

ÖZGÜN ARAŞTIRMA

Farklı Şelasyon Ajanlarının Kök Dentini Mineral İçeriği Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi

Evaluation of the Effects of Different Chelation Agents on Mineral Content of Root Dentin Kısa Başlık: Kök Dentininin Mineral İçeriğindeki Değişiklikler

Dt. Işinsu Atalay

İstanbul Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti A.D., İstanbul
Orcid ID: 0000-0002-6502-0665

Prof. Dr. F. Raif Erişen

Nişantaşı Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti A.D., İstanbul
Orcid ID: 0000-0002-1146-6979

Geliş tarihi: 17 Şubat 2022

Kabul tarihi: 23 Mart 2022

doi: 10.5505/yeditepe.2023.83584

Yazışma adresi:

Işinsu Atalay
Esentepe Mahallesi, 2364. Sk No: 75/77/999
Sultangazi / İstanbul
Tel: +905330527343
E-posta: atalaysinsu@gmail.com

ÖZET

GİRİŞ ve AMAÇ: Bu çalışmanın amacı, endodontik tedavilerde kullanılan çeşitli şelasyon ajanlarının kök dentinin mineral içeriğinde yarattığı değişiklikleri değerlendirmektir.

YÖNTEM ve GEREÇLER: EDTA, NaOCl, fitik asit ve sitrik asitin (CA) kök dentini mineral içeriği üzerindeki etkileri, enerji dağıtıcı x-ışını spektroskopisi (EDX) kullanılarak analiz edilmiştir. 15 adet çekilmiş insan maksiller ön dişinden 30 adet dentin örneği hazırlanmıştır. Örnekler 5 deney grubuna ayrılmıştır. Deney grupları, distile su (kontrol grubu), NaOCl (%5), EDTA (%17), fitik asit (%1) ve sitrik asit (%10) solüsyonlarında bekletildikten sonra kök dentininde bulunan kalsiyum (Ca) ve fosfor (P) seviyeleri ölçülmüştür.

BULGULAR: Sonuçların istatistiksel analizinde, tek yönlü ANOVA ve Tukey testleri kullanılmıştır. CA ve fitik asit grubunun Ca düzeyleri kontrol, NaOCl ve EDTA gruplarından anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$). CA ve fitik asit grubunun P düzeyleri kontrol, NaOCl ve EDTA gruplarından anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). CA ve fitik asit grubunun Ca/P düzeyleri kontrol, NaOCl ve EDTA gruplarından anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$).

TARTIŞMA ve SONUÇ: Fitik asit ve sitrik asitin diğer irrigasyon ajanlarına göre kök dentininden daha fazla kalsiyum uzaklaştırdığı sonucuna varılmıştır. Bu, kök dentini yapısının pürüzlülük, geçirgenlik ve mikrosertlik gibi özelliklerini etkileyecektir. Bu ajanlar kanal tedavisi sırasında dikkatli kullanılmalıdır. Anahtar kelimeler: Endodonti, kök kanalı, enerji dağılımlı x-ışını spektroskopisi, şelasyon ajanları, fitik asit, sitrik asit, kalsiyum, fosfor

SUMMARY

INTRODUCTION: The aim of this study is to evaluate the changes in the mineral content of root dentin caused by various chelating agents used in endodontic treatments.

METHODS: The effects of EDTA, NaOCl, phytic acid and citric acid (CA) on root dentin mineral content were analyzed using energy dispersive x-ray spectroscopy (EDX). 30 dentin samples were prepared from 15 extracted human maxillary anterior teeth. The samples were divided into 5 experimental groups. Calcium (Ca) and phosphorus (P) found in root dentin after the experimental groups were kept in distilled water (control group), NaOCl (5%), EDTA (17%), phytic acid (1%) and citric acid (10%) solutions. levels were measured.

RESULTS: One-way ANOVA and Tukey tests were used in the statistical analysis of the results. The Ca levels of the CA and phytic acid groups were significantly lower than the control, NaOCl and EDTA groups ($p<0.05$). The P levels of the CA and phytic acid groups were significantly higher than the control,

NaOCl and EDTA groups ($p<0.05$). The Ca/P levels of the CA and phytic acid groups were significantly lower than the control, NaOCl and EDTA groups ($p<0.05$).

DISCUSSION AND CONCLUSION: It was concluded that phytic acid and citric acid remove more calcium from root dentin than other irrigation agents. This will affect the properties of root dentin structure such as roughness, permeability and microhardness. These agents should be used with caution during root canal treatment.

Key words: Endodontics, root canal, energy dispersive x-ray spectroscopy, chelating agents, phytic acid, citric acid, calcium, phosphorus

GİRİŞ

Endodontik tedavi, kök kanallarının şekillendirilmesi öncesi ve sırasında kök kanalı sisteminin tüm içeriğinin temizlenmesi temeline dayanır.¹ Tedavi sırasındaki basamaklardan biri olan irrigasyon aşaması, enstrümantasyon sırasında doku ve dentin kalıntılarının uzaklaştırılması için en etkili yöntemdir. Basit bir irrigasyon aşaması, nekrotik ve kontamine materyallerin apikal dokulardan taşırılmadan kök kanalı sisteminden etkin bir şekilde uzaklaştırılmasını sağlar.²

Dentin dokusu organik ve inorganik bileşenlerden oluşmaktadır. Bu doku birkaç tanımlanabilir yapıdan meydana gelmektedir: Sıvı ve hücre yapılarını içeren tübüller; yüksek oranda mineralize peritübüler dentin; kollajen ve depo edilmiş apatitten oluşan intertübüler dentin.^{3,4} Bazı kimyasal ajanların dentin dokusunun kimyasal yapısında değişikliklere neden olduğu bildirilmiştir. Hidroksiapatit kristallerinde bulunan kalsiyum (Ca) ve fosfor (P), diş sert dokusunun 2 ana inorganik bileşenidir.^{5,6} Dentin ve se-ment dokularının organik/inorganik doku oranı mine dokusuna kıyasla daha yüksektir.⁷ Dolayısıyla doku içeriğindeki Ca/P oranındaki azalmaların, çözünürlük, geçirgenlik gibi özellikleri daha fazla etkileyebileceğinden dolayı mine dokusunda oluşan değişikliklere kıyasla daha fark edilebilir sonuçlar yarattığı düşünülmektedir.⁸

Kök kanalı tedavisinde kullanılan şelasyon ajanlarının dentin dokusunda kimyasal değişiklikler yarattığı bilinmektedir.^{9,10} Dentin dokusundaki Ca/P oranındaki değişim organik ve inorganik bütünlüğü etkiler ve geçirgenlik, çözünürlük gibi özellikler üzerinde değişikliklere sebep olur. Tüm bu değişimler sonucunda tedavi sırasında kullanılacak materyallerin diş sert dokularına adaptasyonu etkilenir.^{9,11,12}

