

**NORTH PROFA, RECIPROC BLUE VE ROTATE DÖNER SİSTEM NİTİ EĞELERİN
ANİ APİKAL KURVATÜRLÜ KANALLARDA DÖNGÜSEL YORGUNLUK
DİRENÇLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**COMPARISON OF CYCLIC FATIGUE RESISTANCE OF NORTH PROFA, RECIPROC
BLUE AND ROTATE ROTARY NITI INSTRUMENTS IN CANALS WITH SEVERE
APICAL CURVATURE**

Arş. Gör Dt Gözde BAŞ*
Doç Dr Cangül KESKİN*

Arş. Gör Dt Elçin YÜZGÜLEÇ*
Prof Dr Uğur İNAN*

Makale Kodu/Article code: 4474

Makale Gönderilme tarihi: 25.06.2020

Kabul Tarihi: 21.10.2020

DOI : 10.17567/ataunidfd.814137

Gözde Baş: ORCID ID: 0000-0002-1721-1838

Elçin Yüzgüleç: ORCID ID: 0000-0003-3286-069X

Cangül Keskin: ORCID ID: 0000-0001-8990-4847

Uğur İnan: ORCID ID: : 0000-0001-8899-2152

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı North Profa RC Blue (25.08), Reciproc Blue (25.08) ve ROTATE (25.06) döner sistem nikel titanyum (NiTi) eğelerin ani apikal kurvatürlü kanallarda ve vücut sıcaklığında döngüsel yorgunluğa bağlı kırılma dirençlerinin karşılaştırılmasıdır.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışmada on ikişer adet North Profa RC Blue, Reciproc Blue ve ROTATE döner sistem NiTi eğeleri statik model döngüsel yorgunluk deney düzeneğinde, 90° kurvatür açısı ve 2 mm kurvatür yarıçapına sahip paslanmaz çelik yapay kanalda ve 37°C' de kırılmacaya kadar kullanıldı. Eğelerin kırılma zamanı dijital kronometre ile kaydedildi. Kırılan parçaların uzunlukları dijital kumpas kullanılarak ölçüldü. Kırık yüzeyler kırılma tiplerinin belirlenmesi için taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelendi. Eğelerin faz transformasyon sıcaklıkları ise diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) cihazında analiz edildi. Normal dağılım gösteren veriler tek yönlü ANOVA ve post hoc Tukey testi ile analiz edildi.

Bulgular: North Profa RC Blue ve Reciproc Blue eğelerin döngüsel yorgunluk dirençleri arasında anlamlı bir fark olmadığı saptanırken ($p > 0.05$) her iki grubun döngüsel yorgunluk dirençleri ROTATE grubundan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulundu ($p < 0.05$). Kırık yüzeylerden alınan SEM görüntüleri incelenerek aletlerin döngüsel yorgunluk sonucunda kırıldığı doğrulandı.

Sonuç: North Profa RC Blue ve Reciproc Blue eğelerin döngüsel yorgunluk direnci, ROTATE eğelerden daha yüksek bulundu. Eğelerin vücut sıcaklığında hangi fazda bulundukları ve kinematikleri döngüsel yorgunluk direncini etkilemektedir.

Anahtar Kelimeler: Nikel titanyum; döngüsel yorgunluk

ABSTRACT

Aim: The aim of this study was to evaluate the cyclic fatigue resistance of North Profa RC Blue, Reciproc Blue and Rotate nickel titanium (NiTi) files in severe apical curvature at intracanal temperature.

Material And Methods: In this study, 12 North Profa RC (25.08), 12 Reciproc Blue (25.08) and 12 ROTATE (25.06) rotary system NiTi files were used until fracture occurred, in static model cyclic fatigue testing device which has an artificial stainless steel canal with a 2-mm radius of curvature and a 90° angle of curvature, at an intracanal temperature of 37°C. The time to failure of the files was recorded using a digital chronometer. The lengths of the fractured fragments were measured using a digital caliper. The fractured surfaces of the files were examined under a scanning electron microscope (SEM). Phase transformation temperatures of the files were analyzed by differential scanning calorimeter (DSC) appliance. Normally distributed data were analyzed by one-way ANOVA and Tukey's Post Hoc test.

