



T.C.
SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

FARKLI OBTURASYON TEKNİKLERİNİN UYGULANMASI
SIRASINDA DİŞ KÖK YÜZEYİNDE MEYDANA GELEN
SICAKLIK DEĞİŞİMLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI
DEĞERLENDİRİLMESİ

Dt. Fatoş ALBAYRAK
UZMANLIK TEZİ

SİVAS
2021



T.C.

SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**FARKLI OBTURASYON TEKNİKLERİNİN UYGULANMASI
SIRASINDA DİŞ KÖK YÜZEYİNDE MEYDANA GELEN
SICAKLIK DEĞİŞİMLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dt. Fatoş ALBAYRAK

UZMANLIK TEZİ

Doç. Dr. Recai ZAN

DANIŞMAN ÖĞRETİM ÜYESİ

SİVAS

2021

ONAY SAYFASI

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitim sürecimde teorik ve klinik deneyimlerini benimle paylaşan, bilimsel bilgilerinin yanında hayat tecrübelerinden de faydalandığım, duruşu ve kişiliği ile her zaman örnek aldığım, desteğini ve hoşgörüsünü hiçbir zaman esirgemeyen, bilgilendirme ve yönlendirmeleriyle tez çalışmama bilimsel temeller ışığında şekil veren, asistanı olmaktan mutluluk duyduğum kıymetli hocam, tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Recai ZAN'a,

Uzmanlık eğitimim süresince bana karşı her zaman hoşgörülü ve anlayışlı olan, her konuda büyük özveri ile desteğini yanımda hissettiğim, değerli bilimsel ve mesleki tecrübelerinden yararlandığım, iyi niyeti ve sabrı ile her daim yol gösteren kıymetli hocam Sayın Doç. Dr. Demet ALTUNBAŞ'a,

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve hoşgörüsüyle her zaman destek olan, pratik ve teorik anlamda değerli deneyimleriyle bana katkı sağlayan, her konuda içtenlikle yardımcı olan kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Kerem Engin AKPINAR'a,

Tez çalışmamın istatistiksel veri analizinde bana değerli bilgi ve tecrübeleriyle yardımcı olan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ecem DEMİR YURTSEVEN'e,

Tez çalışmamın konik ışınli bilgisayarlı tomografi işlemlerinin uygulanması aşamasında değerli bilgi ve tecrübeleriyle yardımcı olan Sayın Dr. Dt. Orhan GÜLEN'e ve Dentistomo Dental Görüntüleme Merkezi çalışanlarına,

Klinikte beraber çalışmayı keyifli hale getirdiğimiz, fakülte içerisinde ve dışarısında güzel anılar biriktirdiğimiz, tanımaktan mutluluk duyduğum tüm mesai arkadaşlarıma,

Uzmanlık eğitimim süresince her zaman fikirleriyle bana destek olan, her konuda yardımlarını hissettiğim, iyi kötü her anımızın beraber geçtiği can arkadaşlarım; Gözde UYSALCAN ve Ayşegül ÇİMEN'e,

Sonsuz sevgi, sabır, hoşgörü ve özveri ile bugüne gelmemde emeği geçen, her türlü fedakarlığı gösteren, her zaman bana gönülden destek veren canım annem Ayşe ÇOTUR'a ve canım babam Ayhan ÇOTUR'a,

Hayatımın her anında en büyük motivasyon ve destek kaynağım olan, yaşamayı değerli, mutlu ve anlamlı kılan, tez çalışmam süresince her zaman güleryüzü ile desteğini yanımda hissettiğim sevgili eşim Dt. Burakhan ALBAYRAK'a

Tüm kalbimle teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

FARKLI OBTURASYON TEKNİKLERİNİN UYGULANMASI SIRASINDA DIŞ KÖK YÜZEYİNDE MEYDANA GELEN SICAKLIK DEĞİŞİMLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI DEĞERLENDİRİLMESİ

Dt. Fatoş ALBAYRAK

Endodonti Anabilim Dalı

Sivas

2021

Çalışmamızın amacı, farklı kök kanal dolgu yöntemlerinin uygulanması esnasında kök dış yüzeyinde oluşabilecek ve diş destek dokularında hasar oluşturabilecek sıcaklık değişimlerini *in vitro* olarak incelemektir.

Çalışmamızda 100 adet çürüksüz alt çene premolar diş kullanılmıştır. Dişlerin çalışma uzunlukları 14-16 mm olacak şekilde standardize edilen kök kanalları, Protaper Next Nikel-Titanyum (Ni-Ti) döner eğe sistemi kullanılarak genişletilmiştir. Preparasyon işlemi tamamlandıktan sonra konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT) ile toplam 9 noktada iç dentin-dış sement arası mesafe ölçülerek dentin kalınlıkları birbirine en yakın olan 100 diş çalışmaya dahil edilmiştir.

Dişler, her bir grupta 20 örnek olmak üzere soğuk lateral kondansasyon, sıcak vertikal kondansasyon, devamlı ısıyla obturasyon, termoplastik enjeksiyon ve thermafil yöntemleri şeklinde rastgele olarak 5 gruba ayrılmıştır. Dişlerin kök kanal dolguları, ağız içi sıcaklık derecesinin taklit edilmesi amacıyla 37 °C'ye ayarlı su banyosu içerisinde gerçekleştirilmiştir. Dişlerin obturasyon işlemleri esnasında kök yüzeyinde meydana gelen sıcaklık artış değerlerini ölçmek amacıyla apikal, orta ve koronal üçlü bölgelere üçer adet termokupl yerleştirilmiştir.

Çalışmamızda elde edilen veriler SPSS 22.0 paket programı ile değerlendirilmiştir. Değişkenlerin normal dağılım analizi Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testi ile yapılmıştır. Grup ortalamaları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını analiz etmek amacıyla Kruskal Wallis-H ve Mann-Whitney U testleri kullanılmıştır. Değişkenler arası ilişkinin belirlenmesi için Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı ile analizlere devam edilmiştir. p-

değerinin 0,05'in altında olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar şeklinde değerlendirilmiştir.

Çalışmamızda 5 farklı kök kanal dolgu yöntemleri ile yapılan obturasyon işlemleri esnasında ortaya çıkan sıcaklık değerleri termokupllar ile ölçülerek karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Hiçbir kök kanal dolgu tekniğinde periodontal dokulara yansıyan sıcaklık artışı 10 °C'lik kritik değere ulaşmamıştır. Sıcak vertikal kondansasyon yöntemi diğer gruplarla karşılaştırıldığında sıcaklık artışı tüm gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Devamlı ısıyla obturasyon yönteminin uygulandığı grupta oluşan sıcaklık artışı, soğuk lateral kondansasyon ve thermafil yönteminin uygulandığı gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). En düşük sıcaklık artışı soğuk lateral kondansasyon ve thermafil yönteminin uygulandığı gruplarda tespit edilmiştir. Grupların bölgeler arası sıcaklık değişimleri incelendiğinde koronal üçlüde istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek sıcaklık artış değerleri ölçülmüştür ($p<0,05$).

Guta perkanın ısıtılarak uygulandığı obturasyon yöntemlerinde dış kök yüzeyinde meydana gelen sıcaklık artışları tedavi başarısında önemli bir rol oynamaktadır. Çalışmamızda kullanılan güncel endodontik kök kanal obturasyon yöntemlerinin uygulanması esnasında oluşabilecek sıcaklık artışlarının kritik değere ulaşmadan güvenle tercih edilebilir olduğu görülmüştür. Bu yöntemler arasında periodontal dokularda hasar oluşturma ihtimalinin önüne geçerek daha kontrollü bir kök kanal dolgusu yapabilme şansı tanıyan thermafil yöntemi ön plana çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sıcak guta perka, Dentin kalınlığı, CBCT, Sıcaklık artışı, Termokupl

Bu tez çalışması, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (CUBAP) tarafından DİŞ-241 proje numarası ile desteklenmiştir.

ABSTRACT

THE COMPARATIVE EVALUATION OF TEMPERATURE CHANGES ON THE EXTERNAL ROOT SURFACE DURING THE APPLICATION OF DIFFERENT OBTURATION TECHNIQUES

Dt. Fatoş ALBAYRAK

Department of Endodontics

Sivas

2021

The aim of our study is to examine in vitro temperature changes that may occur on the external surface of the root and cause damage to the dental support tissues during the application of different root canal filling methods.

In our study, 100 mandibular premolar teeth without caries were used. The root canals, standardized to the working lengths 14-16 mm, were expanded using the Protaper Next Nickel-Titanium (Ni-Ti) rotary file system. After completing the preparation process, the distance between the inner dentine and the outer cement at a total of 9 points was measured with cone-beam computed tomography (CBCT), and 100 teeth with the most similar dentin thicknesses were included in the study.

Teeth were randomly divided into five groups as cold lateral condensation, warm vertical condensation, continuous wave obturation, thermoplastic injection, and thermafil methods, including 20 samples in each group. The root canal fillings of the teeth were performed in a 37 °C water bath to imitate the intra-oral temperature. Three thermocouples were placed in the apical, middle, and coronal triad regions to measure the values of temperature increase on the root surface during the obturation procedures of the teeth.

The data obtained in our study were evaluated using the SPSS 22.0 packaged software. The normal distribution analysis of variables was conducted using the Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk tests. Kruskal Wallis-H and Mann-Whitney U tests were used to analyze whether the differences between group mean values were statistically significant. To determine the correlation between variables, analyses were continued with Spearman's rank correlation coefficient. Cases in which the p-value was below 0.05 were considered statistically significant results.

In our study, the temperature values occurring during the obturation procedures carried out with five different root canal filling methods were measured with thermocouples and assessed comparatively.

In no root canal filling techniques, the temperature increase reflected on periodontal tissues reached the critical value of 10 °C. When the warm vertical condensation method was compared with the other groups, the temperature increase was found to be statistically significantly higher than all groups ($p<0.05$). The temperature increase in the group subjected to the obturation method with continuous wave was found statistically significantly higher than the groups to which the cold lateral condensation and thermafil method were administered ($p<0.05$). The lowest temperature increase was detected in the groups to which the cold lateral condensation and thermafil method were applied. When the inter-regional temperature changes of the groups were examined, statistically significantly higher temperature increase values were measured in the coronal third ($p<0.05$).

In obturation methods in which gutta percha is heated and administered, temperature increases on the external surface of the root play an important role in the treatment success. It has been observed that the temperature increases that may occur during the application of the current endodontic root canal obturation methods used in our study can be confidently preferred before reaching the critical value. Among these methods, the thermafil method, which allows a more controlled root canal filling by preventing the possibility of damaging periodontal tissues, has come to the fore.

Keywords: Warm gutta-percha, Dentin thickness, CBCT, Temperature increase, Thermocouple

This study was supported by Sivas Cumhuriyet University Scientific Research projects (DİŞ-241, CUBAP, Sivas, Turkey).

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
TABLolar DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Kök Kanal Dolgusunun Amacı ve Önemi	4
2.2. Kök Kanal Dolgu Materyalleri.....	5
2.2.1. Gümüş Konlar.....	6
2.2.2. Resilon	7
2.2.3. Guta Perka Konlar	7
2.2.4. Kök Kanal Dolgu Patları	11
2.3. Kök Kanal Dolgu Yöntemleri	15
2.3.1. Basit Tek Kon Yöntemi	18
2.3.2. Soğuk Lateral Kondansasyon Yöntemi	19
2.3.3. Sıcak Lateral Kondansasyon Yöntemi.....	21
2.3.4. Sıcak Vertikal Kondansasyon Yöntemi (Schilder Yöntemi).....	21
2.3.5. Devamlı Isıyla Obturasyon Yöntemi	23
2.3.6. Termomekanik Kondansasyon Yöntemi (McSpadden Tekniği)	25
2.3.7. Termoplastik Enjeksiyon Yöntemi	26
2.3.8. Termoplastik Kor Yöntemi (Thermafil)	28
2.4. Kök Kanal Dolgu Yöntemlerinde Oluşan Sıcaklık Değişimlerinin Etkileri.....	29
2.5. Dış Kök Yüzey Sıcaklık Değişimlerinin Ölçülmesinde Kullanılan Yöntemler.....	30
2.5.1. Sonlu Elemanlar Analizi Yöntemi.....	30
2.5.2. Kızılötesi Termografi.....	31
2.5.3. Termokupl (Isıl Çift) Yöntemi.....	32
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	34
3.1. Örneklerin Seçilme Kriterleri ve Hazırlanması.....	34
3.2. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (CBCT) ile Örneklerin Görüntülenmesi.....	36
3.3. Deney Gruplarının Oluşturulması	38
3.3.1. Grup 1: Soğuk Lateral Kondansasyon Yöntemi	39
3.3.2. Grup 2: Sıcak Vertikal Kondansasyon Yöntemi (Schilder Yöntemi)	39
3.3.3. Grup 3: Devamlı Isıyla Obturasyon Yöntemi.....	40
3.3.4. Grup 4: Termoplastik Enjeksiyon Yöntemi.....	41
3.3.5. Grup 5: Termoplastik Kor Yöntemi (Thermafil).....	42
3.4. Sıcaklık Değişimlerinin Tespitinde Kullanılacak Ölçüm Düzenegi	43
3.5. Kullanılan Araç ve Gereçler.....	45
3.6. İstatistiksel Analiz.....	47
4. BULGULAR.....	48
5. TARTIŞMA	54
6. SONUÇLAR.....	69
KAYNAKLAR	71

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
<	'den küçüktür
>	'den büyüktür
α	Alfa
β	Beta
°C	Santigrat derece
$\times$	Çarpı
$\pm$	Artı-eksi
p	İstatistiksel anlamlılık
r	Korelasyon katsayısı
n	Sayı
s.s	Standart sapma
t	Tablo değeri
mm	Milimetre
ml	Mililitre
mv	Milivolt
ma	Miliamper
μm	Mikrometre
cm	Santimetre
sn.	Saniye
dk.	Dakika
S.D.	Serbestlik derecesi
rpm	Revolutions Per Minute (Dakikadaki devir sayısı)
Ncm	Newton santimetre
kvp	Kilovolt potansiyeli
cal/cm²	Kalori/santimetrekare
Cu	Bakır
Cosnt	Konstant
Fe	Demir
Cr	Krom
Al	Alüminyum

Ni	Nikel
Pt	Platin
Rh	Rodyum
Re	Renyum
Tn	Tungsten
Ni-Ti	Nikel Titanyum
CBCT	Konik ışınılı bilgisayarlı tomografi
Fov	Görüntüleme alanı
NaOCl	Sodyum hipoklorit
EDTA	Etilendiamin tetraasetikasit
Ark.	Arkadaşları
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	Çalışmamızda kullanılan dişlerin meziodistal ve bukkolingual yönde periapikal filmleri.	34
Şekil 3.2.	Çalışmamızda kullanılan çalışma uzunluğu standardize edilmiş alt çene premolar dişler.	35
Şekil 3.3.	Çalışmamızda kullanılan ProTaper Next Ni-Ti döner eğe sistemi.	36
Şekil 3.4.	Silikon kalıba gömülen örnekler.	36
Şekil 3.5.	CBCT’de çekilen örnekler.	37
Şekil 3.6.	Her örneğin kendi eğimine göre ayarlandığı CBCT görüntüleri.....	37
Şekil 3.7.	Örneklerin iç dentin-dış sement arası mesafe ölçümleri.	38
Şekil 3.8.	Çalışmamızda Kullanılan Elements Free Obturasyon Sistemi.	41
Şekil 3.9.	Elements Free Obturasyon Sistemi’nin Kartuşu.	41
Şekil 3.10.	Çalışmamızda kullanılan Thermanprep 2 fırını.	42
Şekil 3.11.	ProTaper Next X3 guta kor.	43
Şekil 3.12.	Çalışmamızda kullanılan teflon model.....	43
Şekil 3.13.	Su banyosunda termokuplların yerleşimi.	44
Şekil 3.14.	Çalışmamızda kullanılan su banyosu.	45
Şekil 3.15.	E-680 serisi üniversal girişli-gelişmiş tarayıcı cihazı.	46
Şekil 3.16.	Yazılım programı.	46
Şekil 3.17.	Bilgisayara bağlantı aparatı.	46

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1.	CBCT ile görüntülenen dişlerin bölgelere göre dentin kalınlık ölçümlerinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	38
Tablo 4.1.	Tüm gruplarda gözlenen sıcaklık artışları.....	48
Tablo 4.2.	Apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerde sıcaklık artışlarının tüm gruplara göre farklılık analizi.....	50
Tablo 4.3.	Soğuk lateral kondansasyon yönteminde apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerde sıcaklık artışları arasındaki ilişki.....	51
Tablo 4.4.	Sıcak vertikal kondansasyon yönteminde apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerde sıcaklık artışları arasındaki ilişki.....	51
Tablo 4.5.	Devamlı ısıyla obturasyon yönteminde apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerde sıcaklık artışları arasındaki ilişki.....	52
Tablo 4.6.	Termoplastik enjeksiyon yönteminde apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerde sıcaklık artışları arasındaki ilişki.....	52
Tablo 4.7.	Thermafil yönteminde apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerde sıcaklık artışları arasındaki ilişki.....	53

1. GİRİŞ

Endodontik tedavinin amacı, kök kanal sisteminin enfekte ve nekrotik doku artıklarından temizlenip uygun bir şekilde preparasyonunun yapılması, dezenfeksiyonunun sağlanması ve sonrasında koronalden apikale doğru mikroorganizma geçişine engel olan stabil ve biyouyumlu bir dolgu materyali ile hermetik olarak doldurulmasıdır (1-3).

