

T-Endo Mis ve EdgeFile X7 Eğelerinin Döngüsel Yorgunluğa Karşı Dirençlerinin Yapay Kanallarda Karşılaştırılması

Comparison of Cyclic Fatigue Resistance of T-Endo Mis and EdgeFile X7 Files in Artificial Canals

Ayşegül ARKAN İLİK¹(ORCID-0000-0002-0346-6960), Onur KÖMEÇ²(ORCID-0000-0002-3462-5477)

¹Ankara Medipol Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti ABD, Ankara, Türkiye

¹Ankara Medipol University Faculty of Dentistry Department of Endodontics, Ankara, Türkiye

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti ABD, Samsun, Türkiye

²Ondokuz Mayıs University Faculty of Dentistry Department of Endodontics, Samsun, Türkiye

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı T-Endo Mis ve EdgeFile X7 nikel titanyum döner eğe sistemlerinin 60° eğime sahip yapay kanallarda vücut sıcaklığında döngüsel yorgunluk dirençlerinin karşılaştırılmasıdır.

Gereç ve Yöntemler: Çalışmada kullanılmak üzere 10 tane T-Endo Mis (25.04) ve 10 tane EdgeFile X7 (25.04) nikel- titanyum döner eğe sistemi çalışmaya dâhil edildi. Tüm eğeler, 60°'lik kurvatür açısına, 5 mm kurvatür yarıçapına ve 19 mm uzunluğa sahip seramik yapay kanalda 37°C'de kırılıncaya kadar kullanıldı. Eğelerin kırılması gerçekleşene kadar geçen süre ve kırılan parça uzunluğu kaydedildi. Gruplar arası karşılaştırmada non-parametrik veriler için Mann-Whitney U testi, parametrik veriler içinse Student's t-testi kullanıldı.

Bulgular: EdgeFile X7 eğelerin döngüsel yorgunluğa karşı direnci T-Endo Mis eğelerden istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulundu ($p<0.05$). Kırılan parçaların uzunlukları arasında iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktu. ($p>0.05$).

Sonuç: Bu çalışmada, EdgeFile X7 eğesinin döngüsel yorgunluğa karşı olan direnci T-Endo Mis eğesinden daha yüksek bulundu.

Anahtar Sözcükler: Döngüsel yorgunluk direnci, EdgeFile, T-Endo Mis

ABSTRACT

Background: This study aimed to compare the resistance of T-Endo Mis and EdgeFile X7 files to cyclic fatigue at body temperature in artificial canals with 60° curvature.

Material and Methods: This study included 10 T-Endo Mis (25.04) and 10 EdgeFile X7 (25.04) nickel-titanium files. All files were used in a ceramic artificial canal with a curvature angle of 60°, a radius of curvature of 5 mm, and a length of 19 mm at 37°C until fracture. The time until fracture and the length of the fractured fragment was recorded. Mann-Whitney U test was used for non-parametric data, and Student's t-test was used for parametric data.

Results: Cyclic fatigue resistance of the EdgeFile X7 files was statistically significantly higher than that of T-Endo Mis files ($p<0.05$). There was no statistically significant difference in the length of the broken fragments between the two groups ($p>0.05$).

Conclusion: In this study, the cyclic fatigue resistance of the EdgeFile X7 instruments was found to be higher than the T-Endo Mis.

Keywords: Cycle fatigue resistance, EdgeFile, T-Endo Mis

GİRİŞ

Günümüzde kök kanal şekillendirmesinde nikel titanyum (NiTi) döner aletler yaygın olarak kullanılmaktadır.¹ Firmalar tarafından geliştirilen teknoloji sayesinde çok farklı tasarımlara sahip birçok eğe sistemi piyasaya sürülmüştür. NiTi döner aletlerin birçok avantajı olmasına rağmen, kullanırken deformasyon belirtisi göstermeden aniden kırılmaları şekillendirme esnasında istenmeyen komplikasyonlara sebep olabilmektedir.² NiTi döner eğelerin kırılmaları torsiyonel stres, döngüsel yorgunluk veya bunların kombinasyonu olarak meydana gelmektedir.^{3,4} Torsiyonel stres, kullanılan aletin ucunun veya başka bir bölümünün kanal duvarına kitlendiği esnada gövdenin dönmeye devam etmesine bağlı olarak elastik sınırın aşılması sonucunda meydana gelir.⁵ Eğimin en fazla olduğu noktada devamlı olarak oluşan gerilmeye ve sıkışmaya bağlı kuvvet döngüleri, zamanla döngüsel yorgunluğa bağlı olarak alet kırılmalarına neden olur.^{3,6} Günümüzde NiTi aletlerin kırılma olasılığını azaltmak için birçok teknoloji geliştirilmiştir. Üretici firmalar farklı ısıtma prosedürleri ve değişik alaşım kombinasyonları kullanarak ya da eğelerin tasarımını değiştirerek esnekliği ve döngüsel kırılma direnci daha yüksek eğeler elde etmeyi amaçlamışlardır.^{7,8}

