic patients. In clinical use, however, they have been reported to present high frictional resistance to sliding mechanics. In order to reduce the amount of friction released by esthetic brackets, manufacturers have been searching for new materials and techniques for bracket manufacturing.

The aim of this in vitro study was to evaluate the frictional forces produced by five different orthodontic brackets when used in combination with stainless steel and beta titanium archwires.



Materyal / Material Braket / Bracket	Ürün Adı / Product Name	Tip / Design	Boyut (inç) / Dimension (inch)	Açı Değerleri / Prescription		
				Angulasyon / Angulation (°)	Tork / Torque (°)	Genişlik / Width (mm)
Paslanmaz Çelik / Stainless Steel	Victory	Conventional	0.022x0.029	0	-7	3
Polycrystalline alumina	Transcend	Conventional	0.022x0.029	0	-7	3,5
Polycrystalline alumina	Clarity	Metal slot ceramic	0.022x0.029	0	-7	3
Monocrystalline alumina	Inspire Ice	Conventional	0.022x0.029	0	-7	3
Plastik / Plastic	Brilliant	Polyoxymethylene	0.022x0.029	0	-7	3,5
Ark Teli / Arch Wire						
Paslanmaz Çelik / Stainless Steel	Rectangular		0.019x0.025			
Beta Titanium	TMA		0.019x0.025			
Ligatür / Ligature						
Elastomerik / Elastomeric	Renkli Ligatürler / Colored ligatures		0.115			



çelik ve beta titanyum köşeli ark teli ile birlikte test edilmiştir (Tablo 1, Resim 1). Araştırmada, total olarak 200 braket ve ark teli parçası kullanılmıştır. Ark teli parçaları, braket oluşuna elastomerik ligatür ile bağlanmıştır. Meydana gelen sürtünme kuvvetinin ölçülüp kaydedilmesi amacıyla test cihazı (Zwick/Roell model no:Z250) kullanılmıştır (Resim 2).

Braket-ark teli örneğinin test cihazında değerlendirilmesi için, Redlich ve ark. (2) tarafından kullanılan test düzeneğine başvurulmuştur (Resim 3). Her braket, rezin bazlı bir adheziv (Pad Lock, Reliance Orthod. Prod. Itasca, Illinois, ABD) ile alüminyum kaideye yapıştırılmıştır. Bu çalışmada, braketlerin her defasında aynı şekilde yapıştırılması için özel bir braket yapıştırma aparatı kullanılmıştır. Aynı zamanda bu aparat ile oluk içinde bulunan -7°'lik tork değeri de elimine edilmiştir. Alüminyum kaide vidaları ile Zwick/Roell test cihazının alt tablasında bulunan tablasına yerleştirilmiştir.

Meydana gelebilecek gerilim farklarını ortadan kaldırmak amacıyla 15 cm'lik parça ark telleri braketlere ligatür tabancası

MATERIALS and METHODS

Five different types of upper first bicuspid brackets with 0.022-inch slots and Roth prescription were tested in combination with 0.019 x 0.025 inch stainless steel and beta titanium rectangular arch wires. (Table 1; Fig.1). A total of 200 brackets and arch wire segments were used. The arch wire segments were ligated to bracket slots by elastomeric modules. A testing machine (Zwick\Roell model no: Z250) was used to measure and record the frictional forces released (Fig. 2).

The test apparatus designed by Redlich et al.(2) was used to apply the bracket arch wire assembly to the testing machine (Fig. 3). Each bracket was bonded with a resin based adhesive (Pad Lock, Reliance Orthod. Prod. Itasca, Illinois, USA) to an aluminum plate. To allow similar and accurate positioning of the brackets, a bracket mounting apparatus was designed for this study. This apparatus also helped elimination of the -7 degrees of torque present in the bracket slot. The aluminum plate was fastened with screws to a notch on the testing apparatus which is then

Tablo 1. Araştırmada kullanılan braket, ark teli ve ligatür materyalleri.

Table 1. The brackets, archwires and elastomeric ligature evaluated in this investigation.

