Türkiye Klinikleri Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi
Turkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences
Turkiye Klinikleri J Dental Sci. 2024;30(3):438-45

ORİJİNAL ARAŞTIRMA ORIGINAL RESEARCH

DOI: 10.5336/dentalsci.2024-102018

EDTA-Jel'in Reciproc Eğenin Döngüsel Yorgunluk Direnci Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi: Metodolojik Çalışma

Effect of EDTA-Gel on the Cyclic Fatique Resistance of Resiproc Blue File: Methodological Study

Nihan NAZSIZ[a], Ayşin DUMANİ[a], Oğuz YOLDAŞ[b], Şehnaz YILMAZ[b], İlker ÜNAL[c]

[a]Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti AD, Adana, Türkiye
[b]Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD, Adana, Türkiye
[c]Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi, Biyoistatistik AD, Adana, Türkiye

Bu çalışma, 9. Uluslararası Türk Endodonti Sempozyumu'nda (19-22 Mayıs 2022, Mardin) poster olarak sunulmuştur.
Bu çalışma, Nihan Nazsız'ın "Kök Kanallarında Tek Eğe Sisteminin Farklı İrrigasyon Solüsyonları Varlığında Çekilmiş Dişlerde Kullanımı Sonrası Döngüsel Yorgunluk Direncinin Karşılaştırılması" başlıklı uzmanlık tezinden üretilmiştir (Adana: Çukurova Üniversitesi; 2022).

ÖZET Amaç: Bu çalışmanın amacı alt mandibular dişlerde, Reciproc Blue tek eğe sisteminin sodyum hipoklorit (NaOCl) ve etilen diamin tetra asetik asit (EDTA) jel varlığında 1 veya 3 kez kullanımları sonrası döngüsel yorgunluk direncini değerlendirmektir. **Gereç ve Yöntemler:** Çalışmada, 120 alt mandibular molar diş kullanıldı ve dişler rastgele NaOCl veya EDTA jel solüsyonları ve eğelerin kullanım sayılarına (1-3 kez) göre gruplara ayrıldı. Resiproc Blue 25/08 eğeler ile kök kanal şekillendirmesi yapıldı ve eğelerin 3 defa kullanıldığı grupta 1. ve 2. kullanımdan sonra otoklav sterilizasyonu yapıldı. Eğeler çekilmiş dişlerde kullanıldıktan sonra yapay kanal test düzeneğinde döngüsel yorgunluk direnci testine tabi tutuldu. Kırılma zamanı, kırılana kadar yaptığı döngü sayıları ve oluşan kırık parça uzunlukları istatistiksel olarak tek yönlü varyans analizi, Kruskal-Wallis ve Tukey testi ile değerlendirildi. **Bulgular:** Döngü sayıları karşılaştırıldığında, kontrol grubu ile NaOCl-1 grubu arasında fark bulunmazken kontrol grubu ile NaOCl-3, EDTA-1 ve EDTA-3 grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur. Kullanılan solüsyonlar karşılaştırıldığında iki solüsyonun eğelerin döngüsel yorgunluğunu etkilemesi açısından anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). NaOCl-1 ile NaOCl-3 ve EDTA-1 ile EDTA-3 grupları arasında ikili karşılaştırmaları değerlendirildiğinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. **Sonuç:** Kök kanallarında Resiproc eğelerle enstrümantasyon yaparken NaOCl veya EDTA jel kullanılmasının veya eğelerin bir veya üç molar dişte kullanılmasının döngüsel yorgunluk testinde istatistiksel olarak farklılık göstermediği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kök kanal preparasyonu; kök kanal irrigasyonu

ABSTRACT Objective: The aim of this study was to compare the cyclic fatigue resistance of Reciproc Blue files after used in 1 or 3 extracted molar teeth while irrigation with sodium hypochlorite (NaOCl) or ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) gel. **Material and Methods:** In this study, 120 mandibular molar teeth were randomly divided depending on the number of uses of the files (1-3 times) and irrigation solution (NaOCl or EDTA gel). Root canal shaping was performed with Resiproc 25/08, and autoclave sterilization was performed after the 1st and 2nd use in the group where the files were used 3 times. After use on extracted teeth, Resiproc Blue files were subjected to cyclic fatigue resistance testing in an artificial canal test rig. Breakage time, number of cycles until breakage and length of broken pieces were evaluated statistically. Data were evaluated with one-way analysis of variance, Kruskal-Wallis test and Tukey test. **Results:** While there was no statistically significant difference between the control and NaOCl-1 groups in terms of number of cycles to fracture and break-up times ($p>0.05$), a significant difference was found between the control group and NaOCl-3, EDTA-1 and EDTA-3 groups ($p<0.05$). When the solutions used were compared, no significant difference was found in terms of whether the two solutions affected the cyclic fatigue of the files ($p>0.05$). When pairwise comparisons were evaluated between NaOCl-1 and NaOCl-3 and EDTA-1 and EDTA-3 groups, no statistically significant difference was found. **Conclusion:** It has been observed that the use of NaOCl or EDTA gel during instrumentation in root canals or the use of files on one or three molar teeth did not influence the cyclic fatigue residence of the Resiproc files.

