



## YENİ GELİŞTİRİLEN İRRİGASYON SOLÜSYONUNUN VE FARKLI İRRİGANTLARIN YÜZEY GERİLİMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

### EVALUATION OF SURFACE TENSION OF A NEWLY DEVELOPED IRRIGATION SOLUTION AND DIFFERENT IRRIGANTS

Dr. Dt. Ersan ÇİÇEK\*

Doç. Dr. Emre BODRUMLU\*\*

**Makale Kodu/Article code:** 1119  
**Makale Gönderilme tarihi:** 13.03.2013  
**Kabul Tarihi:** 27.06.2013

#### ÖZET

Çalışmamızın amacı, yeni geliştirilen irrigasyon solüsyonu SBT (Streptokinaz, Baryum sülfat ve Tween 80) ve farklı irrigasyon solüsyonlarının oda sıcaklığındaki yüzey gerilim değerlerinin incelenmesidir. Yeni geliştirilen irrigasyon solüsyonu Streptokinaz, Baryum sülfat ve Tween 80 karışımından elde edildi. Çalışmamızda irrigasyon solüsyonu olarak %5,25 sodyum hipoklorit (NaOCl), %2 klorheksidin (CHX), mixture of tetracycline isomer, an acid and detergent (MTAD), Ozonlu Su ve streptokinaz, baryum sülfat ve tween 80 karışımı (SBT) kullanıldı. İrrigasyon solüsyonlarının yüzey gerilimi tayininde Traube Stalogrammetresiyle damla metodu kullanıldı. Solüsyonların yüzey gerilimleri Hagen-Poiseuille denkleminde dayalı bir eşitlik ile saptandı.

Yeni oluşturulan irrigasyon solüsyonu SBT karışımının yüzey gerilimi  $48,55 \text{ mJ/m}^2$  bulunurken, en yüksek yüzey gerilimine NaOCl ( $84,93 \text{ mJ/m}^2$ ), en düşük yüzey gerilimine MTAD'ın ( $48,53 \text{ mJ/m}^2$ ) sahip olduğu gözlemlendi. Ozonlu suyun yüzey gerilimi ( $72,80 \text{ mJ/m}^2$ ), CHX'in yüzey gerilimi ise ( $60,66 \text{ mJ/m}^2$ ) olarak belirlendi.

SBT irrigasyon solüsyonunun yüzey geriliminin düşük olmasından dolayı penetrasyon kabiliyeti yüksek olmakta ve böylece kök kanal sisteminde dentine yüksek penetrasyon gösterebileceği kanısındayız.

**Anahtar Kelimeler:** Yüzey gerilimi, İrrigasyon Solüsyonu, Streptokinaz, Baryum sülfat, Tween 80, Kök kanal sistemi.

#### ABSTRACT

The aim of the present study was to compare the surface tension values of a newly developed irrigation solution SBT and different irrigation solutions (%5,25 NaOCl, %2 CHX, MTAD, Ozonated Water) at room temperature. The newly developed irrigation solution SBT includes Streptokinase, Barium sulphate and Tween 80. The determination of the surface tension of the irrigants was done by the drop method with Traube Stalogrammeter. The surface tension of solutions was calculated with an equation based on Hagen-Poiseuille law.

It was observed that NaOCl ( $84,93 \text{ mJ/m}^2$ ) had the highest surface tension and MTAD had the least surface tension, while the surface tension of SBT was found as  $48,55 \text{ mJ/m}^2$ . Additionally, the surface tension of Ozonated water and CHX was determined as  $72,80 \text{ mJ/m}^2$ ,  $60,66 \text{ mJ/m}^2$  respectively.

With the limitations of this study, it can be concluded that low surface tension of SBT may ensure high penetration of irrigation solution to the root canal dentin.

