

# Isıl İşlemin Dönen NiTi Kök Kanal Aletleri Yorulma Davranışı Üzerine Etkisi

Ç. Albayrak<sup>1\*</sup>, İ. Hacısalihoglu<sup>2</sup>, A. Alsaran<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Erzincan Üniversitesi Refahiye Meslek Yüksek Okulu \*calbayrak@erzincan.edu.tr

<sup>2</sup>Erzurum Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Makine Müh. Böl.

<sup>3</sup>Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Müh. Böl.

## ÖZET

**Amaç:** Nikel-Titanyum (NiTi) kök kanal aletlerinin geliştirilmesiyle endodontik tedavide yeni kök kanal şekillendirme teknikleri doğmuştur. Paslanmaz çelik enstrümanlarla karşılaştırıldığında, NiTi' nin pseudoelastik özellikleri( şekil hafıza etkisi ve süper elastiklik) kırılma riskini büyük ölçüde sınırlar. Ancak, klinik uygulamalar esnasında özellikle eğri kanallarda eğme ve burulma gerilmeleri sonucu kırılma riski taşır ve çevrimsel yorulma sonucu kullanım esnasında kırılmalara neden olmaktadır. Bu ani kırılmaları önlemek amacıyla yapılan çalışmada dönen NiTi kök kanal aletlerine ( rotary file) ısı işlem uygulanmıştır çevrimsel yorulmaya tabi tutulmuştur. **Materyal ve Metod:** Niti kök kanal aletleri 400 °C sıcaklıkta, 30 dakika, %100 Ar koruyucu gaz atmosferinde ısı işlem uygulanmıştır. 37° kurvatür açılı ve 5mm kurvatür çaplı paslanmaz çelik blok üzerine açılmış olan yapay kök kanalların içine yerleştirilen NiTi kök kanal aletleri çevrimsel yorulmaya tabi tutulmuştur.

**Bulgular:** İşemsiz Race .04/25 numunelerin 258 ± 124,153 çevrimde kırıldığı, ısı işlem uygulanan Race .04/25 ise 568 ± 153,231 çevrimde kırıldığı tespit edildi.

**Sonuçlar:** Isıl işlem uygulanan numunelerde yorulma ömrü yaklaşık iki katı kadar artmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** NiTi, Rotary file, Isıl İşlem, Yorulma

## 1. GİRİŞ

Kök kanallarının biyomekanik preparasyonu yaklaşımı seneler içerisinde değişmiştir. Yıllar boyu kök kanalı preparasyonları endodontik aletlere uyarlanmaya çalışılırken, günümüzde endodontik aletler kök kanalına uyarlanmaktadır [1]. Paslanmaz çelik kanal aletlerinin tedavi esnasında yetersiz kalmasından ötürü NiTi kanal aletleri geliştirilmiştir. Nikel-Titanyum (NiTi) alaşımı yaklaşık 20 yıldır endodontide kullanılmaktadır. Özellikle eğri kanalların şekillendirilmesinde sağladığı kolaylıkla tanınmıştır. Ancak NiTi eğeler, paslanmaz çelik muadilleri ile karşılaştırıldığında, süperelastik özelliğine rağmen kanal preparasyonu esnasında aniden kırılmaktadır. Daha da önemlisi dönen NiTi aletler paslanmaz çelik el aletlerine nazaran intracanal kırılmalarına daha yatkın olduğu bildirilmiştir. Bu beklenmedik kırıklar kalıcı kusur veya deformasyon gibi enstrümanlarda görünür bir değişiklik olmaksızın aniden meydana gelmektedir. Klinik koşullar altında NiTi alaşımının yorulma dayanımı, öncelikle kırılma mekanizması ve kırılma kuvvetinin kritik rol oynadığı bilinmektedir. Bununla birlikte, endodontik eğelerin mekanik özelliklerinin yanında süper elastik ve şekil hafıza özelliği NiTi alaşımının üretim süreci ile termomekanik işleme sürecine bağlıdır [2]. Ayrıca nikel-titanyum (NiTi) gibi şekil hafızalı alaşımlar, tersine çevrilebilir bir termo-

