

Köşeli Ark Tellerinin İki Farklı Tipteki Lingual Brakette Meydana Getirdiği Deneysel Sürtünme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Comparison of Experimental Frictional Resistance Between Rectangular Orthodontic Arch Wires and Lingual Brackets in Different Angulations

Hakan BULUT Gökhan ÖNÇAĞ

Ege Üniversitesi, Dişhekimliği Fakültesi, Ortodonti AD, İZMİR

Özet

Önceden programlanmış olan lingual brakette seviyeleme ve retraksiyon aşamalarında braket slotu ve tel arasındaki sürtünmeyi artıran farklı açılanmalar meydana gelmektedir. Son yıllarda estetik avantajlarından dolayı hasta ve hekimler tarafından tercih edilen ve kullanımı giderek yaygınlaşan lingual ortodontik brakette köşeli ark tellerinin meydana getirdikleri sürtünmenin miktarı büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmanın amacı, dikdörtgen kesitli ark tellerinin, iki farklı kanat yapısına sahip olan lingual tip brakette, dört ayrı açılanmada meydana getirdikleri sürtünme kuvvetlerini kuru ortamda, deneysel olarak karşılaştırmaktır. Testler tek düzlem üzerinde, ligatürleme yapılmadan, elektronik bir açılardırma ünitesi ve üniversal bir test cihazı kullanılarak, 1 mm/dak'lık bir çekme hızı ile gerçekleştirildi. İstatistiksel değerlendirmelerde, tel ve açı faktörlerinden her ikisinin de ana etkileri sürtünme kuvvetleri bakımından anlamlı bulunurken ($p<0,05$), braket tipleri arasında benzerlik olduğu saptandı ($p>0,05$).

Anahtar sözcükler: Lingual braket, köşeli ark teli, sürtünme, açı

Abstract

In preadjusted lingual brackets, different angulations occur in the stages of leveling and retraction that increase the friction between arch wire and bracket slot. The amount of friction created by rectangular arch wires in lingual orthodontic brackets, which are more preferred by patients and physicians in recent years due to their aesthetic advantages and whose use increases day-by-day, is of great importance. The purpose of this study was to compare the frictional forces created by rectangular arch wires in four angulations of two lingual brackets that have different wing structures, in a dry environment, and experimentally. Tests were performed on a single dimension, without ligaturing, by the use of an electronic angulation unit and a universal testing device, with a crosshead speed of 1 mm/min. Statistical analyses, in the $p=0.05$ level, revealed that the main effects of both the individual arch wire and angulation factors were significant with respect to frictional forces ($p<0.05$), whereas a similarity was found among the two bracket types ($p>0.05$).

Keywords: Lingual bracket, rectangular archwire, friction, angulation

Giriş

Genel dişhekimliği alanında olduğu gibi, ortodontide de son yıllarda "estetik" başlıklı konular ön planda yer almaktadır. 1980'li yılların ortalarından başlayarak ortodonti hastalarının maloklüzyonların tedavisinde lingual apareylere karşı yaklaşımlarının giderek arttığı gözlemlenmektedir.^{1,2} Ancak, lingual tekniklerde kullanılan materyal ve yöntemlerin labial tekniklerdeki kadar henüz yaygınlaşmamış olması, bu alanda yeni araştırmaları gerekli kılmaktadır.

Ortodontik diş hareketlerin seyri dinamik bir düzendedir.³ Malpoze braketler içine bir seviyeleme arki yerleştirildiğinde veya bir diş grubu çekim boşluğuna doğru ark boyunca kaydırıldığında, dişlerde devrilme ve dikleşme şeklinde salınımlar, transversal yönde ise rotasyonlar meydana gelir. Dişlerin ağız içindeki bu hareketleri esnasında braketlerin kanatları ile tel arasında ve ligatürler ile tel arasında, uzayın her 3 boyutunda da sürtünmeler ortaya çıkar. Çekme kuvveti arttıkça dişlerdeki devrilmeyle birlikte braketlerin tel üzerine bastırılma kuvvetleri

