



The Journal of Turkish Dental Research
Türk Diş Hekimliği Araştırma Dergisi

e-ISSN: 2822-4310, Cilt 3, Sayı 2, Mayıs - Ağustos 2024
Volume 3, Number 2, May, August 2024

Nikel Titanyum Kanal Eğesinin Dinamik ve Statik Döngüsel Yorgunluk Dayanımlarının Karşılaştırılması

Comparison of Dynamic And Static Cyclic Fatigue Resistances of
Nickel-Titanium Canal Files

NiTi Eğelerin Statik ve Dinamik Döngüsel Yorgunluk Dayanımı

Emre KOÇKAT¹, Cangül KESKİN²

¹Lisans öğrencisi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Samsun/TÜRKİYE
emrecockat@gmail.com
ORCID: 0009-0009-0338-0153

²Doç. Dr., Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı
canglkarabulut@gmail.com
ORCID: 0000-0001-8990-4847

Çıkar Çatışması:

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları:

Emre Koçkat: Çalışmanın yapılması; Literatür taranması; Giriş, Gereç ve Yöntem, Tartışma ve Sonuç bölümlerin yazılması
Cangül Keskin: Araştırma konusu için fikir verilmesi, istatistiksel analizin yapılması, bulguların açıklanması

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 01-07-2024

Kabul Tarihi / Accepted: 31-07-2024

Yıl / Year: 2024 | **Cilt – Volume:** 3 | **Sayı – Issue:** 2 | **Sayfa / Pages:** 367-373

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Emre KOÇKAT

<https://doi.org/10.58711/turkishjdentres.vi.1507862>

Nikel Titanyum Kanal Eğesinin Dinamik ve Statik Döngüsel Yorgunluk Dayanımlarının Karşılaştırılması

Comparison of Dynamic And Static Cyclic Fatigue Resistances of Nickel-Titanium Canal Files

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, T-Endo Mis döner sistem NiTi (nikel-titanyum) eğelerin döngüsel yorgunluk dayanımlarının statik ve dinamik test düzeneklerinde karşılaştırmaktır.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışmada onar adet T-Endo Mis nikel titanyum kanal eğeleri, statik ve dinamik test düzeneklerinde 60° kurvatür açısı ve 5 mm kurvatür yarıçapına sahip paslanmaz çelik yapay kanallar içerisinde 35 ± 2 °C sıcaklıkta kırılıncaya kadar kullanıldı. Kırılma zamanları görsel ve işitsel olarak tespit edilip dijital kronometre ile kaydedildi. Kırılan parça uzunlukları dijital kumpas ile ölçüldü. Verilerin normal dağılımı Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirildikten sonra bağımsız örneklem t-testi kırılana kadar geçen süreyi, Mann-Whitney U testi ise kırık parça uzunluklarını analiz etmek için kullanıldı. Testler SPSS programında (V.21, IBM, IL, ABD) %5 anlamlılık eşiği ile yapıldı.

Bulgular: Verilerin normal dağılıma uygunluğu test edildikten sonra, kırılana kadar geçen süre ve kırık parça uzunluklarının iki test modeli arasında karşılaştırılması sonucu istatistiksel olarak benzer oldukları tespit edildi ($p > 0.05$)

Sonuç: Bu çalışmada T-Endo Mis NiTi eğelerin statik ve dinamik döngüsel yorgunluk dayanımlarının benzer olduğu ve kırık parça uzunluklarının arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Döngüsel yorgunluk; Endodonti; Nikel titanyum

ABSTRACT

Aim: The aim of this study was to compare the cyclic fatigue resistance of T-Endo Mis rotary system NiTi (nickel titanium) files in static and dynamic test setups.

Material and Method: In this study, ten T-Endo Mis nickel-titanium canal files were used until fracture in static and dynamic test setups with a curvature angle of 60° and a curvature radius of 5 mm in stainless steel artificial canals at temperature of 35 ± 2°C. Fracture times were visually and audibly detected and recorded with a digital chronometer. The lengths of the fractured fragments were precisely measured with a digital caliper. After evaluating the normal distribution of data with the Kolmogorov-Smirnov test, an independent sample t-test was used to analyze the time until fracture, and the Mann-Whitney U test was used to analyze the lengths of the fractured fragments. Tests were conducted in SPSS software (V.21, IBM, IL, USA) with a 5% significance threshold.

