



**FARKLI YAPISAL ÖZELLİKTEKİ NİKEL-TİTANYUM KÖK KANAL EĞELERİNİN  
SODYUM HİPOKLORİT VE SERUM FİZYOLOJİK ÇÖZELTİLERİNDEKİ DÖNGÜSEL  
YORGUNLUK DİRENÇLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**CYCLIC FATIGUE RESISTANCE OF NICKEL-TITANIUM ROOT CANAL INSTRUMENTS  
MANUFACTURED WITH VARIOUS METHODS IN SODIUM HYPOCHLORITE AND  
SALINE**

**Dt. Abdulkadir ÖZŞAHİN\***

**Prof. Dr. Meltem DARTAR ÖZTAN\***

**Dt.Emine ODABAŞI TEZER\***

**Makale Kodu/Article code:** 4186

**Makale Gönderilme tarihi:** 20.10.2019

**Kabul Tarihi:** 02.04.2020

**DOI :** 10.17567/ataunidfd.713440

**Abdulkadir ÖZŞAHİN:** ORCID ID: 0000-0001-6044-9318

**Meltem DARTAR ÖZTAN:** ORCID ID: 0000-0002-1693-0355

**Emine ODABAŞI TEZER:** ORCID ID: 0000-0003-3669-5062

**Öz**

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı; 3 farklı yapısal özellikteki nikel-titanyum (Ni-Ti) aletin döngüsel yorgunluk dirençlerini serum fizyolojik ve sodyum hipoklorit (NaOCl) çözeltileri kullanarak karşılaştırmaktır.

**Materyal ve Metod:** Çalışmada 6 deney grubu (n=15) oluşturuldu ve toplamda 90 adet eğe kullanıldı. Grup 1: Protaper Universal (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre), serum fizyolojik; Grup 2: Dia PT file (Dia-Dent, Cheongwon, Korea), serum fizyolojik; Grup 3: Dia X file (Dia-Dent, Cheongwon, Korea), serum fizyolojik; Grup 4: Protaper Universal, %5 NaOCl; Grup 5: Dia PT file %5 NaOCl; Grup 6: Dia X file, %5 NaOCl. Döngüsel yorgunluk testleri 60° eğim 5 mm eğim yarıçapına sahip yapay kanal içeren deney düzeneğinin haznesine solüsyonlar yerleştirilerek yapıldı. Eğelerin kırılmasına kadar geçen süre ve kırılan parça uzunluğu kaydedildi.

**Bulgular:** Her iki solüsyonda Dia X eğeleri, Dia PT ve Protaper Universal eğeleri ile karşılaştırıldığında döngüsel yorgunluğa istatistiksel olarak anlamlı derecede daha dirençli bulundu. Tüm eğelerin serum fizyolojik solüsyonundaki döngüsel yorgunluk direnci, sodyum hipoklorit ile kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulundu.

**Sonuç:** Her iki solüsyonda Dia X file döner eğe sistemi Protaper Universal ve Dia PT gruplarıyla karşılaştırıldığında döngüsel yorgunluğa daha dirençli bulundu.

**Anahtar Kelimeler:** Dia PT file, Dia X file, Döngüsel yorgunluk, Protaper Universal, Sodyum hipoklorit.

**ABSTRACT**

**Aim:** The aim of this study was to compare the cyclic fatigue resistance of ProTaper Universal, Dia PT file and Dia X file which are produced with different machining procedures using saline and sodium hypochlorite solution.

**Materials and Methods:** The study included six experimental groups (n = 15) and a total of 90 files. Group 1: Protaper Universal, saline; Group 2: Dia PT file, saline; Group 3: Dia X file, saline; Group 4: Protaper Universal, 5% NaOCl; Group 5: Dia PT file 5% NaOCl; Group 6: Dia X file, 5% NaOCl. The files were rotated in an artificial stainless steel canal with 5 mm radius, 60° angle of curvature and the instruments were dynamically immersed in either 5% sodium hypochlorite (NaOCl) or saline. The time to failure of files was recorded with a digital chronometer and fracture length was measured.

