

## FARKLI İRRİGASYON AKTİVASYON TEKNİKLERİNİN KÖK KANAL DENTİN MİKROSERTLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ<sup>‡</sup>

### THE EFFECT OF DIFFERENT IRRIGATION ACTIVATION TECHNIQUES ON THE MICROHARDNESS OF ROOT CANAL DENTIN<sup>‡</sup>

Yrd. Doç. Dr. Asiye Nur DİNÇER\*

Yrd. Doç. Dr. Dilara ARSLAN\*

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Burak GÜNEŞER\*

**Makale Kodu/Article code:** 2910

**Makale Gönderilme tarihi:** 29.06.2016

**Kabul Tarihi:** 10.01.2017

#### ÖZ

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı farklı irrigasyon aktivasyon tekniklerinin kök kanal dentin mikrosertliği üzerindeki etkisini değerlendirmektir.

**Gereç ve Yöntem:** Bu çalışma için 40 adet tek kanal ve köke sahip diş kullanıldı. Kök kanalları Flex Master sistemi kullanılarak 30.06 numaralı eğeye kadar şekillendirildi ve rastgele 4 gruba ayrıldı (n=10). Grup 1'de sodyum hipoklorit Er:YAG lazer (Preciso) ile aktive edildi. Grup 2'de foton-indüklü fotoakustik dalgalanma aktivasyon tekniği (PIPS) kullanıldı. Grup 3'te ise EndoActivator ile sodyum hipokloritin aktivasyonu sağlandı. Geleneksel şırınga irrigasyon (GŞİ) yöntemi ise kontrol grubu olarak seçildi (Grup 4). İrrigasyon aktivasyonu sonrası dişlerden yatay yönde kesit alındıktan sonra koronal, orta ve apikal üçlüye denk gelen bölgelerden kesitler seçildi ve kök kanal lümeninin 100 µm uzağındaki dentin, Vicker's mikrosertlik testine tabi tutuldu. Elde edilen verilere Kruskal-Wallis ve Wilcoxon-Signed Rank testi uygulandı.

**Bulgular:** Gruplar arasında kök kanal dentin mikrosertliği açısından anlamlı farklılık bulunmamaktadır (P>0.05). Her bir grup kendi içerisinde değerlendirildiğinde ise kontrol grubu hariç diğer gruplarda bölgeler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (P<0.05).

**Sonuç:** Bu çalışmada kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin kök kanal dentin mikrosertliği üzerinde olumsuz etkisi gözlenmemiştir.

**Anahtar kelimeler:** EndoActivator, Er:YAG, Mikrosertlik, PIPS

#### ABSTRACT

**Aim:** The purpose of this study was to evaluate the efficiency of different irrigation activation techniques on the microhardness of root canal dentin.

**Material and Methods:** A total of 40 single rooted human teeth were selected. Root canals were prepared by using FlexMaster system up to size 30.06 before being assigned randomly to four groups (n=10) according to final irrigation technique. Sodium hypochloride were activated using Er:YAG laser (group 1), Er:YAG laser using photon-initiated photoacoustic streaming (PIPS, group 2) and EndoActivator system (group 3). Conventional syringe irrigation (CSI) was selected as a control group (Group 4). After irrigation activation, roots were sectioned in slices and the fragment corresponding to the apical, middle and coronal third was submitted to Vicker's microhardness test at depth of 100 µm. Data were analyzed statistically using Kruskal-Wallis and Wilcoxon-Signed Rank test.

**Results:** There was no significant difference among the groups (P>0.05). Within the groups there was significant difference between root canal regions except CSI group (P<0.05).

**Conclusion:** According to our results, irrigation activation techniques did not alter microhardness of root canal dentin adversely.

**Keywords:** EndoActivator, Er:YAG, Mikrohardness, PIPS

\* Bezmialem Vakıf Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti AD

<sup>‡</sup> Bu çalışma Dünya Dişhekimleri Birliği (FDI) 2015 Dünya Dişhekimliği Kongresi, (22-25 Eylül 2015, Banqkok, Tayland)'nde sözlü olarak sunulmuştur.