Results: After the conformity of the data to the normal distribution was tested, it was found that they were statistically similar as a result of comparing the time elapsed until decapitation and the broken part lengths between the two test models. ($p > 0.05$).

Conclusion: In this study, it was found that the static and dynamic cyclic fatigue resistances of T-Endo Mis NiTi files are similar.

Keywords: Cyclic fatigue; Endodontics; Nickel titanium

Giriş

Kök kanal tedavisinde kanalların şekillendirilmesi ve temizlenmesi için kullanılan nikel titanyum (NiTi) aletler süper elastikiyet ve şekil hafızası özelliklerinden ötürü tercih edilmektedir.¹ NiTi aletler paslanmaz çelik eğerlere göre daha dayanıklı, uzun ömürlü ve güvenlidir. Ancak paslanmaz çelik aletler ömürlerinin sonuna doğru gözle görülebilen deformasyonlar gösterirken, NiTi aletlerin önceden fark edilebilir bir klinik gösterge olmaksızın kırılması klinisyenleri ve hastaları zor durumlarla karşı karşıya bırakmaktadır.² Alet kırılması, döngüsel ve torsiyonel olmak üzere iki farklı mekanizma aracılığıyla gerçekleşmektedir.³ Torsiyonel başarısızlık aletin sapı kanalda dönmeye devam ederken, aletin ucu kanalda kilitlendiğinde ortaya çıkan metal yorgunluğunun şiddetinin eğenin torsiyonel dayanım eşiğini aştığı durumlarda meydana gelmektedir.⁴ Döngüsel yorgunluk, bir ege kurvatürlü bir kanalda rotasyon yaptığında ortaya çıkar ve ege bu hareket esnasında tekrarlanan basınç ve çekme gerilmelerine maruz kalır.⁵ Döngüsel yorgunluk, NiTi döner aletlerin ömrünü belirleyen önemli bir faktör olarak gösterilmektedir.

NiTi aletlerin döngüsel yorgunluk direncine çeşitli faktörler katkıda bulunur. Bunlar arasında kullanım ayarları, alaşım, aletin tasarım özellikleri ve aletin metalurjik özellikleri bulunmaktadır.⁶ Son çalışmalar, test sırasında ortam sıcaklığının da NiTi aletlerin döngüsel yorgunluk dayanımlarını etkilediğini göstermiştir.⁷ Kanal içi sıcaklığın simülasyonunun klinik koşulları daha doğru yansıttığı bildirilmiştir;⁷ bu nedenle çalışmalar bu tür ortamlarda yapılmalıdır. Bu da aletlerin test esnasında vücut sıcaklığındaki bir sıvı içerisine gömülmesini veya blokların ısıtılmasını gerektirir.

Literatürde NiTi eğerlerin döngüsel yorgunluk dayanımlarının ölçülmesinde, statik (sabit) ve dinamik (hareketli) test düzenekleri kullanılmıştır.^{8,9,10} Statik test düzeneklerinde ege belirli bir çalışma uzunluğunda sabit kalacak şekilde yapay kök kanalında konumlandırılıp döndürülürken; dinamik test düzeneklerinde ege ileri geri (aksiyel) hareketlerle kırılıncaya kadar döndürülür.^{11,12} Aksiyel hareket, dinamik test düzeneklerinde kanal kurvatürlerinde oluşan stresin belirli bir noktada toplanmasını engelleyip dağıtılmasını sağlayarak NiTi eğerlerin kırılma direncini artırır. Dinamik test düzenek-

lerinde eğerleri stabil bir şekilde aynı yörüngede tutabilmenin zorluğuna bağlı olarak hata olasılığının daha fazla olduğu düşünülmektedir.^{13,14,15} Klinik şartları daha yakın taklit edebildiğinden, çalışmalarda dinamik test düzeneklerinin kullanılmasının daha uygun olacağı düşünülmektedir.¹⁶ Çünkü gerçek bir kök kanal tedavisinde eğerler hem eksenel hem de rotasyonel harekete maruz kalır. Ancak hangi test düzeneklerinin tercih edilmesi ile ilgili belirlenmiş bir standardizasyon yoktur.¹⁰

