



T.C
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**FARKLI İRRİGASYON AJANLARININ KÖK KANAL DENTİNİ
MİKROSERTLİĞİ VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÜZERİNE
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

UZMANLIK BİTİRME TEZİ
Faruk ÖZTEKİN

DANIŞMAN
Doç. Dr. Özkan ADIGÜZEL

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

DİYARBAKIR
2015



T.C
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

FARKLI İRRİGASYON AJANLARININ KÖK KANAL DENTİNİ
MİKROSERTLİĞİ VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÜZERİNE
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

UZMANLIK BİTİRME TEZİ
Faruk ÖZTEKİN

DANIŞMAN
Doç. Dr. Özkan ADIGÜZEL

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

DİYARBAKIR
2015

Bu tez Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünce desteklenmiştir.

Proje No: DİŞ.15.014

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince desteğini eksik etmeyen, bilgisiyle, tecrübesiyle ve samimiyetiyle hep yanımda olan değerli tez danışmanım Doç. Dr. Özkan ADIGÜZEL'e,

Eğitim süresince klinik deneyimleriyle ve hoşgörüsüyle destek olan değerli hocam Doç. Dr. Sadullah KAYA'ya,

Tezimin hazırlanmasında desteğini esirgemeyen Prof. Dr. Zeki AKKUŞ'a,

Hayatımın her döneminde olduğu gibi bu dönemimde de daima arkamda aileme sonsuz teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER VE RESİMLER DİZİNİ	iii
TABLolar VE GRAFİKLER DİZİNİ	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Dentin	3
2.1.1. Dentin Tübülleri	4
2.1.2. Peritübüler Dentin.....	4
2.1.3. İntertübüler Dentin.....	5
2.1.4. Dentin Sıvısı.....	5
2.2. Smear Tabakası.....	5
2.3. Endodontik Tedavide İrrigasyon.....	6
2.4. Sodyumhipoklorit(NaOCI)	7
2.5. Klorheksidin Glukonat(CHX).....	9
2.6. QMix İkisi Birarada (QMix 2 in 1)	11
2.7. Yüzey Sertliği	12
2.8. Yüzey Pürüzlülüğü	15
3. MATERYAL VE METOT.....	18
3.1. Dişlerin Seçilmesi ve Hazırlanması	18
4. BULGULAR	23
4.1. Mikrosertlik Testi Sonuçları.....	23
4.2. Yüzey Pürüzlülüğü Sonuçları	27
5. TARTIŞMA.....	32
6. SONUÇ	41
7. KAYNAKLAR.....	42

ŞEKİLLER VE RESİMLER DİZİNİ

ŞEKİLLER

Şekil 1: NaOCl moleküler yapısı.....	8
Şekil 2: Klorheksidinin yapısal formülü	9
Şekil 3: Vickers hesaplama yöntemi.....	14
Şekil 4: Vickers geometrisi şematize edilmiştir. F = uygulanan kuvvet, a = plastik deformasyon bölgesi, b = radial/merkez çentik hattı	14
Şekil 5: Ra parametresi diagramı.....	16
Şekil 6: Rz parametresi diagramı.....	16
Şekil 7: Rpm parametresi diagramı	16
Şekil 8 : Çalışma öncesi hazırlanan örneklerin 3 boyutlu görüntüsü.....	19

RESİMLER

Resim 1: Vickers sertlik testi için piramit şekilli elmas uç ile kuvvet uygulandıktan sonra, yapay diş örnek yüzeyinde oluşan izin, cihaza bağlı olan mikroskop yardımıyla ölçüm ekranına aktarılmış görüntüsü.....	14
Resim 2: Numaralandırılmış örneklerin görüntüsü	21
Resim 3: İrrigasyon işleminin görüntüsü	21
Resim 4: Yüzey pürüzlülük testi cihazı	22
Resim 5: Mikrosertlik testi cihazı.....	22

TABLOLAR VE GRAFİKLER DİZİNİ

TABLOLAR

Tablo 1: Sertlik ölçüm testleri	13
Tablo 2: Dişlerin gruplandırılması.....	20
Tablo 3: QMix irrigasyonundan önce ve sonraki mikrosertlik değerleri.....	24
Tablo 4: %5 NaOCl irrigasyonundan önce ve sonraki mikrosertlik değerleri	25
Tablo 5: %2 CHX irrigasyonundan önce ve sonraki mikrosertlik değerleri.....	26
Tablo 6: İrrigasyon ajanlarının kök dentin mikrosertliği üzerine istatistiksel anlamlılık ve standart sapma değerleri	27
Tablo 7: QMix irrigasyonundan önce ve sonraki yüzey pürüzlülük değerleri.....	28
Tablo 8: %5 NaOCl irrigasyonundan önce ve sonraki yüzey pürüzlülük değerleri	29
Tablo 9: %2 CHX irrigasyonundan önce ve sonraki yüzey pürüzlülük değerleri.....	30
Tablo 10: İrrigasyon ajanlarının kök dentin yüzey pürüzlülüğü üzerine istatistiksel anlamlılık ve standart sapma değerleri.....	31

GRAFİKLER

Grafik 1: QMix irrigasyonundan önceki ve sonraki mikrosertlik değerlerinin grafiği.....	25
Grafik 2: %5 NaOCl irrigasyonundan önceki ve sonraki mikrosertlik değerlerinin grafiği.....	26
Grafik 3: %2 CHX irrigasyonundan önceki ve sonraki mikrosertlik değerlerinin grafiği	27
Grafik 4: QMix irrigasyonundan önceki ve sonraki yüzey pürüzlülük değerlerinin grafiği	29
Grafik 5: %5 NaOCl irrigasyonundan önceki ve sonraki yüzey pürüzlülük değerlerinin grafiği	30
Grafik 6: %2 CHX irrigasyonundan önceki ve sonraki yüzey pürüzlülük değerlerinin grafiği	31

SEMBOLLER/ KISALTMALAR

EDTA	: Etilen Diamin Tetra Asetik Asit
MTAD	: Mixture of tetracycline isomer, an acid and a detergent
SEM	: Scanning Electron Microscope (Taramalı Elektron Mikroskobu)
p	: İstatistiksel anlamlılık
pH	: Power of Hydrogen (Hidrojenin gücü)
dk	: Dakika
sn	: Saniye
gr	: Gram
mm	: Milimetre
µm	: Mikrometre
Na	: Sodyum
Ca	: Kalsiyum
P	: Fosfor
Mg	: Magnezyum
K	: Potasyum
H₂O₂	: Hidrojen peroksit
CHX	: Klorheksidin
NaOCl	: Sodyum Hipoklorit
NaOH	: Sodyum Hidroksit
OCl⁻	: Hipoklorit
HOCl	: Hipoklorik asit
H₂O	: Su
Ca(OH)₂	: Kalsiyum Hidroksit
D²	: İz alanı
F	: Kuvvet
VHN	: Vickers sertlik değeri
Ra	: Roughness Average (Ortalama yüzey pürüzlülüğü)
Rpm	: Ana derinlik seviyesi
Rz	: Ortalama tepe-vadi yüksekliği
Ark.	: Arkadaşları
SPSS	: Statistical Package for Social Sciences

SD : Standart deviation
°C : Derece santigrad



ÖZET

Farklı İrrigasyon Ajanlarının Kök Kanal Dentini Mikrosertliği ve Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkilerinin İncelenmesi

Başarılı bir endodontik tedavinin temelinde kök kanalının yeterli mekanik preparasyonu ve irrigasyonu ile çok iyi bir şekilde temizlenmesi, şekillendirilmesi ve bunun ardından 3 boyutlu bir şekilde doldurulması bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı farklı irrigasyon ajanları kullanılması ile kök dentini mikrosertliği ve yüzey pürüzlülüğündeki değişimin incelenmesidir.

Çalışmamızda 60 adet maksillar kesici ve kanin insan dişi kullanılmıştır. Tüm dişlerin kronları mine-sement sınırının 2 mm üstünden köklerinden ayrılmıştır. Diş kökleri elmas separe ile boyuna olacak şekilde ikiye ayrılmıştır. Elde edilen örnekler akrilik bloklara gömülmüş ve zımparalanmıştır. 3 gruba ayrılan örneklerin tümünün irrigasyon işlemlerinden önce her örnekten 3 ölçüm olacak şekilde mikrosertlik ve her örnekten 5 ölçüm olacak şekilde yüzey pürüzlülüğü ölçümleri yapılmıştır. Gruplardan birincisine %5 NaOCl irrigasyon ajanı, ikincisine QMix irrigasyon ajanı son olarak da üçüncü gruba %2 CHX irrigasyon ajanı 15'er dakika uygulanmıştır. İrrigasyon işlemlerinin ardından tekrar tüm örneklerin mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü ölçümleri yapılmıştır.

Grupların istatistiksel analizinde ANOVA varyans analizi ile Tukey testi uygulandı ve bütün gruplarda istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görüldü ($p < 0,05$).

Mikrosertlik sonuçlarına göre %5 NaOCl ve QMix irrigasyon ajanları dentin mikrosertliğini eşit ve %2 CHX irrigasyon ajanından fazla düzeyde azalttığı görülmüştür.

Yüzey pürüzlülüğü sonuçlarına göre ise QMix irrigasyon ajanı diğerlerine oranla dentin yüzey pürüzlülüğünde daha fazla bir artış meydana getirmiştir. %5 NaOCl ve %2 CHX ajanları ise yüzey pürüzlülüğünde eşit düzeyde ve daha az bir artışa neden olmuşlardır.

Anahtar Kelimeler: Mikrosertlik, yüzey pürüzlülüğü, QMix, NaOCl, CHX.

ABSTRACT

Investigation of the Effects of Different Irrigation Agents on Root Canal Dentin Microhardness and Surface Roughness

The basis of a successful endodontic treatment is forming, cleaning root canal in a very good shape with sufficient mechanical preparation and irrigation, thereafter it has to be filled in 3-dimensional way. The purpose of this study is to investigate the change in root dentine micro hardness and in surface roughness by using different irrigating agents.

In our study 60 maxillary incisors and canine human teeth were used. The crowns of all teeth are separated from the roots on 2 mm from the top of cement-enamel junction. Tooth roots are divided into two parts so that the longitudinal with a diamond saw. The resulting samples were embedded in acrylic blocks and grinded. All of the samples were divided into 3 groups before the irrigation process so that 3 measuring for each sample for microstructural and so that 5 measurements for each sample surface roughness measurements were made. 5% NaOCl irrigation agent for the first of the group, QMix combination of both irrigation agent for the second one, 2% CHX irrigation agent for the third group was applied for 15 minutes. After the irrigation process micro structural and surface roughness measurements of all samples again were made.

In the statistical analysis of the groups ANOVA analysis of variance and Tukey test was applied and a significant difference in all groups in statistically was observed ($p < 0.05$).

According to the results of microhardness it is observed that 5% NaOCl and QMix combination of both irrigation agents reduce the level of micro hardness of the dentine equal and more than CHX 2% irrigation agent.

According to the surface roughness results QMix combination of both irrigation agent is caused a further increase in the dentine surface roughness than others. 5% NaOCl and 2% CHX agents has been the caused equal and less increase on the surface roughness.

Keywords: Microhardness, surface roughness, QMix, NaOCl, CHX.

1. GİRİŞ

Diş hekimliğinde koruyucu yaklaşımdaki amaç; pulpa ve periodontal hastalıkların oluşmasının önlenmesi ve buna bağlı olarak dişlerin sağlıklı olarak ağızda tutulmasının sağlanmasıdır. Konservatif tedavinin yeterli olmadığı diş çürüğünün ileri düzeyde olduğu ve dişlerin travma ve benzeri nedenlerle canlılığını kaybetmiş olduğu durumlarda, pulpal ve periodontal nedenlerle meydana gelen hastalıkların varlığında, endodontik tedavi gerekmektedir.

Başarılı bir kök kanal tedavisi, yeterli kanal preparasyonu, etkili irrigasyon ve üç boyutlu tam bir kanal doldurulması gibi faktörlere bağlıdır. Kök kanal tedavisindeki temel amaç ideal bir şekilde kök kanalının dezenfeksiyonu yapılarak enfeksiyonun yeniden oluşmasının önlenmesidir (1).

Lateral kanallar, istmuslar ve deltalar içerebilen kök kanal sisteminin kompleks anatomisinden dolayı tam dezenfeksiyonu hemen hemen imkansızdır (2). Kullanılan enstrümantasyon yöntemi ne olursa olsun, kanal duvarlarında dokunulmamış geniş alanlar kalabilir (3). Bu yüzden endodontik tedavide mekanik preparasyon ve farklı irrigasyon solüsyon kombinasyonlarının kullanılması başarıyı artırır (4).

İrrigasyon kök kanal tedavisinin çok önemli aşamalarından biridir. İyi bir endodontik tedavi için canlı ve ölü pulpa dokusu artıklarının, kanal preparasyonu sırasında oluşan smear tabakasının, mikroorganizmaların ve toksik ürünlerinin kök kanal sisteminden uzaklaştırılması gereklidir (5). Bunun için uygun irrigasyon ajanı doğru bir şekilde kullanılmalıdır (2). Karmaşık kök kanal anatomisi sadece mekanik temizlemenin yeterli olamadığını ortaya koymuştur. Bu yüzden irrigasyon kanal tedavisinin tamamlayıcı aşamalarından biridir (5).

Günümüzde döner aletler veya kanal eğeleri çok fazla kullanılmasına rağmen preparasyon yaparken kanal içerisinde ulaşılamayan bölgeler kalabilmektedir (3). Kök kanallarının yapısı ve preparasyonun yeterli yapılamaması nedeniyle irrigasyonun önemi daha da artmış olup etkili bir irrigasyon için irrigasyon ajanlarının etkinliğini arttırıcı sistemler geliştirilmiştir (6, 7).

İrrigasyonun etkinliğinin artması temas ettiği yüzey alanıyla doğru orantılıdır. İrrigasyon ajanının düzensiz kanalın her tarafına ulaşabilmesi ve homojen şekilde dağılması tedavinin etkinliğini arttırmaktadır (5).

İrrigasyon ajanları arasında en yaygın olarak kullanılanlar sodyumhipoklorit (NaOCl), klorheksidin (CHX) ve etilendiamintetraasetikasit (EDTA) olarak bilinmektedir. Bunlar arasında sodyumhipoklorit (NaOCl) endodontide başlıca irrigasyon ajanı olarak kabul edilmesine rağmen inorganik yapı üzerine herhangi bir etki gösterememektedir (1).

İrrigasyon boyunca pulpa odasındaki irrigasyon ajanı nedeniyle dentin ve mine de ajana maruz kalmaktadır. Organik ve inorganik komponentleri değiştiren kimyasal irrigasyon ajanları mikrosertlik, geçirgenlik, çözünürlük gibi dentinin yapısal özelliklerini değiştirebilir (8). Mikrosertlik, dentin yüzeyinin yapışma özellikleri gibi kök kanal dentinindeki mineral değişimlerine dolaylı bir kanıt olarak düşünülebilir (9, 10). Bu durum dentin ve mine yüzeyinde değişikliklere yol açabilmektedir. Bu nedenle irrigasyon ajanlarının dentin üzerindeki etkileri tam olarak değerlendirilmelidir (11).

Panighi ve G'Sell dişlerdeki mineral içeriği ile sertlik arasında pozitif ilişki olduğunu rapor etmişlerdir (12). Mineral içeriğindeki değişiklikler, dentinin fiziksel ve mekanik özelliklerdeki değişimin sebebi olabilir. Mikrosertlikteki azalma, patların kök kanal dentin duvarına yapışmasını etkin bir şekilde etkiler (13).

Bu çalışmanın amacı; farklı irrigasyon ajanlarının kök kanal dentini mikrosertliği ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerinin incelenerek, en uygun irrigasyon ajanının bulunmasıdır.

2. GENEL BİLGİLER

Kök kanalından tüm doku artıklarının, vital ve devital pulpa dokusunun ve mikroorganizmaların uzaklaştırılması endodontik tedavinin temelini oluşturmaktadır (14).

Kanal tedavisinde başarı kök kanal sisteminde oluşan mikroorganizmalar tarafından oluşturulan ve mikroorganizmaların beslendiği ekstrasellüler bir yapı olan biofilmin etkin biçimde yok edilmesine ve kanal içinde oluşturulan aseptik durumun devamlılığına bağlıdır (15). Bu durum kök kanal sisteminin temizleme ve dezenfeksiyonu, kök kanallarının şekillendirilmesi ve sızdırmaz biçimde doldurulmasıyla sağlanır (16).

Kök kanal sisteminin kompleks yapısından dolayı debrisin ve bakterilerin tamamının eliminasyonu hemen hemen imkansızdır (17). İrrigasyon solüsyonları, kök kanalındaki mekanik enstrumantasyondan sonra oluşan smear tabakasını kaldırmak, nekrotik doku, bakteriler ve reziduel debrisin kemomekanik preparasyonunun daha etkili olması için kullanılır (18).

İrrigasyon dinamiklerinin; kanal şekli ve boyutu, irrigasyon hacmi ve basıncı, irrigasyon iğnesinin tasarımı ve boyutunun yanı sıra irrigasyon ajanının penetrasyon derinliği gibi önemli değişkenler ile yakından ilgili olduğu bildirilmiştir (19).

İrrigasyon ajanları mikroorganizmalar, pulpa dokusu, smear tabakası ve dentin gibi yapılara etki ederek artıkların kanaldan uzaklaştırılmasını sağlar. Bu nedenle irrigasyon ajanlarının etkilerini anlamak için bu yapıların özelliklerini bilmek çok önemlidir (20).

2.1. Dentin

Dentin, pulpa dokusunu çevreleyen dişin en büyük kısmıdır. Etrafında kronda mine, kökte sement vardır. Dentinin %70'i inorganik, %20'si organik ve geri kalan %10'luk kısmını su oluşturur. İnorganik yapısının temelini hidroksiapatit oluşturur. Organik yapısı ise protein ve proteoglikanlardan oluşur (21).

Dentin 4 kısımdan oluşur. Bunlar; (22)

- dentin tübülleri,
- tübüllerin etrafını saran peritübüler dentin,
- tübüller arasında kalan intertübüler dentin,
- dentin sıvısıdır.

2.1.1. Dentin Tübülleri

Dentin tübülleri odontoblast uzantıları etrafında şekillenirler ve pulpa-dentin sınırından başlayıp dentin-sement, dentin-mine birleşimine kadar uzanırlar. Dentin tübülleri dentinin farklı bölgelerinde sayı olarak farklılık gösterir. Tübül sayısı pulpadan perifer bölgeye gidildikçe azalır. Pulpal yüzeyden dış yüzeye doğru gidildikçe tübüllerin çapı da azalır. Pulpaya bakan yüzeyde tübül çapı yaklaşık 3 µm iken dentin dış yüzeyinde bu değer iki katından fazla azalmaktadır (21).

