


Üç farklı nikel-titanyum döner alet sisteminin vücut ısısındaki döngüsel yorgunluk dirençlerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi

Comparative evaluation of cyclic fatigue resistance of three different nickel-titanium rotary instruments at body temperature

Zeliha ÖZTÜRK¹ 
Şeyda ERŞAHAN¹ 
Yelda Erdem HEPSENOĞLU¹ 
Didem EKİZ² 
Can TOPKARA³ 

¹Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Muğla, Türkiye
²İstanbul Medipol Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye
³Serbest Diş Hekimi

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, üç farklı nikel-titanyum (Ni-Ti) döner eğe sisteminin vücut ısısındaki döngüsel yorgunluk dirençlerinin karşılaştırılması olarak değerlendirilmesidir.

Yöntemler: Bu çalışmada, üç farklı Ni-Ti döner eğe sisteminden (ProTaper Universal-PU, Twisted File-TF, One Curve-OC) toplam 90 adet kanal eğesi kullanıldı. Tüm eğe grupları kanal içi sıcaklığında (35 °C), 60° eğime sahip suni kanallarda döngüsel yorgunluk direnci açısından test edildi. Sıcaklık, deney boyunca bir su altı termometresi ve bir termostat ile kontrol edildi. Kırılıncaya kadar geçen süre ve tur sayısı hesaplandı. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak SPSS 23.0 (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0. Armonk, NY: IBM Corp.) paket programı ile analiz edildi.

Bulgular: Eğe tipleri içerisinde, en yüksek döngüsel yorgunluk direnci OC eğelerinde (1072,327 158,272), en düşük direnç de PU eğelerinde (439,798 129,942) görüldü.

Sonuç: Bu sonuçlara göre, eğimli kanallarda döngüsel yorgunluk direncinin daha yüksek olması ve kırık kısmın uzunluğunun daha fazla olması gibi avantajları sayesinde One Curve eğe sisteminin kullanımı daha avantajlı olabilir.

Anahtar kelimeler: ProTaper Universal, Twisted File, One Curve, döngüsel yorgunluk direnci

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to comparatively investigate the cyclic fatigue of three different nickel-titanium (Ni-Ti) rotary files at body temperature.

Methods: A total of 90 Ni-Ti rotary instruments from 3 brands (ProTaper Universal-PU, Twisted File-TF, One Curve-OC) were selected. At intracanal temperature (35°C), all groups of files were tested for cyclic fatigue resistance in artificial root canals with 60° curvature at body temperature. The time until fracture was recorded and the number of cycles were calculated for each group. The results were analyzed by statistically.

Results: Among the file types, OC files (1072,327 158,272) were the most resistance to cyclic fatigue and PU files (439,798 129,942) had the lowest results.

Conclusion: According to these results, the use of the One Curve file system may be advantageous due to its advantages such as higher cyclic fatigue resistance in curved canals and longer fracture length.

Keywords: ProTaper Universal, Twisted File, One Curve, cyclic fatigue resistance

GİRİŞ

Nikel-titanyum (Ni-Ti) döner aletler, geleneksel paslanmaz çelik eğelere kıyasla üstün esneklikleri ve artmış kesme etkinlikleri sayesinde endodonti alanında kullanılan temel malzemelerdendir.¹ Ni-Ti eğeler süper-elastisiteyi sayesinde zip, basamak veya transportasyon gibi komplikasyonlara daha az yol açar ve kök kanalının orijinal formunu koruyan kanal şekillendirmesi elde edilmektedir.² Ni-Ti eğelerin tüm bu üstünlüklerine rağmen, tedavi esnasında aniden kırılması en sık görülen dezavantajlarıdır.³ Kanal şekillendirmesi esnasında eğe kırılması iki şekilde olabilir; torsiyonel kırık ve döngüsel yorgunluk kırığı. Torsiyonel kırık, eğenin uç kısmı kanalın apikal kısmı içerisinde sıkışırken, koronal kısmının eğenin dayanabileceği maksimum yükün üzerinde dönmeye devam etmesi sonucu meydana gelmektedir. Döngüsel yorgunluk kırığı ise eğimli bir kök kanalının eğim bölgesinde eğenin rotasyonuna bağlı olarak tekrarlayan sıkışma ve gerilme kuvvetlerine maruz kalması sonucu meydana gelmektedir.³ Eğimli kanallarda sürekli olarak tekrarlayan bu döngü metal yorgunluğu ve sonrasında da eğe kırığına yol açmaktadır.³ Bu dezavantajın üstesinden gelebilmek için üreticiler tarafından eğenin (I) tasarımının