**Results:** In both solutions Dia X files were significantly more resistant to cyclic fatigue compared to Dia PT and Protaper Universal files. The cyclic fatigue resistance of all files in the saline solution was significantly higher compared to sodium hypochlorite.

**Conclusion:** In both solutions Dia X files were significantly more resistant to cyclic fatigue compared to Dia PT and Protaper Universal files.

**Keywords:** Cyclic fatigue, Dia PT file, Dia X file, Protaper Universal, Sodium hypochlorite

\* Ankara Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Ankara

**Kaynakça Bilgisi:** Özşahin A, Dartar Öztan M, Odabaşı Tezer E. Farklı Yapısal Özellikteki Nikel-Titanyum Kök Kanal Enstrümanlarının Sodyum Hipoklorit ve Serum Fizyolojik Çözeltilerindeki Döngüsel Yorgunluk Dirençlerinin Karşılaştırılması. Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg 2020; 30: 412-7

**Citation Information:** Özşahin A, Dartar Öztan M, Odabaşı Tezer E. Cyclic Fatigue Resistance of Nickel-Titanium Root Canal Instruments Manufactured with Various Methods in Sodium Hypochlorite and Saline. J Dent Fac Atatürk Uni 2020; 30: 412-7.



## GİRİŞ

Güncel endodontide, kök kanal sisteminin kemomekanik preparasyonunda paslanmaz çelik aletlere göre daha yüksek kesme etkinliği ve elastisite gösteren nikel-titanyum (Ni-Ti) döner alet sistemler sıklıkla tercih edilmektedir.<sup>1,2</sup> Ni-Ti döner alet sistemler kullanıldığında, korunan diş dokusunun daha fazla miktarda olduğu, kök kanal anatomisine uygun bir preparasyonun daha az zaman aldığı bildirilmiştir.<sup>3,4</sup> Tüm bu avantajlarına karşın Ni-Ti döner eğelerde görülen, torsiyonel yorgunluk ve döngüsel yorgunluk kaynaklı kırılmalar endodontik tedavi başarısını olumsuz yönde etkileyebilmektedir.<sup>5</sup>

Ni-Ti alaşımlar paslanmaz çelikle karşılaştırıldığında düşük elastisite modülüne sahip olması sonucu gelişmiş elastik özelliğe sahiptir.<sup>6</sup> Ni-Ti alaşımları süper-elastik özellik göstermesi için, Ni-Ti endodontik enstrümanları esas olarak östenit faz içermelidir. Östenit faz stres altında martensit faza dönüşebilir (enstrümanın eğri bir kanala sokulması). Stresin indüklediği martensitik dönüşüm stabil bir durum değildir; stres ortadan kalktığında enstrüman (kurvatürlü kök kanalından çıkarıldığında) geri yaylanma etkisiyle (spring-back) östenit faza geri döner.<sup>7</sup>