T-Endo Mis (Dentac, İstanbul, Türkiye), rotasyon hareketi ile çalışan yeni nesil 4'lü NiTi ege sistemleridir. Bu sistemde Orrificer (25.09), Glider (15.04), Shaper (20.05) ve Finisher (25.04) eğerleri bulunmaktadır. T-Endo Mis eğerler dikdörtgen kesit alanına ve süperelastiklik özelliğine sahiptir. TM-Wire ısıtma işlem teknolojisi ile üretilmiştir. Esnek yapısıyla eğimli kanallarda kırılmaya karşı direncin artırıldığı belirtilmiştir.¹⁷ Diş yapısında minimum periservikal dentin kaybı ile maksimum şekillendirmeyi desteklemektedir.¹⁷ T-Endo Mis NiTi ege sistemi minimal invaziv işlemlere uygun tasarlanmıştır. Bu özelliği sayesinde kanal tedavisi sonrasında oluşabilecek diş kırılmalarının azaltıldığını bildirilmektedir.¹⁷ Döngüsel yorgunluğa karşı direnci yüksek olan T-Endo Mis eğerleri kanal anatomisini koruyarak preparasyon yapılmasını sağlamaktadır.¹⁷ Literatürde T-Endo Mis eğerler üzerinde yapılmış yeterli çalışmalar bulunmamaktadır.

Bu çalışmanın amacı T-Endo Mis ege sisteminin 25 numaralı 0.04 taper açısına ve 25 mm uzunluğuna sahip Finisher NiTi egesinin vücut sıcaklığında ve steril salin solüsyonu içerisinde bulunan statik ve dinamik döngüsel deney düzeneklerinde döngüsel yorgunluk dayanımını karşılaştırmaktır. Çalışmamızın sıfır hipotezine göre NiTi eğerlerin statik ve dinamik test düzeneklerinde döngüsel yorgunluk dayanımı ve kırık parça uzunluklarının benzer olacağı şeklindedir.

Gereç ve Yöntem

Çalışma için a priori güç analizi "Cyclic fatigue of Reciproc Blue and Reciproc instruments exposed to intracanal temperature in simulated severe apical curvature." başlıklı çalışmalarının etki büyüklüğü kullanılarak (3.6), t-test ailesi "means: difference between two independent means" testi için örneklem sayısı hesaplaması G*Power programı (G*Power 3.1 for Macintosh; Heinrich Heine, Universität Dusseldorf, Dusseldorf, Almanya)

ile yapıldı.¹⁸ Analiz sonucunda 0.05 tip bir hata ve 0.95 beta değerleriyle grup başına düşen minimum örnek sayısı 10 bulundu. Çalışmada statik döngüsel düzeneğinde ve dinamik deney düzeneğinde 10'ar adet olmak üzere toplam 20 adet T-Endo Mis NiTi döner eğe sisteminin 25 numaralı 0.04 taper açısına sahip Finisher NiTi egesi kullanıldı.

Döngüsel yorgunluk dayanımı, statik ve dinamik olarak özel iki ayrı düzenekte değerlendirildi. Statik döngüsel yorgunluk test bloğu, 60° kurvatür açısını ve 5 mm kurvatür yarıçapını gösteren paslanmaz çelik yapay kanal içermektedir (Resim I). Blok, 15 x 10 x 4 cm boyutlarındaki bir plastik kap içinde monte edildi ve bu kap, 35 ± 2°C'ye ısıtılmış 600 mL steril salin ile dolduruldu; bu ısıtma işlemi bir ısıtıcı (AquaTop; CA, ABD) ile gerçekleştirildi ve termostatlar ile kontrol edildi. Eğeler statik döngüsel yorgunluk test bloğuna yaklaşık 20 mm yerleştirildi ve düzeneğin içinde aksel hareket olmayıp sadece rotasyon hareketi yapıldı. Kırılma zamanı dijital kronometre ve gözlemci tarafından kaydedildi.

