

T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI



**ELEKTROLİZ YÖNTEMİYLE SODYUM HİPOKLORİTİN
KULLANIMININ DOKU ÇÖZÜCÜLÜĞÜ VE
ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

İhsan Furkan ERTUĞRUL

DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN

Doç. Dr. Murat MADEN

**Bu Tez Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Koordinasyon Birimi tarafından 3691-D1-13 proje numarası ile desteklenmiştir
Tez. No: 113**

ISPARTA, 2015

KABUL ve ONAY SAYFASI

Sağlık Bilimleri Enstitü Müdürlüğüne;

Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü **Endodonti Anabilim Dalı Yüksek Lisans/Doktora Programı** Çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 05/01/2014

Tez I. Danışman :Doç. Dr. Murat MADEN

Süleyman Demirel Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti AD

Üye :Doç Dr. Özgür ER

Trakya Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti AB

Üye :Doç. Dr. Sabriye PERÇİN ÖZKORUCUKLU

İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi Moleküler Biyoloji ve Genetik

Üye : Doç. Dr. Gül ÇELİK ÜNAL

Süleyman Demirel Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti AD

Üye : Yrd. Doç. Dr. Feyza ÖZDEMİR KISACIK

Süleyman Demirel Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti AD

ONAY: Bu doktora tezi, Enstitü Yönetim Kurulu'nca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve kabul edilmiştir.

Enstitü Müdürü

Doç. Dr. Nejdet ADANIR

BEYAN

“Elektroliz Yöntemiyle Sodyum Hipokloritin Kullanımının Doku Çözücülüğü ve Antimikrobiyal Aktivitesi Üzerine Etkisi” adlı Yüksek Lisans / Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Arş. Gör. Dt. İhsan Furkan ERTUĞRUL

Danışman

Doç. Dr. Murat MADEN

ÖNSÖZ

Doktora eğitimime başladığım günden itibaren desteğini her an hissettiğim değerli hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Murat MADEN'e,

Tezimin tüm aşamalarında yardım ve desteğini esirgemeyen değerli görüş ve fikirlerine başvurduğum Doktora Tez İzleme Komitesi Üyeleri Hocalarım Doç. Dr. Gül ÇELİK ÜNAL'a ve Doç. Dr. Sabriye Perçin ÖZKORUCUKLU'ya,

Tez çalışmamın planlanmasında, deney aşamalarının gerçekleştirilmesinde ve tüm tez çalışmam sırasında kendilerinin sahip olduğu bütün imkanları bana açan Doç. Dr. Yasin TUNCER'e ve Yrd. Doç. Dr. Mesut KAHRİMAN'a,

Doktora eğitimim boyunca her konuda yardımcı olan hocalarım Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Diljin KEÇECİ'ye ve Endodonti Anabilim Dalı Öğretim Üyelerine,

Bağlı bulunduğum S.D.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü Başkanı Doç. Dr. Nejdet ADANIR'a ve tüm Enstitü çalışanlarına,

Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde görev yapan tüm asistan arkadaşlarıma ve çalışanlara,

Tez projeme destek sağlayan Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne,

Saygı ve Teşekkürlerimi Sunuyorum.

Dt. İhsan Furkan ERTUĞRUL

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	ii
BEYAN	iii
ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
RESİMLER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Sodyum Hipokloritin Endodontideki Yeri	2
2.1.1. Serbestleyici Ajan Olan Klorinin Tarihiçesi.....	2
2.1.2. Sodyum Hipokloritin Etki Mekanizması	3
2.1.3. Sodyum Hipokloritin Antimikrobiyal Aktivitesi.....	6
2.1.3.1. Sodyum Hipokloritin Antimikrobiyal Aktivitesi Üzerine Yapılan İn Vitro Çalışmalar.....	6
2.1.3.2. Sodyum Hipokloritin Antimikrobiyal Aktivitesi Üzerine Yapılan Canlı Organizmalardaki (<i>In Vivo</i>) Çalışmaları	7
2.1.4. Sodyum Hipokloritin Mantarlar Üzerine Etkisi	8
2.1.5. Sodyum Hipokloritin Biyofilme Karşı Etkisi	10
2.1.6. Mikrobiyal Örnek Alınan Sahadaki Dekontaminasyon için Sodyum Hipoklorit.....	11
2.1.7. Dentinin Sodyum Hipoklorit Üzerindeki Tamponlama Etkisi	12
2.1.8. Sodyum Hipokloritin Doku Çözücü Özelliği	14
2.1.9. Sodyum Hipokloritin Endodontik Tedavide Kullanılan Enstrümanlar Üzerine Etkisi	15
2.1.10. Sodyum Hipokloritin Dentin Yapısına ve Bileşimine Karşı Etkisi	16
2.1.11. Sodyum Hipokloritin Dentinin Rezin Bağlanma Yetisine Etkisi	17
2.1.12. Sodyum Hipokloritin Hemostatik Özelliği.....	19
2.1.13. Sodyum Hipokloritin Toksikitesi	20
2.1.14. İrrigasyon Sırasındaki Komplikasyonlar	21
2.1.14.1. Sodyum Hipokloritin Elbiselere Verdiği Zarar	22
2.1.14.2. Sodyum Hipokloritin Göz Üzerine Etkisi	22

2.1.14.3. Sodyum Hipokloritin Apikal Foramenin Ötesine Enjeksiyonu	22
2.1.14.4. Sodyum Hipokloritin Oluşturduğu Allerjik Reaksiyonlar	25
2.1.15. NaOCl'in Etkinliğini Artıran Yöntemler	26
2.1.15.1. Sonik (Endoaktivatör) ve Ultrasonik Cihazların Kanal İrrigasyonunda NaOCl ile Kullanımı	26
2.1.15.1.1. Sonik Enerji Üreten Cihazlar	26
2.1.15.1.2. Sonik Enerji Üreten Endoaktivatör	27
2.1.15.1.3. Endoaktivatörde Uç seçimi	27
2.1.15.1.4. Endoaktivatörün Klinikte Kullanımı	27
2.1.15.2. Ultrasonik Enerji Üreten Cihazlar	28
2.1.15.2.1. Ultrasoniklerin Endodontideki Kullanım Alanları	29
2.1.15.2.2. Ultrasonik Cihazların NaOCl'in Etkinliğini Artırması	29
2.1.15.3. Isının, NaOCl'in Antimikrobiyal ve Doku Çözücülüğü Üzerine Etkisi	30
2.1.16. Elektroliz	30
2.1.16.1. Bir Elektrodun İçerisinden Akım Geçmesi	32
2.1.16.2. İyonların Çözünmesi	32
2.1.16.3. İyonların Elektrotlara Göçü	32
2.1.17. <i>Enterococcus Faecalis</i>	33
3. GEREÇ ve YÖNTEM	35
3.1. Birinci Aşama	36
3.1.1. Örneklerin Hazırlanması	36
3.1.2. Grupların Oluşturulması	38
3.1.3. Sodyum Hipokloritin Deney için Hazırlanması	40
3.1.4. Birinci Aşama Deney Düzenegi ve Örneklerinin Test Edilmesi	41
3.1.4.1. Birinci Ana Grup (n:142): Elektrolize Edilmeyen Farklı NaOCl Konsantrasyonuna Sahip Grupların Deney Düzenegi	41
3.1.4.2. İkinci Ana Grup (n:99): Elektrolize Edilen Farklı NaOCl Konsantrasyonuna Sahip Grupların Deney Düzenegi	43
3.2. İkinci Aşama	46
3.2.1. Deney Örneklerinin Hazırlanışı	47
3.2.2. Grupların Oluşturulması	47
3.2.3. İkinci Aşama Deney Düzenegi ve Örneklerin Test Edilmesi	48
3.2.3.1. Birinci Ana Grup (n:77): 25 °C'deki (oda sıcaklığı) %5'lik NaOCl'e Uygulanan Farklı Aktivasyon Metodlarına Sahip Grupların Deney Düzenegi	48

3.2.3.2. İkinci Ana Grup (n:77): 45 °C'deki (oda sıcaklığı) %5'lik NaOCl'e Uygulanan Farklı Aktivasyon Metodlarına Sahip Grupların Deney Düzenegi	53
3.2.4. Sığır Kas Dokularının İlk ve Son Ağırlıklarının Ölçümü.....	55
3.3. Üçüncü Aşama	55
3.3.1. Üçüncü Aşamanın Hedefleri.....	55
3.3.2. Örneklerin Hazırlanması.....	56
3.3.2.1. Örneklerin Sabitlenmesi, Sterilizasyonu	57
3.3.3. Prototip Elektroliz Cihazının Üretilmesi	58
3.3.4. Deney Gruplarının Oluşturulması.....	64
3.3.5. <i>E. Faecalis</i> Bakterisinin Hazırlanması ve Örneklerle Bakteri Ekimi	65
3.3.5.1. <i>E. Faecalis</i> Bakterisi Üretilmesi	65
3.3.5.2. Bakteri Süspansiyonunun Hazırlanması	66
3.3.5.3. Örneklerin <i>E. Faecalis</i> Bakterisi ile Enfekte Edilmesi	66
3.3.6. Deney Ortamı ve Örneklerin Test Edilmesi	66
3.3.6.1. Steril Salin Grubu (SS).....	66
3.3.6.2. NaOCl Grubu (NaOCl)	67
3.3.6.3. Ultrasonik + NaOCl Grubu (UA).....	67
3.3.6.4. Sonik + NaOCl Grubu (EA).....	68
3.3.6.5. Elektroliz + NaOCl Grubu (E-NaOCl)	68
3.3.6.6. Elektroliz + Vibrasyon + NaOCl Grubu (E-NaOCl+V)	69
3.3.7. Test Sonrası Örneklerin Değerlendirilmesi	71
4. BULGULAR	72
4.1. Birinci Aşama: Doku Çözücülük Deney Bulguları.....	72
4.1.2. İkinci Aşama: Doku Çözücülük Deneyleri Bulguları.....	76
4.2. Üçüncü Aşama: Mikrobiyoloji Deneyleri Bulguları	81
5. TARTIŞMA	85
SONUÇ ve ÖNERİLER.....	99
ÖZET.....	101
ABSTRACT	102
KAYNAKLAR	103
EKLER.....	115
Ek 1. İnsan Etik Kurul Formu	115
ÖZGEÇMİŞ.....	116

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

A	: Akım
BHI	: Brain Hearth Infusion Broth, Beyin Kalp İnfizyon Besiyeri
CaOH₂	: Kalsiyum Hidroksit
CFU	: Koloni Oluşturan Ünite
CHX	: Klorheksidin Glukonat
CPMC	: Kafurlu Paraklorofenol Pastası
EA	: Endoaktivatörle Aktive Edilen Sodyum Hipoklorit Grubu
EDTA	: Etilen Diamina Tetra Asetik Asit
E-NaOCl	: Elektrikle Aktive Edilen Sodyum Hipoklorit Grubu
E-NaOCl+V	: Elektrik ve Vibrasyonla Aynı Anda Aktive Edilen Sodyum Hipoklorit Grubu
FTIRS	: Foto Akustik
Ga	: Gauge
HOCl[•]	: Hipokloröz Asit
I	: Akım
In Vitro	: Canlı Organizma Dışında Yapılan Çalışma
In Vivo	: Canlı Organizmalar Üzerinde Yapılan Çalışma
IPI	: İodin Potasyum İyot
mA	: Mili Amper
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
MTAD	: Tetrasiklin İzomeri (Doksisiklin) ve Sitrik Asitin Karışımı
NaDCC	: Dikloroizosiyanürat
NaOCl	: Sodyum Hipoklorit
NH	: Amino Grubu
NiTi	: Nikel Titanyum
OCl⁻	: Hipoklorit İyonları
OH⁻	: Hidroksil İyonu
PCR	: Polimeraz Zincir Reaksiyonu
R	: Rezistans

Rpm : Bir Dakikadaki Dönme Sayısı
UA : Ultrasonikle Aktive Edilen Sodyum Hipoklorit Grubu
USB : Evrensel Seri Yolu Bağlantısı
V : Volt

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Birinci aşama doku çözücülük deneyleri için oluşturulan bütün gruplar....	38
Tablo 2. Doku çözücülüğü için hazırlanan örneklerin ilk ve son ağırlıkların kaydı için kullanılan tablo (d: dakika)	46
Tablo 3. İkinci aşama doku çözücülük deneylerinde kullanılan bütün gruplar.....	47
Tablo 4. Elektroliz uygulanmayan grupların ilk ve son ağırlıkları	72
Tablo 5. Elektroliz uygulanan grupların ilk ve son ağırlıkları.	73
Tablo 6. Elektroliz uygulanan ve uygulanmayan grupların istatistik tablosu	75
Tablo 7. 25 ⁰ C’de uygulanan deneylerdeki dokuların ilk ve son ağırlıkları.....	77
Tablo 8. 45 ⁰ C’de uygulanan deneylerdeki dokuların ilk ve son ağırlıkları.....	78
Tablo 9. İkinci aşama doku çözücülük deneyleri gruplarının istatistik tablosu.	80
Tablo 10. Mikrobiyoloji sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi.....	81
Tablo 11. Mikrobiyoloji deneylerinin istatistiksel değerlendirme tablosu.....	84

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Prototip elektroliz cihazın devre şeması	59
Şekil 2. Prototip elektroliz cihazının devre bağlantıları tasarımı	60
Şekil 3. Prototip elektroliz cihazına ait irrigasyon enjektörünün şematik görüntüsü. 62	
Şekil 4. Titreşimi sağlayan adaptörün şematik görünümü	63
Şekil 5. Elektroliz uygulanmayan deney gruplarının ağırlık kazanım ve kaybı ortalamaları.	74
Şekil 6. Elektroliz uygulanan deney gruplarının ağırlık kazanım ve kaybı ortalamaları	74
Şekil 7. 25 ⁰ C’de yapılan deney grupları.	79
Şekil 8. 45 ⁰ C’de yapılan deney grupları.	79
Şekil 9. Bakteri sayı ortalamaları ve en küçük, en büyük değerleri gösteren “T” çizgisi	84

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1. Doku örneklerinin hazırlanmasında kullanılan biyopsi pançı.	36
Resim 2. Doku ağırlıklarının ölçümünde kullanılan hassas terazi.	37
Resim 3. Sığır kas dokusunun deney öncesinde hazırlanması, biyopsi pançıyla birlikte görünümü.	37
Resim 4. Doku çözücülük deneylerinde kullanılan %5'lik NaOCl stok solüsyonu. .	41
Resim 5. İçerisinde 10 mg NaOCl veya Distile Su ve kas dokusu bulunan cam beher.	42
Resim 6. Sığır kas dokusunun hassas terazide tartılma anı	42
Resim 7. NaOCl solüsyonundan elektrik akımını geçmesini sağlayan elektroliz cihazı.	43
Resim 8. Elektroliz cihazının dijital ekranı	44
Resim 9. Elektroliz işleminin gerçekleştirildiği cam hücre. Cam hücreye elektroliz cihazı anot, katot ve referans elektrodu ile bağlı.	44
Resim 10. Cam hücre içerisinde NaOCl ile birlikte elektroliz işlemi gerçekleştirilirken.	45
Resim 11. NaOCl solüsyonunun cam pipet ile aktive edildiği an.	50
Resim 12. EndoActivator ve 25 nolu ucu.	51
Resim 13. NaOCl solüsyonunun EndoActivator ile aktive edildiği an.	51
Resim 14. Ultrasonik cihaz.	52
Resim 15. İkinci aşama doku çözücülük deneylerinde kullanılan dijital sıcaklık kontrollü su banyosu.	54
Resim 16. NaOCl solüsyonunun sıcaklık banyosunda iken cam pipet ile aktive edildiği an.	54
Resim 17. 11 dişten oluşan bir grubun silikon ölçü maddesi yardımıyla mikro kuyucuklara yerleştirilmiş hali.	57
Resim 18. Mikro kuyucuklara yerleştirilen dişlerin oluşturduğu bütün mikrobiyoloji deney grupları.	58
Resim 19. Prototip elektroliz cihazının ana devresi	59
Resim 20. Prototip elektroliz cihazının üretim aşaması.	60
Resim 21. Prototip cihazın ön yüzündeki dijital ekranlar ve butonları.	61
Resim 22. Prototip cihazın enjektör kısmı ile bağlandığı ve çalışmaya hazır olduğu an.	61
Resim 23. Prototip cihazın içerisinde yer alan ampermetre	62
Resim 24. Enjektörün ucuna ve yıkama iğnesine bağlanan, titreştirici adaptör parça.	63

Resim 25. Etilen oksit sterilizasyonundan sonra mikro kuyucukların sterilizasyonunun bozulmaması için paketlenmiş hali	65
Resim 26. Bütün aksanlarıyla ultrasonik cihaz.....	67
Resim 27. Ultrasonik cihazın el aleti + adaptör parça + aktive edici uç.	68
Resim 28. 25/0.4 nolu Endo Aktivatör ucu ve el aleti.....	68
Resim 29. Mikrobiyoloji deneylerinin yapıldığı kabin.....	69
Resim 30. Prototip cihazın mikrobiyoloji deneylerindeki kullanımı.....	69
Resim 31. Prototip cihaza ait enjektör ve diğer deney elemanları.	70
Resim 32. Vertikal olarak ikiye bölünen örneğin SEM da biyofilm görüntüsü	82
Resim 33. Vertikal olarak ikiye bölünen örneğin SEM da biyofilm görüntüsü	82
Resim 34. Vertikal olarak ikiye bölünen örneğin SEM da biyofilm görüntüsü	83
Resim 35. Vertikal olarak ikiye bölünen örneğin SEM da biyofilm görüntüsü	83

1. GİRİŞ

Klinikde yapılan endodontik tedaviler esnasında kök kanallarının yıkanması oldukça zaman alan ve klinisyeni uğraştıran bir işlemdir. Uygulanan tekniğe bağlı olarak kimi zaman karmaşık bir işlem olan kök kanallarının yıkanması; artık pulpa dokusunun uzaklaştırılması, smear tabakasının uzaklaştırılması ve kök kanalını enfekte eden mikroorganizmaların eliminasyonu için endodontik tedavinin vazgeçilemez bir aşamasıdır. Günümüzde kök kanallarını yıkamak için tercih edilen solüsyonlardan bir tanesi sodyum hipoklorit (NaOCl) solüsyonudur.

Bu tez çalışmasında NaOCl solüsyonunun doku çözücü ve antimikrobiyal etkinliğini artırmaya çalışarak klinikte kök kanalının yıkama zamanını azaltılması, böylelikle NaOCl solüsyonunun daha etkili şekilde kullanması amaçlandı. Kök kanalı irrigasyonu sırasında operatörün eliyle yaptığı ve standart olmayan ileri geri hareketin eliminasyonu hedeflendi.

Bu tez çalışmasında doku çözücülük deneylerinde standardizasyonunun kolay olmasından dolayı sığır kas dokusu kullanımı hedeflendi. Çalışmanın mikrobiyoloji ayağında ise endodontide inatçı enfeksiyonların baş kahramanı olan *Enterococcus Faecalis* (*E.faecalis*) bakterisi (ATCC 29212) test edildi. Her iki çalışmada da NaOCl solüsyonunu aktive eden diğer metodlar (sonik aktivasyon, ultrasonik aktivasyon, ısı ile aktivasyon) ile bu tez çalışmasındaki elektrik akımı ile aktivasyon metodunun karşılaştırılması hedeflendi. *E.faecalis* bakterisinin kök kanalına ekiminden sonra biyofilm oluşumu için 21 gün beklenildi. Ayrıca biyofilm oluşumunu onaylamak için seçilen örnekler SEM ile kontrol edilmesi hedeflendi. NaOCl solüsyonunun ve solüsyon ile birlikte kullanılan aktivasyon metodlarının, kök kanalındaki enfeksiyonu elimine edebilme etkinliğinin ölçümü için yayma ile bakteri sayım yöntemi kullanıldı.

Bu tez çalışmasının ana amacı, NaOCl irrigasyon solüsyonuna elektrik akımı vererek, NaOCl'in doku çözücü ve antimikrobiyal potansiyelini arttırmak; sonik, ultrasonik, ısı ve ajitasyon gibi bilinen NaOCl'in etkinliğini artırıcı yöntemlerle elektrik akımıyla aktivasyon metodunu karşılaştırmaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Sodyum Hipokloritin Endodontideki Yeri

Kök kanal tedavisinin önemli konularından bir tanesi, kök kanal sisteminin tamamının dezenfeksiyonudur. Ayrıca enfeksiyonun kaynağı olan pulpal içeriğin yok edilmesi gerekmektedir. Mikroorganizmalar ve onların ürünleri pulpal ve radiküler patolojilerin başlıca sebeplerindendir. Bakteri sayısını düşürmek ve elimine etmek için ve pulpal artığın temizlenebilmesi için tedavi esnasında kullanılacak çeşitli yıkama solüsyonları önerilmektedir. Sodyum hipoklorit, endodontik tedavi esnasında proteolitik ve antimikrobiyal ajan olarak en çok tercih edilen yıkama solüsyonudur (1).

İnsan ve hayvan modelleri üzerinde yapılan çalışmalarda pulpal ve periapikal hastalıklarının başlıca sebebinin mikroorganizmalar olduğu belirtilmiştir (2). Enfekte kök kanalından mikroorganizmaların uzaklaştırılması zor bir görevdir. Kök kanalındaki mikroorganizmaların sayısını azaltabilmek için çeşitli enstrumantasyon teknikleri, yıkama rejimleri ve kanal içi ilaçlar önerilmiştir. Literatürde, mekanik enstrumantasyonun tek başına kök kanal sistemindeki bakterilerin tamamen temizleyebildiğine dair bir bildiri bulunamamıştır (3). Kök kanal sisteminin kompleks yapısı göz önünde bulundurulacak olursa bu sonuç sürpriz değildir (4). Ayrıca doku kalıntıları kanal yıkama materyallerinin ve medikamentlerinin antimikrobiyal etkinliğini azaltmakta veya engellemektedir. Bu nedenle yıkama ve dezenfeksiyon, doku artıklarının temizlenmesi ve mikroorganizmaların öldürülmesi için gereklidir. Basitçe kimyasal tedavi, farklı yöntemler tercih edilerek kök kanalının yıkanması ve seanslar arası medikament uygulaması şeklinde gerçekleştirilebilir.

2.1.1. Serbestleyici Ajan Olan Klorinin Tarihçesi

Klorinin; sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyumla birlikte kombinasyonları bulunmaktadır (5). İnsan vücudunda klorin immun sistemin bir parçasıdır. Potasyum hipoklorit Fransada ilk kez Claude Lousi Bertholled tarafından akışkan bir klorin solüsyonu olarak üretilmiştir. Bu solüsyon endüstriyel olarak ilk

kez Paris yakınlarındaki Javelde Percy tarafından üretilmiştir ve bundan dolayı “Eau de Javel” olarak adlandırılmıştır (5). Hipoklorit solüsyonu ilk kez beyazlatma ajanı olarak kullanılmıştır. Daha sonra sodyum hipoklorit çocuklardaki ateşi önlemek ve enfeksiyona karşı kullanılmak için Labarraque tarafından önerilmiştir (5). Koch ve Pasteur tarafından laboratuarda geliştirilen Sodyum hipoklorit 19. yüzyılın sonlarında dezenfeksiyon için geniş çaplı olarak kullanılmıştır (5).

Birinci Dünya Savaşında kimyager Henry Drysdale Dakin ve cerrah Alexis Carrel tamponlanmış %0,5’lik sodyum hipokloriti yara yıkama solüsyonunu ve nekrotik enfekte dokularda dezenfektan olarak kullanmışlardır (6). Sodyum hipokloritin geniş çaplı antimikrobiyal özelliğinin yanında sporlara ve virüsler de etkili olduğu (7) ayrıca nekrotik ve canlı dokuları çözebildiği bildirilmiştir (8). Bu özellikler 1919 da Coolidge’nin yaptığı gibi sodyum hipokloriti endodontide en çok kullanılan kök kanalı yıkama materyali olarak öne çıkarmıştır (9). Üstelik sodyum hipoklorit solüsyonu ucuzdur, kolay elde edilebilir ve uzun raf ömrü vardır (10). Kloramin-T ve dikloroizosiyanürat (NaDCC) gibi diğer klorin serbestleyen bileşikler de endodontide kullanılmıştır (11,12). NaOCl aynı konsantrasyonlarıyla karşılaştırıldığında daha düşük etkilerinden dolayı bu bileşikler endodontide geniş kabul görmemiştir.

2.1.2. Sodyum Hipokloritin Etki Mekanizması

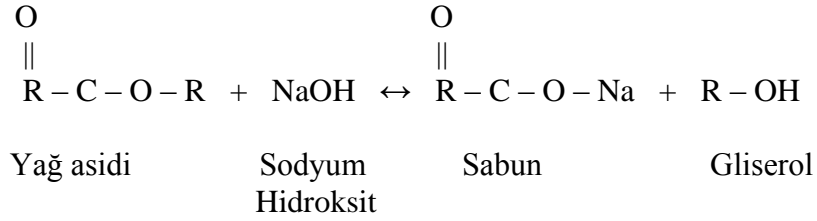
NaOCl kök kanal yıkama protokolünde çok sık tercih ediliyor olması, pulpayı çözücü ve antimikrobiyal etkisinden kaynaklanmaktadır. %1 gibi düşük konsantrasyonlardaki NaOCl, biyolojik uyumlu olduğu belirtilmiştir (13).

NaOCl aşağıdaki reaksiyonda görüldüğü gibi, dinamik bir denge durumu gösterir.



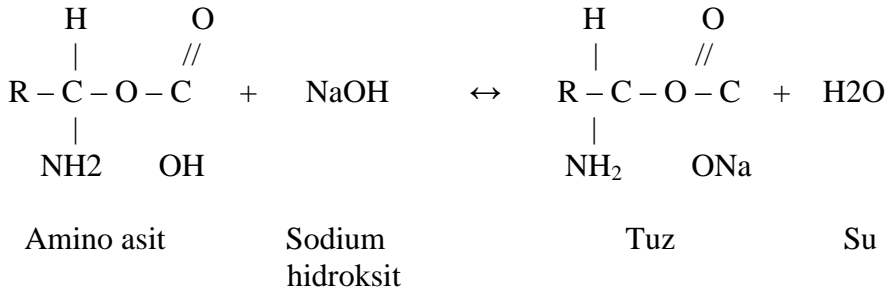
Organik doku ve NaOCl arasındaki kimyasal reaksiyonlar aşağıda gösterilmektedir (14,15).

1. Denge Reaksiyonu: Sabunlaşma (saprofikasyon) reaksiyonu



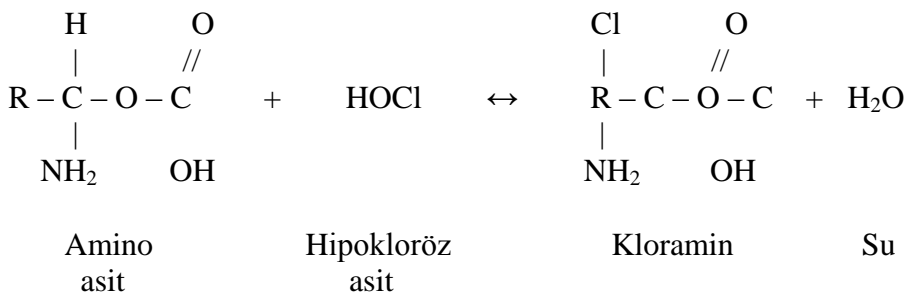
NaOCl'in yağ asitlerini indirgeyerek, adeta organik bileşikleri ve yağ bileşiklerini çözücü gibi davrandığı gösterilmiştir. NaOCl yağ asitlerini yağ asidi tuzuna (sabun) ve gliserole (alkol) çevirir ve bu reaksiyon, arta kalan solüsyonun yüzey gerilimini düşürür (1. sabunlaşma reaksiyonu) (14,15).

2. Denge Reaksiyonu: Amino asitin nötralizasyon reaksiyonu



NaOCl amino asitleri su ve tuz formuna çevirerek nötralize eder (2. amino asit nötralizasyon reaksiyonu).

3. Denge Reaksiyonu: Kloraminasyon reaksiyonu



Hidroksil iyonlarının açığa çıkmasıyla pH değerinde azalma olur. Hipokloröz asit, NaOCl solüsyonunun içerisinde bulunan bir moleküldür. Organik bir doku ile temas ettiğinde çözücü gibi davranır, klorin serbestler ve bu klorin proteinin amino grubuyla birleşir ve kloramin formunu alır (3. kloramin reaksiyonu). Hipokloröz asit (HOCl) ve hipoklorit iyonları (OCl⁻) aminoasitleri parçalar ve hidroliz eder.

Klorin ve amino grubu (NH) arasındaki kloraminasyon reaksiyonudaki kloramin bileşikleri hücre metabolizmasını bloke ederler. Klorin esansiyel bakteri enzimlerinden olan sülfidril gurubunu geri dönüşümsüz olarak bloke ederek antimikrobiyal aktivitesini göstermektedir. NaOCl'in fiziko kimyasal özelliklerine göre organik dokularla temasında bu reaksiyonlar görülebilir.

NaOCl pH'ı 11'in üzerindedir ve güçlü bir baziktir. %1 konsantrasyonlu sodyum hipokloritin yüzey gerilimi yaklaşık olarak 75 dynes/cm, yapışkanlığı yaklaşık 0.986 cP, iletkenliği 65.5 mS, özkütlesi 1.04 g/cm³. Organik dokularla oluşturduğu reaksiyonlar ve fiziko kimyasal karakteristiğinden dolayı sodyum hipoklorit güçlü bir antimikrobiyal ajandır.

Bilindiği kadarıyla NaOCl'in yüksek pH'ı ve bakterin esansiyel enzimlerini hücre zarında bloke etmesi onun bakteriler için zararlı etkilerinin bir kısmının açıklayabilmektedir. Bakterilerin enzimatik bölgeleri genellikle sitoplazmik membrandır. Stoplazmik membrandaki bu enzimler; metabolik aktivite, hücre bölünmesi ve büyümesi, lipitlerin biyosentezi, elektron transportu ve oksidatif fosforilasyon işlemleri gibi hücrede hayati fonksiyonu alan işlemleri yürütmektedir (15).

Birçok araştırmacı kalsiyum hidroksitteki, hidroksil iyonlarının sitoplazmik membrandaki bu işlevleri durdurduğunu bildirmektedir (15,16). Ekstra sellüler enzimler hidroliz vasıtasıyla besinlerin, proteinlerin, karbonhidratların ve yağların sinidirilmesini desteklemektedir. Intraseküler enzimler ise hücenin içerisinde bulunur ve hücre membranında gerçekleşen hücre solunumu kontrol eder. Kalsiyum hidroksitin ortama yüksek konsantrasyonda hidroksil iyonu salması ortamdaki pH'ı değiştirerek sitoplazmik membranda bozulmalara ve membrandaki proteinlerin denatürasyonuna sebep olmaktadır. Yüksek pH ve hidroksil iyonlarının salınmasıyla birlikte sitoplazmik membrandaki bütünlük bozulmaya başlar ve organik bileşiklerde kimyasal yaralanmalar ve besin taşınmasında problemler başlar. Sitoplazmik membrandaki fosfolipidlerin ve doymamış yağların parçalanmasıyla birlikte peroksidasyon işlemi gözlenir ve bu sabunlaşma reaksiyonunun bir göstergesidir (15,17).

NaOCl'in antimikrobiyal etkisi kalsiyum hidroksitteki gibi yüksek pH dan (hidroksil iyonu) kaynaklanmaktadır. NaOCl'deki yüksek pH sitoplazmik membranın bütünlüğünü bozarak enzimatik sistemi durdurur ve hücre metabolizmasında biyo sentetik değişimle birlikte lipidik peroksidaz yani fosfo lipidlerde bozulma başlar.

Amino asit kloraminasyon reaksiyonundan gelen kloraminler hücre metabolizmasını etkilemektedir. Oksidasyon işlemi sırasında hidrojen iyonu ile klorin iyonu yer değiştirerek bakteri enzimlerini geri dönüşümsüz olarak durdurur. Bu enzimlerin inaktivasyonu, klorinin amino grubuyla reaksiyonu ve bakteri enzimindeki sülfidril grubunun geri dönüşümsüz oksidasyonu ile olmaktadır (13).

2.1.3. Sodyum Hipokloritin Antimikrobiyal Aktivitesi

2.1.3.1. Sodyum Hipokloritin Antimikrobiyal Aktivitesi Üzerine Yapılan İn Vitro Çalışmalar

Birçok in vitro çalışmada NaOCl antimikrobiyal aktivitesinden bahsedilmiştir. Walker 1939 da iki kere güçlendirilmiş (%5 NaOCl) klorinli soda solüsyonunu ilk defa kök kanal tedavisinde kullanmıştır ve bugüne kadar yapılan hiçbir çalışmada bu solüsyondan daha etkili bir yıkama ajanı bulunamamıştır (18).

Siqueira ve ark. yaptıkları *in vitro* çalışmada %4'lük NaOCl solüsyonunun *E.faecalis*'e karşı etkisine bakmışlar. Bu çalışmada NaOCl kontrol grubu olan salin solüsyonuna göre anlamlı derecede daha etkili çıkmıştır (19).

Siqueira ve ark.'nın yaptıkları diğer bir in vitro agar difüzyon testinde çeşitli yıkama solüsyonlarını dört siyah pigmentli anaerobik bakteri ve dört fakültatif bakteri üzerinde test etmişlerdir. %4'lük NaOCl ve %2,5'lik NaOCl diğer yıkama ajanlarından antimikrobiyal etkinlik açısından anlamlı derecede daha iyi sonuç vermiştir (20).

Gomes ve ark. yaptıkları çalışmada dört değişik konsantrasyondaki NaOCl'in (%0.5, %2.5, %4, ve %5.25) ve iki değişik formdaki klorheksidin glukonatın (CHX) (jel ve likit) üç değişik konsantrasyonunun etkisini *E. faecalis* üzerinde incelemişlerdir. Bütün irrigasyon solüsyonlarını *E. faecalis*'i öldürmede etkili olduğu

ancak farklı zamanlarda etkisini gösterdiğini bildirmişlerdir. NaOCl (%5,25), çalışmada CHX'in likit formunun bütün konsantrasyonlarından (%0.2, %1 ve %2) daha etkili bulunmuştur. %0.2 lik likit klorheksidin ve %2'lik jel klorheksidinin antimikrobiyal aktivitesini gösterebilmesi için 30 saniye ile 1 dakika arasında bir zamana ihtiyaç duyulmuştur (21).

Vianna ve ark. beş değişik konsantrasyondaki NaOCl solüsyonun (%0.5, %1, %2.5, %4, ve %5.25) antimikrobiyal aktivitesini, %0.2, %1 ve %2'lik CHX ile karşılaştırmışlardır. Bütün test solüsyonları *Porphyromonas endodontalis*, *Porphyromonas gingivalis* ve *Prevotella intermedia*'yı 15 saniyede yok etmişleridir. %1 ve %2'lik CHX ile %5.25'lik NaOCl solüsyonlarının gerekli antimikrobiyal aktiviteyi göstermesi için aynı zamana ihtiyaç duydukları görülmüştür (22).

Berber ve ark. %0.5, %2.5 ve %5'lik NaOCl kanal içi yıkama solüsyonlarının el aleti ve rotary enstrumantasyon sistemleriyle kullanarak kök kanalına ve dentin tübüllerine yerleşmiş *E.faecalis*'e karşı denemişlerdir. En etkili konsantrasyon %5.25 olarak bulmuş onu takiben %2.5'lik konsantrasyon bulunmuştur (23).

Oliveira ve ark. *E.faecalis*'e karşı iki değişik konsantrasyondaki NaOCl (%5.25 ve %1.5) ile jel formundaki %2'lik CHX'in antimikrobiyal etkilerini karşılaştırmışlardır. %5.25'lik NaOCl ve %2'lik CHX jel formu *E.faecalis*'e koloni formunda ünitenin (CFU) enstrumantasyondan hemen sonra 7 güne kadar durdururken, %1.5'lik NaOCl *E.faecalis* CFU'sini sadece enstrumantasyondan sonra durdurabilmiştir (24).

2.1.3.2. Sodyum Hipokloritin Antimikrobiyal Aktivitesi Üzerine Yapılan Canlı Organizmalardaki (*In Vivo*) Çalışmaları

Bystrom ve ark. %0.5 NaOCl'in 50 tek köklü diş üzerinde etkisine bakmışlardır. Her diş beş randevu olacak şekilde NaOCl tatbik edilmiş ve randevular arasındaki bakteri varlığına bakılmıştır. Randevular arasında kanal içine bakteri tatbiki yapılmamıştır. %0.5'lik NaOCl kullanımı neticesinde beşinci randevu sonunda 50 diştten 20 tanesinde bakteri bulunmamıştır. Bu deney kontrol grubu için aynı şekilde yapay tükürük ile yapılmış ve 50 kök kanalından 8'inde bakteri bulunmamıştır (25).

Ercan ve ark. %2'lik CHX ile %5.25'lik NaOCl'in antibakteriyal özelliklerini kök kanalı yıkama solüsyonu olarak karşılaştırmışlar, her iki yıkama solüsyonunda nekrotik pulpal ve periapikal lezyonlu dişlerde anlamlı şekilde mikroorganizmaları durdurduğunu göstermişlerdir (26).

Vianna ve ark. NaOCl ve CHX jel ile kemo mekanik preparasyondan sonra nekrotik pulpal insan kök kanallarındaki mikroorganizmaların varlığını PCR (polimeraz zincir reaksiyonu) ve kültür tekniği ile incelemişler, her iki teknik incelendiğinde NaOCl'i, CHX jel grubuna göre mikroorganizmaları durdurmada anlamlı derecede daha etkili bulmuşlardır (27).

Squeira ve ark. insanlar üzerinde enfekte, periapikal periodontitisli dişlerde yaptıkları çalışmalarda %2.5'lik NaOCl ve %0.12'lik CHX'i karşılaştırmışlardır. Her iki solüsyon kullanılarak yapılan kemo mekanik preparasyon neticesinde her iki solüsyonun da kültüre edilebilir bakterileri durdurduğunu bulmuşlardır. Yapılan kültürler sonucunda NaOCl ve CHX grupları arasında bakteri kolonizasyonu açısından anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (28).

Siqueira ve ark. yaptıkları çalışmada bakterileri durdurabilmek için enstrumantasyondan sonra yıkama solüsyonu olarak %2.5'lik NaOCl kullanmışlardır ve seanslar arasında kalsiyum hidroksit (CaOH₂) ile kafurlu paraklorofenol pastası (CPMC) kullanmışlardır. NaOCl ile yapılan kemo-mekanik preparasyon neticesinde kanaldaki kültüre edilebilir bakteri sayısı anlamlı derecede azalmış fakat bir buçuk saat sonra başarısız olmuş ve kök kanalındaki bakteri sayısında artış olduğu tespit edilmiştir. 7 gün boyunca kanallarda tutulan CaOH₂ ve CPMC pastası vakaların kök kanallarındaki negatif kültür sayısını anlamlı derecede artırmıştır (29).

Siqueira ve ark. yaptığı başka çalışmada aynı bulguları destekler niteliktedir (30). *In vitro* ve *in vivo* şartlar yapılan bütün çalışmalarda NaOCl çok iyi antimikrobiyal aktivite sergilemiştir.

2.1.4. Sodyum Hipokloritin Mantarlar Üzerine Etkisi

Mantarlar oral mikro floranın küçük bir parçasıdır. Fungal mikrobiotanın büyük bir parçasını *Candida* türleri oluşturmaktadır. *Candida albicans* oral kavitede sağlıklı (%30-45) ve tıbbi açıdan riskli bireylerde (%95) en çok rastlanan ortak

mantar türüdür. Mantarlar primer kök kanal enfeksiyonlarında nadiren görülmesine karşın, başarısız kök kanal tedavili dişlerde daha çok görülmektedir. Maya formundaki mantarların enfekte kök kanal yüzeylerinde görülme sıklığı %1 ila %17 olarak bildirilmiştir (31).

Mantarlar belkide inatçı enfeksiyonlar ve sekonder enfeksiyonlarla birlikte inatçı periapikal lezyonlarla ilişkilidir ve antimikrobiyal aktivitesi olan solüsyonlar ve ilaçlarla elimine edilmeye çalışılabilir (1). Bu strateji mantarlara bağlı sekonder enfeksiyonları ilaçlarla elimine etmek için oldukça etkili bir yöntemdir (31,32).