de artar. Bazı durumlarda bu kuvvetler braket ile telin sıkışmasına ve böylece diş hareketlerinin tamamen durmasına neden olabilir. Sürtünme kuvvetleri, dişlerin ortodontik hareketini etkileyen en önemli faktörlerden bir tanesidir. Klinik açıdan, telin daha brakete ilk temas etmesi durumunda sürtünme ortaya çıkar ve bir dişin seviyelenmesi veya ark teli üzerinde kaydırılması esnasında devrilme ve rotasyonların ortaya çıkması ile artar. Kusy ve Whitley,⁴ braket ile ark teli arasındaki sürtünme kuvvetlerini etkileyen faktörleri; materyal, yüzey pürüzlülüğü, sertlik, telin katılığı, geometrisi, sıvı ortam ve yüzey kimyası şeklinde ifade etmektedirler. Vaughan ve ark.⁵ ise, benzer şekilde, sürtünme miktarını etkileyen değişkenleri; ark teli, telin brakete ligatürlenmesi, braket, ortodontik düzener ve intraoral faktörler şeklinde belirtmektedirler. Bu komplike sürtünme sistemi, çalışmamızda, *in vitro* kuru bir ortam kullanılarak ve ligatür, rotasyon gibi parametreler elimine edilerek sadeleştirilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, iki farklı kanat yapısına sahip lingual braketlerde, dikdörtgen kesitli ark tellerinin slot içindeki hareketi sırasında, braket ve tel arasında oluşturulan dört ayrı açılanmada meydana gelen sürtünme kuvvetlerini karşılaştırmaktır.

Gereç ve Yöntem

Bu çalışmada, iki farklı üretici firmaya ait (Stealth Lingual Bracket System; American Orthodontics, Sheboygan, WI, A.B.D.; 7th Generation Lingual Bracket System, Ormco, Glendora, CA, A.B.D.), slot çapı 0,018x0,025 inç olan, torklu, üst premolar lingual braketleri ve bunlarla birlikte 0,016x0,022 inç çapındaki preforme paslanmaz çelik (Ormco), nikel-titanyum (NI-TI®; Ormco), β-titanyum (TMA®; Ormco) ve çok sarımlı paslanmaz çelik (D-RECT®; Ormco) ark telleri kullanıldı. Braketlerin ve ark tellerinin özellikleri Tablo 1'de gösterilmektedir. Çalışmada kullanılan braketler ise Resim 1'de görülmektedir.

Deney düzeneği üç bölümden oluşmaktadır (Resim 2): 1- Hareketli taşıyıcı tabla (Resim 3),

2- Braketi taşıyan elektronik açılardırma ünitesi (Resim 3) ve 3- Ark telini taşıyan ve üniversal test cihazına bağlı hareketli bölüm (Resim 4).

Sürtünme deneyleri Ege Üniversitesi Tekstil Araştırma ve Uygulama Merkezi laboratuvarında, 18°C'lik sabit oda sıcaklığında gerçekleştirildi. Lingual braketler çift komponentli epoxy bir adeziv (SY-IN 17862, Super Glue Corp., USA) yardımıyla elektronik açılardırma ünitesinin 360 derece dönme kabiliyeti olan mili üzerinde sabitlendi. Braketler, tork içerdiklerinden, açılardırma ünitesine sabitlenmeden önce slotlarına yerleştirilen 0,018x0,025 inçlik özel bir ayarlık yardımıyla 0° tork konuma getirilerek braket tabanları ışıkla sertleşen kompozit materyali ile desteklendi. Daha sonra üniversal bir test cihazı (Lloyd Instruments LR 5K, Hampshire, UK; loadcell NLC 500N, Lloyd Instruments PLC, Segensworth, Foreham, İngiltere) vasıtası ile ark telleri çaplarına göre sırasıyla slotların içinden yukarı istikamette çekildi. Çekilecek ark telleri ve braketlerin yüzeyleri deney öncesinde yağ çözücü bir solüsyon (Degreaser Cleaner, Philips 390DCS/2, Hollanda) ile temizlenip kurutuldu. Deney aşamasında kuvvet/esneme oranlarına bağlı olarak meydana gelebilecek farklılıkları ortadan kaldırmak ve gerginliklerini standartize etmek amacıyla, test edilecek ortodontik ark telleri hareket ettirilecek bölüm üzerinde önce kalibre edilmiş bir yay yardımıyla 200 gramlık bir kuvvet ile gerildi; daha sonra iki ucundan sıkı şekilde vidalarla sabitlendi. Kalibrasyon yayı uzaklaştırıldıktan sonra bu hareketli bölüm üniversal test cihazına bağlandı. Braket slotunun tele göre 0° konumu, hareketli bölüme yerleştirilen 0,018x0,025 inçlik bir rehber tel ile sağlandı. Deney aşamasında braket, 0° konumundayken (slot ark teline paralel), hareketli tabla yardımıyla ark teli slota yerleşecek şekilde yaklaştırıldı. Daha sonra, teli taşıyan bölüm yukarı ve aşağı doğru hareket ettirilerek test edilen ark telinin slot içerisinde serbestçe hareket etmesi sağlandı. Ark telinin slot tabanına temas etmesine özen gösterildi. Braketin bu pozisyonu 0° kabul edilerek, açılardırma ünitesinin ana mili üzerinde sabitlendi. Açılardırma ünitesinin

