

Farklı Kök Kanal Genişletme Tekniklerinin Kök Kanallarında Oluşturduğu Defektlerin İncelenmesi

Evaluation Of Dentinal Defects After Different Root Canal Preparation Techniques

Mehmet Emin Kaval¹, İlknur Kaşıkçı Bilgi¹, Gözde Kandemir Demirci¹, Pelin Güneri², Mehmet Kemal Çalışkan¹

¹Ege Üniversitesi, Dişhekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

²Ege Üniversitesi, Dişhekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

ÖZET

AMAÇ: El eğeleri, nikel-titanyum döner eğeler ve resiprokal sistemler ile kök kanallarının genişletilmesi sonrası, kök dentininde meydana gelen defektlerin incelenmesi amaçlandı.

YÖNTEM: Çalışmamızda aynı boyutta, kök ucu gelişimi tamamlanmış, 60 adet maksiller santral kesici diş kullanıldı. Herhangi bir işlem uygulanmayan 12 adet diş kontrol grubunu oluşturdu ve kalan 48 adet diş her grupta 12 adet diş olacak şekilde 4 farklı gruba ayrıldı. Dişler Hedström tipi el eğeleri, Protaper Universal (PTU) (Dentsply Maillefer, Balligues, İsviçre), Reciproc (VDW, Münih, Almanya) ve Twisted File Adaptive (TFA) (SybronEndo, Orange, CA) sistemleri ile şekillendirildi. Dişlerden, apekten 3, 6 ve 9 mm uzaklıkta olacak şekilde kesitler alındı ve örnekler 25 X büyütme altında stereomikroskop ile incelendi. Örnekler deney gruplarını bilmeyen iki gözlemci tarafından değerlendirildi. Gözlemciler arası uyum Kappa testi ile, deney grupları arasındaki fark ise Ki kare testi ile istatistiksel olarak analiz edildi ($\alpha = 0,05$).

BULGULAR: Reciproc grubunda, TF Adaptive ve kontrol grubuna göre daha fazla sayıda defekt meydana geldi ($P < 0,05$). Gruplar arasında yapılan diğer tüm karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmedi ($P > 0,05$).

SONUÇ: Bu ex vivo çalışmanın sınırları dahilinde, dentin defektlerinin dağılımı incelendiğinde, TFA sistemini geniş ve düz köklü dişlerin kök kanal genişletmesinde güvenli bir şekilde kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte, araştırmamızda elde edilen bulguların klinik çalışmalarla da değerlendirilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: resiprokal sistemler, defekt, kök kanal şekillendirmesi

ABSTRACT

INTRODUCTION: The aim of this study was to evaluate dentinal defects after root canal preparation with hand files, NiTi rotary and reciprocating systems using sectioning method.

METHODS: Sixty extracted maxillary central incisors with similar dimensions, mature apices and straight root canals were used in this study. Twelve teeth were left unprepared, remaining 48 teeth divided into four groups ($n=12$) and were instrumented using one of the following instrumentation techniques: Hedström files using a step-back technique, ProTaper Universal (PTU), Reciproc, and Twisted File Adaptive (TFA) systems. All the roots were horizontally sectioned 3, 6 and 9 mm from the apex and the slices were viewed under a stereomicroscope at a magnification of 25 X and photographed. Specimens with dentinal defects were determined by two examiners who were blinded to the experimental groups. Kappa test was used for inter-examiner reliability. Chi-square test was used for the evaluation of the difference between the groups ($\alpha = 0,05$).

RESULTS: The formation of the cracks in Reciproc group were significantly higher compared to the control group and the TF Adaptive group ($P < 0,05$). All other comparisons between the tested instruments did not show significant differences ($P > 0,05$).

CONCLUSION: Under the limitations of the present ex vivo study, the evaluation of the presence of the cracks revealed that TFA instruments can be used safely for preparation of straight and large root canals. Further studies are required to provide these results in clinical conditions.