Sen ve ark. silindirik dentin tübüllerindeki *C.albicans* türü mantara karşı %1'lik, %5'lik NaOCl ve %0.12'lik CHX'i kullanmışlardır. Smear tabakası varlığında, smear tabakası olmamasına göre *C.albicans* enfeksiyonlarının çok daha inatçı olduğunu bulmuşlardır. Smear tabakası olmadığında NaOCl antifungal aktivitesini 30 dakika sonra göstermiştir (33).

Waltimo ve ark. *C.albicans*'ın hassasiyetini ölçmek için NaOCl, iodin potasyum iyot (IPI), CHX asetat ve kalsiyum hidroksit kullanmışlardır. Ayrıca bütün bu dezenfeksiyon maddeleri deney gruplarında kombine şekilde eşleştirilerek kullanılmıştır. *C.albicans*, kalsiyum hidroksite karşı oldukça dirençli çıkmıştır. %5'lik, 0.5'lik NaOCl ve %2'lik IPI bütün maya hücrelerine 30 saniye içinde öldürmüşken, CHX asetat 5 dakika içerisinde bütün maya hücrelerini öldürmüştür. Dezenfektanların kombine olarak kullanımı tek kullanımlarında ya daha az ya da aynı etkiyi göstermiştir (34).

Ferguson ve ark. *C.albicans*'ın çeşitli ilaç ve irrigasyon solüsyonlarına karşı hassasiyetine bakmıştır. NaOCl, hidrojen peroksit ve CHX diglukonat'ın minimum konsantrasyonları deney için kullanılmıştır. Neticede NaOCl, hidrojen peroksit ve CHX diglukonat *C.albicans*'a karşı düşük konsantrasyonlarda bile etkili çıkmıştır. Akışkan kalsiyum hidroksitin herhangi bir etkisi bulunamamıştır (35).

Yapılan diğer bazı çalışmalarda da NaOCl'in antifungal etkisini 5 ila 15 dakika arasında gösterdiği bildirilmiştir (36,37).

Ruff ve ark. antifungal aktivite bakımından yaptıkları çalışmada %6'lık NaOCl solüsyonunu BioPure MTAD ve %17'lik EDTA solüsyonlarına göre anlamlı derecede daha etkili bulmuşlardır (38).

Ayhan ve ark. da yaptıkları çalışmalarda NaOCl nin diğer irrigantlarla eşit veya daha iyi etki gösterdiğini tespit etmişlerdir (39).

2.1.5. Sodyum Hipokloritin Biyofilme Karşı Etkisi

Biyofilm, hücrelerin birbirine ve/veya buldukları yüzeye yapıştıkları bir mikroorganizma kümesidir. Birbirine bağlı bu hücreler genellikle kendilerince üretilen hücre dışı polimerik bir maddenin (EPS) içine gömülüdürler. Serbest şekilde ortamda yüzen bakteriler tamamen akışkan bir çevrede bulunur ve planktonik mikroorganizmalar olarak tanımlanırlar. Planktonik mikroorganizmalar biyofilm oluşumunun temelini oluşturmaktadır. Biyofilmler organik veya organik olmayan yüzeylerde yerleşirler ve bu bölgelerde daha çok su bazlı planktonik mikroorganizmalar vardır. Ağız ortamında tükürük içerisinde serbest şekilde dolaşan bakteriler biyofilm oluşumu için kaynak teşkil etmektedirler ve ağız ortamında oluşan biyofilmlerin birinci dereceden nedenidirler. Fakat endodontide biyofilm elde edilmesi zor olduğundan dolayı biyofilm çalışmaları pek ilgi görmemektedir. Bu tartışmanın başlıca nedenlerinden bir tanesi biyofilmin canlı olmayan pulpal kök kanallarında oluşturulma güçlüğüdür. Bakterilerin birleşerek oluşturduğu biyofilmler periapikal periodontitisin tedavisini güçleştirir. Biyofilm içinde büyüyen mikrobiyal toplulukların antimikrobiyal ajanlarla yok etmek oldukça zor bir işlemdir ve biyofilm içerisindeki mikroorganizmaların bu yüzden kötü bir üne sahiptir (40). Yapılan araştırmalarda biyofilm içerisindeki mikroorganizmalar, planktonik formlarına göre yaklaşık 1000 katı daha dirençli olabileceği bildirilmiştir (41).

Spratt ve ark. %2.25'lik NaOCl, %0.2'lik CHX, %10'luk povidon iyodin, 5 ppm kolloid yapılı gümüşü fosfat tamponlu solüsyon (PBS) (kontrol grubu olarak) beş kök kanalında izole *P. intermedia*, *P. miros*, *S. intermedius*, *F. nucleatum*, *E. faecalis* biofilm monokültürlerine karşı etkilerini incelemişler. NaOCl'in en iyi antimikrobiyal aktiviteyi gösterdiği ve sonrasında da en iyi ikinci solüsyon olarak iodini bulunmuşlardır (42).

Clegg ve ark. %6, %3 ve %1'lik NaOCl, %2'lik CHX, BioPure MTAD'ı (BioPure® MTAD®, Densply, Oklohama-Amerika) apikal dentin üzerindeki biyofilmde in vitro şartlar altında karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Yanlızca %6'lık NaOCl, bakteri biyofilmlerine karşı tamamen etkili olmuştur (43).

Ozok ve ark. değişik konsantrasyonlardaki NaOCl'i *F.nucleatum* ve/veya *P.micros* olmak üzere 24 ve 96 saatlik tek ve iki tür biyofilm üzerinde denemişleridir. 24 saatlik biyofilimde tek ve iki tür olan gruplar arasında NaOCl'in antimikrobiyal etkisi bakımından belirgin bir farklılık bulunamamış, iki grupta NaOCl'e karşı dirençli çıkmıştır. 96 saatlik gruplar incelendiğinde iki tür mikroorganizmalı biyofilm bulduran gruplar tek mikroorganizmalı biyofilm bulduran gruplara göre NaOCl'e karşı anlamlı derecede daha dayanıklı çıkmıştır. Karışık tür biyofilmi olan *F. nucleatum* ve *P. micros*'un zamanla sinerji göstererek NaOCl'e karşı direncin arttığı tespit edilmiştir (44).

Dunavant ve ark. %6'lık NaOCl, %1'lik NaOCl, Smear Clear (Smear Clear, SybronEndo, Kaliforniya-Amerika), %2 CHX, REDTA ve BioPure™ MTAD™ *E. faecalis* biyofilmine karşı yeni bir in vitro sistemle birbirleriyle karşılaştırarak test etmişlerdir. Biyofilmler akışkan hücre sistemleri içerisinde büyütülmüş ve daha sonra 1 ila 5 dakika boyunca yıkama solüsyonuna batırılmıştır. Test ajanları arasında bakteri biyofilmlerini yok etmesi bakımından yüzdesel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Zaman ve yüzde arasında oransal olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. %6'lı NaOCl (>%99.99), %1'lik NaOCl (%99.78), Smear Clear™ (78.06), %2 CHX (%60.49), REDTA (%26.99) ve BioPure™ MTAD™, %1'lik ve %6'lık NaOCl, diğer test solüsyonlarına göre *E. faecalis*'e karşı anlamlı derecede etkili çıkmıştır (45).

Giardino ve ark. %5.25'lik NaOCl'i ve MTAD'ı *E. faecalis* biyofilmine karşı kullanmışlar ve %5.25'li NaOCl'in biyofilmin yapısını bozduğunu ve ortadan kaldırdığını bulmuşlardır (46).

Bütün çalışmalarda NaOCl'in mikrobiyal biyofilmlere karşı onların yapısını bozarak ve yok ederek oldukça etkili olduğu sonucuna varılmış ayrıca yıkama solüsyon ve jellerine göre üstünlüğü kanıtlanmıştır.

2.1.6. Mikrobiyal Örnek Alınan Sahadaki Dekontaminasyon için Sodyum Hipoklorit

Kök kanal enfeksiyonlarıyla ilgili yapılan çalışmalarda birçok aşama mevcuttur. Bular; örnek alınan sahanın dekontaminasyonu, giriş kavitesi

preparasyonu, örneklerin alınması, örneklerin laboratuvara taşınması ve sonuçta kültürler üzerinde laboratuvar işlemlerinin yapılması gibi işlemlerdir. Bütün bu aşamalarda çalışmaların sonuçları arasındaki doğru karşılaştırmayı sağlayabilmek için belirli bir optimizasyon ve standardizasyonun sağlanması gerekmektedir. Yanlış pozitif sonuçlar almamak için örnek alınan sahanın kontamine olmaması şarttır. Kök kanalından örnek almadan önce, geleneksel olarak örnek alınan sahanın kontaminasyonu önlemek için öncelikle %30 hidrojen peroksit ve bunu takiben %5-10 iyodin kullanılır (47). Çok iyi antimikrobiyal ve doku çözücü özelliği olan NaOCl sözü geçen dezenfeksiyon protokolüne göre potansiyel bir alternatif olabilir.

Ng ve ark. %2.5'lik NaOCl ve %10'luk iyodinin etkilerini karşılaştırabilmek için örnek alınan operasyon sahasının dekontaminasyonunu önlemede kullanmışlar ardından kültür ve PCR yöntemleriyle incelemede bulunmuşlardır. Sodyum hipokloritle karşılaştırıldığında (%13) iyodinle dekontamine bölgede daha fazla (%45) bakteri DNA'sı tespit etmişlerdir. NaOCl ve iyodin karşılaştırıldığında PCR tekniğine göre kök kanal dekontamine yüzeylerin eliminasyonu için NaOCl anlamlı şekilde daha üstün bulunmuştur (48). Yanlış negatif sonuçlardan kaçınmak amacıyla NaOCl'in inaktivasyonu için sodyum tiosülfat kullanılması gerekmektedir. Diğer bir taraftan NaOCl ile sodyum tiosülfatın birleşiminden meydana gelen sodyum tuzları PCR analizlerini olumsuz yönde etkileyebilir (49).

2.1.7. Dentinin Sodyum Hipoklorit Üzerindeki Tamponlama Etkisi

Uzun zamandır kemikteki kalsiyum fosfatın büyük bir karbonat deposu olduğu bilinmektedir. Karbonat vücuttaki asit-baz dengesini tamponlayan bir materyal olarak da bilinmektedir (50). Dentin de buna benzer bir şekilde asit ve bazları tamponlayıcı etki göstermektedir. Wang ve Hume yaptıkları çalışmada dentinin asitleri kuvvetli bir şekilde tamponlayabildiğini göstermişlerdir (51). Dentinin tamponlaması alkali grubuna (NaOCl) karşı daha zayıf olmasına rağmen yinede önemli ölçüde vardır. 250 mg ağırlığındaki dentin parçalarına 3mmol HCl veya 2 mmol NaOH eklenmesine rağmen pH'larını sabit tutabilmişlerdir. Dentinin temelde tamponlamasını sağlayan ana bileşenin inorganik apatit olduğu düşünülmektedir. Dentinin, tamponlama kapasitesinin hidroksiapatit bileşeninden daha fazla olmasının sebebi, içeriğindeki inorganik yapıtaşlarına ek olarak organik

yapıtaşlarının da tamponlama işlevine katkıda bulunması olarak izah edilebilir. Camps ve Pashley yaptıkları çalışmada dentindeki inorganik yapıların, dentinin tamponlama kapasitesini %1.5 artırdığını bildirmişlerdir (52).

Kök kanalının çevreleyen dentin, organik ve inorganik materyalin karışık şekilde bulunduğu bir yapıdır. Hidroksiapatit dentinin ana yapı taşlarından biri ve dentindeki inorganik yapıları oluşturan baş aktördür. Ayrıca enflamasyon neticesinde meydana gelen eksuda kök kanalına apikalinden drene olduğunda albümin gibi birçok protein içeren pürülan yapı pH'ı değiştirir. Kök kanalının dezenfeksiyonu esnasında, dezenfektanların etkisini bloke etmeleri bakımından organik ve inorganik materyal hakkında yapılmış çalışmalar kısıtlıdır (53). Yapılacak deneyin zorlukları ve deney düzeneğinin tasarlanmasındaki zorluklardan dolayı uzun yıllar araştırmacılar bu konu üzerine çalışmamışlardır.

Sodyum hipoklorit kuvvetli bir oksidan ve aynı zamanda güçlü bir yükseltgen maddedir. Amino asitlerle tepki veren NaOCl, nötralizasyon ve kloraminasyon reaksiyonlarıyla amino asitlerin yıkılmasına yol açmaktadır (13). Sodyum hipokloritin deproteinizasyon etkisi endodontik tedavide de kullanılmaktadır. Yapılan bir immunokimyasal çalışmada, demineralize edilmiş dentin modelinde NaOCl ile yapılan tedaviden sonra tip 1 kollojen ve glikozaminoglikanın immuno aktivitesini kaybettiği belirlenmiştir (54). Fakat dentin bu etkiyi en aza indirmektedir. Hidroksiapatit, NaOCl'in oksidatif etkisine karşı içine gömülen kollojen ve diğer proteinleri korumaktadır. Sodyum hipokloritin antibakteriyal özelliği iyi bilinmektedir. Fakat birçok *in vivo* çalışma enstrumantasyon ve NaOCl ile irrigasyondan sonra tamamen steril bir kanal elde edilemediğini açıkça göstermektedir (55-57). Çalışmalar dentin tozunun %1'lik NaOCl üzerinde antimikrobiyal etkiyi durdurucu yönde etkili olduğunu göstermiştir. Dentin tozu (%18v/w) test organizmasında kullanıldığında *E. faecalis*'in ölmesini geciktirdiği görülmüştür. Bir test tüpünün içerisinde 24 saat bekletilen NaOCl'nin içerisinde bakteriler eklendiğinde bütün bakterilerin ölmesi için 24 saatin gerekli olduğu, 1 saat içerisinde ise hiçbir bakterinin ölmediği saptanmıştır (53). Hidroksi apatitin direkt olarak NaOCl'in antibakteriyal etkisini kısıtlayıcı özelliğini vurgulayan bir çalışma yoktur. Yapılan çalışmalara genel olarak bakılacak olursa dentin NaOCl'in antimikrobiyal etkisini azaltmaktadır.

2.1.8. Sodyum Hipokloritin Doku Çözücü Özelliği

İdeal bir irrigasyon materyaline sahip olmak için birçok çalışma yapılmış ve 4 ana özellik olan; antimikrobiyal aktivitesinin olması, periapikal dokular için biyoyumlu olması, suda çözünebilir olması ve doku çözücü özelliğinin olması aranmıştır. Bu nedenle ideal bir irrigasyon materyalinin kök kanalı içerisindeki dokuyu çözebilmesi gerekmektedir.

Grossman ve Meiman %5'lik sodyum hipokloritin kök kanalı içerisindeki dokuyu 20 dakikadan 2 saate kadar çözebildiğini bildirmişlerdir (58).

Moorer ve Wesselink doku çözücülüğünün şu üç neden ile değiştiğini bildirmişlerdir; ajitasyonun sıklığı, irrigasyon materyalinin miktarı ve dokunun yüzey alanı (59).

Okino ve ark. yaptıkları bir çalışmada; %0.5, %1 ve %2.5'lik NaOCl ile %2'lik akışkan yapıdaki CHX ve %2'lik jel yapıdaki CHX'i kontrol grubu olan distile su ile karşılaştırmışlar. Distile su ve CHX'in her iki formuda 6 saat boyunca sıgır pulpasını çözememişken, %0.5, %1, %2.5'lik NaOCl'in dokuyu çözme hızları sırasıyla ortalama; 0.31, 0.43, 0.55 mg/dakika olarak kaydedilmiştir (60).

Naenni ve ark. %1'lik NaOCl, %10 klorheksidin, %3 ve %30 hidrojen peroksit, %10 perasetik asit, %5 dikloroizosiyanürat ve %10'luk sitrik asitin nekrotik dokuyu çözme etkilerini karşılaştırmışlar. Domuz damağından elde edilen standart doku parçaları solüsyonların içerisinde ayrı ayrı bekletilmiş ve çıkarıldıktan sonra ağırlıkları tekrar ölçmüşler, hiçbir test solüsyonun NaOCl kadar etkili şekilde dokuyu çözemediğini bildirmişlerdir (61).

Clarkson ve ark. NaOCl ile domuz kesici pulpası üzerinde yaptıkları çalışmada konsantrasyon arttıkça doku çözücülüğünde arttığını bulmuşlardır (62).

Bütün bu çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda NaOCl'nin proteolitik özellik bakımından en iyi doku çözücü ajan olduğu görülmektedir.

2.1.9. Sodyum Hipokloritin Endodontik Tedavide Kullanılan Enstrümanlar Üzerine Etkisi

Kanal preperasyonunun gerekliliklerinden bir tanesi de artan açılı biçimde şekillendirilmiş bir kök kanalıdır. Sodyum hipoklorit apikal bölgeye kadar ulaşır ve antibakteriyal özelliğinin yanı sıra organik debris eriterek istediğimiz açılı kök kanal preperasyonunun sağlanmasına yardımcı olur. Kök kanalının enstrümantasyonu esnasında nikel titanyum (NiTi) kök kanal enstrümanları NaOCl ile temas ederek enstrümanların dış katmanına tahribat vererek mikro çukurcuklar oluşturmuştur. Bu mikro çukurcuklar stresin toplandığı alanlarda çatlaklara ve dolayısı ile ilerleyen dönemde kırıklara sebep olabilmektedir (63).

O'Hoy ve ark. yaptıkları çalışmada NiTi enstrümanların üzerinde uygulanan temizleme prosedüründe %1'lik NaOCl kullanarak, NaOCl'in etkisini değerlendirmeye çalışmışlardır. 10'dan fazla tekrar yaparak %1'lik NaOCl'in anlamlı derecede koroziv etkisini görmüşlerdir. Buna rağmen aletlerin dayanımlarıyla ilgili; kırılma torkunda azalma veya bükülme yorgunluğu tespit edememişlerdir (64).

Busslinger ve ark. rotary enstrümanlar üzerinde %5'lik NaOCl'i tatbik etmişler ve korozyon bölgelerini incelemişlerdir, yine de klinik kullanımları ile ilgili olumsuz bir durum bildirmemişlerdir (65).

Berutti ve Marini araştırmalarında döner aletlerin döngüsel yorgunluk ve korozyon direncini ölçmek için sodyum hipokloritin içerisine batırmışlardır. Yaptıkları deneyde NiTi aletleri kök kanalında sodyum hipokloritle birlikte çalıştırmışlar ve aletlerin üzerindeki elektrokimyasal değişiklikleri gözlemlemişlerdir. Çalışmanın sonucunda hipokloritin kullanıldığı kök kanallarında döngüsel yorgunlukla beraber NiTi aletlerin dayanımının daha çabuk azaldığını belirtmişlerdir (66).

Haikel ve arkadaşları NiTi enstrümanların mekanik özelliklerini Sodyum hipokloritle birlikte fazla değişmediğini özellikle kesici etkisinde büyük bir değişiklik olmadığını belirtmişlerdir. Diğer metallerde olduğu gibi NiTi alaşımlarda büyük bir galvanik akım oluşmamakta ve bu özellik NiTi alaşım metallerini sodyum hipokloritin etkilerine karşı korumaktadır (67,68).

2.1.10. Sodyum Hipokloritin Dentin Yapısına ve Bileşimine Karşı Etkisi

NaOCl'in dentin matriksine etkisiyle ilgili literatürde çok fazla bilgi bulunmamaktadır. Dentin yapısının ağırlık olarak yaklaşık %22'si organik materyalden oluşmaktadır. Dentinin mekanik özelliklerinin çoğu içinde barındırdığı Tip I kollojenden kaynaklanmaktadır (69). Sodyum hipokloritin uzun peptit zincirlerini ve klorinat proteinlerinin terminal gruplarını parçaladığı bu sayede klorinaminazı bloke ettiği bilinmektedir (70). Bu nedenle sodyum hipoklorit dentindeki organik içeriği ayrıştırarak dentinin mekanik yapısını etkilemektedir (71). Sığır dişleri üzerinde yapılan bir çalışmada kök kanal tedavisi esnasında kullanılan sodyum hipokloritin dentin biyomekaniği üzerinde etkili olduğu anlaşılmıştır.

Slutzky ve ark. kök dentininin mikrosertliği üzerinde yaptıkları çalışmada %2,5 ve %6'lık sodyum hipokloritle 5, 10 ve 20 dakikalar boyunca yıkama yapmışlardır. 10 ve 20 dakika arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık ($p < 0,05$) bulmuşlardır. Ayrıca %6'lık sodyum hipoklorit %2,5'luk sodyum hipokloritten daha fazla dentinin mikrosertliğini düşürmektedir (72). İnsan dentininin 2 saat boyunca NaOCl ile temasta bulunmasıyla elastik modülü ve makaslama kuvetine karşı dayanımı fizyolojik salinle temasta kalan insan dentininden daha azdır (73,74).

Mountouris ve ark. yaptıkları çalışmada smear tabakasından arındırılmış ve asitlenmiş insan koronal dentini üzerinde NaOCl'i tatbik ettikten sonra moleküler kompozisyonunu ve morfolojisini incelemişlerdir. Bütün gruplarda sodyum hipoklorit tedavisinin organik matriksi indirgediğini fakat karbonat ve fosfat gruplarını etkilemediğini bulmuşlardır (75).

Di Renzo ve ark. foto akustik (FTIRS) tekniği kullanarak NaOCl tedavisinden sonraki dentin yüzeyindeki kimyasal değişiklikleri incelemişler, dentin örnekleri üzerindeki NaOCl tedavisinin organik dentinin yapısındaki organik bileşenleri yavaş ve düzenli şekilde erittiğini, böylelikle kalsiyum hidroksiapatit ve karbonat apatiti birbirinden ayırdığını göstermiştir (76). 2 dakikalık aralıklarla dentin yüzeyine uygulanan NaOCl ve maleik asit dentin üzerinde yaptığı deminerizasyon ve deproteinizasyon arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Bir başka çalışmada NaOCl'in dentindeki kollojen ve glikozaminoglikanlar üzerine etkisini immünohistokimyasal olarak analiz etmişlerdir. Sonuçlar %5'lik NaOCl'in dentin

kollojenlerini parçaladığını hidroksiapatit ve glikozaminoglikanları ortaya çıkardığını göstermiştir (54).

Marending ve ark. NaOCl'in kök dentini üzerindeki yapısal, kimyasal ve mekanik özelliklerini incelemişler, NaOCl'in dentin üzerindeki elastik modülü ve bükülme dayanımını azalttığını bulmuşlardır. Ayrıca karbon ve nitrojen içeren örnekler anlamlı şekilde azalmışlardır (71).

2.1.11. Sodyum Hipokloritin Dentinin Rezin Bağlanma Yetisine Etkisi

Dentin NaOCl ile tedavi edilirken dentin kollojenlerinin çözülmesinden dolayı yapısı bozulur. Dahası artık NaOCl bağlanmakta olan rezinde polimerizasyonla birlikte oksijen üretimine sebep olmaktadır (77). MMA-TBB rezin sistemleriyle çalışırken, resinin bağlanma kuvvetinin, asitlemeden önce NaOCl tedavisini takiben düştüğü görülmektedir (78).

NaOCl tedavisinden sonra uygulanan askorbik asit ve sodyum tiofülfat solüsyonları bağlanma kuvvetini düşüşünü azaltmaktadır. Bu solüsyonlar oksijeni indirgeyici özellik göstererek NaOCl'in uzaklaştırılmasını sağlar (78).

Nikaido ve ark. kök kanalı dentininde yaptıkları çalışmada NaOCl tedavisinden sonra primer bondun, self-etch primer bond sisteminden çok daha zayıf şekilde bağlandığını göstermişlerdir (79).

Ishizuka ve ark. yaptıkları çalışmada NaOCl tedavisinden sonra dentinde self-etch bond sisteminin tutunması düşerken, basit bond sisteminin tutunmasında herhangi bir değişiklik saptayamamışlardır (77).

Perdigao ve ark. yaptıkları çalışmada %10'luk sanayi tipi NaOCl jel kullanımını takiben iki total-etch sistemin (Prime&Bond NT ve Single Bond) dentin üzerindeki makaslama kuvveti etkilerine bakmışlardır. Sonuçlar, her iki bond sisteminin bağlandıktan sonraki makaslama kuvvetlerine direncin, NaOCl tedavisinden sonra azaldığını göstermiştir (80).

Frankenberger ve ark. asitleme prosedüründen sonra NaOCl'li ve NaOCl'siz yaptıkları deneylerde dentin bondunun bağlanma gücünü ve direkt kompozit resininin marjinal adaptasyonlarını incelemişlerdir. Çalışmada NaOCl tedavisinden

sonra uygulanan dentin bondunun bağlanma kuvvetinde ve kompozitin marjinal adaptasyonunda azalma olduğu görülmüştür (81).

Saboia ve ark. yaptıkları çalışmada %10'luk NaOCl'i asit uygulamasından sonra aseton bazlı adeziv sistemlere uygulayarak makaslama kuvveti altındaki dayanımlarını incelemişlerdir. Dentinden ayrılan kollojenin bu sistemlerdeki bağlanımı anlamlı derecede daha kuvvetlendirdiğini saptamışlardır (82).

Pioch ve ark. NaOCl tedavisinin etkilerini bulmak için yaptığı çalışmada adeziv rezinlerin dentin üzerindeki bağlanma kuvvetine bakmışlardır. Dentindeki kollojenin NaOCl ile uzaklaştırılmasıyla bonding ajanının türüne göre bağlanmanın artabilir veya azalabilir olduğunu bulmuşlardır (83).

Osorio ve ark. polialkenoik asit içeren içeren adeziv sistemleri NaOCl kullanımından sonra bağlanmasını, makaslama kuvvetine karşı ölçmüşlerdir. Sonuçlar NaOCl tedavisinden sonra mineralize dentin veya kolojen kalıntılarının kimyasal bir etkileşime sebep olduğunu göstermiştir (84). NaOCl tedavisinin bunun dışında bağlanmaya yönelik hiçbir avantajı bulunmamaktadır.

Ari ve ark. NaOCl'in dört değişik adeziv sistemle kök kanalı üzerinde yaptığı değişikliğe bağlı olarak bölgesel bağlanma kuvvetlerini değerlendirmişlerdir. Bu çalışmaya göre NaOCl'den sonra uygulanan adeziv sistemlerin tutunma güçlerinde artış olmuştur (85).

Erdemir ve ark. yaptığı çalışmaya göre C&B Metabond'un kök kanal dentinine tutunma gücünü NaOCl kullanımından sonra azaladığını belirtmişlerdir (86).

Shinohara ve ark. yaptıkları çalışmada adeziv sistem kullanmışlar ve NaOCl kullanımının dentin marjinlerinde mikro sızıntıyı artırdığını bildirmişlerdir (87).

Correr ve ark. süt dişleri üzerinde yaptıkları çalışmada NaOCl tedavisinin rezin-dentin bağında bir değişikliğe neden olmadığını bildirmişlerdir (88).

Vongphan ve ark. total asitlemenin uygulandığı durumda NaOCl tedavisinin rezinin dentine tutunmasını anlamlı şekilde azalttığını belirtmişlerdir. NaOCl ile tedavi edilmiş dentine sodyum askorbat uyguladıktan sonraki bağlanma dayanımının arttığı gözlemlenmiştir (89).

Wachlarowicz ve ark. endodontide ortak kullanılan irrigasyon solüsyonlarının Epiphany kanal patının dentine tutunması üzerine yaptıkları çalışmada NaOCl'in bağlanma dayanımını artırdığını bildirmişlerdir (90).

2.1.12. Sodyum Hipokloritin Hemostatik Özelliği

NaOCl iyi doku çözücü ve antimikrobiyal özelliklerinin yanısıra kanamayı durdurmada da oldukça başarılıdır. 1950'li yıllarda yapılan çalışmalarda direkt pulpa kaplamasından önce kanamanın durdurulmasında NaOCl in oldukça başarılı olduğundan bahsedilmiştir (91-93). Klinik çalışmalar direkt pulpa kaplamasında kanama kontrolünün önemli olduğunu belirtilmiştir (94,95).

Senia ve ark. yaptıkları çalışmalarda %5.25'lik NaOCl'in enfeksiyonsuz normal bir dokuyu çözümede steril salinden daha etkili olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca doku çözülürken NaOCl'in sadece dokuya temas ettiği yüzeylerde etkili olduğu ve derindeki hücelere etkisiz olduğu, çözücülük esnasında köpürme yaptığını söylemişlerdir. Bu köpürmenin yüzeysel hücelere etkisi ile kanamanın durabileceğini belirtmişlerdir (96).

Hafez ve ark. yaptıkları çalışmada %3'lük NaOCl ile yaptıkları çalışmalarında, NaOCl'in pulpadaki kanama kontrolünü sağladığını ve aynı zamanda biyo uyumlu olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan çalışmada 7. ve 21. günlerde yapılan kontrollerde, pulpanın canlılığını koruduğu tespit edilmiştir (97). Başka bir çalışma neticesinde SDS-PAGE analizleri ile NaOCl'in miktarı ve yoğunluğuna göre proteinlerin yapısını değiştirdiği ve bazı aminoasit zincirlerini kırarak daha küçük molekül parçalarına ayırdığı bildirilmiştir. Ayrıca hücre mikrozomundaki hemoglobini, bilirubin pigmentine çevirdiği bildirilmiştir (98).

Bütün bu yapılan çalışmalar ışığında NaOCl'in dezenfeksiyon, operatif debrisin kimyasal amputasyonu, pıhtılaştırma ve adeziv direkt kuafajdan daha öncelikli olarak pulpa yüzeyindeki organik debrisin alınmasında kullanıldığı bildirilmiştir.

2.1.13. Sodyum Hipokloritin Toksisitesi

Sodyum hipokloritin pH'ı yaklaşık 11-12 seviyelerindedir. Sodyum hipoklorit doku proteinleriyle temasa geçtikten kısa bir süre sonra formaldehid, nitrojen ve asitaldehit oluşur ve proteinlerin çözülmesiyle beraber peptit bağları kopmaya başlar (99). İşlem esnasında amino grubundaki hidrojen (-HN-) klorinle yer değiştirerek kloramin (-NCl-) formuna dönüşür. Bu form antimikrobiyal aktivite açısından önemlidir. Nekrotik doku ve irinin çözülmesiyle antimikrobiyal ajan enfeksiyonlu alana ulaşır ve o bölgeyi temizler. NaOCl solüsyonunun sıcaklığının artmasıyla beraber doku çözücülük özelliğinin ve antimikrobiyal aktivite özelliğinin arttığı bildirilmektedir. Neticede bu özelliklerinden dolayı NaOCl'in yüksek konsantrasyonları doku ile temas ettiğinde yüksek toksisiteye sahiptir (99). Evlerde ağartıcı olarak kullanılan yaklaşık %3.12 ila %5.25 arasında değişen konsantrasyonlar bir deneyde kullanılmış ve 5 dakika boyunca uygulanan 10 ml NaOCl köpek özefagusunda yüzeysel yanmalara sebep olmuştur. Bu çalışmanın sonucunda NaOCl in mukozaya kısa süreli temaslarında minimal zarara yol açarken uzun süreli temaslarda toksik etki göstermekte ve mukoza yüzeyinde bozulmalara yol açmaktadır (100). Weeks ve Ravitch yaptıkları çalışmada dilüe edilmemiş ev tipi sodyum hipokloriti kedi özefagusuna uyguladıklarında hemoraji, ülserasyon ve nekroz ile birlikte seyreden şiddetli ödem olduğunu izlemişlerdir (101). Pashley ve arkadaşları yaptıkları üç deneyde NaOCl'in biyolojik modellerde kullanımının sitotoksik etkilerini incelemişlerdir. İn-vitro yaptıkları deneyde salin-NaOCl karışımının 1:1000'lik düşük konsantrasyonun bile kırmızı kan hücreleri üzerinde hemolozise neden olduğunu görmüşlerdir. Bu deneyde yapılan NaOCl'in hücrelerde oluşturduğu ozmotik basınç değişiminin yanı sıra hücresel proteinlerin kaybıyla birlikte hücre zarında oksidasyon olduğunu gözlemlemişlerdir. 1:10'luk NaOCl ile yaptıkları deneyde tavşan gözlerinde irritasyon ve 1:2, 1:4 ve 1:10'luk konsantrasyonların deri altına enjeksiyonu sonucu ülserasyon gözlemlenmiştir. Kozol ve arkadaşları yaptıkları deneyde Dakin solüsyonunun (%1,25'lik NaOCl) nötrofil kemotaksisine zararlı olduğunu, fibroblastlara ve endotelial hücrelere karşı toksik etkili olduğunu ispatlamışlardır (102).

Heggers ve ark. yaptıkları çalışmada NaOCl'in irrigasyon esnasında bakterisid özelliğini ve doku uyumu özelliğini in-vivo ve in-vitro olarak incelemişlerdir. Yapılan deneyler neticesinde kullanılan %0,025'lik NaOCl'in bakterisid olduğu halde herhangi bir doku toksisitesi göstermediğini bulmuşlardır (103).

Zhang ve ark. sitotoksositeyle ilgili yaptıkları araştırmada dört değişik konsantrasyondaki NaOCl (%5.25, %2.63, %1.31, %0.66), öjenol, %3'lük H₂O₂, Ca(OH)₂ pastası ve MTAD'ı değerlendirmişlerdir. Yapılan çalışmanın neticesinde NaOCl'in doz artışına bağlı olarak sitotoksitesinin arttığı belirlenmiştir (104). Barnhart ve ark. yaptıkları çalışmada gingival fibroblastlar üzerinde endodontik irrigantların sitotoksitesine bakmışlardır. Çalışmanın neticesinde NaOCl in sitotoksitesi Ca(OH)₂'den anlamlı derecede fazla çıkmıştır (105).

Sodyum hipoklorite bağlı birçok komplikasyon, enjeksiyon esnasında kazayla kök apeksinden çıkmasından kaynaklanmaktadır. Bu komplikasyonlar ağrı, şişlik, hemoraji, bazen sekonder enfeksiyon gelişimi ve parestezi ile karakterize şiddetli doku reaksiyonlarıdır (99). Ehrich ve ark. yaptıkları çalışmada klinisyenlerin radyografik ve klinik olarak immature kökleri, kök rezorpsiyonlarını, apikal perforasyonları belirlemeleri gerektiğini ve yıkama esnasında kök dışı dokulara taşmayı engellemek için önlem alınması gerektiğini bildirmişlerdir (106). Irrigasyon esnasında iğne kibar hareketlerle ileri geri hareket ettirilmeli ve asla sıkışmasına müsaade edilmemelidir (99). Brown ve ark. yaptıkları in-vitro çalışmada koranal kaviteye doldurulduktan sonra kök kanalına uygulanan irrigasyon materyalini, kök kanalına direkt olarak uygulanan gruptan çok daha güvenli bulmuşlardır.

2.1.14. Irrigasyon Sırasındaki Komplikasyonlar

Canlı dokular üzerinde sodyum hipokloritin başlıca komplikasyonları hemolizis, cilt ülserasyonları ve nekrozdur. En çok karşılaşılan başlıca komplikasyonlar başlıklar halinde şu şekildedir.

2.1.14.1. Sodyum Hipokloritin Elbiselere Verdiği Zarar

Sodyum hipoklorit evlerde ortak olarak kullanılan bir beyazlatma ajanıdır ve küçük miktarlarının bile büyük zararlar verdiği bilinmektedir. Kök kanallarında irrigasyon materyallerinin aktivasyonunu artırmak amacıyla ultrasonik ve sonik cihazlar kullanılmaktadır. Ultrasonik cihazlar kullanım esnasında temas ettiği akışkanı aerosol haline dönüştürmektedir ve bu aerosol hasta ve hekimin giysisine temas edebilmektedir. Elle yapılan irrigasyon esnasında özellikle dikkat edilmesi gereken hususlardan bir tanesi enjektör ve iğnenin birbirine güvenli ve sıkı bir şekilde geçirilmiş olmasıdır. Enjektör ve iğne arasında yaşanabilecek ayrılmalar, basınçla birlikte etrafa saçılan NaOCl'in elbiseleri ağartmasına sebep olabilmektedir (107).

2.1.14.2. Sodyum Hipokloritin Göz Üzerine Etkisi

Sodyum hipokloritin, hastanın veya operatörün gözüne teması neticesinde gözde ağrı, sulanma, yoğun yanma ve eritema gözlemlenmiştir. Bazen korneanın dış katmanı olan epitelyum hücrelerinin kaybı söz konusu olabilmektedir. Göz doktorları sodyum hipokloritin gözle temasından sonra gözün bol suyla veya serum fizyolojikle yıkanmasını tavsiye etmişlerdir (108).

2.1.14.3. Sodyum Hipokloritin Apikal Foramenin Ötesine Enjeksiyonu

Sodyum hipokloritin apikal foramenden taşırılmasının başlıca sebepleri; geniş apikal foramina, kök kanal tedavisi esnasında apikal konstrüksiyonun bozulması veya kök ucu rezorpsiyonları olarak sıralanabilir. Bunlara ek olarak kanalların yıkanması esnasında irrigasyon iğnesinin kök kanalına sıkışması ve serbest kalamamasından kaynaklanan durumlarda kök ucundan irrigasyon materyalinin taşması şeklinde sıralanabilir. Bu tip durumlarla karşılaşıldığında periapikal dokuların nekrozunu sağlayan maddelerin başında NaOCl gelmektedir (107).

Bir vaka raporunda irrigasyon iğnesinin sıkışması sonucu maksiler kaninin kök ucundan taşan %5,25'lik NaOCl aniden şiddetli bir ağrı reaksiyonuna neden olmuştur. Birkaç saniye içerisinde hastanın yanağında ve üst dudağında hematoma, sağ zigomatik çıkıntının üzerinde ekimoz ve kök kanalından gelen bolca hemoraji ile

karakterize seyreden bir tablo ile karşılaşılmıştır. Hastanın yüzünde yanma ve ağrı geçene kadar ıslak bez kompres uygulanmış. Hastaya analjezik ve antibiyotik reçete edilmiştir, hastanın dişi drenaj için açık bırakılmıştır. Birkaç saat sonra şişliğin artmasına rağmen ağrı azalmıştır. Soğuk kompresten sonra, o bölgedeki bölgesel sistemik sirkülasyonu uyarmak için sıcak kompres uygulanmıştır. Bir ay sonra hastadaki semptomlar normale dönmüş ve kanal tedavisi tamamlanmıştır (109).

Başka bir vaka raporunda, kök kanal tedavisi sırasında maksiller lateral dişin kök ucundan %3'lük NaOCl iyatrojenik nedenle taşırılmıştır. Hastada çok şiddetli ağrıyı takiben sol çenede şişme başlamıştır. Sekiz gün sonra periapikalden taşan materyalden kaynaklı bir apse gelişmiş ve bu apse cerrahi olarak drene edilmiştir. Drenaj esnasında büyük miktarda pü ve nekrotik dokularla karşılaşılmıştır. Yapılan takipler neticesinde hasta dört sene sonra bile hiperestezi ve soğukta hassasiyetten bahsetmektedir (110).

Bir başka vaka raporunda %1'lik NaOCl maksiller lateral diş kökünün orta üçlüsünde bulunan perforasyon noktasından taşırılmıştır. Yine bu vakada da ani olarak gelişen şiddetli ağrı ile birlikte seyreden şişlik ve takiben infraorbital bölgede eritema gözlemlenmiştir. Parestezi onbeş ay devam etmiştir (111).

Başka bir vaka raporunda yine maksiler lateral dişin tedavisi esnasında %5,25'lik NaOCl periapikal dokulara taşırılmıştır. Yine bu vakada da tipik bulgular olan şiddetli ağrı, şişlik ve takiben ekimoz gelişmiştir. Aynı seans kök kanal tedavisi tamamlanmıştır. Sekonder enfeksiyonu önlemek için antibiyotik tedavisini takiben cerrahi drenaj yapılmıştır. Dokuz gün sonra hastada herhangi bir semptom kalmamıştır (112).