Kök kanal sistemi düzensiz dentin kanalcıkları, aksesuar kanallar, transvers anastomozlar ve apikal deltaların varlığıyla karakterize karmaşık bir yapıya sahiptir. Çoğu zaman kompleks oluşuma sahip olan bu yapı, kemomekanik preparasyonu ve sonrasında uygulanacak olan kök kanal dolgu teknikleri ile sağlanacak sızdırmaz bir kök kanal dolgusu elde edilmesini zorlaştırmaktadır (1, 4). Bu bağlamda, endodontik tedavilerde başarısızlıkların yaklaşık %58'inin kök kanal sisteminin ideal bir homojenitede doldurulamamasına bağlı olduğu bildirilmiştir (5).

Kök kanal dolgusunun başarısında önemli rol oynayan etmenlerden biri tedavi esnasında tercih edilen kök kanal dolgu materyalidir. İdeal bir kök kanal dolgu materyali biyouyumlu, homojen, stabil, inert, kök kanalına üç boyutlu olarak adapte olabilen yapıda ve kolay uygulanabilir olmalıdır. Günümüzde geleneksel kök kanal dolgu işlemlerinde kullanılan kök kanal dolgu materyallerinden biri olan guta perkanın kanal patıyla birlikte uygulanması kök kanal dolgu teknikleri açısından güncelliğini korumaktadır (6). Guta perkanın tek başına kullanılmasının düzensiz yapıdaki kök kanal duvarlarına uyumu ve bağlanması konularında iyi sonuçlar vermediği görülmüştür. Kök kanal duvarları ile guta perka arasında kalabilecek boşluklar mikrosızıntıya neden olabileceğinden günümüz koşullarında geleneksel kök kanal tedavisinde guta perka ve kök kanal patlarının beraber kullanımının daha uygun olduğu belirtilmiştir (7-9).

İdeal bir kök kanal dolgusunun elde edilebilmesi için bugüne kadar birçok farklı kök kanal dolgu tekniği ve dolgu materyali kullanılmıştır. Günümüzde kök kanal boşluğunun doldurulmasında en yaygın tercih edilen kök kanal dolgu yöntemi soğuk lateral kondansasyon tekniğidir. Bu teknikte guta perkanın kontrollü olarak yerleştirilebilmesi önemli bir avantajdır. Ancak bu teknikte kullanılan guta perkanın kök kanal düzensizliklerine olan adaptasyonunun yetersiz olması, aksesuar kanalları yeterince dolduramaması ve kök kanal dolgusunda sızıntıya neden olabilecek

boşluklar oluşturabilmesi gibi dezavantajları olduğu bildirilmiştir (10). Bunların yanı sıra, soğuk lateral kondansasyon tekniğiyle ilgili yapılan bir başka çalışmada bu teknikte kullanılan spreaderlerin neden olduğu boş alanların yarattığı olumsuzluklar, guta perka konların birleşiminin yetersizliği, yüzey adaptasyonunda meydana gelen eksiklikler ve kullanılan pat miktarının fazla olduğu da bildirilmiştir (11). Soğuk lateral kondansasyon tekniğinin bu dezavantajları göz önünde bulundurularak guta perkanın farklı formlarda uygulanabilirliği konusu gündeme gelmiştir. Bu bağlamda guta perkanın özellikle ısıyla yumuşatılarak kondanse edilmesi ile anatomik açıdan çok fazla düzensizlik gösterebilen yan kanallara, lateral bağlantılarla birlikte izlenebilen kombine düzensiz boşluklara daha iyi uyum sağlayarak kök kanallarının hermetik olarak doldurulabilmesine olanak sağlayan yeni tekniklerin geliştirilmesi söz konusu olmuştur (12, 13). Birçok araştırma, ısıtılmış guta perka dolgu teknikleriyle yapılan kök kanal dolgularının başarılı sonuçlar ortaya koyduğunu ve guta perkanın ısıtılarak kullanıldığı tekniklerin soğuk lateral kondansasyona kıyasla daha kısa sürede daha kaliteli kök kanal dolgu sağladığını bildirmiştir (14, 15). Ancak kök kanal tedavisi başarısında birçok avantaj sağlayan bu tekniklerin uygulama esnasında istenmeyen bazı olumsuz etkileri de olabileceği gözardı edilmemelidir. Isıtılmış guta perka dolgu teknikleriyle yapılan uygulamaların güvenle gerçekleştirilebilmesi hususunda en dikkat edilmesi gereken noktalardan biri dolgu esnasında oluşabilecek sıcaklık değişimleridir.

Isı kaynağı kullanılarak yapılan ısıtılmış guta perka kök kanal dolgu tekniklerinin uygulanması sırasında kök kanal boşluğunda meydana gelebilecek sıcaklığın periodontal dokulara ve alveolar kemiğe transferi sonucu doku hasarı meydana getirebileceği belirtilmiştir (16).

Normal vücut sıcaklığının 10 °C üzerindeki bir artışın diş çevre dokularında geri dönüşümsüz hasara neden olabileceği kabul edilmiştir (16-18). Isıtılmış guta perka kök kanal dolgu yöntemleriyle yapılan kök kanal dolgularında kök dış yüzeyinde meydana gelen sıcaklık artışı ile ilgili yapılan bir çalışmada, geri dönüşümlü veya dönüşümsüz kemik hasarlarının oluşabilmesi için gerekli sıcaklığın 56 °C olabileceği belirtilmiştir. Bu sıcaklığın alkalin fosfatazların denatürasyonuna neden olup kemik hasarının başlamasına yol açtığına inanılmaktadır (16, 19). Eriksson ve ark. (19) kök kanal dolgusunun ısıtılmış guta perka teknikleri ile uygulanması esnasında artan

sıcaklığın diş çevre dokularında oluşturduğu hasarın zaman faktörüyle de bağlantılı olduğunu bildirmişlerdir. Bu araştırmacılar, kök yüzeyinde oluşan kritik sıcaklığın 47 °C olduğunu ve normal vücut sıcaklığının 10 °C üzerindeki artışın 1 dk. civarında sürmesinin klinik olarak kabul edilebilir olabileceğini belirtmişlerdir. Aynı çalışmanın önemli sonuçlarından bir diğeri de, 5 dk. veya daha uzun süreli bir ısı etkinliğinin kemik dokusunu rezorbe edebileceği ve onun yerini yağ hücrelerinin alabileceğidir (19).

Bu bilgilerin ışığı altında, ısıtılmış guta perka yöntemleriyle yapılan kök kanal dolgularında işlem sırasında oluşabilecek sıcaklık değişimlerinin endodontik tedavilerin uzun dönem başarısında kritik önem taşıdığı görülmüştür. Çalışmamızda, *in vitro* şartlar altında farklı kök kanal dolgu yöntemlerinin uygulanması esnasında oluşabilecek sıcaklık değişimlerinin dişin dış kök yüzeyine sabitlenmiş termokupllar ile ölçülmesi ve diş destek dokularında hasar oluşturabilecek sıcaklık değerlerinin belirlenmesi planlanmıştır. Farklı kök kanal dolgu tekniklerinin uygulanması esnasında elde edilecek olan sıcaklık değerleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Elde ettiğimiz sayısal veriler göz önünde bulundurularak yüksek sıcaklık artışları sonucu diş çevre dokularında oluşabilecek komplikasyonların elimine edilebilmesi açısından en uygun kök kanal dolgu tekniğinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kök Kanal Dolgusunun Amacı ve Önemi

Başarılı bir kök kanal tedavisinde amaç, kök kanallarının uygun bir şekilde genişletilip, dezenfekte edildikten sonra inert, boyutsal olarak stabil ve biyouyumlu bir kök kanal dolgu materyali ile koronalden apikal foramene kadar sızdırmaz bir şekilde üç boyutlu olarak doldurulmasıdır. Biyolojik açıdan kök kanal dolgusunun esas görevi, periapikal dokuların enfeksiyonuna karşı koruyucu bir bariyer oluşturmaktır (20). Matsumiya ve Kitamura (21), kök kanallarının şekillendirilmesi ve kimyasal dezenfeksiyonundan sonra derin kısımlarında bakteri ürünlerinin kalabileceğini, apikalden kök kanalı içerisine sızabilecek periapikal eksudanın bu bakterilere besin kaynağı olabileceğini ve bakterilerin çoğalıp yeniden patojenite kazanabileceğini rapor etmişlerdir. Bu nedenle başarılı bir endodontik tedavi için kök kanallarının hermetik bir şekilde apikalden koronale üç boyutlu olarak doldurulması, lateral kanal bağlantılarından, koronalden ya da apikal foramenden kök kanalı içerisine girebilecek mikroorganizmaların kök kanalını yeniden kontamine etmesini engellemek için çok önemlidir. Böylece ağız boşluğundaki sıvıların ve periapikal eksudanın kök kanal boşluğu içerisine sızıntısının ve dolayısıyla kök kanallarının yeniden enfekte olmasının önüne geçileceği, iyileşme için uygun bir biyolojik çevrenin oluşturulabileceği bildirilmiştir (22, 23).

Yetersiz bir kemomekanik preparasyon ve hermetik olmayan bir kök kanal dolgusunda mikroorganizmalar ve onların artık ürünleri periapikal dokulara geçer ve yeniden bir iltihabi reaksiyona neden olur. Bu mikroorganizmalar daha sonra çoğalarak periapikal bölgede yıkım meydana getirebilir (23).

Kök kanallarının sızdırmaz bir şekilde doldurulmasının amaçları;

1. Mikroorganizmaların oral kaviteden periapikal dokulara geçişine engel olan bir bariyer oluşturmak,
2. Kök kanallarının şekillendirme ve dezenfeksiyon işlemleri sonrasında hala kök kanallarında mevcut olabilecek mikroorganizmaları izole etmek, hapsetmek ve periapikal dokuların irritasyonunu önlemek,
3. Mikroorganizma artışına sebep olabilecek besinlerin kök kanal sistemine girişini engellemek,

4. Gingival sulkustan veya periodontal cepten kök kanal sistemine ulaşabilecek sızıntı ve mikroorganizma geçiş riskini azaltmaktır (22).

Kök kanal sisteminin geleneksel yöntemlerle sızdırmaz bir şekilde doldurulması; apikal deltalar, aksesuar ve lateral kanallar ile birlikte karmaşık bir yapıya sahip olması nedeniyle mümkün değildir (4). Bu nedenle, kök kanallarının ideal şekilde temizlenip şekillendirildiği olgularda dahi yeterli obturasyon sağlanamazsa tedavi başarısının büyük ihtimalle tehlikeye girebileceği unutulmamalıdır. Bu sebep-sonuç ilişkisi göz önünde bulundurulduğunda, endodontik tedavilerde uygulanan kök kanal dolgu yöntemleri ve dolgu materyalleri tedavinin prognozu açısından kritik önem taşımaktadır (24).

2.2. Kök Kanal Dolgu Materyalleri

Kök kanal dolgu materyallerinin gelişiminde birçok farklı yöntem izlenmiş ve bu materyallerin iyi bir tıkama kabiliyetine, sızdırmazlığa ve biyouyumluluğa sahip olmaları ön plana çıkmıştır (11).

Grossman (25) endodontide kullanılan kök kanal dolgu materyallerini katı ve yarı katı olmak üzere 2 ana başlık altında toplamıştır;

Katı materyaller;

- Gümüş konlar
- Resilon
- Guta perka konlar
- Guta perka kaplanmış kor materyaller

Yarı-katı materyaller;

- Kök kanal dolgu patları

Kök kanalına rahat yerleştirilebilecek şekilde tasarlanan katı materyallerin kök kanal sistemindeki düzensizliklere tam bir uyum sağlamaları zordur. Katı materyaller kök kanalına yerleştirildiğinde kök kanal dolgu boyutunun ayarlanabilmesine olanak sağlarlar da genellikle kök kanal duvarları ile dolgu materyali arasında boşluk oluşturmaktadır. Bu nedenle katı materyallerin, yarı-katı materyallerle beraber kullanılması tavsiye edilmektedir (22, 26). Yarı-katı materyaller sınıfında olan kök kanal patları, katı materyalin dış yüzeyi ile dentin duvarı iç yüzeyi arasındaki boşlukların doldurulması için daha uygun ve etkili bulunmuştur (1).

Günümüz koşullarında ideal kullanıma sahip kök kanal dolgu materyali mevcut olmamakla birlikte pek çok araştırmacı tarafından kök kanal dolgu materyalinin sahip olması gereken ideal özellikler sınıflandırılmaya çalışılmıştır. Bu araştırmacılardan bir tanesi olan Grossman'a (25) göre ideal bir kök kanal dolgu materyali aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır;

- Çalışma süresi yeterli olmalı ve kolay uygulanabilmeli,
- Kök kanalının anatomik yapısına uyum sağlayarak hem lateral hem de apikalde tıkama sağlayabilmeli,
- Boyutsal stabiliteye sahip olmalı,
- Neme karşı dayanıklı olmalı,
- Periapikal dokulardan gelebilecek doku sıvılarından etkilenmemeli ve yapısı bozulmamalı,
- Bakteri çoğalmasını önleyebilmeli,
- Periapikal dokularda irritasyona sebep olmamalı,
- Radyopak olmalı,
- Dişlerde renklenmeye yol açmamalı,
- Sterilizasyona uygun olmalı,
- Gerekirse kök kanalından kolayca uzaklaştırılabilmelidir.

2.2.1. Gümüş Konlar

Günümüz koşullarında en çok kullanılan ve en uygun özelliklere sahip kök kanal dolgu materyali guta perkadır. Guta perkaya bir alternatif olarak geliştirilen gümüş konların kullanımını 1928 yılında Amerika'da Grossman (25) başlatmış olsa da 1933 yılında Jasper adlı araştırmacı kanalın çapına uygun gümüş konların simante edilerek kullanımını önermiştir.

Gümüş konlar, uygulama açısından kök kanal dolgu yöntemlerinden tek kon yöntemine benzemektedir. Kök kanal preparasyonunda son kullanılan ege ebatına uygun ölçülerde seçilen gümüş kon kök kanalına yerleştirilebilmektedir (1).

Gümüş konların avantajları;

- Esneyebilir ve böylece kök kanal kurvatürüne uygun bir şekilde ayarlanabilirler.
- Dar olan kök kanallarında kullanılabilme imkanları mevcuttur.
- Yumuşak olmamaları nedeniyle kullanım adaptasyonu kolaydır.

