

## ÜÇ FARKLI NİKEL-TİTANYUM EĞE SİSTEMİNİN KULLANILMASIYLA OLUŞAN YIPRANMALARININ TARAYICILI ELEKTRON MİKROSKOBU İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

### CYCLIC FATIGUE OF DIFFERENT THREE NICKEL-TITANIUM ROTARY ENDODONTIC INSTRUMENTS WITH SCANNING ELECTRON MICROSCOPE

İsmail ERGÜL<sup>1</sup>, Sadullah KAYA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Uzm. Dt. Gölcük Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi, İzmit

<sup>2</sup> Prof Dr. Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Diyarbakır

#### Özet

Çalışmamızda, resiprokal hareket yapan Reciproc ve WaveOne eğe sistemleriyle, Twisted File eğe sisteminin, paslanmaz çelik bloklar üzerinde kullanılması sonucu oluşan yıpranma miktarları karşılaştırılmıştır. İlk olarak 30°, 45° ve 60° eğimli olmak üzere 3 farklı çelik blok hazırlandı. Daha sonra bu hazırlanan bloklarda kullanılmak üzere eğeler gruplandırıldı. Kullanım sayıları olarak, 20 sn'lik 1, 3 ve 5 tekrardan oluşan çalışma prosedürü belirlendi. Yapılan gruplama ve prosedür talimatlarına göre 9 farklı grup (n=15) oluşturuldu ve grupların taramalı elektron mikroskobu (SEM) altında, 2. dönüş açıları (apikal uç kısımdan 2- 3 mm arası) esas alınarak, x500 büyütmede görüntüleri kaydedildi. Oluşan mikro çatlak sayıları ve kullanım sırasında oluşan kırıklar not edilerek tablo hazırlandı. Bu veriler doğrultusunda da 1. kullanım 3. kullanım ve 5. kullanım arasında Reciproc ve WaveOne eğelerinde oluşan mikro çatlak miktarında, kullanım sayısının artmasıyla mikro çatlak miktarı artması bakımından, istatistiksel olarak anlamlı bir fark varken (p<0,05), Twisted File eğesinin kullanım sayıları arasında mikro çatlak miktarı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur (p>0,05). Aynı eğe türlerinin farklı açılardaki kullanımlarında oluşan mikro çatlak bakımından karşılaştırmalarında anlamlı bir fark görülmemiştir (p>0,05). Gruplar arası karşılaştırmalarda ise Reciproc ve WaveOne eğeleri arasında istatistiksel bir fark bulunmazken, Twisted File eğesi ile diğer iki eğe grubu arasında, Resiproc ve WaveOne lehine, istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (p<0,05). Eğelerin kırılma ihtimalinin kullanım sayısı ile birlikte arttığı istatistiksel olarak anlaşılmıştır. Ayrıca kullanıldıkları açılardaki artış, kırık oluşumu bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermektedir (p<0,05). Sonuç olarak mikro çatlak oluşumu en fazla Reciproc ve WaveOne eğelerinde görülürken, kırılma en fazla Twisted File eğesinde görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Döngüsel yorgunluk, çelik Blok, Reciproc, WaveOne, Twisted File, eğe fraktürü

#### Abstract

In our study, we compared cyclic fatigue as the result of using on stainless steel blocks, one of the file is Reciproc and WaveOne systems which makes reciprocal movements and the other file is Twisted File system. At first, we prepared three different steel blocks which are 30o, 45o and 60o angles. After we grouped files for using on these blocks. We determined working procedure usage number as 20 second periods with 1, 3 and 5 repeats. Based on this grouping and introductions 9 different groups developed and after by using files (n=15); scanning and captured images by scanning electron microscope under 500x as a basis the second angle of rotation. The data table is made by noting the micro fractures and the cracks created by usage of these captured images. The data on findings istatical analysis made in the light of results. In the comparison of using angle of same type files there isn't any meaningfull difrence about micro fractures (p>0,05). In the comparison of groups, there isn't any difference between Reciproc and WaveOne systems as stational but between Twisted File system and other two files, there is a istatical difference in favor of Reciproc and WaveOne systems (p<0,05). We gave meaning to the possibility of breaking files rise with higher usage as istatistic. Also rise of usage angles, shows a meaningfull difference about fractures as istatistic (p<0,05). As the result most micro fractures seen in Reciproc and WaveOne systems, most brokes seen in Twisted File system.