ana mil'in döndürülmesiyle oluşan her açı değeri dijital olarak "puls" cinsinden $0,7^\circ$ hassasiyetle bir LED-monitörüne aktarıldı. Ayarlanan açının sabitlenmesi için ana mil, hareket etmeyecek şekilde bir vida yardımıyla kilitlendi. Ortodontik ark telini taşıyan hareketli bölüm üniversal test cihazı vasıtasıyla 1 mm/dak.'lık sabit bir hız ile yukarı doğru hareket ettirilerek, oluşan sürtünme değeri onbinde bir hassasiyetle üniversal test cihazının LCD-monitöründe Newton cinsinden görüntülendi. Dapmat (V2.31, 40/0224) yazılımı ile bilgisayara kuvvet-esneme eğrisi şeklinde grafiklerle kesintisiz olarak kaydedildi. Her tel için saat yönünde sırası ile 4 puls ($2,8^\circ$), 7 puls ($4,9^\circ$), 13 puls ($9,1^\circ$) ve 20 puls'luk (14°) açılımlar kullanıldı. Bu sistemde sadece braket ile tel temasta olduğundan, ekranda okunan ortalama değerler sadece bu iki materyal arasındaki sürtünme direnci olarak kabul edilerek aynen alındı. Her braket-tel çifti önceden tanımlanan açı değerlerinde

beşer defa test edildi ve her deneme öncesinde cihazlar sıfırlandı.

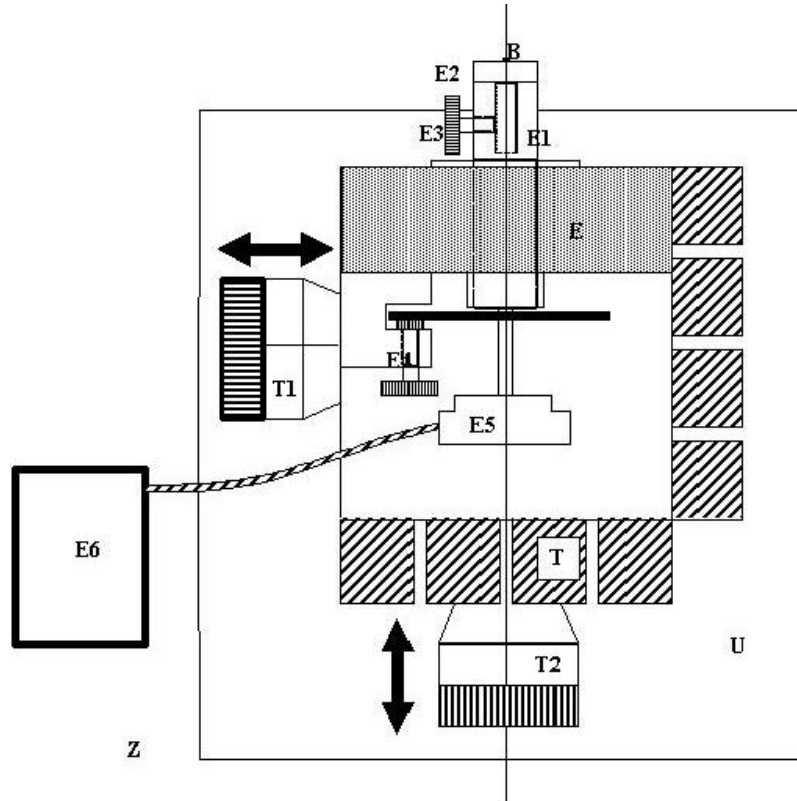
Elde edilen sürtünme kuvvetlerinin ortalama ve standart sapma değerleri SPSS 10.0 yazılım programı (SPSS Inc., Chicago, IL) kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirildi. Her braket tipi için farklı açılımlarda telin cinsinin sürtünme kuvvetleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla ($2 \times 4 \times 4$) faktöriyel randomize dizayna göre ANOVA testi uygulandı. Önem seviyesi tüm uygulamalarda $p=0,05$ olarak belirlendi. Daha sonra açı sabit tutularak model küçültüldü ve braket-tel etkileşimleri değerlendirildi. Braket-açı etkileşiminde ise tek yönlü varyans alanlizi uygulanarak önce varyans homojenlikleri kontrol edildi. Homojen olduğu durumlarda F istatistiği ve Bonferroni testi, homojen olmayan durumlarda ise Brown-Forsythe ve Dunnett C testleri kullanıldı.