Pulpadan uzaklaştıkça ve yaş arttıkça tübül etrafında peritübüler dentin yapımı nedeni ile tübül çapı azalır (23). Dentin tübülleri odontoblastik uzantıları içeren mikrotübüller sayesinde birbirleri ile ilişki içerisinde dirler (24). Dentin tübülleri dentinin geçirgenliğini sağlayarak dış irritanların pulpaya ulaşarak pulpal hasar oluşturmaya neden olurlar. Aşınmalar, çürük, yaşlanma vb. gibi etkenler sonucu odontoblast uzantıları tarafından peritübüler dentin yapımına neden olarak tübüller tıkanabilir. Bu şekilde tübüllerin mineralize olması sonucu daha translusent olan sklerotik dentin oluşur (21).

2.1.2. Peritübüler Dentin

Kron ve kök boyunca görülen peritübüler dentin odontoblast uzantılarından yapılan sekresyonun kalsifiye olması sonucu oluşur. Kollajen miktarı daha az olan peritübüler dentinin mineralizasyonu intertübüler dentine göre %40 daha fazladır. Bu duruma bağlı olarak asit uygulamalarında peritübüler dentinin çözünmesi intertübüler dentine göre daha kolay olmaktadır (21).

2.1.3. İntertübüler Dentin

Tübülleri birbirinden ayıran dentin kütlesidir. Bu yapının organik kısmını değişik çaplarda kollajen fibriller oluşturur. Peritübüler dentine göre daha yumuşak olması nedeniyle dentinin elastisite sınırını belirler (21).

2.1.4. Dentin Sıvısı

Plazma benzeri bir yapı olup dentin tübüllerinin içinde bulunmaktadır. Dentin dokusunun yüzeyel kısımlarında yapının %1'ini oluştururken pulpaya yakın kısımlarda ise bu oran yükselmektedir. Dentin sıvısındaki sıvının kaynağını pulpada bulunan kılcal kan damarları oluşturur (21, 25). Bu sıvıda bulunan iyonize kalsiyum miktarı normal plazmadan daha fazladır (26). Dentin sıvısının dışarıya akışını önleyen bariyeri krona mine, kökte sement oluşturmaktadır. Dentinde oluşan bir travma veya başka bir nedenle dentin tübüllerinin açığa çıkması sonucu dentin sıvısı dışarıya doğru harekete geçer. Sıvının bu hareketi sinir reseptörlerine etki ederek dentin duyarlılığına neden olur (27). Restorasyonların altında ve diş çürüklerindeki bakteriler dentin sıvısında bakteriyel ürünlerin görülmesine neden olmaktadır. Bu nedenle dentin sıvısının, pulpa dokusunun inflamasyonuna neden olabilecek irritan ajanları pulpaya taşıyabilir. Fakat buna karşın bir çalışmada dentin sıvısının pulpadan dışarı doğru hareketinin tübüllere giren bakterilerin uzaklaştırılmasına yardımcı olabileceği de bildirilmiştir (21).

2.2. Smear Tabakası

İlk kez 1975'de McComb ve ark. (28) tarafından tanımlanan smear tabakası, kök kanalının temizlenmesi ve şekillendirilmesi sırasında oluşan, organik pulpa artıklarından, mikroorganizmalar ve artıklarından, inorganik dentin yapısından oluşan amorf, düzensiz bir yapıdır. Smear tabakası, dentine gevşek bir şekilde tutunan yüzeyel smear tabakası ve derin smear tabakası olmak üzere iki kısımdan oluşur. Yüzeyel smear tabakası 1-2 µm kalınlığında olmasına rağmen, derin smear tabakası dentin tübüllerine içine ilerler ve kalınlığı birkaç µm'den 40 µm'ye kadar değişebilir (29).

Yapılan bir çalışmada yapay olarak hazırlanan kanallarda smear tabakasının oluşumu incelenmiş ve bu tabakanın oluşması için pulpa artıkları ve hatta periapikal dokulardan gelebilecek bazı sızıntıların gerekli olmadığı, kanal duvarlarının genişletilmesinin yeterli olduğu ve sadece duvara aletin temas ettiği noktalarda smear tabakası bulunduğu sonucuna varılmıştır. Kök kanalında kanal eğelerinin temas etmediği alanlarda smear tabakasının oluşmadığı rapor edilmiştir (30).

Birçok çalışmada, smear tabakasının varlığı irrigasyon solüsyonunun etkinliğinin azalması ile birlikte bakterilerin kolay bir şekilde üremelerine olanak sağlaması ve dentin tübüllerine kolay bir şekilde geçebilmelerine imkan sağladığı için smear tabakasının kaldırılması gerektiği rapor edilmiştir (28, 29). Bazı çalışmalarda ise, smear tabakasının dentin tübüllerine bakterilerin geçişini engellediği ve metabolitlere karşı bir bariyer oluşturduğu belirtilmiş ve böylece smear tabakasının kaldırılmaması savunulmuştur (31, 32).

Smear tabakasının uzaklaştırılmasında mekanik preparasyon yeterli olmadığı için irrigasyon solüsyonları kullanılmaktadır. Günümüzde smear tabakasının organik kısmını uzaklaştırmak için NaOCl, inorganik kısmını uzaklaştırmak için EDTA yaygın olarak kullanılmaktadır (18, 33).

2.3. Endodontik Tedavide İrrigasyon

İdeal bir irrigasyon ajanından beklenen özellikleri şöyle sıralayabiliriz (1):

- Organik ve inorganik dokuyu çözmesi
- Debrisleri uzaklaştırması
- Lubrikasyon etkisi
- Dentinin uzaklaştırılmasını kolaylaştırması
- Kanalin her tarafına penetre olması
- Sitotoksik etki göstermemesi
- Güçlü antimikrobik etki göstermesi
- Periapikal dokuları irrite etmemesi
- Diş yapısını zayıflatmaması

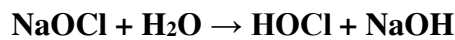
Endodontik irrigasyonun en önemli amacı debris ve smear tabakasının kök kanal sisteminden tamamen uzaklaştırılmasıdır. Debris; kemomekanik preparasyon sonucunda kök kanalına yapışmış dentin talaşları, canlı ve ölü pulpa artıklarından oluşan yapıdır. Smear tabakası ise; preparasyon sırasında kanal yüzeyinde oluşan ve dentin partikülleri, bakteriler, pulpa artıkları ve kanalda kalan kimyasal ajanları içeren bir film tabakasıdır (34).

İdeal bir kök kanal irrigasyon ajanından beklenen özelliklere sahip olan tek bir irrigasyon ajanı mevcut değildir. Bu yüzden güncel endodontide ilk ve son yıkamalarda NaOCl-EDTA ve NaOCl-CHX gibi ikili solüsyon kombinasyonları kullanılmaktadır (35, 36). Daha da önemlisi bu irrigasyon ajanlarının tüm kök kanal yüzeyi ile direkt temas etmesi gerekmektedir (1, 35).

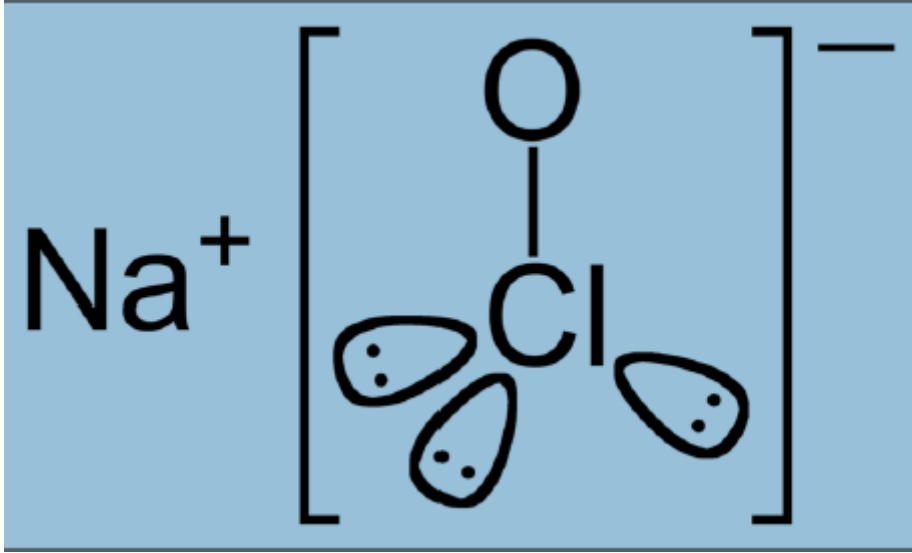
2.4. Sodyumhipoklorit (NaOCl)

Sodyum hipoklorit (NaOCl) endodontide kullanımı ilk defa 1936 yılında Walker tarafından önerilmiştir. Organik artıklara karşı çözücü etki göstermesi, antiseptik olması, düşük yüzey gerilimi ile dentin duvarlarına kolayca diffüze olabilmesi, kolay elde edilebilmesi ve ucuz olması nedenleriyle günümüzde çok fazla tercih edilen bir irrigasyon solüsyonudur (37).

NaOCl, suda sodyum (Na⁺) ve hipoklorit (OCl⁻) iyonlarına ayrışır (Şekil 1), hipoklorik asit (HOCl) oluşturarak denge sağlar. Asidik ve nötral pH'da klor, hipoklorik asit (HOCl) formunda iken, pH 9 ve üzerindeyken hipoklorit iyonu (OCl⁻) halindedir. Antibakteriyel etkiden hipoklorik asit sorumludur ve mikroorganizmaların hücresel fonksiyonlarını bozarak hücre ölümüne neden olur (4, 38). NaOCl'nin pH'sı, tamponlanmadığı zaman yaklaşık 11-12'dir.



Sodyum hipokloritin organik dokular üzerindeki etkisinin denklemin sağındaki Hipokloröz asite (NaOH) bağlı olduğu bildirilmiştir (16, 39).



Şekil 1: NaOCl moleküler yapısı (40)

NaOCl çoğunlukla %0,5 ile %5,25 arasında değişen konsantrasyonlarda kullanılmaktadır (41). Çok etkili organik doku çözücü özelliğe sahiptir. NaOCl, smear tabakasının organik kısmına etki ederek uzaklaştırılmasında önemli rol oynamaktadır. Geniş spektrumlu bir antimikrobiyal ajandır. Bakterilere, virüslere, bakteriofajlara, sporlara ve mantarlara karşı oldukça etkilidir (42). Bazı in vitro çalışmalarda NaOCl'nin çok düşük konsantrasyonlarda bile çok kısa süre içerisinde mikroorganizmaları öldürebildiği gösterilirken, bazılarında ise aynı mikroorganizmaların öldürülmesi için daha uzun zaman gerektiği bildirilmiştir (38, 43). Sonuçlar arasındaki farklılıkların deney şartlarından kaynaklandığı düşünülmektedir (44).

Pashley (1985) %0,5 ile %5 konsantrasyonu arasında antimikrobiyal etkinlik açısından fark bulunmadığını rapor etmiştir (45). Haapasalo ve arkadaşları (46) ise, konsantrasyonun azalması ile bakterilerin öldürülmesi için geçen sürenin arttığını rapor etmişlerdir. Smear tabakasını tek başına uzaklaştıramaması, periapikal dokulara toksik etki göstermesi, kötü bir tat ve kokuya sahip olması NaOCl'nin olumsuz özellikleridir (47).

NaOCl'nin klinik koşullarda yüzey teması sınırlıdır ve kök kanalının tüm ayrıntılarına ulaşamamaktadır. Bu durum NaOCl'nin antimikrobik etkisini sınırlamaktadır (46). İrrigasyon ajanının uygulama süresi ve konsantrasyonu bakteriler üzerinde önemli bir rol oynamakla birlikte, NaOCl'nin yüksek

konsantrasyonlarda uzun süre kullanılması dentinin elastisitesini olumsuz etkilemektedir (48, 49).

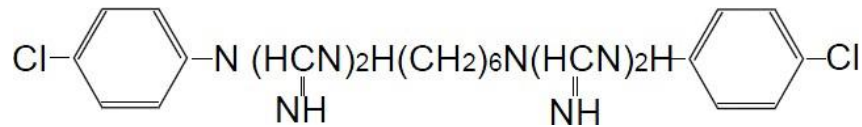
İrrigasyon ajanlarının nekrotik dokuyu çözme özelliği kök kanal tedavisinde büyük önem taşımaktadır. Birçok çalışma genişletmede yararlanılan yöntem hangisi olursa olsun, kök kanal sisteminde preparasyon sonrası hiç dokunulmamış alanların varlığını göstermektedir (50). Organik artıkların kimyasal olarak uzaklaştırılması bakteri gelişiminin önlenmesi açısından önemlidir.

NaOCl proteinlerin çözünmesini sağlar ve biyolojik maddelerden diğer organik bileşenleri kaldırır. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda, araştırmacılar dentin yüzeyine uygulanan kollajenin bir deproteinizasyon işlemi NaOCl ile hızlıca ortadan kalktığını ortaya koymuşlardır (51).

Birçok çalışmada NaOCl'nin mikroorganizmaların biyofilm formlarını elimine etmede en etkili irrigasyon ajanı olduğu tespit edilmiştir (52, 53).

2.5. Klorheksidin Glukonat (CHX)

Klorheksidin glukonat (CHX), 2 tane simetrik 4-klorofenil halkası ve 2 tane biguanid grubunun ortada heksametilen zinciri ile bağlanmasıyla oluşan, sentetik katyonik bis-guanittir (Şekil 2). Açık formülü 1,6-di (4-chlorophenyl-diguanido)-hexan olup, kapalı formülü $C_{22}H_{30}Cl_2N_{10}$ 'dur (54). Antiseptik etkisi ilk kez 1954 yılında Davies ve arkadaşları tarafından bildirilmiştir. 1969 yılında ise Loe tarafından ilk kez kullanılmaya başlanmıştır. Antiseptik ürünler arasında cilde uyumluluğu ve irritasyon özelliğinin az olması nedeniyle periodontal tedavi, çürük önlenmesi ve genel oral enfeksiyonlarda tedavi edici olarak en çok kullanılan ajanlardan birisidir (55).



Şekil 2: Klorheksidin yapısı (56)

CHX pozitif yüklü hidrofobik ve lipofilik bir madde olup bakterilerin hücre zarındaki fosfolipid ve lipopolisakkaritlerle etkileşime girerek aktif veya pasif transport mekanizmaları ile hücre içine diffüze olur. Pozitif yüklü klorheksidin glukonat molekülü ile mikroorganizmaların hücre duvarındaki negatif yüklü fosfat gruplarının etkileşime girmesi sonucu hücrelerin ozmotik dengesi değişir (57).

Klorheksidin, ağızda kimyasal plak kontrolünde kullanılan önemli antiseptiktir (58). Ağız gargarası amacıyla, %0,1–0,2’lik konsantrasyonlardaki sulu çözeltileri önerilirken, endodontide kök kanal irigantı olarak %0,2 ve %2’lik konsantrasyona sahip solüsyonlar kullanılmaktadır (59). Düşük konsantrasyonlu klorheksidin irrigasyon solüsyonu ısıtıldığında sistemik toksisitesi azalır, lokal etkinliği artar (1).

CHX geniş spektrumlu antimikrobiyal ajandır. Düşük konsantrasyonlarda bakteristatik, yüksek konsantrasyonlarda bakterisid etki gösterir (57). Dezenfeksiyon sırasında kök kanal dentininin zarar görmesini önlemek için %2’lik CHX kullanıldığı bildirilmiştir (59). En önemli özelliği sert dokulara bağlanarak antimikrobiyal etkisini uzun süre devam ettirmesidir (60). White ve ark.(61) ve Leonardo ve ark.(62) CHX solüsyonunun dentin tarafından absorbe edildiğini ve enstrumantasyondan sonra 48 ile 72 saat arasında salınım yaptığını göstermişler. Rosenthal ve ark. %2 konsantrasyondaki CHX solüsyonunun dentin yüzeyine 10 dakika süreyle teması ile dentin içinde 12 hafta süre için etkili antimikrobiyal konsantrasyonun olabileceğini rapor etmişler (63). Bu özelliği nedeniyle kemomekanik preparasyonun ardından son yıkamanın CHX ile yapılması önerilmektedir (59). Ancak diğer irrigasyon ajanlardaki gibi etkinliği solüsyonun pH’sına bağlıdır ve organik maddelerin varlığında etkinliği azalır (64). En büyük dezavantajı organik doku çözücü etkisinin olmamasıdır. Klorheksidinin NaOCl ile kullanılmaması, fakat EDTA’yı izleyen final irrigasyon yerine kullanılması önerilir (1).

NaOCl irrigasyon solüsyonu, doku çözücü özelliği ve antimikrobiyal etkilerinden dolayı genelde sık kullanılır (65). Ancak temas ettiği periapikal dokulara zarar verdiği bildirilmiştir (66). CHX özellikle *Enterococcus faecalis* olmak üzere gram pozitif ve gram negatif bakterilere karşı antimikrobiyal etkilerinden dolayı NaOCl ajanına alternatif bir irrigasyon ajanı olduğu bildirilmiştir (67). Önceki bir

çalışmada E. Faecalis ile enfekte edilen sığır dişlerinin dentin yüzeylerine uygulanan CHX ve pat formundaki Ca(OH)_2 'nin bakteriler üzerine etkileri karşılaştırılmış ve CHX uygulanan örneklerde bakteri popülasyonunda önemli derecede bir azalma olduğu görülürken, Ca(OH)_2 kullanılan örneklerde böyle bir sonuçla karşılaşmadığı bildirilmiştir (68). Yapılan bazı çalışmalarda NaOCl ile CHX arasında antimikrobiyal etkinlik açısından belirgin bir fark gözlenmezken, bazılarında ise CHX, NaOCl'den daha etkili bulunmuştur (69, 70). Ancak CHX'in, mikroorganizmaların biyofilm formlarının elimine edilmesinde NaOCl'e göre daha az etkili olduğu görülmüştür (71).

CHX solüsyonunun gram negatif bakterilere olan etkisi gram pozitiflere olan etkisi ile kıyaslanınca daha az bir etkinliğe sahip olduğu köpekler üzerinde yapılan bir çalışmada gösterilmiştir (72). Klorheksidinin etkisi ortamda serum, kan gibi organik maddelerin varlığında azalır. Ayrıca, klorheksidinin katyonik özelliğinden dolayı, anyonik bileşikler içinde antibakteriyel etkisi azalır (73, 74).

CHX ile NaOCl irrigasyon solüsyonlarının kombine kullanımında parakloroanilin (PCA) içerikli çökelti olduğu bildirilmiştir (75). Yapılan başka bir çalışmada ise bu çökeltinin dentin tübüllerini tıkadığı rapor edilmiştir (76).