elastik faz dönüşümünü, deformasyondan sonra da ilk şekline geri dönerek benzersiz bir yetenek sergilemektedir. Özellikle; sıcaklığın azalmasıyla veya uygulanan gerilmenin artmasıyla B2 ostenit fazı(A) B19' martensit fazına (M) dönüşümü gerçekleşmektedir. NiTi'un büyük şekil değiştirmelerde, aniden (pseudoelastik) ya da sıcaklığın artışıyla( şekil hafıza etkisi) toparlanmasını bu katı hal faz dönüşümü sağlar. Şekil değişiminin geri dönüşümüne ek olarak, NiTi yorulma davranışı korozyon dayanımı ve biyouyumlu olmasından ötürü çeşitli medikal uygulamalar için çekici hale gelmiştir. Bunun yanı sıra, NiTi sismik direnç dizaynı ve güçlendirilmesi alanındaki uygulamalarda kullanılmaktadır. NiTi'nin artan sönümlenme özelliği sismik enerjiyi emer ve mevcut inşaat malzemeleri üzerinde önemli bir gelişmedir [3]. NiTi alaşımının mekanik özelliklerini iyileştirmek için sıklıkla uygulanan yöntemlerden biri de ısı işlemlerdir. Bununla birlikte, ısı işlem prosesi mikroyapıda değişimin tamamının sorumlusu olmaksızın veya tüm mekanik özellikler üzerine etkilidir. Nikelce zengin NiTi alaşımında, ısı işlemler sırasında oluşan intermetalik çökeltilerin çift yönlü şekil belleğinin oluşmasında büyük önemi bulunmaktadır.

[4]. Çalışmamızda, dönen kök kanal aleti olarak kullanılan NiTi eğelerin ısı işlem uygulandıktan sonra yorulma dayanımları ve kırılma karakteristiğindeki değişimler araştırılacaktır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Çalışmamızda Race NiTi döner kök kanal aletleri kullanılmıştır. Race .04/25nolu 25 mm boyunda ve 16 mm çalışma boyuna sahip NiTi döner kök kanal aletlerinden 5'li iki grup toplamda 10 numune kullanılmıştır. Isıl işlem ise; Protherm marka tüp fırında(Şekil 1b.), % 100 Ar ( $1 \times 10^3$  scc/min) koruyucu gaz atmosferinde  $400^{\circ}\text{C}$ , yarım saat bekletilip, fırın ortamında koruyucu gaz eşliğinde soğuma gerçekleştirilmiştir. İşlemsiz ve ısı işleme tabi tutulmuş numuneler tasarımı yaptığımız ve imal ettirdiğimiz elektronik devre kontrollü yorulma cihazında (Şekil 1a.),  $37^{\circ}$  kurvatür açısına, 5mm kurvatür çapına sahip paslanmaz çeliğe frezelenmiş yapay kanal kullanılarak 500rpm 2.0 tork'da çevrimsel yorulmaya tabi tutulmuştur. Yapay kanalda aletler yorulma esnada kayıp dışarı çıkmasını engellemek ve dönen aletin gözlemlenebilmesi için cam ile kapatılmıştır. Eğelerin yapay kanal duvarlarına temas ettiği andaki sürtünmelerini azaltmak ve serbest dönüşü kolaylaştırmak için çelik blok üzerindeki kanallara Glyde jel (Dentsply International Inc., York, PA, USA) uygulanmıştır.