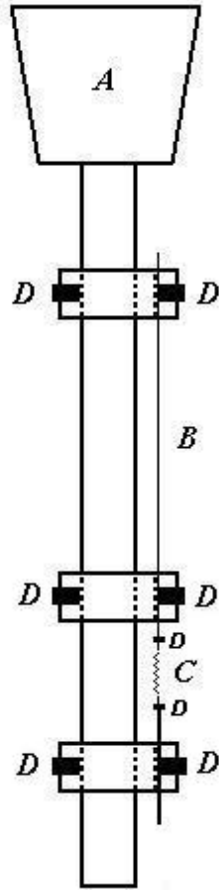
Resim 1. Çalışmada kullanılan lingual braketlerin yakından görünümü. Üstte, American Orthodontics firmasına ait ikiz kanatlı ve vertikal slotlu braket. Altta, Ormco firmasına ait tek kanatlı braket.



Resim 2. Üniversal test cihazına bağlanmış deney düzeneği.



Resim 3. Deney düzeneğinin şematik resmi. Z: Zemin; U: Üniversal test cihazının tabanı; T: Hareketli taşıyıcı tabla; T1: Elektronik üniteyi sağ ve sola hareket ettiren ayar butonu; T2: Elektronik üniteyi ileri ve geriye hareket ettiren ayar butonu; E: Elektronik açılıdırma ünitesinin gövdesi; E1: 360 derece hareketli mil; E2: Braketi taşıyan kısım; E3 ve E4: Sabitleyici vidalar; E5: Elektronik puls üreten dijital birim; E6: LED-monitör.



Resim 4. Üniversal test cihazına bağlanan ve ortodontik ark telini taşıyan hareketli bölüm (tasarım: Dr. Hakan Bulut). A: Ana şaft; B: Gerilmiş ortodontik ark teli; C: Kalibrasyon yayı; D: Sabitleyici vidalar.

Bulgular

Her iki lingual braket tipinde, tüm tellerde slot ile tel arasındaki açı arttıkça, sürtünme değerlerinin de arttığı saptandı. Her bir braket tipi ve tel çiftinden elde edilen ortalama sürtünme ve standart sapma değerleri açılara göre Tablo 2 ve 3'te görülmektedir.

Braket, tel ve açı faktörlerinden ikisinin (tel ve açı) ayrı, ayrı ana etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunurken ($p < 0,05$), faktörler arası tüm ikili ve üçlü etkileşimler de (braket-tel, braket-açı, tel-açı, braket-tel-açı) anlamlı bulundu ($p < 0,05$). En düşük sürtünme değeri $2,8^\circ$ lik açılarda Stealth braketinde, NI-TI® kullanımında kaydedildi. $4,9^\circ$ 'de braketler arasında bir fark tespit edilirken ($p = 0,033$; $p < 0,05$), toplam sürtünme ortalamaları arasındaki farklılıklara bakıldığında ise, Stealth braketini ve Ormco braketini arasında sürtünme değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı saptandı ($p > 0,05$). Varyans homojenlikleri kontrol edildiğinde, Stealth braketini için $9,1^\circ$ lik açılarda ($p > 0,05$) haricinde dağılımın homojen olmadığı ($p < 0,05$), Ormco braketini için ise tüm açı değerlerinde dağılımın homojen olduğu saptandı ($p > 0,05$). Braketler ve teller arasında ikili karşılaştırmada ortaya çıkan etkileşimler Tablo 4 ve 5'te gösterilmektedir.