EdgeFile X7 (EdgeEndo, Albuquerque, NM, ABD) NiTi döner alet sistemleri EdgeEndo firması tarafından Fire-Wire alaşım teknolojisi ile üretilerek piyasaya sürülmüştür. Üretici firmaya göre ısıtma işlemi ve kriyojenik uygulamaların kombinasyonu olan Fire-Wire teknolojisi aletlerin esnekliğini ve kırılma direncini arttırmaktadır. EdgeFile X7 eğeleri esnek yapısı sayesinde kök kanal anatomisini takip ederek kök kanallarının şekillendirilmesi esnasında oluşabilecek istenmeyen hataların oluşmasını azaltmaktadır. Esnek şaft kısmı sayesinde aşırı düz giriş yolu ihtiyacını azaltarak daha fazla diş yapısının korunmasını sağlamaktadır. EdgeFile X7 eğelerinin sabit 0.04 ve 0.06 tapera sahip çeşitleri bulunmaktadır. Parabolik kesitte tasarlanan EdgeFile X7 eğeleri minimal invaziv kök kanal preparasyonu yapabilmek için maksimum 1 mm'lik oluk çapına sahiptir.⁹

Üretici firmaya göre TM-wire ısıtma işlemi teknolojisi ile üretilen T-Endo Mis (Dentac, İstanbul, Türkiye) eğe sistemleri, esnek yapısıyla eğimli kanallarda kırılmaya karşı direnci artırarak diş yapısında minimum periservikal dentin kaybı ile maksimum şekillendirmeyi desteklemektedir. Dikdörtgen kesitte tasarlanan T-Endo Mis eğeleri kök kanal preparasyonunda etkili ve güvenli bir şekillendirme sağlar. T-Endo Mis NiTi eğe sistemi minimal giriş kavitelelerinde şekillendirme işlemine olanak sağlayarak diş madde kaybını azaltmaktadır. Üretici firma tarafından bu özelliği sayesinde kanal tedavisi sonrasında oluşabilecek diş kırılmalarının azaltıldığını bildirilmektedir. Döngüsel yorgunluğa karşı direnci yüksek olan T-Endo Mis eğeleri kanal anatomisini koruyarak etkili bir preparasyon yapılmasını sağlamaktadır.¹⁰

Yaptığımız literatür taramasında EdgeFile X7 ve T-Endo Mis eğelerinin döngüsel yorgunluğa karşı dirençlerinin karşılaştırıldığı herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmanın amacı EdgeFile X7 ve T-Endo Mis döner eğe sistemlerinin hazırlanan deney düzeneğinde döngüsel yorgunluk dirençlerinin karşılaştırılmasıdır. Çalışmamızın sıfır hipotezinin göre kullanılan NiTi döner alet sistemleri arasında döngüsel yorgunluk direnci açısından herhangi bir fark olmayacağı şeklindedir.

Gönderilme Tarihi/Received: 5 Ocak, 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 8 Mayıs, 2023

Yayınlanma Tarihi/Published: 15 Haziran, 2023

Atf Bilgisi/Cite this article as: Arkan İlik A, Kömeç O, T-Endo Mis ve EdgeFile X7 Eğelerinin Döngüsel Yorgunluğa Karşı Dirençlerinin Yapay Kanallarda Karşılaştırılması. Selcuk Dent J 2023; Selçuk Üniversitesi 3. Uluslararası Yenilikçi Diş Hekimliği Kongresi Özel Sayı: 289-293 Doi: 10.15311/selcukdentj.1229843

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Ayşegül ARKAN İLİK
E-mail: aysegularkan95@gmail.com
Doi: 10.15311/selcukdentj.1229843