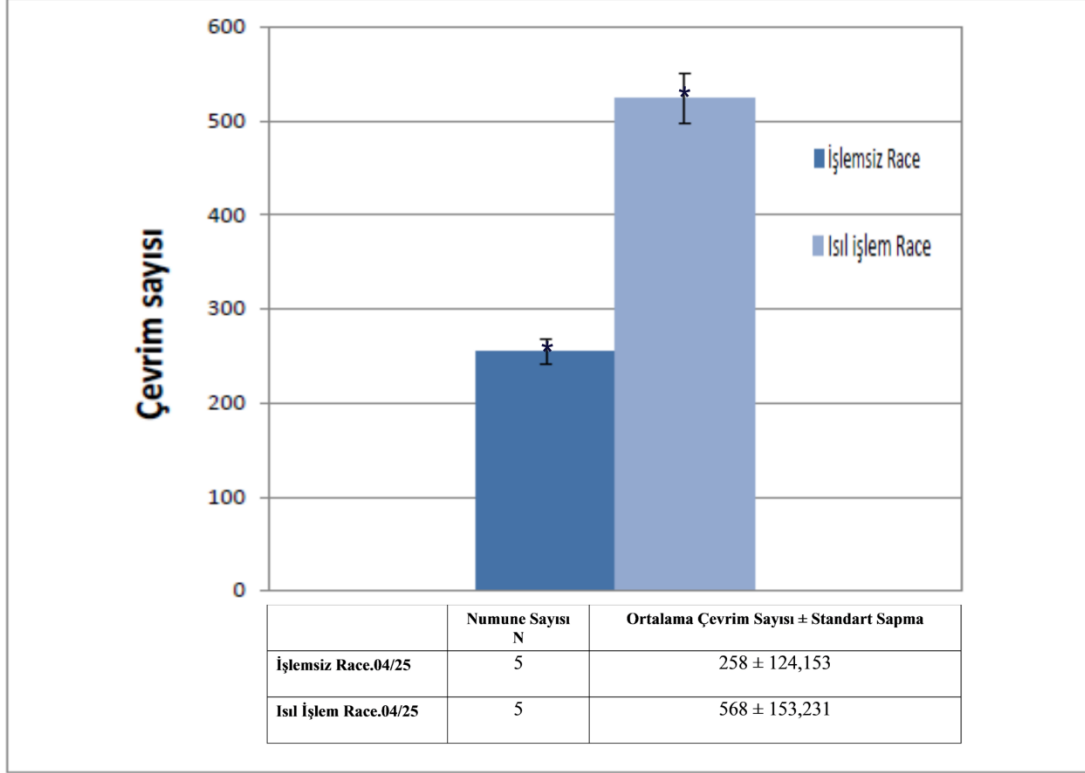


Şekil 1. Çevrimsel yorulma cihazı(a), Protherm marka tüp fırın (b)