Keywords: Root canal preparation; root canal irrigation

KAYNAK GÖSTERMEK İÇİN:
Nazsız N, Dumani A, Yoldaş O, Yılmaz Ş, Ünal İ. EDTA-Jel'in Reciproc eğenin döngüsel yorgunluk direnci üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi: Metodolojik çalışma. Turkiye Klinikleri J Dental Sci. 2024;30(3):438-45.

Correspondence: Ayşin DUMANİ
Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti AD, Adana, Türkiye
E-mail: adumani@cu.edu.tr

Peer review under responsibility of Turkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences.

Received: 12 Feb 2024 ***Received in revised form:*** 11 Jun 2024 ***Accepted:*** 29 Jun 2024 ***Available online:*** 09 Jul 2024

2146-8966 / Copyright © 2024 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Kök kanal sisteminde bulunan, enfekte dokuların uzaklaştırılması için kök kanalının mekanik olarak eğelenmesi, irrigasyonu ve üç boyutlu olarak sızdırmaz bir biçimde doldurulması gerekmektedir.[1] Kök kanal tedavisinin mekanik enstrümantasyonunda kullanılan eğeler başarıya ulaşmakta önemli rol oynamaktadır. Son zamanlarda, birçok yeni Ni-Ti döner eğe sistemi piyasaya sunulmuştur. Bu sistemler, farklı kinematiklerle de kullanabilmektedir. Bu eğeler, pek çok hekim tarafından işlem süresini çok aza indirmesi, etkili eğeleme yapabilmesi, üstün esneklik özellikleriyle eğri kanallarda kullanılabilmesi nedeniyle tercih edilmektedir. Ni-Ti eğe sistemleri; çap, kesit şekli, kesme açısı ve yiv derinliği gibi tasarım özelliklerinde farklılık gösterir. Bu farklılıklar, eğelerin çeşitli kuvvetler ve ortamlar altında nasıl hareket ettiğini ve etkilendiğini belirler.[2,3]

Ni-Ti enstrümanların, bütün olumlu özelliklerine rağmen beklenmedik durumlardaki kırılmaları en büyük dezavantajlarıdır. Literatürde Ni-Ti kanal eğelerinin %1,3-10 oranında kırılma oranı bildirilirken paslanmaz çelik kanal eğelerde bu oran %0,25-6 olarak bildirilmiştir.[4-6] Enfekte kök kanalında kırılan eğelerin kanal tedavisinin başarısını olumsuz yönde etkileyebileceği bilinmektedir.[7] Ayrıca kök kanalında kırılan eğelerin çıkartılabilmeleri için birçok alet ve teknik kullanılmaktadır.[8] Bu alet ve tekniklerin kullanılmasıyla bile bazen kırık kanal eğe parçaları çıkartılamamaktadır ve cerrahi girişim bir seçenek olarak düşünülmektedir. Kırık parçaların kök kanalının içinden çıkartılma zorlukları da, eğelerin kırılma mekanizmalarını anlamayı zorunlu kılmaktadır. Ni-Ti eğelerde meydana gelen kırıklar; eğenin kullanım sıklığına, çalışma hızı ve torkuna, üretim şekline, tasarımına, kanal eğelemesinde oluşan gerilmelere ve baskıya, kök kanalının eğim açısına, sterilizasyon şekline ve hekimin kullanım şartlarına göre oluşabilmektedir.[9] Eğe kırılmasının en önemli nedenlerinden biri döngüsel yorgunluktur.[10]

Döngüsel yorgunluk kırıklarının en büyük sebebi olan metal yorgunluğu, enstrümanın belirli bir kurvatürde durağan bir pozisyonda tutulduğunda ve dönmeye devam ettirildiğinde, enstrümanın eğim dışındaki kısmının gerilirken eğimin içindeki kısmının sıkışması sonucu oluşur. Literatürde birçok test yöntemiyle Ni-Ti döner enstrümanların döngüsel yorgunluk dirençlerini inceleyen çalışmalar mevcuttur.[10] Kök kanal eğelerinin burulma yüklemesi deneylerinde kanal eğesi uç kısmından bir pense yardımı ile sıkıştırılarak dönme işlemine başlanılmakta ve tork uygulanan kuvvet ve kırılma üzerindeki etkileri değerlendirilmektedir.[11] Deneylerde dönüş süresi, dönüş sayısı ve kırılma sonrasında enstrümanların defektleri ile solüsyonların etkisi incelenmektedir.[11]

Ni-Ti eğelerinin kök kanal enstrümantasyonu sırasında irrigasyon solüsyonlarıyla teması da, eğelerin aşınmasına ve deformasyonuna neden olur ve klinik kullanımları sırasında beklenmeyen kırılmalar görülebilir. Kök kanal preparasyonu sırasında kanalların lubrikasyonunu sağlayan bir ajanla dolu olması tercih edilir. Sodyum hipoklorit (NaOCl) kemomekanik preparasyonda en sık kullanılan ve altın standart olarak kabul edilen bir irrigasyon solüsyonudur. Bu solüsyonda bulunan aktif ClO- iyonlarının korozyonu artırıcı potensiyele sahip olduğu rapor edilmiştir.[12] NaOCl ve etilen diamin tetra asetik asit (EDTA) eğelerin fiziksel özelliklerini değiştirerek kırılmalarına neden olmaktadır.[13]