Geleneksel Ni-Ti alaşımlar yaklaşık olarak %56 Nikel ve %46 Titanyum içerir.<sup>8</sup> Östenit yüzey sıcaklığı vücut ısısının altındadır.<sup>9,10</sup> Bu yüzden konvansiyonel Ni-Ti endodontik alaşımlar esas olarak östenit fazdadır ve süper-elastik özelliğe sahiptir. Bu enstrümanlar bükülmeden ziyade möllenmek zorundadır. Mölleme süreci Ni-Ti enstrümanların yüzeyinde kusurlara sebep olabilir; bu da kırılma direnci, kesme etkinliği ve korozyon direncini negatif etkiler.<sup>8,11,12</sup> Elektropolisaj; materyallerin pürüzsüz ve parlak yüzeylere sahip olması için yapılan son yüzey şekillendirme işlemidir.<sup>13,14</sup> Ni-Ti eğelerin üretimleri sırasında mölleme işlemi sonucu meydana gelen yüzey düzensizlikleri, çatlaklar ve kalan stres alanları elektropolisaj işlemi ile giderilir.<sup>13,15</sup> Elektropolisaj yapılmış Ni-Ti enstrümanların yapılmayanlara kıyasla döngüsel yorgunluğa daha dirençli olduğu bir çok çalışmada gösterilmiştir.<sup>16,17,14</sup> 2007 yılında Sportswire LLC (Langley, OK, USA) daha esnek ve döngüsel yorgunluğa dirençli Ni-Ti alaşımı üretmek için yeni bir termomekanik işlem prosedürü geliştirmiş ve yeni geliştirilen Ni-Ti alaşımı M-Wire olarak adlandırılmıştır. M-wire Ni-Ti alaşımlar östenit fazın yanında az miktarda Martensit ve R-faz içerir. Bu nedenle süper-elastik özellik gösterir.<sup>18</sup>

M-wire Ni-Ti alaşımlarının döngüsel yorgunluğa direncinin, geleneksel Ni-Ti alaşımlardan daha iyi olduğu gözlenmiştir.<sup>18,19</sup> Son yıllarda yapılan çalışmalarda farklı irrigasyon ajanlarının döngüsel yorgunluk üzerine etkileri araştırılmıştır.<sup>20,21</sup>

Bu çalışmanın amacı; 3 farklı yapısal özellikteki Ni-Ti enstrümanların serum fizyolojik ve sodyum hipoklorit çözeltileri içerisinde döngüsel yorgunluk dirençlerini karşılaştırmaktır.

## MATERYAL VE METOD

Bu *in vitro* çalışmada üç farklı yapıdaki (Geleneksel; Protaper Universal (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) , Elektropolisaj yapılmış; Dia PT (Dia-Dent, Cheongwon, Korea), Isıl işlem görmüş; Dia X file (Dia-Dent, Cheongwon, Korea)) Ni-Ti kanal eğelerinin 37°C'de, %5 NaOCl (Werax, Spot Dent. San., İzmir, Türkiye) ve serum fizyolojik (Polifarma, İstanbul, Türkiye) ortamında döngüsel yorgunluk test düzeneği kullanılarak döngüsel yorgunluk dirençleri ve kırılan parçaların uzunlukları karşılaştırılmıştır.

Bu amaçla her biri 15 eğe içeren 6 farklı deney grubu oluşturuldu.

**Grup 1 (n=15) :** Protaper Universal F2 (08/25), Serum fizyolojik

**Grup 2 (n=15) :** Dia PT D4 (05/25), Serum fizyolojik

**Grup 3 (n=15) :** Dia X file D4 (05/25), Serum fizyolojik

**Grup 4 (n=15) :** Protaper Universal F2 (08/25), %5 Sodyum hipoklorit

**Grup 5 (n=15) :** Dia PT D4 (05/25) , %5 Sodyum hipoklorit

**Grup 6 (n=15) :** Dia X file D4 (05/25), %5 Sodyum hipoklorit

Döngüsel yorgunluk testi için 1.5 mm iç çap, 60° eğim açısı ve 5 mm eğim çapına sahip metal bloklar kullanıldı. Eğeler X Smart Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) endomotoru ile uygulandı. Çalışma boyu 18 mm olarak belirlendi. Sodyum hipoklorit ve serum fizyolojik çözeltileri döngüsel yorgunluk cihazının haznesine konuldu. Sıcaklık kontrolü bir termometre yardımıyla yapıldı ve deney 37°C'de gerçekleştirildi. Döngüsel yorgunluk cihazı 3 mm/sn hızla ileri-geri dinamik hareket yapacak şekilde ayarlandı. Tüm eğeler 250 rpm ve 3N tork değerinde kullanıldı. Her ege için kırılıncaya kadar geçen süre (sn) ve kırılan parçanın uzunluğu (mm) kaydedildi.