## GİRİŞ

Kök kanal sisteminin karmaşık yapısından dolayı tümüyle temizlenmesi ve şekillendirilmesi olanaksızdır. Bu nedenle kök kanal sisteminin irrigasyonu, pulpa dokusu, mikroorganizmalar ve yan ürünlerinin uzaklaştırılmasında büyük önem taşımaktadır.<sup>1</sup> Sodyum hipoklorit (NaOCl), sahip olduğu üstün antimikrobiyal özellik ve doku çözücü etkisinden dolayı endodontide en çok tercih edilen yıkama solüsyonudur.<sup>2</sup> Sodyum hipokloritin etkisinin artırılması amacıyla sonik, ultrasonik ve lazer destekli irrigasyon aktivasyon teknikleri önerilmiştir.<sup>3-8</sup>

Erbium-doped yttrium aluminum garnet (Er:YAG) kök kanalının temizlenmesi, şekillendirilmesi ve genişletilmesinde kullanıldığı gibi aynı zamanda yıkama solüsyonunun aktivasyonu amacıyla da kullanılmaktadır.<sup>9,10</sup> Kavitasyonel etkisi ve oluşan gaz kabarcıklarının genişlemesi ve sonrasında göçmesiyle artan şok dalgaları oluşur böylece yıkama solüsyonunun üç boyutlu hareketi sağlanır.<sup>11</sup> Er:YAG lazer ile birlikte radyal ve şerit şeklinde yeni dizayn edilmiş konik bir uça kullanılan foton-indüklü fotoakustik dalgalanma (photon-induced photoacoustic streaming, PIPS) adı verilen teknikte ise fiber uç sadece koronal kısma yerleştirilmektedir.<sup>12</sup>

EndoActivator sistemi çeşitli boyutlarda polimer uca sahiptir ve yıkama solüsyonunun sonik aktivasyonunu sağlar. Şekillendirmesi yapılmış, yıkama solüsyonu ile dolu bir kanalda vibratör enerji kanal içi dalgaların oluşmasına neden olur, böylece solüsyonun kök kanalı içerisindeki ulaşılabilir alanlara penetrasyon ve akışı sağlanmış olur.<sup>13</sup>

Kök kanal dentininde meydana gelen mineral değişikliğinin kök kanalının geçirgenliği ve çözünürlüğü üzerine etkisi olabilir. Bunun sonucunda dental materyallerin kök kanal dentinine adhezyonu olumsuz şekilde etkilenebilir. Mikrosertlik, dentindeki mineral değişikliklerinin indirek göstergesidir.<sup>14</sup> Kavite preparasyonu için Er:YAG lazer kullanımının koronal dentin mikrosertliği üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar daha önceden yapılmıştır.<sup>15,16</sup> Fakat Er:YAG ve PIPS lazer sistemlerinin kök kanal dentin mikrosertliği üzerine etkisini değerlendiren çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle de bu çalışmanın amacı lazer destekli irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin kök kanal dentin mikrosertliği üzerindeki etkisini değerlendirmektir.

## GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmada çekim endikasyonu konulmuş 40 adet yeni çekilmiş tek ve düz köke sahip (0-10°) insan dişi kullanıldı. Çekim öncesi tüm hastalardan aydınlatılmış onam formu alındı. Çürük, çatlak, restorasyon, dilaserasyon veya açık apekse sahip dişler çalışmadan çıkarıldı. Su soğutması altında giriş kavitesi açıldıktan sonra 15 numaralı K tipi eğe (Mani, Tochigi, Japonya) major apikal foramenden görünene kadar ilerletildi ve bu boydan 1 mm çıkartılarak çalışma boyu belirlendi. Tüm kanallar FlexMaster döner eğe sistemi (VDW, Münih, Almanya) ile 30.06 numaralı eğeye kadar genişletildi. Şekillendirme sırasında kök kanallarının yıkanması amacıyla distile su kullanıldı. Daha sonrasında dişler rastgele 3 deney ve 1 kontrol grubu olmak üzere 4 gruba ayrıldı (n=10).