Sodyum hipoklorit (NaOCl) kök kanalı tedavisinde kullanılan en önemli irrigasyon ajanıdır.¹³ 1920'li yıllardan bu yana NaOCl endodontik tedavilerde irrigasyon ajanı olarak farklı konsantrasyonlarda (%0,5- %5,2) mekanik preparasyonları desteklemek amacıyla kullanılmaktadır.¹⁴ Ancak güçlü antibakteriyel ve organik doku çözücü etkisine

rağmen kök kanalı yüzeyindeki smear tabakasını kaldırmak için tek başına NaOCl kullanımı yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle kök kanalı tedavisinin başarılı olabilmesi için NaOCl kullanımına ek olarak yardımcı şelasyon ajanları kullanılmaktadır.¹⁵

Etilendiamintetraasetik asit (EDTA), kök kanalı preparasyonundan sonra inorganik doku kalıntılarını uzaklaştırmak ve smear tabakasını ortadan kaldırmak için kullanılan bir şelasyon ajanıdır.¹⁶ EDTA asidik pH ortamında çökelir. Bazı çalışmalarda %5, hatta %1'lik konsantrasyonda EDTA solüsyonunun smear tabakasını uzaklaştırmak için yeterli olduğu iddia edilse de bu şelasyon ajanının kök kanalı tedavilerinde genellikle %17 veya %15'lik konsantrasyonları tercih edilmektedir.¹³

Fitik asit (IP6) doymuş bir siklik asittir. 6 fosfat parçasının bağlı olduğu miyoinositol halkasından oluşur.¹⁷ IP6, bitki tohumlarında ve kepekte fosforun ana depolama şeklidir, çoğu bitki formunun %1-3'ünü oluşturur.¹⁸⁻²⁰ Fitik asidin şelasyon potansiyeli oldukça güçlüdür. Kalsiyum, çinko, demir gibi polikationik elementlerin emilimi üzerindeki etkileri yıllardır araştırılmaktadır.¹⁸ Fitik asit, oldukça negatif yüklü bir moleküldür ve kalsiyum için yüksek bir afiniteye sahiptir. %1'lik konsantrasyondaki IP6 solüsyonunun pH'ı 1.2 civarındadır.²¹

Sitrik asit (CA), kök kanalı tedavisi irrigasyonunda uzun süredir kullanılan bir ajandır. Son irrigasyon ajanı olarak, sodyum hipoklorit sonrası smear tabakasının eliminasyonu amacıyla EDTA'ya alternatif olarak sitrik asit tercih edilebilir. Endodontik tedavilerde %1-10'luk konsantrasyonlarda CA solüsyonu kullanılabilir. Diş dokusuna olan etkileri göz önüne alındığında sitrik asitin EDTA'dan daha agresif etkilere sahip olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.²²

Irrigasyon solüsyonlarının dentinin yapısını değiştirdiği bilinmektedir ancak bu solüsyonların dentinin mineral yapısında yarattığı değişiklikler ile ilgili çok fazla çalışma bulunmamaktadır.^{1,5,23}

Bu çalışmanın amacı, çeşitli endodontik şelasyon ajanlarının uygulanmasının ardından kök dentini dokusu içeriğindeki Ca ve P oranlarında meydana gelen mineral içeriğindeki değişimleri değerlendirmektir. Bu çalışmanın sıfır hipotezi, kullanılan şelasyon ajanlarının (EDTA, fitik asit, sitrik asit) kök dentini mineral içeriğinde oluşturduğu değişikliklerin (Ca ve P) kontrol grubu ile karşılaştırıldığında bir farklılık oluşturmayacağıdır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışma için gerekli etik kurul onayı İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurul'undan 06.20.2019 tarihli 87 sayılı toplantısında 2019/47 dosya numarası ile alınmıştır.

Dentin mineral içeriğinin analizinde kullanılacak numune sayısı; G*Power programı kullanılarak yapılan Power ana-

lizi sonucunda Ca/P için etki boyutu d (effect size): 0.658, standart sapması 0.128, Power: 0.80 ve α : 0.05 için tespit edilen örneklem sayısı her grup için minimum 5 adet (n=5) olarak saptanmıştır. Çalışmamızda her grup 6 adet numuneden oluşmaktadır.

Bu çalışmada periodontal sebeplerle çekilmiş 15 adet maksiller kesici diş kullanılmıştır. Yapılan hazırlıklar sonucunda 30 adet numune elde edilmiştir. Yapılan çalışmada kullanılacak numunelerin birbiri ile aynı kriterlere sahip olmasını sağlamak adına tek köklü ve benzer ebatlı dişlerin seçilmesine dikkat edilmiştir.

Toplanan çekilmiş dişler çalışmaya alınana kadar distile suda bekletilmiştir. Dişlerin etrafında bulunan çeşitli doku artıkları dişin bütünlüğünü bozmayacak şekilde frez ve periodontal küretlerle uzaklaştırılmıştır. Kök kesitlerinin hazırlanmasında düşük hızlı su soğutmalı elmas bıçaklı mikrotom cihazı (ISOMET, Buehler Ltd, Lake Buff, IL) kullanılmıştır. Dişlerden bukkolingual yönde orta hattan olacak şekilde tek seferlik kesitler alınmıştır. ISOMET cihazı ile kök kesitleri alındıktan sonra aeratör ve elmas frez yardımıyla destek alınan kuronlar kök bölgesinden ayrılmıştır. Kök bölgesinden oluşan numuneler, kesit alındığı yerden ağız spatülü yardımı ile kanıtılarak ikiye ayrılmıştır. Elde edilen 30 adet numunenin yüzeyi x800, x1000, x1200'lük grenlerden oluşan karborundum kağıtları ile zımparalanmış ve distile su ile durulanmıştır. Numuneler, her biri 6 numuneden oluşmak üzere randomize olarak 5 deney grubuna ayrılmıştır.

1. Grup distile suda bekletildikten sonra kurumaya bırakılmıştır.

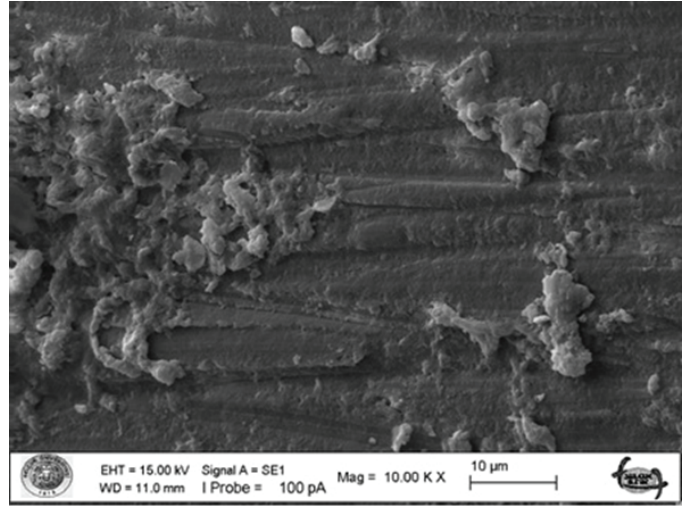
2. Grup distile suda bekletildikten sonra 15 dakika sodyum hipoklorit (%5) (NaOCl, Microvem, Altun Sterilizasyon ve Medikaller, Türkiye) solüsyonunda bekletilmiştir. Sonrasında 5 dakika distile suda durulanıp kurumaya bırakılmıştır.