Resim 1. Araştırmada kullanılan braket materyalleri
A-Victory (3M Unitek, Monrovia, CA, ABD)
B-Transcend 6000 (3M Unitek, Monrovia, CA, ABD)
C-Clarity (3M Unitek, Monrovia, CA, ABD)
D-Inspire Ice (Ormco Corporation, Glendora, CA, ABD)
E-Brilliant (Forestadent Pforzheim, Almanya)

Figure 1. Bracket materials investigated in this study
A-Victory (3M Unitek, Monrovia, CA, USA)
B-Transcend 6000 (3M Unitek, Monrovia, CA, USA)
C-Clarity (3M Unitek, Monrovia, CA, USA)
D-Inspire Ice (Ormco Corporation, Glendora, CA, USA)
E-Brilliant (Forestadent Pforzheim, Germany)





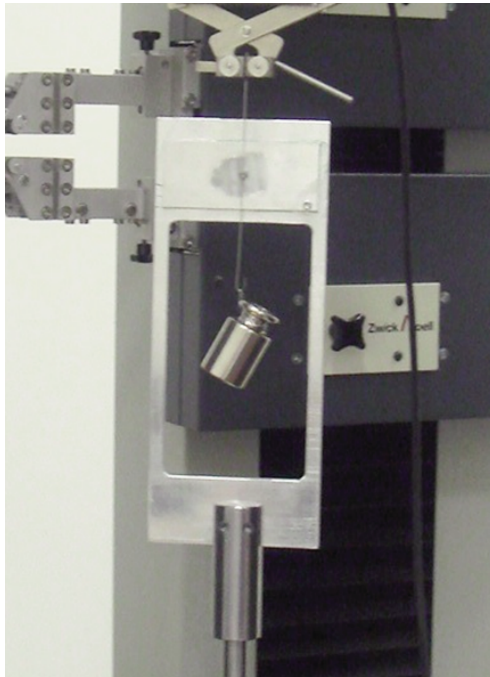
Resim 2. Zwick\Roell Test Cihazı.

Figure 2. Zwick\Roell Test Machine.



Resim 3. Test cihazı.

Figure 3. The test apparatus.



(Straight Shooter, TP Orthodontics, La Porte Indiana, ABD) kullanılarak elastomerik ligatür (Colored Unistick Ligatures, American Orthod. Sheboygan, WI, ABD) ile bağlanmıştır. Kuvvet kaybının yaşanmaması için elastomerik ligatürler braketler etrafına testten hemen önce takılmıştır.

Her bir braket-ark teli kombinasyonu için kuru ortamda ve oda sıcaklığında ölçümler 10 defa tekrarlanmıştır. Her ark teli, braket içinde 10 mm/dk'lık devamlı bir hızla 5mm'lik mesafe boyunca hareket ettirilmiştir. Statik sürtünme kuvveti, hareketin başladığı andaki maksimum kuvvet ölçülerek kaydedilmiştir.

Her ölçümden sonra test makinesi durdurulmuş, braket ve tel örneği çıkartılmış

attached to the base of the Zwick/Roell test machine.

A segment of 15- cm arch wire was ligated to the brackets with an elastomeric module (Colored Unistick Ligatures, American Orthod. Sheboygan, WI, USA) by a ligature gun (Straight Shooter, TP Orthodontics, La Porte Indiana, USA) to eliminate any possible tension differences. The elastomeric modules were placed around the brackets immediately before each test run, to avoid ligature force decay.

Ten non-repeated evaluations for each bracket-wire combination were carried out in a dry environment at room temperature. Each wire was drawn through the bracket at a constant speed of 10 mm/min for a distance of 5 mm. Static friction was calculated at the initial peak of the movement.

After each test, the testing machine was stopped, the bracket and wire assembly were removed, and a new assembly was placed. Each bracket wire combination was tested for ten non-repeated evaluations to eliminate the influence of wear.

Statistical Analysis

Statistical calculations were performed with the GraphPad Prisma Version 3.0 software (San Diego, California, USA) for Windows. In addition to standard descriptive statistical calculations (mean and standard deviation), the non-parametric Kruskal Wallis test was carried out in the comparison groups. In the evaluation of subgroups Dunn's multiple comparison test was performed. Mann-Whitney-U test was used in the comparison of the two types of archwires. The results were evaluated within a 95% confidence interval. The statistical significance level was established at $p < 0.05$ level.