Keywords: reciprocal systems, defect, root canal preparation

GİRİŞ

Vertikal kök kırıkları, endodontik tedavili dişlerde başarısızlığa neden olan önemli faktörler arasındadır^{1,2,3}. Kök kanal şekillendirmesi sırasında kök yüzeyinde meydana gelen mikroçatlaklar, kök kırıklarının oluşmasında rol oynamaktadır^{4,5}. Endodontik eğelerin dizaynı, yapısal özellikleri ve kinematikleri kök kanal duvarlarındaki stres dağılımlarını etkileyebilmekte ve stres dağılımının minimize edilmesi amacıyla önlemler alınmaktadır^{6,7,8}. Bu önlemlerden birisi olan resiprokal hareket kullanımı, torsiyonel stresleri azaltarak kök kanal dentinine eğelerin sıkışmasını engellemesi nedeniyle son yıllarda birçok ege sisteminde tercih edilmektedir^{8,9}. Resiprokal hareket ile çalışılan Reciproc sisteminde (VDW, Münih, Almanya), üç farklı ege alternatifi (R 25, R 40, R 50) bulunmakta ve tek bir ege kullanımı ile kök kanalı şekillendirilmesine olanak tanımaktadır. Eğeler M-wire teknolojisi ile üretilmiş ve S şeklinde kesit dizaynına sahiptir^{10,11}. Resiprokal hareketin tercih edildiği bir diğer sistem ise Twisted File Adaptive (TFA, SybronEndo, Orange, CA) sistemidir. Ancak bu sistemde resiprokal hareket modifiye edilmiş ve eğenin üzerindeki stres dağılımına bağlı olarak hem devamlı rotasyon hem de resiprokal hareketleri içeren bir ege kinematığı oluşturulmuştur.

Kök kanallarının şekillendirilmesinde geçmişten günümüze el eğeleri, Ni-Ti döner sistemler ve resiprokal sistemler kullanılmakta ve alınan tüm önlemlere rağmen dişlerde mikroçatlaklar meydana gelebilmektedir¹²⁻¹⁵. Bu doğrultuda şekillendirme esnasında oluşan defektlerin azaltılması amacıyla yeni sistemler geliştirilmekte ve kanal tedavisinin uzun dönemde başarısının artırılması hedeflenmektedir. Çalışmamızın amacı, el eğeleri, NiTi döner eğeler ve resiprokal sistemler ile şekillendirilen kök kanallarında meydana gelen dentin defektlerinin stereomikroskop yardımı ile değerlendirilmesidir.

YÖNTEM

Örneklerin seçimi

Bu çalışma Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır. Periodontal nedenlerle çekilmiş, mine-sement birleşiminde benzer boyutlara sahip (mezodistal: 4,9±0,5 mm, bukkolingual: 5,8±0,5 mm), apeks gelişimi tamamlanmış ve düz kök kanallarına sahip (<5°) 60 adet maksiller santral kesici diş seçildi ve 0,1% timol solüsyonunda 4°C de saklandı. Dişler kök yüzeyinde kırık ya da çatlak varlığı açısından stereomikroskop (Leica, S8APO, Leica Microsystems, Almanya) ile 25 X büyütmede incelendi.

Kök yüzeylerinin incelenmesinin ardından tüm örnekler ince bir streç film ile kaplanarak mine-sement sınırına kadar otopolimerizan akrilik rezin (Meliodent, Heraeus Kulzer, Hanau, Almanya) bloklar içine gömüldü. Akrilik rezinin donmasının ardından dişler kalıptan çıkarıldı ve kök üzerindeki streç film uzaklaştırıldı. Periodontal ligamenti taklit edebilmesi için silikon ölçü materyali (Xantopren, Heraeus Kulzer, Wehrheim, Almanya) hazırlanan boşluğa uygulandı ve dişler akrilik rezin bloklar içindeki yerlerine tekrar yerleştirildi¹⁶.

Giriş kaviteilerinin hazırlanmasını takiben, standardizasyonu sağlamak üzere çalışma boyları apikal foramenden 1 mm kısa olacak şekilde 20 mm olarak ayarlandı. Apikal çapı # 30 numaralı eğeye eşit olan dişler çalışmaya dahil edildi. Dişler randomize olarak beş gruba ayrıldı (n=12); 12 diş kontrol grubu olarak ayrıldı ve herhangi bir şekillendirme yapılmadı. Diğer dişler, Hedström eğeleri, Protaper Universal (PTU, Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre), Reciproc ve TFA sistemi ile şekillendirilmek üzere 4 ayrı gruba ayrıldı (n=12). Bütün gruplarda, eğeler arasında kanallar 27-gauge irigasyon iğnesi (NaviTip 27-gauge needle; Ultradent, South Jordan, UT, ABD) kullanılarak %2,5 sodyum hipoklorit (NaOCl) ile yıkandı. Her diş için toplam olarak 10 ml %2,5 NaOCl kullanıldı ve en son olarak dişler 2 ml distile su ile yıkandı. Tüm kök kanal şekillendirmeleri deneyimli bir endodonti uzmanı tarafından yapıldı.