Geliş Tarihi/Received: 18.11.2020

Kabul Tarihi/Accepted: 14.10.2021

Sorumlu Yazar/Corresponding Author:
Zeliha ÖZTÜRK
E-posta: zelihaozturk@mu.edu.tr

Cite this article: Öztürk Z, Erşahan Ş, Hepsenoğlu Erdem Y, Ekiz D, Topkara C. Comparative evaluation of cyclic fatigue resistance of three different nickel-titanium rotary instruments at body temperature. *Curr Res Dent Sci.* 2022; 32(1): 49-52



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

değiştirilmesi (yatay kesit tasarımında, konisite, heliks açısı, kesme açısı ve yivler arası mesafesinde değişiklik yapılması gibi); (II) frezleme yerine büküm kullanılarak üretim sürecinin değiştirilmesi; (III) eğenin yüzeyinin elektropolisaj gibi özel işlemlerle değiştirilmesi konularında çalışmalar devam etmektedir.^{4,5} Son günlerde, üreticiler çabalarını Ni-Ti eğelerin yukarıda belirtilen şekilde modifikasyonunun yanında, Ni-Ti alaşımının özelliklerinin iyileştirilmesine yoğunlaştırmışlardır.^{4,6}

ProTaper Universal (Dentsply, Tulsa Dental, PA, USA) 2000' li yılların başında piyasaya sürülen, pozitif kesme açısına sahip, aynı egede artan ve azalan konisite tasarımında üretilmiş bir eğe sistemidir. Dış bükey üçgen çapraz kesit sayesinde kesme etkinliği iyi olmasına karşın, kesici kenarlarında radyal alanın bulunmaması kılavuz korumayı yok ederek preparasyon hataları riskini ve bunlardan biri olan eğe kırığını artırmıştır. Ni-Ti eğelerin yorgunluk dayanımının artırılması amacıyla Ni-Ti alaşımın metalürjisi geliştirilerek, değişik eğe sistemleri üretilmiştir. Bunlardan biri olan, Twisted File (SybronEndo, Kerr Corporation, Orange, CA, Amerika), Ni-Ti alaşımının özel bir ısı işlemi olan R-fazında iken bükülme hareketi uygulanarak üretilmiştir.⁷ Yeni jenerasyon kanal eğe sistemlerinden olan, One Curve (Micro Mega, Besançon, Fransa) döner eğe sistemi ise ısı işlem görmüş C-wire teknolojisi ile üretilmiş esneklik kabiliyeti ve kırılma direnci yüksek olan, ön eğim verilerle kanallara ulaşmada avantaj sağlanarak kullanılabilir. Tek eğeyle şekillendirme imkânı sayesinde hem çalışma süresini kısaltır hem de çapraz kontaminasyon riskini önlemiş olur. Bu çalışmanın amacı, günümüz endodonti uygulamalarında sıklıkla kullanılan 3 farklı üretim sürecine sahip döner eğe sistemlerine ait eğelerin döngüsel yorgunluk dirençlerinin vücut ısısında karşılaştırmalı olarak incelenmesidir. Çalışmamızın boş hipotezi kullanılan üç farklı eğe sisteminin döngüsel yorgunluk direnci arasında farklılık olmayacağıdır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışmaya her grupta 30 adet olacak şekilde ProTaper Universal (PU; F2-size 25, 0.08 taper), Twisted File (TF; size 25, 0.04 taper) ve One Curve (OC; size 25, 0.06 taper) olmak üzere toplam 90 adet eğe dahil edildi. Döngüsel yorgunluk testinden önce, deformasyon ve üretim kusurlarının saptanması için tüm eğeler stereo mikroskop altında (Imaging Systems, Leica Ltd., Cambridge, İngiltere) x 20 büyütmede incelendi.