Tablo 1. Araştırmada kullanılan lingual braketler ve preforme ark tellerinin özellikleri.

Braket	Kanat Yapısı	Üretici Firma	Ark Teli ve Çapı (inch)	Üretici Firma
Stealth Lingual Bracket 0,018 inch	İkiz, hooklu	American Orthodontics*	STAINLESS STEEL 0,016" x 0,022"	
7 th Generation Lingual Bracket 0,018 inch	Tek, hooklu	Ormco**	NI-TI® 0,016" x 0,022" TMA® 0,016" x 0,022" D-RECT® 0,016" x 0,022"	Ormco**

*American Orthodontics, Sheboygan, WI, ABD; **Ormco Corporation, Glendora, CA, ABD

Tablo 2. Stealth braketi ve köşeli tel çiftlerinde 4 farklı açıda ölçülen sürtünme kuvvetlerinin ortalama ve standart sapma değerleri.

Braket	Tel	Tel Çapı (inch)	Açı (Derece)	Ortalama (Newton)	Standart Sapma
Stealth* Lingual Bracket	STAINLESS STEEL	0,016x0,022	2,8	2,6092	0,2437
			4,9	4,5472	0,5022
			9,1	7,7820	0,8880
			14	10,2694	1,3972
	NI-TI®	0,016x0,022	2,8	1,2954	0,0741
			4,9	2,1872	0,1200
			9,1	4,1148	0,1229
			14	6,9008	0,3126
	TMA®	0,016x0,022	2,8	3,7080	1,3278
			4,9	5,6148	1,0359
			9,1	9,9490	0,5676
			14	12,9760	0,4537
	D-RECT®	0,016x0,022	2,8	1,5640	0,1789
			4,9	2,0756	0,3397
			9,1	5,1070	0,6978
			14	9,4548	0,2676

*American Orthodontics, Sheboygan, WI, ABD

Tablo 3. Ormco braketi ve köşeli tel çiftlerinde 4 farklı açıda ölçülen sürtünme kuvvetlerinin ortalama ve standart sapma değerleri.

Braket	Tel	Tel Çapı (inch)	Açı (Derece)	Ortalama (Newton)	Standart Sapma
7 th Generation* Lingual Bracket	STAINLESS STEEL	0,016 x 0,022	2,8	3,1738	1,1465
			4,9	5,7828	0,5643
			9,1	8,8346	0,8451
			14	11,8260	1,1667
	NI-TI®	0,016 x 0,022	2,8	1,5260	0,4547
			4,9	2,2888	0,2411
			9,1	3,9520	0,4684
			14	6,8382	1,0011
	TMA®	0,016 x 0,022	2,8	2,6398	0,2061
			4,9	4,8218	0,5540
			9,1	8,8800	0,8660
			14	11,3560	0,8203
	D-RECT®	0,016 x 0,022	2,8	1,8006	0,2060
			4,9	3,2346	0,8907
			9,1	6,1644	0,9083
			14	7,5836	0,6661

*Ormco Corporation, Glendora, CA, ABD

Tablo 4. Tanımlanan açılarda Stealth braketleri için teller arasında ve braketler arasında grup içi ortaya çıkan farklar.

Açı (Derece)	TEL	SS	NI-TI®	TMA®	D-RECT®	Braketler arası fark
2,8	SS	-	*	n.s.	*	n.s.
	NI-TI®	*	-	n.s.	n.s.	
	TMA®	n.s.	n.s.	-	n.s.	
	D-RECT®	*	n.s.	n.s.	-	
4,9	SS	-	*	n.s.	*	*
	NI-TI®	*	-	*	n.s.	
	TMA®	n.s.	*	-	*	
	D-RECT®	*	n.s.	*	-	
9,1	SS	-	*	*	*	n.s.
	NI-TI®	*	-	*	n.s.	
	TMA®	*	*	-	*	
	D-RECT®	*	n.s.	*	-	
14	SS	-	*	*	n.s.	n.s.
	NI-TI®	*	-	*	*	
	TMA®	*	*	-	*	
	D-RECT®	n.s.	*	*	-	

*p<0,05; n.s.: p>0,05; SS: STAINLESS STEEL

Tablo 5. Ormco braketinde tanımlanan açılarda teller arasında ve braketler arasında açı grupları içinde ortaya çıkan farklar.