**Keywords:** Surface tension, Irrigation solution, Streptokinase, Barium sulphate, Tween 80, Root canal system.

\*Bülent Ecevit Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Zonguldak

\*\*Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Samsun



## GİRİŞ

Endodontik tedavinin başarılı olmasında, kök kanal sisteminde bulunan organik ve inorganik materyallerin, periapikal dokular açısından enfeksiyon riski taşıyan tüm mikroorganizmaların ve toksik ürünlerin uzaklaştırılması oldukça etkin rol oynamaktadır. Bu amaçla klinikte mekanik preparasyonun yanı sıra irrigasyon solüsyonları kullanılmakta ve kök kanal sisteminde mekanik preparasyonla ulaşılamayan alanlarda dezenfeksiyon sağlanmaya çalışılmaktadır. Kök kanal sisteminde irrigasyon solüsyonlarının etkili olmasını, yüzey geriliminin düşük yada yüksek olması belirlemektedir.<sup>1</sup>

Yüzey gerilimi, bir sıvının yüzeyini 1 cm<sup>2</sup> artırmak için birim uzunluğa uygulanması gereken kuvvettir. Yüzey gerilimi ve ara yüzey gerilimi "γ" ile gösterilmektedir ve birimi cgs sistemine göre (mj/m<sup>1</sup>), SI sistemine göre ise miliNewton/metredir (mN/m<sup>1</sup>). Yüzey gerilimi sıcaklıkla değişmektedir. Sıcaklık arttıkça düşme göstermektedir.<sup>2</sup>

Yüzey gerilimi, fizikokimya da bir sıvının yüzey katmanının esnek bir tabakaya benzer özellikler göstermesinden kaynaklanan etkiye verilen addır. Sıvının yüzey alanını azaltan moleküller arası çekim kuvveti olup, sıvının yüzeye dağılımını veya dar alanlara penetrasyonunu önlemektedir. Yüzey gerilimi sıcaklıkla ya da yüzey gerilimini azaltan kimyasal maddelerin ortama katılmasıyla azaltılabilmektedir. Düşük yüzey gerilimi gösteren irrigasyon ajanları girilemeyen alanlara irriganın akışını kolaylaştırmaktadır.<sup>1</sup>

Yüksek yüzey gerilimi irrigasyon solüsyonlarının dentin tübülleri içine penetrasyonunu azaltmaktadır. Dolayısıyla irrigasyon solüsyonun dentin tübülleri içerisindeki antibakteriyel etkinliği düşmektedir.<sup>3</sup> İrrigasyon solüsyonlarının kök kanal dentin duvarlarına uygun temas zamanını değerlendiren bir çalışmada, en büyük rolü irrigantın dentini ıslatabilme kabiliyetinin oynadığı gösterilmiştir.<sup>4</sup>

Islatabilirlik ideal yüzeyler üzerindeki yüzey gerilimiyle (kimyasal olarak homojen, düz, reaktif olmayan, deformasyonsuz ve ıslatan sıvı ile şişmemesi) ve daha sonra dentinin yüzey özellikleri ile ilişkili bulunmuştur.<sup>5,6</sup> Optimum ıslatabilirlik elde etmek için, substratın yüzey enerjisi mümkün olduğu kadar yüksek olmalı ve substrat ile temasta olan sıvının yüzey gerilimi mümkün olduğu kadar düşük olmalıdır. Yüzey

gerilimi, uygulanan sıvının yüzeyindeki moleküler içi çekim olduğu durumlarda, solüsyonun uygulanan yüzey üzerine yayılmasına engel olmaktadır.<sup>7</sup> Bu molekül içi çekim yok edildiği zaman, yüzey gerilimi düşmektedir.

Düşük yüzey gerilimi irrigantların prepare edilememiş kök kanalındaki alanlarına, lateral kanallara ve dentin tübüllerine penetrasyonlarını ve dentin duvarları ile temaslarını arttırabilmektedir.<sup>8</sup> Yüzey gerilimi sıcaklığın artırılması ile ya da surfaktan olarak bilinen (yüzey gerilim azaltıcı) kimyasallar eklenerek azaltılabilmektedir.<sup>7-11</sup>

Bütün bu bilgiler ışığında, çalışmada yeni geliştirilen irrigasyon solüsyonu ile klinikte kullanılan farklı irrigasyon solüsyonlarının oda sıcaklığındaki yüzey gerilim değerlerinin belirlenerek incelenmesi amaçlanmıştır

## MATERYAL VE METOD

### Yeni Geliştirilen İrrigasyon Solüsyonun Hazırlanması:

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, Fizikokimya laboratuvarında, yeni geliştirilen irrigasyon solüsyonunun içerisinde *Streptokinaz*, *Baryum sülfat*, *Tween 80* ve *serum fizyolojik* bulunacak şekilde hazırlanarak yüzey geriliminin incelenmesinde kullanıldı.