**Keywords:** Cyclic fatigue, Reciproc, WaveOne, Twisted File, file fracture

#### Giriş

Endodontik tedavinin başarısı, doğru bir teşhis ile birlikte anatomik yapıyı bozmayacak şekilde yapılan mekanik preparasyona, etkin dezenfeksiyona, apikal ve kronal olarak kök

kanallarının sızdırmaz bir şekilde doldurulmasına bağlıdır (1). Endodontik tedavilerde güncel olarak kullanılan rotasyonel ve resiprokal hareket yapan döner eğe sistemleri hekimlere kolaylık sağladığından dolayı sıklıkla tercih edilmektedir. Ancak eğelerin tekrarlayan kullanımları sonucu, yıpranmaları ve uygulanma sırasında kırılmaları istenmeyen sonuçlar doğurabilmektedir. Bu yıpranmalar gözle görülebilen noktalar olsa bile çok mikro düzeyde olduğu için gerçek boyutta nasıl bir aşamada olduğu ancak detaylı incelemeler ile anlaşılabilir.

Eğе sistemlerindeki kullanıma bağlı kırılma ve yıpranmalarının taramalı elektron

#### İletişim Adresi

Prof. Dr. Sadullah KAYA  
Dicle Üniversitesi, Dişhekimliği Fakültesi, Endodonti A.D.  
Diyarbakır

e-mail: sadullahkaya@hotmail.com

mikroskobu ile incelendiği çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir (2, 3). Alınan görüntüler ışığında kullanıma sırasında oluşan yıpranmaların incelenmesi ve analiz edilmesi mümkündür. Yıpranma oluşmasında bir standart oluşması içinde paslanmaz çelik blokların kullanılması çalışmalarla sabittir (4, 5). Bu sayede daha standart ve homojen bir kuvvet ve direnç oluşturularak dişlerde oluşabilecek işlevsel hatalar en aza indirilmektedir.

Bu çalışma çelik bloklarda hazırlanmış 30°, 45° ve 60°'lik yapay kanallarda kullanılan Reciproc, WaveOne ve Twisted File sistemlerinde kullanımlar sonrası oluşan mikro çatlak ve kırık ilişkisinin, yorgunluk açısından incelenmesini amaçlamaktadır.

## Gereç ve Yöntem

Araştırmada kullanılan örneklerin hazırlık ve kullanım aşaması Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalında, Çelik Blokların hazırlanması Yolbulan Ltd. Şti.de (Karabük), SEM görüntülerinin alınması Dicle Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde (DÜBTAM), istatistikleri de Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik Anabilim Dalı'nda yapılmıştır.

Bu çalışmada # 25.06 açılı Reciproc (VDW, Munich, Almanya), WaveOne (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ve Twisted File (TF; SybronEndo, Orange, Amerika) sistemleri tercih edildi.

## Paslanmaz Çelik Blokların Hazırlanması

Paslanmaz çelik bloklar hazırlanırken yapılan çalışmalardan örnekler referans alındı. 30°, 45° ve 60°'lik yapay kanallar oluşturuldu. Plotino ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışma baz alınarak (6), blok üzerinde oluşturulan kanal şekilleri, eğelerin çaplarından en az 0,1 mm daha geniş olacak şekilde ayarlandı. Çalışmamızda referans olarak, inceleyeceğimiz bölge 2-3 mm arasındaki 2. dönüş açısının olduğu yerdir. Kullandığımız eğeler ile açılma olarak aynı ancak genişlik olarak 0,1 mm daha geniş kanal takliti oluşturuldu. Ancak farklı olarak eğenin sap kısmına doğru ilerledikçe, taper oranı eğelerden daha fazla olacak şekilde belirlendi. Bu işlemdeki amacımız ise koronal bölgede oluşacak sıkışma ihtimallerinin

azaltılmasıyla, referans bölgemizde ortaya çıkabilecek yanılma payını en aza indirmektir.