**Grup 1, Er:YAG lazer, Preciso:** Sodyum hipokloritin aktivasyonu 2.940 nm dalga boyuna sahip Er:YAG lazer cihazı (Fidelis AT; Fotona, Ljubljana, Slovenia) R14 el aleti ve 300-mm endodontik fiber uç (Preciso, Fotona) ile yapıldı. Fiber uç çalışma boyundan 1 mm geride olacak şekilde yerleştirildi ve 1W, 50 mJ ve 20 Hz parametresi kullanıldı. Aktivasyon protokolü aşağıdaki gibi yapılmıştır:

1. 2 mL %5 NaOCl 30 saniye boyunca aktive edildi.
  2. 2 mL %5 NaOCl 30 saniye boyunca aktive edilmeden kullanıldı
  3. 2 mL %5 NaOCl 30 saniye boyunca aktive edildi
- Aktivasyon işlemi süresince, NaOCl kanal ağzından devamlı olarak gönderildi. Toplam aktivasyon süresi 60 sn, toplam yıkama solüsyonu hacmi ise 6 mL'dir.

**Grup 2, Er:YAG lazer, PIPS:** 2.940 nm dalga boyuna sahip Er:YAG lazer ile yapılmıştır. 12 mm uzunluğunda 400 mikron quartz uç kullanıldı. Konik uç dişin koronal kısmına yerleştirildi ve 0.3 W, 15 Hz ve 20 mJ parametresi kullanıldı. Aktivasyon protokolü grup 1'deki gibidir.

**Grup 3, EndoActivator:** Sodyum hipokloritin sonik aktivasyonu için EndoActivator sisteminde bulunan kırmızı renkli orta kalınlıktaki uç kullanıldı. Uç çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde yerleştirildi ve dakikada 10.000 devir ile çalıştırıldı. Aktivasyon protokolü grup 1'deki gibidir.

**Grup 4, Geleneksel şırınga irrigasyon (GŞİ):** Geleneksel şırınga irrigasyon yöntemi kontrol



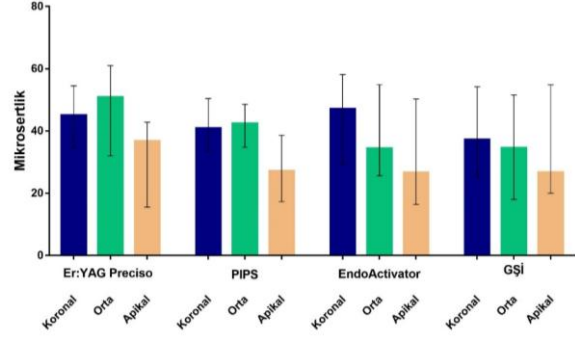
grubu olarak seçildi. 28 gauge boyutundaki enjektör ucu çalışma boyundan 1mm kısa olacak şekilde yerleştirildi. Toplamda 6 mL %5 NaOCl 90 saniye süresince aktivasyon yapılmadan kullanıldı.

Final irrigasyon sonrası, su soğutmalı kesme cihazı (Isomet1000; Buehler, Lake Forest, IL) kullanılarak dişlerden enine kesit alındı. Koronal, orta ve apikal üçlü bölgelerine denk gelen kısımdan birer örnek seçildi ve otopolimerizan akrilik bloklara gömüldü. Mikrosertlik ölçümü öncesinde, dairesel taşlama makinası kullanılarak sırasıyla 400, 800 ve 1200 grit silikon karpür zımpara kağıtları ile su soğutması altında örneklerin kök yüzeylerine zımpara ve polisaj yapıldı. Yüzeyin mikrosertliğini ölçmek amacıyla Vicker's Microhardness test cihazı (Schimadzu, Kyoto, Japan) kullanıldı. Cihazda bulunan tepe açılı elmas piramit şeklindeki Vickers sertlik ölçüm ucu, kanal lümeninin 100 µm uzağına 200 gram kuvvetle 20 saniye uygulandı. Yüzeyde oluşan piramit izin köşegenleri stereomikroskop altında  $\times 35$  büyütmede ölçüldü. Aynı işlem örnek başına 3 kez tekrarlanarak ortalaması alındı.

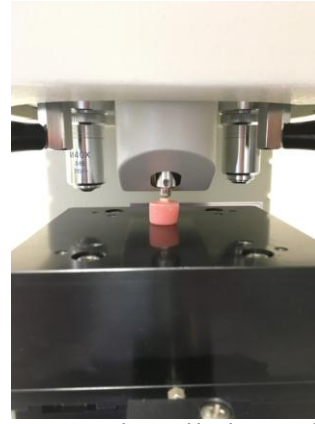
Elde edilen değerlerin istatistiksel analizi için IBM SPSS Statistics 22 (IBM SPSS, Türkiye) programı kullanıldı. Çalışma verileri değerlendirilirken parametrelerin gruplar arası karşılaştırmalarında Kruskal-Wallis ve Wilcoxon Signed Ranks testinden yararlandı.