Döngüsel yorgunluk direnci deney düzeneği paslanmaz çelik yapıda olup, üzerinde anguldruvanın sabitlenerek tutturulacağı kol kısmı ve eğenin içinde serbestçe dönebileceği konkav eğimli kanalları temsil eden oluklu yapay kanal kısmından oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan yapay kanallar paslanmaz çelikten üretilmiş olup 5 mm eğim yarıçapı ve 60° kanal eğim açısına ve 1,5 mm iç çapa sahiptir. Bu kanallarda çalışırken eğenin rahat dönmesini sağlamayı hedefleyerek sentetik yağ (WD-40 Company, Milton Keynes, İngiltere) kullanıldı. Tüm eğeler, üretici firmalar tarafından verilen kullanım talimatları izlenerek tork kontrollü bir endodontik motor (VDW Gold; VDW Münih, Almanya) kullanılarak kanal içi sıcaklığında 35 °C distile su bulunan cam tank içerisinde çalıştırıldı. Üretici firma önerileri doğrultusunda; PTU 300 rpm hız- 3 Ncm tork, OC 300 rpm hız- 2,5 Ncm tork ve TF eğeleri 500 rpm hız- 3 Ncm tork değerlerinde kullanıldı.

Eğeler kırılana kadar geçen süre dijital bir kronometre aracılığıyla saniye cinsinden kaydedildi. Eğenin kırılıncaya kadar yapmış olduğu tur sayısı (KKTS) dakika cinsinden kırılma süresi ile dönme hızının (rpm) çarpımıyla hesaplandı [KKTS = dakika başına devir (rpm) x süre kırılma (sn) / 60]. Kırılan her parçanın uzunluğu dijital bir kumpas ile ölçüldü.

İstatistiksel analiz

Tüm istatistiksel hesaplamalar için SPSS 23.0 paket programı kullanıldı (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0. Armonk, NY: IBM Corp.). Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk ve Kolmogorov-Smirnov testleri ile değerlendirildi. Gruplar arası karşılaştırmalar Tek Yönlü Anova testi ile yapıldı. Eğe grupları ile eğelerin kırılana kadar yaptıkları tur sayısı ve kırık parça uzunluğu arasındaki ilişki Spearman Korelasyon Analizi ile belirlendi. Anlamlılık derecesi $P < ,05$ olarak kabul edildi.

BULGULAR

Deney düzeneğinde 3 farklı eğe sistemi-test edilmiştir. Eğelerin kırılana kadar geçen dönme süreleri ve hız bilgisi ile hesaplanan kırılana kadar yaptığı tur sayısı ve kırık parça uzunlukları Tablo 1'de gösterilmiştir. Kanal içi sıcaklığında One Curve eğelerinin kırılana kadar yaptığı tur sayısı, Twisted File ve ProTaper Universal eğelerinininkinden daha yüksek bulunmuştur ($P < ,05$) (Tablo 1).

Twisted File ve ProTaper Universal gruplarının kırık eğe parçalarının uzunlukları açısından birbirine benzer sonuç verdiği gözlenmiştir. Ancak, One Curve grubunda kırılan parçanın uzunluğu diğer eğe sistemlerine göre anlamlı derecede daha uzun bulunmuştur ($P < ,05$) (Tablo 1).

Kırık parça uzunluğu ile eğelerin kırılana kadar yaptıkları tur sayısı bulguları arasında orta anlamlı derecede bir ilişki bulunmuştur ($r=0,58; P < ,001$) (Tablo 2). Buna göre, One Curve ve Twisted File grupları arasında anlamlı ilişki olmadığı (sırasıyla $r = -0,192; r = -0,056; P > ,05$), fakat ProTaper Universal'de zayıf ve ters yönde bir ilişki bulunmuştur ($r = -0,375; P < ,05$). Yani ProTaper Universal eğelerinde kırılana kadar yaptıkları tur sayısı artarken kırık parça uzunluğu da artmıştır.