Açı (Derece)	TEL	SS	NI-TI®	TMA®	D-RECT®	Braketler arası fark
2,8	SS	-	*	n.s.	*	n.s.
	NI-TI®	*	-	n.s.	n.s.	
	TMA®	n.s.	n.s.	-	n.s.	
	D-RECT®	*	n.s.	n.s.	-	
4,9	SS	-	*	n.s.	*	*
	NI-TI®	*	-	*	n.s.	
	TMA®	n.s.	*	-	*	
	D-RECT®	*	n.s.	*	-	
9,1	SS	-	*	n.s.	*	n.s.
	NI-TI®	*	-	*	*	
	TMA®	n.s.	*	-	*	
	D-RECT®	*	*	*	-	
14	SS	-	*	n.s.	*	n.s.
	NI-TI®	*	-	*	n.s.	
	TMA®	n.s.	*	-	*	
	D-RECT®	*	n.s.	*	-	

*p<0,05; n.s.: p>0,05; SS: STAINLESS STEEL

Tartışma

Seviyelemek, boşluk kazanmak veya boşluk kapatmak için ful-ark yöntemi ve kaydırma mekanikleri kullanıldığında, dişleri hareket ettirmek için uygulanan kuvvete karşı koyan ve sürtünme kuvveti diye adlandırılan doğal bir fenomen ortaya çıkmaktadır.⁶ Braket ile ark teli arasındaki sürtünme kuvvetlerini etkileyen ana faktörler materyal, yüzey pürüzlülüğü, sertlik, telin katılığı, geometrisi, sıvı ortam ve yüzey kimyasıdır.⁴ Birçok araştırmacıya göre, ark telinin brakete giriş açısı sürtünmeyi doğrudan etkileyen bir faktördür.⁷⁻⁹ Özellikle, önceden açıldırılmış braketler kullanıldığında, ark teli slot içine ilk yerleştirildiği andan itibaren dişin hareketi başlar ve daha seviyeleme dönemindeyken braket ve tel arasındaki açıdan kaynaklanan yüksek sürtünme kuvvetleri nedeniyle, kolaylıkla ankraj kayıpları ortaya çıkabilir. Articolo ve ark.¹⁰ açılma esnasında tel yüzeyinde meydana gelebilecek çentik ve aşınmalara dikkat çekmektedirler. Klinikte, çevre doku direnci de tel ile braket arasındaki sürtünmeyi etkileyen önemli bir faktördür (retarding force). Bu direnç arttıkça sürtünmenin de anlamlı düzeyde arttığı çeşitli *in vitro* çalışmalarla gösterilmiştir.^{11,12} Braketin üretim tekniğine bağlı olarak slot kenarlarında oluşabilen keskin kenarların ve çapakların da telin slot içindeki hareketi esnasında tel yüzeyini adeta kazıyarak sürtünmenin artmasına neden olabildiği belirtilmektedir.¹³ Ligatürün cinsi, materyali ve bağlama kuvveti de sürtünme kuvvetleri üzerinde önemli ölçüde etkilidir.^{14,15} Ayrıca, lingual ve labial ortodontik tedaviler arasında bazı farklılıklar mevcuttur. Lingual yöntemde braketlerin mesio-distal boyutları daha dardır. Anatomik kısıtlamalardan dolayı braketler arası mesafe azalır ve dişlerin rotasyon veya tipping yapmaları kolaylaşır. Aynı şekilde, labial teknikten farklı olarak, aynı ark teli uygulandığında, braketler arası mesafenin lingual teknikte azalmasına bağlı olarak telin katılığının arttığı ve alveol kemiğinde dişlerin etrafında daha yoğun gerilimlere neden olduğu Chaconas ve ark.¹⁶ tarafından fotoelastik bir çalışmada gösterilmiştir.