Diğer bir endodontik tedavi sırasında %5,25'lik NaOCl'in sağ maksiler santral dişin kök ucundan taşırılmıştır. Hastanın tedavi esnasında ani ve şiddetli ağrısını takiben üst dudaktan sağ göze kadar olan bir şişlik belirmiştir. Durum anlaşıldıktan sonra hastaya intravenöz olarak hidrokortizon ve penisilin uygulanmıştır. 36 saat sonra hastanın sağ orbitaya kadar uzanan geniş ekimozu ve üst dudağın üst kısmında epitelyal nekroza benzeyen diffüz ekimoz gözlemlenmiştir. Hasta genel anesteziye alınmış ve insize edilen büyük bir sahadan nekrotik dokular

debride edilmiştir. 2 hafta sonra kontrol edilen hastanın sağ yanağında skar izi kalmış ve infraorbital sinirinde anestezi olduğu tesbit edilmiştir (113).

Üç vakanın yayımlandığı bir vaka raporunda sodyum hipokloritin periapikal dokulara enjeksiyonu sunulmuştur. Birinci vakada mandibular sol alt molarda dişte mine sement sınırında bulunan bir perforasyon bölgesinden yoğunluğu bilinmeyen NaOCl taşırılmıştır. Hastada mandibulanın sol altından başlayan ve yanağa kadar uzanan şişlik tespit edilmiştir. Bir gün sonra hastada mukozada nekroz ve mental sinirde parestezi tespit edilmiştir. Antibiyotik ve analjezik tedavisinden beş gün sonra ağrı ve şişlik azalmış, on gün sonra parestezi düzelmiş ve iki ay sonra mukoza iyileşmiştir. İkinci vakada yine konsantrasyonu bilinmeyen NaOCl, sol 2. maksiller molarda periapikal dokulara taşırılmıştır. Hastanın sol gözünde şişmeyle birlikte ani olarak gelişen ve temporal bölgeden başlayarak gözü ve yanağı içerisine alan şiddetli bir ağrı başlamıştır. Buna ek olarak hasta boğazından gelen klorin tadını rapor etmiştir. Hastanın bu şikayeti üzerine sodyum hipokloritin enjeksiyon esnasında maksiler sinüse taşırıldığı anlaşılmıştır. Bu vakada sadece analjezik tedavisi yapılmış, herhangi bir antibiyotik kullanılmamıştır ve semptomlar 2 hafta içerisinde kendiliğinden düzelmiştir.

Üçüncü vakada kök kanal tedavisi esnasında mandibular ikinci premolar dişin kök ucundan sodyum hipoklorit taşırılmıştır. Buna bağlı olarak ağrı şişlik ve mental sinirde parestezi tespit edilmiştir. Önce hastaya antibiyotik verilmemiştir. Ancak 4 gün sonra hastada nekrozla birlikte seyreden enfeksiyon tespit edilmiş ve antibiyotik tedavisine başlanmıştır. Ağrı ve şişlik bir ay içerisinde geçmiş parestezi yavaşça çözülerek hiperesteziye dönüşmüştür (114).

Başka bir vakada maksiler birinci moların palatinal kökünün %5,25'lik NaOCl ile irrigasyonu esnasında, palatinal kanaldan taşan ve hastanın sinüsüne kaçan solüsyon sadece hastanın ağzında NaOCl tadı hissetmesine neden olmuştur. Bunun dışında herhangi bir başka komplikasyona sebep olmamıştır. Bu komplikasyon fark edildiğinde palatinal kökten taşacak şekilde steril salin ile yıkama yapılmış ve solüsyonun sinüse taşması sağlanarak NaOCl seyreltmeye çalışılmıştır. Sinüsü dolduran solüsyon farinkse kadar taşırılmış ve o bölgeye nüfuz eden NaOCl'i seyreltmıştır. Hasta daha sonra takip edilmiş ve antibiyotik reçete edilmiştir. Hastada

dört gün boyunca herhangi bir komplikasyon görülmemiştir (106). Yine buna çok benzer bir vakada maksiller ikinci molar dişin irrigasyonu esnasında, konsantrasyonu bilinmeyen NaOCl solüsyonu apeksin ötesine enjekte edilmiştir. Hemen ardından hastanın yüzünde kızarma ve ağrı belirmiştir. Oksipito-mental radyograflar sağ sinüste akıntı olduğunu göstermiştir. Genel anesteziye alınan hastanın antrumu cerrahi olarak drene edilmiştir. Üç hafta sonra hastanın semptomlarının çoğu kaybolmuştur. Daha sonra hasta tamamen sağlığına kavuşmuştur (115).

2.1.14.4. Sodyum Hipokloritin Oluşturduğu Allerjik Reaksiyonlar

Yayımlanan bir vakada endodontik tedaviye başlamadan önce hastadan alınan anamnez neticesinde NaOCl'e karşı alerjisi olabileceği düşünülmüş ve hasta alerji uzmanına yönlendirilmiştir. Allerjist cilde yapıştırılan alerji bantları ile hastanın NaOCl ve Cl içeren bütün ürünlere karşı aşırı hassasiyetinin olduğunu rapor etmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda yapılan tedavi planlamasında kök kanal tedavisi boyunca irrigasyon solüsyonu olarak Solvidont kullanılmış ve herhangi bir komplikasyonla karşılaşmamıştır (116).

Diğer bir vakada maksiler santral kesici dişin orta üçlüsünde kök kırığı tespit edilen hastaya kök kanal tedavisi esnasında irrigasyon solüsyonu olarak %1'lik NaOCl solüsyonu tatbik edilmiştir. Fakat bu esnada hastanın ağrıyla birlikte seyreden üst dudakta ve çenenin üstünden infraorbital bölgeye kadar uzanan şişlik rapor edilmiştir. Yüzün üst kısmında ekimozla birlikte kök kanalından ileri derecede kanama gelmektedir. Ağrı birkaç dakika sonra geçmiş fakat hastada nefes alma problemleri başlamıştır. Bunun üzerine hasta acil müdahale bölümüne sevk edilmiştir. Hastaya acilde sistemik kortikosteroid, antihistaminik ve anitibiyotik intravenöz olarak uygulanmıştır. Şişlik üç gün sonra çözülmüş fakat yüzün sol tarafındaki parestezi on gün boyunca devam etmiştir. Hastaya deri bantlarıyla yapılan alerji testlerinde NaOCl'e karşı aşırı duyarlı olduğu anlaşılmıştır. Daha sonra hastanın endodontik tedavisinde irrigasyon solüsyonu olarak hidrojen peroksit ve steril salin kullanılmış ve herhangi bir komplikasyonla karşılaşmamıştır (117).

Bu tezin ana materyali olan NaOCl, geçmiş yıllarda tıpta ve geçmişten günümüze diş hekimliğinde kullanılan bir solüsyondur. Endodontide kullanılan irrigasyon solüsyonları arasında en çok tercih edilenidir. Ayrıca yapılan bazı

çalışmalarla bu solüsyonun aktivasyonunu artıran birtakım metodlar geliştirilmiştir. Bu metodlardan günümüz kliniklerinde kullanılanları ve bu tezin deney aşamalarında da kullandığımız metod ve materyalleri aşağıda diğer başlıklar altında görebiliriz.

2.1.15. NaOCl'in Etkinliğini Artıran Yöntemler

2.1.15.1. Sonik (Endoaktivatör) ve Ultrasonik Cihazların Kanal İrrigasyonunda NaOCl ile Kullanımı

Endoaktivatör, endodontik tedavide kullanılan ve irrigasyon solüsyonlarını aktive etmek ve kanal sistemi içerisinde hidrodinamik bir akım oluşturarak irrigasyon solüsyonunun kanal sistemindeki yüzeylere temasını artırmak için kullanılan bir cihazdır (118). Üretici firma endoaktivatörün sonik bir titreşim yaptığını söylemektedir. Ultrasonik cihazlar ise diş hekimliğinde birçok alanda kullanılmaktadır. Bunlardan bir tanesi de endodontik tedavi esnasında irrigasyon solüsyonunun aktivasyonunu sağlamaktır.

2.1.15.1.1. Sonik Enerji Üreten Cihazlar

Akışkan dinamiğini daha fazla maksimize edebilmek için kullanılan sonik ve ultrasonik yöntemlerin ayırımında sıklıkla yanlış anlaşılımlar olmaktadır. Günümüz literatürü incelendiğinde ise sonik ve ultrasonik enerjilerin oluşturduğu hidrodinamik akımlardan herhangi biri diğerinden daha üstün bulunamamıştı. Bu bağlamda Van der Sluis'in "Roots" internet sayfasındaki sözünde manidardır. Sluis; "Akışın debisi, kanal temizliğiyle doğru orantılıdır. İrrigasyonun debisi yükseldikçe kök kanal temizliğide artmaktadır" demiştir. Sonik veya ultrasonik bir aletin oluşturduğu akışkan hidrodinamiğinin hızını hesaplamak için bir formül geliştirilmiştir. Bu formül $V=2\pi fa^2/r$ dir. Burada V: akım hızı, f: frekans, a: titreşim genişliği, r: enstrumanın çapıdır. Bu formülasyon kök kanalında mükemmel bir tanımlama yapamadığından dolayı, kök kanalındaki irrigasyon sıvısı akışı hala hidrodinamik bir fenomen olarak tanımlanmaktadır.

Kullanılan enstrumanın ucunun belli bir zaman aralığında ileriden geriye yaptığı hareket sayısına frekans denilmektedir. Ultrasonik enstrumanlar sonik enstrumanlardan daha fazla enerji üretmektedirler. Fakat sonik enstrumanlar

ultrasoniklerle karşılaştırıldığında, önden arkaya yaptıkları hareketin şiddeti daha yüksektir (118).

2.15.1.1.2. Sonik Enerji Üreten Endoaktivatör

Endoaktivatör (Dentsply, Tulsa, OK) sonik bir enstruman olup üç adet hız seçeneği ve üç değişik tipte polimerden üretilmiş uca sahiptir.

Endoaktivatörün hızları dakikada 2000, 6000 ve 10.000 sıklık hareket olarak ayarlanmıştır. 10.000 devirde çalışırken smear tabakası ve biyofilm üzerinde oldukça etkilidir. Ayrıca sahip olduğu uçlar 20/02 sarı, 25/04 kırmızı ve 30/06 mavi olmak üzere üç çeşittir. Uçlar esnek polimerden üretilmiştir ve uzunlukları 22mm'dir. Polimer uçlar hiçbir şekilde dentini kesmemekte veya aşındırmamaktadır. Böylelikle herhangi bir apikal transport veya perforasyon olmamaktadır. Endoaktivatörün uçları tek kullanımlıdır ve otoklavda steril edilemezler.

10.000 cpm'de yapılan deneyler, endoaktivatörün biyofilm ve smear tabakasını ortadan kaldırmada oldukça etkili olduğunu göstermiştir (118).

2.15.1.1.3. Endoaktivatörde Uç seçimi

Tamamen prepare edilmiş kanal için seçilecek olan Endoaktivatör ucu apekse 2mm kalan bölgeye kadar gönderilebilir olmalıdır. Seçilmiş olan polimer uç, irrigasyon solüsyonunun hidro dinamiğini değiştirebilmek için kanal içerisinde bulunduğu pozisyonda hareket sahasına sahip olmalıdır (119).

Araştırmacılar açılı hazırlanmış bir kök kanalında, açılı gutta-perca veya polimer uç kullanılarak yapılan vertikal yönde 2-3 mm'lik ileri-geri hareketlerin irrigasyon solüsyonu üzerinde olumlu hidrodinamik etkiler oluşturduğunu bildirmişlerdir (120).

2.15.1.1.4. Endoaktivatörün Klinikte Kullanımı

Araştırmalar Endoaktivatör'ün yeterince genişletilmiş ve açılındırılmış kök kanallarında kullanıldığında akustik bir akım meydana getirdiğini ortaya koymuştur (121).

Machtou ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada Endoaktivatör'ün oluşturduğu akım sayesinde artık dokuları debribe ettiği ve smear tabakasını başarıyla uzaklaştırıldığı bildirilmiştir (121).

Ruddle 2008'de yayımladığı Endoaktivatörle ilgili geniş makalesinde; denizlerin altında oluşan sismik hareketliliğin büyük tsunamilere yol açtığını, endodontide ise iyi genişletilmiş bir kanalda oluşturulan titreşimin kanal içerisinde metaforlara yol açtığını söylemiş ve makalesinin başlığında "Tsunami İrrigasyonu" olarak koymuştur. Kanal içerisinde titreşimle oluşan dalgalarda oluşan kırılmalar esnasında açığa çıkan baloncuklar hemen patlamaktadır. Bu duruma içe patlama denmekte ve her içe patlama minyatür bir tsunami oluşturmaktadır. Bu içe patlamaların sayısı saniyede 25.000-30.000 arasındadır (122). Bu küçük ama sayısı çok olan tsunami şok dalgalarının bakteri biyofilmini yok eden etken olduğu düşünülmektedir. Yapılan diğer çalışmalarda kök kanalını tamamen temizleyebilmek için akışkan dinamiğinden yararlanmanın şart olduğu bildirilmiştir (123).

Üretici firma Endoaktivatörün NaOCl ile birlikte kullanımının 30 saniye yeterli olacağını söylemiştir.

2.1.15.2. Ultrasonik Enerji Üreten Cihazlar

Ultrasonik enstrumanlar diş hekimliğinde ilk olarak aşındırıcı uçlar ile kavite preparasyonu için kullanılmıştır (124). Fakat yüksek hızlı el aletlerinin yaygın kullanımından dolayı bu metod hiçbir zaman rutin olarak kendisine kullanım alanı bulamamıştır (125). Ultrasonik cihazların endodontide ilk kullanımı Richman tarafından 1957 yılında olmuştur (126). Fakat Martin ve ark. K-file tipi eğelerle yapmış olduğu çalışmaya kadar ultrasoniklerin endodontide kullanımı ses getirmemiştir (127-129). Martin ve Cunningham ultrasonik ve yardımcı sistemlerin yaptıkları kanal enstrumantasyonu ve dezenfeksiyonu için "endosonikler" terimini kullanmışlardır (130,131).

Orijinal ultrasonik enstrumanlar 25 ila 40 kHz frekansları arasında çalışmaktadırlar (132). Bu frekanslar firmaların ürettikleri cihazlara göre değişiklikler göstermektedir.

2.1.15.2.1. Ultrasoniklerin Endodontideki Kullanım Alanları

- Giriş kavitesinin düzenlenmesi, kalsifiye kanalların bulunması, yapışık olan pulpa taşlarının yerinden oynatılması
- Kanal içerisinde duran engellerin kaldırılması (kırılmış enstrumanlar, kök kanal postları, gümüş konlar, kırılmış metalik postlar).
- İrrigasyon solüsyonlarının etkinliklerinin artırılması.
- Gutta-Percha'nın ultrasonik kondansasyonu.
- Mineral trioksit agregatın (MTA) yerleştirilmesi.
- Cerrahi endodonti: Kök ucu kavitesinin preparasyonu ve kök ucu dolgu materyalinin yerleştirilmesi veya sökülmesi.
- Kök kanal preparasyonu (133).

Yukarıda da yazılmış olduğu gibi ultrasonikler endodontide geniş bir sahada kullanılmaktadır. Ancak biz burada tezimizle ilgili kısım olan “irrigasyon solüsyonlarının etkinliklerinin artırılması” bölümünün NaOCl ile ilgili kısmını inceleyeceğiz.

2.1.15.2.2. Ultrasonik Cihazların NaOCl'in Etkinliğini Artırması

Ultrasonik uçlar ile NaOCl'nin aktivasyonunun sağlandığı sırada solüsyonun hareketliliğinin artması ve kimyasal yapısındaki değişikliklerden dolayı aktivasyonun artmaktadır (134,135).

Yapılan araştırmalarda, irrigasyon iğnesiyle yapılan irrigasyonların zayıf olduğu ve kanal anatomisinden kaynaklı ulaşılamayan bölgelere etki göstermediği belirtilmiştir (135-137). Yıkama yoğunluğunun artırılmasında debrisin sökülüp atılmasında anlamlı bir farklılık oluşturmamaktadır (138,139).

Ahmad ve arkadaşları tarafından yapılan araştırmada, eğerlerin ultrasonik ile titreştirilmesiyle oluşturulan akustik akım, sadece elle yapılan temizleme işlemine göre daha temiz kanallar elde edilmesini sağlamıştır (140).

Cameron yaptığı çalışmada sodyum hipokloritin ve ultrasonik aletin birlikte kullanımının sinerjik etki gösterdiğini söylemiştir (141).

NaOCl ile birlikte yapılan ultrasonik irrigasyon için orta şiddette güç önerilmektedir (141-144). Hatta düşük şiddette yapılan NaOCl ile yapılan pasif irrigasyonun, yalnız başına kullanılan NaOCl den farklı olmadığı tespit edilmiştir (145,146).

2.1.15.3. Isının, NaOCl'in Antimikrobiyal ve Doku Çözücülüğü Üzerine Etkisi

Isının yükseltilmesi sodyum hipokloritin etkisini artırmak için alternatif bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Böylelikle düşük konsantrasyonlar kullanılarak, daha fazla antimikrobiyal aktivite ve daha hızlı doku çözücülüğü sağlanmış oluyor (5). Ayrıca ısıtılmış sodyum hipoklorit kök kanal sistemindeki tedavi edilemeyen bölgelerdeki organik debris dentin talaşından ayırarak temizlemede de oldukça etkilidir (147). 1936 yılında yapılan bir çalışmada da ısıtılmış sodyum hipokloritin dirençli tüberküloz bakterisi olan *Mycobacterium Tuberculosis* bakteirisine karşı etkisi incelenmiştir. Yapılan deneylerde 5 ila 60 derece arasındaki her 5 °C'lik artışın antimikrobiyal aktiviteyi iki katına çıkardığı anlaşılmıştır (148). *E. Faecalis* üzerinde yapılmış olan başka bir çalışmada 25 °C lik sıcaklık artışı sodyum hipokloritin etkisini %100 artırmaktadır. 45 °C %1'lik NaOCl ile 20 °C'deki %5,25'lik NaOCl'in insan dental pulpasını çözücülük etkileri aynı olarak bulunmuştur (149). Isıtılmış sodyum hipokloritin ısıtılmamış sodyum hipokloritin yüksek konsantrasyonlu NaOCl gibi etki göstermesinin yanı sıra daha az toksik etkiye sahip olduğu düşünülmektedir (150). Fakat NaOCl'in ısıtılarak kullanımını destekleyen herhangi bir klinik çalışma bulunmamaktadır.

2.1.16. Elektroliz

Elektroliz, kimya ile ilgili bir alan olmakla beraber bu tezde kullanılan yöntemden dolayı ana hatlarıyla elektrolizin ne olduğundan söz etmek gerekmektedir. Elektroliz, elektrik akımı yardımıyla, bir sıvı içinde çözünmüş kimyasal bileşiklerin ayrıştırılması işlemidir. Bu değişiklik, maddenin elektron vermesinden (yükseltgenme); ya da almasından (indirgenme) kaynaklanır. Elektroliz

işlemi, elektroliz kabı ya da tankı denen bir aygıt içinde uygulanır. Bu aygıt, çözünerek artı ve eksi yüklü iyonlara ayrılmış bir bileşiğin (Elektrolit) içine birbirine değmeyecek biçimde daldırılmış iki elektrottan oluşur. Elektrotlar bir akım kaynağına bağlandığında meydana gelen gerilim (elektriki alan), iyonları karşıt yüklü elektroda (kutup) doğru hareket ettirir. Karşıt kutupta yükünü dengeleyen atom veya moleküller elektrotta çökelir veya elektrolit içindeki moleküllerle yeni reaksiyonlara girer.

Örneğin sofr tuzu içeren elektrolitte anotta klor açığa çıkarken nötr sodyum atomları su moleküllerini etkiliyerek katottan hidrojen açığa çıkmasına sebep olurlar ve elektrolitte sodyum hidroksit oluşur (151).

Elektroliz sözcüğü ilk olarak bu konuda çeşitli deneyler yapan Michael Faraday (1833) tarafından kullanıldığı sanılmaktadır.

Elektroliz sistemi 3 ana bölümden oluşur.

1) Elektrolit: Elektrolizde kullanılan elektrik akımını ileten sıvıdır. Erimiş tuzlar ve asit, baz, tuz çözeltileri elektrolit olarak kullanılır.

2) Elektrotlar: Katı iletkenlerdir. Genelde, grafit ve platin gibi asal elektrotlar kullanılır. Anot ve katot olmak üzere iki tanedir. Anot, yükseltgenmenin gerçekleştiği elektrottur. Katot, indirgenmenin gerçekleştiği elektrottur.

3) Üreteç (Pil): Dış devrede elektrik enerjisini sağlayan doğru akım kaynağıdır. Üretcin pozitif kutbuna bağlı elektrot anot, negatif kutbuna bağlı elektrot katottur.

Elektrolizde; katyonlar (+ yüklü iyonlar) indirgenerek katotta, anyonlar da (- yüklü iyonlar) yükseltgenerek anotta açığa çıkar. Elektroliz kabında birden fazla tür katyon varsa, ilk önce indirgenme eğilimi (potansiyeli) en büyük olan indirgenir. Daha sonra sırası ile indirgenme devam eder. Elektroliz kabında birden fazla cins anyon varsa, anotta ilk önce yükseltgenme eğilimi en büyük olan anyon toplanır. Aktifliği az olan anyon öncelikle anotta, aktifliği az olan katyon da öncelikle katotta açığa çıkar. Elektrolizde bileşikler elementlerine ayrıştırılabilir. Elektrokimyasal pile, pil geriliminden yüksek bir gerilim uygulanırsa, pil de gerçekleşen tepkime tersine döner. Elektroliz oluşur. Bu olaya pilin şarj edilmesi denir (152).

2.1.16.1. Bir Elektrodun İçerisinden Akım Geçmesi

Elektrik akımının bir elektrolit içinden geçişi ilk olarak Arrhenius tarafından açıklanmıştır. Arrhenius' un klasik teorisi bugün bile ana fikirleri bakımından yürürlüktedir. Buna göre, bir elektrolit (bir asit, bir baz veya bir tuz) eriyiğinde iyon adı verilen serbest elektrikli tanecikler bulunmaktadır. Elektrolitin çözünmesinde meydana gelen iyonlar pozitif veya negatif olarak yüklü atomlar veya atom gruplarıdır. İyonların elektriksel bir alanda hareketleri ise akımın geçişini sağlar (152).

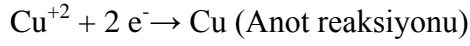
2.1.16.2. İyonların Çözünmesi

Bir elektrolit suda eritildiği zaman bir kısım iyonlar çözünerek serbest halde sıvıya geçerler. Bu çözünme iletkenliği çok olan kuvvetli elektrolitlerde hemen hemen tamamen, zayıf elektrolitler de ise az olur. Elektrolitlere örnek olarak, mutfak tuzunu ele alalım. Mutfak tuzu (NaCl) kristali, atomlardan değil, sodyum ve klor iyonlarından örülmüş bir ağ şeklindedir. Sodyum iyonları dış yörüngelerindeki tek elektronlarını bırakarak pozitif yüklü hale gelmiş sodyum atomlarıdır. Bir iyonu özellikleri bakımında kendisine hiç benzemeyen atomlarından ayırmak için, atomu gösteren sembol üzerine kaydedilen elektronlar sayısı kadar (+) veya kazanılan elektron sayısı kadar (-) işareti konur. Böylece bir elektron kaybeden sodyum atomu (sodyum iyonu) nu Na^+ sembolü ile bir elektron kazanmış klor atomu (klor iyonu)nu ise Cl^- sembolü ile gösteririz. Gümüş nitratın (AgNO_3) sudaki eriyiğinde ise bir elektron kaybetmiş gümüş atomlarından ibaret gümüş iyonları (Ag^+) ile bir elektron kazanmış NO_3 kökünden ibaret nitrat iyonları (NO_3^-) bulunmaktadır. Bunlar gibi NaOH in eriyiğinde Na^+ ve OH^- iyonları, CuSO_4 in eriyiğinde Cu^{+2} ve SO_4^{-2} iyonları, H_2SO_4 in eriyiğinde H^+ , H^+ ve SO_4^{-2} iyonları, bulunmaktadır (152).

2.1.16.3. İyonların Elektrotlara Göçü

Bunun için, elektroliz kabına daldırılmış olan iki elektrodu bir üretcin kutuplarına bağlamak yeterlidir. Bu iş yapılırken, katoda üretcin negatif kutbundan elektronlar gelir, anottaki elektronların bir kısmı ise üretcin pozitif kutbuna çekilir ve böylece anot pozitif, katot ise negatif olarak yüklenmiş olur. Elektrotlar arasında

oluşan elektrik alanının etkisiyle, pozitif iyonlar katoda negatif iyonlar ise anoda doğru göç ederler. Katoda varan pozitif iyonlar, buradan kendilerini nötrleyecek kadar elektron alırlar. Anoda geçen negatif iyonlar ise elektronları anoda vererek nötr hale geçerler. Belli bir zaman süresi içinde katottan alınan elektronların sayısı ile anoda verilen elektronların sayısı eşitlenir.



2.1.17. *Enterococcus Faecalis*

Tezin mikrobiyoloji ile ilgili olan kısmında *E. Faecalis* bakterisine ait ATCC 29212 suşu kullanılmıştır.

Enterokoklar gram pozitif koklardır ve tek ya da eşleşmiş olarak bulunurlar. Fakültatif anaeroblardır. Enterokok türleri insan bağırsaklarında, genital bölgede ve oral mukozada bulunmaktadır. 10-45 °C büyüebilmektedirler, 60 °C 30 dakika hayatlarını devam ettirebilmektedirler (153).

E. faecalis'in primer endodontik enfeksiyonlarda görülme sıklığı % 4-40 olarak bildirilirken, inatçı periradiküler lezyonlarda bulunma sıklığının çok daha fazla olduğu belirtilmiştir (154).

E. faecalis, tedavi edilmemiş nekrotik pulpalı dişlerin mikrobiyal florasının küçük bir kısmını oluştururken, kronik apikal periodontitis bulgusu veren başarısız endodontik tedavili dişlerin % 30-70'inde *E. faecalis*'in pozitif kültürünün elde edildiği ve sıklıkla da saf kültür halinde bulunduğu gösterilmiştir (155).

Moleküler teknikler, başarısız endodontik tedavili dişlerde yüksek düzeyde *E. faecalis* olduğunu onaylamış ve bu başarısız vakaların % 60-90'ında türe ait gen parçaları saptanmıştır (154,156-158).

Ayrıca *E. faecalis*'in başarısız kök kanal tedavili dişlerde bulunma sıklığının primer endodontik enfeksiyonlardan 9 kat daha fazla olduğu da bildirilmiştir (154).

E. faecalis'in konak hücrelere bağlanabildiği ve konak cevabını değiştirebildiği belirtilmiştir (154,156-159). *E. faecalis*, lenfositlerin etkilerini bastırmak suretiyle de endodontik başarısızlığa neden olabilmektedir (160).

Dentine bağlanabilme özelliği de gösteren *E. faecalis*, dentin tübüllerine 400-1000 µm ilerleyebilecek kadar küçük boyutlu olup dentin tübülleri içerisinde yaşayabilmektedir (159,161).

Bu mikroorganizmanın çok çeşitli genetik polimorfizimler sergilediği görülmekte ve proteaz, jelatinaz ve dentine bağlanmayı kolaylaştıran kollojen bağlayan protein (Ace) gibi enzimlere sahip olduğu bilinmektedir (162,163).

E. faecalis'in biyofilm oluşturarak 1000 kat daha dirençli hale geldiği belirtilmiştir. *İn vitro* çalışmalarda *E. faecalis*'in dentin tübüllerini 24 saat gibi çok kısa sayılabilecek bir sürede istila ettiği de gösterilmiştir (159,161).

E. faecalis monoenfeksiyon oluşturma yeteneğine de sahiptir. Sobrinho ve ark. tarafından rat dişleri üzerinde yapılan bir çalışmada, kök kanallarına çeşitli bakteriler ayrı ayrı ve birlikte ekilmiş ve *E. faecalis*'in diğer bakterilerden farklı olarak, pek çok hayvanda kök kanalında diğer bakterilerin desteği olmadan tek başına kolonize olabildiği bulunmuştur (164).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu tez çalışmasının gereç ve yöntemi üç aşamalı olarak planlandı. 1. Aşamada NaOCl'in doku çözücü potansiyelinde elektrolizle oluşacak değişimlerin değerlendirilmesi.

1. Aşamamın Hedefleri:

-Elektrolizin NaOCl'in doku çözücü potansiyeline doğrudan veya dolaylı olarak olumlu bir etkisinin olup olmadığının değerlendirilmesi.

-Elektrolize NaOCl'in doku çözücü potansiyeli, NaOCl'in etkinliğinin hangi konsantrasyonunda en çok arttığını saptamak.

2. Aşama Hedefleri:

2. Aşamada, 1. Aşamamın sonucunda elde edilen en verimli elektrolize NaOCl konsantrasyonu ve uygulama süresinin, NaOCl'in var olan ve kabul görmüş doku çözücü etkinliğini arttıran metodlarla karşılaştırılması öngörüldü.

-En etkin konsantrasyona ve en verimli uygulama süresine sahip elektrolize NaOCl'in ajitasyonla aktive edilmiş NaOCl ile karşılaştırmak.

-Elektrolize NaOCl'i sonikle aktive edilmiş NaOCl ile karşılaştırmak

-Elektrolize NaOCl'i ultrasonikle aktive edilmiş NaOCl ile karşılaştırmak

-Elektroliz edilmiş NaOCl'i 1s ile aktive edilmiş NaOCl ile karşılaştırmak

3. Aşama Hedefleri:

Ajitasyon, sonik ve ultrasonik ile etkinliği artırılmış NaOCl'nin antimikrobiyal etkisinin elektrolizle aktive edilmiş NaOCl ile karşılaştırılması.

-*E. faecalis* bakterisi ile biyofilm oluşturulan örnekler üzerinde elektrolizle, ajitasyonla, sonik ve ultrasonikle aktive edilmiş NaOCl'in antimikrobiyal etkinliğinin in vitro olarak karşılaştırmak.

3.1. Birinci Aşama

NaOCl'in Doku Çözücü Potansiyelinde Elektrolizle Oluşacak Değişimlerin Değerlendirildiği Aşama

Bu aşamada hedeflenen, NaOCl'in etkin konsantrasyonu ve bu konsantrasyonun potansiyelini gösterebilmesi için gerekli sürenin belirlenmesi.

3.1.1. Örneklerin Hazırlanması

Bu tez çalışmasında Stojicic ve ark. (165) yaptığı, örnek hazırlama metodu modifiye edilmiştir. Deneyleerde NaOCl'in doku çözücü özelliğinin değerlendirilebilmesi için sığır kas dokusundan [Holstein Sığırı, Bozdoğan - Aydın - Türkiye (Antrikot Bölgesi)] yararlanıldı. Sığır kas dokusu -15°C 'de buzdolabında (Arçelik No Frost AF-312, Koç Holding A.Ş., Gebze - İzmit - Türkiye) muhafaza edildi. Sığır kas dokusundan salam kesme makinası ile (Bosch, MAS - 4601 N, Almanya) 2mm kalınlığında kesiler alındı. Donmuş sığır kas dokusunun çözünmesine izin vermeden alınan bu 2mm kesitler doğrama tahtasının (Korkmaz, Natura, İstanbul) üzerine kondu. Bu yüzey kesitleri üzerinden 5mm biyopsi pançısı (Sterile Dermal Biopsy Punch, Kai Industries Ltd., Seki - Japonya) ile 5mm çapında yuvarlak örnekler alındı (Resim1).



Resim 1. Doku örneklerinin hazırlanmasında kullanılan biyopsi pançısı.

Sonuç olarak 2mm eninde 5 mm çapında silindirik kas parçaları elde edildi. Bu aşamada örneklerin standardizasyonu, hassas terazi ile kontrol edildi. Hacim olarak standardize edilmiş örnekler ağırlık olarakta birbirine eř tutulmaya çalışıldı. Bu amaçla hassas terazi (Precisa 205a, Dietikon-İsviçre) (Resim 2) ile tartılan örneklerin 38 ± 10 mg. ağırlığında olanları çalışmaya dahil edildi (Resim 3).



Resim 2. Doku ağırlıklarının ölümünde kullanılan hassas terazi.



Resim 3. Sığır kas dokusunun deney öncesinde hazırlanması, biopsi paņyla birlikte görünümü.

Bu standartların şeklen ve ağırlık olarak dışında kalan örnekler çalışmadan çıkarıldı. Hazırlanan ve standardize edilen örnekler ıslak havlu kağıtların arasında petrilere yerleştirildi. Bu petrilere dış ortam faktörlerinden etkilenmemesi için saklama kabına (Tupperware, Nancy-Fransa) yerleştirildi.

3.1.2. Grupların Oluşturulması

Bu aşamada hazırlanan örneklerle oluşturulmuş gruplar Tablo 1’de gösterildi. Saklama kabındaki petrilere bulunan 231 örnek ilk önce iki ana gruba ayrıldı. Elektroliz uygulanmayan ana grup için 132, elektroliz uygulanan ana grup için 99 standart örnek rastgele seçildi.

Tablo 1. Birinci aşama doku çözünürlük deneyleri için oluşturulan bütün gruplar

Gruplar	Elektroliz Uygulanmayan Gruplar									Elektroliz Uygulanan Gruplar											
	1. Grup Distile Su			2. Grup %1,25 NaOCl			3. Grup %2,5 NaOCl			4. Grup %5 NaOCl			1. Grup %1,25 NaOCl			2. Grup %2,5 NaOCl			3. Grup %5 NaOCl		
	3 dakika Grubu	4 dakika Grubu	5 dakika Grubu	3 dakika Grubu	4 dakika Grubu	5 dakika Grubu	3 dakika Grubu	4 dakika Grubu	5 dakika Grubu	3 dakika Grubu	4 dakika Grubu	5 dakika Grubu	3 dakika Grubu	4 dakika Grubu	5 dakika Grubu	3 dakika Grubu	4 dakika Grubu	5 dakika Grubu	3 dakika Grubu	4 dakika Grubu	5 dakika Grubu

Birinci ana grup (elektroliz uygulanmayan grup) herbiri 33 örnekten oluşan 4 gruba ayrıldı.

1. Distile su grubu (n:11) (Kontrol Grubu)
2. %1.25’lik NaOCl grubu (n:11)
3. %2.5’lik NaOCl grubu (n:11)
4. %5’lik NaOCl grubu (n:11)

Herbir grubun etkin uygulama süresini saptamak için 3 alt grup oluşturuldu. 11 örnekten oluşan her grubun birinci alt grubu 3 dakikalık uygulama süresine tabi tutuldu. 11 örnekten oluşan ikinci alt grubu 4 dakikalık uygulama süresine tabi tutuldu. 11 örnekten oluşan her grubun üçüncü alt grubu 5 dakikalık uygulama süresine tabi tutuldu.

İkinci ana grup (elektroliz uygulanan grup) herbiri 33 örnekten oluşan 3 gruba ayrıldı.

1. %1.25'lik NaOCl grubu (n:11)

2. %2.5'lik NaOCl grubu (n:11)

3. %5'lik NaOCl grubu (n:11)

3 gruba ayrılan örnekler yine etkin süreyi saptamak için kendi içinde her grup 3 alt gruba ayrıldı. 11 örnekten oluşan herbir grubun 1. Alt grubu 3 dakika, ikinci alt grubu 4 dakika ve 3. alt grubu 5 dakikalık uygulama süresine tabi tutuldu.

Elektroliz Uygulanmayan Gruplar:

1. Grup	Distile Su Grupları (Kontrol Grubu) Distile Suyun 3 Dakika Uygulandığı Grup Distile Suyun 4 Dakika Uygulandığı Grup Distile Suyun 5 Dakika Uygulandığı Grup
2. Grup	%1,25 NaOCl Grupları NaOCl'in 3 Dakika Uygulandığı Grup NaOCl'in 4 Dakika Uygulandığı Grup NaOCl'in 5 Dakika Uygulandığı Grup
3. Grup	%2,5 NaOCl Grupları NaOCl'in 3 Dakika Uygulandığı Grup NaOCl'in 4 Dakika Uygulandığı Grup NaOCl'in 5 Dakika Uygulandığı Grup
4. Grup	%5 NaOCl Grupları NaOCl'in 3 Dakika Uygulandığı Grup NaOCl'in 4 Dakika Uygulandığı Grup NaOCl'in 5 Dakika Uygulandığı Grup

Elektroliz Uygulanan Gruplar:

1. Grup	%1,25 NaOCl Grupları NaOCl'in 3 Dakika Uygulandığı Grup NaOCl'in 4 Dakika Uygulandığı Grup NaOCl'in 5 Dakika Uygulandığı Grup
2. Grup	%2,5 NaOCl Grupları NaOCl'in 3 Dakika Uygulandığı Grup NaOCl'in 4 Dakika Uygulandığı Grup NaOCl'in 5 Dakika Uygulandığı Grup
3. Grup	%5 NaOCl Grupları NaOCl'in 3 Dakika Uygulandığı Grup NaOCl'in 4 Dakika Uygulandığı Grup NaOCl'in 5 Dakika Uygulandığı Grup

3.1.3. Sodyum Hipokloritin Deney için Hazırlanması

Bu tez çalışmasının birinci aşamasında değişik konsantrasyondaki NaOCl solüsyonu, değişik zaman dilimlerinde, elektroliz ile birlikte veya elektrolizsiz olarak kullanıldı. Deneylerde %5'lik NaOCl (NaOCl 5%, Wizard™, Rehber Kimya, İstanbul, Türkiye) stok solüsyon olarak kullanıldı. Kontrol grubu için distile su kullanıldı. Stok solüsyonu 250 ml.'lik NaOCl kapları, +4°C'de karanlık ve serin ortamda muhafaza edildi (Resim4). +4°C'de buzdolabında (Arçelik No Frost AF-312, Koç Holding A.Ş., Gebze - İzmit - Türkiye) muhafaza edilen NaOCl deneyden 3 saat önce serin ortamdan çıkarılarak oda sıcaklığında ulaşana kadar bekletildi. Birinci aşama deneylerinde NaOCl'nin, %1.25, %2.5 ve %5'lik konsantrasyonları kullanıldı. %5'lik NaOCl stok solüsyonundan çalışmada kullanılan konsantrasyonlarını elde etmek için, Süleyman Demirel Üniversitesi Kimya Fakültesinde %5'lik NaOCl solüsyonu distile su (Nüve, NS 103, İstanbul, Türkiye) ile seyreltildi ve kullanılması öngörülen NaOCl solüsyonları elde edildi.

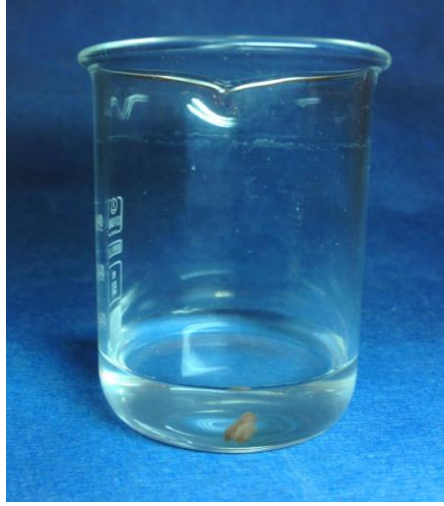


Resim 4. Doku çözücülük deneylerinde kullanılan %5'lik NaOCl stok solüsyonu.

3.1.4. Birinci Aşama Deney Düzenegi ve Örneklerinin Test Edilmesi

3.1.4.1. Birinci Ana Grup (n:142): Elektrolize Edilmeyen Farklı NaOCl Konsantrasyonuna Sahip Grupların Deney Düzenegi

1. Distile Su Grubu (n:33): Birinci Alt Grup (n.11) (3 dakikalık grup): Süleyman Demirel üniversitesi Kimya Fakültesinde Hazırlanan distile su bir petrinin (Tıpkimyasın, İstanbul-Türkiye) içerisine 10 ml. hacminde kondu (Resim 5). Standart hazırlanmış olan örnek hassas terazide tartıldı ve ilk ağırlığı kaydedildi. Hemen ardından örnek solüsyonun içerisine yerleştirildi. Solüsyonun içerisinde 3 dakika bekletilen örnek, sürenin dolması ile petrinin içerisindeki distile sudan çıkarıldı. Örnek, Stojicic ve ark. (165) yaptığı gibi vakit kaybetmeden aynı operatör tarafından havlu kağıt ile kurulandı. Kurulanan örnek hemen ardından ağırlığının ölçülebilmesi için hassas teraziye yerleştirildi ve son ağırlığı kaydedildi (Resim 6). Petri içerisindeki kullanılan distile su boşaltıldı ve bir sonraki örneğe uygulanacak deney için taze distile su kondu.