3. Grup distile suda bekletildikten sonra 15 dakika EDTA (%17) (Wizard, Rehber Kimya, Türkiye) solüsyonunda bekletilmiştir. Sonrasında 5 dakika distile suda durulanıp kurumaya bırakılmıştır.

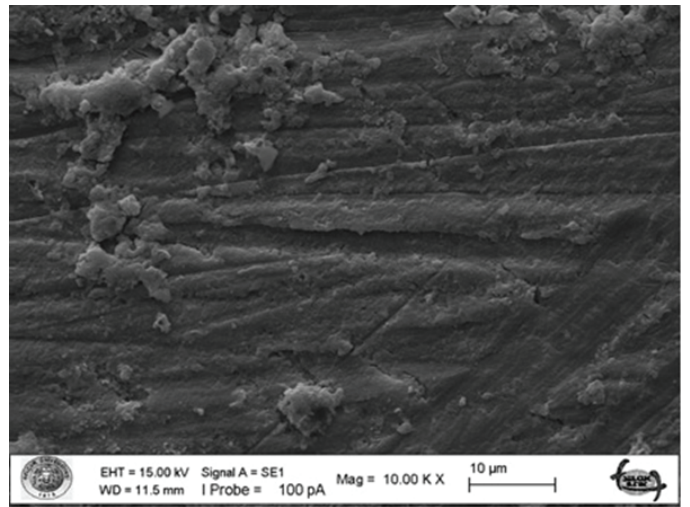
4. Grup distile suda bekletildikten sonra 15 dakika fitik asit (%1) solüsyonunda bekletilmiştir. Sonrasında 5 dakika distile suda durulanıp kurumaya bırakılmıştır.

5. Grup distile suda bekletildikten sonra 15 dakika sitrik asit (%10) solüsyonunda bekletilmiştir. Sonrasında 5 dakika distile suda durulanıp kurumaya bırakılmıştır.

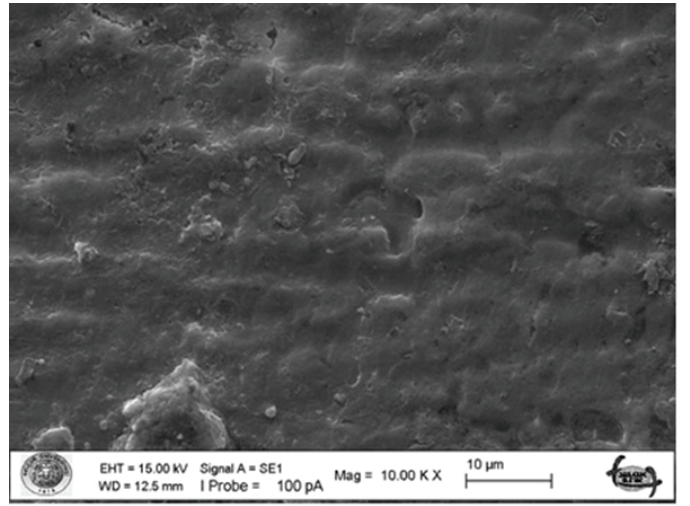
Her numunedeki Ca ve P seviyeleri, enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi (EDX) analizi kullanılarak analiz edilmiştir. Numuneler 5 nm kalınlığında altın tabakası ile kaplanmıştır. Kök dentini yüzeyleri taramalı elektron mikroskobu (SEM) (Zeiss EVO LS10) ile x100, x2000, x5000 ve x10000'lik (Şekil 1-5)



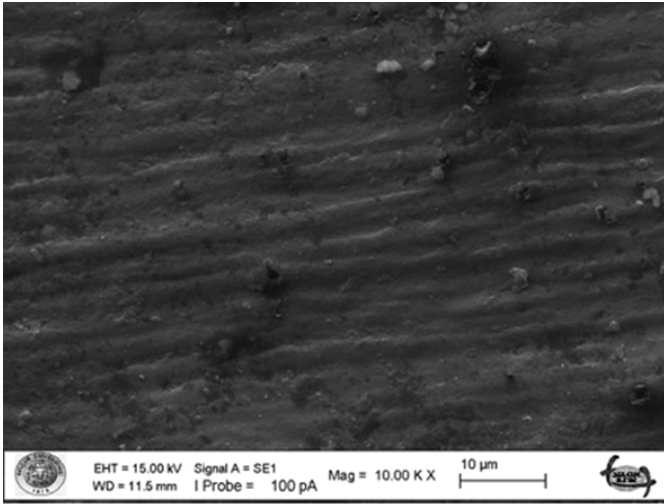
Şekil 1: Kontrol grubuna (Distile su, Grup I) ait bir numunenin SEM görüntüsü



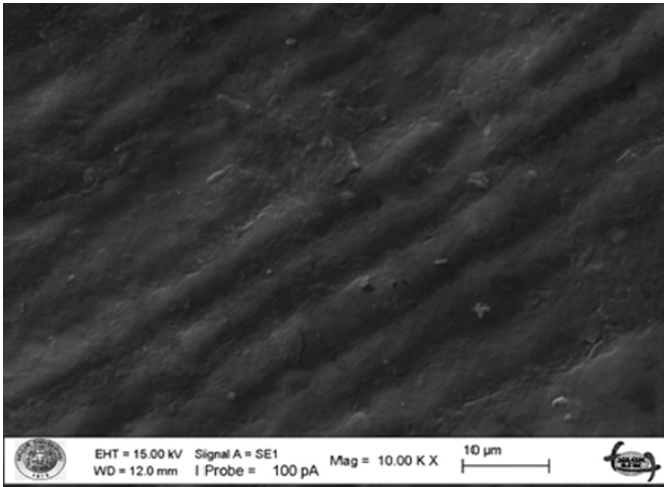
Şekil 2: NaOCl grubuna (Grup II) ait bir numunenin SEM görüntüsü