- Kök kanallarının çalışma uzunluğunu tespit etmede kullanım kolaylıkları mevcuttur.
 - Kök kanalında bulunabilen kırık aletlerin yanından by-pass yaparak çalışma uzunluğuna ulaşma imkanı sağlayabilirler.
- Gümüş konların dezavantajları;
- Doğru bir adaptasyon gerçekleşmesi için çok fazla dikkate ihtiyaç duyulur.
 - Kök kanallarının oval olduğu durumlarda adaptasyonu uygun değildir.
 - Fiziksel yapısından dolayı sıkıştırılabilme ve kondanse edilebilme özelliği olmadığı için kök kanalının karmaşık yapısına diffüz etme başarısı zayıftır ve bundan dolayı mikrosızıntı riski vardır.
 - Yenilenen kök kanal tedavilerinde kök kanalı içerisinden uzaklaştırılması zordur.
 - Apikal bölgede taşkın dolgu durumu olduğunda korozyona uğrama potansiyeli mevcuttur (25).

2.2.2. Resilon

Guta perkaya bir başka alternatif olarak 2004 yılında piyasaya sürülmüş olan resilon, biyoaktif cam ve radyoopak doldurucular içeren polikaprolakton polimeridir. Aynı zamanda sentetik polimer esaslı termoplastik kök kanal dolgu materyali olarak adlandırılmıştır. Adeziv pat ile beraber kullanılan resilonun kök kanal dentininde güçlü bir bağlanma göstermesi ve monoblok bir yapı oluşturarak sızdırmaz bir kök kanal dolgusu oluşturması hedeflenmiştir. Resilon materyalini guta perka ile kıyaslayacak olursak kök kanallarında daha iyi bir örtücü özellik gösterdiği ve kırılmalara karşı direnci daha fazla arttırdığı bildirilmiştir (27-29). Monoblok bir yapı meydana getirmek amacıyla resilonun kök kanallarında epiphany resin içerikli kanal patı ile kullanımı önerilmektedir (27-29).

2.2.3. Guta Perka Konlar

Guta perka günümüzde kök kanal boşluğunun doldurulmasında en yaygın kullanılan kök kanal dolgu materyalidir (30). İlk olarak Jose D'Almeida tarafından 1843 yılında gündeme gelmiştir. Uzun yıllardır kök kanal dolgu materyali olarak kullanılmaktadır (31, 32). Doğal organik bir polimer olan guta perka, Güney Afrika'da bulunan "Sapotaceae" ailesine ait ağaçlardan üretilen "Palaquium gutta" özünden elde

edilir. Minimal toksisite ve doku irritasyonu gösteren, kök kanalında kaldığı sürece alerjik etkisi minimum seviyede olan biyouyumlu bu materyal, kök kanal dolgu yapımında hala popülerliğini sürdürmektedir (33).

Diş hekimliğinde kullanılan guta perka konlarının yapısında, %18-20 oranında guta perka matriks, %59-76 oranında çinko oksit doldurucu, radyoopasiteyi arttırmak için %1-18 oranında metal sülfat, plastikliği arttırmak için %1-4 oranında mum veya rezin bulunmaktadır. Yüzdelere farklı üreticiler arasında değişim gösterebilmektedir (34). Bu üreticiler farklı formüller kullanarak guta perkanın özelliklerini daha iyi hale getirmeye çalışmaktadırlar. Bu yapılan değişiklikler sayesinde guta perkanın kırılabilirliği, sertliği, çekme dayanımı ve radyoopasitesi ayarlanarak kök kanal tedavisi açısından çok daha uygun bir materyal haline getirilmiştir (35).

Saf moleküler yapıda olan guta perka, doğal organik polimer molekülü trans-1,4-poliizopren transizomeridir ve yaklaşık olarak %60 kristal yapıdadır. Alfa, beta ve amorf olmak üzere üç ayrı formu bulunur (36, 37). Alfa ve beta fazlardaki guta perkanın mekanik özelliklerinde belirgin bir fark olmadığı ancak termal ve hacimsel olarak farklılıklarının gözlemlendiği belirtilmiştir (38).

Geleneksel guta perka konları beta formundadır ve bazı sentetik değişiklikler sonucu elde edilir. Beta fazındayken, 49 °C sıcaklık değerine geldiğinde alfa fazına dönüşüm yaparlar. Isıtılmaya devam edildiğinde 57 °C’de eriyip amorf hale geçer, 64 °C’de yumuşar, 100 °C üzerinde erir, 150 °C üzerinde ise deforme olurlar. Faz değişimleri sonucu hacimsel değişimler de meydana gelmektedir. Isıtılan guta perkanın soğuması esnasında büzülmesi kök kanalı içerisinde boşluk alanların oluşmasına neden olabilmektedir (39-41).

Isıtılmamış beta fazında olan guta perka materyali katı formdadır. Isıtıldığında alfa fazına geçerek yumuşak ve yapışkan bir yapıya dönüşür. Alfa fazında guta perka ısıtılıp soğutulduğunda daha az büzülme gösterir. Bu özelliğinden dolayı, termoplastik kök kanal dolgu tekniklerinde kullanıldığında boyutsal stabilitesinin korunması sayesinde daha ideal bir kök kanal dolgusu gerçekleştirilebilir (1).

Guta perkanın sıcaklık artışıdaki hacimsel değişim kök kanal tedavilerinin başarısı açısından çok önemlidir. Guta perka ısıtıldığında bir miktar hacim artışı gözlenmektedir. Guta perkanın ısıtılmasıyla uygulanan kök kanal dolgu tekniklerinde guta perkanın uygulama esnasında mevcut hacminin artarak genişlemesi sonucunda

taşkın kök kanal dolgusuna neden olabileceği gösterilmiştir (42). Aynı zamanda ısıtılmış guta perka vücut sıcaklığına dönerken %1-2 oranında büzülme göstermektedir. Bu nedenle tüm ısıtılmış guta perka tekniklerinde soğurken meydana gelebilecek hacimsel değişimin önüne geçebilmek amacıyla vertikal basınç uygulanması tavsiye edilmektedir (43).

Guta perkanın steril bir şekilde üretilen formları bulunmaktadır. Fakat saklama koşulları ve kullanımı esnasında kontamine olma ihtimali vardır (44). Bu nedenle guta perkanın kök kanallarına yerleştirilmeden önce %5,25'lik sodyum hipokloritte (NaOCl) 1 dk. süre ile bekletilmesini takiben %70'lik etil alkol solüsyonu ile üzerindeki kristallerden arındırılması ve daha sonra kurutularak kök kanalına yerleştirilmesi önerilmektedir. Böylece kök kanallarında oluşabilecek enfeksiyonun önüne geçilmiş olunur (45).

Guta perka, ideal bir kök kanal dolgu materyalinde olması gereken özelliklerin çoğuna sahip olsa da tüm ideal özellikler mevcut değildir (34).

Guta Perka Kök Kanal Dolgu Materyalinin Avantajları

- Radyografide radyopak görünürler.
- İnert yapıdadırlar.
- İyi bir boyutsal stabiliteye sahiptirler.
- İyi bir doku toleransı mevcuttur.
- Sıkıştırılabilme özellikleri vardır.
- Isıtıldığı zaman plastik özellik kazanırlar.
- Kök kanal dolgusu yenileme işlemlerinde kullanılan çözücü maddeler yardımıyla kök kanalları içerisinden uzaklaştırılabilirler.
- Isıtıldığında akışkan bir özellik kazanıp kök kanal duvarlarına iyi adaptasyon gösterirler.
- Dentini boyamazlar ve renklendirmezler.
- Ucuzdur.
- Raf ömürleri uzundur (22, 34).
- Antibakteriyel özelliği mevcuttur.
- Yumuşak dokulara karşı iyi bir biyouyumluluk gösterirler (46, 47).

Guta Perka Kök Kanal Dolgu Materyalinin Dezavantajları

- Rijitidesinin az olmasından kaynaklı olarak ufak numaralı guta perka konlarının kullanımı sırasında zorluklar yaşanır.
- Kök kanal dolgusu sırasında apikal stopun iyi olmadığı durumlarda bir engelle karşılaşmadıklarında basınçla birlikte kolayca apikal kısımdan taşabilirler; bu nedenle çalışma uzunluğunun kontrolü kolay değildir.
- Zamanla kırılabilirlik kazanabilirler (34, 48).

Guta perkaların standart ve standart olmayan olmak üzere iki ayrı formu bulunmaktadır. Standart olanlar beyaz, sarı, kırmızı, mavi, yeşil, siyah renklerde ve küçükten büyüğe doğru kendini tekrar eden şekildedir. Bu renk kodlamasıyla 10 numaradan 140 numaraya kadar standardize edilmiştir. Artan taper açısına sahip olan ve yine küçükten büyüğe doğru extra-fine, fine-fine, medium-fine, fine, medium ve coarsa olarak ayarlanmış standart olmayan guta perka konlar da piyasada bulunmaktadır. Standart olmayan guta perka konlar, anatomisi normalden farklı olan kök kanallarının dolgu işlemlerinde yardımcı kon olarak kullanılmaktadır (20, 34). Kök kanalında bulunan guta perkanın miktarını ve homojenitesini arttırmak amacıyla büyük taper açılı guta perka konlar, 0.02 taper açılı standardize konlara alternatif olarak sunulmuştur (1).

Günümüzde kullanılmakta olan guta perka konların hiç birisi dar kanallara rahat bir şekilde yerleştirilememekte ve piyasada sunulan şekilleriyle kök kanal düzensizliklerine tam bir uyum sağlayamamaktadır (11). Bu zorlukları gidermek amacıyla ısı, mekanik enerji ve çeşitli eriticiler kullanılarak yumuşatılan guta perkanın kondansasyonundan yararlanılmıştır (49). Guta perkanın ısıtılmasıyla uygulanan kök kanal dolgu tekniklerinde, yumuşamış guta perkanın kök kanal duvarları ve anatomik boşluklara daha iyi uyum sağlayacağı raporları, bu tekniğin endodontik tedavilerde daha güncel hale gelmesi sonucunu ortaya çıkarmıştır (14, 50, 51).

Isıtılmış guta perka teknikleriyle beraber guta perkanın, ısıtma cihazına yerleştirilmesine uygun olması amacıyla pelet formunda veya paketlenmiş kanül ya da kartuş şeklinde üretimine başlanmıştır. Taşıyıcı sisteme sahip guta perka ürünleri ise metal veya plastik bir taşıyıcı etrafını saran guta perkadan meydana gelmektedir (48).

Kök kanal tedavisinde, guta perkanın uygulanması esnasında kök kanal duvarlarına adaptasyonu ile ilgili bazı sorunlar oluşmaktadır. Bu sorunlar; guta

perkanın tek başına adesiv özelliğinin olmaması, kök kanal duvarlarına yapışamaması, yetersiz kondansasyonda kök kanal duvarlarındaki düzensizliklere ulaşamaması olarak sıralanabilir. Dolayısıyla kök kanal duvarı ile guta perkanın aynı zamanda guta perka konların kendi arasında boşlukların kalması nedeniyle, guta perkanın kök kanal patı ile birlikte kullanılması gerekliliği ortaya çıkmıştır (52). Yapılan klinik ve deneysel çalışmalarda kök kanal dolgu patları ile gerçekleştirilen kök kanal dolgularında daha başarılı sonuçların elde edildiği bildirilmiştir (49, 53-57). Kök kanal dolgusunda guta perka konlar ve dolgu patlarının beraber kullanımı ile dişin direncini arttırmak, kök kanallarında oluşabilecek sızıntıyı engellemek ve dentin kanallarına daha iyi bir bağlantı sağlamak amaçlanmaktadır. Kök dentini ile kök kanal patları arasında oluşacak kimyasal bir bağlantı, mekanik bağlantıya kıyasla çok daha güçlü olacaktır. Fakat günümüz koşullarında aktif olarak kullanılan kök kanal patlarının büyük bir bölümü istenilen bu özelliğe sahip değildir (58, 59). Kök kanal dolgusunun üç boyutlu, sızdırmaz bir şekilde, kök kanalları içinde monoblok bir yapı oluşturarak kök kanal duvarlarına tam bir bağlantı sağlaması istenmektedir (3, 60). Bu beklenen bağlantı kök kanal tedavisinin uzun dönem başarısında büyük etki gösterebileceğinden dolayı tercih edilecek olan kök kanal patı ve taşıdığı özellikler ciddi öneme sahiptir.

2.2.4. Kök Kanal Dolgu Patları

Kök kanallarının doldurulması amacıyla geçmişten günümüze birçok kök kanal dolgu yöntemi ve materyali kullanılmıştır. Uygulanan çoğu yöntemde kök kanal dolgu materyali, kök kanal dolgu patıyla beraber kullanılmaktadır.

Endodontik tedavinin başarılı olmasında en önemli faktörlerden biri apikal sızdırmazlığın sağlanmasıdır (61). Guta perkanın tek başına kullanılması dentin duvarlarıyla bir bağ oluşturmamasına ve bunun sonucunda sızdırmazlığın sağlanmasında yeterli etkiye sahip olamamasına neden olmaktadır. Bu nedenle kök kanalında guta perka ile kanal duvarları arasındaki boşlukların doldurulması, aralarında hermetik bir bağlantı oluşabilmesi ve lateral kanalların tıkanabilmesi açısından kök kanal dolgu patlarının kullanımı önerilmektedir (62).

Kök kanal duvarlarına bağlanabilme özelliklerini ve antibakteriyel etkilerini arttırılabilmek amacıyla zaman içinde kök kanal patları geliştirilmeye çalışılmıştır. Kök kanal dolgu işlemlerinde çoğunlukla geleneksel guta perka ve kök kanal patları kullanılmaktadır. Son yıllarda apikal ve koronaldeki mikrosızıntının önüne

geçebilmek, kök kanal dolgusuyla monoblok bir yapı oluşturarak kanal duvarlarına uygun bir bağlanma özelliği sağlayabilmek aynı zamanda kök kanal dolgusu yapılan dişi daha dirençli hale getirebilmek amacıyla adeziv teknolojideki gelişmeler takip edilip bunlardan yararlanılmaya çalışılmıştır (11).

Kök kanal patlarının kök kanal dolgu materyalleri ile birlikte kullanılmasının 4 amacı vardır;

1. Kök kanal dolgu patlarının başlıca amacı, kök kanal dolgu materyali ile dentin duvarları arasındaki boşluğu doldurarak kök kanalının tamamen sıkı bir şekilde doldulmasını ve apikal tıkamayı sağlamaktır. Bununla beraber lateral ve aksesuar kanalların tıkanması da sağlanmaktadır.
2. Kök kanal dolgu patları plastik veya yarı sıvı olarak kök kanalına uygulandıktan sonra sertleşip dentin duvarları ile kök kanal dolgu maddesini birbirine bağlamaktadır.
3. Kök kanal dolgu patlarının kök kanalında oluşturduğu kayganlık sayesinde, kök kanal dolgusu daha kolay gerçekleştirilir.
4. Kök kanal dolgu patları, içerdiği antibakteriyel ajanlar sayesinde kök kanalında antibakteriyel etki göstermektedir (34, 63).

Kök kanal dolgusunun yapımında dolgu kalitesinin artırılması ve kolaylaştırılması mantığı esas alınarak kök kanal dolgu materyali ile birlikte kullanılan endodontik patların fiziksel, biyolojik ve kullanım kolaylığı gibi aşağıda belirtilen bir takım özelliklere sahip olması gerekliliği rapor edilmiştir (20).

İdeal Kök Kanal Patının Özellikleri

Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri;

- Nem varlığından etkilenmemeli, doku sıvılarında çözünmemeli.
- Dentine ve solid materyallere (guta perka) iyi bir bağlantı sağlamalı.
- Hacimsel olarak stabil olmalı, sertleşme sırasında veya sonrasında büzülmemeli.
- Kök kanal duvarlarına iyi bir adaptasyon sağlamalı ve hatta dentin kanallarına geçiş sağlamalı.
- Diş dokularında veya yumuşak dokularda renklenmeye neden olmamalı.
- Gözenek içermemeli ve su absorpsiyonu olmamalı.

