

Endodontik İrrigasyon Solüsyonlarının One Curve Eğesinin Döngüsel Yorgunluk Direncine Olan Etkisinin Karşılaştırılması: *In Vitro* Bir Çalışma

Comparison of the Effect of Endodontic Irrigation Solutions on the Cyclic Fatigue Resistance of the One Curve File: An *In Vitro* Study

Tülin DOĞAN ÇANKAYA¹ 
tulin.dogan@alanya.edu.tr

Hatice BÜYÜKÖZER ÖZKAN^{*1} 
hatice.ozkan@alanya.edu.tr

Koray SÜRME² 
koray.surme@alanya.edu.tr

ÖZ

Amaç: Sodyum hipoklorit (NaOCl), klorin dioksit (ClO₂), etilen diamin tetra asetik asit (EDTA) ve etidronik asit (HEDP) solüsyonlarının One Curve (OC) eğesinin döngüsel yorulma direncine etkisini değerlendirmektedir.

Gereç ve Yöntemler: 60 adet OC eğesi %5 NaOCl, %3,5 ClO₂, %17 EDTA, %18 HEDP solüsyonu ve distile su ile muamele edilmek üzere 5 gruba (n= 12) ayrıldı. Her grupta bulunan eğeler kanal içi sıcaklığa (35±1 °C) getirilmiş ilgili solüsyonlara daldırılarak 5 dk bekletildi. Ardından eğeler 60° kurvatür açısına, 5 mm yarıçapına ve 1,5 mm çapına sahip 17 mm uzunluğunda paslanmaz çelik blokta test edildi. Eğeler X-Smart Plus endomotor ile kırılıncaya kadar kullanıldı. Eğelerin kırılana kadar olan tur sayıları ve süreleri ve kırık parça uzunlukları kaydedildi. P<0,05 anlamlılık derecesinde verilerin istatistiksel analizi için tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi kullanıldı.

Bulgular: Eğelerin döngüsel yorgunluk direnci arasında istatistiksel olarak fark gözlenmedi (P>0,05). Kırık parça uzunlukları büyükten küçüğe sırasıyla; distile su, HEDP, EDTA, NaOCl, ClO₂ olarak bulundu. Test edilen solüsyonlar kırık parça uzunlukları açısından anlamlı fark gösterdi (P<0,05).

Sonuç: Test edilen tüm solüsyonlar OC eğesinin döngüsel yorgunluk direnci üzerinde benzer etki sergilemiştir. Bununla birlikte kırık parça uzunluğu en uzun distile su grubunda iken, en kısa ClO₂ grubunda bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Döngüsel yorgunluk direnci, Kırık parça, Kök kanal irrigasyon solüsyonları, Döner alet eğesi

Geliş: 31.05.2023

Kabul: 11.09.2023

Yayın: 27.12.2023

ABSTRACT

Aim: Evaluate the effects of sodium hypochlorite (NaOCl), chlorine dioxide (ClO₂), ethylene diamine tetra acetic acid (EDTA) and etidronic acid (HEDP) on the cyclic fatigue resistance of the One Curve (OC) file.

Materials and Methods: 60 OC files were divided into 5 groups (n= 12) to be treated with 5% NaOCl, 3.5% ClO₂, 17% EDTA, 18% HEDP and distilled water. The files were immersed in the relevant solutions in temperature (35±1 °C) for 5 minutes. Stainless-steel block with 17 mm long an angle 60° and an inner diameter of 1.5 mm was used. X-Smart Plus endomotor was used until files were broken. The number of cycles, elapsed time and the lengths of broken fragments were recorded. One-way analysis of variance and the Tukey test were used for statistical analysis (P<0.05).

Results: No statistical difference was observed between the cyclic fatigue resistance of the files (P>0.05). Broken fragment lengths, in order from largest to smallest; distilled water, HEDP, EDTA, NaOCl, and ClO₂ (P<0.05).

Conclusion: All tested solutions exhibited similar effects on OC file. The longest fractured fragments length was found in the distilled water group, while the shortest was found in the ClO₂ group.

