

## Özgün Araştırma Makalesi

# Kök Kanal Tedavisinde Kullanılan Farklı İrrigasyon Solüsyonlarının Yüzey Gerilimlerinin Karşılaştırılması

## *Comparison of Surface Tensions of Different Irrigation Solutions Used in Root Canal Treatment*

Özgür İlke Atasoy Ulusoy<sup>1</sup> , Gaye Savur<sup>2</sup> , Arzu Şahin Manti<sup>3</sup> 

### ÖZET

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı kök kanal tedavisinde kullanılan farklı irrigasyon solüsyonlarının yüzey gerilimi değerlerini karşılaştırmaktır.

**Gereç ve Yöntem:** %5.25 NaOCl, %9 HEBP, %2 PAA, %17 EDTA, %5.25 NaOCl + %9 HEBP, %5.25 NaOCl + %2 PAA, %5.25 NaOCl + %17 EDTA solüsyonlarının yüzey gerilimi değerleri damla şekli analiz cihazı DSA30 (Kruss, Hamburg, Almanya) ile ölçüldü. Her irrigasyon solüsyonu için 10 ayrı ölçüm yapıldı. Veriler  $\text{mJ/m}^2$  cinsinden kaydedildi. Grupların ortalama ve standart sapma değerleri, tek yönlü ANOVA ve Bonferroni ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testleri yapılarak istatistiksel olarak değerlendirildi.

**Bulgular:** En yüksek yüzey gerilim değerini %5.25 NaOCl + %2 PAA solüsyonu, en düşük değeri %9 HEBP solüsyonu gösterdi. %5.25 NaOCl+ %2 PAA grubunun yüzey gerilimi, %5.25 NaOCl, %9 HEBP, %2 PAA, %5.25 NaOCl+ %9 HEBP gruplarından istatistiksel olarak daha yüksekti ( $p<0.05$ ). %5.25 NaOCl, %9 HEBP, %2 PAA ve %5.25 NaOCl+ %9 HEBP grupları arasında istatistiksel açıdan herhangi bir fark bulunmadı ( $p>0.05$ ).

**Sonuç:** Test edilen irrigasyon solüsyonları arasında %9 HEBP solüsyonu en düşük yüzey gerilimine sahipti.

**Anahtar Kelimeler:** Etidronik asit; Perasetik asit; Yüzey gerilimi

### ABSTRACT

**Aim:** The aim of this study was to compare the surface tension values of different irrigation solutions used in root canal treatment.

**Material and Method:** Surface tension values of 5.25% NaOCl, 9% HEBP, 2% PAA, 17% EDTA, 5.25% NaOCl + 9% HEBP, 5.25% NaOCl + 2% PAA, 5.25% NaOCl + 17% EDTA solutions were measured with the drop shape analyzer DSA30 (Kruss, Hamburg, Germany). Ten measurements were taken for each irrigation solution. Data were recorded in  $\text{mJ/m}^2$ . The mean and standard deviation values of the groups were evaluated statistically by one-way ANOVA and Bonferroni and Tukey Multiple Comparison Tests.

**Results:** 5.25% NaOCl + 2% PAA solution showed the highest surface tension value, and 9% HEBP solution showed the lowest value. The surface tension of the 5.25% NaOCl + 2% PAA group was statistically higher than the 5.25% NaOCl, 9% HEBP, 2% PAA, 5.25% NaOCl + 9% HEBP groups ( $p<0.05$ ).

**Conclusion:** The 9% HEBP solution had the lowest surface tension of any irrigation solutions tested.

**Keywords:** Etidronic acid; Peracetic acid; Surface tension

Makale gönderiliş tarihi: 01.08.2022; Yayına kabul tarihi: 29.09.2022

İletişim: Dr. Arzu Şahin Manti

Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı, Ankara/Türkiye

E-posta: [dtarzusahin@hotmail.com](mailto:dtarzusahin@hotmail.com)

<sup>1</sup> Prof. Dr., Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup> Uzm. Dt., Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