Biyolojik Özellikleri;

- Steril olmalı.
- Bakterisit veya bakteriyostatik etkiye sahip olmalı.
- Hasta ve hekimde sağlık problemleri veya alerji oluşturmamalı.
- Periapikal dokulara karşı iritan etki oluşturmamalı.
- Mutajenik ya da karsinogenik etkisi olmamalı.
- Periapikal dokulara taşıdığı rezorbe olabilmeli, fakat kök kanalı içerisinde rezorbe olmamalı.
- İçerdiği çinko, bizmut, civa, titanyum ve baryum gibi maddeler toksik sınırı aşmamalı.

Kullanımdaki Özellikleri;

- Radyopak özelliği olmalı.
- Yeterli çalışma zamanına imkan sağlamalı.
- Kolayca karıştırılıp kök kanallarına yerleştirilebilmeli ve çözücü maddelerle, ısı ve mekanik enstrümanların kullanımı ile kolayca çözünmemeli.
- Bozulmadan uzun süre muhafaza edilmeli.

İdeal kök kanal dolgu patında bulunması gereken özellikler yukarıda belirtilmiş ve bu özellikleri sağlamak amacıyla pek çok farklı kök kanal dolgu patı üretilmiştir.

Johnson'a (48) göre kök kanal dolgu patları kimyasal içeriklerine göre şu şekilde sınıflandırılmıştır;

1. Çinko oksit ojenol içerikli patlar (Tubliseal, Grossman patı, Roth811 ve Pulp Canal Sealer)
2. Kalsiyum hidroksit içerikli patlar (Sealapex, Biocalex, Calcibiotic Root Canal Sealer, Apexit ve Apexit Plus)
3. Rezin içerikli patlar (AH-26, AH Plus, Diaket)
4. Cam iyonomer içerikli patlar (Ketac-Endo, Endion, Vitrabond, Fuji Ionomer, Chembond ve ActiV GP Sealer)
5. Silikon içerikli patlar (RoekoSeal-Automix, Lee Endo-Fill, GuttaFlow)
6. Solvent içerikli patlar
7. Üretan metakrilat içerikli patlar (Epiphany)

Çalışmamızda Kullanılan Kök Kanal Dolgu Patı

Endodontik tedavide kök kanallarının doldurulmasında farklı antimikrobiyal etkiye sahip birçok kök kanal patı kullanılmaktadır. Bu patlardan resin esaslı olanlar tıkama özelliklerinin iyi olması, boyutsal stabilite göstermesi, antimikrobiyal etkinliği bulunması ve yeterli radyoopasite göstermeleri nedeniyle en çok tercih edilenler içerisinde (64-67).

AH Plus

AH-26 (Dentsply, Maillefer, Kanada) ve AH Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) epoksi rezin içerikli patlar arasındadır. AH-26, Schroeder (68) tarafından 1950 yıllarında tanıtılmış ve uzun yıllar popülerliğini korumuştur (1). Akıcılığı ve çalışma süresi uygun, aynı zamanda dentin duvarlarına bağlanma kuvveti başarılıdır (69, 70). İlk zamanlarda içeriğinde bulunan formaldehitin minimal salınımına bağlı limitli bir toksisitesi olduğu düşünülse de ilerleyen zamanlarda AH-26 ile ilgili yapılan çalışmalar sitotoksik etkilerini de ortaya koymuştur (71-73).

AH-26'nın yüksek radyoopasite, düşük çözünürlük, çok az büzülme ve doku uyumu gibi avantajlarının yanında formaldehit salınımı, sertleşme süresinin uzun olması ve diş dokularını boyaması gibi dezavantajları da mevcuttur. AH-26'nın bu olumsuz özellikleri göz önüne alınarak AH Plus adıyla daha fazla geliştirilmiş bir ürün piyasaya sunulmuştur. Yeni formülde titanyumdioksit bulunmamaktadır ve hekzametilentetramin oranı %25'den %20'ye indirilmiştir (74). AH Plus kök kanal dolgu patının içeriğinde diglisid-bisfenol-A-eter, kalsiyum tungsten, zirkonyum oksit, aerosol, demiroksit, amina 1-adamantan, N,N-dibenzil-5-oxanoneandemine-1, TCD-diamin ve silikon oksit bulunmaktadır (75).

AH Plus kök kanal dolgu patı çabuk ve kolay karıştırılabilmesi için AH-26'daki toz/likit sistemi yerine çift patlı sistem halinde piyasaya sürülmüştür. A ve B patları aynı miktarda kullanılır ve homojen bir kıvam elde edilinceye kadar metal bir spatülle karıştırılır. Çalışma süresi 23 °C sıcaklıkta minimum 4 saattir. Sertleşme süresi ise 37 °C sıcaklıkta 8 saattir (11). İki pat karıştırıldıktan sonra poliaddition reaksiyonunun gerçekleşmesi ile birlikte reaksiyonda artık monomer kalmadığı bildirilmiştir (11). Materyalin büzülmesi ve çözünürlüğü azaltılarak bu sayede boyutsal stabilitesi korunmaya çalışılmıştır. Film kalınlığı 26 µm'dir. Akışkan olması kolay karıştırılmasını sağlar. Kök kanalına kolay uygulanması amacıyla hafif

tiksotropik olarak hazırlanmıştır (11). Yapılan birçok çalışmada epoksi rezin esaslı patların dentine bağlanma dayanımı, kalsiyum hidroksit ve cam iyonomer esaslı patlardan daha yüksek bulunmuştur (76-79). Bu sonuç, epoksi rezin esaslı patların kolajende açığa çıkmış amino grupları ile reaksiyona girerek rezin ve kolajen arasında kovalent bağ oluşturma özelliği ile açıklanabilir (80). Grossman patı, Apexit, Ketac-Endo, Roekoseal ve AH Plus'ın karşılaştırıldığı bir çalışmada, AH Plus'ın en yüksek bağlanma dayanımı değeri gösterdiği bulunmuştur (81). Patların dentin tübüllerine penetrasyonlarının değerlendirildiği bir başka çalışmada penetrasyonun kök kanal dolgu tekniğiyle ilişkili olmadığı, öncelikle dentin tübülünün geçirgenliğine daha sonra patın fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olduğu bildirilmiştir (82, 83). Resin esaslı olmayan patlar tübül içerisinde tanecikli bir yapı göstermekte, epoksi rezin esaslı patlar ise homojenite, yapısal bütünlük ve tübül içinde sıkı bir örtüleme göstermektedir (84). Schafer ve Zandbiglari (85), patların çözünürlüklerini inceledikleri çalışmalarında AH Plus'ın Apexit, Sealapex, Ketac Endo, Diaket, Aptal-Harz patlarından çok daha az çözünürlüğe sahip olduğunu bildirmişlerdir. Saleh ve ark. (86) AH Plus, Grossman, Ketac-Endo, Apexit ve RoekoSeal Automix'in içerisinde bulunduğu beş farklı kök kanal patının enfekte dentin tübüllerindeki bakterileri elimine etme yeteneklerini araştırmak amacıyla yaptıkları çalışmalarında, kök kanalları *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) ile 3 hafta süreyle enfekte edilmiş ve sonrasında patlar ile doldurulmuştur. Çalışmanın sonucuna göre AH Plus kök kanal patının dentin tübüllerindeki *E. Faecalis*'i elimine etme etkisinin diğer patlardan daha fazla olduğu bulunmuştur (85, 86).

Son yıllarda kullanıma sunulan patların büyük çoğunluğu polimer yapıdadır. Polimer grubu patlar; epoksi rezin içerikli patlar (AH-26, AH Plus), metakrilat içerikli patlar (Hydron, EndoRez), polimetilsiloksan içerikli patlar (Roeko-seal), polivinil içerikli patlar (Diaket) olarak sıralanabilir (39, 87). Guta perka ve epoksi rezin esaslı kök kanal patlarının kullanımıyla ilgili tatmin edici klinik bulgular rapor edilmesiyle beraber, endodontide metakrilat rezin esaslı patların kullanımına karşı talepte artış olmuştur (88).

2.3. Kök Kanal Dolgu Yöntemleri

Geçmişten bugüne kadar birçok farklı kök kanal dolgu tekniği uygulanmıştır. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte kök kanal dolgu yöntemlerinde gelişmeler

kaydedilse de esas amacımız kök kanallarının temizlenmesi ve preparasyonu sonrasında doku sıvıları ile mikroorganizmaların periapikal geçişini engelleyecek bir materyal kullanılarak hermetik ve sızdırmaz bir şekilde dolgusunun yapılmasıdır (23, 89).

Kök kanal dolgu tekniklerinin içerisinde hızlı ve kolay uygulanabilmesi, maliyeti yüksek cihazlar gerektirmemesi sebebiyle en çok kabul gören ve tercih edilen yöntemlerden biri soğuk lateral kondansasyon tekniğidir (90). Bu yöntemde kök kanal patının kök kanal duvarlarına uygulanmasından sonra çalışma uzunluğuna uygun bir master kon fizyolojik apikal forameni tıkayacak şekilde ayarlanır. Ardından spreader ile kök kanalında lateral yönde kondansasyon yapılarak açılan boşluklara yardımcı guta perka konlar yerleştirilir. Spreaderın kök kanalına 2-3 mm'den fazla giremediği ana kadar kondansasyon işlemine devam edilir. Soğuk lateral kondansasyon tekniği, her ne kadar kolay uygulanabilen bir yöntem olsa da işlem süresinin uzun olması, spreaderın uygulanması aşamasında vertikal kırıkların meydana gelmesi gibi dezavantajları mevcuttur (1). Bir diğer dezavantajı da, guta perkanın kök kanal duvarlarına, kök kanalındaki düzensiz boşluklara, aksesuar kanallara, transvers anastomozlara homojen ve boşluksuz bir şekilde sıcak vertikal kondansasyon ve termoplastik teknikte olduğu kadar adapte olamamasıdır (12, 91).

Soğuk lateral kondansasyon tekniğinin uygulanması esnasında kök kanal sisteminin üç boyutlu, homojen bir şekilde doldurulması hususunda karşılaşılan yetersizlikler yapılan bazı çalışmalarda da bildirilmiştir (92, 93). Soğuk lateral kondansasyon tekniğinde karşılaşılan bu yetersizlikler nedeniyle ısıtılmış guta perka ile yapılan obturasyon teknikleri, kök kanallarında homojeniteyi arttırmak ve üç boyutlu kök kanal dolgu kriterlerini yerine getirmek amacıyla kullanıma sunulmuştur (92). Özellikle Schilder (94) tarafından vertikal kondansasyon yöntemi ve enjekte edilebilir termoplastik teknikler geliştirilmiştir. Yapılan bir çalışmada uygulanan kök kanal dolgu tekniklerinin hiçbirinde, aksesuar kanalların ve apikal foramenin hermetik olarak doldurulmasında sıcak vertikal kondansasyon tekniğinde olduğu kadar başarı sağlanamayacağı bildirilmiştir (94).

Kök kanal dolgusunun yapılmasında çeşitli dolgu teknikleri kullanılmasına rağmen, bunların klinik başarı üzerine üstünlükleri pek belirgin değildir. Bununla birlikte zayıf apikal tıkamaya neden olunan dişlerde prognoz daha kötü olduğu

bilinmektedir. Uzun dönemde klinik olarak ispatlanmadıkça, bir tekniğin diğerinden üstün olduğunun iddia edilmesi bireysel görüşten öte bir değer taşımamaktadır.

Kök kanal dolgusunda uygulanan yöntemleri Gutmann ve Witherspoon (95) dört grup altında toplamışlardır;

1. Guta perkanın soğuk kompaksiyonu
2. Kök kanalı içinde ısıtılmış guta perkanın soğuk kompaksiyonu
3. Termoplastik guta perkanın kök kanalı içerisine enjekte edilmesinden sonra soğuk kondansasyonu
4. Kök kanalı içerisine yerleştirilen guta perkanın mekanik olarak yumuşatılarak kondense edilmesi

Dummer (96) guta perka dolgu yöntemlerini aşağıdaki gibi gruplandırmıştır;

1. Soğuk guta perka dolgu yöntemleri
 - Lateral kondansasyon
2. Isı ile yumuşatılmış guta perka dolgu yöntemleri
 - A. Kök kanalı içinde ısıtma yöntemleri
 - Devamlı ısı ile obturasyon yöntemi
 - Sıcak vertikal kondansasyon yöntemi
 - Termatik kondansasyon yöntemi
 - B. Kanal dışında ısıtma yöntemleri
 - Guta perka taşıyıcı sistemleri
 - Termoplastik enjeksiyon sistemi
 - Termokompaktör sistemleri

Regan (22) ise guta perka dolgu yöntemlerini şu şekilde sınıflandırmıştır;

1. Lateral kondansasyon
2. Sıcak vertikal kondansasyon
3. Termokompaksiyon ve hibrit yöntemler
4. Termoplastik guta perka ile kaplanmış taşıyıcı kor yöntemleri
5. Termoplastik guta perkanın enjeksiyonu

Çalışkan (20) kök kanal dolgu yöntemlerini şu şekilde sınıflandırmıştır;

- I. Katı guta perka yöntemleri
 - A. Tek kon yöntemi
 - B. Soğuk lateral kompaksiyon yöntemi

II. Yumuşatılmış guta perka yöntemleri

A. Isı ile yumuşatma yöntemleri

1. Sıcak lateral kompaksiyon yöntemi (Endotec)
2. Vertikal kompaksiyon yöntemi
3. Termomekanik kompaksiyon yöntemi
4. Enjektable termoplastize guta perka yöntemleri
 - a. Obtura (Yüksek ısılı)
 - b. Ultrafil (Düşük ısılı)

5. Trifekta

6. Thermafil

7. Soft-core

8. Alpha-seal

9. SuccessFil

10. Sistem B

B. Kimyasal Yumuşatma Yöntemleri

1. Kloroperka yöntemi

- a. Johnston-Callahan yöntemi
- b. Nygard-Ostby yöntemi

2. Ökaperka yöntemi

III. Diğer yöntemler

A. Ultrasound ile kök kanal dolgu yöntemi

B. Basınçla enjeksiyon yöntemi

2.3.1. Basit Tek Kon Yöntemi

Basit tek kon yöntemi ilk olarak endodontik alet ve materyallerde kaydedilen ilerlemelerle birlikte 1960 yıllarında gündeme gelmiştir (97). Bu teknik; kök kanal duvarlarının enine kesiti dairesel veya tam yuvarlak olduğunda ana kon kök kanalının apikal üçlüsüne tam olarak uyum sağlıyorsa ve kök kanalı standart guta perkaların yeterince uyum sağlayamayacağı genişlikte ise uygulanır (20). Bu teknikte Ni-Ti döner eğe sistemi kullanılarak kök kanallarında gerçekleştirilen preparasyonda kullanılan son eğenin konikliği ile uyumlu olan özel guta perka konlar kullanılabilir. Çalışma zamanı oldukça kısa olan cam iyonomer esaslı Ketac-Endo kök kanal patının basit tek kon yöntemiyle beraber kullanılması kök kanal dolgusunun uygulanması

sırasında zaman açısından bir avantaj sağlayabilir. Rezin esaslı kök kanal patı olan EndoREZ'in de basit tek kon tekniği ile kök kanallarına uygulanması önerilmiştir (11).

Uygulama:

Kök kanal preparasyonunda son kullanılan eğe ile aynı boyutlarda olan standardize guta perka kon seçilir. Ana kon kök kanalına yerleştirilir ve radyografi alınarak çalışma uzunluğuna uygunluğu ve apikalde tam tıkama sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir. Ana kon daha sonra uygun bir pat ile birlikte kök kanalına yerleştirilir ve koronaldeki fazla guta perka ısıtılmış bir alet ile uzaklaştırılır (11).