Deney düzeneğinde, yapay kanal ve endodontik motor sabitlendi. Kronometre, eğe kanal içerisinde hareket etmeye başladığında çalıştırıldı. Egede kırılma meydana geldiği an durduruldu. Geçen süre saniye cinsinden not edildi. Bu değerler kullanılarak eğelerin kırılıncaya kadar yaptığı tur sayısı (KKTS) aşağıdaki formül ile tespit edildi:

KKTS= Eğelerin dakikada yaptığı tur sayısı (rpm) x süre (sn)/60

### İstatistiksel Analiz

Eğelerin kırılıncaya kadar yaptığı tur sayısı (KKTS) ve kırılmış parçaların uzunluğu SPSS 20.0 yazılımına aktarıldı (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD), istatistiksel analiz için tek yönlü varyans analizi (Anova) ve Tukey's post hoc testleri kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık  $p<0.05$  olarak ayarlandı.

### BULGULAR

Kullanılan eğelerin serum fizyolojik çözeltisindeki döngüsel yorgunluk dirençleri karşılaştırıldığında Dia X file (706.33±128.32<sup>b</sup>) eğe sistemi döngüsel yorgunluğa en dirençli olarak bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Dia PT file (378.61±131.74<sup>a</sup>) ve Protaper Universal eğe (340.55±50.11<sup>a</sup>) sistemi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p>0.05$ ) (Tablo 1). Kullanılan eğelerin %5 NaOCl çözeltisindeki döngüsel yorgunluk dirençleri karşılaştırıldığında serum fizyolojik çözeltisinde olduğu gibi döngüsel yorgunluğa en dirençli Dia X file (453.05±163.45<sup>b</sup>) eğe sistemi bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Dia PT file (199.16±83.72<sup>a</sup>) ve Protaper eğe (174.72±83.17<sup>a</sup>) sistemi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p>0.05$ ) (Tablo 2).

Aynı türdeki eğelerin serum fizyolojik ve sodyum hipoklorit solüsyonlarındaki döngüsel yorgunluklarının ikili karşılaştırması yapıldığında tüm gruplarda serum fizyolojikteki döngüsel yorgunluk direnci, %5 sodyum hipokloritteki döngüsel yorgunluk direncinden daha yüksek bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Tablo 1. Kullanılan eğelerin serum fizyolojik çözeltisindeki döngüsel yorgunluğu

Serum fizyolojik 37°C	Grup	n	Kırılıncaya kadar tur sayısı (KKTS)	Kırılan parçanın uzunluğu (mm)
	Protaper Universal	15	340.55±50.11 <sup>a</sup>	8.53±1.24 <sup>a</sup>
	Dia PT File	15	378.61±131.74 <sup>a</sup>	9.46±0.69 <sup>b</sup>
	Dia X File	15	706.33±128.32 <sup>b</sup>	8.92±0.93 <sup>a</sup>

*\*Aynı sütunda farklı harfler taşıyan değerler istatistiksel olarak anlamlı derecede birbirinden farklılık göstermektedir ( $p<0.05$ ).*

Tablo 2. Kullanılan Eğelerin %5 Sodyum Hipoklorit Çözeltisindeki Döngüsel Yorgunluğu

%5 Sodyum Hipoklorit	Grup	n	Kırılıncaya kadar tur sayısı (KKTS)	Kırılan parçanın uzunluğu (mm)
37°C	Protaper Universal	15	174.72±83.17 <sup>a</sup>	8.20±1.24 <sup>a</sup>
	Dia PT File	15	199.16±83.72 <sup>a</sup>	9.73±0.86 <sup>b</sup>
	Dia X file	15	453.05±163.45 <sup>b</sup>	8.80±0.80 <sup>a</sup>