TARTIŞMA

Ni-Ti döner eğe sistemleriyle ilgili en büyük sorun olası kırılma riskleri olup, bu da kök kanal tedavisinin uzun dönem başarısını ve prognozunu olumsuz etkilemektedir.⁸ Bu nedenle, Ni-Ti döner eğe sistemlerinin döngüsel yorgunluğa karşı direnci birçok araştırmaya konu olmuştur.⁸⁻¹² Ancak bu yapılan çalışmalar genelde *in vitro* koşullarda yapılarak eğeler test edilmiştir. Bu nedenle çalışmamızda statik model altında vücut ısısında konvansiyonel Ni-Ti eğelerden olan ProTaper Universal; R fazı Ni-Ti'den üretilen Twisted File ve C-wire teknolojisiyle üretilen One Curve döner eğe sistemlerinin döngüsel yorgunluğa karşı dirençlerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Tablo 1. Test edilen eğelerin kırılana kadar yaptıkları tur sayıları ile kırık parça uzunluklarının ortalama ve standart sapma değerleri (Tabloya p değeri sütunu eklenerek "tam P değeri" verilmeli; ayrıca her iki tabloda da başlıklar yukarı alınmalı ve tabloların altına hangi istatistiksel testlerin yapıldığı yazılmalı).

Kullanılan Eğe Sistemi	Eğenin Kırılana Kadar Yaptığı Tur Sayısı		Kırık Parçanın Uzunluğu	
	Ortalama ± Standart sapma	Ortalama ± Standart sapma	Ortalama ± Standart sapma	Ortalama ± Standart sapma
ProTaper Universal	439,798	129,942	3,717	1,156
One Curve	1072,327	158,272	5,673	0,494
Twisted File	527,586	112,595	4,060	0,755
	$P < ,05$		$P < ,05$	

Tablo 2. Test edilen eğelerin kırılana kadar yaptıkları tur sayıları ile kırık parça uzunlukları arasındaki ilişki ($r =$ Spearman korelasyon katsayısı, * $P < ,05$)

Kullanılan Eğe Sistemi	r değeri	P değeri
ProTaper Universal (n=30)	-0,375*	0,041*
One Curve (n=30)	-0,192	0,311
Twisted File (n=30)	-0,056	0,769

Eğelerin döngüsel yorgunluk dirençleri alaşım özellikleriyle beraber, eğelerin yatay kesit özellikleri, hız-tork ayarları gibi çeşitli faktörlerden de etkilenmektedir.¹⁷⁻¹⁹ Lopes ve arkadaşlarının ProTaper Universal F3 ve F4 eğelerini 300 rpm ve 600 rpm dönüş hızlarında kullanarak döngüsel yorgunluk testini gerçekleştirdikleri çalışmalarında, dönüş hızındaki artışın döngüsel yorgunluk direncini düşürdüğü bulgusu bulunmuştur.¹⁹ Dönme hızındaki artışla birlikte döngüsel yorgunluk direncinin azalması bulgularını, hızla birlikte eğe yüzeyindeki artmış sıcaklık sonucu açığa çıkan termomekanik stresle açıklamışlardır.¹⁹ Bizim çalışmamızda üretici firma tavsiyeleri doğrultusunda dönme hızı ProTaper için 300 rpm; Twisted File eğeleri için sabit 500 rpm ve One Curve için sabit 300 rpm olacak şekilde kullanıldı. Twisted File eğelerinin ProTaper Universal'e kıyasla daha yüksek döngüsel yorgunluk direncine sahip olmasında artmış dönme hızının da etkisi olabilir.

Ortam sıcaklığının termomekanik işlem görmüş Ni-Ti eğelerinin döngüsel yorgunluk direncini etkilediği yapılan çalışmalarda gösterilmiştir.^{20,21,22,23} Hemptinne ve ark. kanal içi sıcaklığın ortalama 35°C olduğunu bildirmiştir.²⁴ Bu nedenle, kanal içi sıcaklığı yansıtabilmek için, çalışmamızda ortam sıcaklığı 35 °C olacak şekilde ayarlanmıştır.