2.6. QMix İki Birarada (QMix 2 in 1)

QMix (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, USA) bisbiguanide antibakteriyel ajan, poliaminokarboksilik asit şelasyon ajanı, deiyonize su ve sürfaktan karışımı olarak rapor edilmiştir (44). QMix smear tabakasını kaldırmak ve kök kanal dezenfeksiyonu geliştirmek için formüle edilmiş yeni bir kök kanal irrigantıdır (77). NaOCl ile irrigasyon sonrası son irrigant olarak kullanılması tavsiye edilir (78). Bileşimi tescillidir, ancak üretici EDTA, CHX ve yüzey-aktif deterjan içerdiğini açıklamaktadır (77). Deterjanların yüzey gerilimini azaltmak ve yüzey ıslanabilirliğini arttırmak gibi fonksiyonları vardır (79).

QMix, son yıkama solüsyonu olacak şekilde kullanılması önerilmiştir ve eş zamanlı olarak, kök kanal sisteminin tam bir dezenfeksiyona olanak sağlarken, dentin tübüllerini açma amacını yerine getirdiği gösterilmiştir (60). QMix

antibakteriyel aktivitesinin yanında smear tabakasının kaldırılması bakımından da önemli bir irrigasyon solüsyondur.

QMix'in kimyasal bileşimi, klorheksidinin EDTA veya NaOCl (76) ile kombine kullanılırken oluşan çökelti formasyonunu önlemektedir. Bazı çalışmalar smear tabakasının kaldırılması için, NaOCl ile yapılan ilk irrigasyondan sonra QMix'in %17'lik EDTA kadar etkili olduğunu göstermiştir (80, 81). Bazı çalışmalarda ise QMix'in, EDTA ile karşılaştırıldığında smear tabakasını kaldırmada daha başarılı olduğu bildirilmiştir (79).

QMix'in genç ve yaşlı E. Faecalis biyofilmine ve derin dentin içerisinde bulunan E. Faecalis'e karşı güçlü antibakteriyel etkinlik gösterdiği rapor edilmiştir (82, 83). QMix, Enterococcus faecalis biyofilmine karşı CHX ve BioPure MTAD (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, USA) gibi irrigasyon ajanlarından daha etkilidir (77, 82). Yapılan bir diğer çalışmada QMix irrigasyon solüsyonunun bakteri sayısını %2 konsantrasyondaki CHX solüsyonundan daha fazla azalttığı bildirilmiştir (60).

Yapılan başka bir çalışmada QMix irrigasyon solüsyonunun NaOCl solüsyonu ile kombinasyonunun dentin renginin açılmasına neden olduğu rapor edilmiştir (84).

2.7. Yüzey Sertliği

Diş dokuları veya dental materyallerin fiziksel özelliklerinin değerlendirilmesinde önemli unsurlardan biri de çeşitli kimyasal ve fiziksel faktörlerden etkilenen yüzey sertlik derecesidir.

Sertlik, bir materyalin deformasyona karşı gösterdiği direnç anlamına gelmektedir. Sertlik testlerinde, bilinen boyutlardaki bir uç, materyalin yüzeyine belli bir süre içinde belli bir kuvvet ile baskı yapar. Materyalin sertliği, oluşan izin derinliğine veya alanına göre hesaplanır. Materyalin sertliği iz boyutları ile ters orantılıdır. İz boyutları büyüdükçe materyalin sertliği azalır, küçüldükçe materyal sertliği artar. Sertlik ölçüm değerleri, genel olarak 'yük/alan' formülüne göre ifade edilir (85).

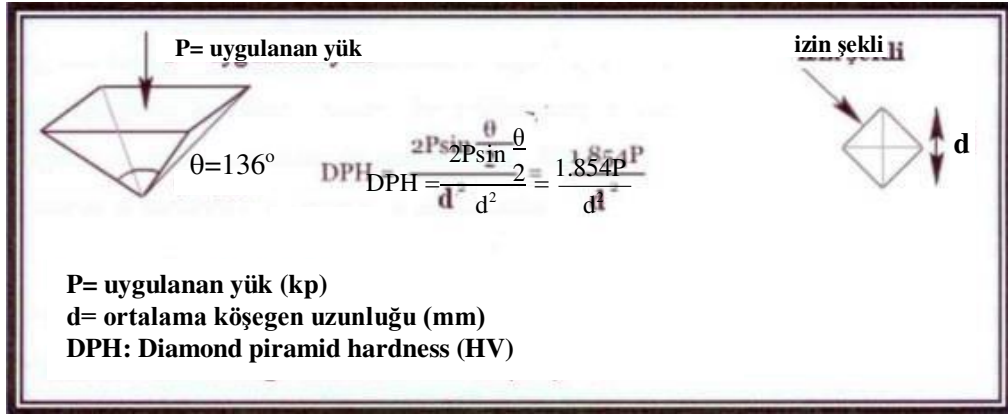
Uzayıp genişleyebilme, şekil verilebilme, çekme ve basma dayanımı gibi özellikler materyalin yüzey sertliği ile ilişkilidir. Ayrıca yüzey sertliği; materyallerin aşınma direncinin ve abrazyon özelliğinin değerlendirilmesinde de kullanılmaktadır (86).

Sertlik ölçümü için birçok farklı metot mevcuttur. Günümüzde sıklıkla Brinell, Knoop, Rockwell ve Vickers sertlik testleri kullanılmaktadır (Tablo 1). Bu testlerde; deforme olmayan küresel veya konik bir ucun deney materyaline bastırılması karşısında materyalin gösterdiği direnç ölçülür. Uygun olarak seçilen sert uç belli bir süre ve yük altında materyale bastırıldığında, materyal üzerinde bir iz bırakır. Bu izin boyutları ölçülerek deneysel bir sertlik numarası elde edilir. Materyalin sertliği bu izin büyüklüğü ile ters orantılıdır. Yüzey sertliği ölçümlerinde, örnek yüzeyinden birkaç ölçüm yapıp, aritmetik ortalamaları alınarak sertlik derecesi belirlenir. Materyalin sertliği arttıkça, sertlik numarası da artar (86).

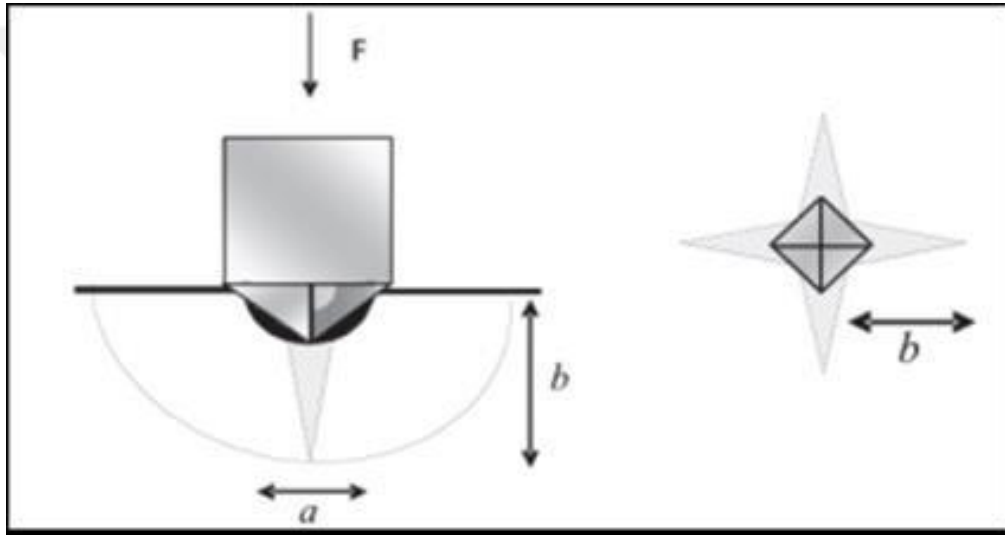
Tablo 1: Sertlik ölçüm testleri (85).

Test	Uç	İz şekilleri	Ölçüm	Sonuç birimi
Brinell	Küresel çelik uç		İz alanı	BHN
Knoop	Elmas uç		İz alanı	KHN
Rockwell	Küresel çelik uç		İz derinliği	Rockwell
Vickers	Elmas uç		İz alanı	VHN

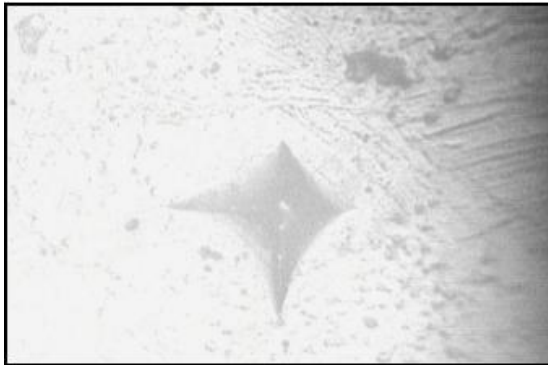
Çalışmamızda kullandığımız vickers sertlik testi cihazındaki piramid şekilli elmas ucun yüzeyleri arasında 136 derecelik açı bulunur (Şekil 4). Sertliği ölçülecek materyal üzerine elmas uç ile kuvvet uygulanarak bir iz oluşturulur (Resim 1). Yük kaldırıldıktan sonra oluşan kare şeklindeki izin köşegenleri ölçülür (87). Bu ölçüm, cihaza eklenmiş bir mikroskop yardımıyla ölçme ekranına aktarılarak, ölçüm ekranındaki iki cetvel yardımıyla, köşegenlerin boyutlarının ayrı ayrı ölçülüp ortalamasının alınmasıyla belirlenmektedir. Vickers sertlik değeri uygulanan yükün oluşan iz alanına bölünmesi ile hesaplanmaktadır (85). Vickers sertlik değeri $VHN = 1.854 (F/D^2)$ formülü ile hesaplanır. F'in anlamı: uygulanan kuvvet ve D^2 iz alanı. Genellikle uygulanan kuvvet Vickers sertlik değeri için kabul edilmiş belirli bir kuvvettir (Şekil 3) (88).



Şekil 3: Vickers hesaplama yöntemi (88)



Şekil 4: Vickers geometrisi şematize edilmiştir. $F = \text{uygulanan kuvvet}$, $a = \text{plastik deformasyon bölgesi}$, $b = \text{radial/merkez çentik hattı}$ (89).



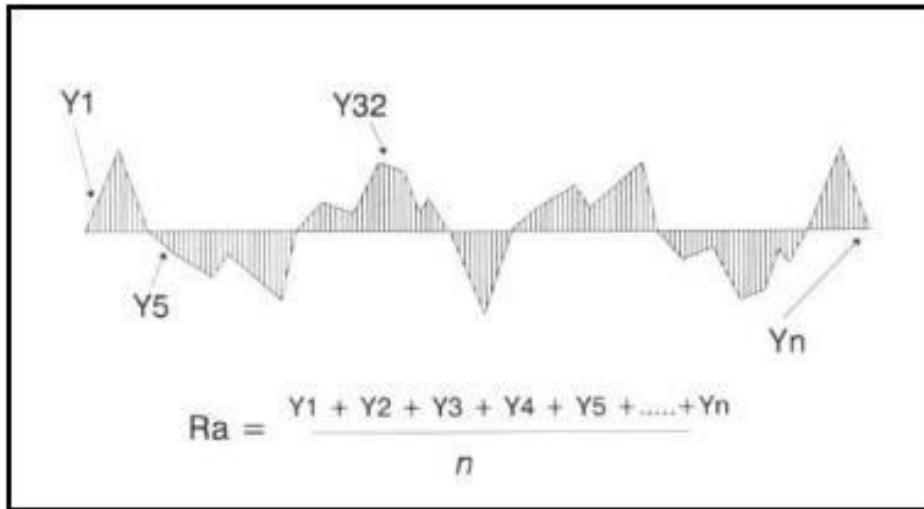
Resim 1: Vickers sertlik testi için piramit şekilli elmas uç ile kuvvet uygulandıktan sonra, yapay diş örnek yüzeyinde oluşan izin, cihaza bağlı olan mikroskop yardımıyla ölçüm ekranına aktarılmış görüntüsü (90)

Ölçme ve değerlendirme kriterleri aynı Brinell testindeki gibidir. Bu yöntemi Brinell testinden ayıran özellik, kullanılan ölçme ucunun farklı olmasıdır. Bu yöntem, daha sert materyallerin ölçümlerinde veya daha hassas ölçümler için kullanılır (91). Mikro sertlik testlerinde genellikle uygulanan kuvvet 100 gr ile 500 gr arasında değişir (92). Vickers sertlik testi doğruluk payı çok yüksek sonuçlar çıkarabilmesi, kullanılan elmas ucun zaman ile bozulmaması ve tüm materyaller ve yüzeylerde kullanılabilmesi bakımından son derece avantajlı bir metottur (93).

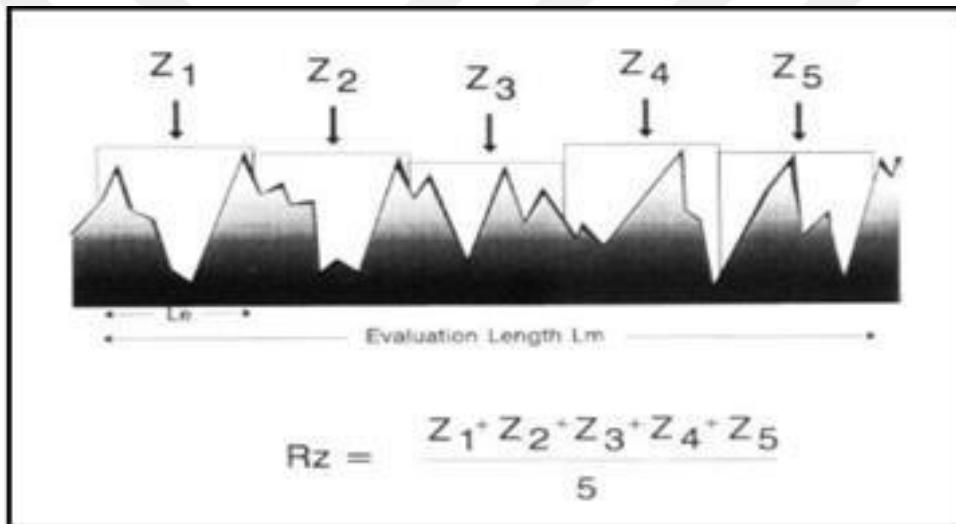
2.8. Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirmesinde kullanılan birçok metot vardır. Dental materyallerin yüzey pürüzlülüğü ile ilgili araştırmalar taramalı elektron mikroskobu ve yüzey profili analizi ile yapılır. Son zamanlarda atomik kuvvet mikroskobu ile de yüzey pürüzlülüğünün üç boyutlu detaylı topografik görüntüleri de elde edilebilmektedir (94).

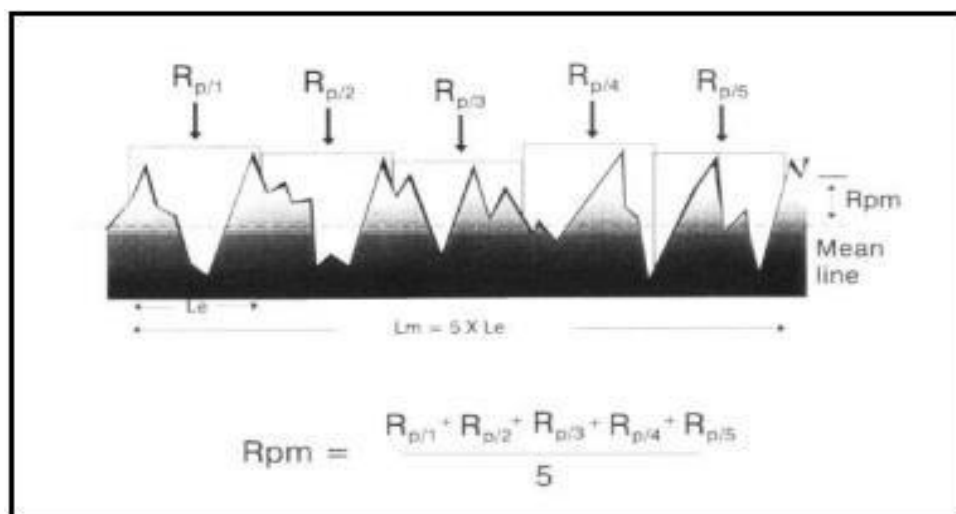
Profilometre cihazındaki örnek yüzeyinde elmas tarayıcı bir uç gezinirken elde edilen yüzey pürüzlülüğü sonuçları dijital olarak kaydedilir (95). Yüzeylerin profilometre ile değerlendirilmesinde birçok parametre seçilir. En çok kullanılan parametreler Ra, Rpm, Rz ve Rz:Rpm oranıdır (96). Ra parametresi bir yüzeyin ortalama pürüzlülüğü olarak tanımlanır ve profilde tüm pürüzlülük mesafesinin merkez çizgiye göre uzaklığı ölçülerek aritmetik ortalamanın alınmasıyla tespit edilir (Şekil 5). Rz yüzey parametresi, ard arda gelen beş parçada, ortalama tepe-vadi yüksekliği olarak tanımlanır (Şekil 6). Rpm yüzey parametresi de ard arda gelen beş örnek parçasındaki ana derinlik seviyesi olarak bildirilmiştir (Şekil 7) (96, 97).



Şekil 5: Ra parametresi diagramı (96).



Şekil 6: Rz parametresi diagramı (96).



Şekil 7: Rpm parametresi diagramı (96)

Kimyasal irriganlar tarafından dentin duvarlarında sağlanan göreceli yumuşatma etkisi, hızlı preparasyon, küçük tıkalı kanalları bulmada yardımcı olma gibi klinik faydalar sağlasa da, bu değişiklikler kanal dolgu materyallerinin tedavi edilen dentin yüzeylerine adezyonunu ve tıkama yeteneğini etkilemektedir (68).

Streslere karşı dentin direncini düşüren irrigasyon solüsyonlarının yaptığı bu değişiklikler bakterilerin bağlanma hassasiyetini ve kanal dolgu materyallerinin kök kanal duvarına bağlanma yeteneğini etkileyebilir (98, 99). Sızıntıyı önlemek ve bakteri girişine direnci sağlamak için başarılı bir kök kanal tedavisinde mükemmel bir tıkama gerekmektedir. Dentin sertliğine zarar vermeyen irrigasyon solüsyonlarının mükemmel tıkama için daha uygun oldukları düşünülmektedir.