## BULGULAR

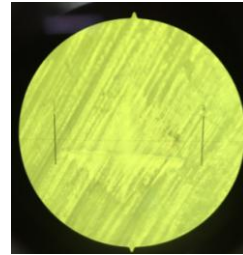
Koronal, orta ve apikal üçlü bölgelerinde yapılan mikrosertlik ölçümlerinin değerleri Şekil 1'de gösterilmiştir. Sonuçlara göre gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ( $P>0.05$ ). Gruplar kendi içerisinde değerlendirildiğinde, Er:YAG Preciso ve PIPS grubunda koronal ve orta üçlü bölgeleri apikal üçlü bölgesinden anlamlı olarak farklıdır ( $P<0.05$ ). EndoAktivator grubunda ise koronal ve apikal üçlü bölgeleri arasında anlamlı fark bulunurken ( $P<0.05$ ), koronal ve orta, orta ve apikal üçlü bölgeleri arasında anlamlı farklılık yoktur ( $P>0.05$ ). Kontrol grubunda ise bölgeler arasında anlamlı farklılık bulunmamaktadır ( $P>0.05$ ).



Şekil 1: Gruplara ve bölgelere göre mikrosertlik değerleri



Resim 1. Mikrosertlik cihazı ve ölçüm için hazırlanmış model



Resim 2. Mikrosertlik cihazının dentin yüzeyinde bıraktığı iz.

## TARTIŞMA

Lazer teknolojisindeki gelişmeler ile birlikte, lazer cihazlarının endodontik işlemlerde kullanımı da hız kazanmıştır. Başarılı bir endodontik tedavide irrigasyonun önemli bir rolü vardır. Lazer destekli irrigasyon sistemleri, yıkama solüsyonlarının aktivasyonu amacıyla pek çok çalışmada kullanılmış ve değerlendirilmiştir.<sup>11,17,18</sup> Fakat lazer destekli irrigasyonun kök kanal dentini üzerine olan etkisi ile ilgili kısıtlı bilgi bulunmaktadır.

Panighi & G'Sell<sup>14</sup> mikrosertlik ve dişin mineral yapısı arasında doğrudan ilişki bulunduğunu belirtmişlerdir. Mikrosertliğin tespiti sonucu elde edilen değerlendirmeler, diş sert dokularının mineral kaybı ya da kazancının kanıtıdır. Çalışmalar NaOCl'nin kimyasal debridmanda sahip olduğu avantajlara rağmen kök dentin mikrosertliğini negatif yönde etkilediğini göstermiştir.<sup>19-21</sup> Fakat Er:YAG lazerin kök kanal dentin mikrosertliği üzerindeki etkisi henüz açıklığa kavuşturulmamıştır.

Bu çalışmada, final irrigasyon aktivasyon tekniklerinin kök kanal dentin mikrosertliği üzerindeki etkisi Vickers sertlik cihazı ile değerlendirilmiştir. Vickers sertlik cihazı, küçük örneklerde çalışmaya izin vermesinden dolayı daha önceden yapılan pek çok çalışmada da tercih edildiği için kullanılmıştır.<sup>22-24</sup> Dentin mikrosertliği, ölçüm ucunun kök kanalındaki yerine göre değişiklik gösterebilir ve pulpa-dentin yüzeyine doğru azalır.<sup>25</sup> Gruplar arasında standardizasyonun sağlanması amacıyla pulpa-dentin sınırından 100 µm mesafedeki alanda ölçüm yapıldı.

Er:YAG lazerin sahip olduğu 2.940 nm dalga boyu nedeniyle, enerji su tarafından iyi emilir, bunun sonucunda dentin dokusu üzerindeki termal etkisi diğer lazer cihazlarına göre daha azdır.<sup>9,26</sup> Dahası, PIPS tekniğinin sahip olduğu subablasyon parametreleri nedeniyle sıvıda fotoakustik ve fotomekanik etki oluşur ve çevre dokularda minimal ısı değişikliği meydana gelir.<sup>27</sup> Er:YAG lazerin kullanıldığı çalışmalar değerlendirildiğinde, Wigdor ve ark.<sup>26</sup> yaptığı çalışmaya göre Er:YAG lazerin sahip olduğu yüksek enerji sınırlı termal etki göstermiş ve dentinde karbonizasyon ya da nekrotik alanlar gözlenmemiştir. DiVito ve ark.<sup>10</sup> göre PIPS ile tedavi edilen örneklerde termal hasar meydana gelmemiştir, kök dış yüzeyinde meydana gelen ısı artışı ise minimaldir.