## Eğelerin Kullanılması

Çalışmamızda kullanılması planlanan üç ayrı tür eğeler 1, 3, 5 kullanım olmak üzere 9 gruba ayrıldı (n=15). Eğelerin kullanılmasında üretici firmalarının önerisi ve özel olarak üretilmiş endodontik mikromotorlar ve bu mikro motorların sistemlere uygun programları seçildi. Çalışma süreleri belirlemede Gambarini ve ark. (7) yaptığı bir çalışma ve Franco ve ark. (8) yaptığı başka bir çalışma referans alınarak, süre olarak 20 sn kullanım zamanı belirlendi. Eğelerin kullanım sırasında kanal içerisinde sürekli tutulmaması gerektiğinden, kullanılan çalışma zamanı, çalışmamız için 20 sn olarak tercih edildi. Kullanım sayıları da belirlenirken ortalama kırılma sürelerine bakılarak 5 tekrarın uygun olduğu görüldü (9).

Standart bir kullanım protokolü oluşturmak için angılduruva ve blokların sabit olmasını sağlamak gerekmektedir. Bunun için de Rodrigues ve ark. nın (10) kullandığı ve De-Deus ve ark.nın (11) kullandığı sistemler örnek alınarak özgün bir sistem geliştirildi (Resim 1).



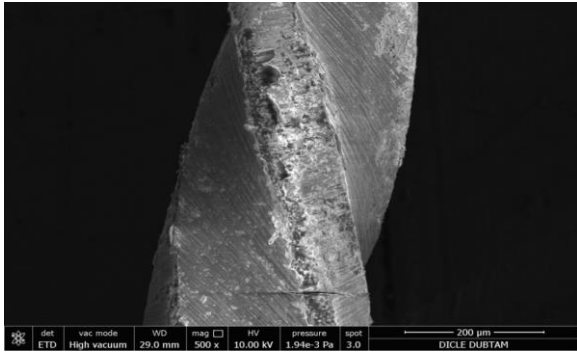
**Resim 1.** (A) Reciproc eğesi, (B) Twisted File eğesi, (C) WaveOne eğesi blok içi pozisyonları

Eğelerin çelik bloklar içerisinde kullanımında hiçbir kuvvet uygulanmadı sadece eğeler pasif olarak çelik blokların içinde tutuldu. Bir kullanım için eğeler hazırlanmış bloklarda 20 sn, üç kullanım için ayrı ayrı olmak üzere kanal eğesi kanala yerleştirildi ve 20 sn'lik protokol 3 defa tekrarlandı. Beş kullanım içinse aynı protokol 5 defa tekrarlandı. Bu çalışma protokolü kullandığımız tüm gruplar için benzer şekilde uygulandı. Kullanım sırasında kırılan eğeler not edildi ve çatlak skalasından çıkarıldı. Kırılan eğelerin sayıları da istatistiksel analiz için çalışmaya dahil edilmedi.

## SEM Değerlendirilmesi

SEM taraması için hazırlanan eğeler gruplar halinde SEM cihazının numune tablasına yerleştirildi. Yüksek vakum altında, 10.00 KV güçte, 1.35-3 Pa basınç ve 3.0 spot (aydınlatma) altında, 500 büyütme ile örnekler incelendi. 3 mikron tarama hassaslığı ile görüntüler alındı.

Görüntülerin belli bir standart barındırması için, numune olarak kullanılan eğelerin ikinci burkulma boğumlarına odaklanma yapıldı. Bu alan eğenin uç bölgesinin 2. ve 3. milimetreleri arasına denk gelmektedir. Çalışmadaki yıpranma kriterleri, SEM görüntüleri üzerinden eğenin üstünde bulunan çatlak ve/veya kırık hatlarının hesaplanması ile bulundu (Resim 2).



Resim 2. WaveOne eğesi çatlak SEM görüntüsü (500x)

Oluşan çatlak ve kırıklar Pirani ve ark.nın (12) yaptığı çalışmada kullandığı tablo referans alınarak mikro çatlak verileri not edildi. Elde edilen görüntüler Photoshop CC programı ile incelendi. Program aracılığı ile görüntü benzerlikleri bulundu. Çatlak olup olmadığı teyit edildi ve çatlak sayıları not edildi.