Results: No statistical difference was found between the cyclic fatigue resistance values of North Profa RC Blue and Reciproc Blue ($p > 0.05$). On the other hand, cyclic fatigue resistance values of both groups were higher than those of the ROTATE group, which was statistically significant ($p < 0.05$). SEM images taken from fractured surfaces revealed that the files were fractured as a result of cyclic fatigue.

Conclusion: Cyclic fatigue resistance values of North Profa RC Blue and Reciproc Blue nickel titanium files was greater than those of the ROTATE nickel titanium files. The phase transformation temperatures of the files at body temperature and their kinematics affect the cyclic fatigue resistance.

Keywords: Nickel titanium; cyclic fatigue

* Ondokuz Mayıs Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı

Kaynakça Bilgisi: Baş G, Yüzgüleç E, Keskin C, İnan U. North profa, reciproc blue ve rotate döner sistem niti eğelerin ani apikal kurvatürlü kanallarda döngüsel yorgunluk dirençlerinin karşılaştırılması Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg 2021; 31: 215-20.

Citation Information: Bas G, Yuzgulec E, Keskin C, Inan U. Comparison of cyclic fatigue resistance of north profa, reciproc blue and rotate rotary niti instruments in canals with severe apical curvature . J Dent Fac Atatürk Uni 2021; 31: 215-20.



GİRİŞ

Walia ve ark. tarafından nikel titanyum (NiTi) alaşımı kullanılarak ilk kök kanal aletinin üretilmesinden bu yana NiTi eğeler kök kanal tedavisinde yaygın olarak kullanılmaktadır.¹ NiTi alaşımları, metalin mekanik özelliklerini belirleyen 2 farklı sıcaklık bağımlı (östenit ve martensit) mikroyapısal faz içermektedir.² Sıcaklık östenit bitiş sıcaklığı (Af) üzerindeyse, alaşım östenitik durumdadır, yani sert, katı ve üstün süperelastik özelliklere sahiptir. Sıcaklık martensit bitiş sıcaklığının (Mf) altındaysa, NiTi alaşımı martensitik durumdadır yani yumuşaktır ve kolayca deforme olabilir.³ Martensit form, östenit ile karşılaştırıldığında üstün bir döngüsel yorgunluk direncine sahiptir.⁴⁻⁵ Geleneksel NiTi alaşımına kıyasla, yeni geliştirilen ısı işlem görmüş alaşımlar vücut sıcaklığına yakın veya daha yüksek bir faz transformasyon sıcaklığına sahiptir.

Reciproc Blue (VDW, Münih, Almanya), ROTATE (VDW, Münih, Almanya) ve North Profa RC Blue (Shenzhen Profa Medical Instruments, Shenzhen, Çin) "Blue Wire" ısı işlem görmüş döner sistem NiTi eğelerdir. Reciproc Blue sisteminde, Reciproc eğe sisteminin tasarım özelliklerini ve kinematikliğini koruyarak üretim sonrası uygulanan bir ısı işlemle eğenin esnekliğini ve döngüsel yorgunluk dayanımını arttırmak amaçlanmıştır.^{6,7} Tıpkı Reciproc gibi şekillendirmede tek başına kullanılabilecek resiprokasyon hareketi yapan üç farklı boyuttaki eğeye ve pasif uca sahip olan Reciproc Blue eğenin 2 kesici kenarı ve S şeklinde bir kesit tasarımı vardır.

ROTATE özel bir ısı işlemle kırılma direnci ve esnekliği artırılmış, devamlı rotasyonla çalışan yeni bir eğe sistemidir. Özel ısı işlem uygulaması sayesinde yüksek esnekliğe sahip olan ROTATE eğenin yivsiz shaft bölümü gri renkte iken, aletin yivli kısmı boyunca mavi renge sahiptir. Mavi renk; öğütme sonrası ısı işlem uygulanması ile yüzeyde biriken oksit tabakasının bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Aletin bölümleri arasındaki renk farkı ise oksit tabakasının yivlerin olduğu kısımda ve shaftın geri kalan kısmında farklı kalınlıklarda olmasından kaynaklanmaktadır. Reciproc Blue eğelerine benzer şekilde iki kesici kenar ve S şeklindeki kesit tasarımı göstermektedir.^{8,9}