Resim 5. İçerisinde 10 mg NaOCl veya Distile Su ve kas dokusu bulunan cam beher



Resim 6. Sığır kas dokusunun hassas terazide tartılma anı. (Örneğin ilk ağırlığı)

İkinci Alt Grup (n:11) (4 dakikalık grup): Birinci alt grupta uygulanan işlemler aynı şekilde bu grupta uygulandı. Bu alt grubundaki örnekler, distile su içerisinde 4 dakika bekletildi.

Üçüncü Alt Grup (n:11) (5 dakikalık grup): Birinci alt grupta uygulanan işlemler aynı şekilde bu grupta uygulandı. Bu grupta örnek, distile su içerisinde 5 dakika bekletildi.

2. %1,25'lik NaOCl Grubu (n:33): Distile su grubunun örnekleri için ön görülen sürelerde ve aynı deney düzeneği ile test edildi. Bu grupta sadece bir önceki gruptan farklı olarak %1,25'lik NaOCl kullanıldı.

3. %2,5'lik NaOCl Grubu (n:33): %1,25'lik NaOCl grubunun örnekleri için ön görülen sürelerde ve aynı deney düzeneği ile test edildi. Bu grupta sadece bir önceki gruptan farklı olarak %2,5'lik NaOCl kullanıldı.

4. %5'lik NaOCl Grubu (n:33): %2,5'lik NaOCl grubunun örnekleri için ön görülen sürelerde ve aynı deney düzeneği ile test edildi. Bu grupta sadece bir önceki gruptan farklı olarak %5'lik NaOCl kullanıldı.

3.1.4.2. İkinci Ana Grup (n:99): Elektrolize Edilen Farklı NaOCl Konsantrasyonuna Sahip Grupların Deney Düzeneği

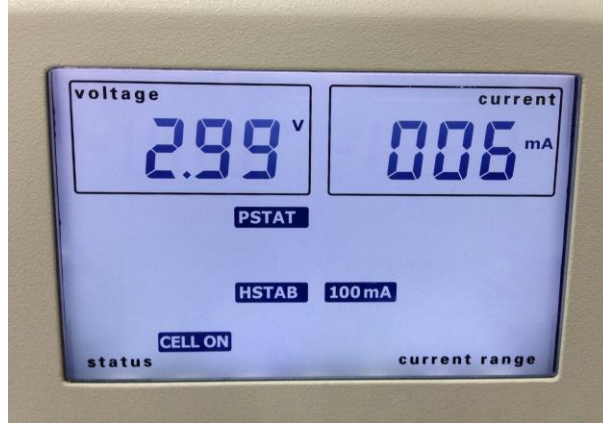
1. Ana gruptaki NaOCl konsantrasyonları ve uygulama sürelerine sahip gruplar bu kez elektrolize edilerek test edildi. Birinci gruptan farklı olarak bu grupta distile su grubu kullanılmadı. Bunun nedeni distile sudan elektrik akımının geçirilememesidir.

Elektroliz Cihazı ve Ortamın Hazırlanması: Örneklerin test edilmesinde Süleyman Demirel Üniversitesi Kimya Fakültesi, kimya laboratuvarında mevcut olan elektroliz cihazı kullanıldı (Autolab, Utrecht- Hollanda) (Resim 7).



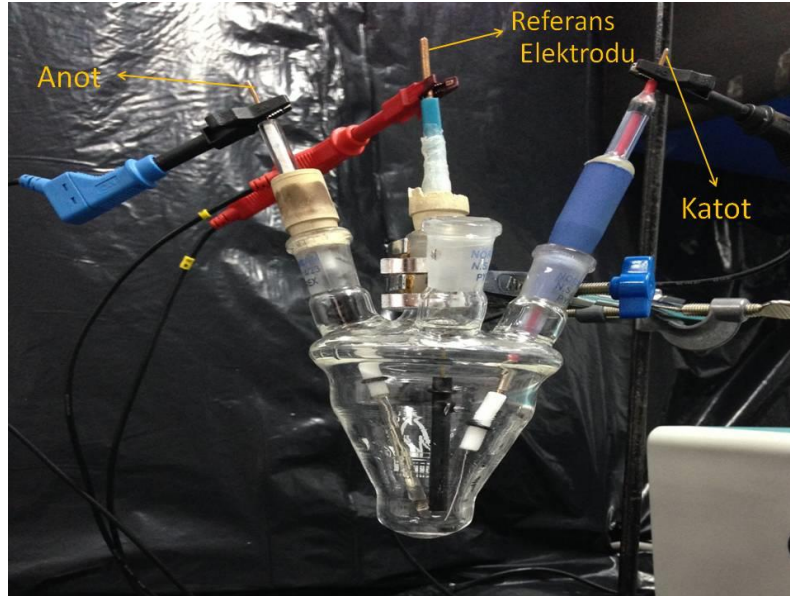
Resim 7. NaOCl solüsyonundan elektrik akımını geçmesini sağlayan elektroliz cihazı.

NaOCl'in dinamik dengesi nedeniyle direnç devamlı olarak değişiklik göstereceği için akım azami olarak 10mA'de sabit tutuldu. Eğer NaOCl'in değişken direncinden dolayı reaksiyon 10mA'ı geçme eğilimine girecek olursa, cihaz otomatik olarak cihaz voltajı düşürerek, akımın 10mA'ı geçmesini engelledi (Resim 8).



Resim 8. Elektroliz cihazının dijital ekranı (Deneyin bir anında 2.99 voltla çalışan cihaz NaOCl'den geçen akımı 6mA olarak gösteriyor).

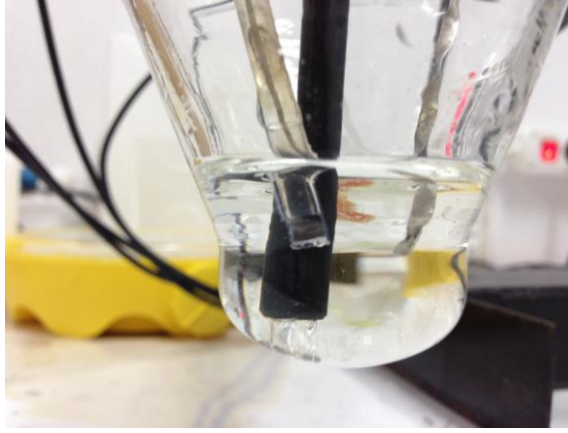
Elektrolize edilen örnekler, 45 cm³ hacmindeki cam elektroliz hücresinin(Autolab, Utrecht- Hollanda) içerisinde test edildi. Elektroliz hücresinin içerisindeki bir anot, bir katod ve birde referans elektrodu bulunmaktadır. Bu elektrodlar NaOCl'in elektroliz cihazı ile arasındaki bağlantıyı kurmaktadır (Resim 9).



Resim 9. Elektroliz işleminin gerçekleştirildiği cam hücre. Cam hücreye elektroliz cihazı anot, katot ve referans elektrodu ile bağlı.

1. %1,25'lik NaOCl Grubu (n:33): Birinci Alt Grup (n:11) (3 dakikalık grup): Süleyman Demirel üniversitesi Kimya Fakültesinde %5'lik NaOCl stok solüsyonundan hazırlanan %1,25'lik NaOCl cam elektroliz hücresinin içerisine 10 ml. hacminde kondu. Standart hazırlanmış olan örnek hassas terazide tartıldı ve ilk

ağırlığı kaydedildi. Hemen ardından örnek solüsyonun içerisine yerleştirildi ve aynı anda elektroliz işlemi başlatıldı (Resim 10). Solüsyonun içerisinde 3 dakika bekletilen örnek, sürenin dolması ile petrinin içerisindeki %1,25'lik NaOCl solüsyonundan çıkarıldı. Örnek, Stojicic ve ark. (165) yaptığı gibi vakit kaybetmeden aynı operatör tarafından havlu kağıt ile kurulandı. Kurulanan örnek hemen ardından son ağırlığının ölçülebilmesi için hassas teraziye yerleştirildi ve son ağırlığı kaydedildi (Tablo 2). Petri içerisindeki kullanılan %1,25'lik NaOCl boşaltıldı ve petri distile su ile durulandı. Böylelikle cam petri bir sonraki örneğe uygulanacak deney için hazır hale getirildi. Sıradaki örnek için %1,25'lik NaOCl tazelendi ve elektroliz hücresine yerleştirildi.



Resim 10. Cam hücre içerisinde NaOCl ile birlikte elektroliz işlemi gerçekleştirilirken.

İkinci Alt Grup (n:11) (4 dakikalık grup): Birinci alt grupta uygulanan işlemler aynı şekilde uygulandı. Bu grupta örnekler, elektrolize %1,25'lik NaOCl içerisinde 4 dakika tabi tutuldu.

Üçüncü Alt Grup (n:11) (5 dakikalık grup): Birinci alt grupta uygulanan işlemler aynı şekilde uygulandı. Bu grupta örnekler, elektrolize %1,25'lik NaOCl içerisinde 5 dakika tabi tutuldu.

2. %2,5'lik NaOCl Grubu (3,4 ve 5 dakika) (n:33): Elektrolize %1,25'lik NaOCl grubunun örnekleri için ön görülen sürelerde ve aynı deney düzeneği ile tabi tutuldu. Bu gruptaki örneklerin deney düzeneğindeki tek fark örneklerin %2,5 NaOCl ile elektrolize edilmiş olmasıdır.

3. %5'lik NaOCl Grubu (3,4 ve 5 dakika) (n:33): Elektrolize %2,5'lik NaOCl grubunun örnekleri için ön görülen sürelerde ve aynı deney düzeneği ile tabi tutuldu.

Bu gruptaki örneklerin deney düzeneğindeki tek fark örneklerin %5 NaOCl ile elektrolize edilmiş olmasıdır.

Tablo 2. Doku çözücülüğü için hazırlanan örneklerin ilk ve son ağırlıkların kaydı için kullanılan tablo (d: dakika)

Gruplar	Elektroliz Uygulanmayan Gruplar									Elektroliz Uygulanan Gruplar												
	Distile Su Grubu			%1,25 NaOCl Grubu			%2,5 NaOCl Grubu			%5 NaOCl Grubu			%1,25 NaOCl Grubu			%2,5 NaOCl Grubu			%5 NaOCl Grubu			
	3d	4d	5d	3d	4d	5d	3d	4d	5d	3d	4d	5d	3d	4d	5d	3d	4d	5d	3d	4d	5d	
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10																						
11																						

Hassas terazide ölçülen ilk ve son ağırlıklar kaydedildi ve daha sonra doku ağırlıklarındaki farklılıklar yüzdesel olarak hesaplandı ve sonuçlar istatistiki olarak değerlendirildi.

3.2. İkinci Aşama

Birinci Aşama Doku Çözücülük Deneylerinden Elde Edilen En Verimli Elektroliz Uygulanan NaOCl Konsantrasyonunun Var Olan NaOCl Etkinlik Artırıcı Yöntemlerle Karşılaştırılması

Birinci aşama doku çözücülüğünü en verimli olan ve elektrolizle aktive edilen NaOCl'in %5'lik konsantrasyonu ve 5 dakikalık süre ikinci deney aşamasına taşındı. İkinci aşamada %5'lik NaOCl'in elektrolizi ile %5'lik NaOCl'in etkinliğini artıran sonik, ultrasonik, ajitasyon ve ısı ile karşılaştırılması hedeflendi.

3.2.1. DeneY Örneklerinin Hazırlanışı

DeneY örnekleri birinci aşamadaki aynı yöntemler kullanılarak örnekler standart şekilde hazırlandı. Örnekler hacim ve ağırlık olarak eşit olması için daha önce anlatılan yöntemle aynı şekilde tekrar hazırlandı. Bu metodla toplam 154 standart örnek hazırlandı.

3.2.2. Grupların Oluşturulması

Bu aşama için hazırlanan örneklerle oluşturulmuş gruplar Tablo 3’de gösterildi. Saklama Kabındaki petrilere bulunan 154 örnek ilk önce iki ana gruba ayrıldı. 25°C sıcaklıktaki (Oda Sıcaklığı) ana grup için 77, 45°C sıcaklıktaki ana grup için 77 standart örnek ayrıldı. Bütün örneklerin tesitinde %5 konsantrasyonda NaOCl ve 5 dakikalık süre kullanıldı.

Tablo 3. İkinci aşama doku çözücülük deneylerinde kullanılan bütün gruplar

	(1. Ana Grup) 25 °C Sıcaklık (Oda Sıcaklığı) Grupları	(2. Ana Grup) 45 °C Sıcaklık Grupları
Gruplar	1. Distile Su Grubu (n.11) 2. Ajitasyonsuz Grubu (Cam Pipet) (n.11) 3. Cam Pipet Grubu(n.11) 4. Sonik (Endoaktivatör) Grubu(n.11) 5. Ultrasonik Grubu(n.11) 6. Elektroliz Grubu(n.11) 7. Elektroliz+Cam Pipet Grubu(n.11)	1. Distile Su Grubu(n.11) 2. Ajitasyonsuz Grubu(n.11) 3. Ajitasyonlu Grubu (Cam Pipet) (n.11) 4. Sonik (Endoaktivatör) Grubu(n.11) 5. Ultrasonik Grubu(n.11) 6. Elektroliz Grubu(n.11) 7. Elektroliz+Cam Pipet Grubu(n.11)

Birinci ana grup (25°C sıcaklık) herbiri 11 örnekten oluşan 7 gruba ayrıldı.

1. Distile Su Grubu (n:11) (Negatif Kontrol Grubu)
2. %5 NaOCl Ajitasyonsuz Grubu (n:11) (Pozitif Kontrol Grubu)
3. %5 NaOCl Ajitasyonlu (Cam Pipet Grubu) (n:11)
4. %5 NaOCl Sonik (Endoaktivatör) Grubu (n:11)
5. %5 NaOCl Ultrasonik Grubu (n:11)
6. %5 NaOCl Elektroliz Grubu (n:11)

7. %5 NaOCl Elektroliz+Cam Pipet Grubu (n:11)

İkinci ana grup (45°C sıcaklık) herbiri 11 örnekten oluşan 7 gruba ayrıldı.

1. Distile Su Grubu (n:11) (Negatif Kontrol Grubu)

2. %5 NaOCl Ajitasyonsuz Grubu (n:11) (Pozitif Kontrol Grubu)

3. %5 NaOCl Ajitasyonlu (Cam Pipet) Grubu (n:11)

4. %5 NaOCl Sonik (Endoaktivatör) Grubu (n:11)

5. %5 NaOCl Ultrasonik Grubu (n:11)

6. %5 NaOCl Elektroliz Grubu (n:11)

7. %5 NaOCl Elektroliz+Cam Pipet Grubu (n:11)

3.2.3. İkinci Aşama Deney Düzenegi ve Örneklerin Test Edilmesi

3.2.3.1. Birinci Ana Grup (n:77): 25 °C'deki (oda sıcaklığı) %5'lik NaOCl'e Uygulanan Farklı Aktivasyon Metodlarına Sahip Grupların Deney Düzenegi

25 °C'de (oda sıcaklığında) yapılan deneyler klimatize (Arçelik, Klima 91410, Koç Holding A.Ş., Gebze - İzmit - Türkiye) edilmiş odada yapıldı. Oda sıcaklığında yapılan deneylerin sıcaklığını onaylamak için termometre kullanıldı (Acrol Scientific Labaratuvar Sistemleri, İstanbul).

1. Distile Su Grubu (Negatif Kontrol Grubu) (n:11): Süleyman Demirel üniversitesi Kimya Fakültesinde Hazırlanan distile su bir petrinin içerisine 10 ml. hacminde kondu. Standart hazırlanmış olan örnek hassas terazide tartıldı ve ilk ağırlığı kaydedildi. Hemen ardından örnek solüsyonun içerisine yerleştirildi. Solüsyonun içerisinde 5 dakika bekletilen örnek, sürenin dolması ile petrinin içerisindeki distile sudan çıkarıldı. Örnek, Stojicic ve ark. (165) yaptığı gibi vakit kaybetmeden aynı operatör tarafından havlu kağıt ile kurulandı. Kurulanan örnek hemen ardından ağırlığının ölçülebilmesi için hassas teraziye yerleştirildi ve son ağırlığı kaydedildi. Petri içerisindeki kullanılan distile su boşaltıldı ve bir sonraki örneğe uygulanacak deney için hazır hale getirildi. Solüsyon tazelandı ve bir sonraki örnek test edildi.

2. %5 NaOCl Ajitasyonsuz Grubu (Pozitif Kontrol Grubu) (n:11): %5'lik NaOCl (Sodyum Hipoklorit, BASF, Almanya) stok solüsyonu cam petri içerisine 10 ml. hacminde kondu. Standart hazırlanmış olan örnek hassas terazide tartıldı ve ilk ağırlığı kaydedildi. Hemen ardından örnek solüsyonun içerisine yerleştirildi. Solüsyonun içerisinde 5 dakika bekletilen örnek, sürenin dolması ile petrinin içerisindeki %5'lik NaOCl solüsyonundan çıkarıldı. Örnek, Stojicic ve ark. (165) yaptığı gibi vakit kaybetmeden aynı operatör tarafından havlu kağıt ile kurulandı. Kurulanan örnek hemen ardından ağırlığının ölçülebilmesi için hassas teraziye yerleştirildi ve son ağırlığı kaydedildi. Petri içerisindeki kullanılan %5'lik NaOCl boşaltıldı ve petri distile su ile durulandı. Böylelikle cam petri bir sonraki örneğe uygulanacak deney için hazır hale getirildi. Solüsyon tazelandı ve bir sonraki örnek test edildi.

3. %5 NaOCl Ajitasyonlu (Cam Pipet) Grubu (n:11): %5'lik NaOCl stok solüsyonu cam petri içerisine 10 ml. hacminde kondu. Standart hazırlanmış olan örnek hassas terazide tartıldı ve ilk ağırlığı kaydedildi. Hemen ardından örnek solüsyonun içerisine yerleştirildi ve aynı anda ajitasyon işlemi cam pipetle (Baget, Acrol Scientific Labaratuvar Sistemleri, İstanbul) başlatıldı (Resim 11). Cam pipetle yapılan ajitasyon işlemi aynı operatör tarafından yapıldı. Lumley ve ark. yaptıkları çalışmadaki (166) gibi cam pipetle ajitasyon yaparken örneğe 5mm'den fazla yaklaşılmadı. Cam baget ile yapılan mekanik ajitasyon doku parçasına 5 mm uzaklıkta ve her 1 dakikada 15 saniye uygulandı. Solüsyonun içerisinde 5 dakika bekletilen örnek, sürenin dolması ile petrinin içerisindeki %5'lik NaOCl solüsyonundan çıkarıldı. Örnek, Stojicic ve ark. (165) yaptığı gibi vakit kaybetmeden aynı operatör tarafından havlu kağıt ile kurulandı. Kurulanan örnek hemen ardından ağırlığının ölçülebilmesi için hassas teraziye yerleştirildi ve son ağırlığı kaydedildi. Petri içerisindeki kullanılan %5'lik NaOCl boşaltıldı ve petri distile su ile durulandı. Böylelikle cam petri bir sonraki örneğe uygulanacak deney için hazır hale getirildi. Solüsyon tazelandı ve bir sonraki örnek test edildi.



Resim 11. NaOCl solüsyonunun cam pipet ile aktive edildiği an.

4. %5 NaOCl Sonik (Endoaktivatör) Grubu (n:11): %5'lik NaOCl stok solüsyonu cam petri içerisine 10 ml. hacminde kondu. Standart hazırlanmış olan örnek hassas terazide tartıldı ve ilk ağırlığı kaydedildi. Hemen ardından örnek solüsyonun içerisine yerleştirildi. Endoaktivatör (Dentsply, Tulsa, Philadelphia-Amerika) ile yapılan deneylerde 25/04 nolu uç kullanılarak NaOCl'in aktivasyonu sağlandı (Resim 12). Endoaktivatörle yapılan aktivasyon işlemi aynı operatör tarafından yapıldı. Lumley ve ark. yaptıkları çalışmadaki (166) gibi 5 dakikalık deney esnasında sonik bir cihaz olan endoaktivatörün ucu solüsyon içerisine 10 mm derinliğe kadar batırıldı ve sıgır kası dokusuna 5 mm uzaklıkta 10.000 cpm frekansta her 1 dakikada 15 saniye çalıştırıldı (Resim 13). Endoaktivatörün ucunun dokuya temas etmesinden kaçınıldı. Solüsyonun içerisinde 5 dakika bekletilen örnek, sürenin dolması ile petrinin içerisindeki %5'lik NaOCl solüsyonundan çıkarıldı. Örnek, Stojicic ve ark. (165) yaptığı gibi vakit kaybetmeden aynı operatör tarafından havlu kağıt ile kurulandı. Kurulanan örnek hemen ardından ağırlığının ölçülebilmesi için hassas teraziye yerleştirildi ve son ağırlığı kaydedildi. Petri içerisindeki kullanılan %5'lik NaOCl boşaltıldı ve petri distile su ile durulandı. Daha sonra solüsyon tazelandı. Böylelikle cam petri bir sonraki örneğe uygulanacak deney için hazır hale getirildi.



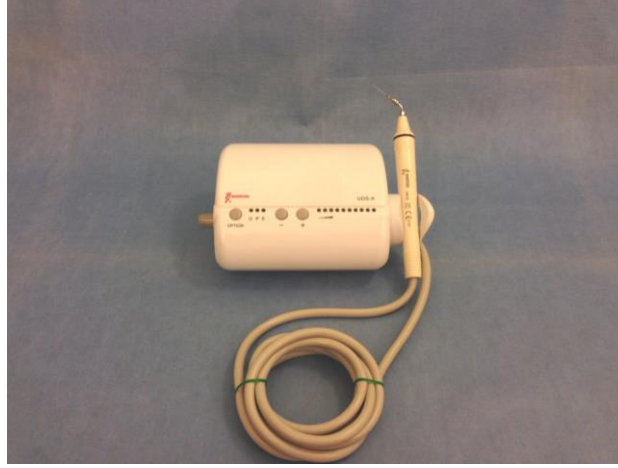
Resim 12. EndoActivator ve 25 nolu ucu.



Resim 13. NaOCl solüsyonunun EndoActivator ile aktive edildiği an.

5. %5 NaOCl Ultrasonik Grubu (n:11): %5'lik NaOCl stok solüsyonu cam petri içerisinde 10 ml. hacminde kondu. Standart hazırlanmış olan örnek hassas terazide tartıldı ve ilk ağırlığı kaydedildi. Hemen ardından örnek solüsyonun içerisine yerleştirildi. Ultrasonik cihaz (Woodpecker UDS-A, Çin) ile yapılan deneylerde ultrasonik başlığa endodontik solüsyonları aktive eden 25 nolu (S.A., EMS.DT-007, Nyon-İsviçre) uç, ESI adaptörü ile takıldı (Resim 14). Ultrasonik cihaz ile yapılan aktivasyon işlemi aynı operatör tarafından yapıldı. Lumley ve ark. yaptıkları çalışmadaki (166) gibi 5 dakikalık deney esnasında ultrasonik cihazın ucu solüsyon içerisine 10 mm derinliğe kadar batırıldı ve sığır kası dokusuna 5 mm uzaklıkta tam güç her 1 dakikada 15 saniye çalıştırıldı. Ultrasonik cihazın ucunun

dokuya temas etmesinden kaçınıldı. Solüsyonun içerisinde 5 dakika bekletilen örnek, sürenin dolması ile petrinin içerisindeki %5'lik NaOCl solüsyonundan çıkarıldı. Örnek, Stojicic ve ark. (165) yaptığı gibi vakit kaybetmeden aynı operatör tarafından havlu kağıt ile kurulandı. Kurulanan örnek hemen ardından ağırlığının ölçülebilmesi için hassas teraziye yerleştirildi ve son ağırlığı kaydedildi. Petri içerisindeki kullanılan %5'lik NaOCl boşaltıldı ve petri distile su ile durulandı. Solüsyon tazelandı ve bir sonraki örnek test edildi.



Resim 14. Ultrasonik cihaz

6. %5 NaOCl Elektroliz Grubu (n:11): Elektroliz cihazı birinci aşama deneylerindeki gibi hazırlandı. %5'lik NaOCl stok solüsyonu cam elektroliz hücresinin içerisine 10 ml. hacminde kondu. Standart hazırlanmış olan örnek hassas terazide tartıldı ve ilk ağırlığı kaydedildi. Hemen ardından örnek solüsyonun içerisine yerleştirildi ve aynı anda elektroliz işlemi başlatıldı. Solüsyonun içerisinde 5 dakika bekletilen örnek, sürenin dolması ile petrinin içerisindeki %5'lik NaOCl solüsyonundan çıkarıldı. Örnek, Stojicic ve ark. (165) yaptığı gibi vakit kaybetmeden aynı operatör tarafından havlu kağıt ile kurulandı. Kurulanan örnek hemen ardından ağırlığının ölçülebilmesi için hassas teraziye yerleştirildi ve son ağırlığı kaydedildi. Cam elektroliz hücresi içerisindeki kullanılan %5'lik NaOCl boşaltıldı ve cam elektroliz hücresi distile su ile durulandı. Solüsyon tazelandı ve bir sonraki örnek test edildi.

7. %5 NaOCl Elektroliz+Cam Pipet Grubu (n:11): Elektroliz cihazı birinci aşama deneylerindeki gibi hazırlandı. %5'lik NaOCl stok solüsyonu cam elektroliz hücresinin içerisine 10 ml. hacminde kondu. Standart hazırlanmış olan örnek hassas

terazide tartıldı ve ilk ağırlığı kaydedildi. Hemen ardından örnek solüsyonun içerisine yerleştirildi ve aynı anda elektroliz işlemi başlatıldı. Aynı anda ajitasyon işlemi cam pipetle başlatıldı. Cam pipetle yapılan ajitasyon işlemi aynı operatör tarafından yapıldı. Lumley ve ark. yaptıkları çalışmadaki (166) gibi cam pipetle ajitasyon yaparken örneğe 5mm'den fazla yaklaşılmadı. Cam pipet ile yapılan mekanik ajitasyon doku parçasına 5 mm uzaklıkta ve her 1 dakikada 15 saniye uygulandı. Solüsyonun içerisinde 5 dakika bekletilen örnek, sürenin dolması ile petrinin içerisindeki %5'lik NaOCl solüsyonundan çıkarıldı. Örnek, Stojicic ve ark. (165) yaptığı gibi vakit kaybetmeden aynı operatör tarafından havlu kağıt ile kurulandı. Kurulanan örnek hemen ardından ağırlığının ölçülebilmesi için hassas teraziye yerleştirildi ve son ağırlığı kaydedildi. Cam elektroliz hücresi içerisindeki kullanılan %5'lik NaOCl boşaltıldı ve cam elektroliz hücresi distile su ile durulandı. Solüsyon tazelandı ve bir sonraki örnek test edildi.

3.2.3.2. İkinci Ana Grup (n:77): 45 °C'deki (oda sıcaklığı) %5'lik NaOCl'e Uygulanan Farklı Aktivasyon Metodlarına Sahip Grupların Deney Düzenegi

Sıcaklık Banyosunu 45⁰C Sıcaklığa Ayarlanması ve Bu Sıcaklığın Onaylanması

45⁰C de yapılacak olan deneylerde %5'lik NaOCl solüsyonları sıcaklık kontrollü su banyosu (Wisebath, Daihan Scientific Ltd., Güney Kore) 45⁰C'ye geldikten sonra içerisinde 30 dakika bekletildi (Resim 15). Deneye başlamadan önce sıcaklık banyosu içerisindeki cam petriye veya cam elektroliz hücresine 45 °C de konan %5'lik NaOCl solüsyonunun sıcaklığı termometre (Baget, Acrol Scientific Laboratuvar Sistemleri, İstanbul) ile onaylandı.



Resim 15. İkinci aşama doku çözücülük deneylerinde kullanılan dijital sıcaklık kontrollü su banyosu.

1. Distile Su Grubu (n:11) (Negatif Kontrol Grubu): Birinci ana grubun, “distile su” 45⁰C grubu örnekleri için uygulanan deney düzeneği bu grup örnekleri için aynı şekilde test edildi.

2. %5 NaOCl Ajitasyonsuz Grubu (n:11) (Pozitif Kontrol Grubu): Birinci ana grubun, “ajitasyonsuz %5’lik NaOCl” 45⁰C grubu örnekleri için uygulanan deney düzeneği bu grup örnekleri için aynı şekilde test edildi.

3. %5 NaOCl Ajitasyonlu (Cam Pipet) Grubu (n:11): Birinci ana grubun, “ajitasyonlu %5’lik NaOCl” 45⁰C grubu örnekleri için uygulanan deney düzeneği bu grup örnekleri için aynı şekilde test edildi (Resim 16).



Resim 16. NaOCl solüsyonunun sıcaklık banyosunda iken cam pipet ile aktive edildiği an.

4. %5 NaOCl Sonik (Endoaktivatör) Grubu (n:11): Birinci ana grubun, “sonik %5’lik NaOCl” 45⁰C grubu örnekleri için uygulanan deney düzeneği bu grup örnekleri için aynı şekilde test edildi.

5. %5 NaOCl Ultrasonik Grubu (n:11): Birinci ana grubun, “ultrasonik %5’lik NaOCl” 45⁰C grubu örnekleri için uygulanan deney düzeneği bu grup örnekleri için aynı şekilde test edildi.

6. %5 NaOCl Elektroliz Grubu (n:11): Birinci ana grubun, “elektroliz %5’lik NaOCl” 45⁰C grubu örnekleri için uygulanan deney düzeneği bu grup örnekleri için aynı şekilde test edildi.

7. %5 NaOCl Elektroliz+Cam Pipet Grubu (n:11): Birinci ana grubun, “Elektroliz+Cam Pipet %5’lik NaOCl” alt grubu örnekleri için uygulanan deney düzeneği bu grup örnekleri için aynı şekilde test edildi.

3.2.4. Sığır Kas Dokularının İlk ve Son Ağırlıklarının Ölçümü

Hassas terazide ölçülen ilk ve son ağırlıklar kaydedildi ve daha sonra doku ağırlıklarındaki farklılıklar yüzdesel olarak hesaplandı ve sonuçlar istatistiki olarak değerlendirildi.

3.3. Üçüncü Aşama

Elektroliz ile Aktive Edilen NaOCl’in Antimikrobiyal Etkinliğinin Değerlendirilmesi

3.3.1. Üçüncü Aşamının Hedefleri

- 1. ve 2. aşamaların sonuçlarından çıkan test verilerini in vitro ortama taşımak.

- Bu amaçla daha önceki aşamaların verilerini ağız ortamına taşıyacak elektroliz cihazını üretmek.

- Üretilen elektroliz cihazının antimikrobiyal etkinliğini; ajitasyon, sonik, ultrasonik aktivasyon ile etkinliği artırılmış NaOCl ile karşılaştırmak.

3.3.2. Örneklerin Hazırlanması

Mikrobiyolojik safhada kullanılacak örnekler insan dişleri olduğu için öncelikle, Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan, toplanacak dişler için 72867572/050/2469 nolu insan etik kurul izni alındı. Periodontal ve ortodontik sebeplerden dolayı çekilmiş olan, alt premolar ve üst lateral dişler toplandı. Radyolojik incelemede tek köklü ve tek kanallı olan ve daha önce kanal tedavisi görmemiş olan 65 adet diş seçilerek deneyde kullanılmak üzere ayrıldı. Deney için ayrılmış olan dişler üzerindeki doku artıkları ekskavatör yardımıyla temizlendikten sonra dişler steril serum fizyolojik (Isolyte şişe, 1000ml, İstanbul- Türkiye) içerisinde saklandı.

Örneklerin koronal kısmı, kökün apikal 14mm'lik bölümü kalacak şekilde elmas disklerle (Axis Diamond Discs, NTI[®] Axis Dental-Amerika) kesildi. Kesilmiş olan kök parçası üzerinde 15 nolu K-file kanal eğesi (Thomas, Département Dentaire, Bourges-Fransa) ile kanala girilerek kök kanalının yolunun belirlenmesi ve açılması işlemi yapıldı. 15 nolu K tipi kanal eğesinin ucu apekte görüldüğü zaman 1 mm geri çekildi ve plastik rondel kanal ağzına temas ettirilerek kök kanal ölçümleri yapıldı. Kök kanal ölçümünü yapmak için endodontik cetvel (Endo Block, Dentsply, Philadelphia-Amerika) kullanıldı. Daha sonra sırasıyla 20 ve 25 numaralı K-File (Thomas, Département Dentaire, Bourges-Fransa) kanal eğeleri ile çalışma boyuna kadar ulaşılarak kök kanalı genişletildi. Her kullanılan el aletinden sonra 2ml %5'lik NaOCl (Sodyum Hipoklorit, BASF, Almanya) ardından 2ml distile su ile yıkama yapıldı. Bu işlemden sonra kök kanal girişleri protaper FX (Protaper Universal, Dentsply, Philadelphia-Amerika) ile genişletildi. Ardından kök kanalının çalışma boyunca, sırasıyla protaper S1, S2, F1, F2 ve F3 (Protaper Universal, Dentsply, Philadelphia-Amerika) döner alet sistemi kullanıldı ve genişletme işlemi tamamlandı. Her kullanılan döner aletten sonra 2ml %5'lik NaOCl (Sodyum Hipoklorit, BASF, Almanya) ardından 2ml streil salin ile yıkama yapıldı. Final irrigasyonu olarak 2ml %5'lik NaOCl (Sodyum Hipoklorit, BASF, Almanya) ardından 2ml distile su ardından 5ml %17'lik EDTA (EDTA, BASF, Almanya) ve ardından 2ml distile su ile yıkama yapıldı. Bütün yapılan kök kanalı yıkama işlemleri esnasında 5ml'lik şırıngaların gövdesi (Hayat Şırınga, Mecidiyeköy-İstanbul-Türkiye) ve uç kısım

olarak da 27 ga. apında yandan perfore irrigasyon iğnesi (Endo-Eze, Ultradent, Güney-Ürdün) kullanıldı. Genişletme ve yıkama işlemleri bitmiş olan dişler 4 °C'de (Arçelik No Frost AF-312, Koç Holding A.Ş., Gebze - İzmit - Türkiye), steril salin içerisinde sterilizasyon işlemi yapılana kadar bekletildi.

3.3.2.1. Örneklerin Sabitlenmesi, Sterilizasyonu

Örnekler kök yüzeyi renksiz tırnak cilası ile (Catherine Arley, Alfar Kozmetik A.Ş, Avcılar-İstanbul-Türkiye) iki kat cilalandı. Kurumaya bırakılan örnekler ertesi gün mikro kuyucukların içine (Costar 3524 Well, Corning Incorporated, Amerika) ölçü silikonu yardımıyla (Zetaplus, Zhermack SpA, Badia Polesine-İtalya) sabitlendi. 6 mikro kuyucuk kutusunun, 5 tanesine her bir kutuya 11 örnek konularak ayrı ayrı 5 grup oluşturuldu ve son 1 kutuya 6+5 örnek (kontrol grubu), iki grup şeklinde yerleştirildi [Steril Salin Grubu (SS)(n:6) ve Sem incelemesi grubu (n:5)] (Resim 17 ve 18).



Resim 17. 11 dişten oluşan bir grubun silikon ölçü maddesi yardımıyla mikro kuyucuklara yerleştirilmiş hali.



Resim 18. Mikro kuyucuklara yerleştirilen dişlerin oluşturduğu bütün mikrobiyoloji deney grupları.

1. Grup: Elektroliz + Vibrasyon + NaOCl Grubu (E-NaOCl+V)
2. Grup: Ultrasonik + NaOCl Grubu (UA)
3. Grup: Sonik + NaOCl Grubu (EA)
4. Grup: Elektroliz + NaOCl Grubu (E-NaOCl)
5. Grup: NaOCl Grubu (NaOCl)

3.3.3. Prototip Elektroliz Cihazının Üretilmesi

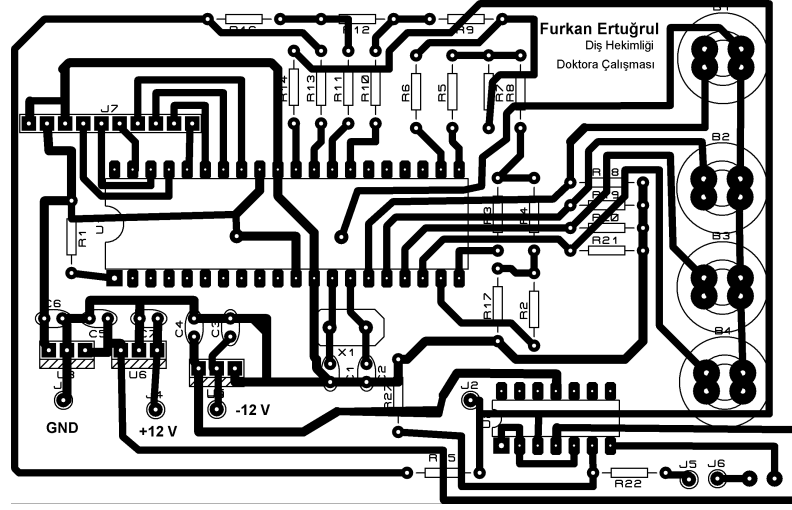
Prototip cihazı tasarlanırken aşağıdaki özellikler gerekli görüldü.

-Cihaz kök kanalında irrigasyon yaptığı esnada, irrigasyon solüsyonumuz olan NaOCl'in elektrolizini gerçekleştirmeli ve aynı zamanda istenirse irrigasyon iğnesi 20.000 titreşime kadar vibrasyon yapabilmeli.

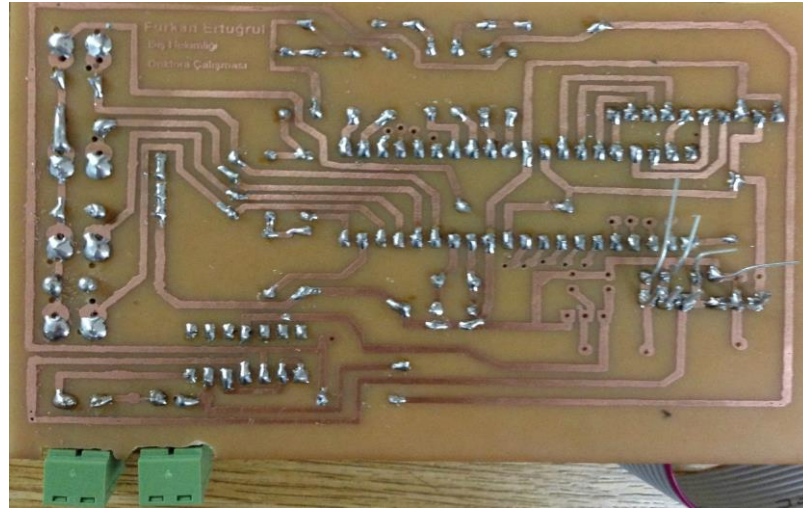
-Cihaz NaOCl solüsyonundan geçirilmek istenen akımı sürekli olarak sabit tutabilmeli. $V=I \times R$ formülündeki R (direnç); NaOCl olduğundan ve NaOCl'in değişen dinamik yapısından dolayı, cihazdaki mikro işlemcisi V'u (Volt) sürekli olarak direncin durumuna göre değiştirerek amperi sabit tutabilmeli.