Bu çalışmanın amacı, Reciproc Blue (VDW, Münih, Almanya) eğelerin çekilmiş dişlerin kanallarında NaOCl veya EDTA jel (%17, i-dental Medicinos Linija UAB, Siauliai, Litvanya) varlığında 1 veya 3 molar dişte kullanımları sonrası döngüsel yorgunluk dirençlerini ve kırık parça uzunluklarını karşılaştırmaktır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışma için Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan (tarih: 12 Şubat 2021; no: 2020/12539-108) onay alınmıştır ve Helsinki Deklarasyonu prensiplerine uygun olarak yapılmıştır. Bu çalışmada 3 kanala sahip çekilmiş 1. ve 2. mandibular molar insan dişleri kullanılmıştır. Hastalara çekilen dişlerinde çalışma yapılacağının bilgisi verilerek bilgilendirilmiş onam formu imzalatılmıştır. Birbirine yakın kanal morfolojisine sahip 120 adet diş toplanarak, işlemler başlayana kadar serum fizyolojikte bekletildi. Dâhil etme kriterlerine uyan dişler kullanılacak irrigasyon solüsyonuna (NaOCl-EDTA) ve 1 veya 3 defa kullanımına bağlı olarak rastgele gruplara ayrılmıştır (n=15). Hiç kullanılmadan döngüsel yorgunluk testi yapılan 10

eğe (kontrol grubu) ile toplamda 70 eğe bu çalışmada kullanılmıştır.

Kontrol Grubu: Reciproc Blue (n=10)

NaOCl-1 Grubu: Reciproc Blue, 1 kullanım (eğe n=15, diş n=15)

NaOCl-3 Grubu: Reciproc Blue, 3 kullanım (eğe n=15, diş n=45)

EDTA-1 Grubu: Reciproc Blue, 1 kullanım (eğe n=15, diş n=15)

EDTA-3 Grubu: Reciproc Blue, 3 kullanım (eğe n=15, diş n=45)

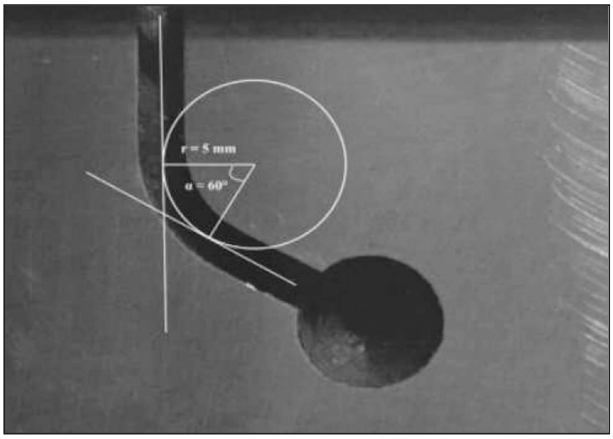
Çekilmiş alt molar dişlerde çürük uzaklaştırıldıktan sonra elmas rond ve fissür frezler kullanılarak endodontik giriş kavitesi açıldı. Çalışma boyu, 10# K tipi el eğesi ile apikalden çıktığı görüldüğü andaki uzunluktan 1 mm eksilterek belirlendi. Tüm dişlerin kök kanalları #10 K tipi el eğesi ile kanal yolu oluşturulduktan sonra Reciproc Blue 25/0,08 eğe ile üretici talimatlarına göre şekillendirildi. Kök kanal genişletmesi sırasıyla meziobukkal, meziolingual ve distal kanal olmak üzere endomotor (VDW Silver, VDW, Münih, Almanya) aracılığıyla ve "Resiproc All" modunda gerçekleştirildi.

NaOCl-1 ve NaOCl-3 grubunda yer alan toplam 60 adet dişin kök kanalının şekillendirme işlemi sırasında kanallara 5 mL %2,5 NaOCl ile 2 dk irrigasyon yapıldı.[14]