Dişlerin Preperasyonu

Hedström El Eğeleri Grubu

Bu grupta, kök kanal şekillendirmeleri paslanmaz çelik H-tipi el aletleri (Mani, Inc. Utsunomiya, Tochigi, Japonya) kullanılarak step-back tekniği ile yapıldı. Ana ege çapı #50 numaralı ege olacak şekilde ayarlandı. Çalışma boyu kademeli olarak 1' er mm kısaltılarak bir büyük eğeye geçildi ve son ege #70 olacak şekilde genişletme tamamlandı. Bu şekilde yapılan kademeli genişletme ile genişletilen kök kanalında 0,05 konisiteye yakın bir genişletme sağlanmış oldu.

Protaper Universal Grubu

Kök kanalları, PTU Ni-Ti döner alet sistemi ile prepare edildi. Kanal şekillendirmeleri üretici talimatlarına göre 300 devir/dk, 2 Ncm tork ayarlarına programlanmış bir endodontik motor (X-Smart Plus; Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile yapıldı. Kanallar çalışma boyunda sırasıyla; S1, S2, F1, F2, F3, F4, F5 (50/ ≈.05) eğeleri kullanılarak şekillendirildi.

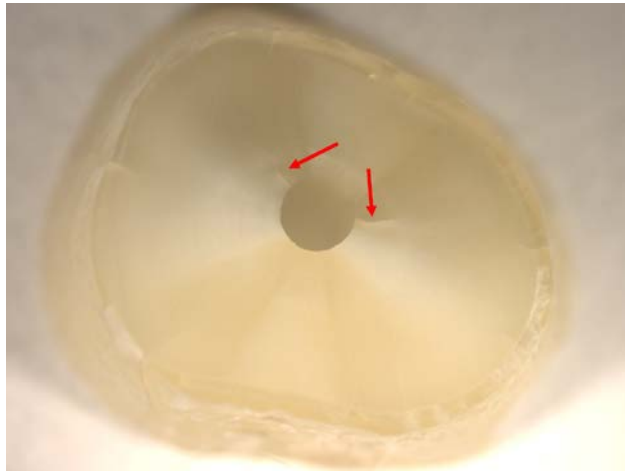
Reciproc Grubu

Bu grupta yer alan dişlerin kök kanalları, Reciproc sistemine ait R50 (#50/.05) eğesi kullanılarak resiprokal

modda genişletildi. Tek bir ege kullanılarak gerçekleştirilen kök kanal genişletmesi esnasında, hafif apikal basınçla ortalama 3 mm ileri-geri hareket ile egeğin üç aşamada çalışma boyuna ilerlemesi sağlandı.

TFA Grubu

Bu grupta, kök kanal şekillendirmesi TFA sistemine ait medium-large ege grubu ile, tork-kontrollü endodontik motor (Sybron Endo Elements Motor, SybronEndo, Glendora, CA, ABD) ile adaptif hareket modunda uygulandı. ML 1 (#25/.08), ML 2 (#35/.06) ve ML 3 (#50/.04) egeleleri ile şekillendirme işlemi gerçekleştirildi. Bütün köklerden uzun aksa dik olacak şekilde, apekten 3, 6 ve 9 mm uzaklıkta, su soğutması altında düşük hızda çalışan bir testere (Nek Nergis Diamond Tools Menderes, İzmir, Türkiye) ile kesitler alındı. Kesitlerin dijital kamera (Nikon Coolpix 4500, Tokyo, Japonya) kullanılarak fotoğrafları çekildi ve stereomikroskop (Leica, S8APO, Leica Microsystems, Germany) ile 25 X büyütmede incelendi. Görüntüler, deney gruplarını bilmeyen iki kör gözlemci tarafından incelendi ve dentin çatlaklarının varlığı değerlendirildi. Gözlemcilerin kararsız kaldıkları durumda, üçüncü bir gözlemcinin değerlendirmesine başvuruldu. Defektler Shemesh ve arkadaşlarının¹⁷ kriterlerine göre değerlendirildi. Kök dentini üzerinde herhangi bir mikro çatlak, çatlak çizgisi ya da kırık varlığı; kök dentininde 'çatlak var' olarak değerlendirildi (Resim 1). Kök dentininde mikro çatlak, çatlak veya kırık bulunmadığında 'çatlak yok' olarak kaydedildi (Resim 2).