*\*Aynı sütunda farklı harfler taşıyan değerler istatistiksel olarak anlamlı derecede birbirinden farklılık göstermektedir ( $p<0.05$ ).*

### TARTIŞMA

Son yıllarda Ni-Ti alaşımların metalürjik ve yapısal özelliklerinde bir çok gelişme meydana gelse de, Ni-Ti enstrümanlarda döngüsel yorgunluğa bağlı olarak meydana gelen kırıklar klinisyenler için büyük zorluklara neden olmaktadır. Döngüsel yorgunluk çalışmalarının en büyük sorunu, bu çalışmaların sonucunu etkileyebilecek metal alaşımı, eğelerin dizaynı ve çapı gibi bazı etkenlerin tam olarak kontrol edilememesidir.<sup>22</sup> Döngüsel yorgunluk testlerinin çekilmiş insan dişlerinde yapılması klinik şartları taklit etmesi açısından daha anlamlı olsa da, dişlerin sahip oldukları anatomik farklılıkları standardize etmekteki güçlükler, bu durumu engellemektedir.<sup>23</sup> Bu sebepten ötürü döngüsel yorgunluk çalışmalarında çekilmiş insan dişleri ile çalışmak ideal yaklaşım olarak tercih edilmemektedir. Döngüsel yorgunluk çalışmalarında suni olarak hazırlanmış standart kanallar, çalışmanın sonuçlarını değiştirebilecek diğer faktörleri en aza indirmek adına daha yararlıdır. Buna dayanarak, çalışmamızda paslanmaz çelikten üretilmiş 1.5 mm iç çap, 60° eğim açısı ve 5 mm eğim yarı çapına sahip metal blok deney düzeneği kullanılmıştır.

Çalışmamızda Dia X file döner eğe sistemi 37°C' de serum fizyolojik ve sodyum hipoklorit çözeltilerinin ikisinde de döngüsel yorgunluğa; Protaper Universal ve Dia PT gruplarıyla karşılaştırıldığında daha dirençli bulunmuştur. Protaper Universal ve Dia PT grupları arasında ise istatistiksel yönden bir farklılık bulunamamıştır. Yaptığımız literatür taraması sonucu Dia X file döner eğe sistemiyle ilgili döngüsel yorgunluk çalışmasına rastlanılamamıştır. Protaper Universal ve Dia PT eğe sistemlerinin döngüsel yorgunluklarının karşılaştırıldığı tek bir çalışma bulunabilmiştir<sup>24</sup> Dia PT üreticileri uygulanan yüzey işleminin detaylarını paylaşmamış olsa da, elektropolisaj kemomekanik işlem ile kontrol edilen ve yüzey kusurlarını gidermek için

kullanılan bir yüzey işleme yöntemidir.<sup>24</sup> Elektropolisaj, materyallerin pürüzsüz ve parlak yüzeylere sahip olması için yapılan final yüzey şekillendirme işlemidir.<sup>13,23,24</sup>

Kwak ve ark.<sup>24</sup> oda sıcaklığında yapmış oldukları çalışmada Dia PT eğe sisteminin döngüsel yorgunluk direncini Protaper Universal eğe sisteminden daha yüksek bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda ise iki grup arasında istatistiksel yönden farklılık bulunamamıştır. Kwak ve ark.<sup>24</sup>döngüsel yorgunluk testlerini oda sıcaklığında yapmışlardır. Bizim çalışmamızda ise 37°C de döngüsel yorgunluk testi yapılmıştır. Oda sıcaklığı ve vücut sıcaklığında döngüsel yorgunluk direncinin farklı sonuçlar verdiği yapılan bazı çalışmalarda belirtilmiştir.<sup>25-29</sup>