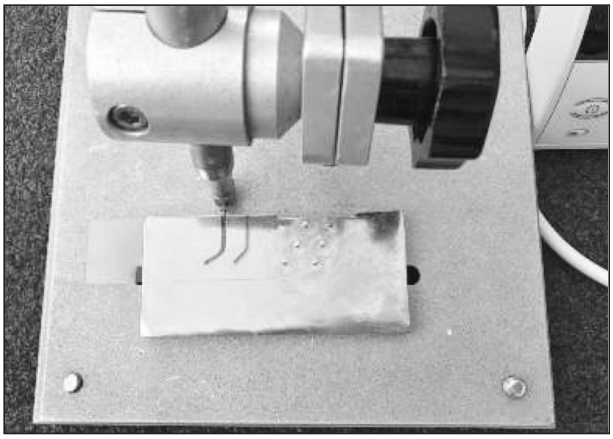
EDTA-1 ve EDTA-3 grubunda yer alan toplam 60 adet birinci ve ikinci alt molar dişe Reciproc Blue eğelerinin aktif kısmı etrafına EDTA-jel kaplanarak uygulandı. Üç gagalama hareketinden sonra kanallar 1 mL serum fizyolojik ile irrige edildi. Daha sonra eğelerin etrafı tekrar EDTA-jel ile kaplandı ve çalışma boyuna ulaşılana kadar bu şekilde enstrümantasyona devam edildi. Şekillendirme işlemi sırasında 1 mL EDTA-jel kanallara uygulandıktan sonra 5 mL serum fizyolojik ile 2 dk irrigasyon yapılmıştır. NaOCl-3 ve EDTA-3 gruplarındaki kanal eğelerine 1. ve 2. kullanımdan sonra yivleri arasında dentin ve pulpa artıkları kalmaması için otoklav sterilizasyonu yapıldı.

DÖNGÜSEL YORGUNLUK TESTİ

Kök kanalları eğelendikten sonra Resiproc Blue eğeler yapay kanal test düzeneğine (kurvatür yarıçapı 5 mm, iç yarıçapı 1,5 mm, kurvatür açısı 60°) yerleştirilip sabitlendi, sürtünmeyi azaltmak ve klinik kullanımdaki gibi irrigasyonu taklit etmek amacı ile termometre ile ayarlanmış 37°C'lik serum fizyolojik kullanıldı (Resim 1). Her kullanım sonrası yapay kanaldaki solüsyon yenilendi. Üretici firmanın önerdiği kullanım modunda (Reciproc All) VDW Silver endomotor ile 6:1 redüksiyonlu VDW Silver angulduruvası ile her bir örnek kırılana kadar kullanıldı (Resim 2). Her enstrüman için kırılana kadar geçen süre hassasiyet derecesi 0,1 sn olan kronometre ile kaydedildi ve kırılana kadar olan döngü sayısı hesaplandı. Kontrol grubunda eğeler hiç kullanılmadan döngüsel yorgunluk testine tabi tutuldu (n=10). Kullanılan eğelerin kırılma zamanı, kırılana kadar yaptığı döngü sayıları ve oluşan kırıkların parça uzunlukları değerlendirildi. Eğenin dönüş mekanizması resiprokasyon olduğundan kırılana kadar döngü



RESİM 1: Kurvatür açısı 60°, kurvatür yarıçapı 5 mm olan yapay kanal.



RESİM 2: Döngüsel yorgunluk test düzeneği.

sayısını hesaplamak için üretici firmanın verdiği bilgi kullanılarak dönüş hızı 300 RPM kabul edildi. Her bir eğenin kırılma gerçekleşinceye kadar yaptığı tur sayısı dönme hızı (RPM) x süre (dk) formül ile hesaplandı. Eğelerin kırık parçalarının uzunlukları dijital kumpas ile ölçülerek kaydedildi.

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Kırık süresi ve döngü sayısı ortalama ve standart sapma, kırık uzunluğu ise ortalama ve minimum-maksimum olarak özetlendi. Ölçümlerin normal dağılım varsayımını sağlayıp sağlamadığı Shapiro-Wilk testi ile test edildi. Gruplar arasında kırık süresi ve döngü sayısının genel karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi, kırık uzunluğunun karşılaştırılmasında ise Kruskal-Wallis testi kullanıldı. Bu karşılaştırmalarda, anlamlı bulunan durum için (kırık süresi, döngü sayısı) grupların ikili karşılaştırılmalarında Tukey testi kullanıldı. Verilerin IBM SPSS Statistics Versiyon 20.0 (Armonk, NY, ABD) paket programı kullanılarak istatistiksel analizi yapıldı. İstatistiksel önem düzeyi 0,05 olarak tüm testlerde alındı.

BULGULAR

Döngü sayıları karşılaştırıldığında kontrol grubu ile NaOCl-1 grubu arasında fark bulunmazken, kontrol grubu ile NaOCl-3, EDTA-1 ve EDTA-3 grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0,001$). Kullanılan solüsyonlar karşılaştırıldığında iki solüsyonun eğelerin döngüsel yorgunluğunu etkilemesi açısından anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). NaOCl-1 ile NaOCl-3 ve EDTA-1 ile EDTA-3 grupları arasında ikili karşılaştırmaları değerlendirildiğinde döngüsel yorgunlukları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (Tablo 1).

Kırılma süresi sonuçları değerlendirildiğinde, bütün grupların kırılma süreleri döngü sayısı sonuçlarıyla paralellik göstermiştir. Kırılma süreleri kendi aralarında karşılaştırıldığında kontrol grubu ile NaOCl-1 grubu arasında fark bulunmazken kontrol grubu ile NaOCl-3, EDTA-1 ve EDTA-3 grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,001$). Kırılma süreleri açısından NaOCl ve EDTA grupları arasında ikili karşılaştırılmalarında anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 2). Gruplar kendi içinde ve gruplar birbiri arasında kıyaslandığında kırık parça uzunluğu açısından anlamlı bir fark yoktur ($p>0,05$) (Tablo 3).