## İstatistiksel Analiz

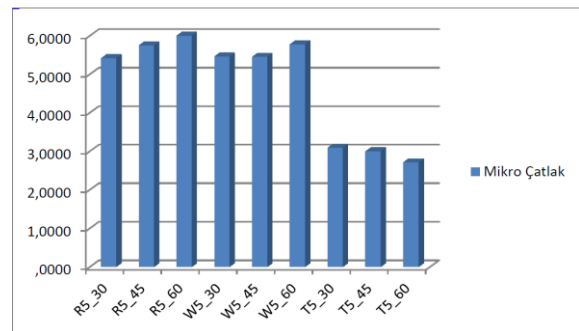
Çalışma ve SEM görüntüleri ışığında elde edilen verilerin, çok değişkenli normal dağılım gösterip göstermediğine istatistiksel açıdan bakıldı. Shapiro Wilk testi ile değerlendirildiğinde, bütün alt gruptaki verilerin normal dağılım göstermediği saptandı. Veriler normal dağılım göstermediği ve tekrarlı ölçümler olduğu için iki yönlü Friedman testi kullanıldı. Daha sonra eğe kullanım sayıları ve

açıları Kruskal Wallis testine göre değerlendirildi. Kruskal Wallis testinde farklı çıkan sonuçlar Bonferroni düzeltmeli Mann Whitney U testine göre ikili karşılaştırıldı. Sonuçlar ( $p < 0.05$ ) anlamlılık seviyesine göre değerlendirildi.

## Bulgular

Bu sonuçlara göre birinci kullanımda açılar arasında mikro çatlak sayısı bakımından anlamlı bir fark bulunmamaktadır ( $p > 0.05$ ). Ayrıca eğe türleri açısından bakıldığında, eğelerin üzerinde görülen mikro çatlak miktarı bakımından Friedman testine göre anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ).

Eğelerde 1. kullanım ile 3. kullanım arasında Reciproc ve WaveOne eğelerinde oluşan mikro çatlak miktarında, kullanım sayısı arttıkça mikro çatlak sayısının artması bakımından, istatistiksel olarak anlamlı bir fark varken ( $p < 0,05$ ), Twisted File eğesinin kullanım sayıları arasında mikro çatlak miktarı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ( $p > 0.05$ ). 3. kullanım verileri kendi içinde karşılaştırıldığında Reciproc ve WaveOne eğeleri arasında istatistiksel açıdan bir fark yok iken ( $p > 0,05$ ), Twisted File eğesi ile diğer iki eğe arasında, Reciproc ve WaveOne eğeleri lehine, istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır ( $p < 0.05$ ). Diğer yandan 1. kullanım, 3. kullanım ve 5. kullanım arasında Reciproc ve WaveOne eğelerinde oluşan mikro çatlak miktarında, kullanım sayısı doğru orantılı olarak, istatistiksel olarak anlamlı bir fark varken ( $p < 0,05$ ), Twisted File eğesinin kullanım sayıları arasında mikro çatlak miktarı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ( $p > 0.05$ ). 5. kullanım sonucu oluşan mikro çatlak sonuçları Grafik 1'de verilmiştir.



Grafik 1. 5. kullanım sonucu eğeler üzerinde oluşan mikro çatlaklar

Kullanılan açılar bakımından eğelerin kendi içerisinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p>0,05$ ). İkili karşılaştırmalarda Reciproc ve WaveOne eğeleri arasında istatistiksel bir fark bulunmazken, Twisted File eğesi ile diğer iki eğe grubu arasında Reciproc ve WaveOne eğeleri lehine, istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ( $p<0,05$ ) (Tablo 1).