Wu ve ark. (98) tek kon tekniğinin en önemli dezavantajının kullanılan konun kök kanalının koronal ve orta 1/3'lük bölümlerinde bulunan kanal içi düzensizliklere adaptasyonunun zayıf kaldığı durumlarda bu alanların kanal patı ile dolması olduğunu ve bu durumun tedavinin uzun dönem başarısını olumsuz etkileyebileceğini bildirmişlerdir. Geleneksel patlar kullanılarak uygulanan basit tek kon yöntemi apikal tıkamada yetersiz bulunurken Ni-Ti döner eğe sistemi ile genişletilen kök kanallarında açılı guta perka ve güncel kök kanal patları kullanılarak yapılan kök kanal dolgularının daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür (99). Friedman ve ark. (100) cam iyonomer esaslı kök kanal patı olan Ketac-Endo'yu tek kon ve soğuk lateral kondansasyon teknikleriyle kullandıkları çalışmalarında, bu iki teknik arasında başarı açısından fark bulamamışlardır. Kardon ve ark. (101) AH Plus kök kanal dolgu patını tek kon ve sıcak vertikal kondansasyon teknikleriyle karşılaştırdıklarında apikal tıkanmanın sağlanmasında iki teknik arasında fark olmadığını bildirmişlerdir.

2.3.2. Soğuk Lateral Kondansasyon Yöntemi

Soğuk lateral kondansasyon tekniği, kök kanal dolgu teknikleri arasında en yaygın olan ve pratikte en tercih edilen yöntemdir. Bu teknik çoğu klinik vakada uygulanabilen bir tekniktir. Kök kanallarının doldurulması esnasında uygulanan kondansasyon işleminde çalışma uzunluğu kontrolünün sağlanabilmesi en büyük avantajlarının başında gelir (1). Uygulanması basit ve hızlı aynı zamanda geleneksel dolgu yöntemi olarak da kabul edilen bir yöntemdir (96).

Kolay ulaşılabilir el aletleri gerektirir ve en az diğer teknikler kadar kök kanalında iyi bir örtücülük ve kök kanal dolgusu sağlayan bir tekniktir. Diğer tekniklere göre en önemli avantajı kök kanal dolgu aşamasında çalışma uzunluğu kontrolünün sağlanabilmesidir. Retreatment tedavisinin daha kolay yapılması,

boyutsal stabilitenin sağlanabilmesi ve post uygulamalarına elverişli olması tekniğin diğer avantajları arasındadır (26).

Kök kanal eğimi fazla ve morfolojisi normalden farklı olan veya internal rezorpsiyon gibi düzensiz alanlara sahip kök kanallarında kullanımı uygun değildir. Bu istisnai durumlar haricinde apikalde yeterli dentin matriksi bulunan birçok kök kanalında kolaylıkla uygulanabilir (11). Bu yöntemle kök kanallarının dolgusu yapılmadan önce kök kanalına konik formda bir preparasyon yapılmış olmalı ve kök ucunda apikal bariyer oluşturulmalıdır (102).

Uygulama:

Kök kanallarının şekillendirme işlemi tamamlandıktan sonra çalışma uzunluğunda kullanılan en büyük numaralı eğe ile uyumlu ana kon seçilir. Apikal daralımda 'tug back' olarak adlandırdığımız sıkışmayı hissetmek amacıyla ana kon kök kanalına yerleştirilerek uygunluğu radyografi ile kontrol edilir. Ana konun uygunluğunun radyografi ile doğrulanmasının ardından kök kanalına pat uygulanır ve ana kon pata bulanarak kök kanalına yerleştirilir. Daha sonra kök kanal genişliğine uygun spreaderlar belirlenir. Spreaderlar, guta perka konların boyutlarına uygun olarak tasarlanmış kondansasyon amacıyla kullanılan aletlerdir. Seçilen spreader çalışma uzunluğundan 2 mm daha kısa olacak şekilde kök kanalına yerleştirilir ve daha sonra ileri geri hareketlerle geri çekilir. Spreader tarafından oluşturulan boşluğa uygun büyüklükte yardımcı guta perka kon yerleştirilir. Bu işlem kök kanalının yaklaşık koronal üçlüsüne spreader'ın giremediği ana kadar tekrar edilir. Kök kanal dolgu işlemi tamamlandıktan sonra dişin koronal kısmından sarkan guta perka parçaları ısıtılmış bir el aleti yardımıyla kesilip uzaklaştırılır. Koronal kısımdaki guta perka uygun bir plugger ile vertikal yönde sıkıştırılır (1, 22).

Çalışma uzunluğunun kontrol edilebilmesi ve diğer sıcak guta perka kök kanal dolgu tekniklerine göre pat veya guta perkanın kök kanalının apikalinden taşma ihtimalinin daha az olması soğuk lateral kompaksiyon yönteminin önemli avantajlarından (103). Bunların aksine bu yöntemin, homojen bir kök kanal dolgusunun elde edilememesi, guta perka konlar arasındaki boşlukların pat ile dolmasının beklenmesi, kanal düzensizliklerinin sıcak veya akışkan yöntemlerde olduğu kadar iyi doldurulamaması ve spreader ile kondansasyon işlemi sırasında fazla

kuvvet uygulanması sonucu kök kırığı riski taşınması gibi dezavantajlarının olduğu da bildirilmiştir (20, 91).

2.3.3. Sıcak Lateral Kondansasyon Yöntemi

Soğuk lateral kompaksiyon yöntemi sırasında kök kanalında oluşan boşlukları ortadan kaldırmak amacıyla geliştirilmiş bir yöntemdir. 1990 yılında Martin ve Fischer (104) tarafından guta perka konların lateral kondansasyonu amacıyla şarj edilebilen pilli, ısıtıcılı spreader (Endotec; Medidenta International Inc, Woodside, New York, ABD) kullanıma sunulmuştur. Endotec cihazının uç kısmının çapı 30-35 numaralı K-tipi ege ile eşdeğerdir ve 21 mm uzunluğundadır. Cihaz aktif hale getirildiğinde 5 sn. içerisinde uç kısmından itibaren 16 mm'lik bölümde 170 °C'ye varan sıcaklık artışı görülmektedir. Kapatıldığında ise 2 sn. sonunda soğuma gerçekleşmektedir.

Uygulama:

Soğuk lateral kondansasyon tekniğinde olduğu gibi uygun ana kon seçilip kök kanalına pat gönderilir ve ana konda pata bulanıp kök kanalına yerleştirilir. Endotec cihazı aktif hale getirilir ve hafif basınç uygulanarak çalışma uzunluğundan 2-4 mm mesafeye kadar ana konun yanından ilerletilir. Uç kısmına 5-8 sn. süreyle apikal ve lateral yönde rotasyon hareketi ile baskı uygulanır. Spreaderin kök kanalı içerisindeyken soğuması sağlanır, aksi halde cihaz çıkarılırken kök kanalındaki guta perka da beraberinde gelecektir. Kök kanalından çıkartıldıktan sonra oluşan boşluğa yardımcı guta perka konlar yerleştirilir ve işlemlere tüm kök kanalı dolduruluncaya kadar devam edilir (11).

Sıcak lateral kondansasyon yönteminde kök kanallarının obturasyonu sırasında fazla zaman gerekmesi, kullanılan spreaderlerin kırılma riskinin artması ve aletin ağırlığı gibi dezavantajlar mevcuttur. Bunların aksine, bu tekniğin post hazırlığı yaparken kök kanalında bulunan guta perka konların uzaklaştırılmasında kolaylık sağlaması ve uygulanması esnasında soğuk lateral kondansasyon tekniğinde görülebilen kanal içi boşlukların elimine edilebilmesi gibi avantajları bulunmaktadır (20).

2.3.4. Sıcak Vertikal Kondansasyon Yöntemi (Schilder Yöntemi)

Sıcak vertikal kondansasyon yöntemi 1967 yılında Schilder (94) tarafından kullanıma sunulmuştur. Basit veya karmaşık yapılı kök kanallarında apikalde yeterli

tıkamayı sağlamak amacıyla geliştirilmiştir (11). Schilder bu yöntemi önerirken ısıtılmış guta perkanın vertikal yönde sıkıştırılması sonucunda kök kanallarının üç boyutlu, hermetik olarak doldurulabileceğini ve bu yöntemin soğuk lateral kondansasyon yöntemine göre birçok üstünlüğünün olduğunu bildirmiştir (94).

Yöntem, kök kanal preparasyonu sonrası uygun pluggerların ayarlanması, ana konun seçimi ve ana konun az miktarda bir patla kök kanalına yerleştirilmesi, guta perkanın ısıtıcı ile yumuşatılması ve yumuşatılmış guta perkanın pluggerlar ile kök kanal boşluğunda vertikal yönde sıkıştırılması şeklinde özetlenebilir (20).

Bu yöntemin başarılı olabilmesi için kök kanalları apikalden koronale doğru genişleyen formda hazırlanmalı ve apikal çap mümkün olduğunca dar bırakılmalıdır (55). Uygulama aşamasında kullanılan pluggerlar hiçbir zaman kök kanal duvarlarına temas etmemelidir. Kök kanal duvarları arasına sıkışan alet guta perkayı apikal yönde ilerletemez. Vertikal baskı ile guta perka kitlesinin sıkıştırılması vücut sıcaklığında oluşabilecek kontraksiyonu kompanse eder ve böylece kök kanal dolgusunda oluşabilecek büzüşmelerin önüne geçilir.

Uygulama:

Bu yöntemin uygulanması için önce preparasyonu tamamlanmış kök kanalının apikal, orta ve koronal bölgelerine uygun pluggerların seçimi ile uyumlandırılması yapılır. Daha sonra ana kon seçilir ve radyografik kontrolü yapılır. Ana konun apekten 1-2 mm uzaklıkta olmasına dikkat edilmelidir. Ana kon kök kanalına az bir patla yerleştirildikten sonra guta perkanın kök kanal ağzında yer alan koroner kısmı ısıtılmış bir ekskavatörle alınır. Bu aşamadan sonra ısı iletme aleti ve pluggerların sırayla kullanımı gerçekleştirilir. Isı kaynağında ısıtılan alet, guta perkanın içerisine 3-4 mm girerek hemen çıkarılır. Her kullanımda alet yeterli ısıyı transfer etmeli ve guta perka donmadan çıkarılarak materyalin geri çıkması önlenmelidir. Kök kanalının orta üçlüsünde sıkışmayan önceden denenmiş soğuk bir plugger ile vertikal kompaksiyon uygulanır. Isıtılmış olan alet tekrar guta perka içerisine yerleştirilip çıkarılır. Uygun boyuttaki plugger ile vertikal yönde kompaksiyon yapılır. Bu işlem apikal 1/3 bölgenin ve varsa yan kanalların hermetik olarak doldurulması sağlanıncaya kadar tekrar edilir (Down-packing) (11). Kök kanal sisteminin apikal bölümünün üç boyutlu olarak tıkanmasının ardından, kök kanalının geri kalan bölümünün doldurulmasına geçilir (Back-filling). Bu işlem için 3-4 mm uzunluğunda kesilmiş guta perka parçalarından

yararlanılır. Guta perka parçası kök kanalına taşınır. Öncelikle ısıtılmış olan aletle ısı uygulanır ve sonra soğuk pluggerla kondansasyon yapılır. Bu işlemler tekrarlanarak kök kanalında bütünleştirilmiş bir gutta perka kitlesi elde edilir. İşleme benzer şekilde yeni gutta perka parçaları eklenerek kök kanalı dolduruluncaya kadar devam edilir (20).

Sıcak vertikal kondansasyon yönteminin uygulanması sırasında çok zaman gerektirmesi, uygulanan kuvvetler sonucu vertikal kök kırıklarının oluşma riski, sürekli sıcak alet kullanımı nedeniyle ortamda oluşan ısının periodonsiyum üzerine zararlı etkileri ve apikal veya aksesuar kanallardan dolgu materyalinin taşması yöntemin dezavantajları olarak gösterilmektedir. Yine de bu yöntemle kök kanallarının üç boyutlu ve homojen olarak dolgusunun sağlanması tüm dezavantajları elimine edebilmektedir (1, 25).

2.3.5. Devamlı Isıyla Obturasyon Yöntemi

Sıcak vertikal kondansasyon yönteminde doğrudan alev üzerinde ısıtılan aletlerle sıcaklık kontrolü yapmak zordur. Vücut sıcaklığının 10 °C üzerindeki bir artış periodonsiyumda kritik seviyedir ve aşıldığında kemik hasarı görülebilir. Bu nedenle ısı iletimini kontrollü olarak sağlayan farklı aletler gündeme gelmiştir (11, 19).

Hartwell ve ark. (102) tarafından 1987'de Analitik Teknoloji Firması aracılığıyla System B ısı kaynağı (Analytic Tech, EIE/Analytic) piyasaya sunulmuştur. Oldukça ün kazanan System B ısı kaynağı, ucundaki pluggera istenildiği zaman ısı ileten elektrikli bir cihazdır (102).

Bu alet dijital ısı göstergesi ve ısının ayarlanmasını sağlayan rezistansa sahiptir. System B ısı kaynağı, ucundaki ısıyı monitörize eder ve böylece istenen ısı miktarı amaçlanan süreyle uygulanır. Sistemde non-standardize gutta perka konlar kullanılır. Non-standardize gutta perka konlar; fine, fine-medium, medium ve large olarak ayrılır. Kon uyumu sağlandığında tepici uyumu da sağlanmış olur. System B gutta perkayı ısıtan ve aynı zamanda vertikal yönde kondense eden bir cihazdır. Isı kaynağının ucundaki tepiciler, ısıyı gutta perka kona iletirler.

Uygulama:

System B cihazının ucunda bulunan plugger, çalışma boyundan 5-7 mm geride olacak şekilde ayarlanır. Ana kon kök kanalına patla birlikte yerleştirildikten sonra plugger ayarlanan uzunlukta gutta perka konun yanından kök kanalına yerleştirilir. Isı kaynağı 1 sn. süre ile 200 °C'de aktif hale getirilir. Isı inaktive edilir ve 5-10 sn. daha

vertikal kuvvet uygulanır. Isı tekrar 1 sn. süre ile aktive edilerek hızlıca guta perka ve plugger birbirinden ayrılır ve soğuk bir el pluggeri ile kondansasyon yapılır. Bu ayrılma ısısı apikal guta perkayı ısıtmak yerine apikaldeki guta perka ve pluggerin birbirinden ayrılması için kullanılır. Isıtılmış olan plugger çıkarılırken guta perkanın koronal parçası da beraberce çıkar. Bu yöntemde pluggerlar uç kısımlarından soğumaya bağladığı için apikal guta perka konun dışarıya çıkarılma riski azaltılır. Bu işlem birkaç kez tekrarlanır ve en sonunda guta perka apikalde kalır. Bu işlem ile kök kanalının apikal üçlüsü doldurulur. Bu bölge açılı tek kon ile doldurulduğundan apikal kısma ısı transferi olmaz. Bu işlemlerde apikal üçlünün doldurulmasına down-packing, geri kalan kısmın doldurulmasına ise back-filling denilmektedir. Kök kanalının orta ve koronal üçlüsü Sistem B ısı cihazının kullanımıyla tamamlanabileceği gibi yüksek ısılı enjeksiyon tekniği olan Obtura (Texceed Corp., Costa Mesa, Calif. USA) ile tek seferde de doldurulabilmektedir (11, 20).

Uygun vakalarda kullanıldığında apikalde guta perka kontrolünün iyi olması, lateral veya vertikal kondansasyon yöntemine göre daha fazla ve homojen guta perka kitlesinin bulunması, apikaldeki lateral ve aksesuar kanalların kolayca doldurulabilmesi, kolay öğrenilmesi ve tecrübe kazanıldığında kök kanal dolgusunun oldukça kısa sürede tamamlanabilmesi devamlı ısı ile obturasyon yönteminin avantajları arasındadır (105).

Bunun yanı sıra yöntemin, apikal daralım noktasının bozulmuş olduğu vakalarda uygulanamaması, iyi bir ana kon uyumu gerektirmesi, Sistem B cihazı ve pluggerların maliyetli olması gibi dezavantajları olduğu bildirilmiştir (106). Ayrıca kök yüzeyinde oluşabilecek sıcaklık artışı nedeniyle periodontal ligament ve alveolar kemik dokusuna zarar verebilme riski de mevcuttur (47).