Bizim çalışmamızda lazer ile aktive edilen gruplar ve kontrol grubu arasında dentin mikrosertliği açısından anlamlı farklılık bulunmamaktadır. Sonuçlarımız, kök kanal dentin yapısı ve mineral içeriğini değerlendiren çalışmalar ile uyum göstermektedir. Topcuoğlu ve ark.<sup>28</sup> Er:YAG lazerin kök kanal dentin mineral içeriğinde değişiklik yapmadığını göstermişlerdir. Tokanobe ve ark.<sup>27</sup> ise Er:YAG lazer uygulaması sonrası morfolojik değişikliği değerlendirmişler ve yüzey yapısının değişmediğini belirtmişlerdir.

İrrigasyon aktivasyonunun yapıldığı gruplarda, toplam aktivasyon süresi 60 sn olarak ayarlanmış-

tır.<sup>29,30</sup> Kimura ve ark.<sup>31</sup> Er:YAG lazer 60 sn uygulandıktan sonra yüzey, stereomikroskop ve taramalı elektron mikroskobu ile değerlendirilmiş ve karbonizasyon veya erimenin meydana gelmediği belirtilmiştir. Kontrol grubu ve lazer destekli irrigasyon grupları arasında farklılık bulunmamasının nedeni, toplam aktivasyon süresi ve kullanılan parametrelerin dentin üzerindeki yan etkilerinin kısıtlı olması olabilir.

Diğer taraftan, iki tip lazerin (Nd:YAG ve Er,Cr:YSSG lazer) dentin mikrosertliği üzerindeki etkisinin karşılaştırıldığı başka bir çalışmada, her iki lazer cihazının dentin mikrosertlik değerlerinde azalmaya neden olduğu belirtilmiştir.<sup>32</sup> Kullanılan lazer tipi ve sahip olduğu farklı parametreler, daha uzun irradyasyon süresi ve mikrosertlik ölçümlerinin kök kanal dentininde değil de koronal dentinde yapılması sonuçlardaki farklılığa neden olabilir.

EndoActivator sisteminin sonik enerjisi kanal içerisinde dalgalanma meydana getirir ve bu dalgalanma sıvı içerisinde hava kabarcığı oluşturur. Sonrasında oluşan hava kabarcıkları genişler ve yüzey temizliğini sağlayan şok dalgalarını oluşturur. EndoActivator de bulunan sağlam ve esnek polimer uçların dentini kesmediği belirtilmiştir.<sup>13,33</sup> Kök kanal dentin yüzey değişikliğinin değerlendirildiği bir çalışmada EndoActivator ve geleneksel şırınga irrigasyon grubu arasında kalsiyum/fosfat oranı açısından anlamlı farklılık olmadığı belirtilmiştir.<sup>34</sup>

Patterson,<sup>35</sup> kök kanalında apikale doğru gidildikçe mikrosertliğin azaldığını belirtmiştir. Bizim çalışmamızda da tüm gruplarda apikale doğru gidildikçe dentin mikrosertliğinde azalma meydana gelmiştir. Gruplar kendi içerisinde değerlendirildiğinde ise Er:YAG Preciso ve PIPS grubunda koronal ve orta üçlü bölgeleri apikal üçlü bölgesinden anlamlı olarak daha yüksek mikrosertlik değerlerine sahiptir. EndoActivator grubunda ise koronal ve apikal üçlü bölgeleri arasında anlamlı fark bulunmaktadır. İrrigasyon solüsyonlarının EndoActivator ve Er:YAG lazer ile aktivasyonu sonrası smear tabakasının kaldırılmasının, kanal içi doku ve debrisin uzaklaştırılmasının arttığını belirten çalışmalarla birlikte, kökün koronal ve orta üçlüsünde bu etkinin apikale oranla daha fazla olduğu da gösterilmiştir.<sup>18,36-39</sup> İrrigasyon aktivasyon sistemlerinin kullanıldığı gruplarda bölgeler arasında farklılık görülmesinin nedeni artan irrigasyon etkinliğinin kök kanal dentininde meydana getirdiği etki olabilir.