3. MATERYAL VE METOT

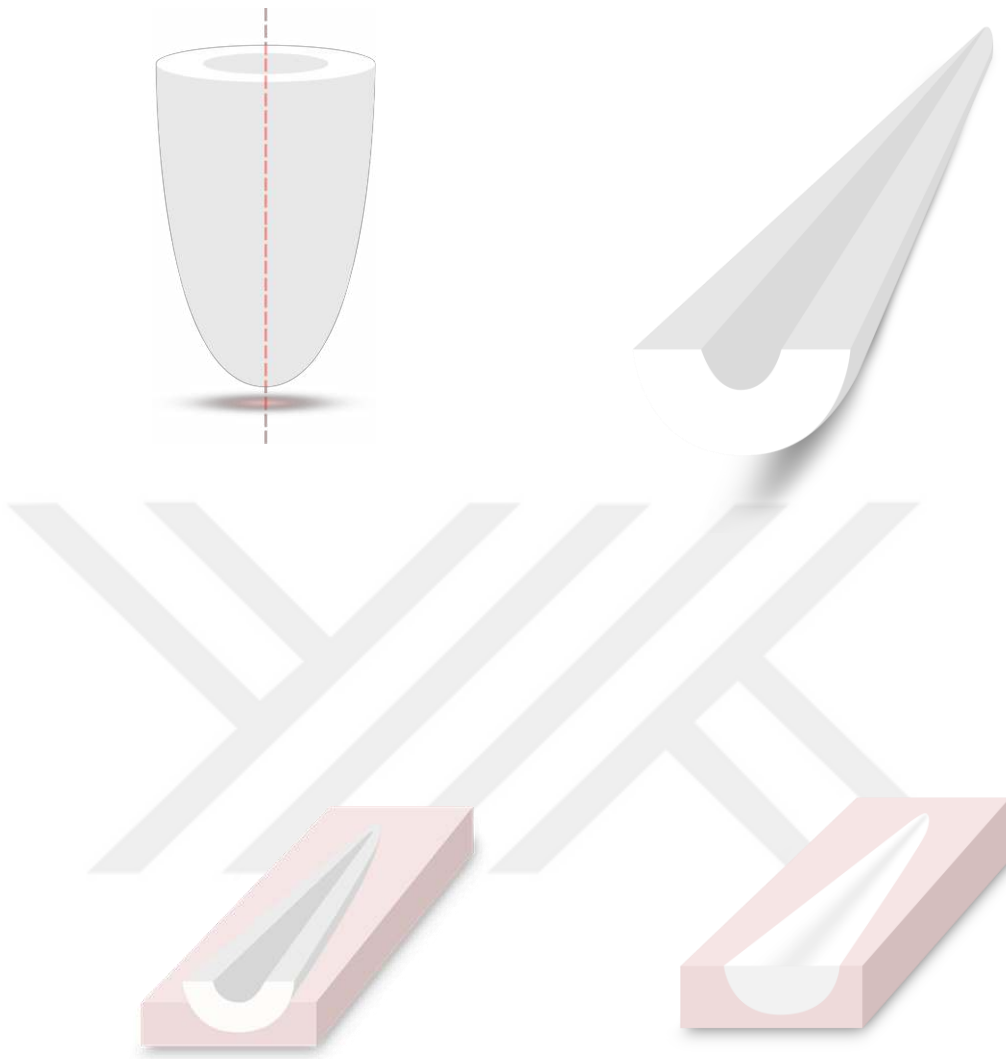
Bu çalışma Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda yapılmış olup, analizler; İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği bölümünde yürütülmüştür.

Çalışmamızda farklı irrigasyon ajanlarının kök kanal dentininin mikrosertliği ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri değerlendirilmiştir.

3.1. Dişlerin Seçilmesi ve Hazırlanması

Çalışmamız da yaşları 35 ile 50 arasında değişen hastalardan periodontal sebeplerle çekilmiş 60 adet, çürüksüz maksillar keser ve kanin dişler kullanıldı. Dişlerin seçiminde kök boyutlarının birbirine yakın olmasına, herhangi bir restoratif tedavi veya endodontik tedavi yapılmamış olmasına özen gösterilmiştir. Dişlerden radyografi alınarak kök kanalı boyunca oluşabilecek kalsifikasyonların olup olmadığı tespit edilmiş ve yaklaşık aynı genişlikte pulpası olan dişler tercih edilmiştir. Oda sıcaklığında (25 °C) distile suda bekletilen dişlerin kronları su soğutması altında yüksek devirli frezle mine sement sınırında köklerinden ayrılmıştır.

Kronlarından ayrılan kökler, distile su soğutması altında, elmas separe (Horico, Berlin, Germany) ile boyuna şekilde ikiye bölünmüştür. Elde edilen numuneler horizontal olarak kök dentin kısmı açıkta bırakılarak polimerize akrilik bloklara her blokta 10 kök parçası olacak şekilde gömülmüştür. Daha sonra dentin yüzeyleri zımpara (silicon carbide abrasive paper (500,800,1000,1200 grit) ile distile su altında zımparalanmıştır. Son olarak keçe diski kullanılarak 0,1 mikron alumina süspansiyon (ultra-sol; Eminess Tec Inc, Monroe, NC) ile polisaj yapılmıştır (Şekil 8).



Şekil 8 : Çalışma öncesi hazırlanan örneklerin 3 boyutlu görüntüsü

Elde edilen örnekler her grupta 6'şar akrilik blok olacak şekilde A ve B gruplarına ayrılmıştır. Her grup da kendi içinde A^1, A^2, A^3 ve B^1, B^2, B^3 olmak üzere 3'er alt gruba ayrılmıştır. Her alt gruptaki örnekler ise tek tek numaralandırılmıştır (Resim 2) (Tablo 2).

Tablo 2: Dişlerin gruplandırılması

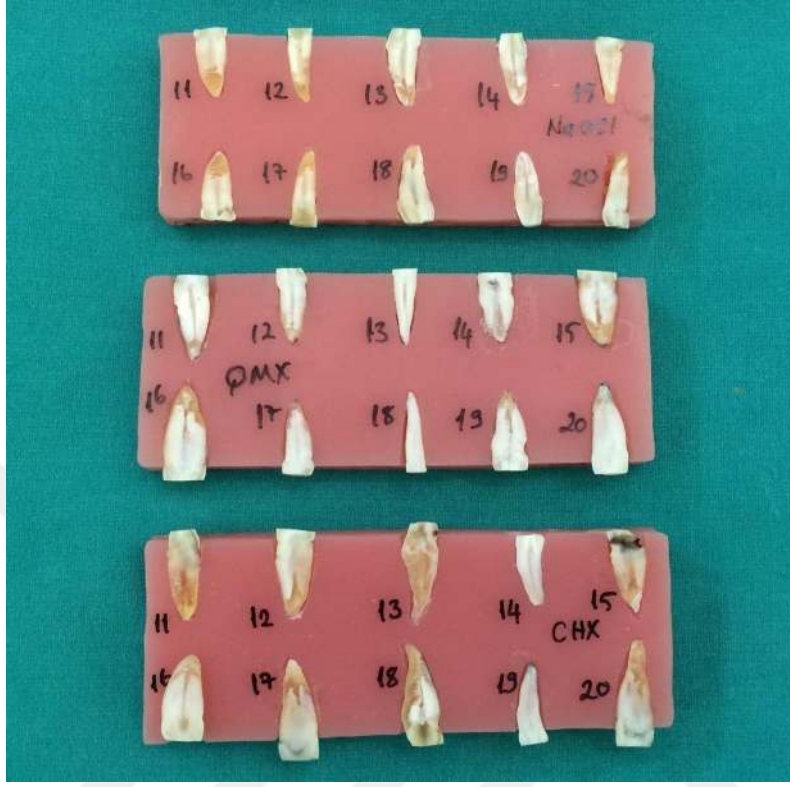
GRUPLAR	A Grubu (Yüzey Pürüzlülüğü)	Diş Sayısı	B Grubu (Mikrosertlik)	Diş Sayısı
%5 NaOCl	A ¹	20	B ¹	20
QMIX	A ²	20	B ²	20
%2 CHX	A ³	20	B ³	20

A grubu dentinin yüzey pürüzlülüğü testi için kullanıldı. Bütün numunelerin başlangıç yüzey pürüzlülüğü ölçümleri (Mitutoyo SJ 310, Japan) her parçadan 5 ölçüm, her ölçüm uzunluğu 0,25 mm, prob hızı 0,5 mm/s olacak şekilde toplamda 1,25 mm uzunluk ölçülmüştür. Elde edilen 5 değer aritmetik ortalaması alınarak, bu değer numunenin başlangıç yüzey pürüzlülük değeri (ortalama Ra) olarak kabul edilmiştir (Resim 4). Alt gruplardan A¹ grubuna irrigasyon solüsyonlarından %5 lik sodyum hipoklorit (NaOCl), A² grubuna QMix ikisi bir arada (QMix 2 in 1) ve A³ grubuna da %2 lik klorheksidin glukonat (CHX) 15 şer dakikalık sürelerce uygulanmıştır (Resim 3).

15'er dakikalık aktif tedavi periyodundan sonra örnekler distile su ile yıkandı ve kurulandı. Bu işlemlerden sonra her bir örnekten tekrar 5 ölçüm yapıldı. Bu 5 ölçümün aritmetik ortalaması alınıp, elde edilen değer işlem sonrası yüzey pürüzlülük değeri olarak kaydedildi.

B grubu ise vickers sertlik testi ile yüzey mikrosertliğini değerlendirmek için kullanıldı. Her bloktaki örneklerin irrigasyon işlemlerinden önce ortalama mikrosertlik değerleri; vickers sertlik ölçüm cihazında (Shimadzu HMV-2, Japan), her örnekten 20 saniye 300 gramlık kuvvet ile kökün apikal üçlüsü, orta üçlüsü ve servikal üçlüsünden birer ölçüm yapıp, bu 3 değer aritmetik ortalaması alınarak tespit edilmiştir (Resim 5). B¹ grubuna %5 lik NaOCl, B² grubuna QMix, B³ grubuna ise %2 lik CHX 15'er dakika uygulanmıştır. Daha sonra her örnek distile su ile yıkandı ve kurulandı. İrrigasyon işlemleri uygulanmış her örnekten tekrar üçer yüzey mikrosertlik ölçümü yapıldı. Bu değerlerin ortalaması alınarak irrigasyon sonrası ortalama mikrosertlik değeri olarak kaydedildi.

İrrigasyon işlemi öncesi ve sonrası istatistiksel olarak bir farklılık olup olmadığı Anova-tukey testi kullanılarak değerlendirildi.



Resim 2: Numaralandırılmış örneklerin görüntüsü



Resim 3: İrrigasyon işleminin görüntüsü



Resim 4: Yüzey pürüzlülük testi cihazı



Resim 5: Mikrosertlik testi cihazı

4. BULGULAR

Çalışmamızda elde edilen sonuçların istatistiksel analizinde SPSS (Statistical Package for Social Sciences) statistics 21.0 for Windows paket programı kullanıldı. Elde edilen dentin mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri tespit edildi. Yapılan çalışmada grupların karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi (One Way ANOVA) testi kullanıldı. $P<0,001$ çıkması sonucu gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görüldü. Buna bağlı olarak bütün grupların dentin mikrosertliğinde azalmaya, yüzey pürüzlülüğünde artışa neden olduğu görüldü (Grafik 1-2-3-4-5-6). Grupların kendi aralarında ikişerli olarak karşılaştırılmasında ise post-hoc testlerden Tukey HSD testi uygulandı.

4.1. Mikrosertlik Testi Sonuçları

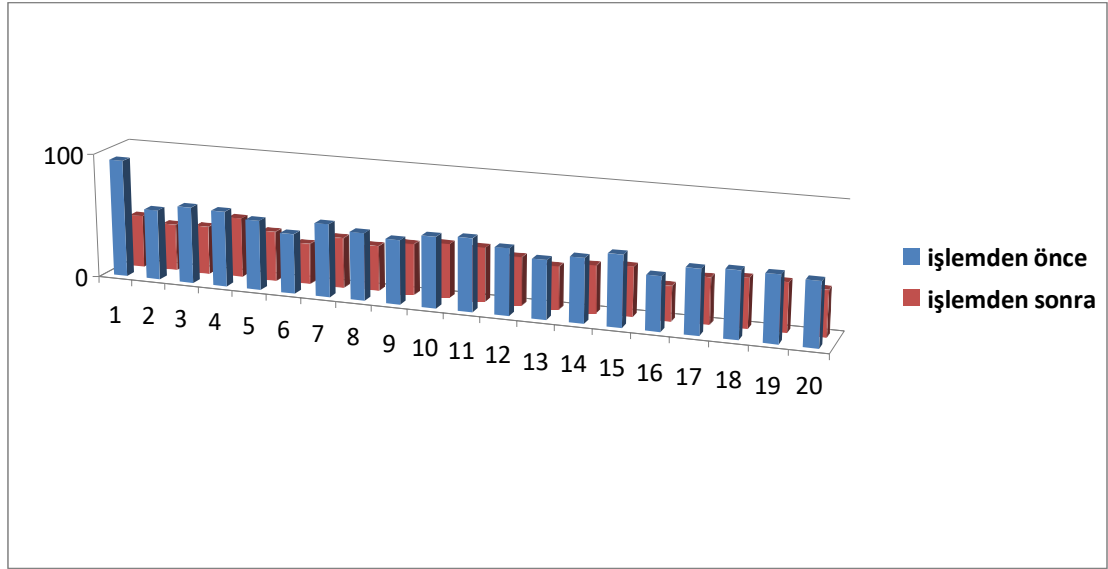
İrrigasyon işlemlerinden önce ve sonra elde edilen mikrosertlik değerleri tablo 3-4-5’da gösterilmiştir. Bu değerlere göre QMix grubu ile %5’lik NaOCl grubu arasında istatistiksel olarak fark bulunmayıp ($p>0,05$), dentin mikrosertliğinde aynı düzeyde azalmaya neden olduğu sonucuna varılmıştır.

QMix ve %5’lik NaOCl grupları ile %2’lik CHX grubu arasında istatistiksel olarak fark olduğu görülmüştür ($p<0,05$). %2’lik CHX’in diğer gruplara göre dentin mikrosertliğinde daha az bir azalmaya neden olduğu sonucuna varılmıştır (Tablo 6).

$$QMix = \%5 \text{ NaOCl} > \%2 \text{ CHX}$$

Tablo 3: QMix irrigasyonundan önce ve sonraki mikrosertlik değerleri

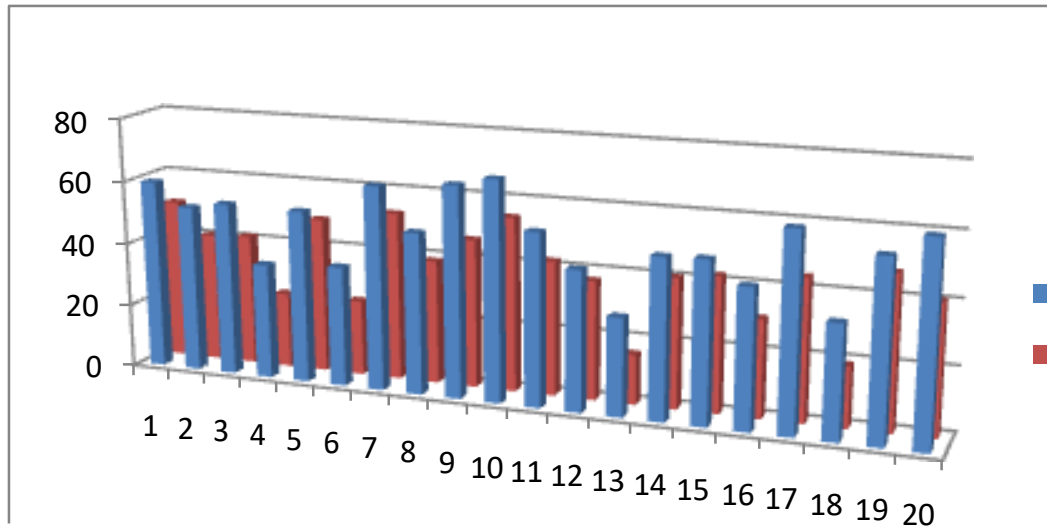
QMix başlangıç	1.ölçüm	2.ölçüm	3.ölçüm	Ortalama	QMix final	1.ölçüm	2.ölçüm	3.ölçüm	Ortalama
1	92,3	105,0	85,5	94,3	1	40,0	49,7	36,9	42,2
2	49,8	59,6	60,1	56,5	2	27,0	41,9	43,5	37,5
3	59,0	60,1	65,1	61,4	3	33,1	33,9	47,0	38,0
4	58,5	67,1	55,9	60,5	4	47,6	50,2	46,3	48,0
5	44,3	61,6	61,8	55,9	5	41,9	38,6	37,6	39,4
6	37,0	51,6	54,3	47,6	6	32,0	30,2	34,8	32,3
7	50,8	59,6	64,1	58,2	7	33,6	39,2	45,2	39,3
8	52,4	52,1	57,3	53,9	8	34,3	35,3	38,5	36,0
9	44,8	54,3	53,8	51,0	9	41,2	41,4	37,1	39,9
10	54,7	54,7	59,8	56,4	10	40,7	37,0	51,5	43,1
11	53,1	50,9	69,8	57,9	11	36,5	48,6	44,5	43,2
12	52,6	57,7	48,1	52,8	12	39,6	39,0	35,3	38,0
13	45,8	45,8	48,1	46,6	13	31,1	31,7	37,0	33,3
14	57,7	51,7	43,2	50,9	14	34,2	37,1	39,5	36,9
15	63,3	43,2	62,2	56,2	15	39,5	37,5	40,9	39,3
16	37,4	51,1	39,5	42,7	16	27,0	30,2	23,5	26,9
17	44,7	57,7	51,2	51,2	17	30,0	41,6	37,1	36,2
18	53,8	50,1	54,5	52,8	18	44,6	34,0	39,3	39,3
19	56,9	46,5	54,5	52,6	19	42,3	39,7	34,7	38,9
20	49,8	44,5	57,4	50,6	20	34,7	32,6	39,0	35,4



Grafik 1: QMix irrigasyonundan önceki ve sonraki mikrosertlik değerlerinin grafiği