Bu komplike sürtünme sistemi, çalışmamızda, *in vitro* kuru bir ortam kullanılarak ve ligatür, rotasyon gibi parametreler elimine edilerek sadeleştirildi. Ark teli çekme esnasında slot tabanından uzak tutularak ilave bir sürtünme faktörünün ortaya çıkması önleildi. Test sırasında, telin düz ve gergin tutulmasının, ölçümü yapılan telin katılığının sürtünmeye olan etkisini minimuma düşürdüğü varsayıldı ve sadece braket ile tel temasta olduğundan, üniversal test cihazının ekranından okunan ortalama değerler bu iki materyal arasındaki sürtünme direnci olarak kabul edilerek aynen alındı.

Literatürde, farklı yöntemler kullanılarak yapılan ölçümlerde, braket ve teller arasındaki sürtünme kuvvetlerinin 1000 gram'a kadar çıkabildiği belirtilmektedir.¹⁷⁻²² Nikel-titanyum ve β -titanyum alaşımlı ark telleri üzerinde yapılan çalışmalar, yüzey pürüzlerinin fazlalığı nedeniyle bu tellerin braket ile tel arasında yüksek sürtünmelere neden olduğunu göstermektedir.^{12,23-25} Bu çalışmada her iki braket tipinde de nikel-titanyum alaşımlı ark telleri paslanmaz çelik tellere oranla büyük oranda daha az sürtünme değerleri gösterdi. Yapılan çalışmalar ile bu çalışma arasında ortaya çıkan bazı farklılıklar, statik konumdan dinamik sürtünmeye geçmek için uygulanan çekme hızı farkı, test edilen braket ve tellerdeki materyal ve çap farklılıkları, ortamın kuru olması (tükürüksüz) ve laboratuvar ısısının düşük olması ile açıklanabilir. Bu çalışmada sürtünme, her iki lingual braket tipinde de tüm tel materyalinde açı ile orantılı olarak artış göstermektedir. 4,9° açı değerinde braketler arasında sürtünme değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenirken, toplam sürtünme ortalamaları arasındaki farklılara bakıldığında, Stealth braketi ve Ormco braketi arasında sürtünme değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı. Ark telleri arasındaki etkileşimler değişkenlik gösterirken, çok sınımlı ark teli (D-RECT®) dört açılanmada da oldukça düşük sürtünme kuvvetleri sergilemiştir. Tosun¹⁵ bunu, telin yüksek elastikiyeti ve hareketli yüzey topoğrafisi sayesinde braket kanatları arasından kolaylıkla atla-

arak sıkışmaması şeklinde açıklamaktadır. Lingual tedavi mekaniklerinde seviyeleme, rotasyon kontrolü, distalizasyon, retraksiyon ve tork kontrolü amacıyla köşeli ark telleri tercih edilmektedir. Bu nedenle, ark sekansını belirlerken seçilecek ark tellerinin sürtünme özellikleri de dikkatle göz önünde bulundurulmalıdır.

Sonuç

1. Her iki lingual braket tipinde de, braket ile tel arasındaki açı değeri arttıkça, sürtünme mik-tarı lineer olarak artmaktadır.
2. Ark teli materyali ve açılendirma faktörleri sürtünme kuvvetleri üzerinde ana etkindir.
3. 4.9° açı değeri iki braket tipi arasında sürtünme değerleri bakımından fark vardır.
4. Test edilen dört açı değeri ve dört çeşit köşeli telde toplam sürtünme ortalamaları arasındaki farklarda her iki lingual braket tipi arasında, sürtünme değerleri bakımından, anlamlı bir fark yoktur.
5. Ark teli materyalleri arasındaki etkileşimler değişkenlik göstermektedir ve individüel olarak değerlendirilmelidir.