**Tablo 1.** Friedman testine göre 1. ve 5. kullanım mikro çatlak istatistiksel farkları ( $p<0,05$ ).

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
T1_45-R1_45	2,700	2,898	,932	,352	1,000
T1_60-R1_60	3,233	2,898	1,116	,265	1,000
T1_60-W1_60	5,033	2,898	1,737	,082	1,000
T1_60-T1_30	2,233	2,898	,771	,441	1,000

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
T5_45-R5_45	11,767	2,898	4,060	,000	,017
T5_60-R5_60	11,133	2,898	3,841	,000	,043
T1_60-R1_60	3,233	2,898	1,116	,265	1,000
T5_45-R5_45	11,767	2,898	4,060	,000	,017

\*Friedman test

## Tartışma

Klinik şartlarında, eğelerin çok fazla tekrarlayan kullanımından kaçınmak gerekmektedir. Çünkü her ne kadar dayanıklılık konusunda güven veren yeni sistemler ortaya çıksa da üzerlerinde oluşan deformasyonlar sonucunda komplikasyonlar meydana gelebilmektedir. En ciddi komplikasyon kök kanal sistemi içerisinde kullanılan eğenin kırılmasıdır. Bu çeşit bir komplikasyonla karşılaşıldığında kök kanalı içerisinde kırılan eğenin pozisyonuna, kırık parçanın uzunluğuna, eğenin tipine göre tedavi süresi ve tedavi seçeneklerinde değişiklikler olmaktadır.

Kanal aletlerinde Ni-Ti kök kanal eğelerin tercih sebepleri arasında en fazla öne çıkan özelliği, paslanmaz çelik bazlı kök kanal aletlerine göre daha esnek olmalarıdır. Bu özellikleri ile kanal yapıları farklılık gösteren eğri kanallarda daha güvenli kullanımı sağlanmaktadır (13). Kök kanal aletlerinin bükülmeye karşı gösterdikleri direnç, kök kanal aletlerinin, kök kanallarının eğri kısımlarında

gerçekleştirdikleri şekillendirmenin sonuçlarının değişmesine neden olduğu bilinmektedir. Elastikiyeti fazla olan kök kanal aletleri eğri kanallarda, elastikiyeti daha az olan (bükülmeye karşı direnci fazla olan) kök kanal aletlerine oranla daha az istenmeyen sonuçlara neden olurlar. Bu esneklik artışı için ya kullanılan paslanmaz çelik alaşımında çeşitli modifikasyon, değişik tasarım ve kesitlerle sağlanır ya da Ni-Ti alaşımın kullanılmasıyla sağlanır (14).

Eğre sistemleri üzerinde meydana gelen deformasyonlar, kırıklar gibi durumların incelenmesinde en çok tercih edilen sistemler çeşitli açılındırmayla hazırlanmış ve kanal oluklarını taklit eden paslanmaz çelik bloklardır. Verilen incelenmesinde daha çok SEM görüntüleri kullanılmaktadır. Mevcut çalışmada 3 farklı eğe türü  $r = 5 \text{ mm}$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  ve  $60^\circ$  açığa sahip düzenekte kullanıldı ve istatistiksel değerlendirme için x500 büyütmede SEM görüntüleri alınarak analiz yapıldı.

Pedullà ve ark. (15) yaptığı bir çalışmada ise Hyflex EDM, OneFile, Reciproc R25 ve WaveOne Primary kullanmıştır. Daha sonra bu eğeleri yatay olarak keserek 500x büyütmede SEM görüntülerini alarak yıpranmalarına bakmışlar. Çalışma sonucu olarak Hyflex, Reciproc ve WaveOne'a göre üstün bulunmuş, Reciproc ve WaveOne arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Çalışmamızda da bu çalışmada olduğu gibi 500x büyütme kullanılmıştır. Sonuçlarımızda da Reciproc ve WaveOne arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Ancak bu çalışmada farklı olarak biz dikey kesit yani eğelerin dış yüzeyine bakarken, Pedulla ve ark. yatay kesite bakmıştır. Bu sonuçlara göre de Reciproc ve WaveOne eğelerinin M-wire teknolojisini kullanmaları her ne kadar dizayn ve formları farklı olsa da, yapısal dayanıklılık bakımından benzer özellikler göstermelerini sağlamaktadır.