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte günümüzde Sistem B tipi cihazların kablolu olanları piyasaya çıkmıştır. SuperEndo Sistem (B&L, Biotech, Ansan, Kore), Calamus Dual Sistem (Densply, Tulsa, OK) ve Elements Free Kablosuz Obturasyon Sistemi (SybronEndo/Kerr Endodontics, Orange, CA, ABD) gibi cihazlar bunlardan bazılarıdır.

Tez çalışmamızda, gerek devamlı ısıyla obturasyon gerekse ısıtılmış guta perkanın enjeksiyon yöntemlerinin bir arada uygulanmasına olanak sağlayan Elements Free Kablosuz Obturasyon Sistemi kullanılmıştır.

Elements Free Kablosuz Obturasyon Sisteminin Downpack ve Backfill üniteleri bulunmaktadır. Bu ünitelerin şarj edilebilmesi için birleşik veya iki ayrı platform halinde çeşitleri vardır. Downpack ünitesi pluggerın ısıtılmasını sağlarken, Backfill ünitesi ısıtılmış guta perkanın akışkan olarak çıkışını sağlamaktadır. Downpack ünitesinin sıcaklık aralığı 100-400 °C arasında dijital olarak ayarlanabilir ve cihazın 0,5 sn.'den daha kısa bir sürede 200 °C sıcaklığa ulaşması mümkündür. Backfill ünitesinin ucuna guta perka kartuş yerleştirilerek 200 °C'de ısıtılır ve yumuşayan guta perka kök kanalı içerisine enjekte edilir. Soğuk bir el pluggerı ile tekrar vertikal yönde kondansasyon yapılır. El aletlerinin kablosuz ve hafif olması çalışma kolaylığı sağlamaktadır. Kullanımı kolay, konforlu ve hasta için güvenilir bir sistemdir (107).

2.3.6. Termomekanik Kondansasyon Yöntemi (McSpadden Tekniği)

McSpadden'ın 1978 yılında termomekanik kondansasyon yöntemini piyasaya sunmuş ve yönteme kendi adını vermiştir. Bu yöntem tersine çevrilmiş Hedstorm eğesine benzeyen McSpadden kompaktörü ile uygulanır. Aletin dk.'da 10.000 devirde kullanılmasıyla oluşan sürtünme ısıyla guta perkanın yumuşaması ve kök kanallarının doldurulması sağlanır (11, 20, 102).

Uygulama:

Bu teknikte ana kon olarak belirlenen guta perkanın seçiminde dikkatli olmak gerekir. Apikal foramenden taşmamak için çalışma uzunluğunda kullanılan en geniş alet ile aynı apikal çapa sahip ana kon seçilir. Ana kon çalışma uzunluğundan 1,5 mm geride olacak şekilde ayarlanır ve radyografi ile kontrolü yapılır. Ana konun apikal 1/3'lük kısmına az miktarda pat sürülerek kök kanalına yerleştirilir. Kompaktör seçimi apikal şekillendirmede kullanılan son kanal eğesinden bir numara daha büyük olarak belirlenir. Apikal kısımdan 3-4 mm daha kısa olacak şekilde ana konun yanından kök kanalına kompaktör yerleştirilerek saat yönünde basınç uygulamadan döndürülür ve sürtünme ile oluşan ısı guta perkayı 1 sn. içerisinde yumuşatır. Dolgu esnasında aletin kendini geri itme hissi oluştuğunda direnç gösterilmeden alet çalışır konumdayken kök kanalından geri çekilir. Daha büyük guta perka ve kompaktör yardımıyla koronal kısma doğru kök kanal dolgu işlemi tamamlanır (20).

Termomekanik kondansasyon yöntemiyle çok kısa bir sürede ve daha az guta perka kullanılarak kök kanalları doldurulabilir. Yetersiz kök kanal dolgusuna sahip

vakalarda kök kanalında mevcut guta perka çıkarılmadan yeniden kompaksiyon işlemi yapılarak tedavi tamamlanabilir. Bu yöntem özellikle internal rezorbsiyon vakalarında başarılı sonuçlar vermektedir. Termomekanik kondansasyon yöntemi öğrenilmesi zor bir teknik olması, uygulama sırasında kompaktörün kırılabilmesi ve taşkın kök kanal dolgularının meydana gelebilmesi gibi dezavantajları mevcuttur (11, 20). Ayrıca termomekanik kondansasyon tekniği ile ilgili yapılan bir çalışmada, kök yüzeyinde 27 °C' ye kadar sıcaklık artışı olduğu bildirilmiştir. Bu durumun sonucu olarak periodontal dokular üzerinde yıkıcı etkisinin olabileceği düşünülmektedir (108).

2.3.7. Termoplastik Enjeksiyon Yöntemi

Termoplastik enjeksiyon yöntemi; bir enjektör içerisinde bulunan ısıtılmış guta perkanın mekanik basınç uygulanmasıyla kök kanalına yerleştirilebileceği ve lateral veya vertikal kompaksiyondan daha hızlı, üç boyutlu ve homojen olarak kök kanal dolgusu sağlayabileceği düşüncesiyle tasarlanmıştır (55). İlk kez 1977 yılında Yee ve ark. (109) kök kanal dolgusunun bu yöntem kullanılarak yapılması için bir sistem geliştirmişlerdir.

Yapılan çalışmalar sonucunda uygulanan ısıya göre iki tip enjeksiyon sistemi piyasaya sunulmuştur (55);

a) Yüksek ısıli enjeksiyon sistemi (Obtura II)

Obtura II sistemde (Texceed Corp., Costa Mesa, Calif.) guta perka özel ısıtıcısında 160 °C'ye kadar ısıtılmakta ve enjektörün ucundaki gümüş kanüller aracılığı ile kök kanalına gönderilmektedir. Sistemdeki enjektör; hazne bölümü, piston, ısıtma elemanı ve numaralı kanüller olmak üzere bölümlerden oluşmaktadır. Isıtma işleminden sonra piston yumuşamış guta perkayı iter, böylece akıcı haldeki guta perkanın kanül ucundan çıkışı sağlanır. Kanüller termoplastik guta perkanın sıcaklığını koruyarak sürekli akıcı halde kalmasını sağlamaktadır. Ayrıca kanülün ucundaki guta perkanın sıcaklığı 62-65 °C olarak saptanmıştır.

Uygulama:

Bu yöntemle doldurulacak kök kanallarının apikal daralım bölgesi guta perkanın oluşturabileceği taşkınlığı önlemek amacıyla mümkün olduğunca dar çapta hazırlanmalı ve kök kanal formu apikalden koronale genişleyen formda olmalıdır. Uygulamaya kök kanal duvarlarına pat uygulandıktan sonra geçilir.

Kök kanal dolgu işlemi için çalışma uzunluğundan 3-5 mm kısa mesafede yer alacak bir kanül seçilir. Cihaz çalıştırılıp guta perka ısıtıldıktan sonra kanül önceden tespit edilen kanal uzunluğuna yerleştirilir. Yumuşamış guta perka kök kanalı içerisine enjekte edilirken koronale doğru geri çekilmeli ve kök kanalı tamamen dolduğunda en büyük tepiciden başlayarak sırayla vertikal yönde sıkıştırma yapılmalıdır.

Gereken düzeltmeler guta perka soğumadan ilk 3-4 dk. içinde yapılmalı ve guta perkanın kök kanalına enjeksiyonu 20 sn.'den daha kısa sürede tamamlanmalıdır.

Isıtılmış guta perka enjeksiyon yönteminin tıkalı alanları, kanal içi düzensizlikleri, internal rezorpsiyon bölgeleri, lateral kanalları ve apikal delta gibi anatomik alanları doldurmada faydalı olabileceği görülmüştür. Yumuşayan guta perkanın kök kanal duvarlarına adaptasyonunun soğuk lateral kondansasyondan daha iyi olduğu bildirilmiştir. Smear tabakasının uzaklaştırılması ve guta perkanın enjekte edilmesi ile dentin kanalcıklarının pat ve guta perkayla doldurulabileceği ileri sürülmüştür. Guta perkanın soğuması esnasında oluşabilecek büzülme kompanse etmek için el aletleri ile sürekli kompaksiyon yapılmalıdır. Bu sayede guta perka içinde hava kabarcıklarının kalması engellenerek üç boyutlu, homojen bir kök kanal dolgusu sağlanmış olunur (11, 20). Yöntemin dezavantajları ise boyut kontrolü sağlanmasının zor olması ve akışkan guta perkanın apikalden çıkma riskinin bulunmasıdır. Ayrıca guta perkanın ısıtıldığı cihazın üretici firmanın önerilerine uygun kullanılmaması durumunda kök kanalında oluşan sıcaklığın periodontal dokularda ciddi hasar meydana getirebileceği belirtilmiştir (110).

b) Düşük ısı enjeksiyon sistemi (Ultrafil)

Ultrafil sistemi bir enjeksiyon şırıngası, ucunda iğne olan guta perka kanülü ve 120 voltluk bir ısıtıcıdan meydana gelmektedir.

Guta perkanın düşük sıcaklıkta yumuşatılması esasına dayanan bu teknikte kanüller içinde bulunan guta perkanın içindeki parafin yüzdesi normal guta perkalara göre daha yüksektir.

Uygulama:

Enjeksiyon uygulanırken kök kanalında rahat çalışılması ve direk görüş sağlanması açısından kanüller apikal daralımdan 6 mm uzağa yerleşecek şekilde konumlandırılır. Kanüller, 70-90 °C'ye ayarlanmış ısıtıcısına yerleştirilir ve kullanılmadan önce en az 15 dk. ısıtılır. Ultrafil kanülleri ısıtıcıda 4 saatten fazla

bırakılmamalıdır yoksa kanül içindeki guta perkanın özelliği değişebilir. Kanül ısıtıcıdan alınıp şırıngaya yerleştirilir. Bir dk. içinde termoplastik guta perka akmaya başlar ve kök kanal dolgusu 15-30 sn. içerisinde tamamlanmalıdır.

Ultrafil sisteminde pat kullanımı, patsız uygulamalara göre daha güvenli bulunmaktadır. Pat kullanımı kök kanalında daha rahat guta perka akışı sağlamaktadır. Enjeksiyon yavaş ve kontrollü bir şekilde kanüle fazla baskı yapmadan uygulanmalıdır (11, 20).

Ultrafil yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalarda; bu sistemde kök kanal dolgu işleminin kısa sürede tamamlanması, lateral kanalların doldurulduğu homojen bir kök kanal dolgusunun elde edilmesi, kompaksiyona gerek duyulmaması gibi avantajların olduğu bildirilmiştir (111-113).

Gutmann ve Rakusin (114), Ultrafil yönteminin avantajlarının yanı sıra; enjeksiyon kanüllerinin yerleştirilebilmesi için kök kanalında fazla preparasyon gerektirmesi, kök kanal dolgu işlemi esnasında çalışma uzunluğu kontrolünün zor sağlanması, ısıtılan guta perkanın hızlı soğuması gibi dezavantajlarının olduğunu da belirtmişlerdir.

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte termoplastik enjeksiyon yönteminde kullanılan farklı güncel cihazlar piyasaya sunulmuştur. Obtura III (Obtura Spartan, Earth City, MO), Elements Free (SybronEndo, Orange, CA), Calamus (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK), HotShot (Discus Dental, Culver City, CA) ve Ultrafil 3D (Coltene/Whaledent, Cuyahoga Falls, OH) bu tekniğin uygulanabileceği cihazlardır (1).

Tez çalışmamızda uyguladığımız termoplastik enjeksiyon yönteminde Elements Free Kablosuz Obturasyon Sistemi'nin Backfill ünitesi kullanılmıştır.

Yüksek ısılı enjeksiyon sistemlerinden biri olan Elements Free Kablosuz Obturasyon Sistemi, kartuşlar içindeki guta perkanın 200 °C'ye kadar ısıtılıp eğimli kanüller ile kök kanalı içerisine enjekte edildiği bir yöntemdir (107).

2.3.8. Termoplastik Kor Yöntemi (Thermafil)

Termoplastik kor yöntemi, özel bir taşıyıcı üzerine kaplanmış guta perkanın özel bir fırında ısıtılıp yumuşatılarak kök kanalı içerisine yerleştirilmesi temeline dayanır. 1978 yılında Johnson (115) isimli araştırmacı, paslanmaz çelik kanal aleti olan K-tipi eğe üzerinde kaplı alfa fazındaki guta perkanın ısı ile yumuşatılarak kök

kanalına yerleştirilmesi şeklindeki bu yöntemi gündeme getirmiştir. Daha sonra üretici firmalar teknolojinin ilerlemesiyle birlikte temelde aynı sistemi koruyarak bu yöntemi Thermafil Endodontik Obturatörler (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, ABD) olarak kullanıma sunmuştur. Thermafil dolgu sisteminde guta perka metal veya plastik bir kor üzerinde kök kanalına taşınır. Soft-Core (CMS Dental ApS, Copenhagen, Danimarka), Densfil (Dentsply Maillefer, Tulsa, OK, ABD), ProTaper (Dentsply Maillefer, Tulsa, OK, ABD) ve Profile GT (Dentsply Maillefer, Tulsa, OK, ABD) obturatörler bu yöntemle kullanılan benzer ürünlerdir (102).

Uygulama:

Kök kanal preparasyonundan sonra uygun bir kök kanal patı ince bir tabaka halinde kanal duvarlarına uygulanır. Kök kanalına uygun olarak seçilmiş olan thermafil, çalışma uzunluğu ayarlandıktan sonra üretici firmanın önerileri doğrultusunda Therma Prep Oven adlı özel fırınında (Tulsa Dental Products) ısıtılır. Isıtma işlemi yetersiz yapılırsa guta perka kök kanalına yerleştirme esnasında taşıyıcıdan ayrılabilir, fazla yapılırsa guta perkanın yanmasına sebep olabilir. Thermafil'i çevirmeden, bükmeden, hızlı bir şekilde kök kanalına yerleştirmek gerekir. Thermafilin kesilmesinden önce 2-4 dk. süreyle guta perkanın soğuması beklenir ve kök kanal girişinin 1-2 mm üzerinden tersine konik, rond ya da thermacut aletiyle guta kor kesilir. Kök kanal dolgu materyalinin yerinden oynamasına sebep olabileceğinden ısıtılmış el aletlerinin kullanımı önerilmemektedir (11, 20, 116).

Thermafil uygulaması kolay bir yöntemdir. Bu yöntem ile guta perka kök kanalında bulunan düzensiz bölgelere iyi bir adaptasyon sağlayarak homojen bir kök kanal dolgusu elde edilir. Tekrarlayan kök kanal tedavi işlemleri ve post yuvası hazırlanması sırasında taşıyıcının uzaklaştırılmasındaki zorluklar, eğri kanallarda adaptasyon güçlüğü ve apikalde kök kanal dolgu materyalinin kontrolünün zor sağlanması gibi dezavantajları mevcuttur (11). Ayrıca ısı ile uygulanan kök kanal dolgu tekniklerinde olduğu gibi bu teknikte de kullanım sırasında periodontal dokular sıcaklık artışına maruz kalmaktadır.

2.4. Kök Kanal Dolgu Yöntemlerinde Oluşan Sıcaklık Değişimlerinin Etkileri

Isı; guta perka, dentin ve periodontal ataşman ile yayılmaktadır. İletilen ısıyla sement, peridontal ligament ve çevre kemikte geri dönüşümsüz hasarlar meydana

gelebilir. 47 °C'nin üzerinde oluşan sıcaklık değerinin kemik doku üzerinde zararlı etkileri olduğu düşünülmektedir.

Kök dış yüzeyi ve kök kanalı arası mesafe, yani kök kanal preparasyonundan sonra kalan dentin kalınlığı kök yüzeyine ısı geçişini etkileyebilmektedir. Dentinin düşük ısı iletkenliği sayesinde ($1,36 \times 10^3 \text{ cal/cm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$) ısının dağılması ve ataşman aparatına yayılması avantaj sağlamaktadır (11). Ayrıca yapılan bir çalışmada periodontal ligament varlığından dolayı sıcaklık artışının kompanse edildiği ve alveol kemikteki damarlanmanın kök yüzeyindeki ısıyı dağıtmaya yardımcı olduğu belirtilmiştir (117).