Keywords: Cyclic fatigue resistance, Broken fragment, Root canal irrigation solutions, Rotary file

Received: 31.05.2023

Accepted: 11.09.2023

Published: 27.12.2023

Atıf/ Citation: Doğan Çankaya T., Büyüközer Özkan H., Sürme K. Endodontik İrrigasyon Solüsyonlarının One Curve Eğesinin Döngüsel Yorgunluk Direncine Olan Etkisinin Karşılaştırılması: *In Vitro* Bir Çalışma, NEU Dent J. 2023;5:211-6.

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author

1. Dr. Öğretim Üyesi, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti A.D. Antalya, Türkiye.
2. Dr. Öğretim Üyesi, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Çocuk Diş Hekimliği A.D. Antalya, Türkiye.



"This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. (CC BY-NC 4.0)"

GİRİŞ

Endodontik tedavi kemomekanik preperasyon ile kök kanal sistemini tamamen dezenfekte etmeyi amaçlar. Kök kanallarının dezenfekte edilmesinde kanal aletleri ve irrigasyon solüsyonları birlikte kullanılırlar.¹ Günümüzde kök kanallarının dolumu öncesi şekillendirilmesinde NiTi ege sistemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Alaşımalarında ve *enstrümantasyon* kinematığındeki bazı gelişmeler, kök kanal enstrümantasyon teknolojisinde olumlu etkiler yaratmıştır.² Son yıllarda geliştirilen tek ege sistemleri sayesinde de çok adımlı döner enstrümantasyon sistemleri ile şekillendirme yerine tek ege sistemleri ile kök kanal şekillendirme işlemleri yapılabilmektedir.

Tek ege sistemi olan One Curve (OC) (25/.06) (Micro-Mega, Besancon, Fransa) egesi C-wire olarak adlandırılan ısı işlem görmüş NiTi'den üretilmiştir. Bu sayede kök kanal hazırlığını kolaylaştıran ön eğim verilebilme (şekil hafızalı) özelliğine sahiptir.³ Ayrıca, değişken kesitli ege tasarımı sayesinde daha iyi merkezleme ve kesme kabiliyeti sağlar.⁴ Bu olumlu özelliklere rağmen, bir ege eğri bir kanalda kullanıldığında ve tekrarlanan sıkıştırma ve çekme kuvvetlerine maruz kaldığında, döngüsel yorulmadan kaynaklı başarısızlık meydana gelebilir.⁵ Döngüsel yorulma direnci bir ege nin bozulana ve dağılana kadar, tekrarlayan stres ve sıkıştırma döngüleri altında dayanabileceği döngülerin miktarını ifade eder.⁶ NiTi aletlerinin döngüsel yorulma direnci korozyondan etkilenebilir ve sınırlanabilir.⁷ NiTi ege lerin temizleme işlemleri, kimyasal dezenfeksiyon, kemo-mekanik hazırlık ve sterilizasyon işlemleri korozyona neden olabilir.⁸

Endodontide en sık kullanılan irrigasyon solüsyonları olarak Sodyum hipoklorit (NaOCl) ve etilen diamin tetra asetik asit (EDTA) sayılabilir.⁹ Birçok çalışmada NaOCl ve EDTA'nın endodontik aletlerin metal yüzeyinde korozyona ve bozulmaya neden olabileceği ve bu nedenle ege lerin kırılma direncini olumsuz yönde etkileyebileceği bildirilmiştir.¹⁰⁻¹²

Klorin dioksit (ClO₂) yaygın olarak kullanılan biyoyumlu bir dezenfektan, ağartma solüsyonu ve oksitleyici ajandır. ClO₂'nin antimikrobiyal aktivitesi, biyoyumluluğu ve organik doku çözücü özellikleriyle kök kanal tedavisinde NaOCl'ye alternatif bir

irrigasyon solüsyonu olabileceği bildirilmiştir.^{13,14} Ancak literatürde ClO₂'nin ısı işlem görmüş endodontik ege lerin döngüsel yorgunluğu üzerine herhangi bir etkisinin olup olmadığı araştırılmamıştır.