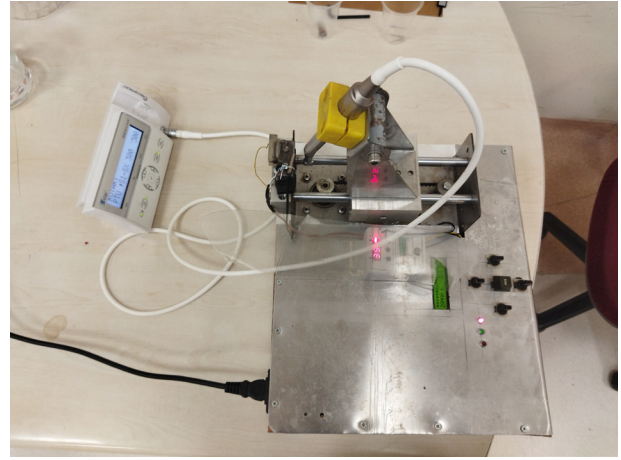


Resim 1. Statik test düzeneği

Dinamik yorgunluk düzeneği, iç çapı 1.5 mm, kurvatür açısı 60 derece ve kurvatür yarıçapı 5 mm olan paslanmaz çelik bir kanalda gerçekleştirildi (Resim II). Eğeler dinamik döngüsel yorgunluk test bloğuna yaklaşık 17 mm derinlikte yerleştirildi. Ege yapay kanal içinde dönmeye başladıktan hemen sonra, yaklaşık her 1 saniyede 3 mm genlikte sürekli bir aksel salınım hareketi uygulandı. Aksel hareketin mesafesi, hızı ve zamanı, sayısal olarak kontrol edilen döngüsel yorgunluk test cihazının kontrol panelinden ayarlandı. Aletler, çalışma uzunluğuna 20 mm ulaştı ve salınımlar arasında 17 mm'ye geri

döndü. Ege kırıldığında düzeneğin salınım hareketini otomatik durdurdu ve kırılma zamanını ölçtü.

Aletler paketlerinden çıkarılıp ilk olarak, statik ve dinamik döngüsel yorgunluk test cihazına monte edilmiş VDW Silver Reciproc endodontik motor (VDW Münih, Almanya) yardımıyla üretici firmaların önerilerine uygun (250-300 rpm, 2,5-3,5 Ncm) bir şekilde tüm eğeler kırılana kadar kullanıldı. Kırılma süreleri görsel ve işitsel olarak tespit edildiği anda kırılma süresin dijital kronometre kullanılarak saniye cinsinden kaydedildi. Kırılan parça uzunlukları ise dijital kumpas kullanılarak hassas olarak ölçüldü.



Resim 2. Dinamik test düzeneği

İstatiksel Analiz

Verilerin normal dağılımı Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirildikten sonra bağımsız örneklem t-testi kırılana kadar geçen süreyi, Mann-Whitney U testi ise kırık parça uzunluklarını analiz etmek için kullanıldı. Testler SPSS programında (V.21, IBM, IL, ABD) %5 anlamlılık eşiği ile yapıldı.

Bulgular

Elde edilen verilerin normal dağılıma uygun olup olmadığı Kolmogorov-Smirnov testi ile test edildi. Kırılana kadar geçen süre normal dağılıma uyarken ($p > .05$), kırık parça uzunluklarının normal dağılıma uymadıkları belirlendi ($p < .05$). T-testi eğelerin dinamik ve statik döngüsel yorgunluk değerlerinin benzer olduğunu gösterdi ($p > .05$). Mann-Whitney U testi ise kırık parça uzunlukları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığını gösterdi ($p > 0.05$).