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Keskin ve ark.11'nin çalışmasının 0.05 tip bir hata ve 0.90 beta değerleriyle G*Power programı (G*Power 3.1.9.6 for Mac; Heinrich Heine-Universität Dusseldorf, Düsseldorf, Almanya) kullanılarak t-test ailesinden iki bağımsız ortalama arasındaki fark ile yapılan örneklem analizine göre minimum örnek sayısı 10 olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada 10 tane T-Endo Mis (25/.04) ve 10 tane EdgeFile X7 (25/.04) nikel titanyum döner alet sistemleri kullanıldı. Döngüsel yorgunluk testi 15x10x4 cm boyutlarında bir plastik kap içerisinde yer alan 60° kurvatür açısına ve 5 mm kurvatür yarıçapına sahip 19 mm uzunluğundaki seramik bir yapay kanalda gerçekleştirildi. Plastik kap 600 ml serum fizyolojik solüsyon ile doldurulduktan sonra ısıtıcı (AquaTop, Brea, Kaliforniya, ABD) kullanılarak solüsyon 37±1°C sıcaklığa kadar ısıtıldı. Isılörçer ve termostatlar kullanılarak solüsyonun sıcaklığının aynı değerde kalması sağlandı. Üretici firma talimatlarına göre eğeler 300 rpm 3.0 Ncm tork değerlerinde Eighteenth E-Connect S (Changzhou Sifary Medical Technology, Changzhou, Jiangsu, Çin) endodontik motoru ile aletler çalıştırıldı. (Resim 1)



Resim 1. Şekildeki görselde kullanılan statik döngüsel yorgunluk düzeneği izlenmektedir.

Tüm eğeler yapay kanallarda kırılıncaya kadar kullanıldı ve kırılma anları hem görsel hem işitsel olarak belirlendi. Dijital kronometre yardımıyla aletler kırılıncaya kadar geçen süre kaydedildi. Kırılan parçalar dijital kumpas yardımıyla ölçülerek kaydedildi. Deneyin tüm aşamaları tek bir uzman tarafından gerçekleştirildi.

Elde edilen verilerin istatistiksel analizleri için SPSS Versiyon 25 (IBM, Şikago, Illinois, ABD) programı kullanıldı. Verilerin normalliği Shapiro Wilk testi ile kontrol edilirken gruplar arası karşılaştırmada non-parametrik verilerin analizi için Mann-Whitney U testi, parametrik verilerin analizi içinse Student's t-testi kullanıldı. p<0.05 istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

BULGULAR

T-Endo Mis ve EdgeFile X7 Ni-Ti eğelerinin hazırlanan seramik bloklarda kırılıncaya kadar geçen ortalama süreleri ve standart sapma değerleri Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. Test edilen aletlerin kırılma süreleri (saniye) için ortalama ve standart sapma değerleri. Aynı sütundaki farklı üst simge harfler, önemli bir fark anlamına gelir (p <0.05)

	n	Kırılana kadar geçen süre (sn) (Standart Sapma)	Minimum	Maksimum	Medyan
T-Endo Mis (25/.04)	10	507.1 ± 145.15 ^a	268	717	498
EdgeFile X7 (25/.04)	10	1659.9 ± 522.58 ^b	912	2662	1506.5

EdgeFile X7 grubunun döngüsel yorgunluk direnci T-Endo Mis grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu bulundu (p<0.05). Kırılan parçaların ortalama uzunlukları ve standart sapmaları Tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 2. Test edilen aletlerin kırılan parça uzunlukları (mm) için ortalama ve standart sapma değerleri. Aynı sütundaki farklı üst simge harfler, önemli bir fark anlamına gelir (p<0.05)

	n	Kırılana parçanın uzunluğu (mm) (Standart Sapma)	Minimum	Maksimum	Medyan
T-Endo Mis (25/.04)	10	3.69 ± 0.99 ^a	2.4	5	3.9
EdgeFile X7 (25/.04)	10	4.46 ± 0.48 ^b	3.9	5.2	4.45

Kırılan parça uzunlukları açısından gruplar kıyaslandığında anlamlı bir fark bulunmadı (p>0.05).

TARTIŞMA

Çalışmamızdan elde edilen sonuçlara göre EdgeFile X7 eğesinin döngüsel yorgunluğa karşı direnci T-Endo Mis eğelerine kıyasla anlamlı derecede yüksek bulundu. Elde edilen bu veriye göre çalışmanın sıfır hipotezi reddedildi.