TARTIŞMA

Bu çalışmada Resiproc Blue eğelerin, kullanılan irrigasyon solüsyonuna (NaOCl veya EDTA jel) ve çekilmiş dişlerde kullanım sayısına (1-3 kez) bağlı

TABLO 1: Grupların döngü sayısını değerleri (RPM).

Gruplar	Sayı	Ortalama	SS	Minimum	Maksimum	p değeri
Kontrol	10	4361,4800[a]	393,03012	3736,45	5051,55	
NaOCl-1	15	3492,3100[a,b]	1211,95395	1819,90	6209,70	
NaOCl-3	15	2766,4071[b]	694,38409	1849,70	4297,55	<0,001
EDTA-1	15	3179,8967[b]	913,37807	1582,65	5001,85	
EDTA-3	15	2649,2179[b]	890,19480	1475,05	4333,95	

Farklı harfler, anlamlı farklılık bulunduğunu gösterir ($p<0,05$); SS: Standart sapma; NaOCl: Sodyum hipoklorit; EDTA: Etilen diamin tetra asetik asit.

TABLO 2: Grupların kırılma süreleri (sn).

Gruplar	Sayı	Ortalama	SS	Minimum	Maksimum	p değeri
Kontrol	10	872,296000[a]	78,6060247	747,2900	1010,3100	
NaOCl-1	15	698,462000[a,b]	242,3907898	363,9800	1241,9400	
NaOCl-3	15	553,281429[b]	138,8768175	369,9400	859,5100	<0,001
EDTA-1	15	635,979333[b]	182,6756146	316,5300	1000,3700	
EDTA-3	15	529,843571[b]	178,0389600	295,0100	866,7900	
Total	70	645,637206	207,0499480	295,0100	1241,9400	

Farklı harfler, anlamlı farklılık bulunduğunu gösterir ($p<0,05$); SS: Standart sapma; NaOCl: Sodyum hipoklorit; EDTA: Etilen diamin tetra asetik asit.

TABLO 3: Grupların kırık parça uzunluğu (mm).

Gruplar	Sayı	Ortalama	SS	Minimum	Maksimum	p değeri
Kontrol	10	7,62	1,75	4,45	9,68	
NaOCl-1	15	8,48	1,11	5,80	9,81	
NaOCl-3	15	8,12	1,22	5,45	9,30	0,430
EDTA-1	15	8,81	0,77	7,03	9,75	
EDTA-3	15	8,31	1,42	5,55	9,67	

SS: Standart sapma; NaOCl: Sodyum hipoklorit; EDTA: Etilen diamin tetra asetik asit.

olarak döngüsel yorgunluğunda, kırılma zamanında ve kırık parça uzunluğunda istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik olmadığı gözlemlenmiştir. Çoğu çalışmada Ni-Ti döner eğelerin döngüsel yorgunluk direnci değerlendirilirken çekilmiş doğal dişler veya şeffaf rezin bloklar kullanılmıştır.[15] Çekilmiş dişlerin anatomik olarak standart olmaması nedeniyle eğeleri belirli bir kurvatürde, aynı açıda ve kurvatür yarıçapında test etmek zordur. Çeşitli kök kanal eğelerinin ve preparasyon tekniklerinin şekillendirme etkinliklerini değerlendiren çalışmalarda, deney materyalinin mikrosertliği önemli bir faktör olarak rapor edilmiştir.[16] Pulpa boşluğuna komşu dentinin mikrosertliği 35-40 kg/mm^2 iken rezin materyalinin 20-22 kg/mm^2 olarak rapor edilmiştir.[17] Bu nedenle, çekilmiş dişte dentinin uzaklaştırılabilmesi için rezin bloklara uygulananın iki katı kuvvet uygulanmaktadır.[18] Bununla birlikte, şeffaf rezin blokların olumlu yanı ise standart kök kanal eğim açısı ve yarıçapı ile iyi bir deneysel model oluşturmasıdır.[18] Şekillendirme esnasındaki sürtünmeden kaynaklanan ısının rezinde yumuşama ve erimeye neden olabilmesi, akrilik talaşların eğe bıçaklarına yapışıp eğenin kırılma riskini artırması, rezin bloklar için bir dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır.[19] Bu çalışmada, rezin bloklar yerine çekilmiş alt molar dişler kullanılmıştır.