Ni-Ti döner eğe sistemlerinin döngüsel yorgunluk direncinin kanalın eğim açısına, eğim yarıçapına ve eğe tasarımına bağlı olduğu gösterilmiştir.¹³ Döngüsel yorgunluğu değerlendiren çalışmalarda 5mm ve/veya 10mm eğim yarıçapına sahip düzenekler kullanılmaktadır.^{10,14} Bu çalışmada hiç kullanılmamış eğeleri 5 mm eğim yarıçapı ve 60° eğim açısına sahip paslanmaz çelik deney düzeneğinde inceledik. Kanal eğim yarıçapının azalması, kök kanal morfolojisinde ani ve sert dönüşler olarak tanımlanabilir. Eğim yarıçapı azaldıkça döngüsel yorgunluk direncinin azalacağı ve eğenin kırılma riskinin artacağı bildirilmiştir.¹⁵ Genelde eğe çapı arttıkça, kırık olana kadar geçen dönme süresi azalır, yani daha büyük eğeler çoğunlukla daha çabuk kırılır.¹⁶ Gambarini daha büyük eğelerin dinamik stresler altında daha kısa sürede kırıldıklarını ve .04 koniklikte eğelerin .06 koniklikte eğelerden daha dirençli olduklarını belirtmektedir.¹⁶ Bizim çalışmamızda aynı büyüklük ve farklı konisiteye sahip 3 eğe sisteminin yorgunluk direnci değerleri birbirinden farklı bulunmuştur. Bundan dolayı boş hipotezimiz reddedilmiştir. Çalışmamızda kullanılan ProTaper Universal (#25, .08) ve Twisted File (#25, .04) eğeleri aynı büyüklükte olmalarına karşın, Twisted File eğelerinin daha yüksek yorgunluk direnci göstermesini daha düşük konisiteye sahip olmalarıyla açıklayabiliriz. Diğer bir sebep, TF egesinin metal alaşımının farklı bir ısıl işleme (R fazı) maruz bırakıldıktan sonra büküm teknolojisi kullanılarak üretilmesi olabilir. R fazına sahip eğelerin, geleneksel NiTi eğelerine göre daha fazla esnekliğin yanı sıra döngüsel yorgunluğa karşı daha yüksek dirence sahip oldukları bildirilmiştir.²⁵ Bu çalışmanın sonuçlarıyla benzer olarak, TF egesi ve RaCe (FKG Dentaire) eğelerinin döngüsel yorgunluk direncinin karşılaştırıldığı çalışmalarda TF eğelerinin döngüsel yorgunluk direncinin RaCe egesinden daha yüksek olduğu bildirilmiştir.^{26,27} Uslu ve ark.'nın kanal sıcaklığında 2Shape (MicroMega), TF ve ESX (ESX) eğelerinin döngüsel yorgunluk direncine karşı dayanımını inceledikleri çalışmalarında, TF egesinin, ESX egesinden önemli ölçüde daha iyi döngüsel yorgunluk direnci sergilediği gösterilmiştir.²⁸ ProTaper Universal, ProTaper Next (Dentsply Maillefer), HyFlex CM(Coltene/Whaledent) ve Twisted File eğelerinin döngüsel yorgunluk dirençlerinin karşılaştırıldığı başka bir çalışmada da, Twisted File eğe sisteminin en yüksek yorgunluk direncine sahip olduğu bildirilmiştir.²⁹ Bulgularımız, diğer araştırmacıların TF eğe sistemi ve geleneksel Ni-Ti eğe sistemlerinin döngüsel yorgunluklarının karşılaştırıldığı çalışma bulgularıyla ile tutarlıdır.^{29,30}

Çalışmamızın sonuçlarına göre, One Curve egesi döngüsel yorgunluğa karşı en yüksek direnci göstermiştir. Benzer şekilde Topçuoğlu ve ark., çift eğimli kanalda oda sıcaklığı (20±1°C) ve kanal içi sıcaklığının (35±1°C) One Curve (OC; Micro Mega), EdgeFile (EdgeEndo), HyFlex CM (Coltene/Whaledent) ve ProTaper Next (Dentsply Maillefer) eğelerinin döngüsel yorgunluk dirençleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında; kanal içi sıcaklıkta One Curve ve EdgeFile eğelerinin döngüsel yorgunluğa karşı gösterdikleri direncin HyFlex CM eğelerinden daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.³¹ Çalışmamızda, One Curve egesinin daha yüksek döngüsel yorulma direncine sahip olmasının, kontrollü bir bellek özelliğine sahip ısıl işlem görmüş C-wire teknolojisi ile üretilmiş olmasından kaynaklandığı düşünmekteyiz. C-wire teknolojisi ile üretilen eğelerin, M-Wire ve geleneksel Ni-Ti eğelerine kıyasla önemli ölçüde geliştirilmiş döngüsel yorgunluk direncine sahip olduğunu belirten önceki çalışmalarla da bulgularımız uyumludur.³¹⁻³⁴