### İrrigasyon Solüsyonlarının Yüzey Geriliminin değerlendirilmesi:

İrrigasyon solüsyonlarının yüzey gerilimi tayininde Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, Fizikokimya laboratuvarında, Traube Stalogrametresi yardımıyla damla metodu kullanıldı (Şekil 1). Bu yöntemin esası, yüzey gerilimi bilinen bir sıvının damla sayısı, damla ağırlığı veya damla hacmi yardımı ile ve Hagen-Poiseuille denklemine dayalı bir eşitlik ile sıvının yüzey geriliminin saptanmasıdır. Bir damlalıktan damlamak üzere olan bir damlayı damlalık ucunda tutan kuvvet, damlalık yarıçapı ve sıvının yüzey gerilimi ile orantılıdır. Damla koştugu anda damlanın ağırlığı sıvının yüzey gerilimine eşittir.<sup>2</sup>

$$m.g = 2 \pi r \gamma ; \quad \gamma = m.g / 2 \pi r$$

m : Sıvı damlasının kütlesi (g)

g : Yerçekimi ivmesi (980,7 cm/s<sup>2</sup>)

r : Damlalık yarıçapı (cm)

γ : Sıvının yüzey gerilimi (dyn/cm)



Suyun yüzey gerilimi ( $72,8 \text{ mJ/m}^2$ ) bilindiği için bu verinin yardımıyla irrigasyon solüsyonlarının yüzey geriliminin tayini yapıldı.



Şekil 1. Traube Stalagmometresi

Yüzey gerilim tayininde damlalık kullanıldı. Darası alınmış bir kaba bu damlalık ile 50 damla su damlatıldı ve tekrar tartımı alınarak 50 damla suyun kütlesi ile bir damla suyun kütlesi ( $m_1$ ) bulundu.

Kullanılan cam kap ve damlalık uygulama öncesi kromik asit ile yıkanarak kurulandı ve cam kap içine aynı damlalık ile bu kez irrigasyon solüsyonlarından NaOCl 50 damla damlatıldı ve tekrar tartımı alınarak 50 damla NaOCl solüsyonun kütlesi ile bir damla NaOCl solüsyonun kütlesi ( $m_2$ ) bulundu. CHX, MTAD, Ozonlu su ve SBT (Streptokinaz, Baryumsülfat ve Tween 80 karışımı) irrigasyon solüsyonları için aynı işlemler tekrarlandı ve elde edilen veriler; aşağıdaki eşitlikten kullanılan bütün solüsyonların ayrı ayrı yüzey gerilimleri hesaplandı.

$$\gamma_1 / \gamma_2 = m_1 / m_2$$

$\gamma_1$  : Suyun yüzey gerilimi (dyn/cm)

$\gamma_2$  : Zeytinyağının yüzey gerilimi (dyn/cm)

$m_1$  : Suyun kütlesi (g)

$m_2$  : Zeytinyağının kütlesi (g) (zeytinyağı denklemdaki bilinmeyenlerin açıklanabilmesi için örnek olarak kullanılmıştır.)

Bu işlemler her bir solüsyon için üçer defa olacak şekilde tekrarlandı ve elde edilen verilerin aritmetik ortalamaları alındı.  $\text{Dyn/cm} = \text{mN/m} = \text{mJ/m}^2$  olması nedeniyle dyn/cm ile elde edilen sonuçlar, diğer çalışmalarla kıyaslama yapabilmek için  $\text{mJ/m}^2$  ye çevrildi.

## BULGULAR

İrrigasyon solüsyonlarının yüzey gerilim değerleri Tablo 3'te belirtildi. Yeni oluşturulan irrigasyon solüsyonu SBT karışımının yüzey gerilimi  $48,55 \text{ mJ/m}^2$  bulunmuştur. Elde edilen bulgulara göre, kullanılan irrigasyon solüsyonlarından en yüksek yüzey gerilim değerini NaOCl ( $84,93 \text{ mJ/m}^2$ ), en düşük değeri MTAD ( $48,53 \text{ mJ/m}^2$ ) gösterdi. Ozonlu su ile distile suyun yüzey gerilimlerinin birbirine eşit olduğu gözlemlendi.