Kök kanallarının şekillendirilmesinde kullanılan eğelerin preparasyon esnasında kırılması sık karşılaşılan komplikasyonlardan biridir.^{12,13} Bu kırılmalar torsiyonel stres veya döngüsel yorgunluğa bağlı meydana gelebilmektedir.⁵ Yapılan çalışmalardan elde edilen verilere göre alet kırılmasının genellikle döngüsel yorgunluk direncinden kaynaklandığı bildirilmiştir. Bu sebeple birçok döngüsel yorgunluk testinin uygulandığı çalışma yapılmıştır.^{14,16} Bu çalışmada da ısıtıcı teknoloji ile üretilen T-Endo Mis ve EdgeFile X7 eğelerinin döngüsel yorgunluk direnci, kırılma gerçekleşinceye kadar geçen süre ve kırılan parçanın uzunluğu parametreleri göz önüne alınarak değerlendirildi.

NiTi eğelerin döngüsel yorgunluk dirençlerinin karşılaştırıldığı çalışmalarda çekilmiş insan dişleri veya yapay kanallar kullanılmıştır. Çekilmiş insan dişleri hazırlanan bloklara kıyasla klinik koşulları daha iyi yansıtmalarına rağmen sahip olduğu kanal morfolojisindeki farklılıklar çalışmanın standardizasyonunu olumsuz etkileyebilmektedir.^{17,18} Bu nedenle bu çalışmada döngüsel yorgunluk direncini etkileyen faktörleri en aza indirmek amacıyla yapay olarak hazırlanmış standart kanalların kullanımı tercih edildi.

Yapılan döngüsel yorgunluk çalışmalarında yapay kanalları üretmek amacıyla genellikle paslanmaz çelik bloklar tercih edilmiştir.^{19,20} Ancak metal blokların iç duvarlarında plastik deformasyon oluşarak eğelerin döngüsel yorgunluk dayanım sürelerini etkilebileceği öne sürülmüştür.²¹ Bu sebeple bu çalışmada paslanmaz çelik blok yerine seramik blok kullanımı tercih edildi.

Döngüsel yorgunluk direncini ölçmek için tasarlanan düzenekler statik veya dinamik olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Klinik koşulları dinamik döngüsel test düzeneği daha başarılı yansıtmasına rağmen yapılan çoğu çalışmada statik test düzeneği tercih edilmiştir.^{22,23} Keleş ve ark.²⁴ tarafından yapılan bir çalışmada eğelerin döngüsel yorgunluk direncini hem statik deney düzeneğinde hem de dinamik deney düzeneğinde karşılaştırmış, kullanılan eğelerin iki deney düzeneğinde de döngüsel yorgunluk direnci açısından benzer sıralama gösterdiklerini bildirmişlerdir. Literatürden elde edilen verilerin ışığında statik test düzeneği kullanıldı.

Eğelerin sahip oldukları döngüsel yorgunluk direncini etkileyen faktörlerden birisi de ortamın sıcaklığıdır. Yapılan çalışmalarda test düzeneğindeki sıcaklığın artırılmasının döngüsel yorgunluk direncini olumsuz etkilediği bulunmuştur.^{25,26} Bu çalışmalar, eğelerin döngüsel yorgunluk direncini oda sıcaklığında ve vücut sıcaklığında karşılaştırmışlar ısı işlem teknolojisi ile üretilen döner ege sistemlerinin oda sıcaklığına kıyasla vücut sıcaklığında daha düşük yorgunluk direnci gösterdiğini bildirmişlerdir.^{25,26} Vücut sıcaklığında yapılan döngüsel yorgunluk testleri klinik koşulları daha iyi yansıtmaktadır.²⁵ Bu çalışmada eğelerin vücut sıcaklığında kullanılması tercih edilerek klinik koşulların daha iyi yansıtılması amaçlandı.