Higuera ve ark. (16) yaptığı bir çalışmada ise 15'er adet yeni WaveOne Primary, Reciproc R25 ve Twisted File Adaptive eğeleri karşılaştırmışlar. Her bir eğe öncelikle kendi içinde gruplandırılmış. Bu eğeler  $r = 5 \text{ mm}$  ve  $60^\circ$  kanal simülasyonları içeren paslanmaz çelik bloklarda kullanılmışlardır. Kayganlaştırıcı olarak yağ kullanılmıştır. Bütün eğeler kırılana kadar kullanılmış ve kırılma süreleri not edilmiştir. Daha sonra bu süreler 'NCF = dakikadaki rotaston sayısı x kırılma zamanı (saniye olarak) / 60' formülü ile hesaplanarak

veriler elde edilmiştir. Ayrıca kırılan eğelerin kırık yüzeyleri yatay olarak; x500, x1000 ve x2000 büyütme altında SEM görüntüleri alınarak oluşan çatlak miktarları not edilmiştir. Bu çalışmada Reciproc ve Twisted File Adaptive eğelerinin, WaveOne eğesinden istatistiksel olarak daha dayanıklı olduğu görülmüştür. Bu çalışmanın sonuçlarına bakacak olursak, kullanılan eğeler, örnek sayıları ve 60° açılanma gösteren çelik blok eğeleri de çalışmamızla benzerlik göstermektedir. Ancak kırılana kadar kullanılması ve kırık yüzeyinin SEM ile taranması çalışmamızdan farklılık göstermektedir. Ayrıca kayganlaştırıcı olarak yağ kullanılması da çalışma sonuçlarını etkileyebilmektedir. x500 SEM görüntüleri çatlak görülmesi için yeterli görülsede daha detay görüntü için x1000 ve x2000 SEM görüntüleri alınmıştır. Bu yöntemin dezavantajı olarakta x500 büyütmede taranan alanın çok daha küçük olması aynı yüzey alanındaki diğer deformasyonların gözden kaçmasına neden olabilmektedir. Yine bu çalışmada kullanılan paslanmaz çelik blokların mevcut çalışmadaki bloklarla benzerlik göstermesi, çalışmamızın kabul edilebilirliğini arttırmaktadır.

Plotino ve ark. (9) yaptığı bir çalışmada 60°'lik r = 5 mm olan paslanmaz çelik bloklarda Reciproc ve WaveOne eğeleri 15'er adet olmak üzere kullanılmıştır. Kullanım anında oluşan kırılma süreleri ve kırılan parçaların uzunlukları not edilmiştir. Bu çalışmaya göre Reciproc eğesi ortalama 130,8±18,4 sn ve 5,8 ± 0,2 mm, WaveOne sistemi ise ortalama 97,8 ± 15,9 sn ve 6,1 ± 0,1 mm verileri elde edilmiştir. Mevcut çalışmamız her eğe grubu için 1, 3 ve 5 kullanımı içerdiğinden dolayı ortalama çalışma süresini 20 sn olarak belirledik. Plotino ve ark.'nın çalışmasının da Reciproc eğesi, WaveOne eğesine göre süre bazında üstün bulunsa da kırılma uzunluğu olarak istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu araştırmada ayrıca çalışma bölgesinde genelde eğelerin eğimlenme açısının bulunduğu bölgeye yakın kırılma ihtimalinin daha çok olduğu görülmüştür. Çalışmanın sonucunda bulunan farkın da, dizaynlarında bulunan farktan dolayı olduğu belirtilmiştir. Mevcut çalışmamızı genel olarak yorumlamak gerekirse, mikro çatlak oluşumu en fazla Reciproc ve WaveOne eğelerinde görülürken, kırılma en fazla Twisted File eğesinde görülmüştür. Reciproc ve WaveOne eğeleri arasında ise anlamlı bir fark

bulunamamış, benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Reciproc ve WaveOne eğeleri M-Wire teknolojisi ile üretilmiş, Twisted File eğesi ise rhombohedral (R) faz konfüğürasyonundaki nikel-titanyumun bükülmesiyle üretilmektedir. Bu durum ve eğelerin çalışma prensipleri sonuçlar üzerinde etkili olabilir.

Genel olarak çalışmalarda, eğeler kırılana kadar geçen süreye bakılarak yorgunluk dirençleri hesaplanmaktadır. Ancak klinik olarak bakıldığında eğeler kırılana kadar değil üretici firma önerileri dikkate alınarak, tekrarlayan şekilde kullanılmaktadır. Çalışmamızı diğer çalışmalardan ayıran en önemli özellik ise ara aşamalarda eğeler üzerinde oluşan yorgunluk belirtilerinin saptanmasıdır. Böylece her kullanım sonrası oluşan yıpranma ve kırılma ihtimalleri görülmüş olup riskin ne kadar arttığı belirlenmeye çalışılmıştır.