RESULTS

Two variables were examined in this study: bracket type and wire alloy.

Effect of Bracket Material on Friction

The mean static frictional force and its standard deviation for each group of different brackets and arch wires are summarized in Table 2.



ve yeni bir örnek yerleştirilmiştir. Her braket-tel örneği aşınma etkilerinin ortadan kaldırılması için 10 defa değerlendirilmiştir.

İstatistiksel Değerlendirme

İstatistiksel analizlerde GraphPad Prisma Version 3.0 software (San Diego, California, ABD) kullanılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde tanımlayıcı istatistiksel yöntemlerin (ortalama ve standart sapma) yanı sıra gruplar arası karşılaştırmalarda Kruskal Wallis testi kullanılmıştır. Alt grupların değerlendirilmesinde Dunn's çoklu karşılaştırma testinden faydalanılmıştır. Ark teli tiplerinin karşılaştırılmasında Mann-Whitney-U testi kullanılmıştır. Sonuçlar, % 95 güven aralığında, istatistiksel anlamlılık $p < 0,05$ düzeyinde değerlendirilmiştir.

BULGULAR

Bu çalışmada iki değişken incelenmiştir: braket tipi ve ark teli materyali

Braket Materyalinin Sürtünme Kuvveti Üzerine Etkisi

Her değişik braket- ark teli grubunun ortalama statik sürtünme kuvvetleri ve standart sapmaları Tablo 2'de özetlenmiştir. Braket gruplarının Dunn's çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Tablo 3 ve Tablo 4'de rapor edilmiştir.

Transcend braketi her ark telinde diğer dört brakete göre daha yüksek sürtünme değerleri göstermektedir. Transcend braketi Clarity, Victory ve Brilliant braketinden daha yüksek sürtünme kuvvetleri gösterirken Inspire Ice braketi her tel materyalinde, Transcend, Victory ve Clarity braketine benzer statik sürtünme değerleri sergilemektedir. Brilliant braketinde ölçülen sürtünme kuvveti değerleri Victory ve Clarity braketi ile benzerdir (Tablo 4).

Ark Teli Materyalinin Sürtünme Kuvveti Üzerine Etkisi

Paslanmaz çelik ve beta titanyum ark tellerinin her braket tipindeki sürtünme kuvvet değerleri Tablo 5' de izlenmektedir.

Bulgular, beta titanyum ark tellerinin, Brilliant braketi haricinde her braket materyalinde paslanmaz çelik telden daha fazla sürtünme kuvvet değerine neden olduğunu göstermektedir. Brilliant braketi değerlendirildiğinde, paslanmaz çelik ve beta

	Paslanmaz Çelik / SS	TMA
Victory	3,2±0,23	3,63±0,19
Inspire	3,47±0,16	4,44±0,13
Clarity	3,26±0,11	3,80±0,23
Transcend	3,97±0,16	4,77±0,37
Brilliant	3,35±0,17	3,53±0,24
P	0,0001	0,0001

Tablo 2. Her ark teli tipi için farklı braketlerin statik sürtünme kuvvetleri (Newton). Sürtünme kuvvet verileri ortalama± SD olarak belirtilmiştir.

Table 2. The static frictional forces (in Newton) of different bracket materials for each wire type . Friction force data are reported as mean ± SD.

The results of the Dunn's multiple comparison test for bracket groups are reported in Table 3 and Table 4.

The Transcend bracket revealed higher frictional values than the other four brackets for each wire material. The frictional forces produced by the Transcend bracket were statistically higher than Clarity, Victory and

Victory / Inspire	P > 0.05
Victory / Clarity	P > 0.05
Victory / Transcend	P < 0.001
Victory / Brilliant	P > 0.05
Inspire / Clarity	P > 0.05
Inspire / Transcend	P > 0.05
Inspire / Brilliant	P > 0.05
Clarity / Transcend	P < 0.001
Clarity / Brilliant	P > 0.05
Transcend / Brilliant	P < 0.01

Tablo 3. Paslanmaz çelik tel ile braket materyallerinin çoklu karşılaştırma testi.