<sup>3</sup> Arş. Gör., Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

## GİRİŞ

Endodontik tedavinin başarısında, pulpal ve periradiküler enfeksiyonu kontrol altına almak önemli rol oynamaktadır. Ancak, endodontik tedavi sırasında kök kanal sistemindeki düzensiz yapılar, istmuslar, aksesuar kanallar, dentin tübülleri gibi alanlar, kök kanal aletlerinin etkin çalışmasını zorlaştırmaktadır.<sup>1</sup> Bu nedenle kök kanallarında bulunan organik ve inorganik doku artıklarının, mikroorganizmaların uzaklaştırılması, kontamine dentinin elimine edilmesi ve dentin geçirgenliğinin artırılması amacıyla mekanik preparasyona ek olarak çeşitli irrigasyon ajanları kullanılmaktadır.<sup>2</sup> Sodyum hipoklorit (NaOCl), üstün antimikrobiyal etki ve organik doku çözme yeteneği nedeniyle endodonti kliniklerinde en yaygın kullanılan irrigasyon solüsyonudur. Ancak sodyum hipoklorit smear tabakayı uzaklaştırmada etkisizdir. Bu nedenle smear tabakayı uzaklaştırmak için kök kanallarında çeşitli şelasyon ajanları kullanılmaktadır. Bu amaçla etilendiamin tetraasetik asit (EDTA) günümüzde endodontide en yaygın kullanılan şelasyon ajanıdır.<sup>3</sup> Ancak EDTA kök kanalının apikal bölgesindeki smear tabakayı uzaklaştırmada yetersiz kalmaktadır.<sup>4,5</sup> Ayrıca EDTA, NaOCl ile birlikte kullanıldığı zaman, NaOCl'in serbest klorunu azaltarak organik doku çözme kabiliyetini ve antimikrobiyal etkinliğini düşürmektedir.<sup>6</sup> Tüm bu olumsuzluklar nedeniyle smear tabakanın uzaklaştırılması amacıyla farklı şelasyon ajanları üzerinde durulmaktadır.

1-hidroksietiliden-1,1-bifosfonat ya da HEBP olarak da bilinen etidronik asit, biyoyumlu bir şelasyon ajanıdır. Etidronik asit, sodyum hipokloritle birlikte kullanıldığında kısa dönemde sodyum hipokloritin antimikrobiyal özellikleri üzerinde olumsuz etki yaratmadan, kalsiyum ile şelasyon yapabilmektedir.<sup>7</sup>

Enstrümantasyon sırasında ya da sonrasında, 1-hidroksietiliden-1,1-bifosfonat (HEBP) ve NaOCl karışımı tek bir irrigasyon solüsyonu olarak kullanıldığında, smear tabaka oluşumu önlenirken, aynı zamanda organik dokular çözülecek ve mikroorganizmalar elimine edilecektir.<sup>8</sup>

Perasetik asit (PAA) antibakteriyel, sporisidal ve antiviral etkilere sahip kuvvetli bir dezenfektandır.<sup>9</sup> Perasetik asidin içeriğinde bulunan ve zayıf bir şelatör olan asetik asit kalsiyumla suda çözünebilen kompleksler oluşturur.<sup>10</sup> Perasetik asidin asidik yapısı

nedeniyle kalsiyum solüsyon içerisinde çökmez.<sup>11</sup> Bu durum EDTA'dan daha zayıf şelasyon gücü olan PAA'nın, kök dentininden EDTA ile benzer miktarda kalsiyum uzaklaştırmasını açıklamaktadır.<sup>10</sup>

İrrigasyon solüsyonları dentin duvarları ve debris ile temas halinde olmalıdır. Bu temasın yakınlığı, irriganın katı dentin üzerindeki ıslanabilirliğine bağlıdır.<sup>12</sup> Islanabilirlik, bir sıvının katı bir yüzeye yayılma veya yapışma eğilimidir. Bu özellik, kimyasal çözeltinin, ana ve yan kanallara ve ayrıca dentinal tübüllere nüfuz etmesi için gereklidir ve yüzey gerilimine bağlıdır.<sup>13</sup> Yüzey gerilimi, bir çözeltinin ıslanabilirliğinin belirlenmesinde en önemli faktörlerden biri olarak kabul edilir.<sup>14</sup> Yüzey gerilimi, sıvının yüzey alanında azalma eğilimi oluşturan moleküller arasındaki kuvvettir.<sup>15</sup> Bu kuvvet, bir sıvının bir yüzey üzerine yayılmasını engelleme ya da kılcal boruya nüfuz etme kabiliyetini sınırlama eğilimindedir.<sup>15,16</sup> İdeal bir irrigasyon solüsyonunda bulunması gereken özelliklerden bir tanesi ulaşılması güç alanlara kolay nüfuz edebilmesi için solüsyonun düşük yüzey gerilimine sahip olmasıdır.<sup>17</sup>