Tablo I. Statik ve dinamik test düzeneklerinden elde edilen döngüsel yorgunluk dayanım ve kırık parça uzunluğu değerleri

	Kırılana kadar geçen süre (sn)	Kırık parça uzunluğu (mm)
Statik test düzeneği	214 ± 105 ^a	4.07 ± 0.96 ^a
Dinamik test düzeneği	304 ± 150 ^a	3.64 ± 1.38 ^a

Aynı sütun üzerinde aynı üst simgeye sahip olanlar istatistiksel olarak benzerdir ($p > 0.05$)

Tartışma

Bu çalışma, T-Endo Mis NiTi eğe sisteminin döngüsel yorgunluk dayanımını vücut sıcaklığında statik ve dinamik döngüsel deney düzeneğinde karşılaştırmıştır. Elde edilen bulgular, her iki test düzeneğinde de eğelerin kırılana kadar geçen sürelerinin ve kırık parça uzunluklarının istatistiksel olarak benzer olduğunu göstermiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre eğelerin dinamik ve statik döngüsel yorgunluk değerlerinin benzer olduğunu gösterildi. Bu nedenle sıfır hipotezi kabul edildi.

Elde edilen bulgular, eğelerin her iki test düzeneğinde de benzer yorgunluk dayanımına sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca her iki test düzeneğinde de T-Endo Mis NiTi eğelerin kırılma süreleri göz önüne alındığında, kök kanal sisteminin etkili mekanik enstürmantasyonu için yeterli dayanıma sahip olduğu gösterildi. Bu sonuçlar, eğelerin klinik uygulamada karşılaşılabilecekleri zorlu koşullara karşı yeterli dirence sahip olduklarını düşündürmektedir.

Çalışmamızın bulgularına göre, eğelerin döngüsel yorgunluk dayanımı değerlendirilmesinde statik veya dinamik test düzeneği kullanılmasının çalışma sonucunu anlamlı derecede etkilemediği görülmüştür. Daha önceden yapılan bir çalışmada da eğelerin döngüsel yorgunluk dirençleri hem statik deney düzeneğinde hem de dinamik deney düzeneğinde karşılaştırılmış, dinamik düzenekteki tur sayılarının statik düzeneğe göre daha fazla olduğu ancak kullanılan eğelerin iki deney düzeneğinde de döngüsel yorgunluk direnci açısından benzer sıralama gösterdiklerini bildirmişlerdir.¹⁰

Döngüsel yorgunluk çalışmalarında, klinik koşulları daha benzer taklit edebilmesi açısından çekilmiş insan dişlerinin kullanılması düşünülmüştür ancak insan dişleri

sahip olduğu anatomik varyasyonlar nedeniyle standardizasyonu yakalamada başarılı değildir.¹⁹ Döngüsel yorgunluk çalışmalarında yapay olarak hazırlanmış standart kanalların kullanılması, çalışmanın sonuçlarına etki edebilecek diğer faktörleri minimize etmesi nedeniyle daha faydalı olacaktır.²⁰ Standardizasyonu sağlamak için çalışmamızda paslanmaz çelik yapay kanallar kullanılmıştır.

Literatürde yapılan döngüsel yorgunluk düzeneklerinde genellikle paslanmaz çelikten oluşan yapay kanallar kullanılmıştır.^{21,22} Ancak paslanmaz çelik blokların iç duvarlarında eğelerin döngüsel yorgunluk dayanım sürelerini etkileyebileceği düşünülen plastik deformasyon olduğu öne sürülmüştür.²³ NiTi aletlerin kırılma riskini azaltmak için, bu çalışmada kullanılan CAD/CAM teknolojisi ile üretilmiş zirkonyum oksit bloklar gibi yenilikçi test modellerinin kullanımı önemlidir. Bu modeller aletlerin sıvı içinde test edilmesine olanak sağlarken, korozyon riskini de minimize eder.²⁴ Paslanmaz çelik blokların bu dezavantajları nedeniyle ilerde zirkonyum oksit bloklar kullanılarak benzer çalışmalar yapılabilir.

Eğelerin döngüsel yorgunluk dayanımlarının ortamın sıcaklığında değişkenlik gösterdiği gösterilmiştir.²⁵ Döngüsel yorgunluk testlerinin oda sıcaklığında yapıldığı çalışmalar mevcuttur.^{26,27} Ancak kanal içindeki sıcaklık daha fazladır. Bu da klinik koşulları taklit etme açısından çalışmayı olumsuz etkiler.²⁵ Eğelerin döngüsel yorgunluk dayanımı oda sıcaklığıyla karşılaştırıldığında vücut sıcaklığına göre ciddi seviyede azaldığı görülmüştür.^{7,28} Döngüsel yorgunluk testlerinin vücut sıcaklığı seviyesinde yapılacak olması klinik koşulları daha iyi taklit etmektedir.²⁸ Bu nedenle döngüsel yorulma testinin vücut sıcaklığı seviyesinde yapılması daha doğru olacaktır. Bu çalışmada klinik koşulların daha yakın taklit edilebilmesi için düzenekler vücut sıcaklığında çalıştırıldı.