Etidronik asit (HEDP) ise EDTA yerine kullanılacak zayıf bir şelasyon ajanıdır¹⁵ ve NaOCl ile kısa dönemde reaktivasyon göstermediği bilinmektedir.¹⁶ Bununla birlikte HEDP, metal endüstrisinde antikorozif etkisi, metalik iyonları şelatlayabilme yeteneği ve yağ asitlerinin asitleşmesini ve oksidasyonunu önlemek için kullanılır.¹⁷

Mevcut literatürde endodontik irrigasyon solüsyonlarının OC eğesinin döngüsel yorulma direncine olan etkisini değerlendiren az sayıda çalışma mevcuttur. Bu nedenle bu çalışmanın amacı NaOCl, ClO₂, EDTA ve HEDP solüsyonlarının, ısı işlemli NiTi alaşımdan üretilmiş OC rotary egesinin döngüsel yorulma direnci üzerindeki etkisini değerlendirmektir.

Çalışmamızın sıfır hipotezi, kanal içi sıcaklıktaki farklı irrigasyon solüsyonlarına daldırılan One Curve egesinin döngüsel yorulma dirençleri arasında bir fark yoktur.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada insan ve hayvan ögesi bulunmadığı ve herhangi bir canlıya zarar verilmediğinden dolayı etik kurul kararı ve hasta onamı alınmamıştır.

Önceki bir çalışmanın⁷ verilerine dayanarak yapılan güç hesaplamasında (G*Power) alfa=0,05 ve güç=0,80 alınarak gerekli olan minimum örnek sayısı her grup için 11 olarak hesaplandı, olası hataların önüne geçmek için mevcut çalışmada örnek sayısı 12 olarak belirlendi. Toplam 60 adet yeni OC egesi (#25.06, Micro-Mega, Besancon, Fransa); %5'lik NaOCl (Imicryl, Konya, Türkiye), %3,5'luk ClO₂ (Cemmax, Denizli, Türkiye), %17'lik EDTA (Imicryl, Konya, Türkiye), %18'lik HEDP (Sigma-Aldrich, St. Louis, ABD) solüsyonu ve distile su olmak üzere 5 farklı gruba ayrıldı (n= 12).

Testten önce ege ler stereomikroskop (Carls Zeiss, Almanya) ile 16x büyütme altında incelendi. Ege llerde herhangi bir deformasyon veya kusur görülmedi. Ege ler her grup için kanal içi sıcaklığı (35±1 °C) taklit etmek üzere ilgili solüsyon içinde 5 dk¹⁸ bekletildi. Deney düzeneği distile su ile doldurulup 35±1 °C 'ye

sabitlendi. Ardından eğeler kurvatür merkezi uçtan 5 mm olmak üzere toplam 17 mm uzunluğunda, 5 mm kurvatür yarıçapına, 60°'lik kurvatür açısına ve 1,5 mm iç çapındaki paslanmaz çelik bir blokta sabit tutularak test edildi. Eğeler üretici firmanın önerdiği uygun hız ve tork ayarında X-Smart Plus endomotor (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile rotary modda kırılıncaya kadar kullanıldı. Eğelerin kırılana kadar olan tur sayıları ve süreleri ile kırık parça uzunlukları kaydedildi.

İstatistiksel Analiz

Çalışmada elde edilen verilerin istatistiksel analizi SPSS 24 (IBM, Chicago, ABD) paket programı kullanılarak gerçekleştirildi. Verilerin istatistiksel analizi için tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi kullanıldı. $P < 0,05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

BULGULAR

Eğelerin kırılıncaya kadar yaptıkları tur sayılarının (KKTS) ve kırık parça uzunluklarının, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 1'de gösterilmektedir. Eğelerin döngüsel yorgunluk direnci arasında istatistiksel olarak fark gözlenmedi ($P > 0,05$). Küçükten büyüğe sıralandığında kırık parça uzunlukları; ClO_2 , NaOCl, EDTA, HEDP ve distile su olarak tespit edildi. Kırık parça uzunlukları açısından test edilen solüsyonlar arası anlamlı fark gözlemlendi ($P < 0,05$). Eğelerin KKTS değerleri Şekil 1'de özetlenmektedir.