Son olarak üretilen North Profa RC Blue eğe de yukarıdaki sistemlere benzeyen S şeklinde kesit tasarımına sahip resiprokasyon hareketi ile çalışan bir tek eğe sistemidir. Sistemin içerdiği eğeler uygun vakalarda şekillendirmede tek başına kullanılabilen 25.08, 40.06 ve 50.05 boyutlarında, "Blue Wire" ısı işlem

görmüş alaşımdan üretilmiş eğelerdir. Üretici firma, resiprokasyon hareketinin aletin maruz kaldığı torsiyonel ve eğilme streslerini azalttığını iddia etmektedir.¹⁰

Çalışmalar, kurvatür açısı arttıkça ve kurvatür yarıçapı azaldıkça aletlerin döngüsel yorgunluk direncinin azaldığını göstermiştir.¹¹⁻¹² Kök kanal sistemlerinin apikal üçte birinde sıklıkla teşhis radyografilerinde tespit edilemeyen çok ani kurvatürler bulunabilmektedir.¹³ Bu ani kurvatürler NiTi eğelerin daha fazla strese maruz kalmasına neden olur ve döngüsel yorgunluğa bağlı kırılmalara yol açabilir. Döner sistem NiTi eğelerin döngüsel yorgunluk direncini etkileyen diğer bir faktör de testlerin yapıldığı ortamın sıcaklığıdır. Testlerin vücut sıcaklığında yapılmasının, NiTi eğelerin döngüsel yorgunluk direncini azalttığı ve klinik koşulları daha iyi yansıttığı bildirilmiştir.¹⁴⁻¹⁶

Bu çalışmanın amacı ani apikal kurvatüre sahip yapay kanal içerisinde kullanılan 3 farklı "Blue Wire" ısı işlem görmüş döner sistem NiTi eğenin döngüsel yorgunluk dirençlerinin karşılaştırılmasıdır.

GEREÇ VE YÖNTEM

A priori power analizi Keskin ve ark.'nın "Effect of interrupted motion on the cyclic fatigue resistance of reciprocating nickel-titanium instruments" başlıklı çalışmalarının etki büyüklüğü kullanılarak (1.15), F-test ailesi ANOVA (fixed effects, omnibus, one-way) testi için G*Power programı (G*Power 3.1 for Macintosh; Heinrich Heine, Universität Düsseldorf, Düsseldorf, Almanya) ile 0.05 tip bir hata ve 0.80 beta değerleriyle grup başına düşen minimum örnek sayısı 12 olarak hesaplanmıştır.¹⁷ Sonuç olarak her gruptan (Reciproc Blue R25, ROTATE 25.06 ve North Profa RC25) magnifikasyon altında incelenen ve görünür bir defekti tespit edilemeyen 36 adet döner sistem NiTi eğesi döngüsel yorgunluk deney düzeneğinde vücut sıcaklığında (37±1°C) test edilmek üzere seçildi. 90° kurvatür açısı, 2 mm kurvatür yarıçapı olan yapay kanala sahip paslanmaz çelik bir blok 15x10x4 cm boyutlarında bir plastik kap içerisine monte edildi. Plastik kap 600 ml 5.25% sodyum hipoklorit (NaOCl) solüsyonu ile dolduruldu ve solüsyon 37 ± 1°C sıcaklığa kadar bir ısıtıcı (AquaTop, CA, ABD) yardımıyla ısıtıldı (Resim 1). Eğeler, döngüsel yorgunluk test cihazına monte edilmiş VDW Silver Reciproc endodontik motor (VDW, Münih, Almanya) ile üretici firmaların önerileri doğrultusunda Reciproc Blue ve North Profa RC Blue eğeler "Reciproc ALL" modunda, ROTATE eğeler ise 350 rpm ve 2.3 g/cm tork değerinde kırılana kadar kullanıldı. Kırılma

zamanları görsel ve işitsel olarak belirlendi ve 1/100 dijital kronometre ile kaydedildi. Kırık parçaların uzunlukları dijital bir kumpas ile ölçüldü.

Her gruptan 2 adet kırık ege, kırılma türlerini belirlemek amacıyla taramalı elektron mikroskobu (SEM) (JEOL, JSM-7001F, Tokyo, Japonya) ile incelendi ve kırık yüzeylerin farklı büyütme altında fotomikrografileri alındı.