Şekil 3: EDTA grubuna (Grup III) ait bir numunenin SEM görüntüsü

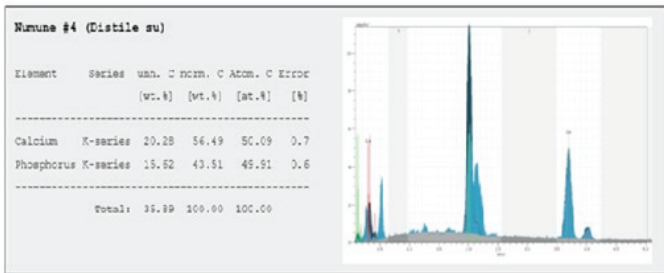


Şekil 4: Fitik Asit grubuna (Grup IV) ait bir numunenin SEM görüntüsü

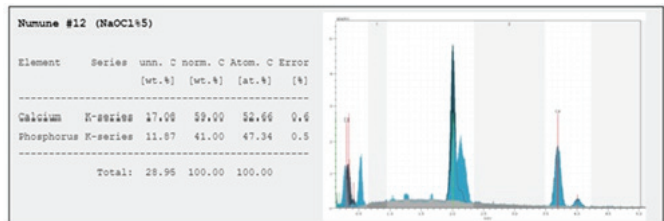


Şekil 5: Sitrik Asit grubuna (Grup V) ait bir numunenin SEM görüntüsü

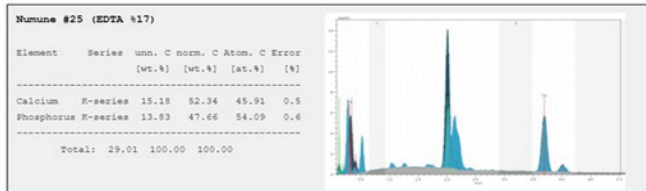
büyütmeler altında incelenmiş ve kök dentini bileşimindeki kalsiyum (Ca) ve fosfor (P) seviyeleri 15kV altında, x100'lük büyütmeye altında (Şekil 6-10)



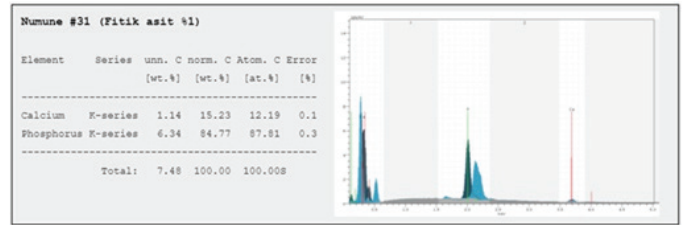
Şekil 6: Kontrol grubuna (Distile su, Grup I) ait bir numunenin EDX analizi



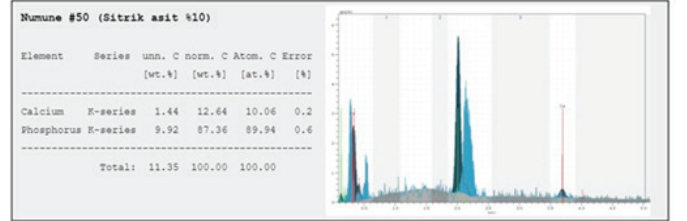
Şekil 7: NaOCl grubuna (Grup II) ait bir numunenin EDX analizi



Şekil 8: EDTA grubuna (Grup III) ait bir numunenin EDX analizi



Şekil 9: Fitik Asit grubuna (Grup IV) ait bir numunenin EDX analizi



Şekil 10: Sitrik Asit grubuna (Grup V) ait bir numunenin EDX analizi

enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi (EDX) (Bruker) ile analiz edilmiştir. Dentin numunelerinden alınan ölçümler, yaklaşık 100 µm çaplı alanlardan analiz edilmiştir. Mineral içerik ağırlıkları yüzde olarak ölçülmüştür.

İstatistiksel Analiz

Çalışmadan elde edilen bulguların istatistiksel analizleri için IBM SPSS Statistics 22 (IBM SPSS, Türkiye) programı kullanılmıştır. Çalışma verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metotların (ortalama, standart sapma) yanı sıra niceliksel verilerin ikiden fazla grup arası değerlendirmelerinde Tek Yönlü Varyans Analizi (one way ANOVA test) kullanılmıştır. ANOVA testi sonucunda farklılığa neden olan grupların tespitinde; varyansları homojen olanlar Tukey HSD, homojen olmayanlar ise Tamhane T2 post-hoc testi ile değerlendirilmiştir. Tekrarlayan verilerin değerlendirilmesinde Tekrarlayan Ölçümler için Varyans Analizi (ANOVA) testi kullanılmış, anlamlılık $p < 0,05$ ve $p < 0,01$ düzeylerinde değerlendirilmiştir.

BULGULAR

Gruplar arasında Ca değeri ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır ($p < 0,001$; $p < 0,01$) (Tablo 1-2; Şekil 11).

Tablo 1: Gruplar arasında Ca, P ve Ca/P değerlerinin değerlendirilmesi

Gruplar	Ca	P	Ca/P
	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS
Grup I	60,35±3,57 ^a	39,65±3,57 ^a	1,54±0,22 ^a
Grup II	53,73±9,28 ^a	46,27±9,28 ^a	1,24±0,46 ^a
Grup III	55,49±4,20 ^a	44,51±4,20 ^a	1,27±0,22 ^a
Grup IV	9,64±4,66 ^b	90,36±4,66 ^b	0,11±0,06 ^b
Grup V	11,71±2,60 ^b	88,29±2,60 ^b	0,13±0,34 ^b
p	<0,001**	<0,001**	0,003**

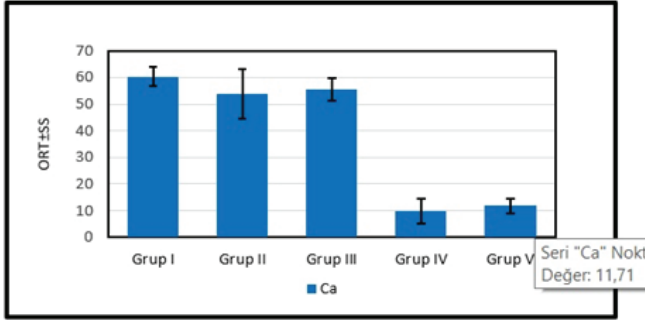
Veriler "Ortalama ± Standart Sapma" olarak sunulmuştur. Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA)

Grup I (Distile su), Grup II (NaOCl), Grup III (EDTA), Grup IV (Fitik Asit), Grup V (Sitrik Asit) ** $p < 0,01$ Tukey HSD Post-Hoc Testi: İkili post-hoc değerlendirmelerde, aynı küçük harfler ile simgelenen gruplar arasında istatistiksel açıdan fark bulunmazken, harflendirmenin farklı olduğu gruplar arasında ise istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır.