Table 3. Multiple comparison test for bracket materials for stainless steel arch wire.

Brilliant brackets where as Inspire Ice bracket showed similar frictional forces with the Transcend bracket. Victory and Clarity brackets produced similar static frictional forces for each wire material. The frictional forces released by the Brilliant bracket were similar to the frictional values obtained for the Victory and Clarity brackets (Table 4).

The Effect of Archwire Material

The static frictional forces for stainless steel and beta titanium archwires for each bracket material are reported in Table 5.

The results indicate that the beta titanium arch wire produced higher static frictional forces than the stainless steel archwire for each bracket material except for the Brilliant bracket. When tested with the Brilliant bracket stainless steel and beta titanium arch wires revealed similar frictional values (Table 5).





Tablo 4. Beta titanyum ark teli ile braket materyallerinin çoklu karşılaştırma testi.

Victory / Inspire	P < 0.05
Victory / Clarity	P > 0.05
Victory / Transcend	P < 0.001
Victory / Brilliant	P > 0.05
Inspire / Clarity	P < 0.05
Inspire / Transcend	P > 0.05
Inspire / Brilliant	P < 0.01
Clarity / Transcend	P < 0.05
Clarity / Brilliant	P > 0.05
Transcend / Brilliant	P < 0.001

Table 4. Multiple comparison test for bracket materials for beta titanium arch wire.

Tablo 5. Paslanmaz çelik ve beta titanyum ark teli materyallerinin farklı braket materyalleri ile kullanılmaları sırasında ortaya çıkan sürtünme kuvvetlerinin karşılaştırılmasında kullanılan Man-Whitney-U testinin sonuçları.

	Paslanmaz Çelik / SS	TMA	P
Victory	3,2±0,23	3,63±0,19	0,0001
Inspire	3,47±0,16	4,44±0,13	0,0001
Clarity	3,26±0,11	3,80±0,23	0,0001
Transcend	3,97±0,16	4,77±0,37	0,0001
Brilliant	3,35±0,17	3,53±0,24	0,082

Table 5. Man-Whitney-U test result in comparison of friction force data for bracket materials for stainless steel and beta-titanium arch wires.

titanium ark tellerinde benzer sürtünme kuvvetlerine sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo 5).

TARTIŞMA

Ortodontik tedavi esnasında uygulanan kuvvetin miktarı, tedavi süresini ve sonuçlarını etkileyen önemli faktörlerden biridir. Belli bir noktaya kadar uygulanan kuvvet artıkça, diş hareket oranı da artmaktadır, bundan sonra kuvvetteki artış hareket miktarında belirgin artışlara neden olmamaktadır. Braket ark teli birleşiminde oluşan sürtünme kuvveti, çevre dokularda optimum kuvvet seviyelerine ulaşılmasını engelleyebilmektedir (7). Bu yüzden de, optimum biyolojik diş hareketi sağlayacak uygun kuvvet miktarının kullanılabilmesi için sürtünme kuvvetinin üstesinden gelen kuvvetin belirlenmesi önemlidir (8). Ortodontik tedavi esnasında oluşan sürtünmeyi iki değişken etkilemektedir: braket ve ark teli. Bu araştırmanın sonuçlarına göre, ark teli ve braket materyali ortodontik diş hareketi esnasında oluşan sürtünmeyi belirgin şekilde etkilemektedir.

Transcend braketini, Victory ve Clarity braketine göre belirgin olarak daha yüksek statik sürtünme kuvvetine neden olmaktadır. Bu bulgular, paslanmaz çelik, konvansiyonel

DISCUSSION

The amount of force applied to teeth during orthodontic treatment is an important factor in determining the duration and results of the treatment. The rate of tooth movement increases as the force increases up to a certain point; after that, increases in forces produce no appreciable increases in movement. Friction at the bracket archwire interface might prevent the attainment of optimal force levels in the supporting tissues (7). Therefore, an understanding of forces required to overcome friction is important so that the appropriate magnitude of force can be used to produce optimal biological tooth movement (8). Two of the variables that affect the friction during orthodontic tooth movement are: bracket material and archwire material. The results of this study demonstrated that bracket material and archwire material have significant effect on the magnitude of frictional forces produced during orthodontic tooth movement.