Kök kanal tedavisinin ana amaçlarından biri, periodontal dokulara zarar vermeden kök kanal tedavisinin tamamlanmasıdır. Günümüzde uygulanan kök kanal dolgu yöntemlerinde, ısı kullanarak guta perkanın termoplastik özellik kazanmasını sağlayan teknikler mevcuttur. Isı kullanımı ile guta perkanın akıcılığı artırılarak kök kanallarına daha iyi adapte olabilen kök kanal dolguları uygulanır. Fakat, kök kanal dolgusu sırasında kök kanalında ve kök dış yüzeyinde meydana gelebilen yüksek sıcaklık birçok diş hekimi için endişe kaynağı olmuştur (118).

Normal vücut sıcaklığının yaklaşık 10 °C üzerindeki sıcaklık artışı kritik kabul edilirken periodontal dokularda irreversible hasara neden olabileceği de ileri sürülmüştür (17, 18, 118). Diğer bir çalışmada geri dönüşümsüz kemik hasarına neden olacak sıcaklığın 56 °C olduğu ve bu derecede alkalen fosfataz denaturasyonunun meydana geldiği bildirilmiştir (119).

Gerek soğuk lateral kondansasyon, gerekse diğer sıcak guta perka kök kanal dolgu yöntemlerinde kök kanalı içerisinde ortaya çıkan ısının dentin tarafından semente, periodontal ligamente ve alveoler kemiğe iletilebileceği aynı zamanda yüksek derecedeki sıcaklık artışının diş destek dokularında hasara neden olabileceği söz konusu olduğundan bu konudaki araştırmalar artmıştır (120, 121).

2.5. Dış Kök Yüzey Sıcaklık Değişimlerinin Ölçülmesinde Kullanılan Yöntemler

2.5.1. Sonlu Elemanlar Analizi Yöntemi

Sonlu elemanlar yöntemi karmaşık mühendislik problemlerinin çözümünde ayrıca tıp ve diş hekimliği başta olmak üzere birçok alanda sonuç arayan analiz yöntemidir.

Sonlu elemanlar yöntemi "parçadan bütüne gitme" kuralını temel almaktadır. Sonlu eleman, iki veya üç boyutlu yapıların bir parçası veya bir bölgesidir. Bu yöntemin ilk ve en kapsamlı uygulama alanı gerilme analizi olarak yer almaktadır. Sonrasında ısı analizi, akışkan analizi, piezoelektrik analizi, elektrik analizi gibi alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır (122).

Bu yöntemde karmaşık mühendislik problemleri bilgisayar ortamında çözümlenmektedir. Bu metotla değerlendirilecek canlı yapı, bilgisayar ortamında gerçeğe en yakın olarak modellenir ve matematiksel olarak ifade edilir. Karmaşık geometrik yapılar parçalanarak daha küçük, basit yapılar haline getirilir ve parçadan bütüne gitme prensibi uygulanır. Bu yöntem, matematik olarak çözümü bulunamayan sistemin aradığımız değişkenlerinin saptanmasında yararlandığımız yaklaşık bir çözüm modeli olarak da ifade edilebilir (123).

Sonlu elemanlar yönteminin hızlı, doğru ve güvenilir sonuçlar verdiği düşünülmektedir (124).

2.5.2. Kızılötesi Termografi

1960'lerden beri Termal kameralardan, akademik ve bilimsel araştırmalarda yararlanılmaktadır (125-127). Kızıl ötesi termal kameralar, cisim tarafından yayılan ve insan gözü ile görülemeyecek dalga boyuna sahip kızıl ötesi enerjinin görünür hale dönüşmesini sağlar ve sıcaklık dağılımlarını farklı renk tonları ile gösterir (128).

Termal kameralar, geniş bir yüzey alanı üzerinde sıcaklığı ölçme yeteneğine sahiptir ve özel yazılım paketleri ile aşırı sıcak noktaların ölçümünü belirleyebilir. Ayrıca, sıcaklık değişimini renkli olarak sunan gerçek zamanlı video görüntüsü kaydedilebilir. Ancak, masraflı bir sistem olması, eski cihazlardaki duyarlılık ve görüntü işleme eksikliği nedeniyle dış hekimliğinde daha dar bir kullanım alanına sahiptir. Günümüzde teknik gelişmeler ve görüntü işleme uygulamalarında kaydedilen ilerlemeler sayesinde, modern ekipmanlar 0,1 °C'lik değişimleri kaydedecek nitelikte hassas olarak üretilmiştir. Özellikle geçmiş yıllarda termal kameralar kullanılarak *in vitro* yapılmış araştırmaların, teknolojinin ilerlemesiyle *in vivo* yapılması mümkün hale gelmektedir (129).

2.5.3. Termokupl (Isıl Çift) Yöntemi

Son zamanlarda diş hekimliği uygulamalarında sıcaklık ölçümleri önemli bir konu olarak görülmeye başlanmıştır. Sıcaklık ölçümünde çeşitli yöntemler mevcut olmasına rağmen bunlar içerisinde termokupllar, elektronik dünyasında en çok kullanılan sensörlerden birisidir. Termokupllar ile $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den $+2320\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar sıcaklık ölçümleri yapılabilir. Termokupl, iki farklı alaşım ucunun kaynaklanması ile oluşturulan basit bir sıcaklık ölçüm materyalidir. Kaynak noktası sıcak nokta, diğer açık iki uç soğuk nokta olarak isimlendirilir. Termokuplın ölçüm mekanizması, sıcak nokta ile soğuk nokta arasındaki sıcaklık farkından meydana gelir. Bu sıcaklık farkıyla orantılı olarak, soğuk nokta uçlarında mV mertebesinde gerilim oluşur. Termokuplın sıcak ve soğuk noktası arasındaki sıcaklık dağılımı nasıl olursa olsun üretilen gerilim, sıcak ile soğuk nokta arasındaki sıcaklık farkıyla orantılıdır.

Termokupllarda iki farklı metal veya alaşım tel bulunur. Bunlar çeşitli mekanik darbeler, fiziksel ve kimyasal aşındırıcı özellikler düşünülerek belli özel koruyucu kılıflar içinde muhafaza edilir. İki farklı tel farklı kutuplarda oldukları için birbirlerinden izolatör yardımıyla ayrılmalıdır. İzolatörlerin seçiminde ortam şartları ve sıcaklık limitleri göz önünde bulundurulmalıdır. Gerek kullanılan tellerin gerekse koruyucu tüplerin cinsleri termokuplların ömürlerini direk olarak etkilemektedir (130).

Çeşitli sıcaklık aralıklarında ($-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den $2320\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar) en çok kullanılan DIN 43710 ve IEC 584 adlı standart termokupl tel çeşitleri şunlardır;

Cu-Const (Bakır-Konstantan)

Fe-Const (Demir-Konstantan)

Cr-Al (Kromel-Alümel)

NiCr-Ni (Nikelkrom-Nikel)

Nikrosil-Nisil (Nikelkrom Silikon-Nikelsilikon magnezyum)

Pt %10 Rh-Pt (Platin Rodyum-Platin %10)

Pt %13 Rh-Pt (Platin Rodyum-Platin %13)

Pt %18 Rh-Pt (Platin Rodyum-Platin %18)

Tn-Tn %26 Re (Tungsten-Tungsten %26 Renyum)

Bu termokuplların sıcaklık limitlerini ve standart kodları sıralayacak olursak;

1. Cu-Const	U-tipi	$-200..300\text{ }^{\circ}\text{C}$
2. Fe-Const	U-tipi	$-200..800\text{ }^{\circ}\text{C}$

3. Cr-Al	K-tipi	-200..1200 °C
4. NiCr-Ni	K-tipi	-200..1200 °C
5. Cr-Const	E-tipi	-200..1200 °C
6. Nikrosil-Nisil	N-tipi	0..1200 °C
7. Pt %10 Rh-Pt	S-tipi	0..1500 °C
8. Pt %13 Rh-Pt	R-tipi	0..1600 °C
9. Pt %18 Rh-Pt	B-tipi	0..1800 °C
10. Tn-Tn %26 Re	W-tipi	0..2000 °C

Termokupllarda ilk yazılan bacak (+), diğeri (-)'dir. Bu nedenle termokupl kullanılırken bu uçlar dikkate alınmalıdır. Uçlar belli renkler ile kodlanmışlardır. DIN normlarında (+) bacaklar kırmızı, (-) bacakların rengi ise termokupl cinsine göre şöyledir;

Cu-Cosnt Kırmızı - Kahverengi

Fe-Cosnt Kırmızı - Mavi

NiCr-Ni Kırmızı - Yeşil

PrRh-Pt Kırmızı - Beyaz (130)

Farklı noktalardan ölçüm yapma imkanı sağlaması, kullanım kolaylığı, net sonuçların elde edilmesi ve maliyetin uygunluğu gibi avantajları nedeniyle sıcaklık değişimlerinin incelenmesi amacıyla termokupllar tercih edilen bir yöntemdir.

Termokupl yönteminin dezavantajı ise sadece temas ettiği bölgenin sıcaklığını ölçmesidir. Geniş yüzeylerin değerlendirilmesi için yeterli değildir. Geniş alanların ölçülmesinde kullanılacaksa bu alanlarda rastgele seçilen noktaların sıcaklığı değerlendirilebilir. Doğru sonuçların elde edilebilmesi için termokupl ve yüzey arasındaki temasın tam olduğundan emin olunmalıdır (128).

Çalışmamızda, *in vitro* şartlar altında alt çene premolar dişlerde beş farklı kök kanal dolgu yönteminin (Soğuk lateral kondansasyon yöntemi, sıcak vertikal kondansasyon yöntemi, devamlı ısıyla obturasyon yöntemi, termoplastik enjeksiyon yöntemi, thermafil) uygulanması esnasında, kök dış yüzeyinin 9 farklı noktasına sabitlenmiş termokupllar (K-tipi) ile oluşabilecek sıcaklık değişimlerinin ölçülmesi ve elde edilen sıcaklık artış değerlerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi amaçlanmıştır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Tez çalışmamız ile ilgili onay Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığı'ndan 11.09.2019 tarihinde yapılan toplantıda 2019-09/07 karar numarası ile alınmıştır.

3.1. Örneklerin Seçilme Kriterleri ve Hazırlanması

Çalışmamızda, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş, Çene Hastalıkları ve Cerrahisi Anabilim Dalı'nda periodontal hastalık, ortodontik veya protetik tedavi planlaması sebepleriyle çekilen 100 adet tek köklü ve tek kanallı alt çene premolar dişler kullanılmıştır.

Dişler çekildikten hemen sonra, her dişin meziodistal ve bukkolingual yönde periapikal filmleri alınmıştır (Şekil 3.1).

Alınan radyografiler göz önünde bulundurularak dişlerin seçiminde;

1. Dişlerin tek kök ve tek kanallı olması,
2. Kök yüzeyinde kırık, çatlak veya çürük olmaması,
3. Önceden kök kanal tedavisi yapılmamış olması,
4. Kök kanalının kalsifikasyon, yabancı cisim ve benzeri bir nedenle tıkalı olmaması,
5. Kökte iç veya dış rezorpsiyon olmaması,
6. Dişlerin kök gelişimi tamamlanmış ve apikal bütünlükleri bozulmamış olması gibi kriterlere dikkat edilmiştir.

Bu radyografik ve klinik kriterlere uymayan dişler çalışma dışı bırakılmıştır.



Şekil 3.1. Çalışmamızda kullanılan dişlerin meziodistal ve bukkolingual yönde periapikal filmleri.

Seçilen dişler, kök yüzeyi üzerinde bulunan tüm doku artıkları ve debrislerin temizlenmesi için 12 saat %5,25'lik NaOCl (Imicryl Dental, Konya, Türkiye) solüsyonunun içinde bekletildi. Dişler daha sonra akan duru suyun altında yıkandı. Kök yüzeyinde bulunan doku artıkları periodontal kret yardımıyla temizlendi. Bu şekilde temizlenen dişler, kullanılacakları zamana kadar %0,9'luk salin solüsyonu içerisinde bekletildi.

Dişlerde alışma uzunluğu standardizasyonu sağlamak ve kök kanalına erişimi kolaylaştırmak amacıyla dişlerin kuronları kök boyları yaklaşık 14-16 mm olacak şekilde su soğutması altında elmas fissür frez (Prodottoda / Produced by Diamir Srl Loc. Rauna 56 1-33010 Resia, Italia) ile kesilerek uzaklaştırıldı (şekil 3.2). Dişlerin kuron kısımlarının uzaklaştırılmasından sonra 016 numaralı rond frez (Maillefer, SA CH-1338 Ballaigues, Switzerland) yardımıyla giriş kaviteleri açıldı. 10 numaralı K-tipi eğe ile apikal açıklık kontrol edildi ve 15 numaralı K-tipi eğenin apikal foramenden çıkmadığı dişler çalışmaya dahil edildi.



şekil 3.2. Çalışmamızda kullanılan çalışma uzunluğu standardize edilmiş alt çene premolar dişler.

Çalışma uzunluğu, 10 numaralı K-tipi eğenin apikal foramenden görüldüğü mesafeden 1 mm geri çekilerek belirlendi ve daha sonra kök kanallarının kemomekanik preparasyonuna geçildi. Dişlerin preparasyonu Protaper Next Ni-Ti döner eğe sistemi (PTN; Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) kullanılarak yapıldı (şekil 3.3). Enstrümanlar sırasıyla X1 (Uç boyu 17, açısı 0.04), X2 (Uç boyu 25, açısı 0.06) ve X3 (Uç boyu 30, açısı 0.07) dizisi şeklinde kullanıldı. İşlemler retici firmanın önerilerine uygun olarak 2 Ncm tork ve 300 rpm hızda gerçekleştirildi. Bu

amaçla hız ve tork ayarlı W&H Entran kablosuz endodontik motor (W&H, Bürmoos, Austria) cihazından yararlanıldı. Kök kanallarının preparasyonu sırasında her eğe değişiminde 2 ml %5,25'lik NaOCl, preparasyon tamamlandığında 10 ml %17'lik etilendiamin tetraasetikasit (EDTA) (Imicryl Dental, Konya, Türkiye) ve ardından 10 ml %2,5'luk NaOCl kullanıldı. Son irrigasyon solüsyonu olarak kök kanalları 10 ml distile su ile yıkandı ve kağıt konlarla kurutuldu.



Şekil 3.3. Çalışmamızda kullanılan ProTaper Next Ni-Ti döner eğe sistemi.

3.2. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (CBCT) ile Örneklerin Görüntülenmesi

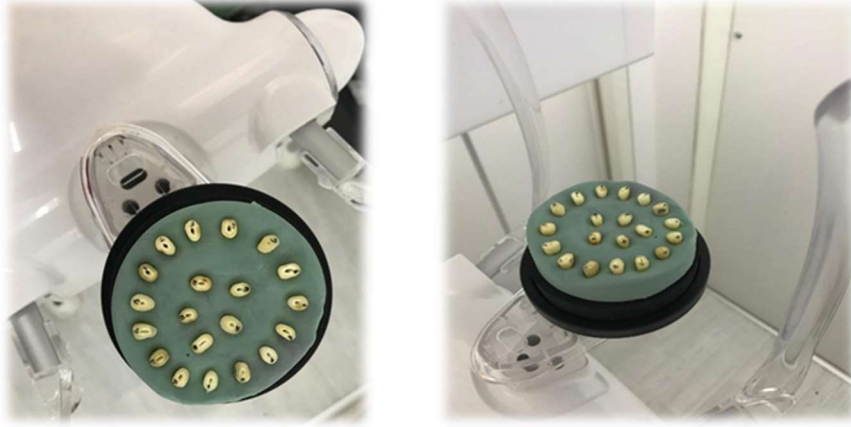
Preparasyon işlemi tamamlandıktan sonra, örnekler CBCT (Rayscan Alpha, 12F, 221, Pangyoyeok-ro, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, Korea 13494) ile değerlendirilmek amacıyla silikondan hazırlanmış standart bir kalıbın içerisine 150 adet olmak üzere kuron kısımları yukarıda kalacak şekilde gömüldü (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Silikon kalıba gömülen örnekler.