Dinamik test düzeneklerinde, eğelere uygulanan aksiyel hareket miktarının eğelerin kırılmalarında önemli bir yere sahip olduğu gösterilmiştir.^{13,19,29} Aksiyel hareket miktarının 1,2 veya 3 mm ile sınırlandırılması eğeyi esnek durumda tutma ve klinik şartlarına daha yakın taklit edebilme açısından gerekli olduğu gösterilmiştir.¹³ Aksiyel hareket miktarı arttıkça eğelerin kırılması için geçen sürenin de arttığı gösterilmiştir.¹³ Çalışmamızda bu nedenle aksiyel hareket klinik kullanıma uygun şekilde 3 mm/s olarak belirlendi.

Sonuç olarak, T-Endo Mis eğe sistemi, statik ve dinamik döngüsel yorgunluk testlerinde benzer performans göstermiştir. Ancak, klinik koşulların tam olarak taklit edilmesi zor olduğundan, bu sonuçların klinik uygulamaya doğrudan aktarılması konusunda dikkatli olunmalıdır. Gelecekteki çalışmalar, farklı klinik senaryolar altında NiTi aletlerin performansını değerlendirmeye devam etmelidir.

Sonuç

Bu çalışmada T-Endo Mis NiTi eğelerin statik ve dinamik döngüsel yorgunluk dayanımlarının benzer olduğu ve kırık parça uzunluklarının arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı bulunmuştur.