Daha önce yapılan çalışmalar, yaygın kullanılan irrigasyon solüsyonlarının birçoğunun sert ve yumuşak doku artıklarının tamamen giderilmesinde etkisiz olduğunu göstermiştir.<sup>18,19</sup> Bununla birlikte solüsyonların bu olumsuzluğuna sebep olabilecek bir potansiyel faktör olan yüzey gerilimleri hakkında çok az bilgi bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı kök kanal irrigasyon sırasında tek başına ve/veya NaOCl ile birlikte kullanılan PAA, EDTA, HEBP solüsyonlarının yüzey gerilimlerinin karşılaştırmaktır.

## GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışmada farklı irrigasyon solüsyonlarının yüzey gerilim değerleri damla şekli analiz cihazı DSA30 (Kruss, Hamburg, Almanya) kullanılarak ölçüldü. Test edilen irrigasyon solüsyonları ve konsantrasyonları;

Grup 1. %5.25 NaOCl (Wizart, Rehber Chemistry, İstanbul, Türkiye)

Grup 2. %9 HEBP (Sigma Aldrich, St Louis, MO)

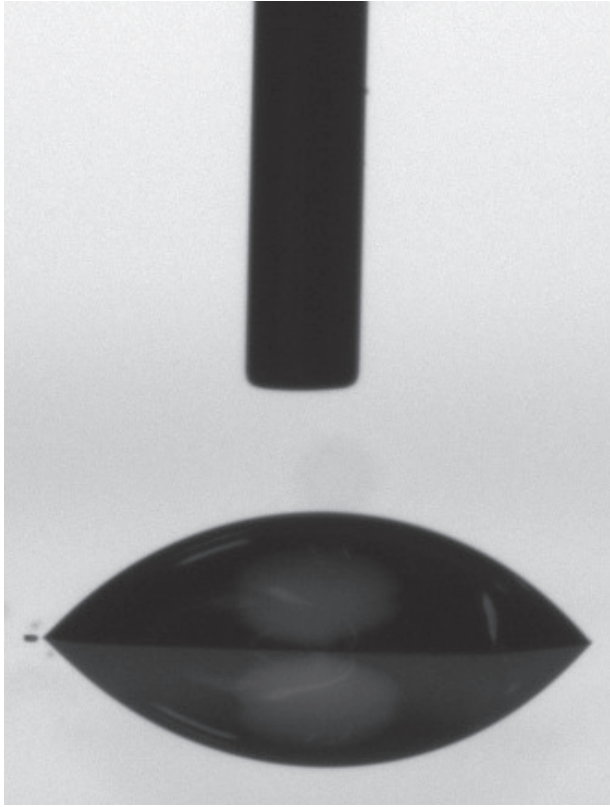
Grup 3. %2 PAA (Sigma Aldrich, St Louis, MO)

Grup 4. %17 EDTA (Wizart, Rehber Chemistry, İstanbul, Türkiye)

Grup 5. %5.25 NaOCl + %9 HEBP,

Grup 6. %5.25 NaOCl + %2 PAA

Grup 7. %5.25 NaOCl + %17 EDTA



**Resim 1.** Damlanın enine kesitinin dijital görüntüsü

Mevcut araştırmadaki tüm çözeltilerin reaktifleri deiyonize su içinde eritilerek taze olarak hazırlandı. Etidronik asit (Sigma Aldrich) %60 sulu HEBP solüsyonu (Code: H 6773) olarak temin edildi ve ağırlık/hacim oranı %9 olacak şekilde deiyonize suyla karıştırıldı. Hazırlanan solüsyon deney zamanına kadar oda sıcaklığında ve cam şişede muhafaza edildi. Perasetik asit (Code: 433241) bir firmadan (Sigma Aldrich,) %36-40 konsantrasyonlu olarak tedarik edildi ve ağırlık/hacim oranı %2 olacak şekilde deiyonize suyla seyreltildi. Solüsyon deney zamanına kadar 4 °C de buzdolabında muhafaza edildi. Solüsyon deney gününde 60 dakika oda sıcaklığında bekletildikten sonra kullanıldı.