Literatürde Dia X file altın ısıtma işlemi görmüş dönen eğe sistemi ilgili döngüsel yorgunluk çalışmasına rastlanılmamıştır. Bu yüzden çalışmamızda döngüsel yorgunluğa en dirençli bulduğumuz Dia X file grubu diğer çalışmalarla doğrudan karşılaştırılmamaktadır. Ancak daha önce yapılmış çalışmalarda altın ısıtma işlemi görmüş enstrümanların geleneksel Ni-Ti, M Wire ve elektropolisaj işlemi yapılmış enstrümanlarla kıyaslandığında gelişmiş esneklik ve yorgunluk direnci gösterdiği ortaya konulmuştur.<sup>30-34</sup>

Çalışmamızda tüm eğe sistemlerinde sodyum hipoklorit grubundaki döngüsel yorgunluk direnci, serum fizyolojik grubundaki döngüsel yorgunluk direncinden daha düşük bulunmuştur. Sodyum hipoklorit kuvvetli antimikrobiyal etkinliği ve doku çözücü özelliğinden ötürü endodontik irrigasyon solüsyonu olarak kullanılır. Irrigasyonun yanı sıra kök kanal enstrümanlarının kullanımını kolaylaştıran kayganlaştırıcı etkiye sahiptir. Kemomekanik preparasyon ve temizleme işlemleri esnasında sodyum hipokloritin Ni-Ti eğelerle teması sonucu korozyon meydana gelebilir.<sup>35,36</sup>

Mikroyapısal korozyona bağlı kusurlar zamanla strese bağlı olarak eğenin yapısını zayıflatabilir ve bu durum çatlak oluşumu ile sonuçlanır.<sup>37</sup> Ni-Ti enstrümanların mekanik özelliklerini etkileyen bu koroziv etki, beklenmedik enstrüman kırıklarına yol açabilir.<sup>38</sup> Ametrano ve ark.<sup>39</sup> Protaper Universal eğelerini 5dk ve 10dk %5'lik NaOCl ve %17'lik EDTA solüsyonlarında bekletip yüzey porözite değişikliklerini atomik kuvvet mikroskopu ile değerlendirmişlerdir. Hiçbir solüsyona daldırılmayan sıfır Protaper Universal eğeleri ile yapılan karşılaştırmada, EDTA ve NaOCl solüsyonlarında bekletilen tüm gruplarda yüzey porözite değişimleri istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı bulunmuştur.

## SONUÇ

Klinikte Ni-Ti enstrümanların kullanımı sırasında meydana gelen kırıklar klinisyenler için büyük zorluk oluşturmaktadır. Dia X gibi ısıtma işlemi görmüş dönen eğe sistemleri döngüsel yorgunluğa karşı diğerlerinden daha dirençli olduğundan özellikle aşırı eğimli kanallarda tercih edilebilir. Ayrıca, çalışmamızın bulguları NaOCl solüsyonunda eğelerin döngüsel yorgunluk direncinin daha düşük olduğunu ortaya koymuştur. Ni-Ti enstrümanlar kemomekanik preparasyon sırasında kök kanalında NaOCl ile temas etmektedir ve otoklav sterilizasyonu öncesinde de dezenfeksiyon amacıyla sodyum hipoklorit çözeltisinde bekletilebilmektedir. Her iki durumda Ni-Ti aletler, sodyum hipokloritin koroziv etkisine maruz kalmaktadır. Bu durumun Ni-Ti eğelerin kırılma dirençlerini azalttığı göz ardı edilmemelidir.