Daha önce yapılan çalışmalarda da belirtildiği üzere, kullanılan Twisted File ve ProTaper Universal eğe sistemleri kırılan eğe parçalarının uzunlukları açısından karşılaştırıldığında, sonuçlar birbirine benzer bulunmuştur.^{28,35,36,37} One Curve eğe sisteminde kırık parça uzunluğu diğer iki sistemden daha fazla olduğu görülmüştür. Bu sonuç da kanal içi sıcaklıkta, benzer eğim yarıçapı, kanal eğim açısı ve iç çapına sahip yapay kanallarda gerçekleştirilen çalışma sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.^{31,33,38} Farklı sonuçta sahip olan çalışmalarda testlerin kanal içi sıcaklık yerine oda sıcaklığında yapılmış olduğunu görmekteyiz.³⁹ Eğenin apikalde kırılması daha dezavantajlı olup, koronalde kırılması kolay çıkarılma açısından daha avantajlı olabilir.

Çalışmamızın limitasyonları arasında in-vitro çalışma olması, plastik bloklarda gerçekleştirilmiş olması yer almaktadır. Çekilmiş dişlerde yapılacak çalışmalar veya klinik çalışmalarla bu çalışmanın desteklenmesi uygun olacaktır.

SONUÇ

One Curve eğelerin, 5 mm'lik eğim yarıçapında ve vücut sıcaklığında Twisted File ve ProTaper Universal eğelere kıyasla daha yüksek döngüsel yorgunluk direncine sahip olduğu ve kırıldığındaki parça uzunluğunun diğer eğe sistemlerine göre daha fazla olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, One Curve eğe sisteminin klinik kullanımı daha avantajlı olabilir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir – Z.Ö., Ş.E., Y.E.H., D.E., C.T.; Tasarım – Z.Ö., Ş.E., Y.E.H., D.E., C.T.; Denetleme – Z.Ö., Ş.E., Y.E.H., D.E., C.T.; Kaynaklar – Z.Ö., Ş.E., Y.E.H., D.E., C.T.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi – Z.Ö., Ş.E., Y.E.H., D.E., C.T.; Analiz ve/veya Yorum – Z.Ö., Ş.E., Y.E.H., D.E., C.T.; Literatür Taraması – Z.Ö., Ş.E., Y.E.H., D.E., C.T.; Yazıyı Yazan – Z.Ö., Ş.E., Y.E.H., D.E., C.T.; Eleştirel İnceleme – Z.Ö., Ş.E., Y.E.H., D.E., C.T.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Finansal Destek: Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Concept – Z.Ö., Ş.E., Y.E.H., D.E., C.T.; Design – Z.Ö., Ş.E., Y.E.H., D.E., C.T.; Supervision – Z.Ö., Ş.E., Y.E.H., D.E., C.T.; Resources – Z.Ö., Ş.E., Y.E.H., D.E., C.T.; Data Collection and/or Processing – Z.Ö., Ş.E., Y.E.H., D.E., C.T.; Analysis and/or Interpretation – Z.Ö., Ş.E., Y.E.H., D.E., C.T.; Literature Search – Z.Ö., Ş.E., Y.E.H., D.E., C.T.; Writing Manuscript – Z.Ö., Ş.E., Y.E.H., D.E., C.T.; Critical Review – Z.Ö., Ş.E., Y.E.H., D.E., C.T.

Conflict of Interest: The authors have no conflict of interest to declare.

Financial Disclosure: The authors declared that this study has received no financial support.