Resim 1: "Çatlak var" olarak skorlanan örneğe ait stereomikroskop görüntüsü

İstatistiksel analizler

Tüm istatistiksel analizler, SPSS 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) istatistik yazılımı kullanılarak gerçekleştirildi. Gözlemciler arası uyumun

değerlendirilmesi için Kappa analizi kullanıldı. Ki-kare testi deney grupları arasındaki farkın değerlendirilmesi için kullanıldı ($\alpha=0,05$).

BULGULAR

Kappa analizi sonucunda, gözlemciler arası uyumun 'çok iyi' (0,86) olduğu görüldü.

Reciproc grubunda, TF Adaptive ve kontrol grubuna göre daha fazla sayıda defekt meydana geldi ($P < 0.05$). Gruplar arasında yapılan diğer tüm karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmedi (Tablo 1) ($P > 0.05$).



Resim 2: "Çatlak yok" olarak skorlanan örneğe ait stereomikroskop görüntüsü

TARTIŞMA

Endodontik işlemlerden sonra meydana gelen dentin defektlerinin değerlendirilmesinde farklı araştırma yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden birisi olan Mikro-bilgisayarlı tomografi (μ CT), şekillendirme öncesi dentin defekti varlığını değerlendirmede hassas ve örneklerle zarar vermeyen bir görüntüleme yöntemi olarak kabul edilmektedir¹². Ancak, çözünürlükten kaynaklı problemlere bağlı olarak, μ CT nin küçük defektlerin tespitinde yetersiz kalabileceği rapor edilmiştir¹². Diğer taraftan, Matsushita-Tokugawa ve arkadaşları¹⁴ dentin defektlerinin tespitinde kızılötesi termografi yöntemini kullanmışlar ve termografi cihazının ekipmanlarının boyutuna bağlı olarak kısıtlılıkları olabileceğini belirtmişlerdir. Defektlerin değerlendirilmesinde endoskopi cihazının kullanımı da alternatif bir yöntem olarak görülmektedir. Von Ark ve arkadaşları¹⁵ 64 X büyütmede endoskopinin yüksek çözünürlükte (% 66,9), diğer görsel çözünürlük aralıklarından (% 44,1-% 55,2) daha iyi bir şekilde kök ucu dentin çatlaklarını tespit edebildiğini bildirmiştir. Benzer bulgular 35X büyütmede değerlendirme yapan Slaton ve arkadaşları¹⁸ tarafından da bildirilmiştir. Diğer

tarafından, Shemesh ve arkadaşları² vertikal kök kırıklarının tespitinde, optik koherens tomografiyi kullanmışlar ve bu yöntemin vertikal kök kırıklarının değerlendirilmesinde başarılı bir yöntem olduğunu ve kök boyunca kırığın lokalizasyonunun tespitinde kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Dentin defektlerini direkt gözlemlerle değerlendirmede kullanılan bir diğer yöntem de stereomikroskop ile yapılan incelemedir. Fakat stereomikroskop ile inceleme öncesinde örneklerin hazırlanmasında defektlerin oluşabileceği ihtimali bu yöntemin en önemli dezavantajı olarak

vurgulanmaktadır¹⁹. Literatürde stereomikroskop ile çeşitli büyütme altlarında çatlak varlığı değerlendirilmiştir^{8,17,20}. Çalışmamızda, örneklerden alınan kesitler Bürklein ve arkadaşları⁸ ve Priya ve arkadaşları²⁰ ile benzer şekilde 25 X büyütmede incelenmiş ve skorlanmıştır. Kesit alma işlemi esnasında örneklerde yeni defekt oluşumu riski literatürde bildirilmiş olmakla birlikte³ çalışmamızda, daha önceki çalışmalara benzer olarak⁸, kontrol grubunda çatlak varlığı tespit edilmemesi kullanılan yöntemin güvenli bir yöntem olduğunu desteklemektedir.

DEFEKT SAYILARI				
	3 mm	6 mm	9 mm	Toplam
El eğeleri	1	1	1	3a,b
PTU	2	2	0	4a,b
Reciproc	2	2	2	6b
TFA	0	0	0	0a
Kontrol	0	0	0	0a

* Farklı üst simgeler ile işaretlenen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir ($P < 0.05$).