Her 3 gruptan kullanılmamış ikiye ege faz transformasyon sıcaklıklarının belirlenmesi için diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) cihazında (Q2000, TA Instruments, New Castle, ABD) analiz edildi. Paketlerinden çıkarılan eğerlerin uçlarından 3-4 mm'lik parçalar kesilerek test örnekleri hazırlandı. Her bir örnek DSC cihazına yerleştirilerek önce 80°C sıcaklığa ısıtıldı, ardından -80°C sıcaklığa soğutuldu. Daha sonra tekrar 80°C sıcaklığa ısıtıldı. Isıtma döngüsü hızı 10°C/dk olarak belirlendi. Bulgular TA Instruments Universal Analysis bilgisayar programı kullanılarak analiz edildi.

Elde edilen verilerin istatistiksel analizleri için IBM SPSS 20.0 (SPSS Inc, Chicago IL, ABD) programı kullanıldı. Ölçümlerin istatistiksel analizi için verilerin normalliği Shapiro Wilk testi ile kontrol edildi. Normal dağılım gösteren veriler tek yönlü ANOVA ve post hoc Tukey testi ile analiz edildi. $P < 0.05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

BULGULAR

Eğerlerin ortalama kırılana kadar geçen süreleri, kırık parçaların ortalama uzunlukları ile standart sapmaları Tablo 1'de görülmektedir. Buna göre en uzun sürede kırılan eğerler North Profa RC Blue grubunda iken bunu Reciproc Blue grubu takip etti. Fakat iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi ($P > 0.05$). ROTATE eğerler ise North Profa RC Blue ve Reciproc Blue eğerlere oranla istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha kısa sürede kırıldı ($P < 0.05$). Tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre North Profa RC Blue grubunun kırık parça uzunlukları diğer iki gruptan anlamlı derecede yüksek bulundu ($P < 0.05$). Reciproc Blue grubu ile ROTATE grubunun kırık parça uzunlukları arasında ise anlamlı bir fark görülmedi ($P > 0.05$).

Eğerlerin kırık yüzeylerinden alından SEM görüntüleri incelendiğinde tamamında yorgunluk çizgileri gözlemlendi (Resim 2). Böylece deneylerin doğru bir şekilde yapıldığı ve eğerlerin döngüsel yorgunluk sonucunda kırıldığı doğrulandı.

Tablo 1. Test edilen eğerlerin ortalama kırılınca kadar geçen süre (s) ve kırık parça uzunluk (mm) değerleri.

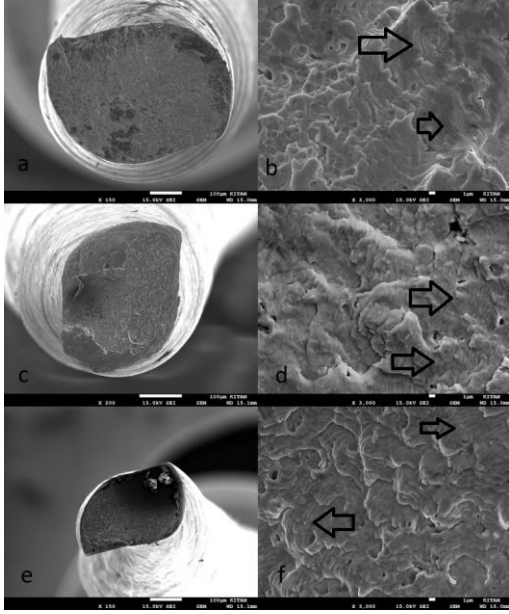
	Kırılınca kadar geçen süre (s)	Kırık parça uzunluğu (mm)
North Profa RC	201.60 ± 52.20 ^a	4.8 ± 0.6 ^a
Reciproc Blue	166.40 ± 57.30 ^a	3.4 ± 0.6 ^b
ROTATE	119.60 ± 33.10 ^b	3.1 ± 0.4 ^b