## SONUÇ

Bu çalışmanın sonuçlarına göre, Er:YAG lazer, PIPS tekniği ve de EndoActivator sisteminin kök kanal dentin mikrosertliği üzerinde olumsuz etkisi bulunmamaktadır.

## TEŞEKKÜR

Katkılarından dolayı Prof. Dr. Aslıhan Üşümez'e teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

1. Gu L-s, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod* 2009;35:791-804.
2. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod* 2006;32:389-98.
3. Stojicic S, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M. Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *J Endod* 2010;36:1558-62.
4. de Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, Paranjpe A, Cohenca N. Efficacy of different irrigation and activation systems on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals and up to working length: an in vitro study. *J Endod* 2010;36:1216-21.
5. Topçuoğlu HS, Tuncay Ö, Demirbuga S, Dinçer AN, Arslan H. The Effect of Different Final Irrigant Activation Techniques on the Bond Strength of an Epoxy Resin-based Endodontic Sealer: A Preliminary Study. *J Endod* 2014;40:862-6.
6. Abou-Rass M, Oglesby SW. The effects of temperature, concentration, and tissue type on the solvent ability of sodium hypochlorite. *J Endod* 1981;7:376-7.
7. Sáinz-Pardo M, Estevez R, Pablo ÓVd, Rossi-Fedele G, Cisneros R. Root Canal Penetration of a Sodium Hypochlorite Mixture Using Sonic or Ultrasonic Activation. *Braz Dent J* 2014;25:489-93.
8. Guner MB, Arslan D, Usumez A. Tissue Dissolution Ability of Sodium Hypochlorite Activated by Photon-initiated Photoacoustic Streaming Technique. *J Endod* 2015;41:729-32.
9. Matsumoto H, Yoshimine Y, Akamine A. Visualization of irrigant flow and cavitation induced by Er: YAG laser within a root canal model. *J Endod* 2011;37:839-43.
10. DiVito E, Peters O, Olivi G. Effectiveness of the erbium: YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation. *Lasers Med Sci* 2012;27:273-80.
11. Deleu E, Meire MA, De Moor RJ. Efficacy of laser-based irrigant activation methods in removing debris from simulated root canal irregularities. *Lasers Med Sci* 2013;30:831-5.
12. DiVito E, Lloyd A. Er: YAG laser for 3-dimensional debridement of canal systems: Use of photon-induced photoacoustic streaming. *Dent Today* 2012;31:124-7.
13. Ruddle CJ. Endodontic Disinfection. Available at: [http://mail.advancedendodontics.net/tc2pdfs/100/EndoDisinfect\\_Feb2008.pdf](http://mail.advancedendodontics.net/tc2pdfs/100/EndoDisinfect_Feb2008.pdf)
14. Panighi M, G'Sell C. Influence of calcium concentration on the dentin wettability by an adhesive. *J Biomed Mater Res* 1992;26:1081-9.
15. Çelik E, Ergücü Z, Türkün L, Türkün M. Effect of different laser devices on the composition and microhardness of dentin. *Oper Dent* 2008;33:496-501.
16. Chinelatti MA, Raucci-Neto W, Corona SAM, Palma-Dibb RG. Effect of erbium: yttrium-aluminum-garnet laser energies on superficial and deep dentin microhardness. *Lasers Med Sci* 2010;25:317-24.
17. Lloyd A, Uhles JP, Clement DJ, Garcia-Godoy F. Elimination of intracanal tissue and debris through a novel laser-activated system assessed using high-resolution micro-computed tomography: a Pilot Study. *J Endod* 2014;40:584-7.
18. Akyuz Ekim SN, Erdemir A. Comparison of different irrigation activation techniques on smear layer removal: An in vitro study. *Microsc Res Tech* 2015;78:230-9.
19. Oliveira LD, Carvalho CAT, Nunes W, Valera MC, Camargo CHR, Jorge AOC. Effects of chlorhexidine and sodium hypochlorite on the microhardness of root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;104:125-8.
20. Ari H, Erdemir A, Belli S. Evaluation of the effect of endodontic irrigation solutions on the microhardness and the roughness of root canal dentin. *J Endod* 2004;30:792-5.