Bütün bu özellikleri bünyesinde barındıran bir prototip üretimi için Süleyman Demirel Üniversitesi Elektrik Elektronik ve Telekomünikasyon bölümünden yardım alındı. Öncelikle prototipin devresi planlandı ve tasarımı bir programla (PICBASIC PRO™ Compiler 3.0, Microchip Technology Inc., Amerika) yapıldı (Şekil 1, 2- Resim 19). Devrenin birleştirilmesinden sonra cihazı yönetecek olan program yazıldı

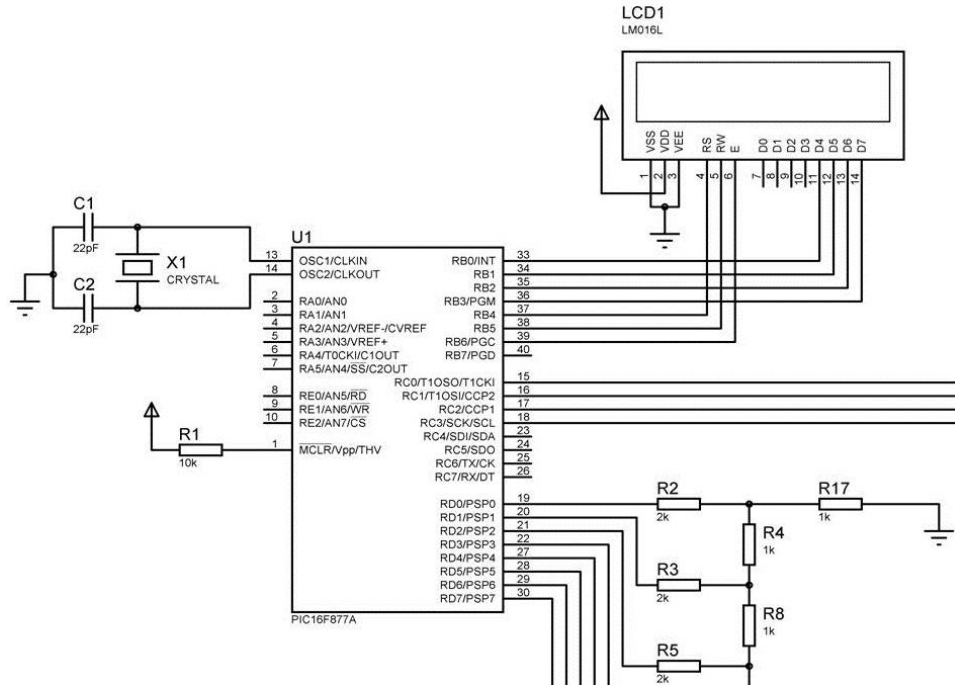
(PICBASIC PRO™, 18F - 18C PICmicro® MCU, Şikago – Amerika) ve mikroişlemciye yüklendi.



Şekil 1. Prototip elektroliz cihazın devre şeması (Bilgisayar ile çizimi).



Resim 19. Prototip elektroliz cihazının ana devresi (Bilgisayar ile çiziminden sonra ana devrenin üretilmiş son durumu).



Şekil 2. Prototip elektroliz cihazının devre bağlantıları tasarımı. (Ekran, güç kaynağı, butonlar gibi bölümlerin bağlantısı için)



Resim 20. Prototip elektroliz cihazının üretim aşaması.

Bütün parçalar birleştirildikten sonra, parçalar bir kasaya yerleştirildi (Resim 20). Kasanın üzerindeki sarı butonlar ile enjektörün içerisindeki NaOCl'e gönderilmek istenen akım ayarlanabilmekte ve bu değer cihazın dijital ekranından takip edilebilmektedir. Bu sarı butonlar +, - 1mA ve +, - 10mA olarak dört adettir (Resim 21). İstenilen akım ayarlandıktan sonra cihaza bağlı olan ayak pedalına

basılması ile 10 ml'lik enjektör içerisindeki elektroliz işlemi başlamaktadır. Ayrıca bu işlem esnasında cihaz sürekli sesli uyarı yapmaktadır (Resim 22).



Resim 21. Prototip cihazın ön yüzündeki dijital ekranlar ve butonları.



Resim 22. Prototip cihazın enjektör kısmı ile bağlantılı ve çalışmaya hazır olduğu an.

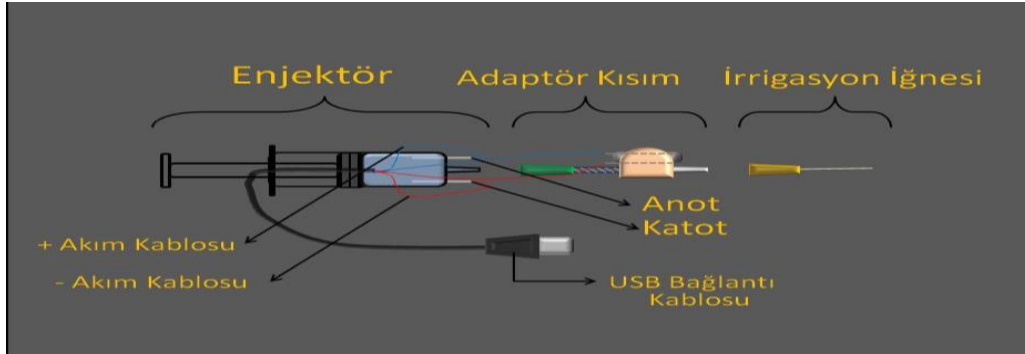
İstedığımız akımın, cihazın anot ve katot uçları arasından geçip geçmediğini kontrolü için cihazın mikroişlemci ve güç ünitesinden tamamen bağımsız olan ikinci bir ampermetre (cihazın içerisine adapte edilen) ile sürekli olarak mikroişlemcinin elde etmeye çalıştığı akım kontrol edilebildi. (Resim 23). Kontrol edilen bu değer kasanın üzerindeki ikinci ekrandan izlenebilmektedir (Resim 21). Kasanın üzerindeki siyah buton sağa çevrildiğinde irrigasyon solüsyonu kanal içine aktarmada kullanılan

iğne ucu dakikada 20.000 titreşim yaparak, yıkama sırasında titreşim oluşturmaktadır.



Resim 23. Prototip cihazın içerisinde yer alan ampermetre. (Enjektörün içerisindeki NaOCl'den geçen akımın doğruluğunu kontrol etmek için)

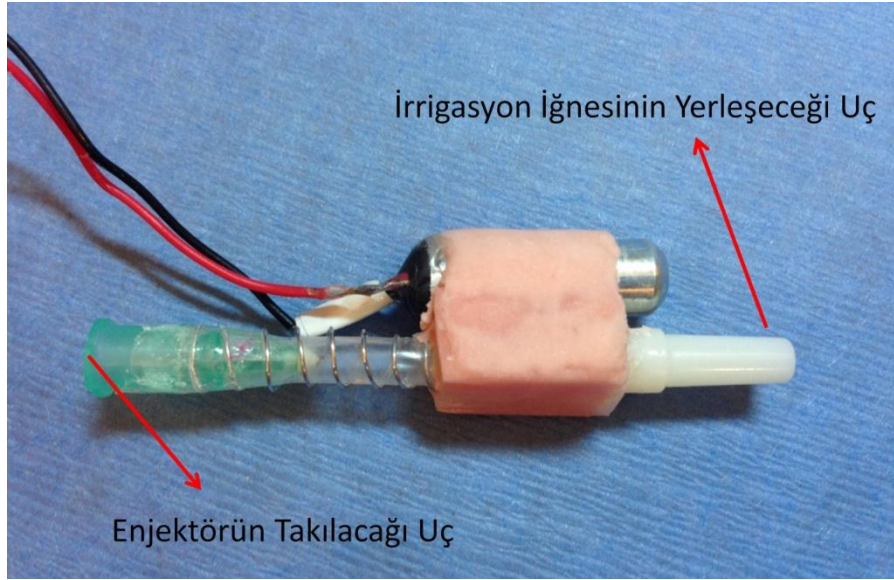
Cihaza bağlanabilmesi için 10ml'lik bir enjektör (Hayat Şırınga, Mecidiyeköy-İstanbul-Türkiye) üzerinde bazı modifikasyonlar yapılmıştır. Öncelikle anot ve katot enjektörün ön tarafından, enjektörün içerisine yerleştirilmiş ve enjektöre bağlı ana kabloya bağlanmıştır (Şekil 3).



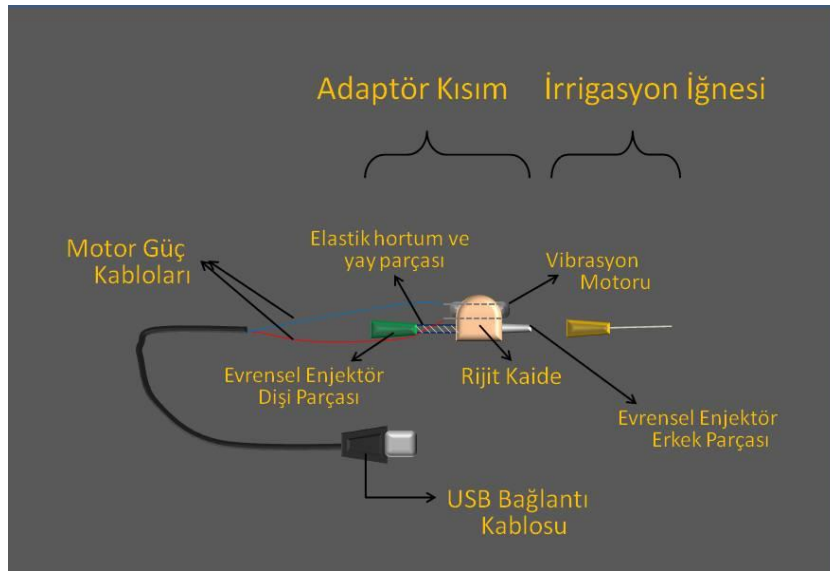
Şekil 3. Prototip elektroliz cihazına ait irrigasyon enjektörünün şematik görüntüsü.

Enjektörün uç kısmındaki iğnenin gireceği yere irrigasyon solüsyonunun içerisinden akabileceği ve aynı zamanda üzerinde sonik titreşim yapan bir motor bulunduran adaptör parça yerleştirilmiştir (Resim 24). Bu parça rijit şekilde irrigasyon iğnesine bağlı iken, enjektör ile arasındaki bağ esnek bir yapıya sahiptir. Bu dizayn sayesinde sonik titreşim yapan motorun titreşimi irrigasyon iğnesine doğrudan iletilirken, esnek yapının soğurduğu titreşim ana gövdeye tam olarak ulaşmamaktadır. Böylelikle ana gövde olan enjektör, kullanıcının elindeyken

kullanıcıyı rahatsız etmeksizin sonik titreşim yapan motorun gücü irrigasyon iğnesine aktarılabilir. Bu adaptör parçanın uç kısmı irrigasyon iğnelerinin yerleştirilebilmesi için standartlara uygundur (Şekil 4). Mikromotordan çıkan, motor besleme kablolarıda ana kabloya bağlanmıştır. Ana kablo standart USB ucu ile cihazın USB girişine bağlanmaktadır.



Resim 24. Enjektörün ucuna ve yıkama iğnesine bağlanan, titreştirici adaptör parça.



Şekil 4. Titreşimi sağlayan adaptörün şematik görünümü.

Anot ve katoda bağlı olan teller istenilen akımın geçmesini sağlamanın dışında ana devreden bağımsız çalışan ampermetrenin (dt-830d Dijital Multimetre, Zhangzhou Huayı Electronics Co. Ltd., Fujian-Çin) anot ve katot arasındaki akımı

ölçmesi içinde görev yapmaktadır. Böylelikle ana devreden tam bağımsız çalışan ampermetre ile elektroliz esnasında göndermek istediğimiz akımın mikro işlemci tarafından ne derece doğru gönderilebildiğinin sürekli olarak kontrolü sağlanabilmektedir.

Prototip elektroliz cihazının ana ekranında (resim 22) ise sarı butonlar vasıtasıyla 0,1 mA'den 25 mA'e kadar mikroişlemci istenilen akıma ayarlanabilmektedir. Cihaz mikrobiyoloji deneyinde kullanılabilmek için tamamen hazır duruma getirildi (resim 23).

3.3.4. Deney Gruplarının Oluşturulması

Steril Salin Grubu (SS) (n:6): 6 örneğin, sadece steril salin ile yıkanmasıyla oluşturulan negatif kontrol grubu.

%5'lik NaOCl Grubu (NaOCl) (n:11): 11 örneğin, sadece %5'lik NaOCl ile yıkanmasıyla oluşturulan pozitif kontrol grubu.

Ultrasonik Enerji + %5'lik NaOCl Grubu (UA) (n:11): 11 örneğin, %5'lik NaOCl ve ultrasonik cihazın kombine kullanılarak yıkanmasıyla oluşturulan grup.

Sonik Enerji + %5'lik NaOCl Grubu (EA) (n:11): 11 örneğin, %5'lik NaOCl ve endo aktivatörün (Dentsply, Tulsa, Philadelphia-Amerika) kombine kullanılarak yıkanmasıyla oluşturulan grup.

Elektroliz + %5'lik NaOCl Grubu (E-NaOCl) (n:11): 11 örneğin, %5'lik NaOCl ve deney için üretilen prototip elektroliz cihazı ile kombine kullanılarak yıkanmasıyla oluşturulan grup. (Bu grupta cihazın sadece elektroliz özelliğinden faydalanılmıştır.)

Elektroliz + Vibrasyon + %5'lik NaOCl Grubu (E-NaOCl+V) (n:11): örneğin, %5'lik NaOCl ve deney için üretilen prototip elektroliz cihazı ile kombine kullanılarak yıkanmasıyla oluşturulan grup. (Bu grupta prototip cihazın hem elektroliz hem de vibrasyon özelliğinden yararlanılmıştır.)

Son kalan 5 örneğe hiçbir işlem uygulanmadı. Bu kök parçaları daha önce üzerlerine açılan oluklar yardımıyla dikey yönde ikiye bölündü ve hemen ardından etanol ile fikse edildi. Bakteri kolonizasyon durumunun belirlenmesi için örnekler,

Erciyes Üniversitesi Teknolojik Araştırmalar Laboratuvarındaki taramalı elektron mikroskopunda (SEM) incelendi.

Silikonun donmasının ardından kutular toplu olarak Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Sterilizasyon Ünitesine verildi. Burada dişler etilen oksit gazı (Etomari ETO C 1445, Ankara –Türkiye) ile steril edildikten sonra, steril ortamda (aynı cihazın içinde) 2 saat boyunca havalandırıldı ve sterilizasyonun bozulmaması için poşetlenmiş halde sterilizasyon ünitesinden teslim alındı (Resim 25).



Resim 25. Etilen oksit sterilizasyonundan sonra mikro kuyucukların sterilizasyonunun bozulmaması için paketlenmiş hali.

3.3.5. *E. Faecalis* Bakterisinin Hazırlanması ve Örneklerle Bakteri Ekimi

3.3.5.1. *E. Faecalis* Bakterisi Üretilmesi

Deneyde test organizması olarak kullanılan *E. Faecalis* ATCC 29212 suşu Ankara Halk Sağlığı Genel Merkezi Laboratuvarından temin edildi. *E. Faecalis* bakterisi 37⁰C’de beyin kalp infüzyon besiyeri (BHI) (Merck, Darmstadt, Almanya) içerisinde bir gece boyunca çoğaltıldı. Gram boyama ve katalaz reaksiyon testi ile kültürün saflığı kontrol edildi. Kültür BHI et suyu besiyerine %20 steril gliserol (BBL Middlebrook 7H9 Broth Glycerol Becton, Dickinson, Amerika) ilave edilerek -20⁰C’de saklandı.

3.3.5.2. Bakteri Süspansiyonunun Hazırlanması

E. Faecalis ATCC 29212 suşu 37⁰C'de 24 saat boyunca BHI et suyu besiyeri içerisinde etüvde (Elektromag M420 BP, Labor Teknik Ltd., İstanbul- Türkiye) çoğaltıldı ve daha sonra bu kültürün 1 mL'si, 10 mL BHI et suyu içerisinde süspansiyon haline getirildi. Bakteriyal süspansiyondaki hücre sayımı direkt yayma yöntemi ile yapıldı. Kültürün seri dilüsyonları 0.85% (w/v) steril salin (S.D.U. Gıda Mühendisliği, Isparta) ile yapıldı ve bölünmüş tabakalarda bulunan BHI agar üzerine mikro pipetle (Vitlab, Mikro Pipet 1641000, Almanya) 0,1 mL aşılandı. 37 ° C'de 24 saat boyunca inkübasyondan sonra, bakteriyel koloniler sayıldı.

3.3.5.3. Örneklerin *E. Faecalis* Bakterisi ile Enfekte Edilmesi

Örneklerin kök kanalları, 10 mL BHI besiyeri içerisinde seyreltilmiş *E. Faecalis* ATCC 29212 bakterisi, 1ml'sinde 1,2X10⁸ koloni formunda ünite (CFU) bulunan besiyeri mikropipet (Pipette, (100 - 1000 µl), Hindistan) ile kanalın giriş ağzına kadar doldurularak kök kanalı enfeksiyonu başlatıldı. Kök kanallarından buharlaşarak azalan besiyerinin yerine, 21 gün boyunca hergün taze BHI besiyeri mikro pipet yardımıyla kanal ağzına kadar eklendi. Bütün işlemler air-flow (Chemocell LRC X UV Class II B2, Teknomar A.Ş., Ankara- Türkiye) kabin içerisinde yapıldı.

3.3.6. Dene Ortamı ve Örneklerin Test Edilmesi

3.3.6.1. Steril Salin Grubu (SS)

Brito ve ark. yaptıkları çalışmada yıkama zamanı ve total irrigasyon solüsyonu hacmini standardize etmişlerdir (167). Sunulan çalışmada daha önceki yöntem modifiye edildi ve her grupta toplam yıkama süresi ve toplam yıkama solüsyonu hacmini standardize edildi. İrrigasyon solüsyonunun kök kanalı yüzeyine toplam temas bütün gruplarda süresi 4 dakika ve toplam kullanılan irrigasyon solüsyonu hacmi 9ml olarak belirlendi.

Bu grup sadece steril salin ile yıkandığı için, negatif kontrol grubu olarak kullanıldı. 21 gün boyunca içerisinde bakteri beslenen ve biyofilm oluşumu sağlanan 6 örnek kanalı Süleyman Demirel Üniversitesi Gıda Mühendisliği Laboratuvarında

hazırlanmış olan 9 ml steril salin ile yıkandı. Yıkama işlemi aynı operatör tarafından gruptaki bütün örnekler 4'er dakika boyunca uygulandı.

3.3.6.2. NaOCl Grubu (NaOCl)

Bu grupta, NaOCl ve durulamak için steril salin kullanıldığı için pozitif kontrol grubu olarak kullanıldı. 21 gün boyunca içerisinde bakteri beslenen ve biyofilm oluşumu sağlanan 11 adet örnek kullanıldı. Kök kanalı önce 2 dakika boyunca 4 ml %5'lik NaOCl (Sodyum Hipoklorit, BASF, Almanya) ile ve hemen ardından 2 dakika boyunca 5 ml steril salin ile yıkandı. Yıkamada standart 10 ml'lik şırınga (Hayat Şırınga, Mecidiyeköy-İstanbul-Türkiye) kullanıldı. Bu şırıngada iğne olarak, yandan perfore irrigasyon iğnesi (Endo-Eze, Ultradent, Güney Ürdün) kullanıldı. Yıkama işlemleri aynı operatör tarafından gerçekleştirilmiştir.

3.3.6.3. Ultrasonik + NaOCl Grubu (UA)

Bu gruptaki örnekler, Brito ve ark. yaptıkları çalışmadaki gibi (167) önce 1,5 dakika boyunca %5'lik, 4 ml NaOCl ile yıkandı. Hemen ardından kök kanalının içerisinde kalan NaOCl ile ultrasonik cihaz (Woodpecker UDS-A, PRC) ile 30 saniye boyunca ultrasonik aktivasyon yapıldı. Ultrasonik için yapılan deneylerde ultrasonik başlığa endodontik solüsyonları aktive eden 25 nolu (S.A., EMS.DT-007, Nyon-İsviçre) uç ESI adaptörü ile takıldı (Resim 26, 27).



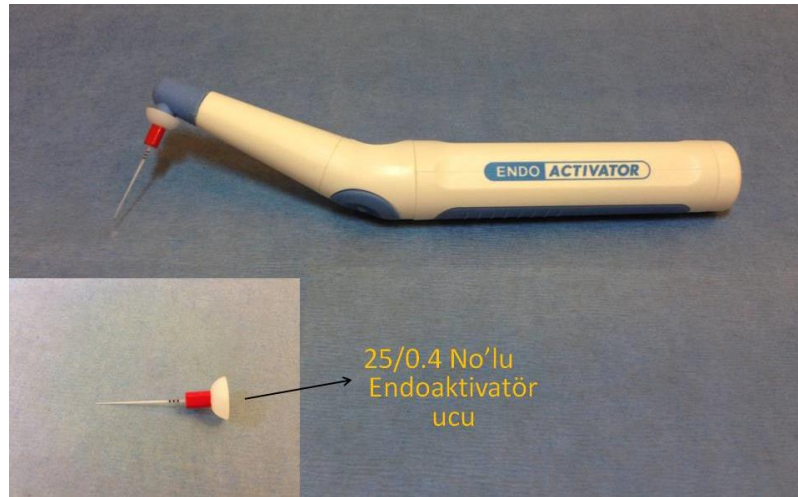
Resim 26. Bütün aksesuarlarıyla ultrasonik cihaz.



Resim 27. Ultrasonik cihazın el aleti + adaptör parça + aktive edici uç.

3.3.6.4. Sonik + NaOCl Grubu (EA)

Bu grupta örnek, Brito ve ark. yaptıkları çalışmadaki gibi (167) önce 1,5 dakika boyunca %5'lik, 4 ml NaOCl ile yıkandı. Hemen ardından kök kanalının içerisinde kalan NaOCl ile endo aktivatör (Dentsply, Tulsa, Philadelphia-Amerika) ile 30 saniye boyunca sonik aktivasyon yapıldı (Resim 28). Endo aktivatör ile birlikte 25/04 nolu kırmızı uç kullanıldı. Endoaktivatör kullanımının hemen ardından kanal 5 ml steril salin solüsyonu ile 2 dakika boyunca yıkandı.

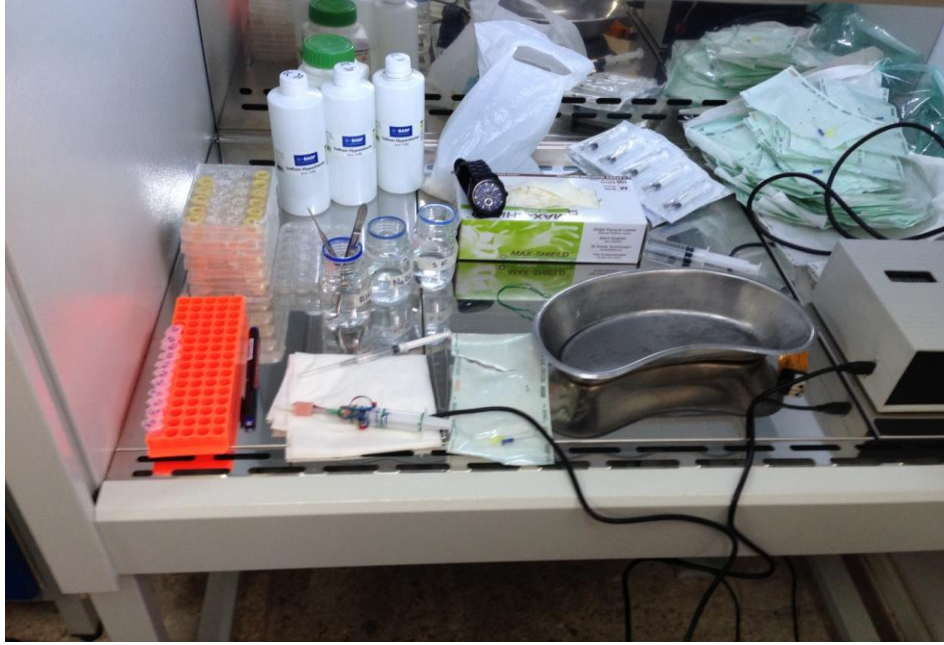


Resim 28. 25/0.4 nolu Endo Aktivatör ucu ve el aleti.

3.3.6.5. Elektroliz + NaOCl Grubu (E-NaOCl)

Bu gruptaki örnekler prototip elektroliz cihazı kullanılarak 2 dakika boyunca 4 ml, %5'lik NaOCl ile yıkanmıştır. Prototip cihaz NaOCl'i 10 ml bir enjektörün (Hayat Şırınga, Mecidiyeköy-İstanbul-Türkiye) içerisinde elektroliz yapmaktadır ve

eşzamanlı olarak irrigasyonun yapılmasına imkan vermektedir. Prototip cihazın kullanımının hemen ardından kanal 5 ml steril salin solüsyonu ile 2 dakika boyunca yıkanmıştır.(Resim 29, 30)



Resim 29. Mikrobiyoloji deneylerinin yapıldığı kabin.



Resim 30. Prototip cihazın mikrobiyoloji deneylerindeki kullanımı.

3.3.6.6. Elektroliz + Vibrasyon + NaOCl Grubu (E-NaOCl+V)

Bu gruptaki örnek prototip elektroliz cihazı kullanılarak 2 dakika boyunca %5'lik, 4 ml NaOCl'le elektroliz ve sonik vibrasyon ile birlikte yıkandı. Prototip

cihazın kullanımının hemen ardından kanal 5 ml steril salin solüsyonu ile 2 dakika boyunca yıkandı (Resim 31).



Resim 31. Prototip cihaza ait enjektör ve diğer deney elemanları.

Elektroliz cihazı dahil olmak üzere bütün yıkamalarda standart 10 ml'lik şırınga (Hayat Şırınga, Mecidiyeköy-İstanbul-Türkiye) kullanıldı. Bu şırıngada iğne olarak, yandan perfore 27 gauge'lık irrigasyon iğnesi (Endo-Eze, Ultradent, Güney-Ürdün) kullanıldı.

Brito ve ark. yaptıkları çalışmadaki gibi (167) bütün gruplarda steril salinle yıkama işleminden hemen sonra 1 adet 30 no'lu 0,2 açılı kağıt kon ile (DiaDent Group International, Kanada) kurulandı. Kurulama yapılan bu kağıt kon daha sonra içerisinde 1 ml steril salin bulunan ependorf tüpüne (Tıp, Kimya Sanayi Ltd. İstanbul-Türkiye) atıldı. Kanal tekrar steril salin ile doldurulduktan sonra 30 nolu hedstrom el eğesi (Thomas, Département Dentaire, Bourges-Fransa) ile saat yönünde kuvvetlice eğeleme yapıldı. Brito ve ark. yaptıkları çalışmadaki gibi (167) eğeleme işleminden sonra vakit kaybetmeden, 30 nolu, 0,2 açılı 2 kağıt kon ile kök kanalından tekrar örnek alındı. 2. kağıt konlarda aynı ependorfa kondu. Kağıt konlar ile örnek alma işlemi esnasında her bir kon kanal içerisinde 1 dakika boyunca bekletildi. Böylece örneklerin toplandığı ependorfun içerisinde toplamda iki kağıt kon oldu.

Bütün dişlerde ayrı ayrı kullanılan ve içerisinde 3 adet kağıt kon, bir adet yandan perfore irrigasyon iğnesi ve 30 nolu hedstrom el eğesi bulunan steril edilmiş paketler her diş için ayrı ayrı açıldı. Bütün eğeleme işlemleri için kalibre edilmiş aynı operatör tarafından saat yönünde aynı eğeleme tekniği kullanıldı. Bütün kullanılan paper pointler kanal içerisinde ayrı ayrı 1 dakika bekletildi. Ependorfların içerisinde toplanan örnekler mikrobiyolojik olarak incelenerek bakteri sayımları yapıldı. Bütün deney gruplarındaki işlemler air-flow kabin içerisinde yapıldı.

3.3.7. Test Sonrası Örneklerin Değerlendirilmesi

Deneyler sonucunda kök kanalında hayatta kalan bakterilerin, direkt yayma yöntemi ile sayımları yapıldı. Örnekleri toplamak için kullanılan paper pointler, (her grup için iki tane olmak üzere) içerisinde 1 mL steril salin (0.85%, w/v) bulunan ependorf tüplerine transfer edildi ve hemen ardından 1 dakika boyunca vortekslendi. Steril salin (0.85%, w/v) solüsyonu ile 10 kere seri dilüsyondan geçirilen örnekler hazırlandı ve her dilüsyondan ayrı ayrı 0,1 mL'si alınarak direkt yayma yöntemi ile BHI agar besiyerine enjekte edildi. 37⁰C'de 24 saatlik inkübasyondan sonra bakteri kolonileri sayıldı.

4. BULGULAR

Yapılan deneylerden elde edilen bulgular, deneylerin büyük ölçüde birbirinden farklı olmasından dolayı ayrı ayrı değerlendirildi.

4.1. Birinci Aşama: Doku Çözücülük Deney Bulguları

Birinci aşama deneyleri 3, 4 ve 5 dakikalık sürelerde, elektrolizli ve elektrolizsiz olarak %1,25; %2,5 ve %5'lik NaOCl ile yapıldı. Sığır kas dokularının deney öncesi ve deney sonrası ölçülen ağırlıkları daha sonra yüzdesel değişimlerin hesaplanması için öncelikle kaydedildi. Elektroliz uygulanmayan grupların tablosu ve elektroliz uygulanan grupların ağırlık değişim tablosu hazırlandı.(Tablo 4 ve 5)

Tablo 4. Elektroliz uygulanmayan grupların ilk ve son ağırlıkları

	3dk.	4dk.	5dk.	3dk.	4dk.	5dk.	3dk.	4dk.	5dk.	3dk.	4dk.	5dk.
1 i	243	209	462	383	302	473	383	390	407	403	463	517
s	242	199	466	416	327	490	416	398	443	396	433	481
2 i	341	371	364	476	460	416	476	416	467	436	319	268
s	337	381	372	484	473	402	484	432	503	411	299	247
3 i	428	269	276	333	542	282	333	369	379	502	325	452
s	452	294	293	361	563	271	361	408	385	466	296	407
4 i	180	223	460	280	354	426	300	347	444	497	350	234
s	183	232	464	312	362	417	269	379	424	451	321	196
5 i	404	454	486	382	359	247	259	398	225	390	448	391
s	427	492	531	410	373	249	223	402	224	401	405	377
6 i	208	224	370	408	415	244	415	417	437	453	249	465
s	194	213	382	420	447	230	397	413	430	438	251	411
7 i	302	369	375	512	427	390	405	217	210	356	296	407
s	307	389	398	537	447	387	418	221	188	339	251	378
8 i	220	167	415	367	384	407	215	268	356	383	266	372
s	228	205	431	383	401	392	216	285	346	371	237	354
9 i	224	469	411	445	332	282	416	337	411	327	410	222
s	259	463	410	469	358	273	451	323	420	303	381	169
10 i	318	234	229	491	370	305	310	467	258	297	394	345
s	337	242	252	505	394	314	321	336	257	288	384	298
11 i	294	280	355	337	380	354	327	453	455	378	301	318
s	323	297	365	336	387	361	303	475	438	355	263	270

(i: ilk ağırlık, s: son ağırlık)

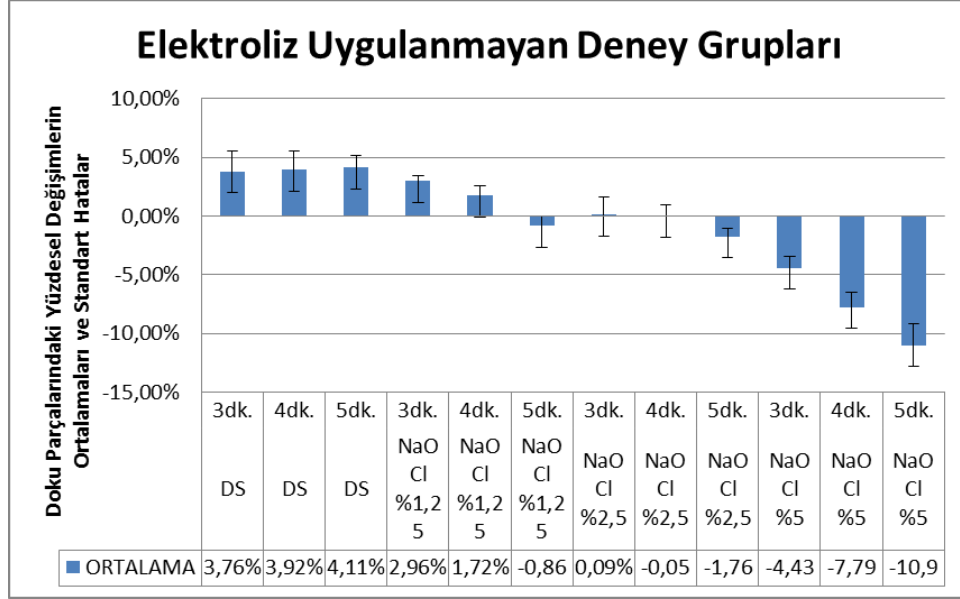
Tablo 5. Elektroliz uygulanan grupların ilk ve son ağırlıkları.

	3dk.	4dk.	5dk.	3dk.	4dk.	5dk.	3dk.	4dk.	5dk.
1 i	380	422	372	306	357	388	415	403	505
s	434	449	392	314	339	359	319	301	387
2 i	310	397	332	335	566	477	500	361	495
s	373	450	366	374	564	444	432	280	384
3 i	390	379	399	540	317	370	549	423	396
s	443	420	378	564	307	313	470	327	313
4 i	568	279	445	347	371	373	440	403	437
s	626	320	481	358	370	322	392	304	311
5 i	468	565	430	335	326	370	335	487	409
s	526	590	466	345	295	354	275	395	308
6 i	503	599	430	388	469	563	430	500	504
s	544	600	461	400	450	525	362	373	383
7 i	274	415	454	384	312	368	385	348	485
s	315	478	464	397	286	354	318	270	362
8 i	414	354	371	368	492	425	319	404	411
s	441	421	421	339	442	409	269	273	303
9 i	548	531	414	339	411	534	361	332	373
s	578	582	461	353	450	504	301	262	328
10 i	432	459	304	407	260	264	405	430	447
s	454	486	301	422	232	240	362	327	394
11 i	398	349	291	258	464	519	431	354	466
s	434	388	265	267	403	484	373	291	382

(i: ilk ağırlık, s: son ağırlık)

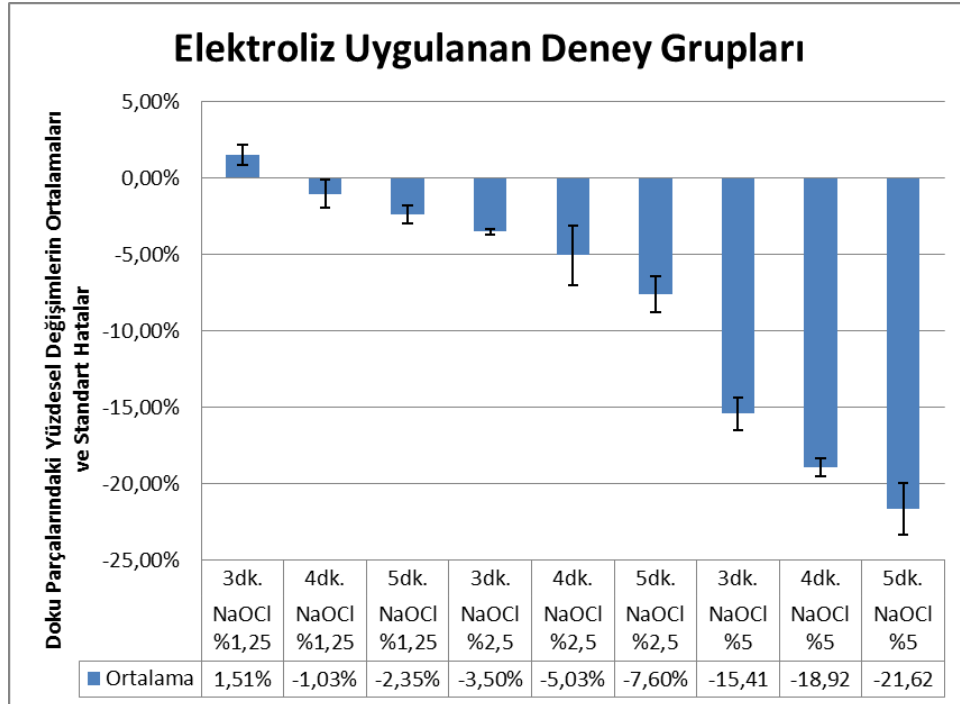
Bu ağırlık değişimleri yüzdesel olarak hesaplandı ve istatistiksel olarak değerlendirildi. İstatistiksel inceleme yapılırken grupların normallik testleri Kolmogorov-Smirnov analizi ile test edildi. Grup ortalamalarının karşılaştırılması one way anova (varyans analizi) ile yapıldı. Çoklu karşılaştırmalar varyansların homojen olmasından dolayı Tukey ile test edildi.

Her grupta yapılan 11 deneyin ortalaması ve standart sapmalar aşağıdaki grafiklerde gösterildiği gibidir. (Şekil 5, 6)



Şekil 5. Elektroliz uygulanmayan deney gruplarının ağırlık kazanım ve kaybı ortalamaları. (Standart sapmalar "T" çizgisi ile gösterilmiştir)

Şekil 5’de elektroliz uygulanmayan grupların ortalamaları yer almıştır. Grafikten görüldüğü gibi sığır kasındaki en büyük ağırlık kayıplarının beklendiği gibi, %5’lik NaOCl’in 5 dakikalık kullanımında olduğu görülmüştür.



Şekil 6. Elektroliz uygulanan deney gruplarının ağırlık kazanım ve kaybı ortalamaları. (Standart sapmalar "T" çizgisi ile gösterilmiştir)

Elektroliz uygulanan grupların ortalamaları şekil 6’da görülmektedir. Sığır dokusunu en çok ağırlık kaybı gösterdiği grup elektrolize edilen ve %5’lik NaOCl’in 5dk boyunca uygulandığı örnekler olarak tespit edildi. Bu değerlerin birbiri arasındaki bağıntılarını istatistiksel olarak bir tabloda inceledik (Tablo 6).

Tablo 6. Elektroliz uygulanan ve uygulanmayan grupların istatistik tablosu

Elektrolizsiz Gruplar	Zaman (Dakika)	Deney Sayısı	Ortalama ve	Standart Sapma	Standart Hata
Distile Su	3	11	%3,76	±5,92 ^a	%1,78
Distile Su	4	11	%3,91	±5,42 ^a	%1,63
Distile Su	5	11	%4,11	±3,4 ^a	%1,02
NaOCl %1,25	3	11	%2,96	±1,64 ^{ab}	%0,49
NaOCl %1,25	4	11	%1,72	±2,89 ^{abc}	%0,87
NaOCl %1,25	5	11	-%0,85	±2,76 ^{abcde}	%0,83
NaOCl %2,5	3	11	%0,09	±5,17 ^{abcde}	%1,55
NaOCl %2,5	4	11	-%0,05	±3,4 ^{abcde}	%1,02
NaOCl %2,5	5	11	-%1,76	±2,46 ^{abcdef}	%0,74
NaOCl %5	3	11	-%4,43	±3,29 ^{def}	%0,99
NaOCl %5	4	11	-%7,79	±4,24 ^{fg}	%1,28
NaOCl %5	5	11	%10,97	±5,93 ^{gh}	%1,78
Elektrolizli Gruplar	Zaman (Dakika)	Deney Sayısı	Ortalama ve	Standart Sapma	Standart Hata
NaOCl %1,25	3	11	%1,50	±2,14 ^{abcd}	%0,64
NaOCl %1,25	4	11	-%1,02	±3,01 ^{abcde}	%0,90
NaOCl %1,25	5	11	-%2,34	±1,92 ^{cdef}	%0,58
NaOCl %2,5	3	11	-%3,50	±0,63 ^{cdef}	%0,19
NaOCl %2,5	4	11	-%5,02	±6,45 ^{efg}	%1,94
NaOCl %2,5	5	11	-%7,59	±3,82 ^{fg}	%1,15
NaOCl %5	3	11	-%15,41	±3,5 ^{hi}	%1,05
NaOCl %5	4	11	-%18,92	±1,97 ^{ik}	%0,59
NaOCl %5	5	11	-%21,62	±5,53 ^k	%1,66

(Aynı harfle gösterilen gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmamaktadır p<0,05)

İstatistik tabloları genel olarak incelendiğinde, NaOCl’e uygulanan elektrolizin doku çözücülüğüne katkı sağladığı görülmektedir.