The Transcend brackets produced significantly higher static frictional forces than the Victory and Clarity brackets. This finding is in accordance with previous studies which compared the frictional properties of stainless steel, conventional ceramic and metal slot inserted ceramic brackets (3,7,9-14). Some authors related the high frictional forces released by the polycrystalline alumina material to its increased roughness and the porosity of the material surface (3,7,11,14). However, today it is thought that there are other factors that play role in the production of higher frictional forces in polycrystalline alumina brackets. Kusy et al.(15) related the high frictional forces released by ceramic brackets to their intrinsic chemical structure. The study carried out by Omana et al. (6) demonstrated that the monocrystalline ceramic brackets, although having a smoother surface texture than the polycrystalline ceramic brackets, revealed similar frictional forces with the polycrystalline brackets.

The results of this study showed that the Transcend and the Inspire Ice brackets produced similar frictional forces. This



seramik ve metal oluklu seramik brakelerin sürtünme özelliklerini karşılaştıran daha önceki çalışmalar ile uyumludur (3,7,9-14). Bazı araştırmacılar bu yüksek sürtünme kuvvetini polikristalin alümina materyalinin yüzeyinin poroziteli ve pürüklü yapısı ile ilişkilendirmektedir (3,7,11,14). Günümüzde ise polikristalin alümina brakelerde izlenen yüksek sürtünmenin başka faktörlere bağlı olduğu düşünülmektedir. Kusy ve ark.(15), seramik brakelerde oluşan yüksek sürtünme kuvvetini intrinsek kimyasal yapılarına bağlamaktadır. Omana ve ark.(16) tarafından yapılan çalışma, polikristalin seramik brakelerden daha düzgün bir yüzey yapısına sahip olmasına rağmen monokristalin seramik brakelerin de benzer sürtünme kuvvetleri oluşturduğunu göstermiştir.

Bu çalışmanın bulgularına göre, Transcend ve Inspire Ice brakeleri benzer sürtünme kuvvetleri oluşturmaktadır. Bu bulgular, polikristalin alümina braketleri ile monokristalin alümina braketinin benzer sürtünme kuvvetlerine neden olduğunu bulan daha önceki çalışmalar ile uyumludur (6,9,16). Bazakidou ve ark.(17) polikristalin alümina brakelerin sürtünme değerlerini monokristalin alümina brakelerden daha yüksek bulmuştur. Bu sonuçlar arasındaki farkın nedeni farklı deneysel düzenekler olabilir.

Bu çalışmada, Clarity brakeler seramik brakelerden daha düşük sürtünme değerleri göstermektedir. Clarity braketin metal oluşu bu braketin konvansiyonel seramik braketten ziyade paslanmaz çelik braketleri gibi sonuç vermesine neden olmuştur. Bu bulgular, konvansiyonel seramik brakelerden Clarity braketin daha düşük sürtünme değerleri gösterdiğini bulan daha önce yapılan çalışmalar tarafından da desteklenmektedir (3,7,10,14).

Brilliant braketleri, Victory ve Clarity braketine benzer sürtünme değerleri göstermektedir. Plastik brakelerin yapımında polimetilen kullanımı, sürtünme kuvvetlerini oldukça azaltmaktadır.

Bu çalışmada aynı zamanda, Brilliant braketleri haricinde her braket-ark teli kombinasyonu için, beta titanyum ark tellerinin paslanmaz çelik ark tellerine göre daha yüksek sürtünme kuvveti oluşturduğunu göstermektedir. Bu bulgular daha önceki çalışmaların sonuçlarını doğrulamaktadır

finding agrees with previous studies that found that polycrystalline alumina and monocrystalline alumina bracket materials generated similar frictional forces (6,9,16). Bazakidou et al. (17) found higher frictional values for the polycrystalline alumina brackets than the monocrystalline alumina brackets. The variability between the results might be due to the differences in the experimental settings.