Tablo 4: %5 NaOCl irrigasyonundan önce ve sonraki mikrosertlik değerleri

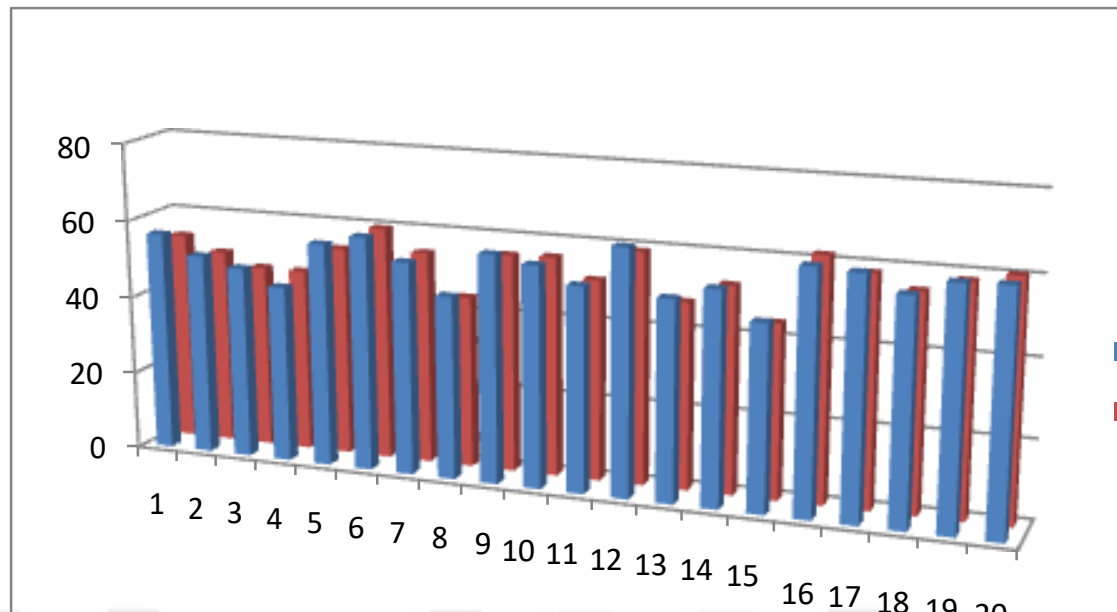
NaOCl başlangıç	1.ölçüm	2.ölçüm	3.ölçüm	ortalama	NaOCl final	1.ölçüm	2.ölçüm	3.ölçüm	Ortalama
1	54,2	65,0	59,9	59,7	1	50,1	54,5	47,3	50,6
2	51,4	52,9	53,2	52,5	2	43,0	37,2	41,8	40,7
3	54,3	56,0	53,1	54,5	3	43,2	32,0	48,6	41,3
4	35,5	36,7	36,5	36,2	4	29,3	23,8	18,1	23,7
5	52,3	52,6	57,8	54,2	5	52,1	44,7	50,0	48,9
6	42,4	35,6	35,1	37,7	6	19,7	24,4	27,1	23,7
7	66,4	61,7	63,9	64,0	7	50,2	57,0	51,2	52,8
8	51,8	50,6	49,4	50,6	8	40,7	48,5	27,2	38,8
9	61,3	70,9	66,5	66,2	9	49,3	37,5	52,9	46,6
10	69,1	69,0	68,6	68,9	10	54,8	55,9	53,1	54,6
11	52,3	50,0	59,6	54,0	11	37,9	43,1	45,3	42,1
12	41,9	45,2	44,4	43,8	12	37,2	40,1	34,4	37,2
13	31,1	29,9	30,8	30,6	13	13,9	15,8	17,0	15,6
14	48,7	49,6	51,4	49,9	14	46,2	35,8	39,6	40,5
15	50,4	51,4	49,1	50,3	15	43,8	42,4	40,5	42,2
16	40,4	43,7	46,0	43,4	16	35,0	22,7	33,9	30,5
17	63,8	61,0	59,4	61,4	17	48,7	41,3	42,6	44,2
18	30,6	36,2	39,1	35,3	18	20,4	16,6	19,9	19,0
19	55,4	55,4	56,3	55,7	19	45,4	47,7	50,4	47,8
20	55,3	66,5	64,9	62,2	20	39,5	41,4	40,9	40,6



Grafik 2: %5 NaOCl irrigasyonundan önceki ve sonraki mikrosertlik değerlerinin grafiği

Tablo 5: %2 CHX irrigasyonundan önce ve sonraki mikrosertlik değerleri

CHX Başlangıç	1.ölçüm	2.ölçüm	3. ölçüm	ortalama	CHX Final	1.ölçüm	2.ölçüm	3.ölçüm	ortalama
1	51,2	63,8	54,5	56,5	1	48,2	60,2	53,0	53,8
2	50,6	51,2	52,9	51,6	2	51,7	43,7	55,1	50,2
3	45,5	46,3	56,2	49,3	3	49,0	46,1	46,0	47,0
4	59,4	40,5	36,0	45,3	4	40,0	43,8	57,0	46,9
5	53,5	59,0	59,4	57,3	5	57,3	50,2	53,6	53,7
6	58,0	60,0	62,1	60,0	6	58,3	60,2	61,0	59,8
7	55,3	55,6	52,5	54,5	7	57,8	53,0	52,3	54,4
8	44,7	44,1	51,5	46,8	8	43,2	40,5	48,0	43,9
9	57,0	58,3	59,7	58,3	9	56,6	55,5	54,6	55,6
10	52,5	58,3	58,8	56,5	10	58,3	58,6	51,0	56,0
11	48,3	53,6	55,1	52,3	11	52,3	50,6	50,3	51,1
12	61,1	70,6	56,3	62,7	12	65,1	64,3	48,3	59,2
13	51,1	53,6	48,7	51,1	13	47,2	47,0	48,5	47,6
14	55,6	52,9	54,6	54,4	14	54,0	53,1	51,0	52,7
15	44,6	50,1	47,2	47,3	15	43,0	42,7	47,5	44,4
16	61,5	63,4	60,3	61,7	16	65,2	58,7	61,7	61,9
17	60,9	60,4	62,0	61,1	17	55,0	61,5	58,9	58,5
18	53,1	62,0	55,4	56,8	18	54,3	57,0	54,0	55,1
19	64,5	61,8	55,5	60,6	19	54,5	60,6	60,1	58,4
20	58,5	64,8	59,7	61,0	20	56,0	67,2	58,5	60,6



Grafik 3: %2 CHX irrigasyonundan önceki ve sonraki mikrosertlik değerlerinin grafiği

Tablo 6: İrrigasyon ajanlarının kök dentin mikrosertliği üzerine istatistiksel anlamlılık ve standart sapma değerleri

GRUPLAR	N	Vickers microhardness Values(Mean ± SD)
İrrigasyon işleminden önce		
QMix 2 in 1	20	55,50 ± 10,25
%5 NaOCl	20	51,56 ± 10,88
%2 CHX	20	55,26 ± 5,35
İrrigasyon işleminden sonra		
QMix 2 in 1	20	38,16 ± 4,44
%5 NaOCl	20	39,07 ± 11,13
%2 CHX	20	53,54 ± 5,47

4.2. Yüzey Pürüzlülüğü Sonuçları

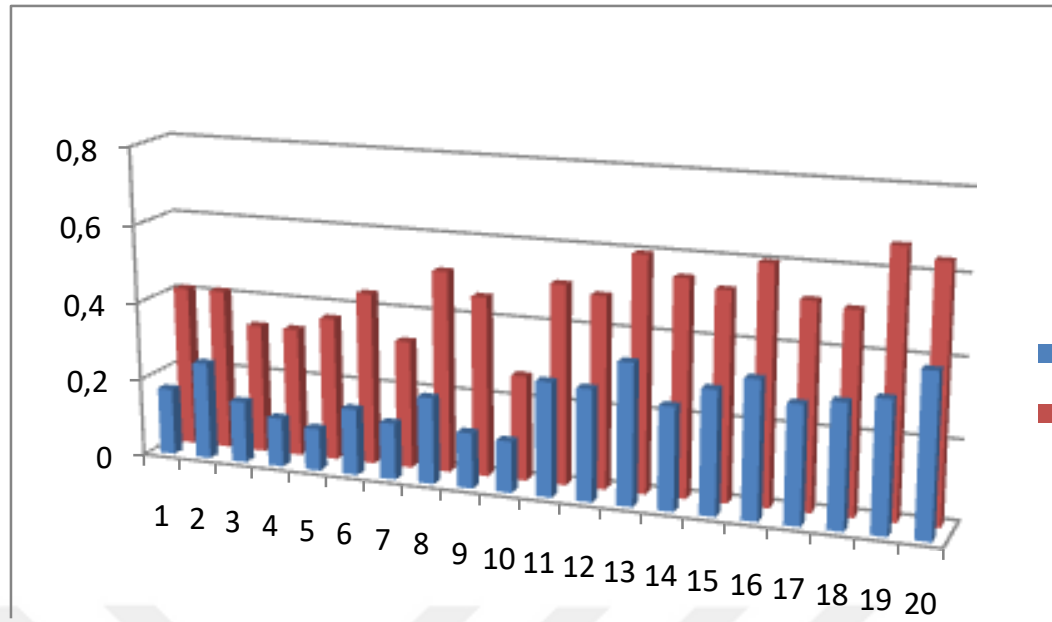
İrrigasyon işlemlerimden önce ve sonraki yüzey pürüzlülük değerleri tablo 7-8-9'da gösterilmiştir. Bu değerlere göre QMix grubu ile %5'lik NaOCl ve %2'lik CHX grupları arasında yüzey pürüzlülüğü açısından fark olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). QMix grubunun diğer gruplara göre yüzey pürüzlülüğünde daha fazla artış yaptığı sonucuna varılmıştır.

%5'lik NaOCl grubu ile %2'lik CHX grubu kendi arasında yapılan ikili karşılaştırmada istatistiksel olarak fark olmadığı ($p>0,05$), yüzey pürüzlülüğünde aynı düzeyde artışa neden oldukları görülmüştür (Tablo 10).

$$Q_{Mix} > \%5 \text{ NaOCl} = \%2 \text{ CHX}$$

Tablo 7: QMix irrigasyonundan önce ve sonraki yüzey pürüzlülük değerleri

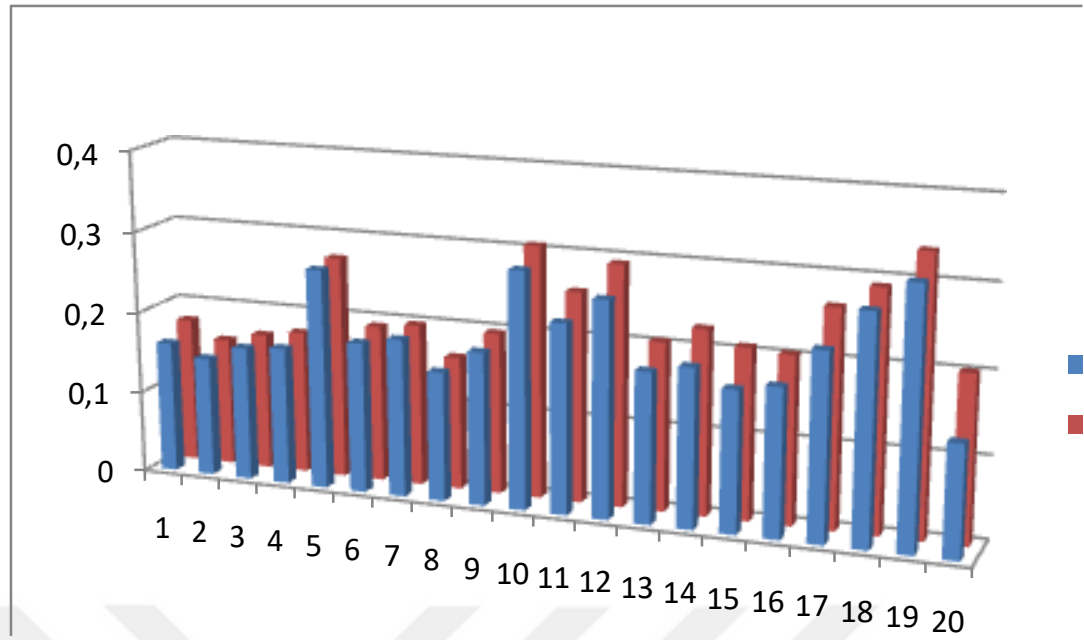
Q MIX başlangıç (Ra: μm)	1.ölçüm	2.ölçüm	3.ölçüm	4.ölçüm	5.ölçüm	Ortalama	Q MIX final (Ra: μm)	1.ölçüm	2.ölçüm	3.ölçüm	4.ölçüm	5.ölçüm	Ortalama
1	0,170	0,184	0,093	0,165	0,244	0,171	1	0,422	0,330	0,338	0,713	0,259	0,412
2	0,309	0,327	0,205	0,191	0,212	0,249	2	0,378	0,396	0,343	0,377	0,569	0,413
3	0,126	0,141	0,155	0,195	0,172	0,158	3	0,269	0,324	0,382	0,300	0,378	0,331
4	0,128	0,113	0,127	0,127	0,128	0,125	4	0,341	0,312	0,363	0,345	0,295	0,331
5	0,059	0,044	0,138	0,147	0,153	0,108	5	0,262	0,374	0,424	0,356	0,426	0,368
6	0,122	0,163	0,291	0,169	0,106	0,170	6	0,327	0,499	0,596	0,265	0,519	0,441
7	0,141	0,143	0,147	0,148	0,142	0,144	7	0,388	0,285	0,357	0,316	0,287	0,327
8	0,177	0,221	0,218	0,255	0,231	0,220	8	0,287	0,540	0,631	0,495	0,623	0,515
9	0,145	0,147	0,144	0,133	0,138	0,141	9	0,276	0,472	0,587	0,466	0,494	0,459
10	0,130	0,123	0,141	0,135	0,128	0,131	10	0,236	0,230	0,263	0,258	0,353	0,268
11	0,276	0,282	0,295	0,305	0,297	0,291	11	0,581	0,535	0,441	0,415	0,569	0,508
12	0,323	0,240	0,250	0,275	0,331	0,284	12	0,446	0,443	0,613	0,495	0,445	0,488
13	0,368	0,422	0,315	0,331	0,358	0,359	13	0,761	0,575	0,650	0,504	0,498	0,598
14	0,247	0,265	0,262	0,272	0,261	0,261	14	0,585	0,586	0,545	0,493	0,537	0,549
15	0,347	0,333	0,304	0,326	0,256	0,313	15	0,607	0,458	0,616	0,439	0,518	0,528
16	0,308	0,274	0,417	0,356	0,385	0,348	16	0,519	0,657	0,565	0,618	0,648	0,601
17	0,302	0,297	0,308	0,267	0,317	0,298	17	0,466	0,518	0,545	0,628	0,445	0,520
18	0,319	0,300	0,328	0,308	0,311	0,313	18	0,459	0,466	0,556	0,575	0,477	0,507
19	0,248	0,335	0,340	0,343	0,387	0,331	19	0,896	0,572	0,673	0,580	0,607	0,666
20	0,325	0,415	0,481	0,402	0,417	0,408	20	0,540	0,643	0,543	0,711	0,755	0,638



Grafik 4: QMix irrigasyonundan önceki ve sonraki yüzey pürüzlülük değerlerinin grafiği

Tablo 8: %5 NaOCl irrigasyonundan önce ve sonraki yüzey pürüzlülük değerleri

NaOCl başlangıç (Ra: µm)	1.ölçüm	2.ölçüm	3.ölçüm	4.ölçüm	5.ölçüm	Ortalama	NaOCl Final (Ra:µm)	1.ölçüm	2.ölçüm	3.ölçüm	4.ölçüm	5.ölçüm	Ortalama
1	0,191	0,107	0,114	0,236	0,155	0,161	1	0,201	0,112	0,168	0,243	0,166	0,178
2	0,157	0,137	0,135	0,156	0,146	0,146	2	0,169	0,144	0,163	0,158	0,149	0,157
3	0,126	0,145	0,171	0,211	0,167	0,164	3	0,132	0,157	0,190	0,192	0,168	0,168
4	0,172	0,190	0,157	0,172	0,151	0,168	4	0,187	0,191	0,161	0,156	0,179	0,175
5	0,361	0,230	0,260	0,243	0,253	0,269	5	0,316	0,287	0,283	0,245	0,228	0,272
6	0,182	0,172	0,204	0,172	0,192	0,184	6	0,170	0,181	0,216	0,202	0,189	0,192
7	0,219	0,191	0,191	0,167	0,196	0,193	7	0,217	0,172	0,196	0,213	0,194	0,198
8	0,144	0,156	0,154	0,169	0,168	0,158	8	0,150	0,160	0,139	0,194	0,171	0,163
9	0,152	0,192	0,201	0,178	0,210	0,187	9	0,180	0,196	0,227	0,189	0,191	0,197
10	0,316	0,256	0,300	0,279	0,296	0,289	10	0,214	0,383	0,343	0,313	0,282	0,307
11	0,187	0,270	0,271	0,263	0,166	0,231	11	0,229	0,275	0,284	0,277	0,214	0,256
12	0,233	0,226	0,264	0,310	0,280	0,263	12	0,230	0,246	0,321	0,376	0,291	0,293
13	0,138	0,150	0,169	0,193	0,267	0,183	13	0,159	0,199	0,180	0,213	0,272	0,205
14	0,208	0,217	0,151	0,205	0,183	0,193	14	0,208	0,231	0,237	0,193	0,255	0,225
15	0,144	0,156	0,159	0,196	0,203	0,172	15	0,147	0,207	0,201	0,256	0,229	0,208
16	0,158	0,145	0,164	0,154	0,279	0,180	16	0,163	0,242	0,173	0,156	0,285	0,204
17	0,313	0,246	0,211	0,165	0,199	0,227	17	0,345	0,324	0,256	0,190	0,206	0,264
18	0,182	0,219	0,224	0,311	0,446	0,276	18	0,194	0,255	0,213	0,325	0,469	0,291
19	0,280	0,306	0,376	0,315	0,285	0,312	19	0,295	0,315	0,334	0,440	0,295	0,336
20	0,136	0,161	0,118	0,121	0,144	0,136	20	0,148	0,164	0,202	0,229	0,267	0,202

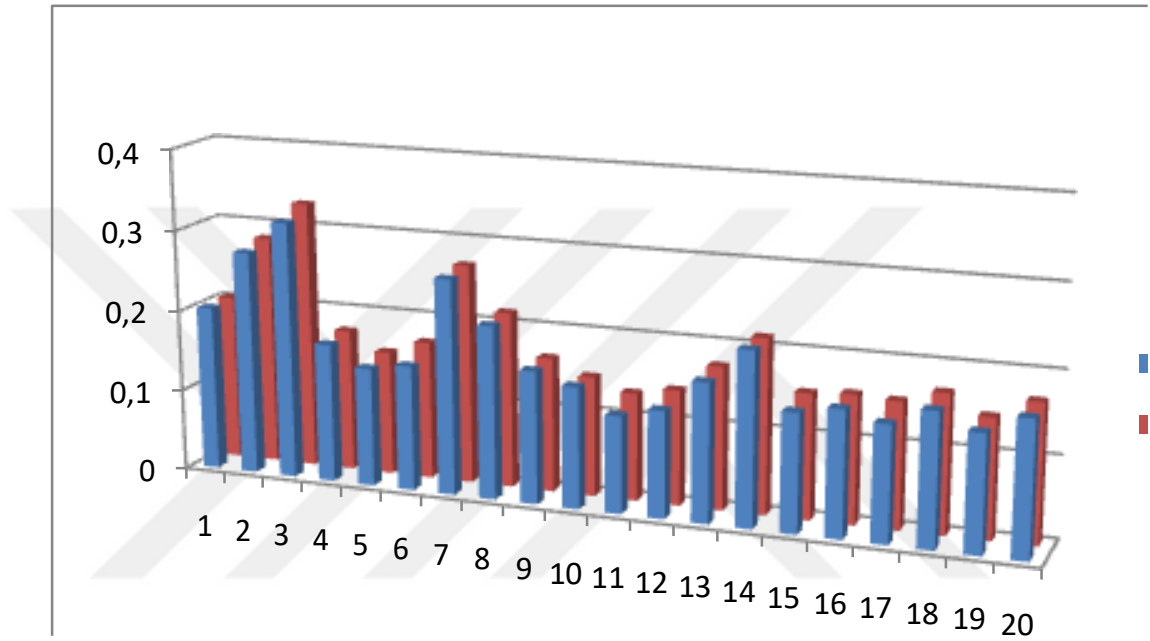


Grafik 5: %5 NaOCl irrigasyonundan önceki ve sonraki yüzey pürüzlülük değerlerinin grafiği