Elektroliz uygulanmayan gruplarla distile su ile yapılmış olan kontrol grubu karşılaştırıldığında %1,25 ve %2,5'lik NaOCl'in 3, 4 ve 5 dakikalık deneylerinde anlamlı bir farklılık gerçekleşmediğini görmekteyiz. Ancak elektroliz uygulanmayan %5'lik grupla distile su grubu arasındaki farklılık anlamlıdır ($p<0,05$).

Konsantrasyonun %5 olduğu NaOCl ve aynı uygulama süresine sahip gruplara baktığımızda elektroliz uygulanan grupların, uygulanmayan gruplara göre anlamlı derecede daha fazla doku çözdüğü görüldü.

Ayrıca süre bazında karşılaştırıldığında %5'lik NaOCl'in elektrolizle birlikte 3 dakika uygulanması, elektroliz uygulanmadan yapılan 5 dakikalık %5'lik NaOCl grubu ile anlamlı bir farklılık göstermemektedir ($p>0,05$).

Yine 3 dakikalık elektroliz uygulanan %5'lik NaOCl grubu, elektroliz uygulanmayan %5'lik 3 ve 4 dakikalık NaOCl gruplarından anlamlı derecede daha fazla doku çözmüştür ($p<0,05$).

Elektroliz uygulanan 5 dakikalık %2,5'lik NaOCl grubunun, elektroliz uygulanmayan %5'lik 3, 4 ve 5 dakikalık gruplarla arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Elektroliz uygulanan 5 dakikalık %1,25'lik NaOCl grubunun, elektroliz uygulanmayan %2,5'lik 3, 4 ve 5 dakikalık gruplarla arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Distile su ile elektrolizli veya elektrosizsiz %1,25'lik NaOCl grupları arasında, kas dokusu dehidratasyonuna bağlı olarak anlamlı bir fark bulunamadı. Bunun dışında distile su ve bazı %1,25'lik NaOCl gruplarında sığır kas dokusunun ağırlığında artış olduğu tespit edildi. Tartışma bölümünde bunun nedenleri detaylı olarak ele alınacaktır.

Sonuç olarak %5'lik NaOCl kullanılan gruplarda elektroliz NaOCl'in doku çözücü etkisini iki kat arttırmıştır.

4.1.2. İkinci Aşama: Doku Çözücülük Deneyleri Bulguları

İkinci aşama doku çözücülük deneylerinin tüm uygulamaları %5'lik NaOCl ile 5 dakika boyunca 25⁰C ve 45⁰C'de test edildi. %5'lik NaOCl'in sığır kas

dokularına temas ettiği 5 dakikalık süre boyunca, NaOCl'i aktive eden çeşitli metodlar kullanıldı. Öncelikle sığır kas dokularının ilk ağırlığı ve deneyden sonraki son ağırlıkları bir tabloya kaydedildi. Bu tablolar kolaylık olması için 25⁰C ve 45⁰C olmak üzere iki bölümde incelendi (Tablo 7, 8). Ancak istatistiksel olarak birlikte değerlendirildi.

Tablo 7. 25⁰C'de uygulanan deneylerdeki dokuların ilk ve son ağırlıkları

		25 °C Sıcaklık (Oda Sıcaklığı)					
	Distile Su	Elektroliz + Cam Pipet	Ajtasyonsuz NaOCl	Cam Pipet	Sonik	Ultrasonik	Elektroliz
1 i	462	299	517	346	232	312	386
s	466	221	481	317	168	250	280
2 i	364	343	268	283	319	279	340
s	372	205	247	177	234	236	272
3 i	276	320	452	290	292	258	451
s	293	274	407	193	226	172	395
4 i	460	337	234	344	336	248	332
s	464	215	196	268	299	187	287
5 i	486	321	391	322	307	266	322
s	531	185	377	286	179	224	258
6 i	370	311	465	313	233	273	448
s	382	239	411	186	203	225	381
7 i	375	271	407	267	349	309	399
s	398	167	378	205	300	256	329
8 i		281	372	315	175	307	356
s	415431	187	354	213	155	242	310
9 i	411	310	222	251	348	259	402
s	410	213	169	220	256	199	336
10 i		205	345	348	301	256	327
s	229252	97	298	267	231	195	288
11 i	355	317	318	319	212	260	403
s	365	276	270	242	185	170	339

(i: ilk ağırlık, s: son ağırlık)

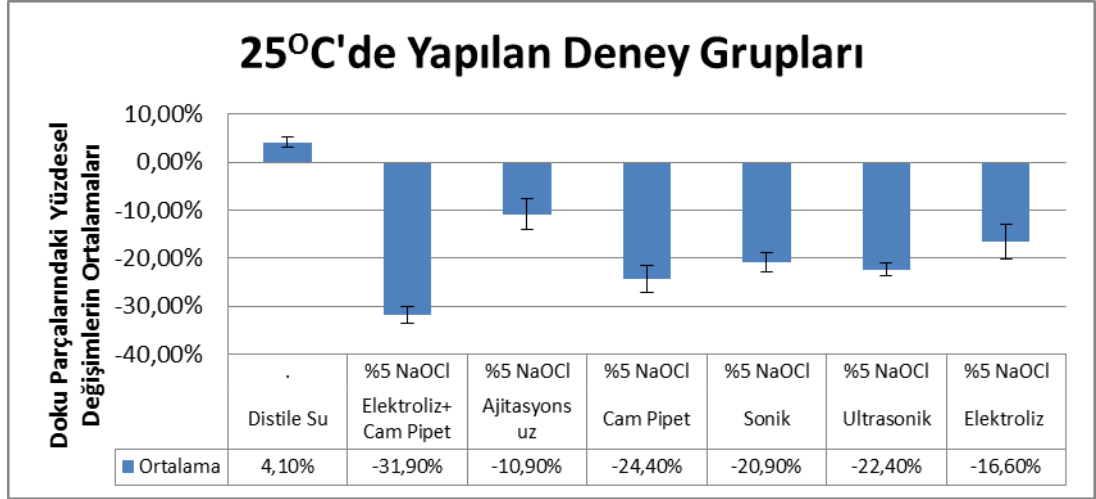
Tablo 8. 45°C’de uygulanan deneylerdeki dokuların ilk ve son ağırlıkları

		45 °C Sıcaklık					
	Distile Su	Elektroliz+ Cam Pipet	Ajitatsyonsuz NaOCl	Cam Pipet	Sonik	Ultrasonik	Elektroliz
1 i	315	413	451	551	512	368	464
s	268	112	383	344	307	198	341
2 i	458	318	482	362	450	329	449
s	436	118	414	186	271	145	297
3 i	486	397	528	370	485	213	518
s	463	104	464	183	247	100	390
4 i	402	411	481	397	464	305	378
s	392	127	398	228	311	174	246
5 i	582	483	526	384	522	301	292
s	559	132	428	223	354	167	204
6 i	415	279	549	555	465	350	295
s	416	81	447	324	302	229	206
7 i	405	342	452	271	441	214	420
s	357	120	371	106	298	124	325
8 i	451	374	443	660	389	184	462
s	411	106	374	375	227	112	280
9 i	509	283	522	656	416	343	275
s	495	87	477	368	260	144	178
10 i	598	412	365	573	454	214	346
s	587	133	293	313	252	92	231
11 i	343	316	444	377	472	371	462
s	328	92	369	173	276	217	279

(i: ilk ağırlık, s: son ağırlık)

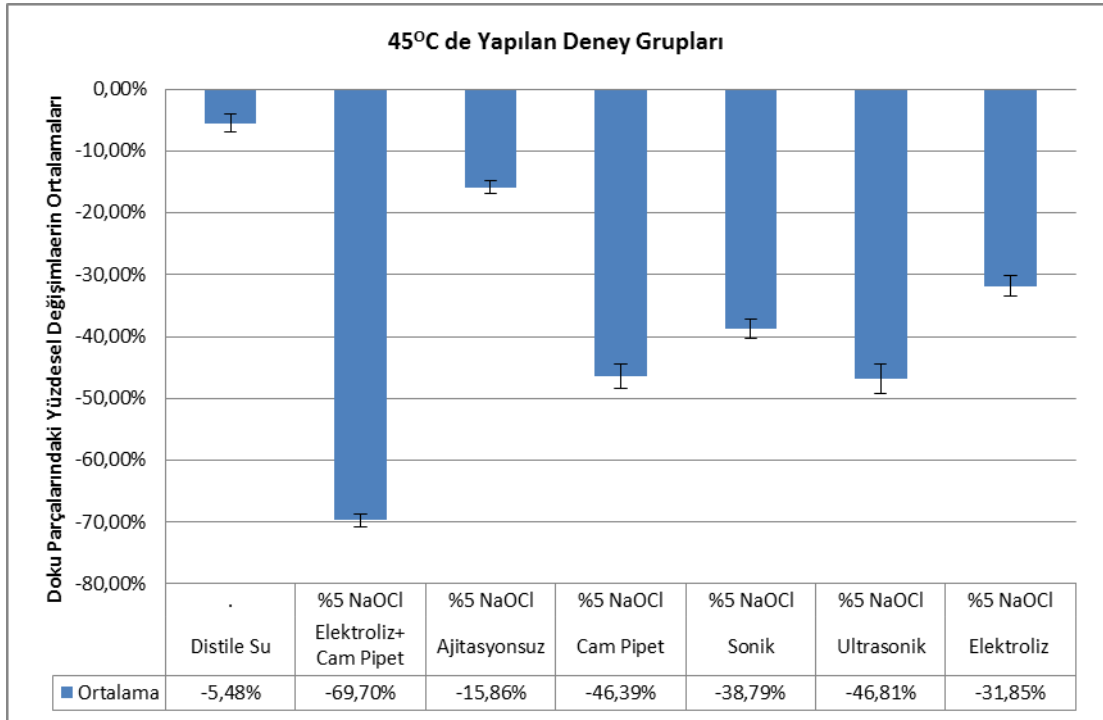
Bu ağırlık değişimleri yüzdesel olarak hesaplandı ve istatistiksel olarak değerlendirildi. İstatistiksel inceleme yapılırken grupların normallik testleri Kolmogorov-Smirnov analizi ile test edildi. Grup ortalamalarının karşılaştırılması one way anova (varyans analizi) ile yapıldı. Çoklu karşılaştırmalar varyansların homojen olmasından dolayı Tukey ile test edildi.

Her grupta yapılan 11 deneyin ortalaması ve standart sapmaları aşağıdaki grafiklerde gösterildiği gibidir (Şekil 7, 8).



Şekil 7. 25°C'de yapılan deney grupları. (Standart sapmalar "T" çizgisi ile gösterilmiştir)

Şekil 7'de 25°C'de yapılan deneylerdeki doku kayıplarının yüzdesel ortalamaları ve standart hataları yer almaktadır. Grafikte de görüldüğü gibi doku ağırlığındaki en büyük yüzdesel azalma elektroliz ve cam pipetle ajitasyonun birlikte yapıldığı gruptur.



Şekil 8. 45°C'de yapılan deney grupları. (Standart sapmalar "T" çizgisi ile gösterilmiştir)

Şekil 8'de 45°C'de yapılan deneylerdeki doku kayıplarının yüzdesel ortalamaları ve standart sapmaları yer almaktadır. Grafikte de görüldüğü gibi doku ağırlığındaki en büyük yüzdesel azalma elektroliz ve cam pipetle ajitasyonun birlikte

yapıldığı gruptur. Yaklaşık olarak %70 seviyesinde olan bu kayıp 25⁰C deki aynı deneyden daha fazla bir kayıptır. Burada ısı, ajitasyon ve elektrolizin birlikte sinerjik etki gösterdikleri görülmektedir. 45⁰C sıcaklıkla birlikte distile suda yapılan deneylerin ortalamasına bakıldığında sığır dokusundaki ağırlık artışı olmamış tersine doku kaybı yaşanmıştır.

Tablo 9. İkinci aşama doku çözücülük deneyleri gruplarının istatistik tablosu.

25 ⁰ C deki Gruplar	Zaman (Dakika)	Deney Sayısı	Ortalama ve	Standart Sapma	Standart Hata
Distile Su	5dk.	11	%4,11	±0,03 ^a	% 1,02
Elektroliz + Cam Pipet	5dk.	11	-%31,92	±0,12 ^{ef}	% 3,63
Ajitasyonsuz	5dk.	11	-%10,97	±0,06 ^{bc}	% 1,78
Cam Pipet	5dk.	11	-%24,41	±0,11 ^{de}	% 3,25
Sonik	5dk.	11	-%20,93	±0,1 ^{cd}	% 2,88
Ultrasonik	5dk.	11	-%22,41	±0,07 ^{de}	% 1,97
Elektroliz	5dk.	11	-%16,63	±0,05 ^{cd}	% 1,37
45 ⁰ C deki Gruplar	Zaman (Dakika)	Deney Sayısı	Ortalama ve	Standart Sapma	Standart Hata
Distile Su	5dk.	11	-%5,48	±4,56 ^{ab}	% 1,37
Elektroliz + Cam Pipet	5dk.	11	-%69,70	±3,41 ^h	% 1,02
Ajitasyonsuz	5dk.	11	-%15,86	±3,27 ^{cd}	% 0,98
Cam Pipet	5dk.	11	-%46,39	±6,66 ^g	% 2,01
Sonik	5dk.	11	-%38,79	±5,38 ^{fg}	% 1,62
Ultrasonik	5dk.	11	-%46,81	±7,94 ^g	% 2,39
Elektroliz	5dk.	11	-%31,85	±5,6e ^f	% 1,69

(Aynı harfle gösterilen gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmamaktadır p<0,05)

Öncelikle 25⁰C’de yapılan deneyleri kendi aralarında değerlendirdiğimizde, elektroliz ile aktive edilen NaOCl grubu (E-NaOCl), Ultrasonikle (UA) aktive edilen NaOCl grubu, Endoaktivatörle aktive edilen NaOCl grubu (EA) ve cam pipet ile aktive edilen NaOCl grubu (A) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (p<0,05). 25⁰C’de; E-NaOCl, UA, EA ve A grupları ajite edilmeden kullanılan NaOCl grubundan (NaOCl) anlamlı derecede daha fazla doku çözmüştür (p<0,05). 25⁰C’deki en yüksek doku çözücülüğü elektroliz+cam pipet grubunda (E-NaOCl+A) elde edildi. E-NaOCl+A grubuyla UA ve A grupları arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamadı (p>0,05) (Tablo 9).

45⁰C’deki deneyleri kendi içerisinde değerlendirdiğimizde en yüksek doku çözücü deneyin E-NaOCl+A olduğunu görmekteyiz. Bu grup 25⁰C’deki gruplarda dahil olmak üzere bütün gruplardan anlamlı derecede daha fazla doku çözmüştür

($p<0,05$). Böylelikle elektrolizin ısı ve ajitasyon ile birlikte kullanımının sinerjik etki gösterdiği görüldü.

Yine 45°C 'deki deneylere kendi içerisinde baktığımızda E grubunun NaOCl grubundan anlamlı derecede fazla doku çözdüğü görüldü. 45°C 'de; UA grubu, EA grubu ve A grupları arasında anlamlı bir farklılık bulunamazken UA ve A gruplarının E grubundan anlamlı derecede fazla doku çözdükleri görüldü ($p<0,05$). 45°C 'de EA ve E grupları arasında anlamlı bir farklılık görülmedi ($p>0,05$).

25°C ve 45°C deki aynı gruplar birbiriyle karşılaştırıldıklarında; 45°C 'deki grupların 25°C 'deki aynı olan gruplarından anlamlı derecede daha fazla doku çözdüğü görülmüştür ($p<0,05$).

4.2. Üçüncü Aşama: Mikrobiyoloji Deneyleri Bulguları

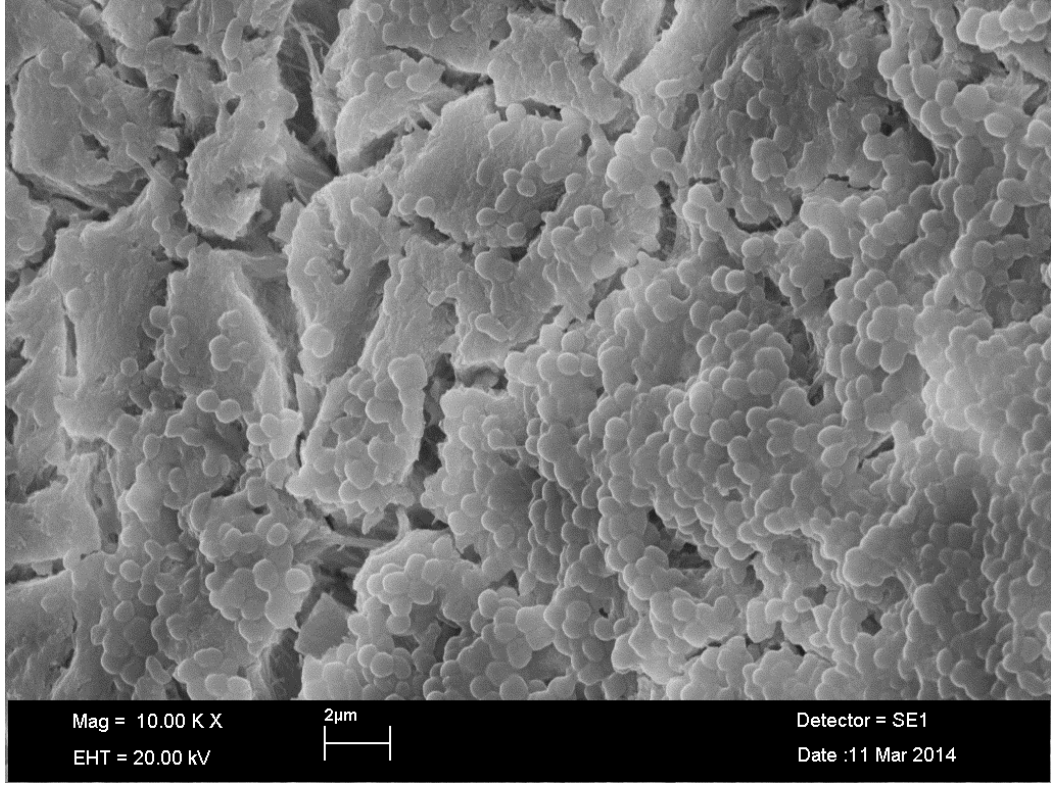
Mikrobiyoloji deneylerinde kök kanallarına mililitersinde 1.2×10^8 cfu(cloni formunda ünite) bakteri olacak şekilde ekim yapıldı ve 21 gün inkübe edildi. İnkubasyon safhasından sonra kültür alam yöntemi ile kök kanallarından alınan örneklerin bakteri sayımları yapıldı (Tablo 10).

Tablo 10. Mikrobiyoloji sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi

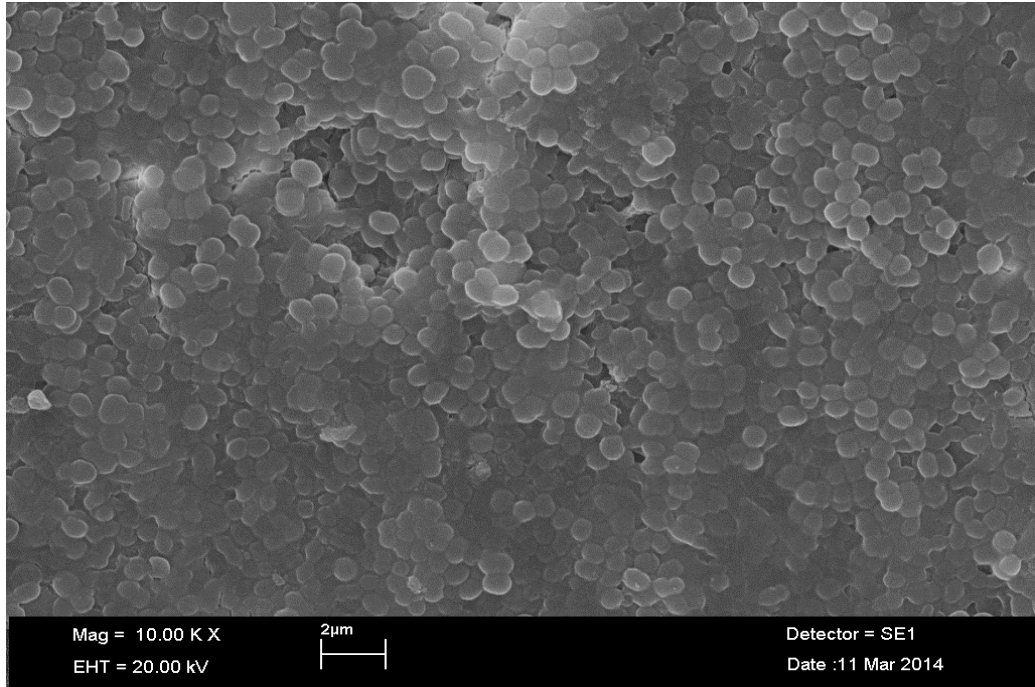
Deneyler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Ortalama
S.S	2600000	3400000	4200000	1800000	2300000	3800000						$3,01 \times 10^6$
Kont.(+)	1200	2500	4200	3400	4300	2400	1500	3600	2800	1900	2600	$2,76 \times 10^3$
Ult.	340	420	410	310	480	530	650	470	320	920	540	$4,9 \times 10^2$
Son.	710	330	870	480	490	560	490	450	440	760	430	$5,46 \times 10^2$
El.	480	540	320	630	470	740	250	320	510	580	450	$4,8 \times 10^2$
El.+V.	350	420	610	290	430	370	310	300	450	480	560	$4,15 \times 10^2$

(Ss: steril salin, U: ult:ultrasonik, son:endoaktivatör, el:elektroliz, el+V:elektroliz ve vibrasyon)

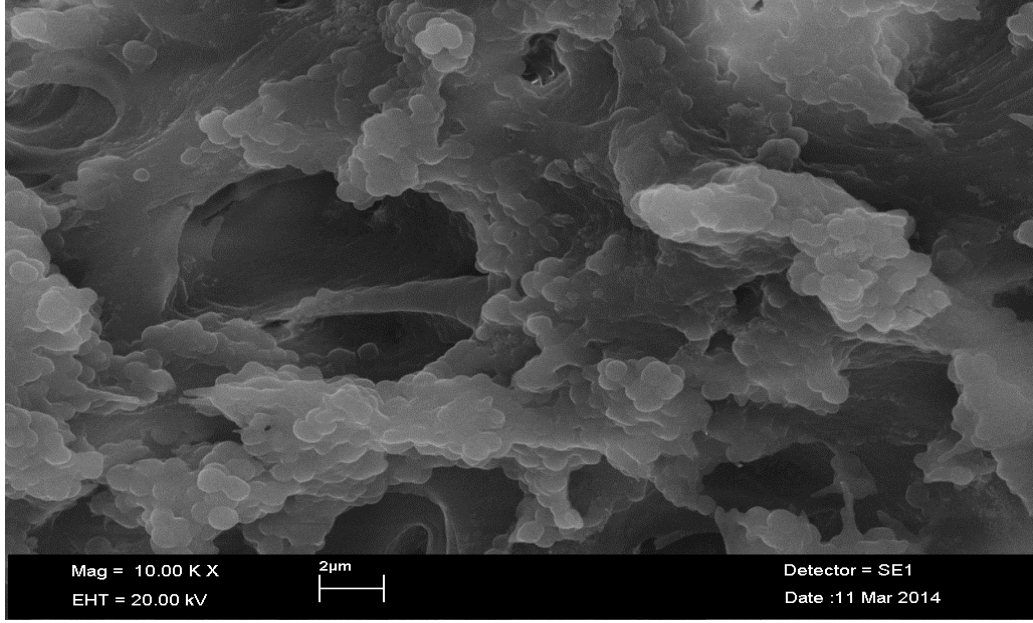
21 günlük inkübasyondan sonra 5 diş örneği ortadan ikiye bölünerek etanol ile fikse edildi ve bakteri kolonizasyonun belirlenmesi için örnekler, Erciyes Üniversitesi Teknolojik Araştırmalar Laboratuvarındaki taramalı elektron mikroskopunda incelendi. Örneklerin apikal, orta uçlu ve koronallerinden alınan bütün görüntülerde kok şeklindeki *E. faecalis* bakterisi ve biyofilmi tespit edildi (Resim 32-35).



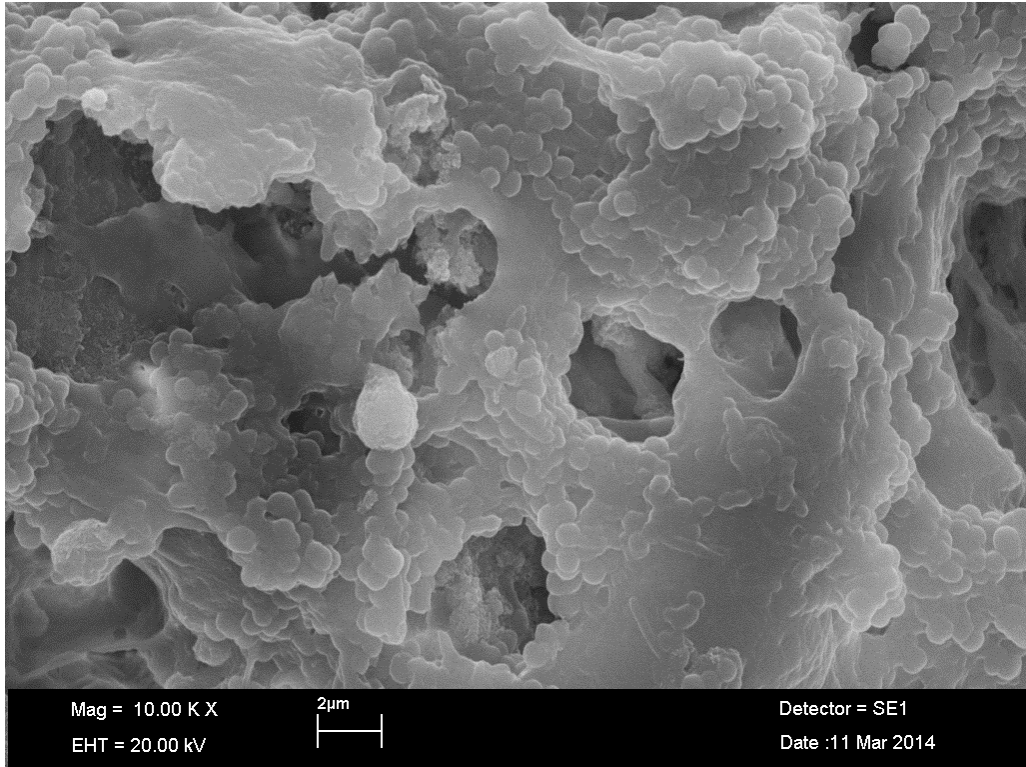
Resim 32. Vertikal olarak ikiye bölünen örneğin SEM da biyofilm görüntüsü. SEM grubunun 3. örneği, apikal bölge 3000X büyütme SEM görüntüsü.



Resim 33. Vertikal olarak ikiye bölünen örneğin SEM da biyofilm görüntüsü. SEM grubunun 2. örneği, orta üçlü 3000X büyütme SEM görüntüsü.

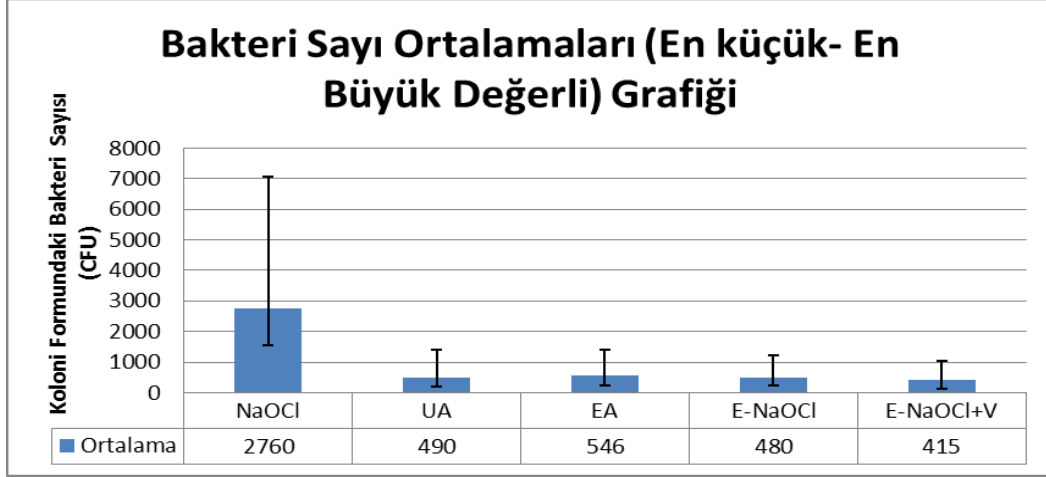


Resim 34. Vertikal olarak ikiye bölünen örneğin SEM da biyofilm görüntüsü. SEM grubunun 1. örneği, koronal 3000X büyütme SEM görüntüsü.



Resim 35. Vertikal olarak ikiye bölünen örneğin SEM da biyofilm görüntüsü. SEM grubunun 5. örneği, koronal 3000X büyütme SEM görüntüsü.

Şekil 9’da görüldüğü gibi ultrasonik (UA), endoaktivatör (EA), prototip elektroliz cihazı kullanımının bakterilerin azalmasındaki etkileri birbirine yakındır (Şekil 9).



Şekil 9. Bakteri sayı ortalamaları ve en küçük, en büyük değerleri gösteren “T” çizgisi

Bakterilerin sayımlarından sonra istatistiksel inceleme yapılırken grupların normallik testleri Shapiro-Wilk analizi ile test edildi. Grup ortalamalarının karşılaştırılması one way anova (varyans analizi) ile yapıldı. Çoklu karşılaştırmalar varyansların homojen olmasından dolayı Tukey ile test edildi (Tablo:11).

Tablo 11. Mikrobiyoloji deneylerinin istatistiksel değerlendirme tablosu

	Deney Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Ortanca	Min.	Maks.
NaOCl	11	$2,76 \times 10^3$	$\pm 1,02 \times 10^{3a}$	$2,60 \times 10^3$	$1,20 \times 10^3$	$4,30 \times 10^3$
UA	11	$4,90 \times 10^2$	$\pm 1,76 \times 10^{2b}$	$4,70 \times 10^2$	$3,10 \times 10^2$	$9,20 \times 10^2$
EA	11	$5,46 \times 10^2$	$\pm 1,64 \times 10^{2b}$	$4,90 \times 10^2$	$3,30 \times 10^2$	$8,70 \times 10^2$
E-NaOCl	11	$4,80 \times 10^2$	$\pm 1,44 \times 10^{2b}$	$4,80 \times 10^2$	$2,50 \times 10^2$	$7,40 \times 10^2$
E-NaOCl+V	11	$4,15 \times 10^2$	$\pm 10,5 \times 10^{2b}$	$4,20 \times 10^2$	$2,90 \times 10^2$	$6,10 \times 10^2$

NaOCl: kontrol grubu, UA: ultrasonik grubu, EA: Endoaktivatör grubu, E-NaOCl: prototip cihaz sadece elektroliz yaparken, E-NaOCl+V: Prototip cihaz elektroliz ve vibrasyon yaparken (Aynı harflerin olduğu gruplarda anlamlı farklılık yoktur)

Tablo 10’da görüldüğü gibi UA, EA, E-NaOCl ve E-NaOCl+V grupları arasında anlamlı bir farklılık olmamakla beraber pozitif kontrol grubu olan sadece NaOCl’nin kullanıldığı gruptan anlamlı derecede daha fazla bakterisid etki gösterdiği görüldü.

Sadece ortalamalara bakıldığında E-NaOCl+V, bakterisid etkisi en yüksek gruptur (istatistiksel olarak farklılık yok, $p > 0,05$).

5. TARTIŞMA

Yapılan çalışma, doku çözücülük deneyleri ve mikrobiyoloji deneyleri olmak üzere, metodolojik olarak birbirinden tamamen farklı iki aşamada yapılmıştır. Bu nedenle, bu iki aşama ayrı ayrı tartışılacaktır.

Okino ve ark. yaptıkları bir çalışmada; %0.5, %1 ve %2.5'lik NaOCl ile %2'lik akışkan yapıdaki CHX ve %2'lik jel yapıdaki CHX'i kontrol grubu olan distile su ile karşılaştırmışlardır. Sığır pulpa dokusu parçaları tamamı çözülene kadar 150 rpm santrifüj tüpünde 20mL NaOCl ile santrifüj edilmiştir. Çözünme zamanı pulpanın parçalanması ile hesaplanmıştır. Distile su ve CHX'in her iki formuda 6 saat boyunca pulpayı çözememişlerdir. %0.5, %1, %2.5'lik sodyum hipokloritin dokuyu çözme hızları sırasıyla ortalama; 0.31, 0.43, 0.55 mg/dakika olarak kaydedilmiştir (60). Bu tez çalışmasında Okino ve ark.'nın çalışmasındaki gibi pulpa dokusu kullanılmadı, onun yerine sığır kas dokusu kullanıldı. Okino ve ark. örnek dokunun tamamen yok olmasını beklemiştir. Bu tez çalışmasında örnek dokunun 5 dakika boyunca çözünen doku miktarı hesaplandı. Okino ve ark. deney esnasında kullanılan dokuyu çözmesi için 20 ml, bu tez çalışmasında ise 10 ml NaOCl kullanıldı. Klinikte uygulanabilir metodları saptamak için bu tez çalışmasında maksimum süre 5 dakika olarak belirlendi.

Naenni ve ark. %1'lik NaOCl, %10 klorheksidin, %3 ve %30 hidrojen peroksit, %10 perasetik asit, %5 dikloroizosiyanyürat ve %10'luk sitrik asitin nekrotik dokuyu çözme etkilerini karşılaştırmışlardır. Bu tez çalışmasında NaOCl'i aktive eden sonik, ultrasonik, ajitasyon ve elektroliz birbiri ile karşılaştırılmıştır. Domuz damağından elde edilen standart doku parçaları solüsyonların içerisinde ayrı ayrı bekletilmiş ve çıkarıldıktan sonra ağırlıkları tekrar ölçülerek yüzdesel olarak ağırlık kayıpları hesaplamıştır. Bu tez çalışmasında sığır kas dokusu kullanıldı. Bu tez çalışmasında Naenni ve ark. yaptığı çalışmadaki gibi 5 mm çapında biyopsi pançı ile örnekler hazırlandı. Fakat Naenni ve ark. makalesinde çapı 5 mm olan örneklerin kalınlığı ve hazırlanışı ile ilgili bilgi verilmemiştir. Naenni ve ark. yaptığı çalışmada örnek ağırlıkları 83 ± 9 mg bu tez çalışmasında doku örnekleri 38 ± 10 mg. olarak belirlendi. Naenni ve ark. yaptığı çalışmada hiçbir test solüsyonu NaOCl kadar etkili şekilde dokuyu çözememiştir. Bu çalışma NaOCl'in diğer irrigasyon solüsyonlarına

göre neden daha fazla tercih edildiğinin bir göstergesidir (61). Dolayısıyla diğer solüsyonların bu tez çalışmasında test edilmesine gerek duyulmamıştır.

Clarkson ve ark. domuz kesici pulpası üzerinde yaptıkları çalışmada konsantrasyon arttıkça NaOCl'in doku çözücü özelliğininde arttığını bulmuşlardır. Bu tez çalışmasında da NaOCl'in konsantrasyonu (%1 ve %4'lük) arttıkça doku çözücü özelliği arttı. Clarkson ve ark yaptığı çalışmada domuz pulpa dokusunun hacmini standardize ederken kullandıkları yöntemden bahsetmemişlerdir ancak işlem sonrası 3x1.5mm boyutlarında örnekler elde edilmiştir. Ayrıca örneklerin ağırlığı makalede belirtilmemiş yalnızca örneklerin tamamen çözüldükleri sürelerin ortalamalarına bakılmıştır (62).

Grossman ve Meiman %5'lik sodyum hipokloritin kök kanalı içerisindeki dokuyu 20 dakikadan 2 saate kadar çözebildiğini bildirmişlerdir (58).

Stojicic ve ark. yaptıkları çalışmada NaOCl'in çeşitli konsantrasyonları (%1-2-4-5,8) yüzey aktif madde ve yüzey aktif maddesiz kullanılmıştır. Ayrıca NaOCl pipetle ajitasyon, sonik aktivasyon, ultrasonik aktivasyon ve ısıyla (25⁰C, 37⁰C, 45⁰C) aktivasyon yöntemleri ile kullanılmıştır. Stojicic ve ark. yaptıkları çalışmada ısı ile NaOCl'in doku çözücü özelliğinin istatistiksel olarak anlamlı şekilde arttığı görülmüştür. Bu tez çalışmasında da ısı ile NaOCl'in doku çözücü özelliği istatistiksel olarak anlamlı şekilde arttı. Stojicic ve ark. yaptıkları çalışmada ısı kaynağı olarak sıcaklık banyosu kullanılmıştır ve bu tez çalışmasında olduğu gibi 45⁰C'de yapılan deneyler, sıcaklık banyosundaki beher içerisinde yapılmıştır. Stojicic ve ark. yaptıkları çalışmada ultrasonik, sonik ve pipet ile ajitasyon, durağan NaOCl'den istatistiksel olarak daha fazla doku çözmüştür. Bu tez çalışmasında da aynı aktivasyon metodları durağan NaOCl'e göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha fazla doku çözdü. Stojicic ve ark. yaptıkları çalışmada ve bu tez çalışmasında sonik, ultrasonik ve pipet ile ajitasyon yöntemleri doku çözücülük açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık oluşturmayan birbirine yakın değerler gösterdi (168).

Hand ve ark. yaptıkları çalışmada NaOCl'in konsantrasyonu arttıkça doku çözücü özelliğininde arttığını bildirmişlerdir. Bu tez çalışmasının birinci aşamasında da NaOCl'in konsantrasyon artışı, doku çözücü özelliğini artırdı. Hand ve ark.

ajitasyon yöntemlerinin NaOCl'in doku çözücülük kabiliyetini arttırdığını bildirmişlerdir (169). Bu tez çalışmasında da ajitasyon NaOCl'in doku çözücü özelliğini istatistiksel olarak anlamlı şekilde artırdı. Elektrolizle birlikte kullanılan ısı ve ajitasyon isen sinerjik etki göstererek durağan NaOCl'e göre neredeyse 2 kat doku çözdü.

Türkün ve ark. yaptıkları çalışmada, bu tez çalışmasına paralel olarak NaOCl'in konsantrasyon artışı ile doku çözücü özelliğinin arttığını göstermişlerdir. Türkün ve ark. bu tez çalışmasında olduğu gibi sığır kas dokusu kullanmıştır. Örneklerin boyutlarını 6 mm çapında ve 2mm kalınlığında yuvarlak silindirler şeklinde standardize etmişlerdir. NaOCl ile yapılan deneyleri bu tez çalışmasındaki gibi 5 dakika değil 30 dakika olarak belirlemişlerdir (170).

Moorer ve ark. yaptıkları çalışmada NaOCl'in konsantrasyon artışının doku çözücü özelliğini artırdığını belirtmişlerdir. Bu tez çalışmasındaki gibi deney örneği olarak sığır kas dokusundan yararlanmışlardır.

Doku çözücülük deneylerinin birinci aşamasında, NaOCl solüsyonun konsantrasyonu ve uygulama zamanı değiştirilerek sığır kas dokusu üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Bu tez çalışmasında konsantrasyonun artmasıyla birlikte NaOCl'in doku çözücü özelliğinin artması Zehnder'in çalışması ile paralellik göstermektedir (171).

Doku çözücülük deneylerinin ikinci aşamasında ise %5 konsantrasyondaki NaOCl solüsyonu; sıcaklık, elektrik akımı, sonik titreşim, ultrasonik titreşim, pipetle ajite etme ve bunların bazı kombinasyonları ile kullanıldı.

Özellikle NaOCl olmak üzere çeşitli irrigantların doku çözücü etkilerini araştırabilmek için yapılan çalışmalarda rat bağı dokusu (169), domuz palatal mukozası (61), domuz kası (172), tavşan karaciğeri (173), sığır pulpası (60) ve sığır kas dokusu (170) gibi çeşitli dokular kullanılmıştır.