**NOT: Çalışmada herhangi bir yazar, kurum ya da kuruluş ile çıkar çatışması içerisinde bulunmamaktadır. Makale daha önce hiçbir yerde yayınlanmamış ve yayınlanmak üzere işlem görmemektedir**

## KAYNAKLAR

1. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. J Endod 2004;30:559-7.
2. Schafer E, Schulz-Bongert U, Tulus G. Comparison of hand stainless steel and nickel titanium rotary instrumentation: a clinical study. J Endod 2004; 30:432-5.
3. Kum KY, Spangberg L, Cha BY, IL-Young J MSD, Seung- Jong L, Chan-Young L. Shaping ability of three ProFile rotary instrumentation techniques in simulated resin root canals. J Endod 2000;26:719-3.
4. Hülsmann M, Peters OA, Dummer PMH . Mechanical preparation of root canals. Shaping goals, techniques and means. End Topics 2005;10:30-76.
5. Adıgüzel M, Tüfenkçi P. Waveone, Reciproc ve Twisted file adaptive döner sistem eğelerin çift kurvatürlü (s şekilli) kanallarda döngüsel yorulma dirençlerinin karşılaştırılması. J Dent Fac Atatürk Uni 2018;28:199-3.
6. Viana AC, Craveiro C, De Melo M, De Azevedo G, Bahia M, Lopes Buono VT. Relationship between flexibility and physical, chemical, and geometric characteristics of rotary nickel-titanium



- instruments. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;110:527–3.
7. Zhou HM, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng YF, Haapasalo M. Mechanical properties of controlled memory and superelastic nickel-titanium wires used in the manufacture of rotary endodontic instruments. *J Endod* 2012;38:1535–40.
  8. Thompson SA. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J* 2000;33:297–10.
  9. Brantley WA, Svec TA, Iijima M, Powers JM, Grentzer TH. Differential scanning calorimetric studies of nickel titanium rotary endodontic instruments. *J Endod* 2002;28:567–2.
  10. Pereira ES, Peixoto IF, Viana AC. Physical and mechanical properties of a thermomechanically treated NiTi wire used in the manufacture of rotary endodontic instruments. *Int Endod J* 2012;45:469–4.
  11. Cheung GS, Shen Y, Darvell BW. Does electropolishing improve the low-cycle fatigue behavior of a nickel-titanium rotary instrument in hypochlorite? *J Endod* 2007;33:1217–1.
  12. Lopes HP, Elias CN, Vieira VT. Effects of electropolishing surface treatment on the cyclic fatigue resistance of BioRace nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2010;36:1653–7.
  13. Bonaccorso A, Tripi TR, Rondelli G, Condorelli GG, Cantatore G, Schafer E. Pitting corrosion resistance of nickel titanium rotary instruments with different surface treatments in seventeen percent ethylenediaminetetraacetic acid and sodium chloride solutions. *J Endod* 2008;34:208–1.
  14. Lopes HP, Elias CN, Vieira MV, Vieira VT, De Souza LC, Dos Santos AL. Influence of surface roughness on the fatigue life of nickel-titanium rotary endodontic instruments. *J Endod* 2016;42:965–8.
  15. Bui TB, Mitchell JC, Baumgartner JC. Effect of electropolishing ProFile nickel-titanium rotary instruments on cyclic fatigue resistance, torsional resistance, and cutting efficiency. *J Endod* 2008;34:190–3.
  16. Anderson ME, Price JWH, Parashos P. Fracture Resistance of Electropolished Rotary Nickel–Titanium Endodontic Instruments. *J Endod* 2007;33:1212–6.
  17. Condorelli GG, Bonaccorso A, Smecca E, Schafer E, Cantatore G, Tripi TR. Improvement of the fatigue resistance of NiTi endodontic files by surface and bulk modifications. *Int Endod J* 2010;43:866–3.
  18. Johnson E, Lloyd A, Kuttler S, Namerow K. Comparison between a novel nickel-titanium alloy and 508 nitinol on the cyclic fatigue life of ProFile 25/.04 rotary instruments. *J Endod* 2008;34:1406–9.
  19. Larsen CM, Watanabe I, Glickman GN, He J. Cyclic fatigue analysis of a new generation of nickel titanium rotary instruments. *J Endod* 2009;35:401–3.
  20. Cai J-J, Ge J-Y, Tang X-N. Effect of irrigation on surface roughness and fatigue resistance of controlled memory wire nickel-titanium instruments. *Int Endod J* 2017;50:718–4.
  21. Erik CE, Özyürek T. Effects of etidronate, NaOCl, EDTA irrigation solutions and their combinations on cyclic fatigue resistance of nickel-titanium single-file rotary and reciprocating instruments at body temperature. *Odontology* 2019;107:190–5.
  22. Cheung G, Zhang E, Zheng Y. A numerical method for predicting the bending fatigue life. *Int Endod J* 2011;44:357–1.
  23. Yao JH, Schwartz SA, Beeson TJ. Cyclic fatigue of three types of rotary nickel-titanium files in a dynamic model. *J Endod* 2006;32:55–7.
  24. Kwak SW, Lee JY, Goo HJ, Kim HC. Effect of surface treatment on the mechanical properties of nickel-titanium files with a similar cross-section. *Restor Dent Endod* 2017;42:216–23.
  25. 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;42:782–7.
  26. Grande NM, Plotino G, Silla E, Pedull 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.
  27. Plotino G, Grande NM, Mercade 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.
  28. Shen Y, Huang X, Wang Z, Wei X, Haapasalo M. Low Environmental Temperature Influences the Fatigue Resistance of Nickel-titanium Files. *J Endod* 2018;44:626–9.
  29. Hülsmann M, Donnermeyer D, Schafer E. A critical appraisal of studies on cyclic fatigue resistance of engine driven endodontic instruments. *Int Endod J* 2019;52:1427–5.