Tablo 1: Gruplara ait kesit seviyelerine göre dentin defektlerinin dağılımı

Kök kanal şekillendirmesinde esnasında uygulanan kuvvetlerin, dentin defektlerinin oluşumuna ve sonrasında vertikal kök kırığı meydana gelmesine neden olabileceği bildirilmektedir²¹. Çalışmamızda PTU, Reciproc, Hedström el eğeleri ve TFA eğelerinin uygulanmasında meydana gelen dentin defektleri arasındaki farklılığın şekillendirme sırasında kullanılan eğelerin uç dizaynları, kesitsel şekilleri, kinematikleri, ve kullanılan eğe sayılarının çeşitlilik göstermesi nedeniyle ortaya çıktığı düşünülmektedir^{13,21,22}. Ayrıca, eğelerin metalürjik özellikleri de kök dentininde meydana gelen stres dağılımına etki etmekte ve mikroçatlak oluşumunda rol oynamaktadır. Çalışmamızda kullanılan PTU sistem eğeleri, konvansiyonel Ni-Ti eğelerdir¹⁰. Reciproc sistemin eğeleri M-Wire Ni-Ti alaşımdan üretilmiştir ve eğelerin esnekliğinin artırılması amacıyla yeni bir teknolojiye ait termal işlemlerden geçerek üretildiği belirtilmektedir²³. Çalışmamızda kullandığımız bir diğer sistem olan TFA sistemin eğeleri ise R-Faz Ni-Ti alaşımdan üretilmiştir ve bu alaşımlar yüksek süper elastisite ve şekil hafıza özelliği gösterirler. Ayrıca yüzeydeki düzensizliklerin giderilmesi amacıyla eğeler

elektropolisaj işlemine tabi tutulmuştur²⁴. Berutti ve arkadaşları²⁵, kanal aletlerinin esneklik özellikleri artırıldığında dentin duvarlarında daha az mikroçatlağa neden olacağını bildirmişlerdir. Sonuçlar, TFA dışında tüm test edilen sistemlerin çatlak oluşturduğunu göstermiştir ve bulgularımız literatür ile uyumludur^{1,8,22,23}.

Bürklein ve arkadaşları⁸ Reciproc eğeleri ve iki farklı döner eğe sistemi ile kök kanal şekillendirmesi sonrası meydana gelen dentin çatlaklarının insidansını değerlendirmişler ve Reciproc eğelerin daha fazla sayıda defekt meydana getirdiğini bildirmişlerdir. Bu durum tüm kanal şekillendirmesinin sadece bir eğe ile yapılmasının, çok eğeli sistemlerden daha fazla stress meydana getirdiğini düşündürmektedir. Çalışmamızda en fazla dentin defekti, Reciproc grubunda tespit edilmiştir ve bu sonuç, Bürklein ve arkadaşlarının⁸ bulguları ile benzerlik göstermektedir.

TFA ile kök kanal şekillendirilmesinin dentin çatlakları üzerindeki etkisi birçok çalışmada değerlendirilmiştir^{26,27}. Çalışma bulgularımız, TFA ve kontrol gruplarında dentin defekti oluşumu tespit

edilmeyen Zhou ve arkadaşlarının²³ bulguları ile uyumludur. TFA sisteminin kinematiği, çatlak oluşumunu ve kök kanal duvarları üzerindeki stres konsantrasyonunu azaltan en önemli faktör olarak görülmektedir.