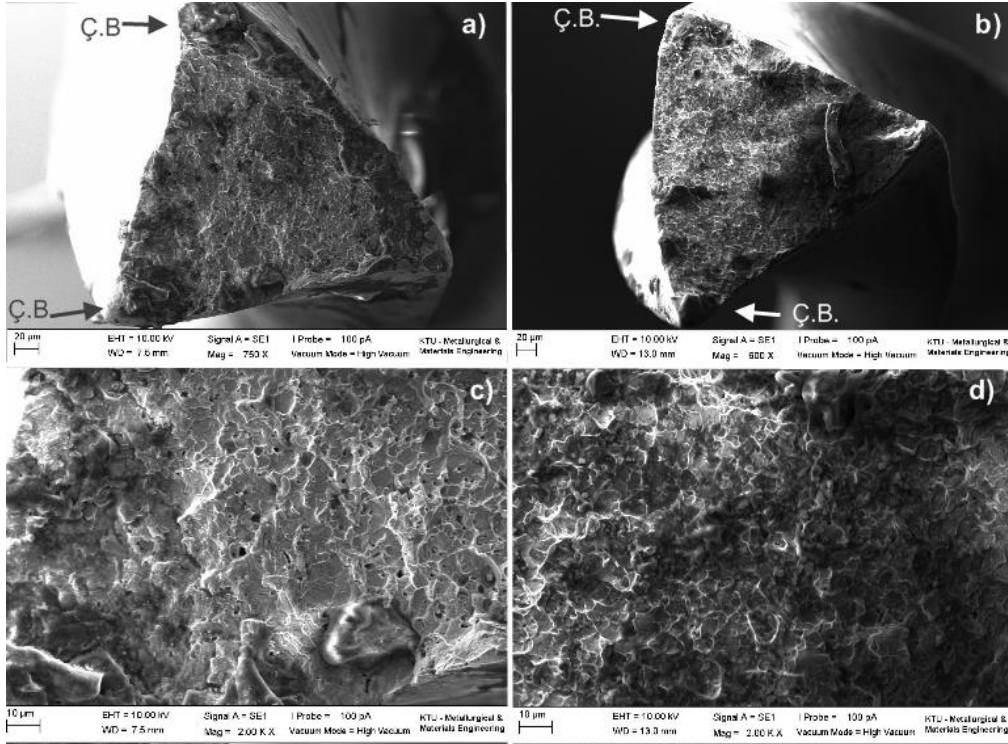
### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Dönen NiTi eğerlerin üretim yöntemleri itibariyle daha farklıdır. Paslanmaz çelik kök kanal eğerleri bir yere konik telin mesnetlenip daha sonra döndürülmesiyle, nikel-titanyum eğerler ise geleneksel üretim prosedürünün aksine NiTi telin talaşlı imalat yöntemiyle işlenerek üretilir [5]. Özellikle talaşlı imalat aşamalarında NiTi eğerlerin yüzeyinde oyuklar, çatlaklar, işleme izleri meydana gelir. Üretimden gelen bu kusurlar da eğerin yorulma ömrünü önemli ölçüde düşürmektedir. Yorulma çatlağı yüzeyde bu hatalı bölgelerde başlayacağı için mümkün mertebe üretimden yüzey hatalarının minimuma indirilmesi istenir. Rotary file yapımında kullanılan NiTi tellerin üretimine bakacak olursak; tel çekmeyle üretilen NiTi tellerde veya haddelenmiş, dövülmüş metaller ve alaşımlarda deformasyon sertleşmesi meydana gelir. Bunu nedeni, her bir dislokasyon komşu dislokasyonların kaymasının engelleyen gerilme alanı oluşturması ve soğuk deformasyon sonucu dislokasyon yoğunluğunun artmasına bağlı olarak alaşımın sertliğinin artış göstermesidir fakat bu esnada alaşımın sünekliğininde azalmaktadır. Ancak; plastik deformasyona uğramış metale dışarıdan enerji verilince ilk önce kristal hatalarında bir azalma görülür. Tavlama işleminde de görüldüğü gibi; ilk evre olan toparlanma evresinde dislokasyonların yeniden düzenlenmesi sağlanır, dislokasyonlar aynı hizaya gelerek küçük açılı tane sınırları oluşur ve soğuk deformasyonda meydana gelen iç gerilmeler giderilir. Bu amaçla; Zinelis [2] ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, dönen file numunelere 250°C ve 550°C derece arasında ki sıcaklıklarda 30 dakika ısıl işlem uygulamışlardır. Yorulma dayanımları işlemsiz numunelerle karşılaştırıldığında 430°C ve 440°C de ısıl işlem uygulananların en yüksek değerde olduğu, daha yüksek sıcaklıklara doğru gittikçe yorulma dayanımının düştüğünü belirtmişlerdir. İşlemsiz numuneden 440°C' de ısıl işlem uygulanan numuneye kadar giderek dislokasyon yoğunluğunun azaldığını, buna bağlı olarak gevrekliğin azaldığını ancak böylelikle çatlak ilerleme mekanizması iyileştiğini ve kırılma dayanımının arttığını belirtmişlerdir. Frick [3] ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise; soğuk şekillendirilmiş NiTi alaşımı dislokasyon yoğunluğu yüksek östenitik bir matris ve içinde kalıntı martensit içeren bir yapıdan oluştuğunun belirtmişlerdir. Isıl işlem esnasında, mikroyapının birbirine zıt iki şekilde değiştiğini belirtmiştir: Ni<sub>3</sub>Ti<sub>4</sub> çökeltilerinin büyümesi ve dislokasyonların yok olması. Ni<sub>3</sub>Ti<sub>4</sub> çökeltilerinin büyümeside, soğuk deformasyon uygulanmış yapılarıdaki dislokasyonların kaymasının engeller. Yapılan çalışmalarda, ısıl işlem uygulanan rotary file 'ların kırılma mukavemetinin de (1723 den 1378 MPa) ısıl işlemle önemli ölçüde düştüğü bildirilmektedir ancak buna karşın, kırılma tokluğu artmakta, sünekliği (7% -15% 'e) arttığı bildirilmektedir [2]. Bu da demek oluyor ki; ısıl işlemle kanal aletleri plastik deformasyonun başlamasına daha duyarlı fakat kesme kenarlarının ayrılması problemine karşı daha dayanıklı hale gelmiştir. Ayrıca; ısıl işlem uygulandığında alaşımın sertlik değerinin düştüğü de birçok çalışma da bildirilmektedir. Sertliğin düşmesi ise; rotay file endodontik araçlarının kesme etkinliği ve kesme kabiliyetini üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Sonuç olarak; ısıl işlem, klinik koşullar altında karşılaşılan kırılma mekanizmaları üzerinde önemli bir katkıda bulunmaktadır mekanik özelliklerini değiştirmeden, NiTi araçların in vivo performansı artırmak için de kullanılabilir. Şekil 2'de de görüldüğü gibi işlemsiz Race .04/25 numunelerin 258 ± 124,153 çevrimde kırıldığı, ısıl işlem uygulanan Race .04/25 ise 568 ± 153,231 çevrimde kırıldığı tespit edildi.