30. Gao Y, Gutmann JL, Wilkinson K, Maxwell R, Ammon D. Evaluation of the impact of raw materials on the fatigue and mechanical properties of ProFile Vortex rotary instruments. *J Endod* 2012;38:398-1.
31. Nguyen HH, Fong H, Paranjpe A, Flake NM, Johnson JD, Peters OA. Evaluation of the resistance to cyclic fatigue among ProTaper Next, ProTaper Universal, and Vortex Blue rotary instruments. *J Endod* 2014;40:1190-3.
32. Elnaghy AM, Elsaka SE. Mechanical properties of ProTaper Gold nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J* 2016;49:1073-8.
33. De-Deus G, Silva EJ, Vieira VT. Blue thermomechanical treatment optimizes fatigue resistance and flexibility of the Reciproc files. *J Endod* 2017;43:462-6.
34. Topçuoğlu HS, Topçuoğlu G. Cyclic fatigue resistance of Reciproc Blue and Reciproc files in an S-shaped canal. *J Endod* 2017;43:1679-2.
35. Spencer HR, Ike V, Brennan PA. Review: the use of sodium hypochlorite in endodontics-potential complications and their management. *Br Dent J* 2007;202:555-9.
36. Uslu G, Özyürek T, Yılmaz K. Effect of Sodium Hypochlorite and EDTA on Surface Roughness of HyFlex CM and HyFlex EDM Files. *Microsc Res Tech* 2018;81:1406-1.
37. Oshida Y, Sachdeva RC, Miyazaku S. Microanalytical characterization and surface modification of TiNi orthodontic archwires. *Biomed Mater Eng* 1992;2:51-9.
38. O'hoy PYZ, Messer HH, Palamara JEA. The effect of cleaning procedures on fracture properties and corrosion of Ni-Ti files. *Int Endod J* 2003;36:724-2.
39. Ametrano G, Anto VD, Di Caprio MP, Simeone M, Rengo S, Spagnuolo G. Effects of sodium hypochlorite and ethylenediaminetetraacetic acid on rotary nickel-titanium instruments evaluated using atomic force microscopy. *Int Endod J* 2011;44:203-9.

#### **Yazışma Adresi**

Dt. Emine ODABAŞI TEZER  
Ankara Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,  
Endodonti Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye  
Telefon: +90 505 303 93 96  
Faks: +90 312 212 39 54  
Elektronik posta: emiodabasi@gmail.com