Tablo 3. İrrigasyon solüsyonlarının yüzey gerilim ortalama değerleri

İrrigasyon Solüsyonları	Ortalama Değerleri ( $\text{mJ/m}^2$ )
Distile Su	72,80
CHX	60,66
NaOCl	84,93
Ozonlu Su	72,80
MTAD	48,53
SBT	48,55

## TARTIŞMA

Endodontik tedavinin başarılı olmasında, bütün pulpa dokusunun, enfekte ve nekrotik dokuların ve mikroorganizmaların kök kanal sisteminden uzaklaştırılmasının önemi oldukça fazladır.<sup>12,13</sup> Bu nedenle, mekanik preparasyonun yanısıra etkili ve toksik olmayan irrigasyon solüsyonlarının kullanılması ile mekanik preparasyonla ulaşılamayan yan kanalların dezenfeksiyonunda ve bu kanallarda bulunan mikroorganizmaların, enfekte dokuların eliminasyonu sağlanmaktadır. Dolayısıyla tüm kök kanal sistemine irrigasyon solüsyonlarının penetre olması istenmektedir. İrrigasyon solüsyonlarının yüzey gerilimi azaldıkça penetrasyon kabiliyetleri artmaktadır.<sup>1,14</sup>

Kök kanal tedavisi sırasında kullanılan aletlerin kök kanal sistemindeki birçok alana temas etmediği ve debrisı yeterince uzaklaştıramadığı bildirilmiştir.<sup>15</sup> Bu yüzden kök kanal tedavisinde önemli bir aşama olan irrigasyon işleminde kullanılan irrigasyon solüsyonlarının dentin duvarlarına ve debris'e temas etmesi gerekmektedir.<sup>4</sup> Bu temasın sağlanması irrigasyon solüsyonlarının dentini ıslatabilme kabiliyetine ve bu solüsyonların yüzey gerilimine bağlıdır.<sup>4</sup> Yüzey gerilimi,

solüsyonların yüzey alanlarını azaltmak için oluşturduğu yatkınlığın moleküller arasındaki kuvvet olarak tanımlanmıştır.<sup>14</sup> Bu kuvvet solüsyonların kapiller tüp içerisine penetrasyonun sınırlandırmaya yöneliktir. Bu nedenle, endodontik tedavide kullanılan irrigasyon solüsyonlarının yüzey gerilimlerinin düşük olması istenmektedir. İrrigasyon solüsyonlarının ıslatabilme kabiliyetlerinin artması ile kök kanal sistemindeki ana ve yan kanallar ile dentin tübüllerinin içerisine penetrasyon derecesi artacaktır.<sup>7</sup> Böylece, yıkama ve organik doku çözme kabiliyetinin daha etkin olması sağlanabilir.<sup>7</sup>

Giardino ve arkadaşları<sup>3</sup> yüksek yüzey geriliminin, NaOCI'nin dentine penetrasyonunu azaltmasından dolayı antimikrobiyal etkinliğinin de azaldığını rapor etmişlerdir. Haapasalo ve Orstavik<sup>16</sup> *E. faecalis*'in 3 hafta inkübasyon süresinden sonra kök kanal sistemindeki dentin tübüllerinin 800-1000µm derinliğine kadar ilerleyebilmesine rağmen, Zou ve arkadaşları<sup>17</sup> NaOCI'nin 45°C'de 20 dakika kanallarda bekletilmesi ile dentin tübüllerinde en fazla 300 µm derinliğe penetre olabildiğini bildirmişlerdir.

Güncel irrigasyon solüsyonları içerisindeki güçlü deterjanların bulunmasından dolayı yüzey gerilimleri düşük olmakta ve böylece çok daha etkili antimikrobiyal etkilerinin olduğu birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir.<sup>18-20</sup>