Bu çalışmada pulpa dokusu kullanılmayıp, sığır kas dokusu kullanılmasının ana nedeni, sığır kas dokusunun yüzey alanının ve ağırlığının standardize edilebilir olmasıdır (170). Doku ne kadar standart olursa yüzey alanı o kadar birbirine yakın olacaktır. NaOCl solüsyonu dokuyu yüzeyden itibaren eritmeye başladığından dolayı, doku örneklerinin yüzey alanlarının birbirine yakın olması kritik önem

taşımaktadır. Diş pulpa dokularının değişik formlarda olmasından dolayı yüzey alanlarını standardize etmek mümkün olamamaktadır. Sunulan çalışmadaki doku örneklerini standardize etmek için sığır kas dokusu 2 mm kalınlığında dilimlendikten sonra biyopsi pançı ile 5 mm çapında parçalara ayrıldı ve bu parçalardan ağırlıkları 38 ± 10 mg olanlar kullanıldı.

Sığır kas dokusu daha önce birçok çalışmada olduğu gibi -15°C de muhafaza edildi (60,150,174-176). Deneyden önce derin dondurucudan çıkarılan ve daha sonra standart parçalara ayrılan doku parçaları, su kaybetmemeleri için deney anına kadar %100 nemli ortamda saklanmaya devam edildi. %100 nemli ortamın nasıl sağlandığı makalelerde pek yer alamamaktadır. Bu tez çalışmasında Türkün'ün tezindeki gibi vakumlu kaplar kullanılmıştır (170). Örneklerin nemini muhafaza etmesi için kullanılan yöntemle rağmen distile su ve %1,25'lik NaOCl solüsyonunda yapılan deneylerde hidratasyona bağlı olarak örneklerin ağırlıklarında artışı tespit edildi. Doku parçaları her ne kadar %100 nemli ortamda saklansada NaOCl solüsyonu içerisinden veya distile su içerisinden bir miktar su emmektedirler ve emdikleri suyun ağırlığı çözünen doku ağırlığından fazla olmaktadır. Yapılan bütün deneylerde dokunun saklama koşulları ve deney ortamına taşınma koşulları aynı olduğu için yöntemlerin birbiri ile karşılaştırılmasında hidratasyon herhangi bir sakınca doğurmamaktadır. Daha önce de doku çözücülüğü ile ilgili yapılmış çalışmalarda da doku parçalarının hidratasyona uğradığı bildirilmiştir (165,169).

Yapılan çalışmada doku parçaları kullanılan solüsyondan çıkarıldıktan sonra kağıt havlu ile kibarca aynı operatör tarafından kurulanmıştır. Bu yöntem daha önce yapılmış olan diğer çalışmalarla aynı şekilde yapılmıştır (62,150,165,169).

Bu tez çalışmasında her deneyde kullanılan NaOCl solüsyonunun hacmi 10ml olarak belirlenmiştir. Bu değer daha önce yapılan bazı çalışmalar baz alınarak seçilmiştir (165,175).

Bu tez çalışmasında NaOCl solüsyonu oda sıcaklığı (25°C) ve 45°C sıcaklıkta kullanılmıştır. 25°C 'deki deneyler klimatize edilmiş odada yapılırken 45°C 'de yapılan deneyler elektronik kontrolörlü sıcaklık banyosunda yapılmıştır. Bu model 25°C ve 45°C sıcaklıklar daha önce yapılmış olan çalışmalar baz alınarak seçilmiştir (150,165). Cunningham ve ark. sıcaklık banyosunda yaptıkları deneyde

NaOCl'in doku çözücü özelliğinin sıcaklık artışı ile istatistiksel olarak anlamlı şekilde arttığını tespit etmişlerdir. Stojicic ve ark. (Markus Haapasalo) yaptıkları çalışmada da oda sıcaklığı ve 45⁰C sıcaklık kullanılmıştır. Oda sıcaklığını nasıl sağladıkları hakkında makalede herhangi bir bilgi yer almazken, 45⁰C sıcaklığı bu tez çalışmasındaki gibi sıcaklık banyosu ile sağlamışlardır.

Lumley ve ark. yaptıkları çalışmada ultrasonik aksiyon esnasında doku üzerinde kavitasyon oluşma mesafesinin limitini 100 µm ve altı olarak belirlemiştir (166). Sunulan çalışmadaki bütün deneylerde ultrasonik ve sonik uç (tip) beherin içindeki NaOCl solüsyonuna 10 mm derinliğe kadar batırıldı ve dokudan 5 mm uzaklıkta çalıştırıldı. Böylelikle ultrasonik ve sonik enerjinin doku üzerinde oluşturabileceği kavitasyon etkisinden kaçınıldı. Doku üzerinde oluşabilecek kavitasyon dokunun ağırlığını değiştirebileceğinden dolayı deneyler esnasında yanlış sonuçların alınmasına sebep olmaktadır. Bu tekniği Lumley ve ark. yaptığı çalışmadan sonra Stojicic ve ark. da çalışmalarında uygulamışlardır (168). Ultrasonik, sonik ve cam pipet yöntemleri ile yapılan 5 dakikalık deneylerde uygulanacak yöntem, her bir dakikada 15 saniye tatbik edilmiştir. Bu süre Stojicic ve ark. yaptığı çalışmadaki zamanlama modeli ile aynıdır (165).

Sirtes ve ark. yaptıkları çalışmada, 45⁰C'de %5,25'lik NaOCl solüsyonundaki klorin konsantrasyonunun 1 saat boyunca değişmediğini tespit etmişlerdir (9). Buna bağlı olarak bu tez çalışmasında da 45⁰C'de yapılan deneylerde ısıtılmış NaOCl, 1 saatten fazla bekletilmemiştir. Klorin seviyesinin değişmesi NaOCl solüsyonunun konsantrasyonunun değişmesi anlamına gelmekte ve konsantrasyon değişikliği, solüsyonun doku çözücü özelliğininide değiştirmektedir. Ayrıca Sirtes ve ark.'da 45⁰C'de yaptıkları deneyleri sıcaklık kontrollü su banyosunda test etmişlerdir. 45⁰C NaOCl'nin doku çözücü özelliğini oda sıcaklığındaki NaOCl'in doku çözücü özelliğine göre anlamlı şekilde daha fazla bulmuşlardır. Bu sonuç, tez çalışmasındaki bulgularla paralellik göstermektedir.

Abou-Rass ve ark. NaOCl'in doku çözücü özelliği üzerine yaptıkları çalışmada oda sıcaklığı ve 45⁰C sıcaklık modelini kullanmışlardır. 45⁰C'de sıcaklık kontrollü su banyosu kullanmışlar. Sıcaklık ile birlikte NaOCl'in doku çözme

özelliğinin bu tez çalışmasında olduğu gibi istatistiksel olarak arttığını tespit etmişlerdir (174).

Bu tez çalışmasında 45⁰C'ye ısıtılan NaOCl solüsyonunun doku çözücü yeteneğinin oda sıcaklığındaki NaOCl solüsyonuna göre daha fazla olduğu görülmektedir. Bu sonuç daha önce yapılmış diğer çalışmalardaki sonuçlarla paralellik göstermektedir (149,174,176).

Bu tez çalışmasında kullanılan üç değişik ajitasyon metodu (sonik, ultrasonik, pipetle ajitasyon) arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Bu sonuç Stojicic ve ark. yaptığı çalışma ile benzerlik göstermektedir (165). Bu üçlü kombinasyonun birarada bulunduğu başka bir makale bulunmamaktadır.

Ultrasonik uçlar ile NaOCl'nin aktivasyonunun sağlandığı sırada solüsyonun hareketliliğinin artması ve kimyasal yapısındaki değişikliklerden dolayı aktivasyonun artmaktadır (134). Bu tez çalışmasında ultrasonik ile aktive edilen %5'lik NaOCl, kontrol grubu %5'lik NaOCl'e göre dokuyu daha fazla çözmüştür. Daha önce yapılan bazı çalışmalar ultrasonik kullanımının kök kanallarını temizlemede daha başarılı olduğunu göstermiştir (140,141,177).

Ahmad ve arkadaşları tarafından kök kanalları üzerinde yapılan araştırmada, eğerlerin ultrasonik ile titreştirilmesiyle oluşturulan akustik akım, sadece elle yapılan temizleme işlemine göre daha temiz kanallar elde edilmesini sağlamıştır (140).

Cameron ve ark. kök kanallarındaki smear tabakasının kaldırılmasına ilişkin yaptığı çalışmada sodyum hipokloritin ve ultrasonik aletin birlikte kullanımının sinerjik etki gösterdiğini söylemiştir (141).

Sabins ve ark. molar kök kanalları üzerinde yaptıkları çalışmada el aleti kullanımından sonra sonik ve ultrasonik pasif irrigasyonun smear tabakasını sökmede etkili olduğunu bildirmişlerdir (177).

Yapılan araştırmalarda, irrigasyon iğnesiyle yapılan irrigasyonların zayıf olduğu ve kanal anatomisinden kaynaklı ulaşılamayan bölgelere etki göstermediği belirtilmiştir (135).

Haapaslo ve ark. son yaptığı çalışmada, bu tez çalışmasındaki gibi sığır kas dokusu 10 ml. (%0,5-%3 ve %6'lık) NaOCl solüsyonu içerisinde test edilmiştir.

Deney enstrumanları bu deney çalışmasındaki gibi sığır kas dokusundan 10mm uzaklıkta çalıştırılmıştır. Deney enstrumanı olarak ultrasonik sistem, endovac sistem (EndoVac, Sybron Endo, Amerika) ve Multisonic Ultra Cleaning (Gentle Wave, Multisonic Ultra Cleaning, Sonendo, Kaliforniya-Amerika) sistemi kullanılmıştır. Bir çeşit (çalışma prensibi hakkında tam bir bilgi yok) ultrasonik titreşim ve ısı ile çalışan Multisonic Ultracleanin diğer metodlardan istatistiksel olarak ileri derecede anlamlı olarak fazla doku çözmüştür (178).

Mayer ve ark. elektron mikroskobu ile yaptıkları çalışmada smear tabakasını kaldırmada döner alet sistemleri ile sonik sistem arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulamamışlardır (179).

Bu tez çalışmasında sonik (EndoActivator) ile aktive edilen NaOCl, kontrol grubu NaOCl'e göre dokuyu daha fazla çözmüştür. Bu sonuç Stojicic ve ark. yaptığı çalışma ile paralellik göstermektedir (165). Sunulan çalışmada pipet ile aktive edilen NaOCl, kontrol grubu NaOCl'e göre dokuyu daha fazla çözmüştür. Bu sonuç Stojicic ve ark. yaptığı çalışma ile bu sonuç elde edilmiştir (165).

Solovyeva ve ark. yaptıkları çalışmada, elektrokimyasal olarak aktive edilmiş anolit nötr katodik solüsyon kullanmışlardır. Bu solüsyonu %3'lük NaOCl ile karşılaştırmışlar ve smear tabakasını kaldırması bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulamamışlardır. Klorin içeren bu solüsyon deneyden önce elektrik akımı ile aktive edilmiş daha sonra deneyde kullanılmıştır. Bu tez çalışmasında NaOCl'in elektrik ile aktivasyonu deney esnasında gerçekleştirildi (180).

Naenni ve ark. yaptığı çalışmada bazı popüler kök kanalı yıkama solüsyonlarının doku çözücülük oranlarını karşılaştırmıştır. Bu solüsyonlar salin solüsyonu (kontrol grubu), %1'lik NaOCl, %10'luk klorheksidin, %3'lük ve %30'luk hidrojen peoksit, %10'luk paretik asit, %5'lik dikloroizosiyanürat, %10'luk sitrik asittir. Deneyler 15, 30, 60, 90, 120 dakikalık sürelerde uygulanmıştır. Örnek olarak domuz palatal mukozası kullanılmıştır. Doku çözücü deneylerde, tüm sürelerde %1'lik NaOCl diğer bütün solüsyonlardan anlamlı derecede daha fazla doku çözmüştür (61). Bu tez çalışmasında da doku çözücülüğü üstün olan NaOCl kullanıldı. Fakat NaOCl'in asıl kullanım nedeni doku çözücü özelliğinin diğer kök

kanalı yıkama solüsyonlarından fazla olması değildir. NaOCl solüsyonunun dinamik yapısından dolayı sonik, ultrasonik, ajitasyon veya ısı ile solüsyona enerji verildiğinde doku çözücü özelliği artmaktadır. Bu fikirden yola çıkarak daha önce üzerinde çalışma yapılmamış olan elektrik enerjisinin, solüsyonun doku çözücü ve antimikrobiyal özelliğini artırıp artırmadığının tespiti bu tez çalışmasının ana hedefidir.

Quing ve ark. yaptıkları çalışmada “güçlü asit elektrolit su” ile kök kanal irrigasyonu yapıldıktan sonra dentinin mikro sertliği ölçülmüştür. Bu çalışmada da su elektrolize edilmiş ve asidik bir yapı kazandırılmıştır. Ardından bu solüsyon ile kök kanalları in vitro olarak yıkanmıştır. Bu tez çalışmasında ise NaOCl elektrolize edilmiştir ve elektroliz deney işlemi esnasında gerçekleştirilmiştir (181).

Bu tez çalışmasında NaOCl'in dinamik yapısını değiştirmek için işlem esnasında anot ve katot arasında 3V potansiyel fark oluşturularak NaOCl solüsyonundan mikro düzeyde akım geçmesi sağlanmıştır, bu nedenle elektroliz edilmiş su ile yapılmış olan çalışmalardan metodolojik olarak farklıdır.

Literatürde işlem sırasında veya öncesinde NaOCl'e elektrik akımı verilerek, NaOCl'in doku çözücü özelliğini veya diğer etkilerini araştıran bir çalışma bulunmamaktadır. Sunulan bu çalışmada NaOCl'in elektrik akımı, sıcaklık ve ajitasyon yöntemleriyle birlikte kullanımının, NaOCl'in doku çözücü özelliği üzerine etkisi incelendi ve bu metodların birbirleri ile karşılaştırmaları yapıldı.

İleride kök kanal tedavisinde kullanılma ihtimali olan bu yeni metotta, NaOCl üzerinden geçirilmek istenen elektrik akımının bir kısmı toprak yoluyla insan vücudundan geçebilir (182). Ayrıca kök kanal boyunun tespit etmek için günümüzde elektronik apeks bulucular yaygın olarak kullanılmaktadır ve bu cihazların elektrik akımları doğrudan insan vücudu üzerinden geçmektedir (183). Gomez ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 10 mA'le çalışan apeks bulucunun (Mini Apex, Sybron Endo, Amerika) kalp piline 15 cm uzaklıkta çalıştırılmasının, kalp pilini etkilemediğini fakat 2 cm uzaklıkta çalıştırılmasının kalp pilini etkilediğini bildirilmiştir (184).

Bu yüzden insan vücudu tarafından tolere edilebilir bir akım olan 10 mA sunulan çalışmada kritik sınır olarak belirlendi (German, Health Institue for standartization 2005). Çalışmamızın doku çözücülük deneyleri aşamasında anot ve

katot arasında 3V'luk potansiyel fark oluşturuldu ve bu esnada solüsyon üzerinden geçen akımın 10 mA'ı geçmediği görüldü.

Sunulan çalışmada elektrikle aktive edilen ve pasif (hiçbir aktivasyon işlemi uygulanmayan) NaOCl'in pH değerleri ölçüldü. Elektrikle aktive edilen NaOCl'in pH değeri 11,45 iken pasif NaOCl'in pH değeri 12,11 olarak tespit edildi. Elektrikle aktive edilen NaOCl solüsyonu, pasif NaOCl solüsyonuna göre biraz daha fazla katyonik olsada pH değerlerinde büyük bir değişiklik söz konusu değildir. Solüsyondaki mevcut klorin; hipokloröz asit (HOCl) ve hipoklorit iyonlarının (OCl⁻) toplamından ibarettir. HOCl ve OCl⁻ arasındaki denge ise solüsyonun pH'ı ile değişmektedir (185).

Elektrik akımı verilen NaOCl solüsyonu, pasif NaOCl solüsyonundan daha fazla doku çözmesine karşın pH'nın çok az değişmesinin nedeni HOCl ve OCl⁻ ikilisinin elektrik akımıyla birlikte solüsyondaki değerlerinin eşit şekilde artması olabilir.

Üçüncü aşamada kök kanallarının mekanik preperasyonu sonrasında nekrotik pulpa dokusu ve dentin talaşının oluşturduğu smear tabakasının uzaklaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar smear tabakasının uzaklaştırılması için genellikle iki ana yöntemden yararlanmışlardır. Bunlardan birincisi ultrasonik banyo içerisine atılan örneklerin %17'lik EDTA, ardından distile su ve ardından %5,25'lik NaOCl solüsyonu ile işlem görmesi (186-188), bir diğer yöntem ise klinikte kullandığımız %17'lik EDTA'nın şırınga ile kök kanalına tatbik edilmesi ve ardından sırasıyla distile su ve %5,25'lik NaOCl solüsyonunun kullanılması olmuştur (189-191). Bu tez çalışmasında smear tabakasının uzaklaştırılması için her örnekte final irrigasyonu olarak 1 dakika boyunca 2ml %5'lik NaOCl (Sodyum Hipoklorit, BASF, Almanya) ardından 2ml streil salin ve ardından 1 dakika boyunca 5ml %17'lik EDTA (EDTA, BASF, Almanya) ve ardından tekrar 2ml streil salin ile yıkama yapıldı.

Brito ve ark. yaptıkları çalışmada bakteriyel sızıntının önlenmesi için kök kanal modellerinde apeksi epoksi rezin ile kapatmışlardır (167). Haapasalo ve ark., Pasqualini ve ark. kök yüzeyini iki veya tek kat tırnak cilası ile boyamayı tercih etmişlerdir (161,192). Bizde yaptığımız çalışmada bakteriyel sızıntının önlenmesi için kök yüzeyini iki kat şeffaf tırnak cilası ile boyama modelini tercih ettik. Tırnak

cilası ile boyanan dişleri mikro kuyucuklara silikon ölçü maddesi ile gömüldü. Brito ve ark. yaptıkları çalışmada da silikon ölçü maddesi dişe destek sağlayan bir kaide olarak kullanılmıştır (167).

Haapasalo ve ark., Brito ve ark. yaptıkları çalışmalarda silikonun ve mikro kuyucukların zarar görmemesi için daha önce yapılmış olan çalışmalardaki gibi (167,192) kutular toplu olarak Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Sterilizasyon Ünitesine verildi. Burada dişler etilen oksit gazı ile steril edildikten sonra, steril ortamda 2 saat boyunca havalandırıldı ve sterilizasyonun bozulmaması için poşetlenmiş halde üniteden teslim alındı.

Endodontik tedavi ve tedavi sırasında kullanılan irrigasyon materyalleri ve medikamentlere karşı en fazla direnç gösteren bakterilerden bir tanesinde *E.faecalis* bakterisidir. Kök kanal tedavisi başarısız olmuş vakalardan sıklıkla *E.faecalis* bakterisi elde edilmektedir, bunun nedeni bakterinin dentin tübüllerine penetre olması ve kök kanal sisteminin kemomekanik tedavisinden kaçabilmesidir (155,193,194). Bu bakteri kök kanal tedavisindeki inatçı enfeksiyonlardan sorumlu tutulmakta ve bu nedenle endodontide birçok mikrobiyolojik çalışma *E.faecalis* bakterisi ile yapılmaktadır (149,155,171,193,195). Bu tez çalışmasında da kök kanallarını enfekte etmek için *E.faecalis* bakterisinin ATCC 29212 izolatu kullanılmıştır.

Enfeksiyonun oluşturulması için birçok araştırmacı çeşitli modeller kullanmıştır. Bu modellerden literatürde en fazla rastlanımı dentin diskleri üzerinde oluşturulan enfeksiyon ve kök kanalı içerisinde oluşturulan enfeksiyonlardır (23,155,193,194,196-199). Biz çalışmamızda enfeksiyonu kök kanalında oluşturmayı tercih ettik. Enfeksiyonun kök kanalında oluşturulması ve daha sonra NaOCl solüsyonu ile çeşitli aktive edici tekniklerin kök kanalında tatbik edilmesi hem cihazların kök kanalında kullanımının daha uygun olmasından hemde klinik uygulamaların daha yakın olmasından dolayı tercih edilmiştir. Ayrıca NaOCl'i elektrik akımı ve titreşim ile aktive eden prototip cihaz kök kanalında kullanılmak üzere tasarlanmış ve üretilmiştir.

E.faecalis bakterisi bir günlük inkübasyon süresinden sonra, kök kanallarını enfekte etmek için kullanılmış ve biyofilm oluşumu için yaklaşık olarak 3 hafta

beklenmiştir. Literatürde birçok araştırmacı kullanılan deney materyalini enfekte etmek için 24 saatten 30 güne kadar çeşitli zaman periyotları kullanmaktadır (167,192,195,198). Haapasalo ve ark. yaptığı çalışmada *E.faecalis* bakterisinin dentin tübüllerine penetre olabilmesi için 3 haftalık bir sürenin gerekli olduğunu bildirmişlerdir (161). Bu tez çalışmasında kök kanallarını enfekte etmek için 3 haftalık bir süreç seçilmiştir. Model kök kanallarından bazıları biyofilm oluşumununun görülebilmesi için SEM’de incelenmiş ve apikal, koronal, ortaüçlü bölümlerin tamamında biyofilm gözlemlenmiştir (bkz. Bulgular). Kök kanallarına ekilen *E.faecalis* bakterisi hergün beyin-kalp infüzyonu ile kök kanalı dolana kadar beslendi. Bunun nedeni daha önce yapılan ön çalışmada beyin-kalp infüzyonunun hergün bir miktar azaldığının görülmesidir.

20. gün sonunda 65 adet olan dişin, etanolle fikse edilen 5 adedi SEM altında incelendi ve biyofilm oluşumu onaylandı. 21. günde 6 deney grubundaki dişlerin kök kanalları distile su, %5’lik durağan NaOCl, sonik ile aktive edilmiş NaOCl, ultrasonik ile aktive edilmiş, NaOCl, pipet ile ajite edilmiş NaOCl, ısı ile aktive edilmiş NaOCl, elektrik ile aktive edilmiş NaOCl ve kombinasyonları ile yıkandı. Bu gruplardan (SS, NaOCl, UA, EA, E-NaOCl, E-NaOCl+V) steril salin (SS) grubu 5 diğeri 11 adet dişe sahiptir. Ultrasonik, sonik grup uygulanırken Brito ve ark. çalışmasındaki gibi %5’lik NaOCl ile 1,5 dakika boyunca yıkanan kanalda kalan NaOCl içerisinde cihaz 30 saniye boyunca çalıştırılmıştır (167). Bhuva ve ark. yaptığı çalışmada, araştırmacılar NaOCl’i 20’şer saniye olmak üzere iki kısımda toplam 40 saniye boyunca ultrasonik cihazla kök kanalına uygulamışlardır. Yine aynı çalışmada NaOCl’in dişlerin kök kanalı yüzeyine toplam temas süresi 2 dakika olarak belirlenmiştir (200). NaOCl solüsyonunu bu tez çalışmasında da bütün gruplarda kök kanalı yüzeyine 2 dakika boyunca temas ettirildi. Protatip cihaz kullanılırken elektrikle aktivasyon veya elektrikle aktivasyon+vibrasyon metodlarında cihaz 2 dakika boyunca çalıştırıldı ve sürekli olarak NaOCl’i aktive etti. Daha önce bu tip bir cihaz çalışmalarda kullanılmadığından dolayı bu yıkama metodu bu tez çalışmasında tasarlandı Finalde bütün kök kanalları 5 ml steril salin solüsyonu ile 2 dakika boyunca yıkandı.

Kök kanallarına tatbik edilen yıkama işlemlerinden sonra kök kanallarından örnekler toplandı. Daha önce yapılmış olan çalışmalara bakıldığında kök kanalından

örnek toplamak için çeşitli metodların kullanıldığını görmekteyiz. Bu metodlardan en fazla kullanılanları, enfekte kök kanalından çeşitli enstrumanlarla (döner alet, gates glidden, el eyeleri) alınan dentin talaşının besiyerine transferi, bir diğer yöntem kök kanalından steril kağıt konularla alınan numunelerin besiyere transferidir (167,186,187,192,195,198). Bazı çalışmacılar bu iki yöntemi kombine olarak da kullanmışlardır. Sunulan çalışmada biz kök kanalı içerisinden örnek almak için kağıt kon modelini kullandık.

Kök kanallarından örnek almadan önce kök kanalı steril salin ile dolduruldu ve daha sonra ilk kağıt kon kanalın içerisine yerleştirildi ve 1 dakika boyunca beklendi. 1 dakikanın sonunda ependorfa transfer edilen kağıt konunun ardından enfekte kök kanalına 2. Kağıt kon yerleştirildi ve yine 1 dakika beklendi. Daha sonra 2. Kağıt konda aseptik koşullar altında ependorfa transfer edildi ve vortekslendi. Bu yöntem Brito ve ark. yaptığı çalışmadan model olarak alınmıştır (167).

Örneklerin değerlendirilmesinde koloni sayım yöntemi kullanılmıştır. Koloni sayım yöntemi zahmetli bir iş olmasına rağmen oldukça doğru sonuçlar vermektedir. Örneklerin değerlendirilmesinde McFarland yöntemi kullanılmayışının ana nedeni, değerlendirmeyi yapacak olan operatörün yanılma ihtimalinin olmasıdır.

Literatürde NaOCl'i aktive eden ultrasonik ve sonik sistemi kök kanalında kullanarak, solüsyonun antimikrobiyal özelliği üzerine yapılmış çalışma pek fazla bulunmamaktadır. Literatürde genellikle NaOCl'in diğer kök kanalı yıkama solüsyonları ve medikamentlerle karşılaştırılması ile ilgili çalışmalar mevcuttur (185,186,189,190,195-199). Ancak bu tez çalışmasında sunulmak istenen en önemli nokta NaOCl'in elektrik akımı ile aktive olup olamayacağı, oluyorsa NaOCl'i aktive eden bilinen diğer metodlar ile karşılaştırılmasıdır. Ayrıca prototip elektroliz cihazının yapmış olduğu yıkama ve titreşimin aynı anda yapılması için şu ana kadar herhangi bir cihaz üretilmemiştir. Bu iki işlemi operatör elindeki şırınga ile yapmaya çalışmaktadır ve işlemin kalitesi operatörün yetisine göre değişmektedir. Ayrıca dakikada 20.000 kez titreşim yapan cihaza herhangi bir operatörün erişebilmesi mümkün gözükmemektedir.

Çalışmamızda bütün gruplar distile su kontrol grubuna (SS) göre anlamlı düzeyde daha fazla bakterinin azalmasına sebep olmuştur. Ayrıca NaOCl'i aktive

eden gruplar da (UA, EA, E-NaOCl, E-NaOCl+V) tek başına kullanılan NaOCl grubuna göre anlamlı derecede daha fazla bakteri sayısında düşüşe sebep olmuştur. UA grubunun ve EA grubunun, pozitif kontrol grubu olan NaOCl grubundan daha fazla bakteri düşüşüne sebep olması daha önce yapılmış olan çalışmalarla paralellik göstermektedir (167,192,200).

Çalışmamızda oluşturulan ve NaOCl'i aktive eden metodlar gruplardan (UA, EA, E-NaOCl, E-NaOCl+V) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Ancak sayısal ortalamalara bakıldığında en fazla bakteri düşüşü NaOCl solüsyonuna elektrik akımı ve vibrasyon uygulandığındaki grup (E-NaOCl+V) olmuştur. Bunu ortalamada 2. en yüksek olan NaOCl solüsyonuna sadece elektrik akımı uygulanan grup (E-NaOCl) takip etmiştir.

NaOCl solüsyonunun tek olarak ve aktivasyon metodlarıyla kullanıldığı gruplar, negatif kontrol grubu olan steril salin grubuna göre anlamlı derecede daha fazla doku çözmüştür. Daha önce yapılmış olan çalışmalarda da paralel sonuçlar elde edilmiştir (167,192,200).

Mikro akımlar daha önce tıbbın birçok alanında kullanılmıştır. Postoperatif ağrıların giderilmesi (201) ve üriner kateterlerin etrafında oluşabilecek enfeksiyonların (202) bertaraf edilmesi bunlardan yalnızca bazılarıdır. Ancak uygulanacak akımın şiddetinin hangi boyutlarda olabileceğine dair literatürde pek fazla bilgi bulunmamaktadır. Alman sağlık estitüsünün 2005 yılında yayımladığı bildiride insan vücudunu rahatsız etmeyecek en yüksek akımın 10mA olduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla bizde gerek doku çözücülük deneylerindeki elektroliz cihazını kullanırken gerekse mikrobiyoloji deneyi için tasarladığımız prototip cihazı kullanırken bu değeri geçmedik. Özellikle mikrobiyoloji deneyinde cihaz her zaman bu değer ile çalışmak üzere ayarlandı. Fakat bu cihaz veya klinik kullanım için aynı işlevi gören herhangi bir cihaz NaOCl solüsyonu üzerinden 10mA akımı geçirdiğinde bu akımın insan vücuduna sirayet etmesi mümkün değildir. Bu tedavinin uygulanacağı kişinin en kötü şartlarda toprak yolu ile bir bağlantısı varsa bu akımın çoğu anot ve katot arasından geçerken çok eser bir miktar kişinin apeksi üzerinden toprağa geçebilir (182). Dolayısıyla ileride yapılacak olan çalışmalarda toprak yoluyla kişi üzerinden geçme ihtimali olan akımlar hesaplanabilir ve NaOCl

solüsyonuna daha yüksek akımlar uygulanabilir. Böylelikle NaOCl'i daha fazla aktive etmek mümkün olabilir. İleride de yapılabilecek bu çalışmalar için cihazın devresi tasarlanırken 25mA akımı NaOCl üzerinden geçirebilecek şekilde planlandı. Cihazın arayüz yazılımı sayesinde dijital ekrandan 0,1 mA akımdan 25,0mA akıma kadar istenen değer mA'in onda biri hassasiyetinde cihazın ana ekranından ayarlanabilmektedir (Resim 25). Ayrıca cihazın doğru çalışıp çalışmadığını kendi içerisinde barındırdığı ampermetre ile kontrol eden birde kontrol mekanizması vardır. Kontrol mekanizması 2. Ekranda sürekli olarak anot ve katot arasından geçmekte olan akımın değerini göstermektedir (Resim 25). Prototip cihaz şehir elektriğini indirgeyerek kullanırken, kontrol mekanizmasını oluşturan ampermetrenin kendi güç kaynağı vardır. Cihazın ana yapısının ve cihazın içerisindeki kontrol ampermetresinin, güç kaynaklarını tamamen birbirinden ayırarak NaOCl üzerinden geçen akımın en doğru şekilde gösterilmesi sağlandı.

Günümüzde klinisyenleri uğraştıran uygulamalardan bir tanesinde kanal irrigasyonu sırasında NaOCl'i aktive etmek için şırınga ucunun kök kanalı boyunca ileri geri hareket ettirilerek solüsyonun aktive edilmeye çalışılmasıdır. Prototip cihazın bir özelliğide irrigasyon esnasında ucuna takılan irrigasyon iğnesinin dakikada 20.000 titreşim yapmasıdır. Böylelikle klinisyenin kök kanalı boyunca ileri geri hareketi yapmasına gerek kalmayabilir. Bu titreşim hareketini oluşturabilmek için şırınga ile iğne arasında her iki tarafada adapte olabilen bir parça vardır (Resim 30). Bu parçanın üzerinde ise bir adet titreşim motoru bulunmaktadır ve bu titreşim motoru cihazın kasası üzerinden kontrol edilebilmektedir. Bu parçanın ana kaidesi üzerinde oluşan titreşim enerjisi enjektöre doğru giderken yaylı sistem tarafından soğurulmaktadır. Ancak iğne ucuna doğru giderken titreşimin soğurulmaması için titreşim yolu rijit materyallerden oluşturulmuştur. Dolayısıyla motorun ürettiği titreşim enjektörü minimum düzeyde titretirken, iğne ucunu maksimum düzeyde titretmektedir (Resim 26).

Cihaza elektroliz işlemini yaptırabilmek için ayak pedalına basmak gerekmektedir. Ayak pedalına basıldığında cihaz çalışıyorsa sesli bir uyarı vermektedir. Bu sistem elektro koter cihazlarından esinlenerek tasarlanmıştır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan çalışmaya ait sonuçların kısaca değerlendirilmesi ve bazı öneriler maddeler halinde sıralanmıştır.

1. Yapılan doku çözücü deneyler sonucunda, sadece NaOCl solüsyonunun kullanıldığı grup distile su grubuna göre daha fazla doku çözdüğü görülmüştür.

2. Yapılan doku çözücü deneylerin ilk aşamasında, %1,25, %2,5 ve %5'lik NaOCl solüsyonları kendi aralarında değerlendirildiğinde, solüsyonun konsantrasyonunun artışına bağlı olarak doku çözücü özelliğinin arttığı sonucuna varıldı.

3. Yapılan doku çözücü deneylerin ilk aşamasında, NaOCl solüsyonunun 3, 4 ve 5 dakikalık kullanımlarında, sürenin artışına bağlı olarak solüsyonun doku çözücü etkisinde arttığı sonucuna varıldı.

4. Yapılan doku çözücü deneylerin ikinci aşamasında, NaOCl'in 25⁰C ve 45⁰C sıcaklıkta doku çözücü özelliğinin sıcaklık artışı ile birlikte arttığı tespit edildi.

5. Yapılan doku çözücü deneylerin ikinci aşamasında kullanılan ajitasyon metodlarının, NaOCl'in doku çözücü etkisini artırmaktadır.

6. NaOCl'in elektrik akımı ile birlikte kullanılması, solüsyonun doku çözücü özelliğini 2 kat artırmaktadır.

7. NaOCl'e elektrik akımı verilmesi ve pipet ile ajite edilmesi aynı anda yapıldığında, NaOCl'in diğer ajitasyon metodlarıyla birlikte kullanımına göre en fazla dokuyu çözdüğü görülmektedir.

8. NaOCl solüsyonunun kök kanalını yıkamada distile suya göre *E.faecalis* bakterisinin oluşturduğu enfeksiyonu elimine etmekte daha başarılı olduğu görülmüştür.

9. NaOCl solüsyonunun ajitasyonu ve elektrik akımı ile birlikte, kök kanalını yıkamakta kullanımının tek başına kullanımına göre *E.faecalis* bakterisinin oluşturduğu enfeksiyonu elimine etmekte daha başarılı olduğu görülmüştür.

10. NaOCl solüsyonunu ajite eden metodlar ile elektrik akımı ile ve hem elektrik akımı hemde titreşim ile kök kanalının yıkanmasında kullanımı, *E.faecalis*

bakterisinin oluşturduğu enfeksiyonu elimine ederken bakteri sayısındaki düşüşte istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşturmamıştır. Ancak ortalamalara bakılacak olursa, bakteri sayısında ortalama olarak en fazla düşüşü elektrik akımı uygulanan ve aynı zamanda titreştirilen NaOCl solüsyonu sağlamıştır.

11. Çalışmanın bütünü göz önünde bulundurulduğunda NaOCl'in elektrik akımı ile birlikte kullanımı solüsyonun doku çözücü özelliğini ve antimikrobiyal aktivitesini artırmaktadır. Fakat klinikte uygulanabilmesi için bir cihaza ihtiyaç vardır. Tez için tasarlanmış ve üretilmiş olan prototip cihaz geliştirilerek klinikte kullanılabilir hale getirilebilir. Bu cihazın iğne ucuna yaptırdığı titreşim sayesinde klinisyenin kök kanallarını yıkarken iğneyi kök kanalı boyunca ileri geri hareket ettirmesine gerek kalmamaktadır. Bu özellik hem kök kanallarının yıkanmasında belli bir standardı tutturmayı amaçlamaktadır hem de klinisyenin daha az çaba sarfetmesini amaçlamaktadır.

12. İleride NaOCl solüsyonuna 10mA'den daha yüksek akımlar uygulanarak aktivasyonu daha fazla artırılabilir. Bu yapılacak olan çalışmalarda NaOCl solüsyonu üzerinden geçirilen 10mA'den yüksek akımların insan vücuduna sirayet etmediği tespit edilmesi gerekmektedir.

13. Elektrolizin dentin üzerindeki değişikliklerin araştırılması ve smear tabakası üzerinde bir etkinin olup olmayışının araştırılması gerekmektedir.

ÖZET

Elektroliz Yöntemiyle Sodyum Hipokloritin Kullanımının Doku Çözücülüğü ve Antimikrobiyal Aktivitesi Üzerine Etkisi

Doku çözücülük deneylerinde üç değişik ajitasyon metodu (ultrasonik, sonik ve pipet ile), E-NaOCl ve E-NaOCl'nin pipet ile kullanımı 25°C ve 45°C'de test edildi. Herhangi bir aktivasyon metodu ile kullanılmayan distile su negatif kontrol grubu olarak kullanıldı. Herbir sığır kas dokusu (38±10 mg) 10mL NaOCl solüsyonu içerisinde işlem gördü. Doku örneklerinin işlemden önceki ve sonraki ağırlıkları ölçüldü ve ağırlık değişimleri yüzdesel olarak hesaplandı. Elektrikle ve pipetle aktive edilen NaOCl grubunun sadece elektrikle aktive edilen NaOCl grubuna göre daha fazla doku çözdüğü görüldü ($p<0.05$). Aynı sıcaklıkta birbiri içinde karşılaştırıldığında UA, EA ve NaOCl+V grupları arasında herhangi bir istatistiksel fark bulunamamıştır ($p=0.079$ for 25°C, $p=0.085$ for 45°C).

Antimikrobiyal çalışma için 65 adet çekilmiş insan dişi 6 gruba bölündü. Distile su grubu 5 dişten oluşurken, diğer gruplar 11 adet dişten oluşmaktadır. 5 diş kök kanalı üzerinde, biyofilm oluşup oluşmadığını anlayabilmek için SEM incelemesi yapıldı. 6 grup için, 10 mL BHI besiyeri içerisinde seyreltilmiş *E. Faecalis* ATCC 29212 bakterisi, 1ml'sinde $1,2 \times 10^8$ koloni formunda ünite (CFU) bulunan besiyeri ile kanalı giriş ağzına kadar doldurularak, kök kanalı enfekte edildi. İstatistiksel inceleme yapılırken grupların normallik testleri Kolmogorov-Smirnov analizi ile test edildi. Grup ortalamalarının karşılaştırılması one way anova (varyans analizi) ile yapıldı. Çoklu karşılaştırmalar varyansların homojen olmasından dolayı Tukey ile test edildi.

Her iki çalışmada da elektrik akımı ile aktive edilen NaOCl solüsyonu tek başına kullanılan NaOCl solüsyonuna göre anlamlı şekilde daha fazla doku çözmüştür ve *E.Faecalis* ile enfekte edilen kök kanalında daha fazla antimikrobiyal etki göstermiştir ($p<0.05$).

Anahtar Kelimeler: Doku çözücülük, NaOCl, mikro akım, antimikrobiyal aktivite, sonik, ultrasonik

ABSTRACT

Effect of Sodium Hypochlorite on Tissue Dissolution and Antimicrobial Activity Which Using with Electrolysis Method

In tissue dissolution experiments, three different means of agitation (Ultrasonic, sonic, and pipetting), E-NaOCl and the combination of E-NaOCl with pipetting at different temperatures were tested at 25°C and 45°C. Distilled water and NaOCl solutions without any activation methods were used as the controls. The pieces of bovine muscle tissue (38±10 mg) were placed in 10 mL of each solution. The tissue specimens were weighed before and after treatment, and the percentage of weight loss was calculated. The weight loss of the tissue greatly increased in the electrolysis of sodium hypochlorite with pipetting (E-NaOCl+V) compared with E-NaOCl and the other groups ($p<0.05$). There were no significant differences between the ultrasonic energy (UA), sonic energy (EA), and pipetting (NaOCl+V) groups within the same temperature ($p=0.079$ for 25°C, $p=0.085$ for 45°C).