Clarity bracket demonstrated lower friction than the ceramic brackets used in this study. The stainless steel slot of the Clarity bracket caused this bracket to behave more like a stainless steel bracket than a conventional ceramic bracket. This finding is supported by previous studies that found lower frictional values for the Clarity bracket than the conventional ceramic brackets (3,7,10,14).

The Brilliant bracket demonstrated frictional values similar to the Victory and Clarity brackets. Use of polyoxymethylene in the production of plastic brackets considerably reduced the frictional forces.

This study also demonstrated that beta-titanium archwire generated higher friction than stainless steel archwire for all bracket-wire combinations except for the Brilliant bracket. This finding confirms those of previous studies (3,6,7,14,16,18-24). When tested in combination with the Brilliant bracket, the two archwire materials revealed similar frictional values. Kusy and Whitley (25) attributed the high frictional values with the beta titanium archwire to its mechanical abrasion and adherence of the wire to the bracket slot during sliding mechanics. Polyoxymethylene which is used in the production of the Brilliant bracket is known to be a softer material than ceramic and stainless steel bracket materials (26,27). The similar frictional forces released by beta titanium and stainless steel archwires when used with Brilliant might be explained by the soft nature of this bracket. The softer Brilliant bracket probably did not cause as much mechanical abrasion on the beta titanium arch wire surface as the other four types of brackets did.





(3,6,7,14,16,18-24). Brilliant braketleri ile beraber kullanıldığında, iki ark teli materyali de benzer sürtünme değerleri oluşturmaktadır. Kusy ve Whitley (25), beta titanyum ark telinin yüksek sürtünme değerlerini, kayma mekanikleri esnasında bu telin braket oluşuna mekanik abrazyonuna ve tutunmasına bağlamaktadır. Brilliant braketin üretiminde kullanılan polimetilen, seramik ve paslanmaz çelik braket materyalinden daha yumuşak olarak bilinmektedir (26,27). Brilliant braketleri, beta titanyum ve paslanmaz çelik ark teli ile beraber kullanıldığında benzer sürtünme kuvvetlerine neden olması bu braketin yumuşak doğası kaynaklı olabilir. Daha yumuşak olan Brilliant braketleri diğer dört braket tipi kadar beta titanyum ark teli üzerinde mekanik abrazyona neden olmuyor olabilir.

SONUÇLAR

- Bu çalışmanın sonuçları, braket ve ark teli materyalinin sürtünme kuvveti miktarını etkilediğini göstermektedir.
- Tüm braketler içinden konvansiyonel seramik braketleri (Transcend) en yüksek sürtünme kuvvet seviyesini göstermektedir.
- Metal oluklu seramik braket (Clarity) ve konvansiyonel paslanmaz çelik braket (Victory) benzer sürtünme değerlerini göstermektedir.
- Polimetilenden üretilen plastik braketler (Brilliant), paslanmaz çelik braketlere benzer sürtünme kuvvet seviyelerine neden olmaktadır.
- Her braket ile birlikte beta titanyum ark teli daha yüksek sürtünme kuvvet seviyeleri oluşturmaktadır.

CONCLUSION

- The results of this study demonstrated that bracket material and archwire material have significant effect on the magnitude of frictional forces produced during orthodontic tooth movement.
- The conventional ceramic bracket (Transcend) revealed the highest frictional force levels among all the brackets tested.
- The metal slot inserted ceramic bracket (Clarity) and the conventional stainless steel bracket (Victory) produced similar frictional values.
- The plastic bracket manufactured from polyoxymethylene (Brilliant) resulted in frictional force levels similar to the stainless steel brackets.
- Beta titanium arch wire produced higher frictional force levels than the stainless steel arch wire for all bracket combinations.