Tablo 9: %2 CHX irrigasyonundan önce ve sonraki yüzey pürüzlülük değerleri

CHX başlangıç (Ra:μm)	1.ölçüm	2.ölçüm	3.ölçüm	4.ölçüm	5.ölçüm	Ortalama	CHX final (Ra:μm)	1.ölçüm	2.ölçüm	3.ölçüm	4.ölçüm	5.ölçüm	Ortalama
1	0,177	0,189	0,221	0,193	0,236	0,203	1	0,267	0,234	0,139	0,172	0,207	0,204
2	0,220	0,239	0,262	0,344	0,314	0,276	2	0,280	0,232	0,325	0,316	0,263	0,283
3	0,270	0,232	0,346	0,341	0,395	0,317	3	0,305	0,341	0,288	0,324	0,390	0,330
4	0,210	0,117	0,173	0,181	0,176	0,171	4	0,220	0,117	0,177	0,188	0,174	0,175
5	0,156	0,148	0,127	0,150	0,148	0,146	5	0,166	0,157	0,136	0,159	0,147	0,153
6	0,143	0,141	0,173	0,161	0,154	0,154	6	0,147	0,174	0,193	0,197	0,138	0,170
7	0,217	0,342	0,184	0,255	0,326	0,265	7	0,203	0,360	0,194	0,275	0,320	0,270
8	0,315	0,198	0,181	0,175	0,194	0,213	8	0,309	0,170	0,212	0,185	0,202	0,216
9	0,171	0,163	0,162	0,167	0,153	0,163	9	0,170	0,164	0,169	0,154	0,169	0,165
10	0,153	0,171	0,112	0,151	0,156	0,149	10	0,163	0,151	0,117	0,149	0,154	0,147
11	0,145	0,152	0,118	0,066	0,113	0,119	11	0,144	0,149	0,139	0,108	0,121	0,132
12	0,126	0,104	0,131	0,150	0,145	0,131	12	0,127	0,121	0,136	0,173	0,149	0,141
13	0,190	0,197	0,149	0,152	0,163	0,170	13	0,184	0,204	0,138	0,161	0,189	0,175
14	0,199	0,237	0,204	0,209	0,217	0,213	14	0,209	0,203	0,210	0,236	0,214	0,214

15	0,160	0,122	0,139	0,135	0,170	0,145	15	0,205	0,154	0,132	0,140	0,135	0,153
16	0,164	0,163	0,122	0,137	0,182	0,154	16	0,154	0,153	0,154	0,136	0,190	0,157
17	0,116	0,149	0,152	0,143	0,149	0,142	17	0,137	0,151	0,158	0,151	0,172	0,154
18	0,146	0,159	0,172	0,156	0,180	0,163	18	0,152	0,158	0,192	0,176	0,167	0,169
19	0,156	0,154	0,156	0,110	0,138	0,143	19	0,154	0,144	0,151	0,147	0,134	0,146
20	0,211	0,180	0,159	0,139	0,138	0,165	20	0,213	0,185	0,164	0,137	0,146	0,169



Grafik 6: %2 CHX irrigasyonundan önceki ve sonraki yüzey pürüzlülük değerlerinin grafiği

Tablo 10: İrrigasyon ajanlarının kök dentin yüzey pürüzlülüğü üzerine istatistiksel anlamlılık ve standart sapma değerleri

GRUPLAR	N	Roughness Values(Mean $\pm$ SD)
İrrigasyon işleminden önce		
QMix 2 in 1	20	0,24 $\pm$ 0,09
%5 NaOCl	20	0,20 $\pm$ 0,05
%2 CHX	20	0,18 $\pm$ 0,05
İrrigasyon işleminden sonra		

QMix 2 in 1	20	0,47 ± 0,11
%5 NaOCl	20	0,22 ± 0,05
%2 CHX	20	0,19 ± 0,05

5. TARTIŞMA

Endodontik tedavinin başarısındaki esas kriter, kök kanal sisteminin nekrotik artıklardan temizlenmesi, apikal tıkamayı tam olarak sağlamaya imkan sunacak genişletme ve üç boyutlu bir şekilde hermetik olarak doldurulmasıdır. Tüm kök kanal sisteminin dezenfeksiyonunda yeterli olmayan mekanik şekillendirme kanal tedavisinde çok önemli rol almaktadır (40). Bu yüzden kanal dezenfeksiyonunda mekanik şekillendirme ve antibakteriyel irrigasyon kombinasyonu en önemli aşamalardır (100). Endodontide irrigasyon solüsyonları dentin geçirgenliğinin ve yüzey pürüzlülüğünün artırılması için kök kanal dentininin organik kısmının bozulup uzaklaştırılmasında kullanılır (101).

Çalışmamızda kullanılan tüm irrigasyon ajanları dentin mikrosertliğinde azalmaya neden olmuştur. Irrigasyon ajanlarından QMix irrigasyon ajanı ve %5 konsantrasyondaki sodyum hipoklorit (NaOCl) ajanı dentin mikrosertliğinde aynı düzeyde azalmaya neden olurken, %2 konsantrasyondaki klorheksidin ajanı (CHX) diğerlerine göre daha az miktarda azalmaya neden olmuştur.

Önceki çalışmalarda, dentinin sertliğini ölçmek için Knoop çukur açıcı mikrosertlik testi (102) ve Vickers mikrosertlik testi (103) kullanılmıştır. Mikrosertlik diş sert dokularında mineral kaybı veya kazancı konusunda bir kanıt sağlayabilir (104). Oliveira ve ark. kimyasal ajanlarla tedavi edilen dentindeki yüzey değişikliklerinin değerlendirilmesinde vickers testinin pratik ve uygun olduğunu bildirmişlerdir (105). Önceki araştırmalar, Vickers mikrosertlik testinin kimyasal ajanlarla tedavi edilmiş dental dokularda kullanımının uygun ve pratik olduğunu göstermiştir (103, 106). Knoop sertlik testi bazı araştırmalarda diş sert dokularının

yüzey değişikliklerinin değerlendirilmesinde kullanılmış olsa da (102) çalışmamızda metodun uygunluğu açısından Vickers mikrosertlik testi tercih edilmiştir.

Daha önce yapılan in vitro çalışmalarda enine veya boyuna kesitli kökler kullanılarak irrigasyon solüsyonlarının kök kanal dentininin mikrosertliği üzerine etkileri değerlendirilmiştir (10, 107). İrrigasyon ajanlarının kök kanalına açılan dentin tübüllerine paralel bir şekilde etki etmesi ve buna bağlı olarak kök kanalını taklit etmesi göz önünde bulundurularak çalışmamızda boyuna kesitli kökler kullanıldı.

Dentin mikrosertliği, solüsyonun fiziksel özelliklerine ve yapısına bağlıdır. Dentin tübüllerinin sayısı ve çapı irrigasyon ajanının etkinliğinde önemli rol oynar (108, 109). Ayrıca dentin sertliğinin konumu ile de ilgili olduğu ve pulpaya yakın yerlerde test edilen sertliğin diğer kısımlara oranla daha az olduğu bildirilmiştir (110). Pahsley ve ark. dentin mikrosertliğinin yüzeyden derin bölgelere doğru azaldığını rapor etmişlerdir (102). Çalışmamızda irrigasyon işlemlerinden önce ölçülen dentin mikrosertlik değerlerinin birbirlerinden farklı olmasının sebebinin pulpaya yakınlık derecesine bağlı olduğu düşüncesindeyiz. İntertübüler maddenin mineral içeriğinin derecesi ve hidroksiapatit miktarı, dentin yapısının sertlik profili değerlendirilmesinde önemli faktörlerdir (13).

Ayrıca irrigasyon solüsyonlarının uygulama süreleri de önemli faktörlerdendir (111). Şu anda smear tabakasını yeterli düzeyde kaldırabilmesi bakımından irrigasyon solüsyonlarının uygulama süreleri üzerine bir fikir birliği yoktur. Bazı çalışmalarda farklı konsantrasyonlardaki NaOCl'nin 15 dakika uygulanması ve %6'lık NaOCl'nin 10 dakika uygulanmasının dentin mikrosertliğini azalttığı rapor edilmiştir (11, 105, 112). Çalışmamızda da önceki çalışmalar rehberliğinde irrigasyon solüsyonlarını 15'er dakika süreyle dentin yüzeylerine uygulayarak, dentin yapısındaki değişiklikleri değerlendirmeyi amaçladık.

NaOCl en yaygın kullanılan kök kanal irrigasyonudur, fakat henüz optimum konsantrasyonu konusunda görüş birliği yoktur (1). Yapılan bazı çalışmalarda, hem kök kanalındaki bakterileri öldürmek hem de kanal içindeki biyofilmi kaldırmak için yüksek konsantrasyonda hipokloritin kullanımının öngörülebilir bir yöntem olduğu gösterilmiştir (113, 114). Byström ve ark. yaptıkları bir çalışmada mikroorganizma

eliminasyonu bakımından %0,5'lik NaOCl ile %5'lik NaOCl irrigasyon ajanlarını karşılaştırmış, %5 konsantrasyondaki NaOCl'nin çok fazla bir üstünlüğünün olmadığını bildirmişlerdir (115).

NaOCl solüsyonunun sıcaklığının arttırılmasının kanal içindeki etkinliğinin ve doku çözücü kapasitesinin artmasına neden olduğu rapor edilmiştir (116). Yapılan bir çalışmada 5 ile 60 °C arasında her 5 °C'lik artışta NaOCl solüsyonunun bakterisid etkinliğinin iki kat arttığı bildirilmiştir (117). Başka bir çalışmada ise 45 °C'de %1 NaOCl solüsyonu ile 20 °C'de %5,25 NaOCl solüsyonunun pulpa çözücü kapasiteleri karşılaştırılmış ve iki solüsyonunda doku çözme kapasitesinin eşit olduğu bildirilmiştir (118). Mevcut çalışmamız oda sıcaklığında (25 °C) gerçekleştirilmiştir. Sıcaklığının artması ile antibakteriyel etkinliği ve doku çözücü kapasitesi artan NaOCl irrigasyon solüsyonunun dentin mikrosertliği ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri endodontik tedavinin yapıldığı ağız içi sıcaklığında, oda sıcaklığına oranla daha fazla olabilme ihtimali düşünülebilir. Ayrıca çalışmamızda irrigasyon solüsyonları düz bir dentin yüzeyine eğeleme işlemi yapılmadan doğrudan uygulanmıştır. Gerçekte mekanik eğeleme sonucunda hem solüsyonların kanal içindeki çalkalama etkisiyle kök kanal dentin yapısına gösterebileceği etki farklı olabilir hem de eğeleme sırasındaki sürtünmenin etkisiyle ortam sıcaklığının artabileceği ve etkinin farklılaşabileceği düşünülebilir.

Grigoratos ve ark. (119) ve Sim ve ark.(48) NaOCl'nin dentinin elastik dayanım ve elastik modülünü azalttığını bulmuştur. Başka bir çalışmada %2,5 ve %6 konsantrasyonlardaki NaOCl'nin çeşitli uygulama sürelerinde (5-20 dk) dentin mikrosertliğine etkileri değerlendirilerek, dentin mikrosertliğindeki azalmanın %6'lık NaOCl'de daha belirgin olduğu görülmüş, ayrıca NaOCl'nin dentin yüzeyine uygulama süreleri karşılaştırıldığında, 5 dakikalık uygulamanın dentin mikrosertliğinde diğerlerine göre istatistiksel olarak önem arzetmeyen bir değişiklik yaptığı bildirilmiştir (112). İnsan premolar dişleri üzerinde yapılan başka bir çalışmada da %3'lük NaOCl irrigasyon ajanının dentinin yüzey gerilimi üzerine %5'lik NaOCl'ye göre etkisiz olduğu bildirilmiştir (120). Slutzky-Goldberg ve ark.(121) molar dişler üzerinde yaptığı çalışmada kök kanal preparasyonu yapılsın veya yapılsın %2,5 NaOCl'nin dentinin mikrosertliğinde azalma yaparak biomekanik özelliklerini değiştirdiğini rapor etmişler.

Dentin bileşiminde bulunan hidroksiapatit kristallerinin içeriğindeki kalsiyum (Ca) ve fosfor (P) elementleri diş sert dokusunun temel inorganik bileşenleridir. Endodontik tedavi sırasında irrigasyon ajanı olarak kullanılan NaOCl solüsyonunun Ca/P oranını etkileyerek dentinin mineral içeriğinde önemli değişiklikler yaptığı bildirilmiştir (122). NaOCl solüsyonunun kök dentininde mineral birikimine neden olduğu rapor edilmiştir (123). Yapılan başka bir çalışmada NaOCl'nin fosfat miktarında azalmaya, karbonat miktarında artışa neden olduğu bildirilmiştir (124). Daha önceden yapılan bazı çalışmalarda NaOCl irrigasyonu ile dentinin çözülmesini önleyen inorganik materyalin açığa çıkabileceği veya organik dokunun çözebileceği ve mineralize dokudan smear tabakasının ayrılabilceği bildirilmiştir (125, 126). Bu mineralize tabaka NaOCl irrigasyonu ile dentin yüzeyindeki Ca/P oranındaki artışın bir sebebi olabileceği düşünülmüştür (122).

Bir başka çalışmada mineralize dokuda Ca, P ve az miktarda Mg, mineralizasyon süreci ve özellikle kristal büyümeyi etkilemesi daima bulunduğu rapor edilmiştir (127). Yapılan bir çalışmanın sonuçlarına göre yalnızca NaOCl irrigasyon ajanının veya EDTA şelasyon ajanının kullanıldığı irrigasyonun kök kanal dentini Mg düzeyinde bir değişiklik yapmadığı, oysa ki NaOCl ile şelasyon ajanının kombine kullanıldığı durumlarda Mg düzeyinde önemli derecede artış olduğu görülmüştür (122). Önceki çalışmalara göre dentin içeriğindeki Mg düzeyinin Ca, P ve organik matrikse bağlı olabileceği düşünülmüştür (128, 129).

Alt kesici dişler üzerinde yapılan bir çalışmada %0,2'lik CHX ve %2,5'lik NaOCl solüsyonlarının dentinin inorganik bileşimindeki Ca, P seviyelerinde azalma yaptığı, aksine %5,25 NaOCl solüsyonunun herhangi bir etkide bulunmadığı, aynı çalışmada bu irrigasyon ajanlarının tümünün potasyum (K) düzeyinde istatistiksel olarak önemsiz bir azalmaya neden olurken, Mg düzeyinde herhangi bir değişime neden olmadığı bildirilmiştir (130).

Daha önceden %2'lik CHX ve yüzey değiştirici eklenmiş CHX Plus solüsyonlarının alt üçüncü azı dişleri distal kök kanalı dentini üzerine 5 dakika uygulanmasıyla yapılan bir çalışmada dentin mikrosertliğinde herhangi bir değişiklik olmadığı gösterilmiştir. Son zamanlarda yapılan bu çalışmada yüzey değiştirici eklenmiş irrigasyon ajanlarının kök kanalı dentini mikrosertliği üzerine etki etmediği rapor edilmiştir (131). Bu çalışmada dentin mikrosertliğinde herhangi bir değişiklik

olmamasının sebebi irrigasyon solüsyonunun uygulama süresi olabilir. Ari ve ark. alt kesici dişler üzerinde yaptığı bir çalışmada 15 dakika uygulanan %0,2'lik CHX solüsyonunun dentin mikrosertliğine etki etmediğini rapor etmişler (11). Ari ve ark. yaptığı bu çalışmada dentin mikrosertliğinde bir değişiklik olmamasının sebebi ise düşük konsantrasyon olabilir. Ayrıca yapılan başka bir çalışmada da CHX solüsyonu ile tedavi edilmiş dişlere adezivlerin bağlanma kuvveti değerlerinin diğer irrigasyon solüsyonlarına kıyasla daha fazla olduğu bildirilmiştir (132). Son yıkama ajanı olarak kullanılan CHX kök kanalında epoksi rezinin dentine bağlanma gücünü arttırdığı yapılan bir çalışmada rapor edilmiştir (133). Öncəğ ve ark. Cetrexidin (%0,2 CHX, %0,2 cetrimide) ve %2 konsantrasyondaki CHX solüsyonunun antibakteriyel etkilerinin kalıcılığı ve düşük toksisite özelliğinin %5,25 konsantrasyondaki NaOCl solüsyonundan daha etkili olduğunu bulmuşlardır (67). Vianna ve ark. yaptıkları bir çalışmada %1 ve %2'lik CHX irrigasyon solüsyonunun gerekli sürede uygulanması ile tüm mikroorganizmalara etkisinin %5,25'lik NaOCl solüsyonu ile aynı düzeyde olduğunu bildirmişlerdir (134). Yaptığımız çalışmada antibakteriyel etkinliğinin diğerleri ile hemen hemen aynı olduğu bildirilen %2 konsantrasyondaki CHX irrigasyon solüsyonunu 15 dakika süreyle uygulayarak dentin mikrosertliğinde azalmaya neden olduğunu, ancak %2 CHX'in kök dentini mikrosertliğinde yaptığı bu azalmanın, yine aynı süre uygulanan %5 NaOCl ve QMix gruplarındaki dentin mikrosertliğindeki azalmadan daha az olduğunu tespit ettik.