Mevcut sonuçlar kesinlikle yorulma direnci için olumlu bir eğilim gösterilmiş olsa da, NiTi alaşımının termomekanik özelliklerine göre ısıl işlem parametrelerinin optimize edilmesi işlemi (örn., sıcaklık, süre vb.) üretici firmaların üzerinde titizlikle durması gereken bir konudur.



Şekil 2. İşlemsiz ve ısıtılmış Race eğelerin çevrimsel yorulma sonucu kırılıncaya kadar elde edilen çevrim sayıları (\*Numunenin kırıldığı çevrim sayısı)



Şekil 3. Çevrimsel yorulma sonucu kırılan işlemsiz Race (a), ısıtılmış Race rotary file' ların kesit görüntüsü, işlemsiz (c) ve ısıtılmış (d) görmüş kesitin büyütülmüş Race görüntüsü (x 2000)

Şekil 3 'de görüldüğü gibi yorulma çatlakları birkaç yerde başlamış ve ilerlemiştir. Kırılma esnasında yüzeyde plastik deformasyon izleri içeren ve sünek kırılma belirtisi olan süngerimsi yapı oluşmuştur.

#### 4. SONUÇLAR

- Uygulanan ısı işlem sonucu Race 04/25 nolu rotary file 'ın yorulma dayanımı iki kat artmıştır. Isıl işlem, NiTi araçların in vivo performansı artırmak için de kullanılabilir.
- Race .04/25 nolu nikel-titanyum dönen kanal aletlerinin ortalama  $258 \pm 124,153$  çevrimde kırıldığını , ısı işlem uyguladığımız Race .04/25 nolu numunelerde ise  $528 \pm 154,231$  ( $37^\circ$  kurvatür açısı, 5mm kurvatür çapı, 500rpm 2.0 tork'da) çevrimde kırıldığı tespit edilmiştir.

#### KAYNAKLAR

- [1.] Küçükay S., Küçükay, I, Yılmaz, B.” Kök kanalı Şekillendirme Yöntemleri” İstanbul Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi. 89, 2004.
- [2.] Zinelis S, Darabara M, Takase T, Ogane K, Papadimitriou GD,”The effect of thermal treatment on the resistance of nickel-titanium rotary files in cyclic fatigue” Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. (2007), 103(6), 843-7
- [3.] Frick, C.P., Ortega, A.M., Tyber, J., Maksound, A.El.M., Maier, H.J., Liu, Y. & Gall, K. Thermal processing of polycrystalline NiTi shape memory alloys. Materials Science and Engineering A, (2005). 405(1-2), 34-49.
- [4.] Otsuka, K., Ren, X.” Physical metallurgy of Ti–Ni-based shape memory alloys” (2005) , Progress inMaterials Science 50, 511–678
- [5.] Eggert, C., Peters, O., Barbakow, F. Wear of nickel-titanium lightspeed instruments evaluated by scanning electron microscopy, J. Endodontics, 25, 494-497, 1999