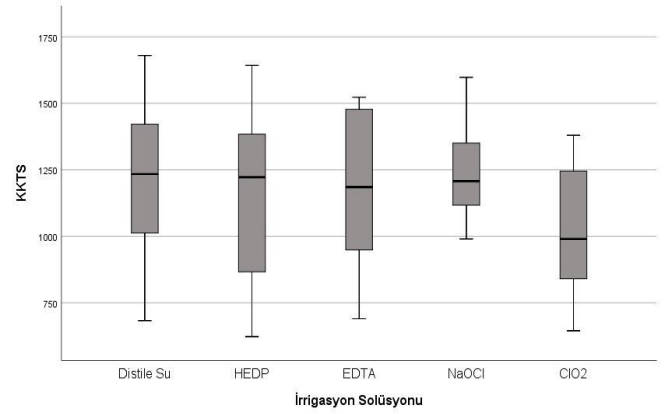
Tablo 1. Eğelerin kırılıncaya kadar yaptıkları tur sayılarının (KKTS) ve kırık parça uzunluklarının ortalama, standart sapma değerleri

İrrigasyon Solüsyonu	N	KKTS (Ortalama \pm SS)	Kırık Parça Uzunluğu (mm) (Ortalama \pm SS)
Distile Su	12	1206,50 \pm 281,06 ^a	4,54 \pm 0,40 ^a
HEDP	12	1145,25 \pm 343,16 ^a	4,42 \pm 0,47 ^{ab}
EDTA	12	1180,17 \pm 299,72 ^a	3,96 \pm 0,78 ^{bc}
NaOCl	12	1246,50 \pm 194,22 ^a	3,42 \pm 0,47 ^{cd}
ClO_2	12	1029,58 \pm 235,11 ^a	2,96 \pm 0,14 ^d

KKTS, Eğelerin kırılıncaya kadar yaptıkları tur sayıları; SS, Standart sapma

Farklı harfler, post-hoc Tukey testine göre aynı sütun içinde istatistiksel olarak anlamlı farklılığı gösterir ($P < 0,05$).

Şekil 1. Eğelerin kırılıncaya kadar yaptıkları tur sayılarının (KKTS) ortalama değerleri



TARTIŞMA

Mevcut çalışmada kanal içi sıcaklıkta NaOCl, ClO_2 , EDTA, HEDP'in tek ege sistemi olan OC eğesinin döngüsel yorulma direnci üzerindeki etkisi test edilmiştir. Kullanılan solüsyonların OC eğesinin döngüsel yorulma direncini etkilemediği bulunmuş ve sıfır hipotez kabul edilmiştir.

Literatürde NiTi eğelerin döngüsel yorulma direncini test etmek için statik ve dinamik yöntemler kullanılmıştır. Statik testlerde döner alet yapay bir kanalda sabit bir uzunlukta aksel hareket olmaksızın döner. Ancak dinamik testlerde alet yapay kanal içinde ileri geri hareket eder.¹⁹ Klinik koşulları dinamik yöntem daha iyi simüle etmesine rağmen döngüsel yorgunluğun değerlendirildiği pek çok çalışmada statik yöntem kullanılmıştır. Keleş ve ark.²⁰ dört farklı resiprokal tek ege sisteminin yapay çelik kanallarda test edildiği dinamik modeldeki tur sayılarının statik modele kıyasla daha fazla olduğunu ancak her iki modelin de test edilen eğeler arasındaki karşılaştırma üzerine hiçbir etkisinin olmadığını bildirmiştir. Mevcut çalışmada da döngüsel yorulma direncini test edebilmek ve standardize etmek amacıyla paslanmaz çelik blok üzerindeki yapay kanallar kullanılarak bir test düzeneği hazırlanmış ve statik model uygulanmıştır.²¹ Bu standart kanalların kullanımının çalışma sonuçlarına etki edebilecek diğer faktörleri ekarte etmek için daha yararlı olduğu düşünülmektedir.