Birçok çalışmada irrigasyon solüsyonlarının yüzey gerilimlerinin düşük olmasının endodontik tedavinin başarısında oldukça önemli olduğunu ve bu solüsyonlarla yapılan irrigasyon işlemi sonrasında kök kanal sisteminde artık materyallerin ve debrisin tamamına yakın kısmının uzaklaştırıldığı gösterilmiştir.<sup>8,14,21,22</sup> Yüzey gerilimi sıcaklıkla ve sürfaktan (yüzey gerilimi düşürücü ajan) olarak bilinen kimyasalların eklenmesi ile düşürülebilmektedir. Böylece kök kanal sistemindeki ensürmantasyonun temas etmediği alanlara, lateral kanallara ve dentin tübüllerine irrigasyon solüsyonlarının penetrasyonu artarak güçlü doku çözme kabiliyetleri oluşmaktadır.<sup>10,11,23</sup> Ayrıca düşük yüzey gerilimi irrigantın dentin tübüllerine penetrasyonunu arttırdığından dolayı antimikrobiyal etkinliğinin de arttığını bildirmişlerdir.<sup>1,14</sup> Bununla birlikte Akçay ve Şen'in<sup>24</sup> yapmış oldukları çalışmalarında EDTA solüsyonunun içerisine sürfaktan ekleyerek kök dentinin sertliğine etkisini incelemişler ve kök dentinin sertliğini azalttığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda yeni geliştirilen irrigasyon solüsyonu olan SBT kullanıldığından ve

irrigasyon solüsyonlarının kök kanal sistemindeki etkinliği ile dentine penetrasyonu, solüsyonun yüzey gerilimi ile ilişkili olduğundan dolayı solüsyonların yüzey gerilimleri değerlendirilmiştir.

Yüzey gerilimi ölçümünde birçok metot kullanılmaktadır. Seçilecek yöntem gerekli doğruluk, maliyet, testin uygulama süresi ve uygulayıcının becerisine bağlı değişebilmektedir. Yapılan bu çalışmada ise, Traube Stalogrametresi yardımıyla damla metodu kullanılmıştır.<sup>25</sup> Damla metodunun en büyük avantajı deney düzeneği hazırlanması ve uygulamanın kolay olmasıdır. Bu yöntemin dezavantajları arasında, yüzeydeki buharlaşma ve kirlenme, uzun zaman aralığında yanlış ölçümlere yol açması sayılabilir.<sup>25</sup> Uygulamasının kolay olması ve standartlığı tanımlanan distile suyun yüzey geriliminin bilinmesi nedeniyle, çalışmamızda yüzey geriliminin tespit edilmesi için damla metodu tercih edilmiştir.

İrrigasyon solüsyonunun etkinliği sadece kimyasal özelliğine değil, solüsyonun miktarına, ısısına, uygulama süresine, yüzey gerilimine, tazeliliğine ve solüsyonu aktive etmek için kullanılan yöntemlere bağlı olmaktadır. Sodyum hipokloritin antimikrobiyal etkinliğinin geliştirilmesi substratın yüzeyi ıslatma kabiliyetinin artırılmasına bağlıdır. Böylelikle solüsyon daha derine penetre olabilmektedir.<sup>26</sup> Cunningham ve Balekjian<sup>26</sup> sodyum hipokloritin oda sıcaklığından 37 °C'ye ısıtılmasının doku çözücü etkisini arttırdığını rapor etmişlerdir. Palazzi ve arkadaşları<sup>27</sup> %5,25'lik NaOCI'nin yüzey geriliminin 22 °C'de 48,9mJ/m<sup>2</sup> olarak belirlemişlerdir. Araştırmamızda 25°C'de NaOCI'nin yüzey gerilim değerinin fazla bulunmasının sebebi test sıcaklığındaki 3°C farka ve solüsyonun konsantrasyon farkına bağlı olabileceği düşüncesindeyiz. Ayrıca, Spano ve arkadaşları<sup>28</sup> çalışmalarında % 5'lik NaOCI'nin yüzey gerilim değerini (77,3mJ/m<sup>2</sup>) bulunken, bu bulgu çalışmamızın sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Buna karşın, aynı araştırmacıların çalışmasında, dişlerdeki rezidüel pulpaya temas ederek taşan NaOCI'nin yüzey geriliminin 39,2 mJ/m<sup>2</sup>'ye düştüğü rapor etmiştir. Bunu da pulpal doku çözülmesinde rezidüel klorinin konsantrasyonu ile direkt ilişkisi olduğunu ve kullanılan tüm konsantrasyonlarda rezidüel klorin varlığından kaynaklı olduğunu bildirmişlerdir.