For antimicrobial study 65 extracted human teeth were separated to 6 groups. Distilled water group have 5 teeth and other groups have 11 teeth. 5 teeth were used for SEM research for confirm biofilm coat. For 6 groups root canals were infected by inoculating the upper chambers with 1.2×10^8 colony-forming units per mL (cfu/mL) of *E. faecalis* ATCC29212 diluted in 10 mL BHI broth. Fresh BHI broth was added every day the upper chamber during 21 days. For two experimental study the averages, standard deviation, minimum, maximum and median were calculated for each group. The resulting data were analyzed statistically using the multi-way ANOVA and Tukey HSD tests. The level of the alpha-type error was set at <0.05 .

In two experimental studies activated NaOCl solution with electricity current was dissolved more tissue and show more antimicrobial efficiency in root canal effect against to *E. faecalis* infection from NaOCl solution without using any activation method ($p<0.05$).

Key Words: Tissue dissolution, NaOCl, micro current, antimicrobial activity, sonic, ultrasonic

KAYNAKLAR

1. Mohammadi Z. Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. *International dental journal* 2008; 58(6): 329-341.
2. Sundqvist G. Ecology of the root canal flora. *J Endod* 1992; 18(9): 427-430.
3. Bystrom A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Scandinavian journal of dental research* 1981; 89(4): 321-328.
4. Peters OA, Laib A, Gohring TN, Barbakow F. Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography. *J Endod* 2001; 27(1): 1-6.
5. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod* 2006; 32(5): 389-398.
6. Dakin HD. On the Use of Certain Antiseptic Substances in the Treatment of Infected Wounds. *British medical journal* 1915; 2(2852): 318-320.
7. McDonnell G, Russell AD. Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. *Clinical microbiology reviews* 1999; 12(1): 147-179.
8. Austin JH, Taylor HD. Behavior of Hypochlorite and of Chloramine-T Solutions in Contact with Necrotic and Normal Tissues in Vivo. *The Journal of experimental medicine* 1918; 27(5): 627-633.
9. ED. C. The diagnosis and treatment of conditions resulting from diseased dental pulps. *J Nat Dent Assoc* 1919; 6(337-349).
10. Fraiss S, Ng YL, Gulabivala K. Some factors affecting the concentration of available chlorine in commercial sources of sodium hypochlorite. *International endodontic journal* 2001; 34(3): 206-215.
11. Heling I, Rotstein I, Dinur T, Szwec-Levine Y, Steinberg D. Bactericidal and cytotoxic effects of sodium hypochlorite and sodium dichloroisocyanurate solutions in vitro. *J Endod* 2001; 27(4): 278-280.
12. Lambjerg-Hansen H, Fiehn NE, Krogh P. [Endodontic medicaments]. *Tandlaegebladet* 1982; 86(14): 467-473.
13. Estrela C, Estrela CR, Barbin EL, Spano JC, Marchesan MA, Pecora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Brazilian dental journal* 2002; 13(2): 113-117.
14. Spano JC, Barbin EL, Santos TC, Guimaraes LF, Pecora JD. Solvent action of sodium hypochlorite on bovine pulp and physico-chemical properties of resulting liquid. *Brazilian dental journal* 2001; 12(3): 154-157.
15. Nair PN. Apical periodontitis: a dynamic encounter between root canal infection and host response. *Periodontology* 2000 1997; 13(121-148).
16. Estrela C SG, Bammann LL, Felipe Jr O. Estudo do efeito biológico do pH na atividade enzimática de bactérias anaeróbias. *Rev Fac Odontol Bauru* 1994; 2(29-36).
17. Estrela C, Sydney GB, Bammann LL, Felipe Junior O. Mechanism of action of calcium and hydroxyl ions of calcium hydroxide on tissue and bacteria. *Brazilian dental journal* 1995; 6(2): 85-90.
18. A. W. Definite and dependable therapy for pulpless teeth. In, 1936; 1418-1424.

19. 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. *International endodontic journal* 1997; 30(4): 279-282.
20. Siqueira JF, Jr., Batista MM, Fraga RC, de Uzeda M. Antibacterial effects of endodontic irrigants on black-pigmented gram-negative anaerobes and facultative bacteria. *J Endod* 1998; 24(6): 414-416.
21. Gomes BP, Ferraz CC, Vianna ME, Berber VB, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *International endodontic journal* 2001; 34(6): 424-428.
22. 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 surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics* 2004; 97(1): 79-84.
23. Berber VB, Gomes BP, Sena NT, Vianna ME, Ferraz CC, Zaia AA, Souza-Filho FJ. Efficacy of various concentrations of NaOCl and instrumentation techniques in reducing *Enterococcus faecalis* within root canals and dentinal tubules. *International endodontic journal* 2006; 39(1): 10-17.
24. Oliveira DP, Barbizam JV, Trope M, Teixeira FB. In vitro antibacterial efficacy of endodontic irrigants against *Enterococcus faecalis*. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics* 2007; 103(5): 702-706.
25. Bystrom A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the effect of 0.5 percent sodium hypochlorite in endodontic therapy. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology* 1983; 55(3): 307-312.
26. Ercan E, Ozekinci T, Atakul F, Gul K. Antibacterial activity of 2% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite in infected root canal: in vivo study. *J Endod* 2004; 30(2): 84-87.
27. Vianna ME, Horz HP, Gomes BP, Conrads G. In vivo evaluation of microbial reduction after chemo-mechanical preparation of human root canals containing necrotic pulp tissue. *International endodontic journal* 2006; 39(6): 484-492.
28. Siqueira JF, Jr., Rocas IN, Paiva SS, Guimaraes-Pinto T, Magalhaes KM, Lima KC. Bacteriologic investigation of the effects of sodium hypochlorite and chlorhexidine during the endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics* 2007; 104(1): 122-130.
29. Siqueira JF, Jr., Magalhaes KM, Rocas IN. Bacterial reduction in infected root canals treated with 2.5% NaOCl as an irrigant and calcium hydroxide/camphorated paramonochlorophenol paste as an intracanal dressing. *J Endod* 2007; 33(6): 667-672.
30. Siqueira JF, Jr., Guimaraes-Pinto T, Rocas IN. Effects of chemomechanical preparation with 2.5% sodium hypochlorite and intracanal medication with calcium hydroxide on cultivable bacteria in infected root canals. *J Endod* 2007; 33(7): 800-805.
31. Waltimo TMT HM, Zehnder M. Clinical aspects related to endodontic yeast infections. *Endod Topics* 2004; 9(66-78).
32. Siqueira JF, Jr., Sen BH. Fungi in endodontic infections. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics* 2004; 97(5): 632-641.
33. Sen BH, Safavi KE, Spangberg LS. Antifungal effects of sodium hypochlorite and chlorhexidine in root canals. *J Endod* 1999; 25(4): 235-238.

34. Waltimo TM, Orstavik D, Siren EK, Haapasalo MP. In vitro susceptibility of *Candida albicans* to four disinfectants and their combinations. *International endodontic journal* 1999; 32(6): 421-429.
35. Ferguson JW, Hatton JF, Gillespie MJ. Effectiveness of intracanal irrigants and medications against the yeast *Candida albicans*. *J Endod* 2002; 28(2): 68-71.
36. Smith JJ, Wayman BE. An evaluation of the antimicrobial effectiveness of citric acid as a root canal irrigant. *J Endod* 1986; 12(2): 54-58.
37. Harrison JW, Wagner GW, Henry CA. Comparison of the antimicrobial effectiveness of regular and fresh scent Clorox. *J Endod* 1990; 16(7): 328-330.
38. Ruff ML, McClanahan SB, Babel BS. In vitro antifungal efficacy of four irrigants as a final rinse. *J Endod* 2006; 32(4): 331-333.
39. Ayhan H, Sultan N, Cirak M, Ruhi MZ, Bodur H. Antimicrobial effects of various endodontic irrigants on selected microorganisms. *International endodontic journal* 1999; 32(2): 99-102.
40. Bowden GH HI. Survival of oral bacteria. . *Crit Rev Oral Biol Med* 1998; 9(54-84).
41. Svensater G BG. Biofilms in endodontic infections. . *Endod Topics* 2004; 9(27-36).
42. Spratt DA, Pratten J, Wilson M, Gulabivala K. An in vitro evaluation of the antimicrobial efficacy of irrigants on biofilms of root canal isolates. *International endodontic journal* 2001; 34(4): 300-307.
43. Clegg MS, Vertucci FJ, Walker C, Belanger M, Britto LR. The effect of exposure to irrigant solutions on apical dentin biofilms in vitro. *J Endod* 2006; 32(5): 434-437.
44. Ozok AR, Wu MK, Luppens SB, Wesselink PR. Comparison of growth and susceptibility to sodium hypochlorite of mono- and dual-species biofilms of *Fusobacterium nucleatum* and *Peptostreptococcus (micromonas) micros*. *J Endod* 2007; 33(7): 819-822.
45. Dunavant TR, Regan JD, Glickman GN, Solomon ES, Honeyman AL. Comparative evaluation of endodontic irrigants against *Enterococcus faecalis* biofilms. *J Endod* 2006; 32(6): 527-531.
46. Giardino L, Ambu E, Savoldi E, Rimondini R, Cassanelli C, Debbia EA. Comparative evaluation of antimicrobial efficacy of sodium hypochlorite, MTAD, and Tetraclean against *Enterococcus faecalis* biofilm. *J Endod* 2007; 33(7): 852-855.
47. Moller AJ. Microbiological examination of root canals and periapical tissues of human teeth. *Methodological studies. Odontologisk tidskrift* 1966; 74(5): Suppl:1-380.
48. Ng YL, Spratt D, Sriskantharajah S, Gulabivala K. Evaluation of protocols for field decontamination before bacterial sampling of root canals for contemporary microbiology techniques. *J Endod* 2003; 29(5): 317-320.
49. Young G, Turner S, Davies JK, Sundqvist G, Figdor D. Bacterial DNA persists for extended periods after cell death. *J Endod* 2007; 33(12): 1417-1420.
50. Haapasalo M, Qian W, Portenier I, Waltimo T. Effects of dentin on the antimicrobial properties of endodontic medicaments. *J Endod* 2007; 33(8): 917-925.
51. Wang JD, Hume WR. Diffusion of hydrogen ion and hydroxyl ion from various sources through dentine. *International endodontic journal* 1988; 21(1): 17-26.
52. Camps J, Pashley DH. Buffering action of human dentin in vitro. *The journal of adhesive dentistry* 2000; 2(1): 39-50.

53. Haapasalo HK, Siren EK, Waltimo TM, Orstavik D, Haapasalo MP. Inactivation of local root canal medicaments by dentine: an in vitro study. *International endodontic journal* 2000; 33(2): 126-131.
54. Oyarzun A, Cordero AM, Whittle M. Immunohistochemical evaluation of the effects of sodium hypochlorite on dentin collagen and glycosaminoglycans. *J Endod* 2002; 28(3): 152-156.
55. Bystrom A, Sundqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *International endodontic journal* 1985; 18(1): 35-40.
56. Card SJ, Sigurdsson A, Orstavik D, Trope M. The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. *J Endod* 2002; 28(11): 779-783.
57. McGurkin-Smith R, Trope M, Caplan D, Sigurdsson A. Reduction of intracanal bacteria using GT rotary instrumentation, 5.25% NaOCl, EDTA, and Ca(OH)₂. *J Endod* 2005; 31(5): 359-363.
58. Grossman LI MB. Solution of pulp tissue by chemical agents. *J Am Dent Assoc* 1941; 28(223-225).
59. Moorer WR, Wesselink PR. [110th year Nederlands Tijdschrift voor Tandheelkunde. 2. Root canal treatment, intra-canal disinfectants and bacterial culture: past and present]. *Nederlands tijdschrift voor tandheelkunde* 2003; 110(5): 178-180.
60. Okino LA, Siqueira EL, Santos M, Bombana AC, Figueiredo JA. Dissolution of pulp tissue by aqueous solution of chlorhexidine digluconate and chlorhexidine digluconate gel. *International endodontic journal* 2004; 37(1): 38-41.
61. Naenni N, Thoma K, Zehnder M. Soft tissue dissolution capacity of currently used and potential endodontic irrigants. *J Endod* 2004; 30(11): 785-787.
62. Clarkson RM, Moule AJ, Podlich H, Kellaway R, Macfarlane R, Lewis D, Rowell J. Dissolution of porcine incisor pulps in sodium hypochlorite solutions of varying compositions and concentrations. *Australian dental journal* 2006; 51(3): 245-251.
63. Sarkar NK, Redmond W, Schwaninger B, Goldberg AJ. The chloride corrosion behaviour of four orthodontic wires. *Journal of oral rehabilitation* 1983; 10(2): 121-128.
64. O'Hoy PY, Messer HH, Palamara JE. The effect of cleaning procedures on fracture properties and corrosion of NiTi files. *International endodontic journal* 2003; 36(11): 724-732.
65. Busslinger A, Sener B, Barbakow F. Effects of sodium hypochlorite on nickel-titanium Lightspeed instruments. *International endodontic journal* 1998; 31(4): 290-294.
66. Berutti E, Marini R. A scanning electron microscopic evaluation of the debridement capability of sodium hypochlorite at different temperatures. *J Endod* 1996; 22(9): 467-470.
67. Haikel Y, Serfaty R, Wilson P, Speisser JM, Allemann C. Cutting efficiency of nickel-titanium endodontic instruments and the effect of sodium hypochlorite treatment. *J Endod* 1998; 24(11): 736-739.
68. Haikel Y, Serfaty R, Wilson P, Speisser JM, Allemann C. Mechanical properties of nickel-titanium endodontic instruments and the effect of sodium hypochlorite treatment. *J Endod* 1998; 24(11): 731-735.
69. Currey JD, Brear K, Zioupos P. Dependence of mechanical properties on fibre angle in narwhal tusk, a highly oriented biological composite. *Journal of biomechanics* 1994; 27(7): 885-897.

70. Stoward PJ. A histochemical study of the apparent deamination of proteins by sodium hypochlorite. *Histochemistry* 1975; 45(3): 213-226.
71. 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. *International endodontic journal* 2007; 40(10): 786-793.
72. Slutzky-Goldberg I, Maree M, Liberman R, Heling I. Effect of sodium hypochlorite on dentin microhardness. *J Endod* 2004; 30(12): 880-882.
73. Sim TP, Knowles JC, Ng YL, Shelton J, Gulabivala K. Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain. *International endodontic journal* 2001; 34(2): 120-132.
74. Grigoratos D, Knowles J, Ng YL, Gulabivala K. Effect of exposing dentine to sodium hypochlorite and calcium hydroxide on its flexural strength and elastic modulus. *International endodontic journal* 2001; 34(2): 113-119.
75. Mountouris G, Silikas N, Eliades G. Effect of sodium hypochlorite treatment on the molecular composition and morphology of human coronal dentin. *The journal of adhesive dentistry* 2004; 6(3): 175-182.
76. 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(8): 793-797.
77. Ishizuka T, Kataoka H, Yoshioka T, Suda H, Iwasaki N, Takahashi H, Nishimura F. Effect of NaClO treatment on bonding to root canal dentin using a new evaluation method. *Dental materials journal* 2001; 20(1): 24-33.
78. Kataoka H YT, Suda H. Effect of sodium hypochlorite on adhesion of 4-META/MMA-TBB resin to dentine. *Jpn J Conser Dent* 1999; 42(241-247).
79. Nikaido T, Takano Y, Sasafuchi Y, Burrow MF, Tagami J. Bond strengths to endodontically-treated teeth. *American journal of dentistry* 1999; 12(4): 177-180.
80. Perdigao J, Lopes M, Geraldeli S, Lopes GC, Garcia-Godoy F. Effect of a sodium hypochlorite gel on dentin bonding. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials* 2000; 16(5): 311-323.
81. Frankenberger R, Kramer N, Oberschachtsiek H, Petschelt A. Dentin bond strength and marginal adaption after NaOCl pre-treatment. *Operative dentistry* 2000; 25(1): 40-45.
82. Saboia Vde P, Almeida PC, Rittet AV, Swift EJ, Jr., Pimenta LA. 2-year Clinical evaluation of sodium hypochlorite treatment in the restoration of non-carious cervical lesions: a pilot study. *Operative dentistry* 2006; 31(5): 530-535.
83. Pioch T, Kobaslija S, Schagen B, Gotz H. Interfacial micromorphology and tensile bond strength of dentin bonding systems after NaOCl treatment. *The journal of adhesive dentistry* 1999; 1(2): 135-142.
84. Osorio R, Ceballos L, Tay F, Cabrerizo-Vilchez MA, Toledano M. Effect of sodium hypochlorite on dentin bonding with a polyalkenoic acid-containing adhesive system. *Journal of biomedical materials research* 2002; 60(2): 316-324.
85. Ari H, Yasar E, Belli S. Effects of NaOCl on bond strengths of resin cements to root canal dentin. *J Endod* 2003; 29(4): 248-251.
86. Erdemir A, Eldeniz AU, Belli S, Pashley DH. Effect of solvents on bonding to root canal dentin. *J Endod* 2004; 30(8): 589-592.

87. Shinohara MS, Bedran-de-Castro AK, Amaral CM, Pimenta LA. The effect of sodium hypochlorite on microleakage of composite resin restorations using three adhesive systems. *The journal of adhesive dentistry* 2004; 6(2): 123-127.
88. Correr GM, Puppini-Rontani RM, Correr-Sobrinho L, Sinhoret MA, Consani S. Effect of sodium hypochlorite on dentin bonding in primary teeth. *The journal of adhesive dentistry* 2004; 6(4): 307-312.
89. Vongphan N, Senawongse P, Somsiri W, Harnirattisai C. Effects of sodium ascorbate on microtensile bond strength of total-etching adhesive system to NaOCl treated dentine. *Journal of dentistry* 2005; 33(8): 689-695.
90. Wachlarowicz AJ, Joyce AP, Roberts S, Pashley DH. Effect of endodontic irrigants on the shear bond strength of epiphany sealer to dentin. *J Endod* 2007; 33(2): 152-155.
91. Hafez AA, Kopel HM, Cox CF. Pulpotomy reconsidered: application of an adhesive system to pulpotomized permanent primate pulps. *Quintessence Int* 2000; 31(8): 579-589.
92. Cox CF, Hafez AA, Akimoto N, Otsuki M, Suzuki S, Tarim B. Biocompatibility of primer, adhesive and resin composite systems on non-exposed and exposed pulps of non-human primate teeth. *American journal of dentistry* 1998; 11 Spec No(S55-63).
93. Tsuneda Y, Hayakawa T, Yamamoto H, Ikemi T, Nemoto K. A histopathological study of direct pulp capping with adhesive resins. *Operative dentistry* 1995; 20(6): 223-229.
94. Matsuo T, Nakanishi T, Shimizu H, Ebisu S. A clinical study of direct pulp capping applied to carious-exposed pulps. *J Endod* 1996; 22(10): 551-556.
95. Dummer PM, Hicks R, Huws D. Clinical signs and symptoms in pulp disease. *International endodontic journal* 1980; 13(1): 27-35.
96. Senia ES, Marshall FJ, Rosen S. The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology* 1971; 31(1): 96-103.
97. Hafez AA, Cox CF, Tarim B, Otsuki M, Akimoto N. An in vivo evaluation of hemorrhage control using sodium hypochlorite and direct capping with a one- or two-component adhesive system in exposed nonhuman primate pulps. *Quintessence Int* 2002; 33(4): 261-272.
98. Yamaguchi H, Hosoya N, Kobayashi K, Yokota T, Arai T, Nakamura J, Cox CF. The influence of two concentrations of sodium hypochlorite on human blood: changes in haemolysis, pH and protein. *International endodontic journal* 2001; 34(3): 231-236.
99. Hauman CH, Love RM. Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 1. Intracanal drugs and substances. *International endodontic journal* 2003; 36(2): 75-85.
100. Yarrington CT, Jr. The experimental causticity of sodium hypochlorite in the esophagus. *The Annals of otology, rhinology, and laryngology* 1970; 79(5): 895-899.
101. Weeks RS, Ravitch MM. The pathology of experimental injury to the cat esophagus by liquid chlorine bleach. *The Laryngoscope* 1971; 81(9): 1532-1541.
102. Kozol RA, Gillies C, Elgebaly SA. Effects of sodium hypochlorite (Dakin's solution) on cells of the wound module. *Arch Surg* 1988; 123(4): 420-423.
103. Heggors JP, Sazy JA, Stenberg BD, Strock LL, McCauley RL, Herndon DN, Robson MC. Bactericidal and wound-healing properties of sodium hypochlorite solutions: the 1991 Lindberg Award. *The Journal of burn care & rehabilitation* 1991; 12(5): 420-424.

104. Zhang W, Torabinejad M, Li Y. Evaluation of cytotoxicity of MTAD using the MTT-tetrazolium method. *J Endod* 2003; 29(10): 654-657.
105. Barnhart BD, Chuang A, Lucca JJ, Roberts S, Liewehr F, Joyce AP. An in vitro evaluation of the cytotoxicity of various endodontic irrigants on human gingival fibroblasts. *J Endod* 2005; 31(8): 613-615.
106. Ehrlich DG, Brian JD, Jr., Walker WA. Sodium hypochlorite accident: inadvertent injection into the maxillary sinus. *J Endod* 1993; 19(4): 180-182.
107. Hulsmann M, Hahn W. Complications during root canal irrigation--literature review and case reports. *International endodontic journal* 2000; 33(3): 186-193.
108. Ingram TA, 3rd. Response of the human eye to accidental exposure to sodium hypochlorite. *J Endod* 1990; 16(5): 235-238.
109. Becker GL, Cohen S, Borer R. The sequelae of accidentally injecting sodium hypochlorite beyond the root apex. Report of a case. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology* 1974; 38(4): 633-638.
110. Grob R. [An incident with sodium hypochlorite--only my error?]. *Schweizerische Monatsschrift für Zahnmedizin = Revue mensuelle suisse d'odonto-stomatologie = Rivista mensile svizzera di odontologia e stomatologia / SSO* 1984; 94(7): 661-662.
111. Reeh ES, Messer HH. Long-term paresthesia following inadvertent forcing of sodium hypochlorite through perforation in maxillary incisor. *Endodontics & dental traumatology* 1989; 5(4): 200-203.
112. Sabala CL, Powell SE. Sodium hypochlorite injection into periapical tissues. *J Endod* 1989; 15(10): 490-492.
113. 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(11): 573-574.
114. Becking AG. Complications in the use of sodium hypochlorite during endodontic treatment. Report of three cases. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology* 1991; 71(3): 346-348.
115. Kavanagh CP, Taylor J. Inadvertent injection of sodium hypochlorite into the maxillary sinus. *British dental journal* 1998; 185(7): 336-337.
116. Kaufman AY, Keila S. Hypersensitivity to sodium hypochlorite. *J Endod* 1989; 15(5): 224-226.
117. Caliskan MK, Turkun M, Alper S. Allergy to sodium hypochlorite during root canal therapy: a case report. *International endodontic journal* 1994; 27(3): 163-167.
118. CJ. R. Endodontic disinfection: tsunami irrigation. *Endod Practice* 2008; 11(7-15).
119. Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved. *J Endod* 1987; 13(3): 93-101.
120. G. C. Cleaning efficiency of the apical millimeters of curved canals using three different modalities of irrigant activation: an SEM study. Paris VII, Paris, France, 2007.
121. Gutarts R, Nusstein J, Reader A, Beck M. In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. *J Endod* 2005; 31(3): 166-170.

122. Gutarts R, Nusstein J, Reader A, Beck M. In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. *J Endod* 2005; 31(3): 166-170.
123. Lambrechts P HB, Bergmans L,. Photoactivated disinfection (PAD): paintball endodontics. *Endo Tribune* 2006; 1:7(1-24).
124. MC. C. Ultrasonic energy: a possible dental application. Preliminary report of an ultrasonic cutting method. *Ann Dent* 1958; 12(256-260).
125. EV. S. Critical evaluation of ultrasonics in dentistry. *J Prosthet Dent* 1959; 9(32-41).
126. RJ. R. The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. *Med Dent J* 1957; 12(12-18).
127. Martin H. Ultrasonic disinfection of the root canal. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology* 1976; 42(1): 92-99.
128. Martin H, Cunningham WT, Norris JP, Cotton WR. Ultrasonic versus hand filing of dentin: a quantitative study. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology* 1980; 49(1): 79-81.
129. Martin H, Cunningham WT, Norris JP. A quantitative comparison of the ability of diamond and K-type files to remove dentin. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology* 1980; 50(6): 566-568.
130. Martin H, Cunningham W. Endosonic endodontics: the ultrasonic synergistic system. *International dental journal* 1984; 34(3): 198-203.
131. Martin H, Cunningham W. Endosonics--the ultrasonic synergistic system of endodontics. *Endodontics & dental traumatology* 1985; 1(6): 201-206.
132. Stock CJ. Current status of the use of ultrasound in endodontics. *International dental journal* 1991; 41(3): 175-182.
133. Plotino G, Pameijer CH, Grande NM, Somma F. Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. *J Endod* 2007; 33(2): 81-95.
134. Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *International endodontic journal* 2004; 37(10): 672-678.
135. Abou-Rass M, Piccinino MV. The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology* 1982; 54(3): 323-328.
136. Teplitsky PE, Chenail BL, Mack B, Machnee CH. Endodontic irrigation--a comparison of endosonic and syringe delivery systems. *International endodontic journal* 1987; 20(5): 233-241.
137. Chow TW. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod* 1983; 9(11): 475-479.
138. Walters MJ, Baumgartner JC, Marshall JG. Efficacy of irrigation with rotary instrumentation. *J Endod* 2002; 28(12): 837-839.
139. 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. *International endodontic journal* 2006; 39(6): 472-476.
140. Ahmad M, Pitt Ford TJ, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J Endod* 1987; 13(10): 490-499.

141. Cameron JA. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: a scanning electron microscope evaluation. *J Endod* 1987; 13(11): 541-545.
142. Cameron JA. The use of ultrasound for the removal of the smear layer. The effect of sodium hypochlorite concentration; SEM study. *Australian dental journal* 1988; 33(3): 193-200.
143. Crabb HS. The cleansing of root canals. *International endodontic journal* 1982; 15(2): 62-66.
144. JA. C. The use of ultrasound in the cleaning of root canals: a clinical report. *J Endod* 1982; 8(471-473).
145. Tauber R, Morse DR, Sinai IA, Furst ML. A magnifying lens comparative evaluation of conventional and ultrasonically energized filing. *J Endod* 1983; 9(7): 269-274.
146. Goldman M, White RR, Moser CR, Tenca JI. A comparison of three methods of cleaning and shaping the root canal in vitro. *J Endod* 1988; 14(1): 7-12.
147. Kamburis JJ, Barker TH, Barfield RD, Eleazer PD. Removal of organic debris from bovine dentin shavings. *J Endod* 2003; 29(9): 559-561.
148. Costigan SM. Effectiveness of Hot Hypochlorites of Low Alkalinity in Destroying *Mycobacterium tuberculosis*. *Journal of bacteriology* 1936; 32(1): 57-63.
149. 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* 2005; 31(9): 669-671.
150. Cunningham WT, Balekjian AY. Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology* 1980; 49(2): 175-177.
151. <http://tr.wikipedia.org/> ed^eds.
152. Sarı D. Elektroliz Yöntemi ile Toz üretiminde Anot Yüzey Alanı ve Bakırsülfat Oranının Toz Boyutu ve Şekline Etkisinin Araştırılması. *Karabük Üniversitesi* 2010; 69-71.
153. Tendolkar PM, Baghdayan AS, Shankar N. Pathogenic enterococci: new developments in the 21st century. *Cell Mol Life Sci* 2003; 60(12): 2622-2636.
154. Rocas IN, Siqueira JF, Jr., Santos KR. Association of *Enterococcus faecalis* with different forms of periradicular diseases. *J Endod* 2004; 30(5): 315-320.
155. Kayaoglu G, Orstavik D. Virulence factors of *Enterococcus faecalis*: relationship to endodontic disease. *Crit Rev Oral Biol Med* 2004; 15(5): 308-320.
156. Sedgley C, Nagel A, Dahlen G, Reit C, Molander A. Real-time quantitative polymerase chain reaction and culture analyses of *Enterococcus faecalis* in root canals. *J Endod* 2006; 32(3): 173-177.
157. Siqueira JF, Jr., Rocas IN. Polymerase chain reaction-based analysis of microorganisms associated with failed endodontic treatment. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics* 2004; 97(1): 85-94.
158. Rocas IN, Jung IY, Lee CY, Siqueira JF, Jr. Polymerase chain reaction identification of microorganisms in previously root-filled teeth in a South Korean population. *J Endod* 2004; 30(7): 504-508.
159. Love RM. *Enterococcus faecalis*--a mechanism for its role in endodontic failure. *International endodontic journal* 2001; 34(5): 399-405.

160. Lee W, Lim S, Son HH, Bae KS. Sonicated extract of *Enterococcus faecalis* induces irreversible cell cycle arrest in phytohemagglutinin-activated human lymphocytes. *J Endod* 2004; 30(4): 209-212.
161. Haapasalo M, Orstavik D. In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. *J Dent Res* 1987; 66(8): 1375-1379.
162. Hubble TS, Hatton JF, Nallapareddy SR, Murray BE, Gillespie MJ. Influence of *Enterococcus faecalis* proteases and the collagen-binding protein, Ace, on adhesion to dentin. *Oral microbiology and immunology* 2003; 18(2): 121-126.
163. Sedgley CM, Lennan SL, Clewell DB. Prevalence, phenotype and genotype of oral enterococci. *Oral microbiology and immunology* 2004; 19(2): 95-101.
164. Sobrinho AP, Barros MH, Nicoli JR, Carvalho MA, Farias LM, Bambirra EA, Bahia MG, Vieira EC. Experimental root canal infections in conventional and germ-free mice. *J Endod* 1998; 24(6): 405-408.
165. Stojicic S, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M. Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *Journal of endodontics* 2010; 36(9): 1558-1562.
166. Lumley PJ, Walmsley AD, Laird WR. Streaming patterns produced around endosonic files. *International endodontic journal* 1991; 24(6): 290-297.
167. Brito PR, Souza LC, Machado de Oliveira JC, Alves FR, De-Deus G, Lopes HP, Siqueira JF, Jr. Comparison of the effectiveness of three irrigation techniques in reducing intracanal *Enterococcus faecalis* populations: an in vitro study. *J Endod* 2009; 35(10): 1422-1427.
168. Stojicic S, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M. Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *J Endod* 2010; 36(9): 1558-1562.
169. Hand RE, Smith ML, Harrison JW. Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. *J Endod* 1978; 4(2): 60-64.
170. Turkun M, Cengiz T. The effects of sodium hypochlorite and calcium hydroxide on tissue dissolution and root canal cleanliness. *International endodontic journal* 1997; 30(5): 335-342.
171. Zehnder M, Kosicki D, Luder H, Sener B, Waltimo T. Tissue-dissolving capacity and antibacterial effect of buffered and unbuffered hypochlorite solutions. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics* 2002; 94(6): 756-762.
172. Hasselgren G, Olsson B, Cvek M. Effects of calcium hydroxide and sodium hypochlorite on the dissolution of necrotic porcine muscle tissue. *J Endod* 1988; 14(3): 125-127.
173. Moorer WR, Wesselink PR. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *International endodontic journal* 1982; 15(4): 187-196.
174. Abou-Rass M, Oglesby SW. The effects of temperature, concentration, and tissue type on the solvent ability of sodium hypochlorite. *J Endod* 1981; 7(8): 376-377.
175. Christensen CE, McNeal SF, Eleazer P. Effect of lowering the pH of sodium hypochlorite on dissolving tissue in vitro. *J Endod* 2008; 34(4): 449-452.
176. Rossi-Fedele G, De Figueiredo JA. Use of a bottle warmer to increase 4% sodium hypochlorite tissue dissolution ability on bovine pulp. *Australian endodontic journal : the journal of the Australian Society of Endodontology Inc* 2008; 34(1): 39-42.

177. Sabins RA, Johnson JD, Hellstein JW. A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod* 2003; 29(10): 674-678.
178. Haapasalo M, Wang Z, Shen Y, Curtis A, Patel P, Khakpour M. Tissue dissolution by a novel multisonic ultracleaning system and sodium hypochlorite. *J Endod* 2014; 40(8): 1178-1181.
179. Mayer BE, Peters OA, Barbakow F. Effects of rotary instruments and ultrasonic irrigation on debris and smear layer scores: a scanning electron microscopic study. *International endodontic journal* 2002; 35(7): 582-589.
180. Solovyeva AM, Dummer PM. Cleaning effectiveness of root canal irrigation with electrochemically activated anolyte and catholyte solutions: a pilot study. *International endodontic journal* 2000; 33(6): 494-504.
181. Qing Y, Akita Y, Kawano S, Kawazu S, Yoshida T, Sekine I. Cleaning efficacy and dentin micro-hardness after root canal irrigation with a strong acid electrolytic water. *J Endod* 2006; 32(11): 1102-1106.
182. Arifoglu U. *Elektrik - Elektronik / Mühendisliğin Temelleri Doğru Akım Devreleri Cilt - 1: Alfa Yayınları, 2005.*
183. D'Assuncao FL, de Albuquerque DS, Salazar-Silva JR, de Queiroz Ferreira LC, Bezerra PM. The accuracy of root canal measurements using the Mini Apex Locator and Root ZX-II: an evaluation in vitro. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics* 2007; 104(3): e50-53.
184. Gomez G, Duran-Sindreu F, Jara Clemente F, Garofalo RR, Garcia M, Bueno R, Roig M. The effects of six electronic apex locators on pacemaker function: an in vitro study. *International endodontic journal* 2013; 46(5): 399-405.
185. Bloomfield SF MG. The relationship between residual chlorine and disinfection capacity of sodium hypochlorite and sodium dichlorisocyanurate solutions in the presence of E. Coli and milk. *Microbios* 1979; 10(33-43).
186. Behnen MJ, West LA, Liewehr FR, Buxton TB, McPherson JC, 3rd. Antimicrobial activity of several calcium hydroxide preparations in root canal dentin. *J Endod* 2001; 27(12): 765-767.
187. Heling I, Chandler NP. Antimicrobial effect of irrigant combinations within dentinal tubules. *International endodontic journal* 1998; 31(1): 8-14.
188. Perez F, Calas P, de Falguerolles A, Maurette A. Migration of a *Streptococcus sanguis* strain through the root dentinal tubules. *J Endod* 1993; 19(6): 297-301.
189. George S, Kishen A. Augmenting the antibiofilm efficacy of advanced noninvasive light activated disinfection with emulsified oxidizer and oxygen carrier. *J Endod* 2008; 34(9): 1119-1123.
190. Garcez AS, Ribeiro MS, Tegos GP, Nunez SC, Jorge AO, Hamblin MR. Antimicrobial photodynamic therapy combined with conventional endodontic treatment to eliminate root canal biofilm infection. *Lasers Surg Med* 2007; 39(1): 59-66.
191. Estrela C, Estrela CR, Decurcio DA, Hollanda AC, Silva JA. Antimicrobial efficacy of ozonated water, gaseous ozone, sodium hypochlorite and chlorhexidine in infected human root canals. *International endodontic journal* 2007; 40(2): 85-93.
192. Pasqualini D, Cuffini AM, Scotti N, Mandras N, Scalas D, Pera F, Berutti E. Comparative evaluation of the antimicrobial efficacy of a 5% sodium hypochlorite subsonic-activated solution. *J Endod* 2010; 36(8): 1358-1360.

193. Waltimo TM, Orstavik D, Siren EK, Haapasalo MP. In vitro yeast infection of human dentin. *J Endod* 2000; 26(4): 207-209.
194. Siren EK, Haapasalo MP, Ranta K, Salmi P, Kerosuo EN. Microbiological findings and clinical treatment procedures in endodontic cases selected for microbiological investigation. *International endodontic journal* 1997; 30(2): 91-95.
195. Sassone LM, Fidel RA, Murad CF, Fidel SR, Hirata R, Jr. Antimicrobial activity of sodium hypochlorite and chlorhexidine by two different tests. *Australian endodontic journal : the journal of the Australian Society of Endodontology Inc* 2008; 34(1): 19-24.
196. Silva Garcez A, Nunez SC, Lage-Marques JL, Jorge AO, Ribeiro MS. Efficiency of NaOCl and laser-assisted photosensitization on the reduction of *Enterococcus faecalis* in vitro. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics* 2006; 102(4): e93-98.
197. Kho P, Baumgartner JC. A comparison of the antimicrobial efficacy of NaOCl/Biopure MTAD versus NaOCl/EDTA against *Enterococcus faecalis*. *J Endod* 2006; 32(7): 652-655.
198. Mehrvarzfar P, Saghiri MA, Asatourian A, Fekrazad R, Karamifar K, Eslami G, Dadresanfar B. Additive effect of a diode laser on the antibacterial activity of 2.5% NaOCl, 2% CHX and MTAD against *Enterococcus faecalis* contaminating root canals: an in vitro study. *Journal of oral science* 2011; 53(3): 355-360.
199. Eldeniz AU, Ozer F, Hadimli HH, Erganis O. Bactericidal efficacy of Er,Cr:YSGG laser irradiation against *Enterococcus faecalis* compared with NaOCl irrigation: an ex vivo pilot study. *International endodontic journal* 2007; 40(2): 112-119.
200. Bhuvu B, Patel S, Wilson R, Niazi S, Beighton D, Mannocci F. The effectiveness of passive ultrasonic irrigation on intraradicular *Enterococcus faecalis* biofilms in extracted single-rooted human teeth. *International endodontic journal* 2010; 43(3): 241-250.
201. Gabriel A, Sobota R, Gialich S, Maxwell GP. The use of Targeted MicroCurrent Therapy in postoperative pain management. *Plast Surg Nurs* 2013; 33(1): 6-8; quiz 9-10.
202. Gabi M, Hefermehl L, Lukic D, Zahn R, Voros J, Eberli D. Electrical microcurrent to prevent conditioning film and bacterial adhesion to urological stents. *Urol Res* 2011; 39(2): 81-88.

EKLER

Ek 1. İnsan Etik Kurul Formu

T.C
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığı

SAYI :72867572/050/ 2469

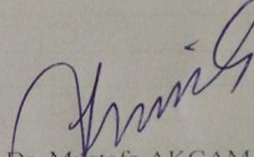
KONU : Etik Kurul Kararı

05 Temmuz 2013

Sayın : Yrd. Doç. Dr. Murat MADEN
Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Endodonti A.D.Öğretim Üyesi

Sorumlu araştırmacı olduğunuz "Elektroliz İle Aktive Edilen Sodyum Hipokloritin Antimikrobiyal Aktivitesinin Çekilmiş İnsan Dişleri Üzerinde Değerlendirilmesi" isimli çalışmanızın kurulumuz tarafından uygun görüldüğüne ilişkin 03.07.2013 tarih ve 149 sayılı Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Kararı yazımız ekinde gönderilmiştir.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.


Prof. Dr. Mustafa AKÇAM
Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanı

EKİ: 1 Adet Etik Kurulu Kararı (2 Sayfa)

Doğu Yerleşkesi Morfoloji Binası 32260 - ISPARTA
Tel : 0 (246) 2113704 Faks : 0 (246) 2371165
e-posta : tipetik@sdu.edu.tr İnternet Adresi : www.tip.sdu.edu.tr

Bilgi İçin : İbrahim Etem YETİŞEN
Bilgisayar İşletmeni
Tel : 0 (246) 2113704

ÖZGEÇMİŞ

İsim : İhsan Furkan Ertuğrul
Doğum Tarihi : 16 Nisan 1983
Doğum Yeri : İzmir/TÜRKİYE
Uyruğu : T.C.
Mesleği : Araştırma Görevlisi, Diş Hekimi
İletişim (Ofis) : +90 (246) 211 8784
(Sekreter) : +90 (246) 211 3351
(Faks) : +90 (246) 211 0607
Elektronik Posta : furkanertugrul@gmail.com
Adres : S.D.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim
Dalı oda no:243 P.K.32260 Çünür/ISPARTA

Eğitim Bilgileri ve Askerlik

İlkokul : Hürriyet İlkokulu DENİZLİ (1989-1994)
Ortaoku : Servergazi Orta Okulu DENİZLİ (1994-1998)
Lise : TEV Anadolu Lisesi DENİZLİ (1998- 2001)
Üniversite : İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi (2001-2006)
Askerlik : 57. Mekanize Piyade Tugayı Lüleburgaz/KIRKLARELİ
(2007-2008)
Doktora/Uzmanlık : S.D.Ü Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı
ISPARTA (2011-2015)