Kök kanallarının son irrigasyonunda NaOCl ve EDTA solüsyonlarının ardışık kullanımı genel olarak kabul edilen bir yöntem olmasına rağmen solüsyonların karıştırılması sonucu oluşan beyaz renk çökeltisi NaOCl'nin organik doku çözücü özelliğini ve antimikrobiyal aktivitesini azaltır.²² HEDP, EDTA yerine önerilen bir şelasyon ajanıdır ve NaOCl ile ardışık kullanımı tavsiye edilir.^{16,23,24} Erik ve Özyürek²⁵ %17 EDTA, %6 NaOCl ve %18 HEDP solüsyonları ayrı ayrı kullanıldığında vücut ısısında RPC Blue, HyFlex EDM ve WaveOne Gold eğelerinin döngüsel yorulma direncini etkilemediğini ancak NaOCl ve HEDP solüsyonlarının eşit hacimdeki karışımının test edilen eğelerin döngüsel yorulma direncini önemli ölçüde azalttığını bildirmiştir. Bu çalışmada her ne kadar farklı ege sistemleri kullanılmış olsa da bulguları bizim çalışmamızın sonuçlarına paraleldir. Benzer şekilde Perez-Villalba ve ark.²⁶ NaOCl ve HEDP solüsyonlarının vücut ısısında resiprokal ve rotasyonel hareket yapan iki ayrı glide path eğesinin döngüsel yorulma direncini etkilemediğini bildirmiştir. Ertuğrul²⁷ %2,5 NaOCl'nin kanal içi sıcaklıkta OC eğesi üzerinde koroziv bir etkisinin olduğunu fakat bu solüsyonun eğenin döngüsel yorgunluk direncini değiştirmedikini bildirmiştir ve bu sonuçlar çalışmamızın sonuçları ile uyumludur.

Önceki çalışmalarda²⁸⁻³⁰ deneylerin gerçekleştirildiği ortam sıcaklığının eğelerin döngüsel yorulma dirençlerini etkilediği gösterilmiştir. La Rosa ve ark.³¹ F6 Skytaper ve OC eğelerinin 35 °C'de oda sıcaklığından daha az döngüsel yorgunluk direnci gösterdiğini, benzer şekilde Staffoli ve ark.³² One Shape, One Shape New Generation ve OC eğelerinin ortam ısısı düştükçe kırılma direncinin arttığını rapor etmiştir. Bu nedenle mevcut çalışmada kanal içi sıcaklığı simüle etmek için deney düzeneğindeki su tankının sıcaklığı 35±1 °C'de sabit tutulmuştur.

Bu çalışmada kırık parçanın uzunluğu değerlendirildiğinde en kısa parça ClO₂ grubunda ve en uzun parça distile su grubunda ölçülmüştür. Kermeoglu ve Abduljalil³³, NaOCl ve iritrol solüsyonlarının ve otoklav süreçlerinin ProTaper, WaveOne Gold ve Recipro NiTi eğeleri üzerindeki döngüsel yorgunluğa ve kırık parça uzunluklarına olan etkilerini araştırmıştır. Aynı eğenin farklı sterilizasyon prosedürleri ve irrigasyon uygulandıktan sonraki değerleri incelendiğinde hem döngüsel yorgunluk hem de kırık parça uzunlukları arasında istatistiksel anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Al-Nasrawi ve ark.³⁴ ise %0,35'lik perasetik asitin OC eğesinin döngüsel yorgunluk direncini

olumsuz etkilediğini bildirmiştir. Aynı çalışmada perasetik asit uygulanan OC eğelerinin kırık parça uzunlukları kontrol grubundan farklı bulunmuştur ve bu bulgu bizim çalışmamız ile paraleldir. Palma ve ark.³⁵ %3 NaOCl solüsyonunun Protaper Next (PTN), Hyflex CM (HCM) ve Hyflex EDM (HEDM) eğeleri üzerindeki döngüsel yorgunluk ve kırık parça uzunluklarına olan etkilerini incelemiştir. Araştırmacılar PTN eğesinin 1 dk ve 5 dk NaOCl ile bekletilmesi sonrası kırık parça uzunlukları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulmuşlar ancak döngüsel yorgunluk direncinin değişmediğini bildirmiştir. Aynı araştırmada HCM ve HEDM eğelerinin solüsyonlar uygulandıktan sonra kırık parça ve döngüsel yorgunluk dirençlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı bulunmuştur. Literatürde irrigasyon solüsyonlarının kırık parça üzerine olan etkisi ile ilgili mevcut çalışmalar bu farklılığın sebebini ortaya koymamaktadır ve bu konu ile ilgili daha ileri araştırmalara ihtiyaç vardır.