Test çözeltilerinin yüzey gerilimleri damla şekli analiz cihazı DSA30 (Kruss, Hamburg) kullanılarak asılı damla tekniği ile oda sıcaklığında ölçüldü. Fotoğraf çekmek için bilgisayar kontrollü bir ekran, video kamera ve numuneleri enjekte etmek için bir elektronik şırınga ünitesi sağlayan cihaz ile test edilen solüsyonların yüzey gerilimi hızlı bir şekilde ölçüldü. Her deneyde, damlanın enine kesitinin dijital görüntüsü (Resim 1) bir kamera ile yakalandı ve damla şekli analiz yazılımına aktarıldı.

Bir şırınga iğnesinden bir damla sıvı sarkıtığında, eğri uydurma programı deneysel damla profilini Laplace denkleminde göre teorik olarak hesaplanan profillerle karşılaştırır:<sup>20</sup>

$$\Delta p = \gamma \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$$

Bu denklem, bir damla yüzeyinin kavisli bir bölümünün altındaki ve üzerindeki basınç farkını ( $\Delta p$ ) temel eğrilik yarıçapı ( $r_1$  ve  $r_2$ ) ile ilişkilendirir.

Test edilen her irrigasyon solüsyon için 10 ayrı ölçüm yapıldı ve veriler  $mj/m^2$  cinsinden kaydedildi.

### İstatistiksel Analiz

Verilerin istatistiksel analizi SPSS (SPSS Inc., Chicago) programı kullanılarak gerçekleştirildi. Grupların ortalama ve standart sapma değerleri, tek yönlü ANOVA ve Bonferroni ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testleri yapılarak istatistiksel olarak değerlendirildi.  $P < 0.05$  değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

### BULGULAR

İrrigasyon solüsyonlarının yüzey gerilim değerleri Tablo 1'de belirtildi. Deney gruplarının yüzey gerilimlerinin ortalama değerleri Şekil 1'de özetlenmektedir. Elde edilen bulgulara göre, kullanılan irrigasyon solüsyonlarından en yüksek yüzey gerilim değerini %5.25 NaOCl + %2 PAA solüsyonu, en düşük değeri %9 HEBP solüsyonu gösterdi. %5.25 NaOCl + %2 PAA grubunun yüzey gerilimi, %5.25 NaOCl, %9 HEBP, %2 PAA, %5.25 NaOCl + %9 HEBP gruplarından istatistiksel olarak daha yüksekti ( $p < 0.05$ ). %5.25 NaOCl, %9 HEBP, %2 PAA ve %5.25 NaOCl + %9 HEBP grupları arasında istatistiksel açıdan herhangi bir fark bulunmadı ( $p > 0.05$ ).

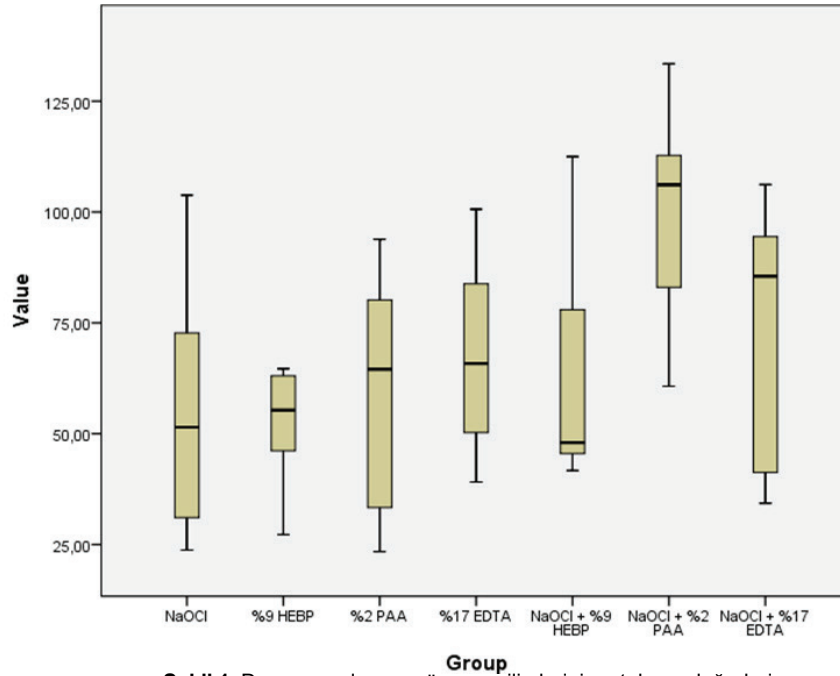
### TARTIŞMA

Endodontik tedavilerde kullanılan irrigasyon solüsyonları, debrisyi etkin uzaklaştırabilmek ve kök kanal sistemine nüfuz edebilmek için dentin duvarları ile yakın temas halinde olmalıdır. Bu yakın temas, solüsyonların yüzey gerilimlerine bağlıdır.<sup>21</sup> Islanabilirlik, bir sıvının katı bir yüzeye