KAYNAKLAR/REFERENCES

1. Besancon RM. The encyclopedia of physics, 3rd edition, New York: Van Nostrand Reinhold Company. 1985;497-499.
2. Redlich M, Mayer Y, Harari D, Lewinstein I. In vitro study of frictional forces during sliding mechanics of "reduced-friction" brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2003;124:69-73.
3. Kapur Wadhwa R, Kwon HK, Close JM. Frictional resistances of different bracket-wire combinations. Aust Orthod J 2004;20:25-30.
4. Bowden FP, Tabor D. Friction. An introduction to tribology. Garden City, New York: Anchor Press/Doubleday, 1973.
5. Rabinowicz E. Friction and wear of materials. New York: J Wiley, 1965.
6. Omana HM, Moore RN, Bagby MD. Frictional properties of metal and ceramic brackets. J Clin Orthod 1992;26:425-432.
7. Cacciafesta V, Sfondrini MF, Scribante A, Klersy C, Auricchio F. Evaluation of friction of conventional and metal-insert ceramic brackets in various bracket-archwire combinations. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2003;124:403-409.
8. Krishnan V, Davidovitch Z. On a path to unfolding the biological mechanisms of orthodontic tooth movement. J Dent Res. 2009 Jul;88(7):597-608. Review.



9. Tselepis M, Brockhurst P, West VC. The dynamic frictional resistance between orthodontic brackets and archwires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994;106:131-138.
10. Dickson J, Jones S. Frictional characteristics of a modified ceramic bracket. *J Clin Orthod* 1996;30:516-518.
11. Loftus BP, Artun J, Nicholls JJ, Alonzo TA, Stoner JA. Evaluation of friction during sliding tooth movement in various bracket-arch wire combinations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;116:336-345.
12. Kusy RP, Whitley JQ, Prewitt MJ. Comparison of the frictional coefficients for selected archwire-bracket slot combinations in the dry and wet state. *Angle Orthod* 1991;61:293-302.
13. Thorstenson GA, Kusy RP. Influence of stainless steel inserts on the resistance to sliding of esthetic brackets with second order angulation in the dry and wet states. *Angle Orthod* 2003;73:167-175.
14. Nishio C, da Motta AF, Elias CN, Mucha JN. In vitro evaluation of frictional forces between archwires and ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;125:56-64.
15. Kusy RP. Commentary: Ceramic brackets. *Angle Orthod.* 1991;61:291-292.
16. Saunders CR, Kusy RP. Surface topography and frictional characteristics of ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994;106:76-87.
17. Bazakidou E, Nanda RS, Duncanson Jr MG, Sinha P. Evaluation of frictional resistance in esthetic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 112:138-144, 1997.
18. Michelberger DJ, Eadie RL, Faulkner GM, Glover KE, Prasad NG, Major PW. The friction and wear patterns of orthodontic brackets and archwires in the dry state. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;118:662-674.
19. Kapur Wadhwa R, Kwon HK, Sciote JJ, Close JM. Frictional resistance in ceramic and metal brackets. *J Clin Orthod* 2004;38:35-38.
20. Drescher D, Bourauel C, Schumacher HA. Frictional forces between bracket and arch wire. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989;96:397-404.
21. Vaughan JL, Duncanson MG, Nanda RS, Currier GF. Relative kinetic frictional forces between sintered stainless steel brackets and orthodontic wires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;107:20-27.
22. Krishnan V, Kumar KJ. Mechanical properties and surface characteristics of three archwire alloys. *Angle Orthod* 2004;74:825-831.
23. Burstone CJ, Farzin-Nia F. Production of low friction and colored TMA by ion implantation. *J Clin Orthod* 1995;29:453-461.
24. Cash A, Curtis R, Garrigia-Majo D, McDonald F. A comparative study of the static and kinetic frictional resistances of titanium molybdenum alloy archwires in stainless steel brackets. *Eur J Orthod* 2004;26:105-111.
25. Kusy RP, Whitley JQ. Coefficients of friction for archwires in stainless steel and polycrystalline alumina bracket slots: I. Dry state. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990;98:300-312.
26. Kusy RP, Whitley JQ. Friction between different bracket wire configurations and materials. *Semin Orthod* 1997;3:166-177.
27. Zinelis S, Eliades T, Eliades G, Makou M, Silikas N. Comparative assessment of the roughness, hardness, and wear resistance of aesthetic bracket materials. *Dent Mater.* 2005;21:890-894.