Eğelerin sahip oldukları döngüsel yorgunluk direnci alaşım, tasarım, hız-tork gibi birçok özelliğe bağlı olarak değişebilmektedir.²⁷ Gambarini ve ark.²⁸ aynı çap sahip eğelerden. 04 konisite değerine sahip eğelerin. 06 konisite değerine sahip eğelere göre döngüsel yorgunluk direncinin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda kullandığımız EdgeFile X7 ve T-Endo Mis eğeleri aynı çap ve aynı konisiteye sahip olmalarına rağmen döngüsel yorgunluk direnci değerleri farklı bulunmuştur. Bu farklılığın sebebi eğelerin sahip oldukları alaşım ve tasarım özelliklerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Sharroufna ve ark.²⁹ yaptıkları çalışmada EdgeFile X7, Vortex Blue, TRUShape döner ege sistemlerinin döngüsel yorgunluk direncini karşılaştırmışlardır. EdgeFile X7 döner ege sistemi Vortex Blue ve TRUShape döner ege sistemine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek döngüsel yorgunluğa karşı direnç göstermiştir. EdgeFile X7 döner ege sisteminin diğer ege sistemlerine kıyasla daha yüksek döngüsel yorgunluk direncine sahip olmasını FireWire teknolojisi ile üretilmesinden kaynaklanabileceğini iddia etmişlerdir. Bu çalışmada da elde edilen bulgular bu teoriyi desteklemektedir.

Kullanılan eğelerin döngüsel yorgunluk direncinin yapay kanallarda gerçekleştirilmesi ve in-vitro çalışma olması çalışmamızın limitasyonlarından biridir. Yaptığımız literatür taramasında T-Endo Mis döner ege sistemine ait döngüsel yorgunluk direncini ve kırılan parça uzunluğunu karşılaştıran herhangi bir çalışmaya rastlanmaması da diğer bir limitasyon olarak kabul edilebilir. Bu yüzden güncel NiTi döner ege sistemlerinin kullanılarak döngüsel yorgunluğa karşı dirençlerinin karşılaştırıldığı daha fazla sayıda çalışmanın yapılmasına ihtiyaç vardır.

SONUÇ

Çalışmanın limitleri dâhilinde Fire-Wire teknolojisi ile üretilen EdgeFile X7 döner ege sistemi piyasaya yeni sürülen TM-Wire ısı işlem ile üretilen T-Endo Mis döner ege sistemine göre anlamlı derecede daha yüksek döngüsel yorgunluğa karşı direnç gösterdiği bulundu. Kırılan parça uzunlukları açısından anlamlı bir fark bulunmadı.

Değerlendirme / Peer-Review

İki Dış Hakem / Çift Taraflı Körleme

Etik Beyan / Ethical statement

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi 3. Uluslararası Yenilikçi Diş Hekimliği Kongresi'nde (25-27 Kasım 2022, Konya, Türkiye) sözlü bildiri olarak sunuldu.

Çalışma herhangi bir tez çalışması değildir.

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur.

This study was presented as an oral presentation at Selcuk University 3rd International Congress of Innovative Dentistry (25-27 November 2022, Konya, Turkey).

The study is not any thesis work

It is declared that during the preparation process of this study, scientific and ethical principles were followed and all the studies benefited are stated in the bibliography.

Benzerlik Taraması / Similarity scan

Yapıldı - ithenticate

Etik Bildirim / Ethical statement

ethic.selcukdentaljournal@hotmail.com

Çıkar Çatışması / Conflict of interest

Çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Telif Hakkı & Lisans / Copyright & License

Yazarlar dergide yayınlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmalarını CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

Finansman / Grant Support

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek karar olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır. | The authors declared that this study has received no financial support.

Çıkar Çatışması / Conflict of Interest

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. | The authors have no conflict of interest to declare.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Çalışmanın Tasarlanması | Design of Study: AA %60,OK %40