Endodontik eğelerin, döngüsel yorgunluk dirençlerinin araştırıldığı çalışmalarda çeşitli statik ve dinamik testler uygulanmıştır.[20,21] Statik testlerde eğeler sabit pozisyonda tutulup kırılana kadar çalıştırılmış, dinamik testlerde ise eğeler belirli uzunluklarda ileri geri hareketle kullanılmıştır.[21] Dinamik testler statiğe göre daha yüksek döngü sayısı vermektedir. Statik testlerde eğede oluşan stres tek bir noktada birikmekte, dinamik testlerde ise aksiyal hareket sebebiyle eğenin belirli bir uzunluğunda dağılım göstermektedir. Dinamik test modelinde klinik şartlarda elle kontrol edilebilen ileri-geri hareketin devamlı olması tedirgin edici olabilmektedir.[21] Bu yüzden, bu ileri-geri hareketten olabilecek eğe kırığını önleyebilmek için çalışmamızda, Silva ve ark.nın kullandığı statik modeli tercih ettik.[21]

Döngüsel yorgunluk test düzeneğimizin yapay kanallarını, 1,5 mm'lik iç çapa, 60°'lik kurvatür eğimine ve 5 mm'lik kurvatür yarıçapına sahip, Pruett ve ark. tarafından belirlenen kriterlere göre tasarladık.[22] Yapay kanal kurvatürünün başlangıç noktası ise kanalın apikalinin 5 mm koronalinde yer almaktadır. Bununla birlikte daha güvenli ve tutarlı sonuçlar için, tek bir markaya ait eğelerle (Resiproc Blue) çalışma yapılmıştır. Bu test düzeneğinde; eğe ile yapay kanallar arasında oluşan sürtünme sonucu ısı artışı meydana gelmektedir.[23] Bu ısı artışı eğenin döngüsel yorgunluk direncini etkilemektedir. Bu nedenle, döngüsel yorgunluk testinde kayganlaştırıcı bir madde veya soğutucu kullanmak oluşacak ısıyı önlemeye yardımcı olacaktır.[24] Nguyen ve ark. araştırdıkları eğeleri 300 ve 500 RPM'de döngüsel yorgunluk test düzeneğindeki yapay kanallarda sentetik yağ ile kullanmışlar ve böylelikle sıcaklık 3 C°'yi aşmamıştır.[25] Topçuoğlu ve ark. dört farklı eğenin döngüsel yorgunluk dirençlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında sürtünme sonucu meydana gelecek ısı artışını önlemek ve bunun sonucunda oluşacak eğe kırılmasını engellemek amacıyla irrigasyon solüsyonu olarak makine yağı kullanmışlardır.[26] Larsen ve ark. yaptıkları çalışmada test sırasında eğenin kırılma anını gözlemleyebilmek için birçok çalışmada yapıldığı gibi test düzeneği üzerine şeffaf akrilik plaka yerleştirmişler ve bu sayede eğelerin kırılma anını net bir şekilde tespit etmişlerdir.[27] Bizim çalışmamızda da hem test sırasında meydana gelebilecek ısı artışının önlenmesi için irrigasyon amaçlı olarak 37°C'lik serum fizyolojik kullanıldı ve kullanılan yapay paslanmaz

çelik kanalın üzeri aynı boyutlardaki camla kapatılarak eğenin oluk dışına çıkması ve kırılma anı net olarak gözlemlendi. Gündoğar ve Özyürek'in OneShape (Micro Mega, Besancon, Fransa), Hyflex EDM (Coltene/Whaledent, Altstätten, Switzerland), WaveOne Gold (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) ve Reciproc Blue NiTi döner eğe sistemlerinin döngüsel yorgunluk dirençlerini karşılaştırdıkları çalışmada, Reciproc Blue eğesinin kırılma gerçekleşene kadar döngü sayısının ortalama değeri, WaveOne Gold eğesinden istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur.[28] Keskin ve ark. yaptıkları çalışmada Reciproc Blue, Reciproc ve WaveOne Gold eğelerinin döngüsel yorgunluk dirençlerini karşılaştırmışlardır.[29] Bu eğeler arasından Reciproc Blue en yüksek döngüsel yorgunluk direncini göstermiştir ve çalışmamızda bu eğe tercih edilmiştir.

Kök kanal tedavisinde kullanılan irrigasyon solüsyonları kanal aletlerine kayganlaştırma özelliği sağlayarak preparasyon işlemini kolaylaştırmaktadır. Kök kanallarında NaOCl kullanımı dokuda çözünürlük ve dezenfeksiyon sağlaması bakımından endodontide en çok tercih edilen irrigasyon solüsyonudur.[13] Literatürde ağırlıklı olarak kök kanal irrigasyonu için EDTA gibi sıvı şelatör solüsyonlarının etki modu rapor edilirken, döner sistemlerle kök kanal hazırlığı sırasında kullanılması önerilen şelatörler macun veya jel kıvamındadır. NaOCl ve EDTA'nın endodontik aletlerin metal yüzeyinde korozyona ve bozulmaya neden olabileceği ve dolayısıyla eğelerin kırılma direncini etkileyebileceği ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır.[30-33] Uslu ve ark. çalışmasında kök kanal enstrümantasyonu sırasında hem NaOCl hem de EDTA'nın nikel-titanyum eğelerin döngüsel yorulma direnci üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını rapor etmişlerdir.[31] Erik ve Özyürek %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 bildirmiştir.[32] Alfawaz ve ark., Edga Taper Platinum ve Protaper eğelerle NaOCl kullanıldığında döngüsel yorgunluk direncini düşürdüğünü, EDTA'nın bir farklılık oluşturmadığını rapor etmişlerdir.[33] Bu eğelerinin yüzey bütünlüğü üzerindeki potansiyel olumsuz etkisi literatürde tartışmalıdır; muhtemelen net sonucun olamaması çalışmaların farklı analiz yöntemlerinden (elektrokimyasal testler veya atomik kuvvet mikroskobu) kaynaklanmaktadır.