KAYNAKLAR

- Guelzow A, Stamm O, Martus P, Kielbassa AM. Comparative study of six rotary nickel-titanium systems and hand instrumentation for root canal preparation. *Int Endod J.* 2005;38(10):743–752.
- Liu SB, Fan B, Cheung GS, et al. Cleaning effectiveness and shaping ability of rotary ProTaper compared with rotary GT and manual K-Flexofile. *Am J Dent.* 2006;19(6):353–19358.
- McGuigan MB, Louca C, Duncan HF. The impact of fractured endodontic instruments on treatment outcome. *Br Dent J.* 2013;214(6):285–289.
- Peters OA, de Azevedo Bahia MG, Pereira ES. Contemporary root canal preparation: innovations in biomechanics. *Dent Clin North Am.* 2017;61(1):37–58.
- Kaul R, Farooq R, Kaul V, Khateeb SU, Purra AR, Mahajan R. Comparative Evaluation of Physical Surface Changes and Incidence of Separation in Rotary Nickel-Titanium Instruments: An in Vitro SEM Study. *Iran Endod J.* 2014;9(3):204–209.
- Choi J, Oh S, Kim YC, Jee KK, Kum K, Chang S. Fracture resistance of K3 nickel-titanium files made from different thermal treatments. *Bioinorg Chem App.* 2016;2016:6374721.
- Gambarini G, Gerosa R, De Luca M, Garala M, Testarelli L. Mechanical properties of a new and improved nickel-titanium alloy for endodontic use: an evaluation of file flexibility. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;105(6):798–800.
- Cheung GS, Peng B, Bian Z, Shen Y, Darvell BW. Defects in ProTaper S1 instruments after clinical use: fractographic examination. *Int Endod J.* 2005;38(11):802–809.
- Özyürek T, Özerol NB. Comparison of cyclic fatigue resistance of Revvo-S and G-Star NiTi Files. *J Appl Dent Med Sci.* 2016;15(12):112–114.
- Özyürek T. Cyclic fatigue resistance of Reciproc, WaveOne, and WaveOne Gold nickel-titanium instruments. *J Endod.* 2016;42(10):1536–1539.
- Gündoğar M, Özyürek T. Cyclic fatigue resistance of OneCurve, HyFlex EDM, Wave One gold, and Reciproc blue nickel-titanium instruments. *J Endod.* 2017;43(7):1192–1196.
- Gündoğar M. HyFlex EDM, RC Gold ve G-Star Nikel Titanyum Eğelerinin Döngüsel Yorgunluğa Karşı Dirençlerinin Karşılaştırılması. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci.* 2020;26(1):21–25.
- Grande NM, Plotino G, Pecci R, Bedini R, Malagnino VA, Somma F. Cyclic fatigue resistance and three-dimensional analysis of instruments from two nickel-titanium rotary systems. *Int Endod J.* 2006;39(10):755–763.
- Plotino G, Costanzo A, Grande NM, Petrovic R, Testarelli L, Gambarini G. Experimental evaluation on the influence of autoclave sterilization on the cyclic fatigue of new nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2012;38(2):222–225.
- Martin B, Zelada G, Varela P, Bahillo JG, Magan F, Ahn S, Rodriguez C. Factors influencing the fracture of nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J.* 2003;36(4):262–266.
- Gambarini G. Cyclic fatigue of nickel-titanium rotary instruments after clinical use with low- and high-torque endodontic motors. *J Endod.* 2001;27(12):772–774.
- Parashos P, Messer HH. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. *J Endod.* 2006;32(11):1031–1043.
- Gabel WP, Hoen M, Steiman HR, Pink FE, Dietz R. Effect of rotational speed on nickel-titanium file distortion. *J Endod.* 1999;25(11):752–754.
- Lopes H, Ferreira A, Elias C, Moreira E, Machado De Oliveira J, Siqueira J. Influence of rotational speed on the cyclic fatigue of rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod.* 2009;35(7):1013–1016.
- Grande NM, Plotino G, Silla E, et al. Environmental temperature drastically affects flexural fatigue resistance of nickel-titanium rotary files. *J Endod.* 2017;43(7):1157–1160.
- Plotino G, Grande NM, Bellido MM, Testarelli L, Gambarini G. Influence of temperature on cyclic fatigue resistance of ProTaper gold and ProTaper universal rotary files. *J Endod.* 2017;43(2):200–202.