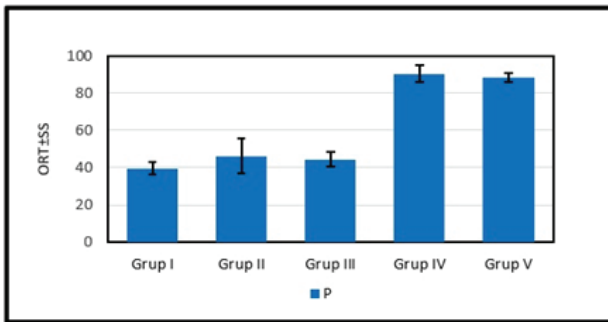
Tablo 2: Post hoc test tablosu

Grup	Grup	Kalsiyum	Fosfor	Ca/P
		p	p	p
Distile Su	Sodyum Hipoklorit	0,325	0,325	0,325
	EDTA	0,279	0,279	0,279
	Fitik Asit	0,000*	0,000*	0,000*
	Sitrik Asit	0,000*	0,000*	0,000*
Sodyum Hipoklorit	EDTA	0,922	0,922	0,922
	Fitik Asit	0,005*	0,005*	0,005*
	Sitrik Asit	0,012*	0,012*	0,012*
EDTA	Fitik Asit	0,007*	0,007*	0,007*
	Sitrik Asit	0,015*	0,015*	0,015*
Fitik Asit	Sitrik Asit	1,000	0,793	0,793

Dunn's Test Test *p<0.05

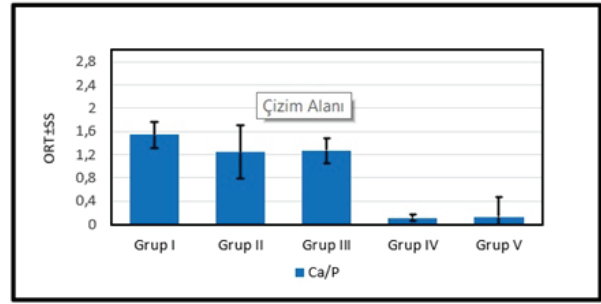


Şekil 11: İlgili solüsyonlarda bekletildikten sonra her grubun kalsiyum seviyeleri. Farklılığın hangi gruptan kaynaklandığı saptamak amacıyla yapılan ikili post-hoc değerlendirmeler sonucunda; Grup IV'ün Ca değeri ortalaması, Grup I'den ($p<0,001$), Grup II'den ($p<0,001$) ve Grup III'ten ($p<0,001$) anlamlı düzeyde düşük saptanmıştır ($p<0,01$). Grup V'in Ca değeri ortalaması, Grup I'den ($p<0,001$), Grup II'den ($p<0,001$) ve Grup III'ten ($p<0,001$) anlamlı düzeyde düşük saptanmıştır ($p<0,01$). Diğer gruplar arasında Ca değeri ortalamaları açısından anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p>0,05$). Gruplar arasında P değeri ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır ($p<0,001$; $p<0,01$) (Tablo 1-2; Şekil 12).



Şekil 12: İlgili solüsyonlarda bekletildikten sonra her grubun fosfor seviyeleri. Farklılığın hangi gruptan kaynaklandığı saptamak amacıyla yapılan ikili post-hoc değerlendirmeler sonucunda; Grup IV'ün P değeri ortalaması, Grup I'den ($p<0,001$), Grup II'den ($p<0,001$) ve Grup III'ten ($p<0,001$) anlamlı düzeyde düşük saptanmıştır ($p<0,01$). Grup V'in Ca değeri ortalaması, Grup I'den ($p<0,001$), Grup II'den ($p<0,001$) ve Grup III'ten ($p<0,001$) anlamlı düzeyde düşük saptanmıştır ($p<0,01$). Diğer gruplar arasında P değeri ortalamaları açısından anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p>0,05$). Gruplar arasında Ca/P değeri ortalamaları açısından is-

tatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır ($p=0,003$; $p<0,01$) (Tablo 1-2; Şekil 13).



Şekil 13: İlgili solüsyonlarda bekletildikten sonra her grubun Kalsiyum/Fosfor seviyeleri

Farklılığın hangi gruptan kaynaklandığı saptamak amacıyla yapılan ikili post-hoc değerlendirmeler sonucunda; Grup IV'ün Ca/P değeri ortalaması, Grup I'den ($p<0,001$), Grup II'den ($p<0,001$) ve Grup III'ten ($p<0,001$) anlamlı düzeyde düşük saptanmıştır ($p<0,01$). Grup V'in Ca/P değeri ortalaması, Grup I'den ($p<0,001$), Grup II'den ($p<0,001$) ve Grup III'ten ($p<0,001$) anlamlı düzeyde düşük saptanmıştır ($p<0,01$). Diğer gruplar arasında Ca/P değeri ortalamaları açısından anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p>0,05$).

TARTIŞMA

Şelasyon, mutlivalan pozitif iyonların belirli kimyasal maddeler tarafından tutulumunu sağlayan fizikokimyasal bir süreçtir. Şelasyon ajanları; radiküler dentin yapısındaki hidroksiapatit kristalleri içerisinde bulunan kalsiyum iyonları ile reaksiyona girer. Bu aşamada dentinin mikro yapısı ve kalsiyum/fosfor oranında değişiklikler meydana gelir. Dentinin mineral içeriğindeki bu değişikliklerin oluşumu sonucunda, organik ve inorganik bileşenlerin orijinal oranı değişebilir. Bunun sonucunda dentin dokusunun mikrosertlik, geçirgenlik ve çözünürlük gibi özelliklerinde değişiklikler meydana gelebilir ve bakteri istilasına karşı direnç azalabilir.²⁴

Çalışmanın bulgularına göre, kullanılan şelasyon ajanlarının (EDTA, fitik asit, sitrik asit) kök dentini mineral içeriğinde (Ca ve P) birbirinden ve kontrol grubundan farklı sonuçlar sergilemiştir. Dolayısıyla çalışmamızın sıfır hipotezi reddedilmiştir.

EDTA solüsyonunun kanal duvarlarına ulaştığı sürece 1 dakikadan kısa sürede smear tabakasını uzaklaştırabildiği savunulurken, bu ajanın etkisini optimum seviyede gösterebilmesi için kök kanalı içerisinde en az 15 dakika bekletilmesi gerektiğini savunan çalışmalar da mevcuttur.^{25,26}

McComb ve Smith yaptıkları çalışmada, EDTA içerikli REDTA solüsyonunun dentin duvarlarına 15 dakika temas etmesi sonucu yeterince temizlik sağladığını, ancak etkinin 24 saat sonra daha büyük olduğunu belirtmiştir.^{26, 27} Nygaard-Ostb, 10-15 dakikadan az olmayacak bir uygulama süresi önermektedir.²⁶ EDTA'nın dentin talaşları üzerindeki demineralize edici etkisinin değerlendirilmesinde, talaşların boyutuna bağlı olarak demineralizasyon reaksiyonu-

nun ilk 1 saat boyunca daha etkili olduğu bulunmuştur.²⁸ Yapılan bir araştırmada, kök kanalı preparasyonu sonrası son yıkama ajanı olarak farklı sürelerde EDTA (%15) kullanımının smear tabakasını uzaklaştırmadaki etkinliği incelenmiştir. 3 ml EDTA kullanımı ardından 3 ml NaOCl (%) ile kök kanalları 1, 3 ve 5 dakika irriga edilmiştir. Araştırma sonucunda uygulama sürelerinin smear tabakasının uzaklaştırılmasındaki etkinlikleri arasında belirgin bir fark bulunmamış, tüm gruplar kök kanallarından etkin bir şekilde smear tabakasını uzaklaştırmıştır.²⁹