Klinisyenler finansal nedenlerden dolayı Ni-Ti döner eğeleri tekrar tekrar kullanmaktadır. Arens ve ark. eğelerin bir kere kullanılmasını önermesine rağmen Yared ve ark. profile eğelerin dört molar dişin kök kanal preparasyonunda kullanılabileceğini bildirmiştir. Literatürde Ni-Ti döner sistem eğelerinin kaç kere kullanılması gerektiği hakkında ortak bir görüşe varılamamıştır.[34,35] Bizim çalışmamızda, üretici firma talimatlarına uyulduğu takdirde Reciproc Blue döner eğelerinin üç kök kanal tedavisine kadar güvenle kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Bu *in vitro* çalışmanın limitasyonu, gerçek kök kanalını kopyalamak için 60 derecelik kanal eğriliğine sahip yapay bir kanal sistemi oluşturulmuş olmasına rağmen klinik ortamı doğru bir şekilde temsil etmemektedir. Bu konu ile ilgili *in vivo* çalışmalara ihtiyaç vardır.

SONUÇ

Kök kanallarında, genişletme sırasında kullanılan NaOCl ve EDTA jel Reciproc eğelerin döngüsel yorgunluğunda anlamlı bir değişikliğe neden olmamıştır. Bununla birlikte, 3 dişte kullanılan eğeler, tek dişte kullanılana göre döngüsel yorgunluk direnci açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermemiştir. Bu çalışmada, elde edilen verilere göre Reciproc Blue eğeler üretici firma talimatlarına uyulduğu takdirde üç molar dişte güvenli bir şekilde kullanılabilir.

Finansal Kaynak

Bu çalışma, Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı tarafından (no: TDH-2021-12539) desteklenmiştir.

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

Fikir/Kavram: *Oğuz Yoldaş, Ayşin Dumani;* ***Tasarım:*** *Ayşin Dumani, Şehnaz Yılmaz;* ***Denetleme/Danışmanlık:*** *Ayşin Dumani;* ***Veri Toplama ve/veya İşleme:*** *Nihan Nazsız;* ***Analiz ve/veya Yorum:*** *İlker Ünal;* ***Kaynak Taraması:*** *Nihan Nazsız;* ***Makalenin Yazımı:*** *Ayşin Dumani, Şehnaz Yılmaz;* ***Eleştirel İnceleme:*** *Nihan Nazsız, İlker Ünal, Oğuz Yoldaş.*