**Tablo 1.** Gruplardaki (n=10) irrigasyon solüsyonlarının yüzey gerilimlerinin ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri (mj/mm<sup>2</sup>)

Gruplar	Ortalama ± Standart Sapma (mj/mm <sup>2</sup> )	Minimum (mj/mm <sup>2</sup> )	Maksimum (mj/mm <sup>2</sup> )
Grup 1 % 5.25 NaOCl	56.98 ± 28.65 <sup>A</sup>	23.74	103.82
Grup 2 % 9 HEBP	52.26 ± 12,82 <sup>A</sup>	27.22	64.64
Grup 3 % 2 PAA	59.50 ± 25.43 <sup>A</sup>	23.42	93.87
Grup 4 % 17 EDTA	67.64 ± 22.86 <sup>AB</sup>	39.11	100.64
Grup 5 % 5.25 NaOCl + % 9 HEBP	59.59 ± 23.00 <sup>A</sup>	41.7	112.49
Grup 6 % 5.25 NaOCl + % 2 PAA	99.27 ± 23,06 <sup>B</sup>	60.71	133.43
Grup 7 % 5.25 NaOCl + % 17 EDTA	73.00 ± 28.34 <sup>AB</sup>	34.34	106.2

\*NaOCl: sodyum hipoklorit, HEBP: etidronik asit, PAA: perasetik asit, EDTA: etilendiamin tetra asetik asit. Her sütun için farklı harfler gruplar arasındaki istatistiksel farkı belirtmektedir (p<0.05).

**Şekil 1.** Deney gruplarının yüzey gerilimlerinin ortalama değerleri

yayılma veya yapışma eğilimidir ve bu özelliğin, irrigasyon solüsyonlarının ana ve yan kanalların yanı sıra dentin tübüllerine nüfuz etmesi için önemli bir rol oynadığı gösterilmiştir.<sup>22</sup> İrriyanların yüzey gerilimi azaldıkça yüzeyin ıslanabilirliği artmakta ve kullanılan solüsyonların dentin tübüllerine daha iyi penetre oldukları bilinmektedir.<sup>23</sup>

Kök kanal tedavisinde NaOCl kullanımından sonra smear tabakanın uzaklaştırılması amacıyla farklı şelasyon ajanları kullanılmaktadır. Kalsiyum iyonları ile şelat oluşturan ve smear tabakanın mineralize kısmını uzaklaştıran EDTA bu amaçla en sık kullanılan solüsyondür.<sup>24</sup> EDTA yüksek bir

yüzey gerilim değerine sahiptir.<sup>13</sup> Daha önceki yapılan çalışmalarda EDTA'nın kök kanalının apikal üçlüsündeki smear tabakayı uzaklaştırmada yetersiz olduğu bildirilmiştir.<sup>4,5</sup> Bu durum yüksek yüzey gerilimine sahip olması nedeniyle kök kanal derinliklerine yeterince nüfuz edememesine bağlı olabilir. Bu nedenle EDTA solüsyonlarına, ıslatmayı kolaylaştırmak ve şelatörlerin dentine nüfuz etme kabiliyetini artırmak amacıyla solüsyonun yüzey gerilimini azaltacak çeşitli ajanlar dahil edilmiştir.<sup>23,25</sup>

Ayrıca EDTA'nın antibakteriyel etkisi sınırlıdır. Bu nedenle, sodyum hipokloritle kombine kullanımı gereklidir.<sup>26</sup> EDTA'nın NaOCl ile birlikte kullanıldığı zaman, NaOCl'nin serbest klorunu bağlayarak organik doku çözme kabiliyetini ve antimikrobiyal etkinliğini düşürdüğü bilinmektedir.<sup>6</sup> Çalışmamızda tüm şelasyon ajanlarının NaOCl ile birlikte yüzey gerilim ölçümlerinin yapılmasının amacı, şelasyon ajanlarının NaOCl ile kombine kullanımının solüsyonların yüzey gerilimlerinde bir değişiklik yaratıp yaratmadığını araştırmaktır.