**Farklı harfler, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğuna işaret etmektedir ($p < 0.05$).*

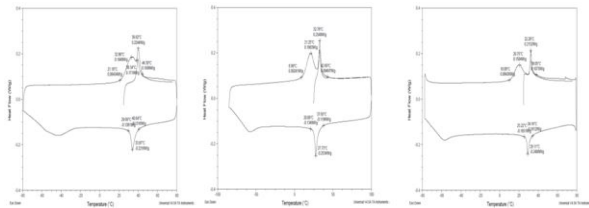
Her üç döner sistem NiTi eğerin ortalama döngüsel yorgunluk direnci bulguları, DSC analizi ile elde edilen martensit/östenit transformasyon sıcaklıkları ile uyumluydu (Şekil 1). Tüm gruplar homojen ve stabil termal transformasyon özelliklerine sahipti. North Profa RC Blue eğerlerin DSC analizi incelendiğinde ısıtma esnasında zayıf bir R-fazı transformasyonu gözlemlenirken, bunu daha şiddetli bir martensitik transformasyonun izlediği gözlemlendi (Şekil 1A). Soğutma esnasında ise, R-fazı ve martensitik transformasyonların çakıştığı görülmekte ve ayırt edilememektedir. Reciproc Blue ve ROTATE eğerler ise ısıtma esnasında iki aşamalı faz transformasyonu gösterirken, soğutma esnasında ise R-fazı ve martensitik transformasyon çakıştığından ayırt edilememektedir (Şekil 1B-C). Af sıcaklık değerleri North Profa RC, Reciproc Blue ve ROTATE eğerler için sırasıyla 44.39°C, 42.69°C ve 38.05°C olarak ölçüldü.



Resim 1. Statik model döngüsel yorgunluk test düzeneğinde metal yapay kanal içeren bloğun monte edildiği plastik kap, termokapıl ve ortamın sıcaklığını ölçen ve ayarlayan termostat izlenmektedir.



Resim 2. Eğelerin döngüsel yorgunluk testi sonrası kırık yüzeylerinin SEM görüntüleri: North Profa RC Blue (a,b), Reciproc Blue (c,d), ROTATE (e,f). Yüksek büyütmede (b,d,f) yorgunluk çizgileri gözlenmektedir (oklar).



Şekil 1. Eğelere ait DSC grafikleri ve faz transformasyon sıcaklık değerleri (A: North Profa RC Blue; B: Reciproc Blue; C: ROTATE).

TARTIŞMA

Döner sistem NiTi eğeler ile ilgili en büyük endişe, klinik kullanım sırasında herhangi bir daimi deformasyon belirtisi göstermeksizin aniden kırılabilirleridir.¹¹ Kırılma, torsiyonel strese veya döngüsel yorgunluğa bağlı olmak üzere 2 farklı mekanizma ile meydana gelmektedir.¹⁸ Alet kırılmalarının çoğunlukla döngüsel yorgunluktan kaynaklandığı belirtilmiştir.¹⁹⁻²⁰ Bugüne kadar aletlerin döngüsel yorgunluk direncini test eden pek çok çalışma yapılmıştır.^{6-9, 12-18} Bu çalışmaların tümünde, aletin döngüsel yorgunluk nedeniyle kırılmadan önce ne kadar döneceğini tur sayısı veya zaman cinsinden belirlemek için eğenin eğimli bir kanal içindeki dönüşü taklit edilmeye çalışılmıştır.²¹ Eğeler kırılıncaya kadar geçen süre, operatör tarafından daha kolay gözlemlendiği için klinik olarak daha geçerli

bulgular sağlar. Kırılıncaya kadarki tur sayıları ise aletlerin tasarım özelliklerinin döngüsel yorgunluğa karşı direnci açısından daha önemli bilgiler verir.²² Bu çalışmada, benzer tasarım özelliklerine sahip (S şeklinde kesit), ısıl işlem görmüş (Blue Wire), resiprokal ve sürekli dönme hareketi ile kullanılan 3 farklı döner sistem eğenin döngüsel yorgunluk direnci için kırılıncaya kadar geçen süreler değerlendirildi.

Döngüsel yorgunluk testlerinde genellikle kurvatür açısı 60° ve kurvatür yarıçapı 5 mm olan paslanmaz çelik bloklar kullanılmaktadır.^{14,23,24} Fakat kök kanal sistemlerinin apikal üçte birlik kısmında sıklıkla teşhis radyografilerinde tespit edilemeyen ani kurvatürler bulunabilmektedir.^{13,25} Bu ani kurvatürler NiTi eğelerin daha fazla strese maruz kalmasına neden olur ve döngüsel yorgunluğa bağlı kırılmaya yol açabilir.²⁶ Bu amaçla çalışmamızda 90° kurvatür açısına ve 2 mm kurvatür yarıçapına sahip yapay kanal bu ani kurvatürleri simüle etmek için kullanıldı.