Goldberg ve Spielberg, EDTAC solüsyonunun etkinliğinin 5 dakika sonra bile görülebileceğini ancak optimum etkinliğin 15 dakikada oluştuğunu bildirmiştir. Şelasyon ajanının uygulama süresini uzatmak, etkinliğini arttırmaktadır. Dolayısıyla aynı etkiyi devam ettirebilmek için solüsyonun 15 dakikada bir yenilenmesi önerilmektedir.²⁶ Buna karşın, Patterson, EDTAC'ın kök kanalında 24 saat uygulanması sonrası oluşan dekalsifikasyonun, 5 güne kadar devam ettiğini, dolayısıyla etkisinin sınırlı olmadığını öne sürmüştür.²⁸

Yapılan araştırmalarda şelasyon ajanlarının optimum etkinlik sürelerinin kararlaştırılmasında görülen bu tartışmalı sonuçlar sonrası, bu çalışmada ilgili solüsyonların etkinliklerini tam olarak sergileyebileceklerinden emin olabilmek adına numunelerin ilgili solüsyonlarda 15 dakika bekletilmesine karar verilmiştir.

Sodyum hipoklorit solüsyonu, kök kanalı tedavisinde kullanılan en önemli irrigasyon ajanıdır. NaOCl'nin uygulandığı süre ve konsantrasyondan bağımsız olarak dentinin sertlik, elastik modülü v.b mekanik özelliklerini etkilediği bilinmektedir.³⁰ NaOCl solüsyonu tedavilerde kullanılırken %0,5-8,25'lik konsantrasyonlar tercih edilebilir. Solüsyonun etkinliğini arttırmak için, solüsyon tazelenmeli ve kullanımı sırasında sıkça ajitasyonu sağlanmalı veya tekrarlanarak uygulanmalıdır.^{13,31}

%1 ve %5'lik NaOCl konsantrasyonlarının kıyaslandığı randomize klinik bir çalışmada, 3 aylık ve 12 aylık klinik takip sonrası iyileşmenin iki grupta da benzer olduğu görülmüştür.³²

İrreversible pulpitis vakalarında farklı konsantrasyonlarda kullanılan NaOCl solüsyonunun postoperatif ağrıya etkisinin incelendiği bir araştırmada, tedavi sonrası ilk 72 saatlik süreçte, %5,25'lik solüsyonun, %2,5'lük solüsyona oranla daha düşük post operatif ağrı ile sonuçlandığı görülmüştür.³³

Sodyum hipoklorit solüsyonu yüksek konsantrasyonlarda kullanıldığı takdirde *Enterococcus faecalis*'i kök kanalı sisteminden tamamen uzaklaştırabilmektedir.³¹ Yapılan bir araştırmada %1'lik konsantrasyonda NaOCl solüsyonunun olgun biyofilm tabakasını uzaklaştırmada yetersiz kaldığı görülmüştür. Bununla birlikte bu çalışmada, %2,5 ve %5'lik konsantrasyonlardaki solüsyonların antimikrobiyal etkinliklerinin birbiri ile benzer ve %1'lik konsantrasyon-

dan daha etkin sonuçlar verdiği belirtilmiştir.³⁴

E. faecalis'i kök kanalından elimine etmeyi amaçlayan başka bir araştırmada, şelasyon ajanı olarak EDTA kullanımı; %1, %3 ve %5'lik NaOCl solüsyonlarının PIPs aktivasyonu ile desteklenmiştir. %1 ve %3'lük konsantrasyon içeren gruplarda 48 saat sonra tekrar bakteri üremesi izlenmiştir. Bu araştırmanın sonucunda antimikrobiyal aktivitenin %5'lik konsantrasyonda düşük konsantrasyonlardan daha etkin sonuçlar verdiği ortaya çıkmıştır.³⁵

Çalışmamızda amacımız antimikrobiyal aktiviteyi ölçmek olmasa da klinikte olası inatçı enfeksiyonlarda daha fazla tercih edilebilecek, aynı zamanda istenmeyen derecede erozyona sebep olmadan etkinliğini gösterebilecek konsantrasyon olduğu düşünülerek, kök dentini pürüzlülüğüne etkisini incelemek amaçlı %5'lik konsantrasyonda NaOCl solüsyonu kullanımına karar verilmiştir.

EDTA, kök kanalı tedavilerinde genellikle %15 veya %17'lik konsantrasyonlarda kullanılmaktadır. %5 veya %1'lik konsantrasyonlarının da smear tabakasını etkili olarak kaldırdığını savunan incelemeler bulunmaktadır.¹³

%1, %5, %10 ve %15'lik EDTA konsantrasyonlarının smear tabakasını uzaklaştırma ve dentinde erozyon oluşturma etkisinin incelendiği bir araştırmada, %1'lik solüsyonun erozyon oluşumunun diğer gruplardan daha düşük olduğu, smear tabakasını uzaklaştırma konusunda kural bölgede her grubun benzer etki gösterdiği görülmüştür.³⁶ %17'lik konsantrasyonda kullanılan EDTA solüsyonunun smear tabakasını kök kanalı sisteminden yeterli düzeyde veya tamamen uzaklaştırabildiği farklı incelemelerde görülmüştür.^{37,38}

Günümüzde smear tabakasını kök kanalı sisteminden uzaklaştırabilmek adına uygulanabilecek en etkili yöntem; 10 ml %17'lik EDTA'yı takiben 10 ml %5'lik NaOCl ile son bir irrigasyon uygulaması olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir.³⁷ Çalışmamızda buna dayanarak %17'lik EDTA solüsyonu kullanımına karar verilmiştir.

Fitik asit, oldukça kuvvetli şelatlama özelliğine sahiptir. Bakır ve demir gibi iki değerlikli katyonları şelatlayarak antioksidan işlevi görerek karsinojen ve hücre hasarından sorumlu reaktif oksijen türlerinin oluşumunu engeller. Hayvan çalışmaları, fitik asitin uzun süreli ve yüksek dozlarda uygulandığında güvenli sonuçlar verdiğini göstermiştir.³⁹

Farklı konsantrasyonda kullanılan fitik asit (%5, %10, %17) ve sitrik asit (%5, %10, %17) solüsyonlarının smear tabakasını kaldırmadaki etkisinin incelendiği bir araştırmada EDTA (%17) ve %10'luk konsantrasyonda kullanılan fitik asitin kök yüzeyleri boyunca smear tabakasını kaldırmada en etkili sonuç verdiği, %5'lik fitik asit solüsyonunun en az dentin erozyonu, %10'luk sitrik asit solüsyonunun ise en fazla dentin erozyonu ile sonuçlandığı görülmüştür.³⁹

EDTA (%17) ve fitik asitin (%1) smear tabakasını uzaklaştırmadaki etkinlikleri 1, 3, 5 dakikalık sürelerde test edilmiştir.