Aranda-Garcia ve ark. önceden yaptıkları bir çalışmada %17 EDTA, BioPure MTAD, SmearClear ve QMix final irrigasyon solüsyonlarının dentin mikrosertliğini belirgin şekilde azaltma etkileri değerlendirmiş ve aralarında herhangi bir fark olmadığını bildirilmişler (135). Horizontal kesit alınarak hazırlanan kök dentini üzerine %2 CHX solüsyonu 15 dk süre ile kullanıldığı zaman kök kanal dentin mikrosertliğinde önemli bir azalma yapabileceği rapor edilmiştir. Literatürde %2'lik CHX solüsyonunun kök kanal dentin mikrosertliğine ve yüzey pürüzlülüğüne etkileri ile ilgili çalışmaların olmadığı ve bu konu ile ilgili çalışmalar yapılması gerektiği bildirilmiştir (105). Buna rağmen EDTA esaslı QMix'in bileşiminde bulunan %2 CHX böyle bir etki yapmamaktadır. Bu durum solüsyonun yüzey gerilimini düşürücü ve ıslanabilirliği artırıcı yüzey aktif ajan gibi içeriğinde bulunan çeşitli maddelerin varlığıyla açıklanabilir (136).

Bir yüzey aktif maddesinin eklendiği şelasyon ajanı yüzey gerilimi ve dentin mikrosertliğini azaltır ve bundan dolayı şelatın dentine penetrasyon kabiliyetini arttırır (111). Biz çalışmamızda EDTA, CHX ve deterjan içerikli QMix irrigasyon ajanını standardizasyon faktörünü dikkate alarak diğer gruplar gibi 15 dakika uyguladık ve dentin mikrosertliğinde önemli derecede azalmaya neden olduğunu tespit ettik.

Dai ve ark.(80) ve Stojicic ve ark.(60) QMix'in smear tabakasını kaldırma bakımından %17'lik EDTA kadar etkili olduğunu rapor etmişler. QMix irrigasyon solüsyonunun bileşenlerinden olan EDTA'nın farklı konsantrasyonları en çok kullanılan şelasyon ajanıdır (137). Cruz-Filho ve ark. şelasyon ajanlarının dentin mikrosertliğini önemli derecede azalttığını göstermiştir (138).

MTAD veya QMix gibi kombinasyonel ürünler kullanım kolaylığından dolayı ve NaOCl'nin demineralizasyon ajanlarıyla kullanımına bağlı oluşan dentinal erozyon raporları temelinde NaOCl ve EDTA'nın kullanımı yerine NaOCl den sonra son yıkama irrigasyon solüsyonu olarak kullanımının uygun olduğu bildirilmiştir (139). Yapılan bir çalışmada son yıkama ajanı olarak kullanılan QMix'in kök kanal dolgu maddesinin dentine bağlanma gücünü arttırdığı gösterilmiştir (81). Başka bir çalışma ise son yıkama ajanı olarak EDTA veya QMix kullanıldığı zaman kök kanal dolgu maddelerinin bağlanma kuvvetinin arttığını göstermiştir (140). Yine aynı şekilde başka bir çalışmada QMix gruplarıyla benzer şekilde EDTA irrigasyonundan sonra AH Plus'ın bağlanma kuvvetinin arttığı bildirilmiştir (81). Bu sonuçlar QMix irrigasyon ajanının bileşenlerinin (EDTA, CHX) etkilerinin devam etmesi ile açıklanabileceği düşünülebilir.

Saleh ve ark. daha önceden yaptığı bir çalışmada irrigasyon solüsyonlarından H_2O_2 /NaOCl ve EDTA'nın kök kanal dentini mikrosertliği üzerine etkilerini değerlendirmiş, tüm solüsyonların kök dentini mikrosertliğini azalttığı görülmüş. Ayrıca bu irrigasyon solüsyonları arasından EDTA'nın dentin sertliğini daha fazla azalttığı bildirilmiştir (141).

Bir başka çalışmada %17 EDTA + %2,5 NaOCl grubunun SEM görüntülerinde peritübüler ve intertübüler aşınma gözlemlenmiştir. Buna ek olarak QMix, maleik asit ve %17 EDTA + %2 CHX final irrigasyon solüsyonu olarak

kullanıldığı zaman dentinde aşınma gözlenmemiştir (142). Qian ve ark. final irrigasyonu olarak EDTA veya sitrik asitten sonra kullanılan NaOCl'nin kök kanalı dentin duvarında belirgin erozyona neden olduğunu bildirmiştir (139). Farklı çalışmalarda ise EDTA'nın hiperdekalsifikasyon etkisinin kök kanal duvarı dentin erozyonunun nedeni olduğu bildirilmiştir (143). Bu durumla ilgili olarak yapılan bir çalışmada da kök kanal dentinindeki ve dentin tübüllerindeki aşınmanın kullanılan irrigasyonun tipi, konsantrasyon, pH, miktar ve uygulama süresine bağlı olduğu bildirilmiştir (139). QMix'in bakteri miktarını önemli derecede azalttığı ancak NaOCl kadar etkili olmadığı bildirilmiş, ayrıca QMix irrigasyon solüsyonunun 1 dakika uygulandıktan sonra bakteri koloni sayısını büyük ölçüde azalttığı, ancak bu irrigantın tüm bakterileri öldürmesi için daha fazla zamanın gerektiği rapor edilmiştir (144).

Kimyasal irrigasyon ajanlarının dentin duvarında yaptığı göreceli yumuşatma etkisinin, hızlı preparasyon, ince ve küçük kök kanallarının tespitinde klinik fayda sağlayacağı bildirilmiştir (145). Ayrıca bu değişikliklerin kök kanalı tıkama kabiliyetini ve kök dentinine adezivlerin ve kanal dolgu patlarının bağlanmalarını etkileyebileceği rapor edilmiştir (146). Bu irrigasyon ajanlarının kök kanalı postlarının yapıştırılmasında kullanılan endodontik simanlar ve rezin siman üzerine etkilerinin araştırılması gerektiği düşünülebilir.

Çalışmamızda irrigasyon ajanlarının tümü yüzey pürüzlülüğünde artışa neden olmuşlardır. Çalışma gruplarından QMix grubu yüzey pürüzlülüğünde önemli derecede artışa neden olmuştur. %5'lik NaOCl ve %2'lik CHX gruplarında ise yüzey pürüzlülüğünde aynı düzeyde ve QMix grubuna oranla daha az artışa neden oldukları görülmüştür.

Daha önce yapılan çalışmalarda irrigasyon solüsyonlarının yapısal değişikliklere, dentin gücünde azalmaya, mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğünde değişikliklere yol açtığı bildirilmiştir (49, 147). NaOCl irrigasyon solüsyonunun dentinin organik komponenti üzerindeki çözücülük etkisi yüzey pürüzlülüğündeki artışın sebebini açıklayabilmektedir (148).

Ari ve ark. %2,5 ve %5 konsantrasyonlarda 15 dk süre uygulanan NaOCl solüsyonları ile yaptıkları tedavide dentin yüzey pürüzlülüğünde önemli artış

olduğunu bildirmişlerdir (11). Atomik kuvvet mikroskobu kullanılarak yüzey pürüzlülüğünün ölçüldüğü başka bir çalışmada 10 dk süre ile uygulanan %5,25 konsantrasyondaki NaOCl solüsyonunun dentin yüzey pürüzlülüğünü önemli derecede arttırdığı bildirilmiştir (149). Daha önce yapılan adeziv rezinin kök kanal dentinine bağlanma kuvveti üzerine NaOCl'nin etkilerinin incelendiği bir çalışmada %5 konsantrasyondaki 5 dk süre ile dentin yüzeyine uygulanan NaOCl solüsyonunun adeziv rezinin bağlanma gücünü azalttığı bildirilmiştir (150).

Daha önceden yapılan bir çalışmada farklı konsantrasyonlardaki NaOCl (%0,5, %1, %2,25) solüsyonları ile yapılan tedavilerden sonra dentin içeriğindeki amid-fosfat oranında önemli derecede azalma olduğu ve bu azalmanın da en az %0,5 konsantrasyondaki NaOCl solüsyonunun kullanıldığı örneklerde olduğu bildirilmiş, ayrıca aynı konsantrasyondaki NaOCl solüsyonunun farklı uygulama zamanlarında (1, 5, 10 dakika) dentin içeriğindeki amid-fosfat oranlarında önemsiz değişimler oluşturduğu gösterilmiştir. Böylelikle uzun uygulama sürelerinde yüksek antibakteriyel etkinlik elde edilebilirken dentin deproteinasyonuna bağlı yüzey pürüzlülüğünden de kaçınılabılır (151). Ayrıca Ari ve ark. irrigasyon solüsyonlarının dentin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerini inceleyerek, %0,2 konsantrasyondaki CHX solüsyonunun yüzey pürüzlülüğü üzerine herhangi bir etki etmediğini bildirmişlerdir (11).

Portenier ve ark. çalışmalarında %2 konsantrasyondaki CHX'in irrigasyon sonrası orta düzeyde devamlı bir antibakteriyel etkinlik gösterirken, QMix'in devamlı olmayan veya sınırlı bir etki gösterdiğini belirtmiştir. %1 ve %2 konsantrasyonlardaki NaOCl ajanının devam eden bir etkiye sahip olmadığını rapor etmişlerdir (152).

Yüzey pürüzlülükleri, adeziv materyallerin mikromekanik bağlanma gücünü arttırma gibi klinik yararlar sağlayabilmektedir. Ancak pürüzlü yüzeyler bakteri adezyonunu teşvik ederek plak formasyonuna da yol açabilmektedir (153).

Kanal dolgu patlarının dentin yüzeyine adezyon uygunluğu açısından kök kanal dentinindeki geçirgenlik ve pürüzlülük değişiklikleri genişletilmiş alan pozitif bir faktör olarak değerlendirilmiştir (154, 155). Ancak bu alanın aşırı genişlemesi ile dentin yüzeyine materyalin yayılımında boşluk oluşumu izlenilebileceği, böylece bu

durumun ara yüzeylerde ödün verilmesine ve adezyonun azalmasına neden olabileceği bildirilmiştir (156).

Bakteri penetrasyonu ve apikal sızıntı direncinin azalması gibi parametreleri etkileyebilme olasılığı olan dentin yüzeyindeki değişikliklerden dolayı irrigasyon solüsyonlarının aşındırıcı etkileriyle ilgili bazı endişelerin olduğu rapor edilmiştir (135). Bu yüzden kritik yüzey pürüzlülüğü ile kök kanalının çatlamaya direnci ve kanal dolgu patlarının dentin yüzeyine güçlü bağlanımı arasındaki ilişkiyi belirlemek açısından daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.



6. SONUÇLAR

Çalışmamızda kullanılan irrigasyon ajanlarının tümünün dentin mikrosertliğini ve yüzey pürüzlülüğünü farklı oranlarda etkilediği görülmüştür. Irrigasyon ajanlarından QMix ve %5'lik NaOCl'nin dentin mikrosertliğinde %2'lik CHX'e oranla daha yüksek oranda azalmaya sebep oldukları görülmüştür. Dentin mikrosertliğindeki azalma ince kök kanallarının bulunmasına, daha hızlı preparasyon yapılmasına ve adezivler ile kanal dolgu patlarının bağlanmalarına yardımcı olurken, dentin mikrosertliğinde görülen aşırı azalma kök kanalının tıkanma kabiliyetini ve adezivler ile kök kanal patlarının bağlanmalarını azaltabilir.

Ayrıca kullanılan irrigasyon ajanlarından QMix, diğer ajanlara göre yüzey pürüzlülüğünü daha büyük oranda arttırmıştır. %5'lik NaOCl ve %2'lik CHX ise birbirleriyle benzer düzeyde yüzey pürüzlülüğünde çok az miktarlarda artış yapmıştır. Yüzey pürüzlülükleri, adeziv materyallerin mikromekanik bağlanma gücünü arttırabilecek faydalar sağlayabilir. Fakat pürüzlülüğün aşırı artışı adezivlerin büyük boşluklara penetrasyonunu azaltarak bağlanmalarında sorun oluşturabilir. Bununla beraber pürüzlü yüzeyler bakteri adezyonuna yol açarak plak formasyonuna da neden olabilir.

7. KAYNAKLAR

1. Zehnder M. Root canal irrigants. J Endod 2006;32:389–98.
2. de Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, et al. 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.
3. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: A review. J Endod 2004;30:559-67.
4. Siqueira JFJR, Rocas IN, Favieri A, Lima KC. Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. J Endod 2000;26:331-4.
5. Gu LS, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. J Endod 2009;35(6):791-804.
6. Peters OA, Schonenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. Int Endod J 2001;34:221–30.
7. Wu MK, van der Sluis LW, Wesselink PR. The capability of two hand instrumentation techniques to remove the inner layer of dentine in oval canals. Int Endod J 2003;36:218–24.
8. Rotstein I, Dankner E, Goldman A, et al. Histochemical analysis of dental hard tissues following bleaching. J Endod 1996;22:23–5.
9. Arends J, ten Bosch JJ. Demineralization and remineralization evaluation techniques. J Dent Res 1992;71:924–8.

10. Cruz-Filho AM, Sousa-Neto MD, Savioli RN, et al. Effect of chelating solutions on the microhardness of root canal lumen dentin. *J Endod* 2011; 37:358–62.
11. 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(11):792-5.
12. Panighi M, G'Sell C. Effect of the tooth microstructure on the shear bond strength of a dental composite. *J Biomed Mater Res* 1993;27:975–81.
13. Panighi M, G'Sell C. Influence of calcium concentration on the dentin wettability by an adhesive. *J Biomed Mater Res* 1992;26:1081–9.
14. Siqueira JFJR, Rocas IN. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *J Endod* 2008;34:1291–301.
15. Tong Z, Zhou L, Li J, et al. In vitro evaluation of the antibacterial activities of MTAD in combination with Nisin against *Enterococcus faecalis*. *J Endod* 2011;37:1116-20.
16. Baumgartner JC, Ibay AC. The chemical reactions of irrigants used for root canal debridement. *J Endod* 1987;13:47-51.
17. Siqueira JFJR, Lima KC, Magalhaes FA, Lopes HP, de Uzeda M. Mechanical reduction of the bacterial population in the root canal by three instrumentation techniques. *J Endod* 1999;25:332–5.
18. Hulsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J* 2003;36(12):810-30.
19. Shen Y, Gao Y, Qian W, Ruse ND, Zhou X, Wu H, Haapasalo M. Three-dimensional numeric simulation of root canal irrigant flow with different irrigation needles. *J Endod* 2010;36:884–9.
20. Akçay A. Farklı irrigasyon teknikleri ile kök kanalının temizlenme etkinliğinin ve kullanılan irrigasyon solüsyonunun apikalden taşma miktarının değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Endodonti ABD, Doktora Tezi, Ankara, 2011.
21. Pashley DH, Liewehr FR. Structure and Functions of the Dentin- Pulp Complex. Cohen S , Hargreaves K M. (Ed). *Pathways of the Pulp* (p. 460-514). Philadelphia: Mosby Elsevier, 2010.

22. Fuentes V, Toledano M, Osorio R, Carvalho RM. Microhardness of superficial and deep sound human dentin. *J Biomed Mater Res Part A* 2003;66(4):850-3.
23. Garberoglio R, Brannstrom M. Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. *Arch Oral Biol* 1976;21(6):355-62.
24. Kaye H, Herold RC. Structure of human dentine. I. Phase contrast, polarization, interference and bright field microscopic observations on the lateral branch system. *Arch Oral Biol* 1966;11(3):355-68.
25. Kinney JH, Coffey CT, Ingram MJ, Bjorndal AM. Analysis of human dentinal fluid. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1970;30(6):835-7.
26. Lundgren T, Nannmark U, Linde A. Calcium ion activity and pH in the odontoblast-predentin region: ion-selective microelectrode measurements. *Calcif Tissue Int* 1992;50(2):134-6.
27. Matthews B, Vongsavan N. Interactions between neural and hydrodynamic mechanisms in dentine and pulp. *Arch Oral Biol* 1994;39:87-95.
28. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod* 1975;1(7):238-42.
29. Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod* 1984;10:477-83.
30. Cengiz T, Aktener BO, Piskin B. Effect of dentinal tubule orientation on the removal of smear layer by root canal irrigants. A scanning electron microscopic study. *Int Endod J* 1990;23:163-71.
31. Vojinovic O, Nyborg H, Brannström M. Acid treatment of cavities under resin fillings: bacterial growth in dentinal tubules and pulpal reactions. *J Dent Res* 1973;52:1189-93.
32. Michelich VJ, Schuster GS, Pashley DH. Bacterial penetration of human dentin in vitro. *J Dent Res* 1980;59:1398-403.
33. van der Sluis LW, Gambarini G, Wu MK, Wesselink PR. The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *Int Endod J* 2006;39(6):472-76.
34. Ribeiro EM, Yara TC, Sousa S, Souza Gabriel AE, Souza-Neto MD, Lorencetti KT, Silva SRC. Debris and smear removal in flattened root canals

after use of different irrigant agitation protocols. Wiley Periodicals Inc. 2011 2012;75:781-90.

35. Grande NM, Plotino G, Falanga A, Pomponi M, Somma F. Interaction between EDTA and sodium hypochlorite: a nuclear magnetic resonance analysis. *J Endod* 2006;32:460–4.
36. Kishen A, Sum CP, Mathew S, Lim CT. Influence of irrigation regimens on the adherence of *Enterococcus faecalis* to root canal dentin. *J Endod* 2008;34:850–4.
37. Alacam T. Endodonti. 2. Baskı. Ankara: Barış Yayınları 2012, s. 547.
38. Gomes BP, Ferraz CC, Vianna ME, Berber VB, Teixeira FB, Souzafilho FJ. In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J* 2001;34:424-28.
39. Moorer WR, Wesselink PR. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *Int Endod J* 1982;15:187-96.
40. Stuart CH, Schwartz SA, Beeson TJ, Owatz CB. *Enterococcus faecalis*: Its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. *J Endod* 2006;32:93-8.
41. Haapasalo M EU, Zandi H, Coil JM. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodontic Topics* 2005;10:77-102.
42. Çalışkan MK. Endodontide tanı ve tedaviler. Nobel Tıp Kitapevleri, İstanbul; s.243, 2006.
43. Radcliffe CE, Potouridou L, Qureshi R, et al. Antimicrobial activity of varying concentrations of sodium hypochlorite on the endodontic microorganisms *Actinomyces israelii*, *A. naeslundii*, *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J* 2004;37:438-46.
44. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Dent Clin North Am* 2010;54:291-312.
45. Pashley, DH. Smear layer; physiological considerations. *Oper Dent* 1984;3:13.
46. Haapasalo HK, Siren EK, Waltimo TM, Orstavik D, Haapasalo MP. Inactivation of local root canal medicaments by dentine: an in vitro study. *Int Endod J* 2000;33:126-131.