Günümüzde organik dokuyu çözebilen ve aynı anda smear tabakasını demineralize edebilen tek bir irrigasyon solüsyonu yoktur.<sup>27</sup> Etidronik asit, sodyum hipokloritle karıştırıldığında kısa dönemde sodyum hipokloritin antimikrobiyal özelliklerini bozmadan, kalsiyum şelasyonu yapabilmektedir.<sup>7</sup> Enstrümantasyon boyunca ya da sonrasında, HEBP ile karıştırılmış NaOCl tek bir irrigan olarak kullanıldığında, smear tabaka oluşumu önlenirken, aynı zamanda pulpa artıkları çözülecek ve mikroorganizmalar elimine edilecektir. Bu durumda tek bir solüsyon kullanılarak tedavi süresi kısalmaktadır.<sup>8</sup>

Giardino ve ark.<sup>13</sup> tarafından yapılan bir çalışmada, sırasıyla NaOCl, NaOCl + EDTA karışımları etidronat tozu (Dual Rinse® HEDP) ile birlikte kullanılmış NaOCl'nin yüzey gerilimi ve antimikrobiyal aktivitesi değerlendirilmiştir. Çalışmamızın bulgularıyla da benzer olarak NaOCl'ye etidronat ilavesi solüsyonun yüzey gerilimini artırmıştır.

Çalışmamızın sonuçlarına göre tek başına etidronik asit solüsyonunun yüzey gerilimi diğer solüsyonlarla karşılaştırıldığında daha düşüktür. Yapılan çalışmalarda etidronik asitin kök dentinin apikal üçlüsünden EDTA'ya kıyasla daha fazla debris ve smear tabaka uzaklaştırdığı gösterilmiştir.<sup>28</sup> Bu

durum etidronik asidin düşük yüzey gerilimi nedeniyle dentin tübüllerine daha iyi penetre olabilmesi ile açıklanabilir.

Yüzey gerilimi, sıvının yüzey alanında azalma eğilimi oluşturan moleküller arasındaki kuvvet olarak tanımlanmaktadır.<sup>15</sup> Bu moleküller arası çekim yok edildiğinde yüzey gerilimi azalır. Bu amaçla, ısı kullanımı veya bir yüzey aktif madde ekleyerek solüsyonların yüzey gerilimi azaltılabilmektedir.<sup>15,16</sup> Solüsyonların yüzey gerilimleri üzerinde pH ve sıcaklık değerlerinin önemli rolü olduğu bilinmektedir. Önceki bir çalışmada, farklı pH ve sıcaklık değerlerinde hazırlanan EDTA çözeltilerinin yüzey gerilim seviyeleri ölçülmüş, pH ve sıcaklık değişimleri bu çözeltilerin yüzey gerilimi seviyelerinde önemli bir değişikliğe neden olmuştur.<sup>20</sup>

Çok az sayıda çalışma, endodontik tedavinin genel başarısında irrigasyon solüsyonlarının yüzey geriliminin potansiyel etkisini ele almıştır.<sup>15,16</sup> Bu çalışmanın amacı, endodontik tedavilerde kullanılan irrigasyon solüsyonlarının yüzey gerilimi değerleri için karşılaştırmalı veriler elde etmektir. Minimum enstrümantasyonla maksimum antibakteriyel ve doku çözme kapasitesinden yararlanmak için, bir arada kullanılan farklı irrigasyon solüsyonlarının yüzey gerilimine ilişkin daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

## SONUÇ

Test edilen irrigasyon solüsyonları arasında %9 HEBP solüsyonu en düşük yüzey gerilimine sahiptir. Kullanılan tüm şelasyon ajanlarına NaOCl'nin eklenmesi, yüzey gerilimlerinde artışa neden olmuştur.

## KAYNAKLAR

1. Siqueira JF, Araújo MC, Garcia PF, Fraga RC, Dantas CJ. Histological evaluation of the effectiveness of five instrumentation techniques for cleaning the apical third of root canals. J Endod 1997;23:499-502.
2. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. Dent Clin N Am 2010;54:291-312.
3. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. Br Dent J 2014;216:299-303.
4. Ballal NV, Kandian S, Mala K, Bhat KS, Acharya S. Comparison of the efficacy of maleic acid and ethylenediaminetetraacetic acid in smear layer removal from instrumented human root canal: a scanning electron microscopic study. J Endod 2009;35:1573-6.