Kaynaklar

1. De-Deus G, Moreira E, Lopes H, Elias C. Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement. *Int Endod J* 2010;43(12):1063-1068.
2. Kim H-C, Kwak S-W, Plotino GS-P, Ko D-H, Chung S-M, Lee W. Cyclic fatigue and torsional resistance of two new nickel-titanium instruments used in reciprocation motion: Reciproc versus WaveOne. *J Endod* 2012;38(4):541-544.
3. Plotino G, Grande N, Testarelli L, Gambarini G. Cyclic fatigue of Reciproc and WaveOne reciprocating instruments. *Int Endod J* 2012;45(7):614-618.
4. İnan U, Keskin C. Torsional resistance of ProGlider, Hyflex EDM, and One G glide path instruments. *J Endod* 2019;45(10):1253-1257.
5. Keskin C, İnan U, Demiral M, Keleş A. Cyclic fatigue resistance of R-Pilot, WaveOne Gold Glider, and ProGlider glide path instruments. *Clin Oral Investig*, 2018;22(9):3007-3012.
6. Keskin C, Yılmaz ÖS, 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 Investig* 2021;25(1):151-157.
7. Dosanjh A, Paurazas S, Askar M. The effect of temperature on cyclic fatigue of nickel-titanium rotary endodontic instruments. *J Endod* 2017;43(5):823-826.
8. De-Deus G, Leal Vieira VT, Nogueira da Silva EJ, Lopes H, Elias CN, et al. Bending resistance and dynamic and static cyclic fatigue life of Reciproc and WaveOne large instruments. *J Endod* 2014; 40(4): 575-9.
9. Neelakantan P, Reddy P, Gutmann JL. Cyclic fatigue of two different single files with varying kinematics in a simulated double-curved canal. *J Investig Clin Dent* 2016; 7(3): 272-7.
10. Keleş, A., Eymirli, A., Uyanık, O., Nagas, E. (2019). Influence of static and dynamic cyclic fatigue tests on the lifespan of four reciprocating systems at different temperatures. *Int Endod J*, 2019;52(6), 880-886.
11. Ray, J. J., Kirkpatrick, T. C., & Rutledge, R. E. (2007). Cyclic fatigue of EndoSequence and K3 rotary files in a dynamic model. *J Endod*, 2007;33(12), 1469-1472.
12. Uslu, G., Özyürek, T., & İnan, U. (2016). Comparison of cyclic fatigue resistance of ProGlider and One G glide path files. *J Endod*, 2016;42(10), 1555-1558.
13. Li, U. M., Lee, B. S., Shih, C. T., Lan, W. H., & Lin, C. P. Cyclic fatigue of endodontic nickel titanium rotary instruments: static and dynamic tests. *J Endod*, 2002;28(6), 448-451.
14. Hülsmann, M., Donnermeyer, D., & Schäfer, E. A critical appraisal of studies on cyclic fatigue resistance of engine-driven endodontic instruments. *Int Endod J*, 2019;52(10), 1427-1445.
15. Pedullà, E., Corsentino, G., Ambu, E., Rovai, F., Campedelli, F., Rapisarda, S., Grandini, S. Influence of continuous rotation or reciprocation of Optimum Torque Reverse motion on cyclic fatigue resistance of nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J* 51(5), 522-528.
16. Plotino, G., Grande, N. M., Sorci, E., Malagnino, V. A., & Somma, Influence of a brushing working motion on the fatigue life of NiTi rotary instruments. *Int Endod J*, 2007; 40(1), 45-51.
17. T-Endo Mis Broşürü, <https://dentac.com/urun/mis/#download>, Erişim tarihi: 11.06.2024
18. İnan 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 Investig*, 2019;23(5):2077-2082
19. Yao, J. H., Schwartz, S. A., & Beeson, T. J. Cyclic fatigue of three types of rotary nickel-titanium files in a dynamic model. *J Endod* 2006;32(1), 55-57.
20. Yared, G. M., Dagher, F. B., & Machtou, P. Cyclic fatigue of Profile rotary instruments after simulated clinical use. *Int Endod J*, 1999;32(2), 115-119.
21. Cheung, G. S. P., Zhang, E. W., & Zheng, Y. F. A numerical method for predicting the bending fatigue life of NiTi and stainless steel root canal instruments. *Int Endod J* 2011;44(4), 357-361.
22. Plotino, G., Grande, N. M., Cotti, E., Testarelli, L., & Gambarini, G. Blue treatment enhances cyclic fatigue resistance of Vortex nickel-titanium rotary files. *J Endod*, 2014;40(9), 1451-1453.
23. Wan, J., Rasimick, B. J., Musikant, B. L., & Deutsch, A. S. A comparison of cyclic fatigue resistance in reciprocating and rotary nickel-titanium instruments. *Aust Endod J*, 2011;37(3), 122-127.
24. Demirci, G. K., Kurt, S. M., Serefoglu, B., Kaval, M. E., & Çalışkan, M. K. Farklı Isıl İşlem Uygulanmış Nikel Titanyum Eğelerin Döngüsel Yorgunluk Dirençlerinin

- Karşılaştırılması. EÜ DİŞhek Fak Derg, 2020;41(3).
25. De Hemptinne, F., Slaus, G., Vandendael, M., Jacquet, W., De Moor, R. J., & 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.
 26. Lopes, H. P., Lopes, W., Vieira, V., Elias, C., & Cunha, R. Evaluation of the flexibility, cyclic fatigue, and torsional resistance of rotary endodontic files made of different nickel-titanium alloys. *Int J Dentistry Oral Sci*, 2016;8:001-1.
 27. De-Deus, G., Silva, EJNL, Vieira, VTL., Belladonna, FG., Elias, CN., Plotino, G., Grande, NM. Blue thermomechanical treatment optimizes fatigue resistance and flexibility of the Reciproc files. *J Endod*, 2017;43(3), 462-466.
 28. De Vasconcelos, RA., Murphy, S., Carvalho, CAT., Govindjee, RG., Govindjee, S., & Peters, OA. (2016). Evidence for reduced fatigue resistance of contemporary rotary instruments exposed to body temperature. *J Endod*, 2016;42(5), 782-787.
 29. Dederich, DN., & Zakariasen, KL. (1986). The effects of cyclical axial motion on rotary endodontic instrument fatigue. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol*, 1986;61(2), 192-196.