47. Spangberg L, Engstrom B, Langeland K. Biologic effects of dental materials. Toxicity and antimicrobial effect of endodontic antiseptics in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1973;36:856-71.
48. Sim TP, Knowles JC, Ng YL, Shelton J, Gulabivala K. Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain. *Int Endod J* 2001;34:120-32.
49. Marending M, Luder HU, Brunner TJ, Knecht S, Stark WJ, Zehnder M. Effect of sodium hypochlorite on human root dentine--mechanical, chemical and structural evaluation. *Int Endod J* 2007;40:786-93.
50. Peters OA, Schonenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J* 2001;34:221-30.
51. Di Renzo M, Ellis TH, Sacher E, Stangel I. A photoacoustic FTIRS study of the chemical modifications of human dentin surfaces: II—deproteination. *Biomaterials* 2001;22:793–7.
52. Spratt DA, Pratten J, Wilson M, Gulabivala K. An in vitro evaluation of the antimicrobial efficacy of irrigants on biofilms of root canal isolates. *Int Endod J* 2001;34:300-7.
53. Prabhakar J, Senthilkumar M, Priya MS, Mahalakshmi K, Sehgal PK, Sukumaran VG. Evaluation of antimicrobial efficacy of herbal alternatives (Triphala and green tea polyphenols), MTAD, and 5% sodium hypochlorite against *Enterococcus faecalis* biofilm formed on tooth substrate: an in vitro study. *J Endod* 2010;36:83-6.
54. Denton GW. Chlorhexidine in: Block SS, Disinfection, Sterilization, and Preservation. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins 2001;10:321-36.
55. Alacam T. Endodonti. 2. Baskı. Ankara: Barış Yayınları 2012, s. 560.
56. Aktaş A, Giray B. Diş hekimliğinde klorheksidin: özellikleri ve güncel kullanım alanları. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci.* 2010;16(1):51-8.
57. Gomes BP, Souza SF, Ferraz CC, et al. Effectiveness of 2% chlorhexidine gel and calcium hydroxide against *Enterococcus faecalis* in bovine root dentine in vitro. *Int Endod J* 2003;36:267-75.
58. Addy M, Moran JM. Clinical indications for the use of chemical adjuncts to plaque control: chlorhexidine formulations, *Periodontol* 2000 1997;15:52– 4.

59. Zamany A, Safavi K, Spangberg LS. The effect of chlorhexidine as an endodontic disinfectant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;96:578-81.
60. Stojicic S, Shen Y, Qian W, et al. Antibacterial and smear layer removal ability of a novel irrigant, QMix. *Int Endod J* 2012;45:363–71.
61. White RR, Hays GL, Janer LR. Residual antimicrobial activity associated with a chlorhexidine endodontic irrigant used with sodium hypochlorite. *J Endod* 1997;23:229–31.
62. Leonardo MR, Tanomaru Filho M, Silva LAB, Nelson Filho P, Bonifacio KC, Ito IY. In vivo antimicrobial activity of 2% chlorhexidine used as a root canal irrigating solution. *J Endod* 1999;25:167–71.
63. Rosenthal S, Spångberg L, Safavi K. Chlorhexidine substantivity in root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004;98:488-92.
64. Russell AD, Day MJ. Antibacterial activity of chlorhexidine. *J Hosp Infect* 1993;25:229-38.
65. Siqueira JF JR, Machado AG, Silveira RM, Lopes HP, de Uzeda M. Evaluation of the effectiveness of sodium hypochlorite used with three irrigation methods in the elimination of *Enterococcus faecalis* from the root canal, in vitro. *Int Endod J* 1997;30:279-82.
66. Gatot A, Arbelle J, Leiberman A, Yanai-Inbar I. Effects of sodium hypochlorite on soft tissues after its inadvertent injection beyond the root apex. *J Endod* 1991;17:573-4.
67. Oncag O, Hosgor M, Hilmioglu S, Zekioglu O, Eronat C, Burhanoglu D. Comparison of antibacterial and toxic effects of various root canal irrigants. *Int Endod J* 2003;36:423–32.
68. Heiling I, Steinberg D, Kenig S, et al. Efficacy of a sustained-release device containing chlorhexidine and CAO₂H in preventing secondary infection dentinal of tubules. *Int endod J* 1992;25:20-4.
69. Buck RA, Eleazer PD, Staat RH, Scheetz JP. Effectiveness of three endodontic irrigants at various tubular depths in human dentin. *J Endod* 2001;27:206-8.
70. Vahdaty A, Pitt Ford TR, Wilson RF. Efficacy of chlorhexidine in disinfecting dentinal tubules in vitro. *Endod Dent Traumatol* 1993;9:243-8.

71. Arias-Moliz MT, Ferrer-Luque CM, Espigares-Garcia M, Baca P. Enterococcus faecalis biofilms eradication by root canal irrigants. J Endod 2009;35:711-4.
72. Hamp SE, Emilson CG. Some effects of chlorohexidine on the plaque flora of the beagle dog. J Periodontal Res Suppl 1973;12:28-35.
73. Koparal E, Elbek Ç. Koruyucu diş hekimliğinde klorheksidin ve diğer ajanlarla kombine kullanımı. Hacettepe Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi 1998;22:13-8.
74. Eryılmaz M, Akın A. Dezenfeksiyon ve antisepsi Ankara Ecz. Fak. Derg. 2008;37:311-3.
75. Basrani B, Manek S, Sodhi RN, Fillery E, Manzur A. Interaction between sodium hypochlorite and chlorohexidine gluconat. J Endod 2007;33:966-9.
76. Bui TB, Baumgartner JC, Mitchell JC. Evaluation of the interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate and its effect on root dentin. J Endod 2008;34:181-5.
77. Eliot C, Hatton JF, Stewart GP et al. The effect of the irrigant QMix on removal of canal wall smear layer: an ex vivo study. Odontology 2014;102:232-40.
78. Dentsply Tulsa Dental Specialities. QMix 2 in 1 Irrigating Solution: Directions for Use. Johnson City, TN: Dentsply Tulsa Dental Specialities; 2012.
79. 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.
80. Dai L, Khechen K, Khan S, et al. The effect of QMix, an experimental antibacterial root canal irrigant, on removal of canal wall smear layer and debris. J Endod 2011;37:80-4.
81. Aranda-Garcia AJ, Kuga MC, Vitorino KR, et al. Effect of the root canal final rinse protocols on the debris and smear layer removal and on the push-out strength of an epoxy-based sealer. Microsc Res Tech 2013;76:533-7.
82. Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. Effectiveness of endodontic disinfecting solutions against young and old enterococcus faecalis biofilms in dentin canals. J Endod 2012;38:1376-9.

83. Ma J, Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. A new non invasive model to study the effectiveness of dentin disinfection by using confocal laser scanning microscopy. J Endod 2011;37:1380-5.
84. Basrani B, Haapasalo M. Update on endodontic irrigation solutions. Endod Topics 2012;27:74-102.
85. Anusavice, K.J. Phillip's Science of Dental Materials. 11th Ed., St. Louis: W.B. Saunders 2003:73-102.
86. Van Noort R. Introduction to dental materials. 2nd Ed. London, England: Mosby Int. Pub. Ltd. 2003:96-123.
87. Wassel RW, Mc Cabe JF, Walls AWG. Subsurface deformation associated with hardness measurements of composites. Dent. Mater. 1992;8(4):218-23.
88. Karakoç P. Farklı ışık kaynaklarının ve ışık uygulama tekniklerinin kompozitlerin mikrosertlik değerleri üzerine etkisi. İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Diş Hastalıkları ve Tedavisi ABD, Doktora Tezi, İstanbul, 2014.
89. Ersu B, Hannak WB, Freesmeyer WB. Tam ve bölümlü protezlerde kullanılan akrilik rezin dişlerin sertliklerinin karşılaştırılması. H. Ü. Diş Hek. Fak. Derg. 2007;31(4):58-64.
90. Özak ŞT. Farklı yapıdaki yapay dişlerin mikrosertlik, yüzey pürüzlülüğü ve renk stabilitesi üzerine değişik sıvı ortamlarının etkilerinin değerlendirilmesi. Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Protetik Diş Tedavisi ABD, Doktora Tezi, Ankara, 2012.
91. Megep. Metal Teknolojisi Sertlik Ölçme Yöntemleri. Ankara, 2006:1-5.
92. Uhl A, Michaelis C, Mills RW, Jandt KD. The influence of storage and indenter load on the Knoop hardness of dental composites polymerized with LED and halogen technologies. Dental Materials 2004;20(1):21-8.
93. Türkün LŞ, Gökay N. Poliasit modifiye kompozit rezin materyallerin aşınma ve sertlik özelliklerinin hibrit bir kompozitle karşılaştırılması. E. Ü. Diş Hek. Fak. Derg. 2002;23:137-43.
94. Kakaboura A, Fragouli M, Rahiotis C, Silikas N. Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter. J. Mater. Sci. Mater. Med. 2007;18(1):155-63.

95. Jefferies SR. The art and science of abrasive finishing and polishing in restorative dentistry. *Dent. Clin. North Am.* 1998;42(4):613-27.
96. Whitehead SA, Shearer AC, Watts DC, Wilson NH. Comparison of methods for measuring surface roughness of ceramic. *J. Oral Rehabil.* 1995;22(6):421-7.
97. Martinez-Gomis J, Bizar J, Anglada JM, Samsó J, Peraire M. Comparative evaluation of four finishing systems on one ceramic surface. *Int J Prosthodont* 2003;16(1):74-7.
98. Erickson RL. Surface interactions of dentin adhesive materials. *Operative Dentistry* 1992;5:81-94.
99. Buzoglu HD, Calt S, Gumusderelioglu M. Evaluation of the surface free energy on root canal dentine walls treated with chelating agents and NaOCl. *Int Endod J* 2007;40:18-24.
100. Young GR, Parashos P, Messer HH. The principles of techniques for cleaning root canals. *Aust Dent J* 2007;52:52-63.
101. Ring KC, Murray PE, Namerow KN, Kuttler S, Garcia-Godoy F. The comparison of the effect of endodontic irrigation on cell adherence to root canal dentin. *J Endod* 2008;34:1474-9.
102. Pashley D, Okabe A, Parham P. The relationship between dentin microhardness and tubule density. *Endod Dent Traumatol* 1985;1:176-9.
103. Lewinstein I, Hirschfeld Z, Stabholz Rotstein I. Effect of hydrogen peroxide and sodium perborate on the microhardness of human enamel and dentin. *J Endod* 1994;20:61-3.
104. Arend J, Ten Bosch JJ. Demineralization and remineralization evaluation techniques. *J Dent Res* 1992;71:924-8.
105. Oliveira LD, Carvalho CA, Nunes W, Valera MC, Camargo CH, Jorge AO. 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.
106. Lewinstein I, Grajower R. Root dentin hardness of endodontically treated teeth. *J Endod* 1981;7:421-2.
107. 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.

108. Sayin TC, Serper A, Cehreli ZC, Kalayci S. Calcium loss from root canal dentin following EDTA, EGTA, EDTAC, and tetracycline-HCl treatment with or without subsequent NaOCl irrigation. *J Endod* 2007;33:581–4.
109. Zhang K, Kim YK, Cadenaro M, et al. Effects of different exposure times and concentrations of sodium hypochlorite/ ethylenediaminetetraacetic acid on the structural integrity of mineralized dentin. *J Endod* 2010;36:105–9.
110. Fusayama T. Two layers of carious dentine. In: New concepts in operative dentistry. Chicago, IL: Quintessence Pub, 1980:18 –9.
111. Akcay I, Sen BH. The effect of surfactant addition to EDTA on microhardness of root dentin. *J Endod* 2012;38:704–7.
112. Slutzky-Goldberg I, Maree M, Liberman R, Heling I. Effect of sodium hypochloride on dentin microhardness. *J Endod* 2004;30:880–2.
113. Dunavant TR, Regan JD, Glickman GN, et al. Comparative evaluation of endodontic irrigants against *Enterococcus faecalis* biofilms. *J Endod* 2006;32:527–31.
114. Clegg MS, Vertucci FJ, Walker C, et al. The effect of exposure to irrigant solutions on apical dentin biofilms in vitro. *J Endod* 2006;32:434–7.
115. Bystrom A, Sundqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J* 1985;18:35-40.
116. Kamburis JJ, Barker TH, Barfield RD, Eleazer PD. Removal of organic debris from bovine debris shavings. *J Endod* 2003;29:559-61.
117. Dychdala GR. Chlorine and chlorine compounds. In: Block SS, ed. Disinfection, sterilization and presevation. Philadelphia: Lea& Febiger, 1991:131-51.
118. Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity and antimicrobial efficacy. *J Endod* 2003;29:559-61.
119. Grigoratos D, Knowles JC, Ng YL, Gulabivala K. Effect of exposing dentine to sodium hypochlorite and calcium hydroxide on its flexural strength and elastic modulus. *Int Endod J* 2001;34:113–9.
120. Rajasingham R, Ng YL, Knowles JC, Gulabivala K. The effect of sodium hypochlorite and ethylenediaminetetraacetic acid irrigation, individually and in alternation, on tooth surface strain. *Int Endod J*. 2010;43:31–40.

121. Slutzky-Goldberg I, Liberman R, Heling I. The effect of instrumentation with two different file types, each with 2.5% NaOCl irrigation on the microhardness of root dentin. *J Endod* 2002;28:311–2.
122. Dogan H, Qalt S. Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. *J Endod* 2001;27:578–80.
123. Inaba D, Ruben J, Takagi O, Arends I. Effect of sodium hypochlorite treatment on remineralization of human root dentin in vitro. *Caries Res* 1996;30:218–24.
124. Tsuda H, Ruben J, Arends J. Raman spectra of human dentin mineral. *Eur J Oral Sci* 1996;104:123–31.
125. Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *J Endodon* 1987;13:147–57.
126. Baumgartner JC, Cuenin PR. Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *J Endodon* 1992;18:605–12.
127. Wiesmann HP, Tkotz T, Joos U, et al. Magnesium in newly formed dentin mineral of rat incisor. *J Bone Miner Res* 1997;12:380–3.
128. Terpstra RA, Driessens FCM. Magnesium in tooth enamel and synthetic apatites. *Calcif Tissue Int* 1986;39:348–54.
129. Driessens FCM, Verbeeck RMH. Dolomite as a possible magnesium containing phase in human tooth enamel. *Calcif Tissue Int* 1985;37:376–80.
130. Ari H, Erdemir A. Effects of endodontic irrigation solutions on mineral content of root canal dentin using ICP-AES technique. *J Endod* 2005;31:187–9.
131. Aslantaş EE, Doğan Buzoğlu H, Altundasar E, Serper A. Effect of EDTA, Sodium Hypochlorite, and Chlorhexidine Gluconate with or without Surface Modifiers on Dentin Microhardness. *J Endod* 2014;40:876–9.
132. Erdemir A, Ari H, Gungunes H, Belli S. Effect of medicaments for root canal treatment on bonding to root canal dentin. *J Endod* 2004;30:113–6.
133. Neelakantan P, Subbarao C, Subbarao CV, et al. The impact of root dentin conditioning on sealing ability and push-out bond strength of an epoxy resin root canal sealer. *Int Endod J* 2011;44:491–8.
134. Vianna ME, Gomes BP, Berber VB, Zaia AA, Ferraz CC, de Souza-Filho FJ. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of chlorhexidine and sodium

- hypochlorite. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004;97:79–84.
135. Aranda-Garcia AJ, Kuga MC, Chavez-Andrade GM, et al. Effect of final irrigation protocols on microhardness and erosion of root canal dentin. *Microsc Res Tech* 2013;76:1079–83.
 136. 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.
 137. Cury JA, Bragotto C, Valdrighi L. The demineralizing efficiency of EDTA solutions on dentin. I. Influence of pH, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1981;52:446–8.
 138. Cruz-Filho AM, Sousa-Neto MD, Saquy PC, Pecora JD. Evaluation of the effect of EDTAC, CDTA, and EGTA on radicular dentin microhardness. *J Endod* 2001;27:183– 4.
 139. Qian W, Shen Y, Haapasalo M. Quantitative analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion. *J Endod* 2011;37:1437–41.
 140. Neelakantan P, Sharma S, Shemesh H, Wesselink P.R. Influence of Irrigation Sequence on the Adhesion of Root Canal Sealers to Dentin: A Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Push-out Bond Strength Analysis. *J Endod* 2015;41:1108-11.
 141. Saleh AA, Ettman WM. Effect of endodontic irrigationsolutions on microhardness of root canal dentine. *J Dent* 1999;27:43– 6.
 142. Kara Tuncer A, Tuncer S, Siso SH. Effect of QMix irrigant on the microhardness of root canal dentine. *Australian Dental Journal* 2015;60:163-8.
 143. Calt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *J Endod* 2002;28:17–9.
 144. Morgental RD, Singh A, Sappal H, Kopper PMP, Vier-Pelisser FV, Peters OA. Dentin inhibits the antibacterial effect of new and conventional endodontic irrigants. *J Endod* 2013;39:406-10.
 145. Cruz-Filho AM, Paula EA, Pecora JD, et al. Effect of different EGTA concentrations on dentin microhardness. *Braz Dent J* 2002;13:188–90.

146. Garcia-Godoy F, Loushine RJ, Itthagarun A, et al. Application of biologically oriented dentin bonding principles to the use of endodontic irrigants. *Am J Dent* 2005;18:281–90.
147. Eldeniz AU, Erdemir A, Belli S. Effect of EDTA and citric acid solutions on the microhardness and the roughness of human root canal dentin. *J Endod* 2005;31:107–10.
148. Gordon TM, Damato D, Christner P. Solvent effect of various dilutions of sodium hypochlorite on vital and necrotic tissue. *J Endod* 1981;7:466–9.
149. Hu X, Ling J, Gao Y. Effects of irrigation solutions on dentin wettability and roughness. *J Endod* 2010;63:1064-7.
150. Ari H, Yasar E, Belli S. Effects of NaOCl on bond strengths of resin cements to root canal dentin. *J Endod* 2003;29:248–51.
151. Hu X, Peng Y, Sum C-P, Ling J. Effects of Concentrations and Exposure Times of Sodium Hypochlorite on Dentin Deproteination: Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy Study. *J Endod* 2010;36: 2008–11.
152. Portenier I, Waltimo T, Orstavik D, Haapasalo M. Killing of *Enterococcus faecalis* by MTAD and chlorhexidine digluconate with or without cetrimide in the presence or absence of dentine powder or BSA. *J Endod* 2006;32:138–41.
153. Quirynen M, Bollen CM. The influence of surface roughness and surface-free energy on supra- and subgingival plaque formation in man: a review of the literature. *J Clin Periodontol* 1995;22:1–14.
154. Kokkas AB, Boutsoukis ACH, Vassiliadis LP, Stavrianos CK. The influence of the smear layer on dentinal tubule penetration depth by three different root canal sealers: an in vitro study. *J Endod* 2004;30:100-2.
155. Vilanova WV, Carvalho-Junior JR, Alfredo E, Sousa-Neto MD, Silva- Sousa YT. Effect of intracanal irrigants on the bond strength of epoxy resin-based and methacrylate resin-based sealers to root canal walls. *Int Endod J* 2012;45:42-8.
156. Estrela C, Estrela CR, Barbin EL, Spano JC, Marchesan MA, Pecora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J* 2002;13:113- 7.