SONUÇLAR

Bu *ex vivo* çalışmanın sınırları dahilinde, dentin defektlerinin dağılımı incelendiğinde, TFA sistemini geniş ve düz köklü dişlerin kök kanal genişletmesinde güvenli bir şekilde kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte, araştırmamızda elde edilen bulguların klinik çalışmalarla da değerlendirilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Bier CA, Shemesh H, Tanomaru-Filho M, Wesselink PR, Wu MK. The ability of different nickel-titanium rotary instruments to induce dentinal damage during canal preparation. *J Endod* 2009; 35: 236–8.
2. Shemesh H, Bier CA, Wu MK, Tanomaru-Filho M, Wesselink PR. The effects of canal preparation and filling on the incidence of dentinal defects. *Int Endod J* 2009; 42: 208 - 13.
3. Versiani MA, Souza E, De-Deus G. Critical appraisal of studies on dentinal radicular microcracks in endodontics: methodological issues, contemporary concepts, and future perspectives. *Endod Topic* 2015; 33: 87 - 156.
4. Wilcox LR, Roskelley C, Sutton T. The relationship of root canal enlargement to finger-spreader induced vertical root fracture. *J Endod* 1997; 23: 533 - 534.
5. Sathorn C, Palamara JE, Messer HH. A comparison of the effects of two canal preparation techniques on root fracture susceptibility and fracture pattern. *J Endod* 2005; 31, 283 - 7.
6. Camps JJ, Pertot WJ, Levallois B. Relationship between file size and stiffness of nickel titanium instruments. *Endod Dent Traumatol* 1995; 11: 270 - 3.
7. Gambarini G, Gerosa R, Luca MD, *et al.* Mechanical properties of a new and improved nickel-titanium alloy for endodontic use: an evaluation of file flexibility. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008; 105: 798 - 800.
8. Bürklein S, Tsotsis P, Schafer E. Incidence of Dentinal Defects after Root Canal Preparation: Reciprocating versus Rotary Instrumentation. *J Endod* 2013; 2: 501- 504.
9. Yiğit D, Yılmaz A, Sendur G, Aslan OS, Abbott PV. Efficacy of Reciprocating and Rotary Systems for Removing Root Filling Material: A Micro-Computed Tomography Study. *Scanning* 2014; 36: 576 - 81.
10. Thompson SA. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J* 2000; 33: 297-310.
11. Al-Hadlaq SM, Aljarbou FA, AlThumairy RI. Evaluation of cyclic flexural fatigue of M-wire nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2010; 36: 305 - 7.
12. De-Deus G, Silva EJ, Marins J, *et al.* Lack of causal relationship between dentinal microcracks and root canal preparation with reciprocation systems. *J Endod* 2014; 40: 1447 - 50.
13. Ashwinkumar V, Krithikadatta J, Surendran S, Velmurugan N. Effect of reciprocating file motion on microcrack formation in root canals: an SEM study. *Int Endod J* 2014; 47: 622 - 7.
14. Matsushita-Tokugawa M, Miura J, Iwami Y, *et al.* Detection of dentinal microcracks using infrared thermography. *J Endod* 2013; 39: 88–91.
15. von Arx T, Kunz R, Schneider AC, Bürgin W, Lussi A. Detection of dentinal cracks after root-end resection: an *ex vivo* study comparing microscopy and endoscopy with scanning electron microscopy. *J Endod* 2010; 36: 1563 - 8.
16. Kemaloglu H, Emin Kaval M, Turkun M, Micoogullari Kurt S. Effect of novel restoration techniques on the fracture resistance of teeth treated endodontically: An *in vitro* study. *Dent Mater J* 2015; 34: 618 - 22.
17. Shemesh H, Roeleveld AC, Wesselink PR, Wu MK. Damage to root dentin during retreatment procedures. *J Endod* 2011; 37: 63-66.
18. Slaton CC, Loushine RJ, Weller RN, Parker MH, Kimbrough WF, Pashley DH. Identification of resected root-end dentinal cracks: a comparative study of visual magnification. *J Endod* 2003; 29: 519-22.
19. Üstün Y, Topçuoğlu HS, Düzgün S, Kesim B. The effect of reciprocation versus rotational movement on the incidence of root defects during retreatment procedures. *Int Endod J* 2015; 48: 952 - 58.
20. Priya N, Chandrasekhar V, Anita S, *et al.* Dentinal microcracks after root canal preparation. A comparative evaluation with Hand, Rotary and Reciprocating Instrumentation. *J Clin Diagn Res* 2014; 8: 70-72.
21. 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: 1195 - 9.
22. Yoldas O, Yılmaz 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: 232 - 5.

23. Liu R, Hou BX, Wesselink PR, Wu MK, Shemesh H. The incidence of root microcracks caused by 3 different single-file systems versus the ProTaper system. *J Endod* 2013; 39: 1054 - 6.
24. Shen Y, Zhou HM, Zheng YF, Peng B, Haapasalo M. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. *J Endod* 2013; 39: 163-72.
25. Berutti E, Chiandussi G, Paolino DS, *et al.* Canal shaping with WaveOne Primary reciprocating files and ProTaper system: a comparative study. *J Endod* 2012; 38: 505-9.
26. Zhou X, Jiang S, Wang X, Wang S, Zhu X, Zhang C. Comparison of dentinal and apical crack formation caused by four different nickel-titanium rotary and reciprocating systems in large and small canals. *Dent Mater J* 2015; 34: 903-9.
27. Gergi RM, Osta NE, Naaman AS. Dentinal crack formation during root canal preparations by the Twisted File Adaptive, Reciproc and WaveOne instruments. *Eur J Dent* 2015; 9: 508 - 12.

Yazışma Adresi:

Dr. Güzde KANDEMİR DEMİRCİ

Ege Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Endodonti AD

0232-3114608

dt.gozdekandemir@hotmail.com