Eğelerin döngüsel yorgunluk direncini etkileyen faktörlerden biri de çevresel sıcaklıktır. Son zamanlarda yapılan çalışmalar testin yürütüldüğü ortamın sıcaklığının artırılmasının döngüsel yorgunluk direncini önemli ölçüde düşürdüğünü bildirmişlerdir.^{14-16,27} Bu çalışmalar, eğelerin mekanik özelliklerini oda sıcaklığında ve vücut sıcaklığında karşılaştırmış ve ısıl işlem görmüş ege sistemlerinin vücut sıcaklığında test edildiklerinde daha düşük yorgunluk direncine sahip olduklarını göstermişlerdir.^{15,16}

Sonuç olarak yazarlar testlerin vücut sıcaklığını taklit ederek yapılmasının klinik koşulları daha gerçekçi şekilde yansıtacağını ve elde edilen sonuçların doğruluğunun artacağını bildirilmiştir.¹⁵ Vücut sıcaklığını taklit etmek için sıvı ortam içeren teknikler olabildiği gibi fırınlarla ortam sıcaklığının ayarlandığı teknikler de rapor edilmiştir.¹⁴⁻¹⁶ Ancak eğenin test edilirken sıvı ortamda yer almasının da dayanımını değiştirdiği gösterilmiştir.¹⁶ Bu nedenle bu çalışmada döngüsel yorgunluk testi 37°C sıcaklıkta ve NaOCl ortamında gerçekleştirilmiştir.

Devamlı rotasyonla çalışan ısıl işlem görmüş Rotate ege sisteminin mekanik özellikleri sınırlı sayıda çalışma tarafından değerlendirilmiştir.^{8,9} Bu çalışmalar ısıl işlemin eğenin vücut sıcaklığındaki faz kompozisyonunu değiştirerek geleneksel NiTi ve M Wire alaşımlara göre daha yüksek döngüsel yorgunluk direnci sağladığını bildirmişlerdir.^{8,9} Bu çalışmada benzer kesit alanlarına sahip North Profa RC Blue, Reciproc Blue ve ROTATE "Blue Wire" ısıl işlem görmüş tek ege döner sistemlerin ani apikal kurvatürlü kanallarda ve vücut

sıcaklığında döngüsel yorgunluğa bağlı kırılma dirençleri karşılaştırılmıştır. Çalışmamızda, North Profa RC Blue ve Reciproc Blue gruplarının döngüsel yorgunluk dirençleri arasında anlamlı bir fark görülmemiş ancak her iki grubun döngüsel yorgunluk direnci ROTATE grubundan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Yapılan DSC analizine göre ROTATE eğelerin Af sıcaklık değeri, North Profa RC Blue ve Reciproc Blue eğelerin Af sıcaklık değerlerinden daha düşük olduğundan ROTATE eğeler vücut sıcaklığında diğer iki grup eğeye oranla daha fazla östenit, daha az martensit faz içermektedir. Martensitik formdaki NiTi eğelerin yorgunluk dirençleri daha fazladır; çatlaklar martensitik formda östenit forma göre daha yavaş ilerlemektedirler.⁴ Bu durum North Profa RC Blue ve Reciproc Blue eğelerin ROTATE eğelere oranla daha yüksek döngüsel yorgunluk direnci göstermesini açıklamaktadır. Ancak faz dönüşüm sıcaklık aralıklarının bir eğenin mekanik özelliklerini etkileyen tek faktör olmadığı da unutulmamalıdır. Eğe kinematiğinin devamlı rotasyondan resiprokasyonel rotasyona geçmesiyle mekanik özelliklerinin anlamlı oranda etkilendiği ve aletlerin klinik ömrünün uzadığı bildirilmiştir.²⁸ Bunun sebebi olarak, devamlı rotasyonel hareket esnasında, gerilme kuvvetlerinin aletin bir bölgesinde yoğunlaşırken, resiprok hareket tipinde gerilme kuvvetlerinin her döngüde aletin çalışan kısmı boyunca üç noktaya dağılması olarak gösterilmiştir. Dağılan kuvvet, eğe yüzeyinde ileride kırıklara dönüşmesi beklenebilecek mikroçatlakların tekrar tekrar strese maruz kalmasını engeller. Resiprok hareketin bu sayede devamlı rotasyonel harekete kıyasla döngüsel yorgunluk direncini arttırdığı belirtilmiştir.²⁹ Çalışmamızda North Profa RC Blue ve Reciproc Blue eğelerin ROTATE eğelere oranla yüksek döngüsel yorgunluk direnci göstermesinin daha yüksek Af sıcaklıklarından ve aletlerin resiprok hareket modunda kullanılmasının alet üzerindeki stresin spesifik bir noktada yoğunlaşmasını önlemesinden kaynaklandığı düşünülmüştür.