21. Saghiri MA, Delvarani A, Mehrvarzfar P, Malganji G, Lotfi M, Dadresanfar B, Saghiri AM, Dadvand S. A study of the relation between erosion and microhardness of root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108:29-34.
22. Ballal NV, Mala K, Bhat KS. Evaluation of the effect of maleic acid and ethylenediaminetetraacetic acid on the microhardness and surface roughness of human root canal dentin. *J Endod* 2010;36:1385-8.
23. Kara Tuncer A, Tuncer S, Siso S. Effect of QMix irrigant on the microhardness of root canal dentine. *Aust Dent J* 2015;60:163-8.
24. Akcay I, Erdilek N, Sen BH. The efficacy of an experimental single solution versus alternate use of multiple irrigants on root dentin microhardness. *J Clin Exp Dent* 2013;5:e83-8.
25. Pashley D, Okabe A, Parham P. The relationship between dentin microhardness and tubule density. *Dent Traumatol* 1985;1:176-9.
26. Wigdor H, Abt E, Ashrafi S, Walsh JT. The effect of lasers on dental hard tissues. *J Am Dent Assoc* 1993;124:65-70.
27. Tokonabe H, Kouji R, Watanabe H, Nakamura Y, Matsumoto K. Morphological changes of human teeth with Er: YAG laser irradiation. *J Clin Laser Med Surg* 1999;17:7-12.
28. Topçuoğlu HS, Köseoğlu M. Effect of Er: YAG and Nd: YAG lasers on the mineral content of root canal dentin. *Lasers Med Sci* 2013;30:809-13.
29. Balić M, Lucić R, Mehadžić K, Bago I, Anić I, Jakovljević S, Plečko V. The efficacy of photon-initiated photoacoustic streaming and sonic-activated irrigation combined with QMIX solution or sodium hypochlorite against intracanal *E. faecalis* biofilm. *Lasers Med Sci* 2016; 31:335
30. Sharonit SH, Kabaş SAS, Adam S, Vitaly G, Idan R, Doron S. Photomed and Laser Surg 2015;33:129-35.
31. Kimura Y, Yonaga K, Yokoyama K, Kinoshita J-i, Ogata Y, Matsumoto K. Root surface temperature increase during Er: YAG laser irradiation of root canals. *J Endod* 2002;28:76-8.
32. Al-Omari WM, Palamara JE. The effect of Nd: YAG and Er, Cr: YSGG lasers on the microhardness of human dentin. *Lasers Med Sci* 2013;28:151-6.
33. Akyüz Ekim ŞN, Erdemir A. Endodontide irrigasyon aktivasyon yöntemleri. *Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Derg.* 2015;10:98-104.
34. Capar ID, Aydınbelge HA. Surface change of root canal dentin after the use of irrigation activation protocols: Electron microscopy and an energy-dispersive X-ray microanalysis. *Microsc Res Tech* 2013;76:893-6.
35. Patterson SS. In vivo and in vitro studies of the effect of the disodium salt of ethylenediamine tetra-acetate on human dentine and its endodontic implications. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1963;16:83-103.
36. Jurič IB, Anić I. The Use of Lasers in Disinfection and Cleanliness of Root Canals: a Review. *Acta Stomatol Croat.* 2014;48:6-15.
37. de Groot SD, Verhaagen B, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR, van der Sluis LW. Laser - activated irrigation within root canals: cleaning efficacy and flow visualization. *Int Endod J* 2009; 42:1077-83.
38. Arslan D, Guneser MB, Dincer AN, Kustarci A, Er K, Siso SH. Comparison of Smear Layer Removal Ability of QMix with Different Activation Techniques. *J Endod.* 2016;42:1279-85.
39. Conde AJ, Estevez R, Loroño G, Valencia de Pablo Ó, Rossi-Fedele G, Cisneros R. Effect of sonic and ultrasonic activation on organic tissue dissolution from simulated grooves in root canals using sodium hypochlorite and EDTA. *Int Endod J* 2016 Nov 3. doi: 10.1111/iej.12717. [Epub ahead of print]

#### Yazışma Adresi

Yrd. Doç. Dr. Asiye Nur Dinçer  
Bezmiâlem Vakıf Üniversitesi Diş Hekimliği  
Fakültesi  
Endodonti Anabilim Dalı  
34093, Fatih, İstanbul  
Tlf: 02125232288- 1139  
e-posta: asiyedincer@yahoo.com