Yapılan bu çalışmada NaOCl'nin düşük konsantrasyonunun (%2,5) ortamdaki Ca miktarını azaltırken, yüksek konsantrasyonunun (%5,25) herhangi bir değişiklik ile sonuçlanmadığı dikkat çekmektedir.¹ Bu sonuç bizim araştırmamızın sonucu ile tartışmalı olarak değerlendirilebilir. Çalışmamızda kullandığımız yüksek konsantrasyonlu NaOCl, mineral değişimi üzerinde etki göstermemiştir. Bu açıdan bu çalışma ile uyum göstermektedir. Ancak düşük konsantrasyonlu NaOCl solüsyonunun ekisi çalışmamızda incelenmemiştir. Dolayısıyla bu sonucu kendi araştırmamızı göz önüne alarak yorumlamak doğru değildir.

Bu araştırmada, benzer amaçlı yapılan bazı diğer araştırmalarda olduğu gibi analiz öncesi kök kanalı şekillendirilmesi yapılmamıştır.^{6,8,40,51} Kullanılan solüsyonların kök dentini dokusuna doğrudan erişilebilmesi için düz dentin yüzeyleri kullanılmıştır. Bu şekilde analiz yapılmasının tercih edilmesinin sebebi; yalnızca sağlam kök dentininde meydana gelen kalsiyum ve fosfor değişiminin ölçülmesini sağlamak ve kök kanalı hazırlığı sonrası meydana gelen smear tabakası içeriğinin neden olabileceği herhangi bir kontaminasyonu ve elde edilen sonuçların yanlış değerlendirilmesini önlemektir. Aynı incelemenin in vivo koşullar altında gerçekleştirilmesi durumunda, mineralizasyon oranlarının kök kanalı sisteminin karmaşık morfolojisinden etkilenebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Çalışmamızda sitrik asit ve fitik asit dışındaki deney gruplarının kalsiyum ve fosfor oranlarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Yapılan çalışmalarda görülmektedir ki NaOCl irrigasyonunun şelasyon ajanı ardından kullanımı dentin içeriğindeki kalsiyum oranını etkilemektedir.^{1,5,54} Çalışmamızda irrigasyon solüsyonları tek başına kullanılmış, NaOCl ile kombine bir kullanım yapılmamıştır. Dolayısıyla benzer bir etki olup olmayacağı öngörülememektedir. Bu tür kalsiyum kayıplarının endodontik dolgu materyallerinin ve adeziv simanların dentin dokusuna bağlantısı üzerindeki etkilerinin ayrıntılı olarak incelenmesi gerekmektedir. İleride buna yönelik incelemeler yapılması tavsiye edilmektedir.

SONUÇ

Bu araştırmada sitrik asit ve fitik asit dışındaki deney gruplarının kalsiyum ve fosfor oranlarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Fitik asit ve sitrik asit solüsyonlarının kök dentini üzerinde diğer irrigasyon ajanlarından daha fazla kalsiyum ve fosfor uzaklaştırması, dentin dokusunun fizikokimyasal özelliklerini değiştirebilmektedir. Bu ajanlar kök kanalı tedavisinde kullanılırken, yaratacakları etkiler göz önünde bulundurularak dikkatli olunmalıdır.

Yapılan çalışmalardan da anlaşıldığı üzere dentin mineral içeriğindeki değişiklikler oldukça farklılık gösterebilmektedir. Bu konu hakkında daha fazla bilgi edinebilmek adına, aynı numuneler üzerinden, aynı mineral içerikleri-

nin analizinde birden fazla inceleme tekniği kullanılarak değerlendirme yapmak bu bulgular konusunda daha destekleyici sonuçlar alınmasını sağlayacaktır. Bu konuda daha fazla araştırma yapılması tavsiye edilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Ari H, Erdemir A. Effects of endodontic irrigation solutions on mineral content of root canal dentin using ICP-AES technique. *Journal of Endodontics*. 2005;31(3):187-189.
2. Erdemir A, Ari H, Güngüneş H, Belli S. Effect of medications for root canal treatment on bonding to root canal dentin. *Journal of endodontics*. 2004;30(2):113-116.
3. Marshall Jr GW. Dentin: microstructure and characterization. *Quintessence international*. 1993;24(9)
4. Bertassoni LE, Stankoska K, Swain MV. Insights into the structure and composition of the peritubular dentin organic matrix and the lamina limitans. *Micron*. 2012;43(2-3):229-236.
5. Doğan H, Çalt S. Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. *Journal of Endodontics*. 2001;27(9):578-580.
6. Arnold W, Gaengler P. Quantitative analysis of the calcium and phosphorus content of developing and permanent human teeth. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*. 2007;189(2):183-190.
7. De Bona AG, Karaaslan H. Human Teeth-Structure and Composition of Dental Hard Tissues and Developmental Dental Defects.
8. Rotstein I, Dankner E, Goldman A, Heling I, Stabholz A ve ark. Histochemical analysis of dental hard tissues following bleaching. *Journal of Endodontics*. 1996;22(1):23-26.
9. Scelza MFZ, Teixeira AM, Scelza P. Decalcifying effect of EDTA-T, 10% citric acid, and 17% EDTA on root canal dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2003;95(2):234-236.
10. Bosaid F, Aksel H, Makowka S, Azim A. Surface and structural changes in root dentine by various chelating solutions used in regenerative endodontics. *International Endodontic Journal*. 2020;53(10):1438-1445.
11. Eldeniz AU, Erdemir A, Belli S. Effect of EDTA and citric acid solutions on the microhardness and the roughness of human root canal dentin. *Journal of endodontics*. 2005;31(2):107-110.
12. Cruz-Filho AM, Sousa-Neto MD, Savioli RN, Silva RG, Vansan LP ve ark. Effect of chelating solutions on the microhardness of root canal lumen dentin. *Journal of endodontics*. 2011;37(3):358-362.
13. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. *British dental journal*. 2014;216(6):299-303.
14. Becking AG. Complications in the use of sodium hypochlorite during endodontic treatment: report of three cases. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*.

1991;71(3):346-348.

15. Wu D, Ma Y-z, Jia J, Xin B-c, Wang D-s ve ark. Removal of the root canal smear layer using Carisolv III and sodium hypochlorite. *Medicine*. 2020;99(22):e20372.

16. Tomson PL, Simon SR. Contemporary cleaning and shaping of the root canal system. *Primary dental journal*. 2016;5(2):46-53.

17. Ali M, Shuja MN, Zahoor M, Qadri I. Phytic acid: How far have we come? *African Journal of Biotechnology*. 2010;9(11):1551-1554.

18. Graf E. Applications of phytic acid. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 1983;60(11):1861-1867.

19. Nikhil V, Jaiswal S, Bansal P, Arora R, Raj S ve ark. Effect of phytic acid, ethylenediaminetetraacetic acid, and chitosan solutions on microhardness of the human radicular dentin. *Journal of conservative dentistry: JCD*. 2016;19(2):179.