Döngüsel yorgunluğa bağlı başarısızlıklarda kırık yüzeyleri SEM ile incelendiğinde kırık başlangıç alanları, periferde yer alan pürüzsüz yüzeyler olarak belirlenirler. Daha yüksek büyütmelerde ise kırılmanın döngüsel başarısızlığa bağlı olduğunun tipik kanıtı olarak yorgunluk çizgileri izlenmektedir. Çalışmamızda da kullandığımız eğelerin kırık yüzeylerinin SEM görüntülerinde tipik döngüsel yorgunluğa bağlı kırılma modeli sergiledikleri saptanmıştır.

SONUÇ

Bu çalışmada, vücut sıcaklığında ve ani kurva-türlü yapay kanallarda kullanılan North Profa RC Blue ve Reciproc Blue eğelerin döngüsel yorgunluk direnci, ROTATE eğelerden daha yüksek bulundu. Eğelerin vücut sıcaklığında hangi fazda bulundukları (östenit-martensit) ve kinematikleri (resiprok hareket-sürekli dönme hareketi) döngüsel yorgunluk direncini etkilemektedir.

Finansal destek bulunmamaktadır.

Çıkar çatışması: Bu makale yazarlarından hiçbirinin makalede bahsi geçen konu veya malzemeye ilgili herhangi bir ilişkisi, bağlantısı veya parasal çıkar durumu söz konusu değildir. Bu çalışma daha önce herhangi bir bilimsel etkinlikte tebliğ edilmemiştir.

KAYNAKLAR

1. Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. J Endod 1988; 14: 346-51.
2. Brantley W, Svec T, Iijima M, Powers J, Grentzer T. Differential scanning calorimetric studies of nickel titanium rotary endodontic instruments. J Endod 2002; 28: 567-72.
3. Zhou H, Peng B, Zheng YF. An overview of mechanical properties of nickel-titanium endodontic instruments. Endod Topics 2013; 29: 42-54.
4. Shen Y, Zhou HM, Zheng YF, Peng B, Haapasalo M. Current challenges and concepts of thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. J Endod 2013; 39: 163-72.
5. Shen Y, Coil J, Zhou H, Zheng Y, Haapasalo M. Hyflex nickel-titanium rotary instruments after clinical use: metallurgical properties. Int Endod J 2013; 46: 720-9.
6. De-Deus G, Silva EJ, Vieira VT, Belladonna FG, Elias CN, Plotino G, Grande NM. Blue thermomechanical treatment optimizes fatigue resistance and flexibility of the Reciproc files. J Endod 2017; 43: 462-6.
7. Keskin C, İnan U, Demiral M, Keleş A. Cyclic fatigue resistance of Reciproc Blue, Reciproc and WaveOne Gold reciprocating instruments. J Endod 2017; 43: 1360-3.
8. Ertuğrul İF, Orhan EO. Cyclic fatigue and energy-dispersive x-ray spectroscopy examination of the novel ROTATE instrument. Microsc Res Tech 2019; 82: 2042-8.
9. Keskin C, Sivas Yılmaz Ö, Keleş A, İnan U. Comparison of cyclic fatigue resistance of Rotate