## Sonuç

Mevcut çalışma sonuçlarına göre, Reciproc ve WaveOne sistemleri kırılma riski bakımından Twisted File sistemine göre üstün bulunmuştur. Eğenin kullanım sayısı ve artan eğim derecesi yıpranma ve kırılma açısından etkilidir. Mikro çatlak yoğunluğunun artması kırılma riskini azaltmaktadır. Bunun nedeni olarak da kuvvetin dağılarak farklı noktalarda stres oluşturması sonucu mikro çatlak boyutunu arttırmaması sonucu, kırılma riskinin azaldığı söylenebilir. Kurvatürün, kuvvetin dağılmasına negatif etkili olduğu sonucuna ulaşılabilir. Ancak kullanım sırasındaki değişkenlerin çatlak boyutu üzerine etkisini inceleyen bir araştırma olmadığından dolayı bu konu hakkında kesin bir sonuca ulaşılammamaktadır.

*Bu çalışma Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünce desteklenmiştir.  
Proje No: DİŞ.15.014*

## Kaynaklar

1. Taşdemir T, Aydemir H. Kök kanal preparasyonunda kullanılan kanal aletlerinin gelişim süreci. Gazi Üni Diş Hek Fak Dergisi 2006; 23: 47-53.
2. Yao JH, Scott AS, Thomas JB. Cyclic fatigue of three types of rotary nickel-titanium files in a dynamic model. J Endod 2006; 32: 55-57.
3. Foschi F, Montebugnoli C, Marchionni L, et al. SEM evaluation of canal wall dentine following use of Mtwo and ProTaper NiTi rotary instruments. Int Endod J 2004; 37: 832-839.
4. Akçay I, et al. Deformation of the self-adjusting file on simulated curved root canals: a time-dependent study. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2011; 112: e12-e17.
5. Pedullà E, Grande NM, Plotino G, et al. Influence of continuous or reciprocating motion on cyclic fatigue resistance of 4 different nickel-titanium rotary instruments. J Endod 2013; 39: 258-261.
6. Plotino G, Grande NM, Mazza C, et al. Influence of size and taper of artificial canals on the trajectory of NiTi rotary instruments in cyclic fatigue studies. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2010; 109: e60-e66.
7. Gambarini G. Cyclic fatigue of ProFile rotary instruments after prolonged clinical use. Int Endod J 2001; 34: 386-389.
8. Gambarini G. Cyclic fatigue of ProFile rotary instruments after prolonged clinical use. Int Endod J 2001; 34: 386-389.
9. Plotino G, Grande NM, Testarelli L, et al. Cyclic fatigue of Reciproc and WaveOne reciprocating instruments. Int Endod J 2012; 45: 614-618.
10. Rodrigues RC, Lopes HP, Elias CN, et al. "Influence of different manufacturing methods on the cyclic fatigue of rotary nickel-titanium endodontic instruments." J Endod 2011; 37: 1553-1557.
11. De-Deus G, Moreira E JL, Lopes HP, et al. Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement. Int Endod J 2010; 43: 1063-1068.
12. Pirani C, Paolucci A, Ruggeri O, et al. Wear and metallographic analysis of WaveOne and reciproc NiTi instruments before and after three uses in root canals. Scanning 2014; 36: 517-525.
13. Hayashi Y, Yoneyama T, Yahata Y, et al. Phase transformation behaviour and bending properties of hybrid nickel-titanium rotary endodontic instruments. Int Endod J 2007; 40: 247-253.
14. Schäfer E, Anita D, Gholamreza D. "Bending properties of rotary nickel-titanium instruments." Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2003; 96: 757-763.
15. Pedullà E, Savio FL, Boninelli S, et al. Torsional and cyclic fatigue resistance of a new nickel-titanium instrument manufactured by electrical discharge machining. J Endod 2016; 42: 156-159.
16. Higuera O, Plotino G, Tocci L, et al. "Cyclic fatigue resistance of 3 different nickel-titanium reciprocating instruments in artificial canals." J Endod 2015; 41: 913-915.