Giardino ve arkadaşları<sup>3</sup> irrigasyon solüsyonlarının yüzey gerilimlerini değerlendirdikleri çalışmada, distile suyun yüzey gerilimi 72,1 mJ/m<sup>2</sup> olarak tespit

etmişlerdir. Yamada ve arkadaşları<sup>29</sup> distile suyun yüzey gerilimini farklı sıcaklıklarda değerlendirmişler ve 25 °C'deki değerini 72,00 mJ/m<sup>2</sup> olarak bulmuşlardır. Çalışmamızda distile suyun yüzey gerilimi bu çalışmalarla uyumlu bulunmuştur (72,00 mJ/m<sup>2</sup>).

Giardino ve arkadaşları<sup>3</sup>, MTAD'ın yüzey gerilimi 34,5 mJ/m<sup>2</sup> olarak bulmuşlardır. Bununla birlikte çalışmamızda tespit edilen MTAD'ın yüzey gerilimi (48,53 mJ/m<sup>2</sup>) önceki yapılan çalışmalar ile oldukça benzerlik göstermektedir. MTAD'ın yüzey gerilimi ile ilgili başka bir çalışma tarafımızdan bulunamadığı için daha fazla karşılaştırma yapılamamıştır. SBT, MTAD'a benzer düzeyde yüzey gerilimi gösterdiğinden; MTAD çalışmalarındaki gibi kök kanal sistemine penetrasyon kabiliyeti göstereceği kanaatindeyiz.

Çalışmamızda, CHX'nin yüzey gerilimi 60,66 mJ/m<sup>2</sup> olarak bulunurken, Ozonlu suyun distile su ile aynı, 72,80 mJ/m<sup>2</sup> yüzey gerilimine sahip olduğu bulunmuştur. CHX'nin yüzey gerilimi ile ilgili bilgiye üretici firma da dahil olmak üzere hiçbir çalışma bulgusunda rastlanılmamıştır. Ayrıca Ozonlu su ve yeni geliştirilen irrigasyon solüsyonu SBT'nin (48,55 mJ/m<sup>2</sup>) yüzey gerilimleri ile ilgili de önceden yapılmış olan herhangi bir çalışma bulunmadığından kıyaslama yapılamamıştır.

Bu bilgilerin ışığında SBT irrigasyon solüsyonunun yüzey geriliminin düşük olmasından dolayı penetrasyon kabiliyetinin yüksek olabileceği ve böylece kök kanal sisteminde dentine yüksek penetrasyon gösterebileceği düşüncesindeyiz.

Bilgilendirme:

Bu çalışma "Streptokinaz İçerikli Yeni Bir Irrigasyon Solüsyonunun Çeşitli Özelliklerinin Farklı İrriganlarla Karşılaştırılarak Değerlendirilmesi" konulu tez çalışmamızdan üretilmiştir.

## KAYNAKLAR

1. Alaçam T. Kök kanallarının irrigasyonu. Alaçam T. Editör, Endodonti'de 1. Baskı, Ankara, Özyurt Matbaacılık 2012; 529-86.
2. Bozkır A, Karataş A, Hasççek C, Canefe K, Kılıçarslan M, Tarımcı N, Yüksel N, Gönül N, Özdemir N, Baykara T, Kılınc-Şen T, Çomoğlu T. Yüzey gerilimi ve tayini. Farmasötik Teknoloji Deneysel Uygulamalar Kitabı'nda. Ankara

- Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları 1995, Yayın no: 95. 74-6.
3. 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;32:1091-3.
  4. Pecora JD, Guimaraes LF, Savioli RN. Surface tension of several drugs used in endodontics. Braz Dent J 1991;13:123-7.
  5. Eick JD, Johnson LN, Fromer JR, Good RJ, Neumann AW. Surface topography: its influence on wetting and adhesion in a dental adhesive system. J Dent Res 1972;51:780-8.
  6. Erickson RL. Surface interactions of dentin adhesive materials. Oper Dent 1992;5:81-94.
  7. Cameron JA. The use of sodium hypochlorite activated by ultrasound for the debridement of infected, immature root canals. J Endod 1986; 12:550-4.
  8. Abou-Rass M, Patonai FJ. The effect of decreasing surface tension on the flow of irrigating solutions in narrow root canals. Oral Surg 1982;53:524-6.
  9. Pecora JD, Sousa-Neto MD, Guerisoli DMZ, Marchesan MA. Effect of reduction of the surface tension of different concentrations of sodium hypochlorite solutions on radicular dentine permeability. Braz Dent J 1998;3:38-40.
  10. Williamson AE, Cardon JW, Drake DR. Antimicrobial susceptibility of monoculture biofilms of a clinical isolate of Enterococcus faecalis. J Endod 2009;35:95-7.
  11. 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.
  12. Siqueira JF Jr, Rôças IN, Riche FN, Provenzano JC. Clinical outcome of the endodontic treatment of teeth with apical periodontitis using an antimicrobial protocol. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2008;106:757-62.
  13. Johnson WT, Kulild JC. Obturation of the cleaned and shaped root canals system. In: Hargreaves KM, Cohen S, editors. Cohen's Pathways of the pulp. 10th edition, St. Louis, USA, Mosby -Year Book Inc 2011;349-88.
  14. Taşman F, Çehreli ZC, Ogan C, Etikan I. Surface tension of root canal irrigants. J Endod. 2000;26:586-7.



15. Shabahang S, Pouresmail M, Torabinejad M. In vitro antimicrobial efficacy of MTAD and sodium hypochlorite. *J Endod* 2003;29:450-2.
16. Haapasalo M, Orstavik D. In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. *J Dent Res* 1987;66:1375-9.
17. Zou L, Shen Y, Li W, Haapasalo M. Penetration of sodium hypochlorite into dentin. *J Endod* 2010;36:793-6.
18. Shabahang S, Torabinejad M. Effect of MTAD on Enterococcus faecalis contaminated root canals of extracted human teeth. *J Endod* 2003;29:576-9.
19. Torabinejad M, Shabahang S, Apereo RM, Kettering JD. The antimicrobial effect of MTAD: an invitro investigation. *J Endod* 2003;29:400-3.
20. Neglia R, Ardizzoni A, Giardino L, Ambu E, Grazi S, Calignano S, Rimoldi C, Righi E, Blasi E. Comparative in vitro and ex vivo studies on the bactericidal activity of Tetraclean, a new generation endodontic irrigant, and sodium hypochlorite. *New Microbiol* 2008;31:57-65.
21. Yang SF, Rivera EM, Watson RE, Baumgardner KR. Canal debridement: effectiveness of NaOCl and Ca(OH)<sub>2</sub> as medicament. *J Endod* 1996;22:521-5.
22. Özgey E, Zıraman F, Kıyan M. Çeşitli irrigasyon solüsyonlarının antimikrobiyal etkinliklerinin in vitro incelenmesi. *Atatürk Üniv. Diş. Hek. Fak. Derg* 2000;10:7-13
23. Torabinejad M, Handysides R, Khademi A, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002;94:658-66.
24. Akcay I, Sen BH. The effect of surfactant addition to EDTA on microhardness of root dentin. *J Endod* 2012;38:704-7.
25. Adamson AW, Gast AP. Physical chemistry of surface, 6th Edition, New York, John Wiley & Sons Inc. 1997; 36-102.
26. Cunningham WT, Balekjian AY. Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1980;49:175-7.
27. Palazzi F, Morra M, Mohammadi Z, Grandini S, Giardino L. Comparison of the surface tension of 5.25% sodium hypochlorite solution with three new sodium hypochlorite-based endodontic irrigants. *Int Endod J* 2012;45:129-35.
28. Spanó JC, Barbin EL, Santos TC, Guimarães LF, Pécora JD. Solvent action of sodium hypochlorite on bovine pulp and physico-chemical properties of resulting liquid. *Braz Dent J* 2001;12:154-7.
29. Yamada M, Fukusako S, Kawanami T, Sawada I, Horibe A. Surface Tension of Aqueous Binary Solutions. *Int J Thermophys* 1997;18:1483-93.

**Yazışma Adresi:**

Dr. Dt. Ersan ÇİÇEK  
Bülent Ecevit Üniversitesi  
Diş Hekimliği Fakültesi,  
Endodonti Anabilim Dalı,  
Zonguldak  
Tel.: 0372 261 34 27  
e-mail: ersancicek@gmail.com