Kaynaklar

1. Thalheim A, Wiechmann D. Lingual orthodontics as the first choice. *J Ling Orthod* 2002; 4: 92-9.
2. Fillion D. Orthodontie linguale: réflexions clinique. *Rev Orthop Dento Faciale* 1990; 24: 475-98.
3. Willems G, Clocheret K, Celis JP, Verbeke G, Chatzicharalampous E, Carels C. Frictional behavior of stainless steel bracket-wire couples subjected to small oscillating displacements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001; 120: 371-77.
4. Kusy RP, Whitley JQ. Resistance to sliding of orthodontic appliances in the dry and wet states: influence of archwire alloy, interbracket distance, and bracket engagement. *J Biomed Mater Res* 2000; 52: 797-811.
5. Vaughan JL, Duncanson MG Jr, Nanda RS, Currier GF. Relative kinetic frictional forces between sintered stainless steel brackets and orthodontic wires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995; 107: 20-7.

6. Kusy RP, Whitley JQ. Friction between different wire-bracket configurations and materials. *Semin Orthod* 1997; 3: 166-77.
7. Andreasen GF, Quevedo FR. Evaluation of frictional forces in the 0.022"x0.028" edgewise bracket in vitro. *J Biomech* 1970; 3: 151-160.
8. Tselepis M, Brockhurst P, West VC. The dynamic frictional resistance between orthodontic brackets and wires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994; 106: 131-8.
9. Dickson JAS, Jones SP, Davies EH. A comparison of the frictional characteristics of five initial alignment wires and stainless steel brackets at three bracket to wire angulations- an *in vitro* study. *British J Orthod* 1994; 21: 15-21.
10. Articolo LC, Kusy K, Saunders CR, Kusy RP. Influence of ceramic and stainless steel brackets on the notching of archwires during clinical treatment. *Eur J Orthod* 2000; 22: 409-25.
11. Yamaguchi K, Nanda RS, Morimoto N, Oda Y. A study of force application, amount of retarding force, and bracket width in sliding mechanics. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1996; 109: 50-6.
12. Drescher D, Bourauel C, Schumacher HA. Frictional forces between bracket and archwire. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1989; 96: 397-404.
13. Tosun Y. Sabit ortodontik apareylerin biyomekanik prensipleri. Ege Üniversitesi Basımevi, 1999, İzmir.
14. Frank CA, Nikolai RJ. A Comparative study of frictional resistances between orthodontic bracket and archwire. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1980; 78: 593-609.
15. Riley JL, Garrett SG, Moon PC. Frictional forces of ligated plastic and metal edgewise brackets. *J Dent Res* 1979; 58: A21.
16. Chaconas SJ, Caputo AA, Brunetto AR. Force transmission characteristics of lingual appliances. *J Clin Orthod* 1990; 24: 36-43.
17. Kapur R, Sinha PK, Nanda RS. Comparison of frictional resistance in titanium and stainless steel brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999; 116: 271-74.
18. Kusy RP, Whitley JQ. Frictional resistance of metal-lined ceramic brackets versus conventional stainless steel brackets and development of 3-D friction maps. *Angle Orthod* 2001; 71: 364-74.
19. Zufall SW, Kusy RP. Sliding mechanics of coated composite wires and the development of an engineering model for binding. *Angle Orthod* 2000; 70: 34-47.
20. Thorstenson GA, Kusy RP. Comparison of resistance to sliding between different self-ligating brackets with second-order angulation in the dry and saliva states. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002; 121: 472-82.

21. Pizzoni L, Ravnholt G, Melson B. Frictional forces related to self-ligating brackets. *Eur J Orthod* 1998; 20: 283-91.
22. Articulo LC, Kusy RP. Influence of angulation on the resistance to sliding in fixed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999; 115: 39-51.
23. Tidy DC. Frictional forces in fixed appliances. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1989; 96: 249-54.
24. Kapila S, Angolkar PV, Duncanson MD Jr, Nanda RS. Evaluation of friction between edgewise stainless steel brackets and orthodontic wires of four alloys. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1990; 98: 117-26.
25. Tosun Y, Erdiñç AME, Diñçer B. Tel çapı, materyali, stiffness ve tel ile braket arasındaki açının sürtünme kuvvetleri üzerine etkisi. *Türk Ortodonti Derg* 2004; 17: 63-74.

Yazışma Adresi:

Dr. Hakan BULUT
Ege Üniversitesi,
Dişhekimliği Fakültesi,
Ortodonti AD,
35100 Bornova, İZMİR
Tel : (232) 388 03 26
Faks : (232) 388 03 25
E-posta : hakan.bulut@ege.edu.tr