SONUÇ

Test edilen irrigasyon solüsyonlarından NaOCl, ClO₂, EDTA ve HEDP, OC eğesinin döngüsel yorgunluk direnci üzerinde benzer etki göstermiştir. Bununla birlikte kırık parça uzunluğu en kısa ClO₂ grubunda iken, en uzun distile su grubunda bulunmuştur.

ETİK KURUL ONAYI

Bu çalışmada insanlardan ya da hayvanlardan elde edilen kaynaklar kullanılmadığından etik kurul onayı alınmamıştır.

FİNANSAL DESTEK

Bu çalışma için herhangi bir kurum veya kuruluştan finansal destek alınmamıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKILARI

Tasarım: HBÖ, TDÇ, Veri toplama veya veri girişi yapma: HBÖ, KS, Analiz ve yorum: TDÇ, HBÖ, KS, Literatür tarama: TDÇ, HBÖ, Yazma: TDÇ, HBÖ

REFERENCES

1. Hasselgren G, Olsson B, Cvek M. Effects of calcium hydroxide and sodium hypochlorite on the dissolution of necrotic porcine muscle tissue. *J Endod.* 1988;14:125-7.
2. Mendonca de Moura JD, Bueno C, Fontana CE, Pelegrine RA. Extrusion of debris from curved root canals instrumented up to different working lengths using different reciprocating systems. *J Endod.* 2019;45:930-4.
3. Topcuoglu HS, Topcuoglu G, Kafdag 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;46:68-72.
4. Elnaghy AM, Elsaka SE. Cyclic fatigue resistance of One Curve, 2Shape, ProFile Vortex, Vortex Blue, and RaCe nickel-titanium rotary instruments in single and double curvature canals. *J Endod.* 2018;44:1725-30.
5. Tsujimoto M, Irifune Y, Tsujimoto Y, Yamada S, Watanabe I, Hayashi Y. Comparison of conventional and new-generation nickel-titanium files in regard to their physical properties. *J Endod.* 2014;40:1824-9.
6. Jamleh A, Kobayashi C, Yahata Y, Ebihara A, Suda H. Deflecting load of nickel titanium rotary instruments during cyclic fatigue. *Dent Mater J.* 2012;31:389-93.
7. Kermeoglu F, Abduljalil M. Impacts of NaOCl and Iritrol irrigation solutions with/without autoclave sterilisation on the cyclic fatigue resistance of different nickel-titanium files. *Aust Endod J.* 2021;48:392-9.
8. O'Hoy PY, Messer HH, Palamara JE. The effect of cleaning procedures on fracture properties and corrosion of NiTi files. *Int Endod J.* 2003;36:724-32.
9. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006;32:389-98.
10. Busslinger A, Sener B, Barbakow F. Effects of sodium hypochlorite on nickel-titanium Lightspeed instruments. *Int Endod J.* 1998;31:290-4.
11. Mohammadi Z. Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. *Int Dent J.* 2008;58:329-41.
12. Peters OA, Roehlike JO, Baumann MA. Effect of immersion in sodium hypochlorite on torque and fatigue resistance of nickel-titanium instruments. *J Endod.* 2007;33:589-93.
13. Buyukozer Ozkan H, Terlemez A, Orhan EO. Proton nuclear magnetic resonance spectroscopy analysis of mixtures of chlorhexidine with different oxidizing agents activated by photon-induced photoacoustic streaming for root canal irrigation. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2020;38:374-9.
14. Herczegh A, Ghidan A, Friedreich D, Gyurkovics M, Bendo Z, Lohinai Z. Effectiveness of a high purity chlorine dioxide solution in eliminating intracanal *Enterococcus faecalis* biofilm. *Acta Microbiol Immunol Hung.* 2013;60:63-75.
15. Villalta-Briones N, Baca P, Bravo M, Solana C, Aguado-Perez B, Ruiz-Linares M, et al. A laboratory study of root canal and isthmus disinfection in extracted teeth using various activation methods with a mixture of sodium hypochlorite and etidronic acid. *Int Endod J.* 2021;54:268-78.
16. Zehnder M, Schmidlin P, Sener B, Waltimo T. Chelation in root canal therapy reconsidered. *J Endod.* 2005;31:817-20.
17. Surya raghavendra S, Hindlekar A, Vyavahare Dn. Effect of etidronic acid, chitosan and EDTA on microhardness of root canal dentin. *Saudi J Oral Dent Res.* 2018;3:118-21.
18. Keles A, Ozyurek EU, Uyanik MO, Nagas E. Effect of temperature of sodium hypochlorite on cyclic fatigue resistance of heat-treated reciprocating files. *J Endod.* 2019;45:205-8.
19. Lopes HP, Elias CN, Vieira MVB, Siqueira JF, Mangelli M, Lopes WSP, et al. Fatigue life of reciprocating and Mtwo instruments subjected to static and dynamic tests. *J Endod.* 2013;39:693-6.
20. Keles A, Eymirli A, Uyanik 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;52:880-6.
21. Pruett JP, Clement DJ, Carnes Jr DL. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod.* 1997;23:77-85.
22. Grawehr M, Sener B, Waltimo T, Zehnder M. Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *Int Endod J.* 2003;36:411-5.
23. Tartari T, Guimarães B, Amoras L, Duarte MAH, Silva e Souza P, Bramante CM. Etidronate causes minimal changes in the ability of sodium hypochlorite to dissolve organic matter. *Int Endod J.* 2015;48:399-404.
24. Lottanti S, Gautschi H, Sener B, Zehnder M. Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *Int Endod J.* 2009;42:335-43.