- Yılmaz K, Uslu G, Gündoğar M, Özyürek T, Grande NM, Plotino G. Cyclic fatigue resistances of several nickel-titanium glide path rotary and reciprocating instruments at body temperature. *Int Endod J.* 2018;51(8):924–930.
- de Vasconcelos RA, Murphy S, Carvalho CAT, Govindjee RG, Govindjee S, Peters OA. Evidence for reduced fatigue resistance of contemporary rotary instruments exposed to body temperature. *J Endod.* 2016;42(5):782–787.
- de Hemptinne F, Slaus G, Vandendael M, Jacquet W, de Moor RJ, Bottenberg P. In vivo intracanal temperature evolution during endodontic treatment after the injection of room temperature or preheated sodium hypochlorite. *J Endod.* 2015;41(7):1112–1115.
- Ha JH, Kim SK, Cohenca N, Kim HC. Effect of R-phase heat treatment on torsional resistance and cyclic fatigue fracture. *J Endod.* 2013;39(3):389–393.
- Rodrigues R, Lopes H, Elias C, Amaral G, Viera V, De Martin A. Influence of different manufacturing methods on the cyclic fatigue of rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod.* 2011;37(11):1153–1157.
- Yaşar Ş, Erşahan Ş, Aydın C. Evaluation of 2 nickel-titanium instrument systems in shaping root canals. *J Dent Fac Atatürk Uni.* 2019;29(3):400–406.
- Uslu G, Özyürek T, Gündoğar M, Yılmaz K. Cyclic fatigue resistance of 2Shape, Twisted File and EndoSequence Xpress nickel-titanium rotary files at intracanal temperature. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2018;12(4):283–287.
- Elnaghy A. Cyclic fatigue resistance of ProTaper Next nickel-titanium rotary files. *Int Endod J.* 2014;47(11):1034–1039.
- Özyürek T, Yılmaz K. ProTaper Universal, ProTaper Next ve Extreme CM R3 nikel titanyum eğelerin döngüsel yorgunluğa karşı dirençlerinin karşılaştırılması. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci.* 2016;22(3):190–194.
- Topçuoğlu HS, Topçuoğlu G, Kafdağ O, Balkaya H. Effect of two different temperatures on resistance to cyclic fatigue of One Curve, EdgeFile, HyFlex CM and ProTaper Next files. *Aust Endod J.* 2020;46(1):68–72.
- Plotino G, Testarelli L, Al-Sudani D, Pongione G, Grande NM, Gambarini G. Fatigue resistance of rotary instruments manufactured using different nickel-titanium alloys: a comparative study. *Odontol.* 2014;102(1):31–35.
- Yılmaz K, Özyürek T, Uslu G. Comparison of cyclic fatigue resistance of One Curve, Hyflex Edm, Waveone Gold and Reciproc Blue nickel-titanium rotary files at intra-canal temperature. *Cumhuriyet Dent J.* 2019;22(1):42–47.
- Micoogullari Kurt S, Kaval ME, Serefoglu B, Kandemir Demirci G, Çaliskan MK. Cyclic fatigue resistance and energy dispersive X-ray spectroscopy analysis of novel heat-treated nickel-titanium instruments at body temperature. *Microsc Res Tech.* 2020;83(7):790–794.
- Silva EJNL, Martins JNR, Lima CO, Vieira VTL, Fernandes FMB, De-Deus G, Versiani MA. Mechanical tests, metallurgical characterization and shaping ability of Niti rotary instruments: A multimethod research. *J Endod.* 2020;46(10):1485–1494.
- Karataşlıoğlu E, Aydın U, Yıldırım C. Cyclic fatigue resistance of novel rotary files manufactured from different thermal treated nickel-titanium wires in artificial canals. *Niger J Clin Pract.* 2018;21(2):231–235.
- Ertaş H, Capar ID, Arslan H. Cyclic fatigue resistance of ProTaper Universal, Twisted File Adaptive, Reciproc and WaveOne systems. *Turk Endod J.* 2016;1(1):30–34.
- 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(11):1725–1730.
- Abdulameer ZM, Hamed SA, Jehad RH, Al-Hashemi J. Cyclic fatigue resistance of Wave One Gold, F6 SkyTaper, One Curve, and AF Blue R3 NiTi rotary Systems. *Indian J Med Forensic Med Toxicol.* 2020;14:2205–2213.