5. Ulusoy ÖİA, Görgül G. Effects of different irrigation solutions on root dentine microhardness, smear layer removal and erosion. *Aust Endod J* 2013;39:66–72.
6. Grawehr M, Sener B, Waltimo T, Zehnder M. Interactions of ethylene diamine tetra acetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *Int Endod J* 2003;36:411–7.
7. Girard S, Paqué F, Badertscher M, Sener B, Zehnder M. Assessment of a gel-type chelating preparation containing 1-hydroxyethylidene-1,1-bisphosphonate. *Int Endod J* 2005;38:810–6.
8. Tartari T, Guimarães BM, Amoras LS, Duarte MAH, Silva e Souza PAR, Bramante CM. Etidronate causes minimal changes in the ability of sodium hypochlorite to dissolve organic matter. *Int Endod J* 2015;48:399–404.
9. McDonnell G, Russell AD. Antiseptics and disinfectants: activity, action and resistance. *Clin Microbiol Rev* 1999;12:147–79.
10. Lottanti S, Gautschi H, Sener B, Zehnder M. Effects of ethylene diamine tetra acetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *Int Endod J* 2009;42:335–43.
11. Gubler M, Brunner TJ, Zehnder M, Waltimo T, Sener B, Stark WJ. Do bioactive glasses convey a disinfecting mechanism beyond a mere increase in pH? *Int Endod J* 2008;41:670–8.
12. Pecora JD, Guimaraes LF, Savioli RN. Surface tension of several drugs used in Endodontics. *Braz Dent J* 1991;2:123–7.
13. Giardino L, Ambu E, Becce C, Rimondini L, Morra M. Surface tension comparison of four common root canal irrigants and two new irrigants containing antibiotic. *J Endod* 2006; 32:1091-93.
14. Lopes HP, De Faria AR, Alves FRF, Elias CN. Wettability of irrigants used in root canal treatment. *Dentistry* 2015;5:283.
15. Cameron JA. The effect of a fluorocarbon surfactant on the surface tension of the endodontic irrigant, sodium hypochlorite. A preliminary report. *Aust Dent J* 1986;31:364–8.
16. Abou-Rass M, Patonai FJ. The effects of decreasing surface tension on the flow of irrigating solutions in narrow root canals. *Oral Surg* 1982;53:524–6.
17. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod* 2006;32:389–98.
18. Baker NA, Eleazer PD, Averbach RE, Seltzer S. Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. *J Endod* 1975;1:127–35.
19. Rubin LM, Skobe Z, Krakow AA, Gron P. The effect of instrumentation and flushing of freshly extracted teeth in endodontic therapy: a scanning electron microscope study. *J Endod* 1979;5:328–35.
20. Yılmaz Z, Aktemur S, Buzoglu HD, Gümüşderelioglu M. The effect of temperature and pH variations on the surface tension of EDTA solutions. *J Endod* 2011;37:825-27.
21. Giardino L, Estrela C, Mohammadi Z, Generali L, Asgary S. The *in vitro* effect of irrigants with low surface tension on *Enterococcus faecalis*. *Iran Endod J* 2015;10:174–8.
22. Wang Z, Shen Y, Ma J, Haapasalo M. The effect of detergents on the antibacterial activity of disinfecting solutions in dentin. *J Endod* 2012;38:948–53.
23. Taşman F, Çehreli ZC, Ogan C, Etikan I. Surface tension of root canal irrigants. *J Endod* 2000;26:586–7.
24. Scelza MF, Teixeira AM, Scelza P. Decalcifying effect of EDTA-T, 10% citric acid, and 17% EDTA on root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 2003;95:234-36.
25. Hu"lsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J* 2003;36:810–30.
26. Shabahang S, Pouresmail M, Torabinejad M. In vitro antimicrobial efficacy of MTAD and sodium hypochlorite. *J Endod* 2003;29:450 –2.
27. Giardino L, Del Fabbro M, Cesario F, Fernandes FS, Andrade FB. Antimicrobial effectiveness of oxidant and chelating agents combination in infected dentine: an *ex vivo* confocal laser scanning microscopy study. *Int Endod J*. 2018;51:448–56.
28. Ulusoy Öİ, Zeyrek S, Çelik B. Evaluation of smear layer removal and marginal adaptation of root canal sealer after final irrigation using ethylenediaminetetraacetic, peracetic and etidronic acids with different concentrations. *Microsc Res Tech* 2017;80:687-92.