25. 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.
26. Perez-Villalba D, Macorra JC, Perez-Higueras JJ, Peters OA, Arias A. Body temperature fatigue behaviour of reciprocating and rotary glide path instruments in sodium hypochlorite solutions alone or combined with etidronate. *Aust Endod J*. 2021;47:450-6.
27. Ertuğrul İF. Effect of sodium hypochlorite on the cyclic fatigue resistance: a scanning electron microscopy evaluation. *Microsc Res Tech*. 2019;82:2089-94.
28. 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;43:200-2.
29. Dosanjh A, Paurazas S, Askar M. The effect of temperature on cyclic fatigue of nickel-titanium rotary endodontic instruments. *J Endod*. 2017;43:823-6.
30. 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;42:782-7.
31. La Rosa GRM, Palermo C, Ferlito S, Isola G, Indelicato F, Pedullà E. Influence of surrounding temperature and angle of file access on cyclic fatigue resistance of two single file nickel-titanium instruments. *Aust Endod J*. 2021;47:260-4.
32. Staffoli S, Grande NM, Plotino G, Özyürek T, Gündoğar M, Fortunato L, et al. Influence of environmental temperature, heat-treatment and design on the cyclic fatigue resistance of three generations of a single-file nickel–titanium rotary instrument. *Odontology*. 2019;107:301-7.
33. Kermeoglu F, Abduljalil M. Impacts of NaOCl and Irritrol irrigation solutions with/without autoclave sterilisation on the cyclic fatigue resistance of different nickel-titanium files. *Aust Endod J*. 2022 Dec;48(3):392-399. doi: 10.1111/aej.12580. Epub 2021 Oct 7. PMID: 34617638.
34. Al-Nasrawi SJH, Ayad Jaber Z, Talib Al-Quraine N, Imhemed Aljdaimi A, Jabbar Abdul-Zahra Al-Hmedat S, Zidan S, et al. Impact of peracetic acid on the dynamic cyclic fatigue of heat-treated nickel-titanium rotary endodontic instrument. *International journal of dentistry*. 2021;2021: 6676005.
35. Palma PJ, Messias A, Cerqueira AR, Tavares LD, Caramelo F, Roseiro L, Santos JM. Cyclic fatigue resistance of three rotary file systems in a dynamic model after immersion in sodium hypochlorite. *Odontology*. 2019.