Veri Toplanması | Data Acquisition: AA %50, OK %50

Veri Analizi | Data Analysis: AA %30,OK %70

Makalenin Yazımı | Writing up: AA %60, OK %40

Makale Gönderimi ve Revizyonu | Submission and Revision: AA %40, OK %60

KAYNAKLAR / RESOURCES

1. Bird DC, Chambers D, Peters OA. Usage parameters of nickel-titanium rotary instruments: a survey of endodontists in the United States. *J Endod.* 2009;35(9):1193-7.
2. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL, Jr. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod.* 1997;23(2):77-85.
3. Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JE, Messer HH. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. *J Endod.* 2000;26(3):161-5.
4. Pedullà E, Lo Savio F, Boninelli S, Plotino G, Grande NM, Rapisarda E, et al. Influence of cyclic torsional preloading on cyclic fatigue resistance of nickel - titanium instruments. *Int Endod J.* 2015;48(11):1043-50.
5. Peters OA, Barbakow F. Dynamic torque and apical forces of ProFile.04 rotary instruments during preparation of curved canals. *Int Endod J.* 2002;35(4):379-89.
6. Shen Y, Cheung GS, Peng B, Haapasalo M. Defects in nickel-titanium instruments after clinical use. Part 2: Fractographic analysis of fractured surface in a cohort study. *J Endod.* 2009;35(1):133-6.
7. Peters OA, Gluskin AK, Weiss RA, Han JT. An in vitro assessment of the physical properties of novel Hyflex nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J.* 2012;45(11):1027-34.
8. Topçuoğlu HS, Düzgün S, Aktı A, Topçuoğlu G. Laboratory comparison of cyclic fatigue resistance of WaveOne Gold, Reciproc and WaveOne files in canals with a double curvature. *Int Endod J.* 2017;50(7):713-7.
9. <https://web.edgeendo.com/wp-content/uploads/sites/12/2021/02/EU-Sterile-EdgeFile-X7-DFU-Rev-A.pdf>. EdgeFile eğe broşürü. Erişim tarihi: Mayıs 2023
10. <https://www.oncudental.com/products/file/u9v907.pdf>. T-Endo Mis eğe broşürü. Erişim tarihi: Mayıs 2023
11. Keskin C, Sivas Yılmaz Ö, Keleş A, Inan 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):151-7.
12. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod.* 2004;30(8):559-67.
13. Arens FC, Hoen MM, Steiman HR, Dietz GC, Jr. Evaluation of single-use rotary nickel-titanium instruments. *J Endod.* 2003;29(10):664-6.
14. Weyh DJ, Ray JJ. Cyclic fatigue resistance and metallurgic comparison of rotary endodontic file systems. *Gen Dent.* 2020;68(1):36-9.
15. Reddy BN, Murugesan S, Basheer SN, Kumar R, Kumar V, Selvaraj S. Comparison of Cyclic Fatigue Resistance of Novel TruNatomy Files with Conventional Endodontic Files: An In Vitro SEM Study. *J Contemp Dent Pract.* 2021;22(11):1243-9.
16. 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(6):434-40.
17. Yao JH, Schwartz SA, Beeson TJ. Cyclic fatigue of three types of rotary nickel-titanium files in a dynamic model. *J Endod.* 2006;32(1):55-7.
18. Berendt C, Yang J, editors. Endodontic instruments with improved fatigue resistance. International Conference on Shape Memory and Superelastic Technologies; 2006: ASM International, Pacific Grove, CA.
19. De-Deus G, Moreira EJ, Lopes HP, Elias CN. Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement. *Int Endod J.* 2010;43(12):1063-8.
20. Plotino G, Grande NM, Cotti E, Testarelli L, Gambarini G. Blue treatment enhances cyclic fatigue resistance of vortex nickel-titanium rotary files. *J Endod.* 2014;40(9):1451-3.
21. 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(3):122-7.
22. 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):755-63.
23. Ertuğrul İ F, Orhan EO. Cyclic fatigue and energy-dispersive X-ray spectroscopy examination of the novel ROTATE instrument. *Microsc Res Tech.* 2019;82(12):2042-8.
24. Keleş A, Eymirli A, Uyanık O, Nagas E. Influence of static and dynamic cyclic fatigue tests on the lifespan of four reciprocating systems at different temperatures. *Int Endod J.* 2019;52(6):880-6.
25. de Vasconcelos 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(5):782-7.
26. Dosanjh A, Paurazas S, Askar M. The Effect of Temperature on Cyclic Fatigue of Nickel-titanium Rotary Endodontic Instruments. *J Endod.* 2017;43(5):823-6.
27. Parashos P, Messer HH. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. *J Endod.* 2006;32(11):1031-1043
28. Gambarini G. Cyclic fatigue of nickel-titanium rotary instruments after clinical use with low- and high-torque endodontic motors. *Journal of Endodontics.* 2001;27(12):772-4.
29. Sharroufna R, Mashyakhly M. The Effect of Multiple Autoclave Sterilization on the Cyclic Fatigue of Three Heat-Treated Nickel-Titanium Rotary Files: EdgeFile X7, Vortex Blue, and TRUShape. *BioMed Research International.* 2020;2020:8826069.