KAYNAKLAR

1. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1984;58(5):589-99. [Crossref] [PubMed]
2. Yoldas O, Yilmaz S, Atakan G, Kuden C, Kasan Z. Dentinal microcrack formation during root canal preparations by different NiTi rotary instruments and the self-adjusting file. J Endod. 2012;38(2):232-5. [Crossref] [PubMed]
3. Kim HC, Lee MH, Yum J, Versluis A, Lee CJ, Kim BM. Potential relationship between design of nickel-titanium rotary instruments and vertical root fracture. J Endod. 2010;36(7):1195-9. [Crossref] [PubMed]
4. Spili P, Parashos P, Messer HH. The impact of instrument fracture on outcome of endodontic treatment. J Endod. 2005;31(12):845-50. [Crossref] [PubMed]
5. Wu J, Lei G, Yan M, Yu Y, Yu J, Zhang G. Instrument separation analysis of multi-used ProTaper Universal rotary system during root canal therapy. J Endod. 2011;37(6):758-63. [Crossref] [PubMed]
6. Iqbal MK, Kohli MR, Kim JS. A retrospective clinical study of incidence of root canal instrument separation in an endodontics graduate program: a PennEndo database study. J Endod. 2006;32(11):1048-52. [Crossref] [PubMed]
7. Ungerechts C, Bårdsen A, Fristad I. Instrument fracture in root canals - where, why, when and what? A study from a student clinic. Int Endod J. 2014;47(2):183-90. [Crossref] [PubMed]
8. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. Br Dent J. 2014;216(6):299-303. [Crossref] [PubMed]
9. Plotino G, Grande NM, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G. A review of cyclic fatigue testing of nickel-titanium rotary instruments. J Endod. 2009;35(11):1469-76. [Crossref] [PubMed]
10. Schäfer E, Dzepina A, Danesh G. Bending properties of rotary nickel-titanium instruments. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2003;96(6):757-63. [Crossref] [PubMed]
11. Sarkar NK, Redmond W, Schwaninger B, Goldberg AJ. The chloride corrosion behaviour of four orthodontic wires. J Oral Rehabil. 1983;10(2):121-8. [Crossref] [PubMed]
12. Bonaccorso A, Tripi TR, Rondelli G, Condorelli GG, Cantatore G, Schäfer 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(2):208-11. [Crossref] [PubMed]
13. Doğan Çankaya T, Büyüközer Özkan H, Sürme K. Endodontik İrrigasyon Solüsyonlarının One Curve Eğesinin Döngüsel Yorgunluk Direncine Olan Etkisinin Karşılaştırılması: İn Vitro Bir Çalışma. NEU Dent J. 2023;5(3):211-6. [Crossref]
14. Verma N, Sangwan P, Tewari S, Duhan J. Effect of different concentrations of sodium hypochlorite on outcome of primary root canal treatment: a randomized controlled trial. J Endod. 2019;45(4):357-63. [Crossref] [PubMed]
15. Vahid A, Roohi N, Zayeri F. A comparative study of four rotary NiTi instruments in preserving canal curvature, preparation time and change of working length. Aust Endod J. 2009;35(2):93-7. [Crossref] [PubMed]
16. Craıg RG, Gehring PE, Peyton FA. Relation of structure to the microhardness of human dentin. J Dent Res. 1959;38(3):624-30. [Crossref] [PubMed]
17. Miserendino LJ, Miserendino CA, Moser JB, Heuer MA, Osetek EM. Cutting efficiency of endodontic instruments. Part III. Comparison of sonic and ultrasonic instrument systems. J Endod. 1988;14(1):24-30. [Crossref] [PubMed]
18. Lim KC, Webber J. The validity of simulated root canals for the investigation of the prepared root canal shape. Int Endod J. 1985;18(4):240-6. [Crossref] [PubMed]
19. Kum KY, Spängberg L, Cha BY, Il-Young J, Msd, Seung-Jong L, et al. Shaping ability of three profile rotary instrumentation techniques in simulated resin root canals. J Endod. 2000;26(12):719-23. [Crossref] [PubMed]
20. 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. [Crossref] [PubMed]
21. Silva EJ, Villarino LS, Vieira VT, Accorsi-Mendonça T, Antunes HD, De-Deus G, Lopes HP. Bending Resistance and cyclic fatigue life of reciproc, unicone, and waveone reciprocating ınstruments. J Endod. 2016;42(12):1789-93. [Crossref] [PubMed]
22. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL Jr. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. J Endod. 1997;23(2):77-85. [Crossref] [PubMed]
23. Tobishi H, Nakahara T, Shimeno Y, Hashimoto T. Low-cycle fatigue of tini shape memory alloy and formulation of fatigue life. J Eng Mater Technol. 2000;122(2):186-91. [Crossref]
24. Shen Y, Qian W, Abtin H, Gao Y, Haapasalo M. Effect of environment on fatigue failure of controlled memory wire nickel-titanium rotary instruments. J Endod. 2012;38(3):376-80. [Crossref] [PubMed]
25. 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(8):1190-3. [Crossref] [PubMed]
26. Topçuoğlu HS, Topçuoğlu G, Akti A, Düzgün S. In vitro comparison of cyclic fatigue resistance of protaper next, hyflex cm, oneshape, and protaper universal ınstruments in a canal with a double curvature. J Endod. 2016;42(6):969-71. [Crossref] [PubMed]
27. Larsen CM, Watanabe I, Glickman GN, He J. Cyclic fatigue analysis of a new generation of nickel titanium rotary instruments. J Endod. 2009;35(3):401-3. [Crossref] [PubMed]
28. Gündoğar M, Özyürek T. Cyclic fatigue resistance of oneshape, hyflex edm, waveone gold, and reciproc blue nickel-titanium ınstruments. J Endod. 2017;43(7):1192-6. [Crossref] [PubMed]
29. Keskin C, Inan U, Demiral M, Keleş A. Cyclic fatigue resistance of reciproc blue, reciproc, and waveone gold reciprocating ınstruments. J Endod. 2017;43(8):1360-3. [Crossref] [PubMed]
30. Ametrano G, D'Antò V, 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(3):203-9. [Crossref] [PubMed]
31. Uslu G, Özyürek T, Yılmaz K, Plotino G. Effect of dynamic immersion in sodium hypochlorite and edta solutions on cyclic fatigue resistance of waveone and waveone gold reciprocating nickel-titanium files. J Endod. 2018;44(5):834-7. [Crossref] [PubMed]

32. 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(2):190-5. [Crossref] [PubMed]

33. Alfawaz H, Alqedairi A, Alhamdan M, Alkhzim N, Alfarraj S, Jamleh A. Effect of NaOCl and EDTA irrigating solutions on the cyclic fatigue resistance of EdgeTaper Platinum instruments. BMC Oral Health. 2022;22(1):195. [Crossref] [PubMed] [PMC]

34. Arens FC, Hoen MM, Steiman HR, Dietz GC Jr. Evaluation of single-use rotary nickel-titanium instruments. J Endod. 2003;29(10):664-6. [Crossref] [PubMed]

35. Yared GM, Bou Dagher FE, Machtou P. Cyclic fatigue of ProFile rotary instruments after clinical use. Int Endod J. 2000;33(3):204-7. [Crossref] [PubMed]