20. Raboy V. myo-Inositol-1, 2, 3, 4, 5, 6-hexakisphosphate. *Phytochemistry*. 2003;64(6):1033-1043.

21. Muana HL, Nassar M, Dargham A, Hiraishi N, Tagami J. Effect of smear layer removal agents on the microhardness and roughness of radicular dentin. *The Saudi Dental Journal*. 2020;

22. Singla MG, Garg A, Gupta S. MTAD in endodontics: an update review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2011;112(3):e70-e76.

23. Hennequin M, Douillard Y. Effects of citric acid treatment on the Ca, P and Mg contents of human dental roots. *Journal of clinical periodontology*. 1995;22(7):550-557.

24. 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. *Journal of Endodontics*. 2010;36(8):1385-1388.

25. Calt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *Journal of endodontics*. 2002;28(1):17-19.

26. Goldberg F, Spielberg C. The effect of EDTAC and the variation of its working time analyzed with scanning electron microscopy. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1982;53(1):74-77.

27. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *Journal of endodontics*. 1975;1(7):238-242.

28. Seidberg BH, Schilder H. An evaluation of EDTA in endodontics. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1974;37(4):609-620.

29. Teixeira C, Felipe M, Felipe W. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. *International endodontic journal*. 2005;38(5):285-290.

30. Pascon FM, Kantovitz KR, Sacramento PA, Nob-

re-dos-Santos M, Puppim-Rontani RM. Effect of sodium hypochlorite on dentine mechanical properties. A review. *Journal of dentistry*. 2009;37(12):903-908.

31. Orłowski NB, Schimdt TF, da Silveira Teixeira C, Garcia L. d. F. R, Savaris JM ve ark. Smear Layer Removal Using Passive Ultrasonic Irrigation and Different Concentrations of Sodium Hypochlorite. *Journal of endodontics*. 2020;46(11):1738-1744.

32. Verma N, Sangwan P, Tewari S, Duhan J. Effect of different concentrations of sodium hypochlorite on outcome of primary root canal treatment: a randomized controlled trial. *Journal of endodontics*. 2019;45(4):357-363.

33. Farzaneh S, Parirokh M, Nakhaee N, Abbott P. Effect of two different concentrations of sodium hypochlorite on postoperative pain following single visit root canal treatment: a triple-blind randomized clinical trial. *International endodontic journal*. 2018;51:e2-e11.

34. Frough-Reyhani M, Ghasemi N, Soroush-Barhaghi M, Amini M, Gholizadeh Y. Antimicrobial efficacy of different concentration of sodium hypochlorite on the biofilm of *Enterococcus faecalis* at different stages of development. *Journal of clinical and experimental dentistry*. 2016;8(5):e480.

35. Golob BS, Olivi G, Vrabec M, El Feghali R, Parker S ve ark. Efficacy of photon-induced photoacoustic streaming in the reduction of *Enterococcus faecalis* within the root canal: different settings and different sodium hypochlorite concentrations. *Journal of endodontics*. 2017;43(10):1730-1735.

36. Şen BH, Ertürk Ö, Pişkin B. The effect of different concentrations of EDTA on instrumented root canal walls. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2009;108(4):622-627.

37. Çalt S, Serper A. Smear layer removal by EGTA. *Journal of Endodontics*. 2000;26(8):459-461.

38. Kaushal R, Bansal R, Malhan S. A comparative evaluation of smear layer removal by using ethylenediamine tetraacetic acid, citric acid, and maleic acid as root canal irrigants: An in vitro scanning electron microscopic study. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*. 2020;23(1):71.

39. Gandhi SA, Chandrasekar P, Nachimuthu J, Abraham CS, Venkataraman KJ. A Comparative Evaluation of Phytic Acid as Final Rinse Solution with Other Chelating Agents for Elimination of Intraradicular Smear: A Scanning Electron Microscopy Study. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*. 2020;12(Suppl 1):S576.

40. Tartari T, Bachmann L, Zancan R, Vivan R, Duarte M ve ark. Analysis of the effects of several decalcifying agents alone and in combination with sodium hypochlorite on the chemical composition of dentine. *International endodontic journal*. 2018;51:e42-e54.

41. Puvvada S, Latha P, Jayalakshmi K, Arul S. Comparative assessment of chelating and antimicrobial efficacy of

- phytic acid alone and in combination with other irrigants. *Journal of endodontics*. 2016;42(12):1834-1839.
- Internat J Appl Dental Sci. 2017;3(2):19e22.
- 42.** Kalçay M, Tınaz AC. Effects of different concentrations of phytic acid on smear layer removal and erosion. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2018;28(3):341-347.
- 43.** Nassar M, Hiraishi N, Tamura Y, Otsuki M, Aoki K ve ark. Phytic acid: an alternative root canal chelating agent. *Journal of endodontics*. 2015;41(2):242-247.
- 44.** Haznedaroğlu F. Efficacy of various concentrations of citric acid at different pH values for smear layer removal. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2003;96(3):340-344.
- 45.** Olivieri JG, Font MG, Stöber E, de Ribot J, Mercadé M ve ark. Effect of manual dynamic activation with citric acid solutions in smear layer removal: A scanning electron microscopic evaluation. *Journal of dental sciences*. 2016;11(4):360-364.
- 46.** Prado M, Gusman H, Gomes BP, Simao RA. Scanning electron microscopic investigation of the effectiveness of phosphoric acid in smear layer removal when compared with EDTA and citric acid. *Journal of Endodontics*. 2011;37(2):255-258.
- 47.** Pérez-Heredia M, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP. The effectiveness of different acid irrigating solutions in root canal cleaning after hand and rotary instrumentation. *Journal of Endodontics*. 2006;32(10):993-997.
- 48.** Zelic K, Milovanovic P, Rakocevic Z, Askrabic S, Potocnik J ve ark. Nano-structural and compositional basis of devitalized tooth fragility. *Dental materials*. 2014;30(5):476-486.
- 49.** Yan W, Montoya C, Øilo M, Ossa A, Paranjpe A ve ark. Contribution of root canal treatment to the fracture resistance of dentin. *Journal of endodontics*. 2019;45(2):189-193.
- 50.** Lynch C, Burke F. Incomplete tooth fracture following root-canal treatment: a case report. *International endodontic journal*. 2002;35(7):642-646.
- 51.** 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. *Journal of endodontics*. 2007;33(5):581-584.
- 52.** Verdelis K, Ellades G, Ovllr T, Margelos J. Effect of chelating agents on the molecular composition and extent of decalcification at cervical, middle and apical root dentin locations. *Dental Traumatology*. 1999;15(4):164-170.
- 53.** Baumgartner JC, Cuenin PR. Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *Journal of endodontics*. 1992;18(12):605-612.
- 54.** Wang Z, Maezono H, Shen Y, Haapasalo M. Evaluation of root canal dentin erosion after different irrigation methods using energy-dispersive X-ray spectroscopy.