- instrument with reciprocating and continuous rotary nickel-titanium instruments at body temperature in relation to their transformation temperatures. *Clin Oral Invest* 2020; Jun 15. Doi: 10.1007/s00784-020-03346-w.
10. North Profa Dental Katalog, 2020.
 11. Pruett JP, Clement DJ, Carnes Jr DL. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod* 1997; 23: 77-85.
 12. Haikel Y, Serfaty R, Bateman G, Senger B, Allemann C. Dynamic and cyclic fatigue of engine-driven rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod* 1999; 25: 434-40.
 13. Plotino G, Grande N, Melo M, Bahia M, Testarelli L, Gambarini G. Cyclic fatigue of NiTi rotary instruments in simulated apical abrupt curvature. *Int Endod J* 2010; 43: 226-30.
 14. Plotino G, Grande NM, Mercade Bellido M, Testarelli L, Gambarini G. Influence of temperature on cyclic fatigue resistance of ProTaper Gold and ProTaper Universal rotary files. *J Endod* 2017; 43: 200-2.
 15. deVasconcelos RA, Murphy S, Carvalho CA, Govindjee RG, Govindjee S, Peters OA. Evidence for reduced fatigue resistance of contemporary rotary instruments exposed to body temperature. *J Endod* 2016; 42: 782-7.
 16. Dosanj A, Paurazas S, Askar M. The effect of temperature on cyclic fatigue of nickel-titanium rotary endodontic instruments. *J Endod* 2017; 43: 823-6.
 17. Keskin C, Inan U, Demiral M. Effect of interrupted motion on the cyclic fatigue resistance of reciprocating nickel-titanium instruments. *Int Endod J* 2018; 51: 549-55.
 18. Pedulla E, Lo Savio F, Boninelli S, Plotino G, Grande N, Rapisarda E, La Rosa G. Influence of cyclic preloading on cyclic fatigue resistance of nickel titanium instruments. *Int Endod J* 2015; 48: 1043-50.
 19. Peng B, Shen Y, Cheung G, Xia T. Defects in ProTaper S1 instruments after clinical use: longitudinal examination. *Int Endod J* 2005; 38: 550-7.
 20. Cheung G, Peng B, Bian Z, Shen Y, Darvell B. Defects in ProTaper S1 instruments after clinical use: fractographic examination. *Int Endod J* 2005; 38: 802-9.
 21. Cheung GS. Instrument fracture: mechanisms removal of fragments, and clinical outcomes. *Endod Topics* 2009; 16: 1-26.
 22. Wan J, Rasimick BJ, Musikant BL, Deutsch AS. A comparison of cyclic fatigue resistance in reciprocating and rotary nickel-titanium instruments. *Aust Endod J* 2011; 37: 122-7.
 23. Elnaghy AM, Elsaka SE. Cyclic fatigue resistance of One Curve, 2Shape, ProFile Vortex, Vortex Blue, and RaCe nickel-titanium rotary instruments in single and double curvature canals. *J Endod* 2018; 44: 1725-30.
 24. Alfawaz H, Alqedairi A, Alsharekh H, Almuzaini H, Alzahrani S, Jamleh A. Effects of sodium hypochlorite concentration and temperature on the cyclic fatigue resistance of heat-treated nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2018; 44: 1563-6.
 25. Estrela C, Bueno MR, Barletta FB, Guedes OA, Porto OC, Estrela CRA, Pecora JD. Identification of apical and cervical curvature radius of human molars. *Braz Dent J* 2015; 26: 351-6.
 26. Inan U, Keskin C, Yılmaz ÖS, Baş G. Cyclic fatigue of Reciproc Blue and Reciproc instruments exposed to intracanal temperature in simulated severe apical curvature. *Clin Oral Invest* 2019; 23: 2077-82.
 27. Grande NM, Plotino G, Silla E, Pedulla E, DeDeus G, Gambarini G, Somma F. Environmental temperature drastically affects flexural fatigue resistance of nickel-titanium rotary files. *J Endod* 2017; 43: 1157-60.
 28. Zan R, Hubbezoğlu İ, Akpınar KE, Kutlu G, Mutlu Z. One shape new generation, K3XF, Twisted File Adaptif ve ProTaper Next enstrümantasyon sistemleri kullanımı sonrası kök dentinin eğilme dayanımı. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg* 2016; 26:239-44.
 29. Lopes HP, Elias CN, Vieira MV, Siqueira Jr JF, Mangelli M, Lopes WS, Vieira VTL, Alves FRF, Oliveira JCM, Soares TG. Fatigue life of Reciproc and Mtwo instruments subjected to static and dynamic tests. *J Endod* 2013; 39: 693-6.

Sorumlu Yazarın Yazışma Adresi

Arş Gör Dt Gözde BAŞ
OMÜ Dişhekimliği Fak. Endodonti A.D.
Kurupelit/SAMSUN
Tel:0362 3121919/ 3287
Fax:0362 4576032
e-mail: ugurinan29@hotmail.com