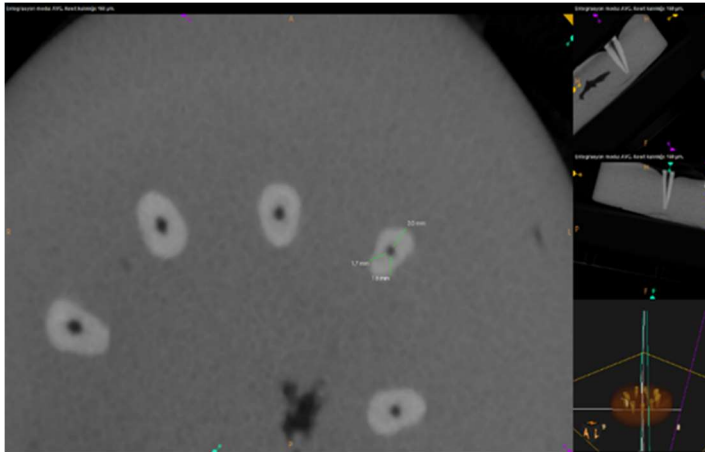
Yüksek çözünürlüklük ve görüntü kalitesine sahip olan tomografi cihazı, 10x10 cm fov değerine sahiptir. Bu nedenle silikondan hazırlanmış olan standart

kalıbımızın çapı bu değerlerin içerisinde kalması amacıyla 8 cm olarak belirlendi. Çekim dozu 10 mA-90 kvp olarak ayarlandı (Şekil 3.5).

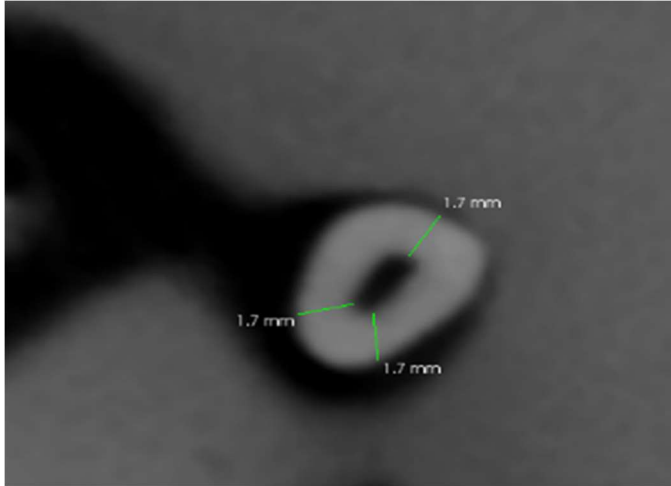


Şekil 3.5. CBCT’de çekilen örnekler.

CBCT ile 150 adet örnek görüntülendi. Kök yüzeyinde oluşan sıcaklık değişimlerinin ölçümlerinde standardizasyon sağlamak amacıyla, CBCT ile elde edilen görüntülerden ölçümler yapılarak preparasyon sonrası birbirine en yakın dentin kalınlığına sahip olan 100 diş seçildi ve çalışmaya dahil edildi. Program üzerinde her örnek kendi eğimine uygun olacak şekilde ayarlandı ve her örneğin ayrı ayrı dentin kalınlıkları ölçümü yapıldı (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Her örneğin kendi eğimine göre ayarlandığı CBCT görüntüleri.



Şekil 3.7. Örneklerin iç dentin-dış cement arası mesafe ölçümleri.

Her örneğin apikal noktası referans alınarak; 2, 7 ve 12 mm koronalinden olmak üzere kökün bukkal, meziolingual ve distolingual bölgelerinden yatay kesitte toplamda 9 noktada iç dentin-dış cement arası mesafe ölçüldü (Şekil 3.7).

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda ortalama ve standart sapmaya göre belirlenen değer aralıklarının dışında kalan 50 örnek çalışma dışı bırakıldı (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. CBCT ile görüntülenen dişlerin bölgelere göre dentin kalınlık ölçümlerinin ortalama ve standart sapma değerleri.

Bukkal $\bar{x} \pm s.s \times t$	Meziolingual $\bar{x} \pm s.s \times t$	Distolingual $\bar{x} \pm s.s \times t$
$1,98 \pm 0,31 \times 1,96 \text{ mm}$ 1,3724 - 2,5876 mm	$1,64 \pm 0,31 \text{ mm} \times 1,96$ 1,0324 - 2,2476 mm	$1,59 \pm 0,28 \text{ mm} \times 1,96$ 1,0412 - 2,1388 mm

3.3. Deney Gruplarının Oluşturulması

Dişler, her bir grupta 20 örnek olmak üzere rastgele olarak 5 gruba ayrıldı. Her bir grupta bulunan dişler farklı kök kanal dolgu yöntemleri ile dolduruldu. Bu gruplar;

Grup 1: Soğuk Lateral Kondansasyon Yöntemi

Grup 2: Sıcak Vertikal Kondansasyon Yöntemi (Schilder Yöntemi)

Grup 3: Devamlı Isıyla Obturasyon Yöntemi

Grup 4: Termoplastik Enjeksiyon Yöntemi

Grup 5: Termoplastik Kor Yöntemi (Thermafil)

3.3.1. Grup 1: Soğuk Lateral Kondansasyon Yöntemi

Bu grupta bulunan 20 dişin kök kanal dolguları soğuk lateral kondansasyon yöntemi ile yapıldı. Kök kanalları kemomekanik preparasyon sonrasında #30/0.02 numaralı kurutma kağıdı (Pearl-Endo, Pearl Dent Co. Ltd., Ho Chi Minh City, Vietnam) ile kurutulduktan sonra #30/0.02 numaralı guta perka kon (Pearl-Endo, Pearl Dent Co. Ltd., Ho Chi Minh City, Vietnam) çalışma uzunluğunda kontrol edildi. AH Plus marka rezin esaslı kök kanal dolgu patı üretici firmanın önerileri doğrultusunda soğuk bir cam üzerinde siman spatülü yardımıyla homojen bir şekilde karıştırılarak kök kanal duvarlarını kaplayacak şekilde uygulandı. Pata bulanana ana kon çalışma uzunluğunda kök kanalı içerisine yerleştirildikten sonra kalan boşluklar #20/0.02 numaralı spreaderların (Golden Star Medical, Shenzhen, Çin) açacağı boşluklara yerleştirilen #15/0.02 numaralı yardımcı guta perka konlarla (Pearl-Endo, Pearl Dent Co. Ltd., Ho Chi Minh City, Vietnam) dolduruldu. Her bir yardımcı kon kök kanalı içerisine yerleştirilmeden önce pata bulandı. Spreaderlar, çalışma boyundan 2-3 mm geride olacak şekilde yerleştirildi. Bu işlem kök kanalının yaklaşık koronal üçlüsüne spreader giremediği noktaya kadar tekrar edildi. Fazla guta perka kanal ağzından olacak şekilde ısıtılan sıcak bir el aleti yardımıyla uzaklaştırıldı. Uygun bir plugger ile koronalde bulunan guta perka vertikal yönde kondanse edildi.

3.3.2. Grup 2: Sıcak Vertikal Kondansasyon Yöntemi (Schilder Yöntemi)

Bu grupta bulunan 20 dişin kök kanal dolguları sıcak vertikal kondansasyon yöntemi ile yapıldı. Öncelikle preparasyonu tamamlanmış kök kanalının apikal, orta ve koronal bölgelerine uygun pluggerların seçimi ve uyumlandırılması yapıldı. Kök kanalı kurutma kağıdı ile kurutulduktan sonra Protaper Next #30/0.04 numaralı guta perka kon (Dentsply Maillefer, Tulsa, OK, ABD) çalışma uzunluğunun apikalden 1-2 mm uzağında sıkışacak şekilde kesilerek ayarlandı. Ana kon kök kanalına az bir miktarda AH Plus kök kanal patı ile yerleştirildikten sonra guta perkanın kök kanal ağzında yer alan koroner kısmı ısıtılmış bir ekskavatörle alındı. Bu aşamadan sonra ısı iletme aleti ve pluggerların sırayla kullanımı gerçekleştirildi. Alevde ısıtılan alet yardımıyla, kök kanalındaki guta perkanın yaklaşık 3-4 mm kısmı kanaldan söküldü. Sonrasında, kök kanalının orta üçlüsünde sıkışmayan önceden denenmiş soğuk bir plugger ile vertikal kompaksiyon uygulandı. Tekrardan ısıtılmış olan alet, guta perka içerisine yerleştirilip çıkarıldı ve uygun boyuttaki plugger ile vertikal yönde

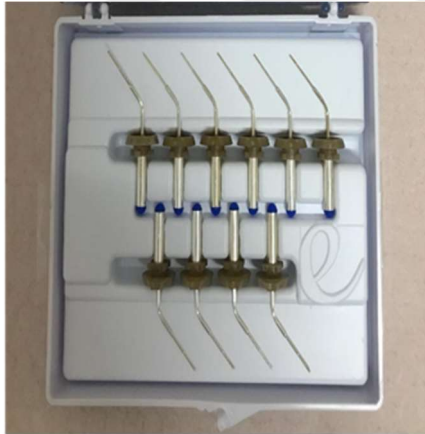
kompaksiyon yapıldı. Bu işlem apikal 1/3 bölgenin doldurulması sağlanıncaya kadar tekrar edildi. Kök kanalının geri kalan bölümünün doldurulmasında 3-4 mm uzunluğunda kesilmiş guta perka parçaları kullanıldı. Guta perka parçası kök kanalına taşındı. Öncelikle ısıtılmış olan aletle ısı uygulandı ve sonra soğuk pluggerla kondansasyon yapıldı. Bu işlemler tekrarlanarak kök kanalında bütünleştirilmiş bir guta perka kitlesi elde edildi. İşleme benzer şekilde yeni guta perka parçaları eklenerek kök kanal dolgusu tamamlandı.

3.3.3. Grup 3: Devamlı Isıyla Obturasyon Yöntemi

Bu grupta bulunan 20 dişin kök kanal dolguları Elements Free Obturasyon Sistem cihazı yardımıyla devamlı ısıyla obturasyon yöntemi kullanılarak yapıldı (Şekil 3.8). Cihazın downpack ünitesine, apikalden 5-7 mm geride sıkışan 0.06 taperlı Buchanan ısı pluggeri (SybronEndo/Kerr Endodontics, Orange, CA, ABD) takıldı. Kök kanalları kemomekanik preparasyon sonrasında kurutma kağıdı ile kurutulduktan sonra Protaper Next #30/0.04 numaralı guta perka kon çalışma uzunluğunda kontrol edildi. Kök kanalının duvarları AH Plus kök kanal dolgu patı ile kaplandı. Ana kon kök kanalı içerisine yerleştirildikten sonra kök kanalı dışında kalan guta perka ısı pluggeri ile uzaklaştırıldı. Sonrasında ısı pluggeri ayarlanan uzunlukta guta perka konun yanından kök kanalına yerleştirildi. Isı kaynağı 1 sn. süre ile 200 °C'de aktiflendi. Isı inaktive edildi ve 5-10 sn. daha vertikal kuvvet uygulandı. Isı tekrar 1 sn. süre ile aktive edildi ve hızlıca guta perka ve plugger birbirinden ayrıldı. Daha sonra uygun bir soğuk el pluggeri ile vertikal yönde kondansasyon yapıldı. Kök kanal dolgusunun apikal kısmı doldurulana kadar işleme devam edildi. Cihazın backfill ünitesine takılı tek kullanımlık guta perka kartuşun 200 °C ısı ile aktivasyonu sağlandı ve kök kanalının içinde geriye kalan boşluk ısıtılmış guta perkanın termoplastik enjeksiyonu ile dolduruldu (Şekil 3.9). Bu sırada cihaza baskı uygulanmadan kendi geri basıncıyla hareket etmesine izin verildi. Cihazın kök kanalından uzaklaştırılmasını takiben el pluggeri ile vertikal kondansasyon yapıldı. Kök kanalı tamamen doldurulduktan sonra koronaldeki fazla guta perka ısı pluggeri kullanılarak alındı.



Şekil 3.8. Çalışmamızda Kullanılan Elements Free Obturasyon Sistemi.



Şekil 3.9. Elements Free Obturasyon Sistemi'nin Kartuşu.

3.3.4. Grup 4: Termoplastik Enjeksiyon Yöntemi

Bu grupta bulunan 20 dişin kök kanal dolguları Elements Free Obturasyon Sistem cihazının Backfill ünitesi yardımıyla termoplastik enjeksiyon yöntemi kullanılarak yapıldı. Kök kanalları kemomekanik preparasyon sonrasında kurutma kağıdı ile kurutulduktan sonra kök kanal duvarları AH Plus kök kanal patı ile ince bir tabaka halinde kaplandı. Cihazın backfill ünitesine takılı tek kullanımlık guta perka kartuşun ucu, çalışma uzunluğundan 3-5 mm kısa mesafede yer alacak şekilde ayarlandı. Cihaz çalıştırılıp 200 °C ısı ile aktivasyon sağlandıktan sonra kartuşun uç kısmı önceden belirlenen kanal uzunluğuna yerleştirildi. Termoplastik guta perka kök

kanalı içerisine gönderilirken cihaza baskı uygulanmadan kendi geri basıncıyla hareket etmesine izin verildi. Kök kanalı tamamen doldurulduktan sonra el pluggeri ile vertikal kondansasyon yapıldı.

3.3.5. Grup 5: Termoplastik Kor Yöntemi (Thermafil)

Bu grupta bulunan 20 dişin kök kanal dolguları Thermaprep 2 fırın (Şekil 3.10; Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ve ProTaper Next X3 guta kor (Şekil 3.11; Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) yardımıyla termoplastik kor yöntemi kullanılarak yapıldı. Öncelikle X3 guta kor ile uyumlu verifler kök kanalı içerisine yerleştirilip çalışma uzunluğunda kontrol edildi. Guta korun lastik stopperi çalışma uzunluğuna göre ayarlandı. Kök kanalları kemomekanik preparasyon sonrasında kurutma kağıdı ile kurutulduktan sonra kanal duvarları AH Plus kök kanal dolgu patı ile ince bir tabaka halinde kaplandı. Thermaprep 2 fırın, ProTaper Next X3 guta kor ile uyumlu sıcaklığa getirildi. Guta kor uç kısmından tutularak cihazın obturator tutucu koluna yere 90°'lik dik açıyla yerleştirildi. Bu sırada referans noktasının değişmemesi için özen gösterildi. Tutucu kol aşağı doğru bastırılarak guta korun uygun sıcaklığa gelmesi için beklendi. Cihazın led ışığı ısıtma işleminin tamamlandığını gösteren uyarıyı verdiğinde tutucu kola hafifçe bastırılarak guta korun fırından çıkması sağlandı. Guta kor kök kanalı içinde referans noktasına kadar yerleştirildi. 2-4 dk. arası guta korun soğuması beklendikten sonra koronal kısımda kalan parça fissür frez ile uzaklaştırıldı.



Şekil 3.10. Çalışmamızda kullanılan Thermaprep 2 fırını.



Şekil 3.11. ProTaper Next X3 guta kor.

3.4. Sıcaklık Değişimlerinin Tespitinde Kullanılacak Ölçüm Düzenegi

Dişlerin dış kök yüzeyine termokuplları yerleştirmek, termokuplların hareketini minime indirip kök yüzeyi ile tamamıyla temasını sağlamak ve dış kök yüzeyinde oluşan sıcaklık değişimlerini daha sağlıklı ölçebilmek amacıyla dişlerin içerisine yerleştirildiği teflondan yapılmış standart bir model oluşturuldu (Şekil 3.12).



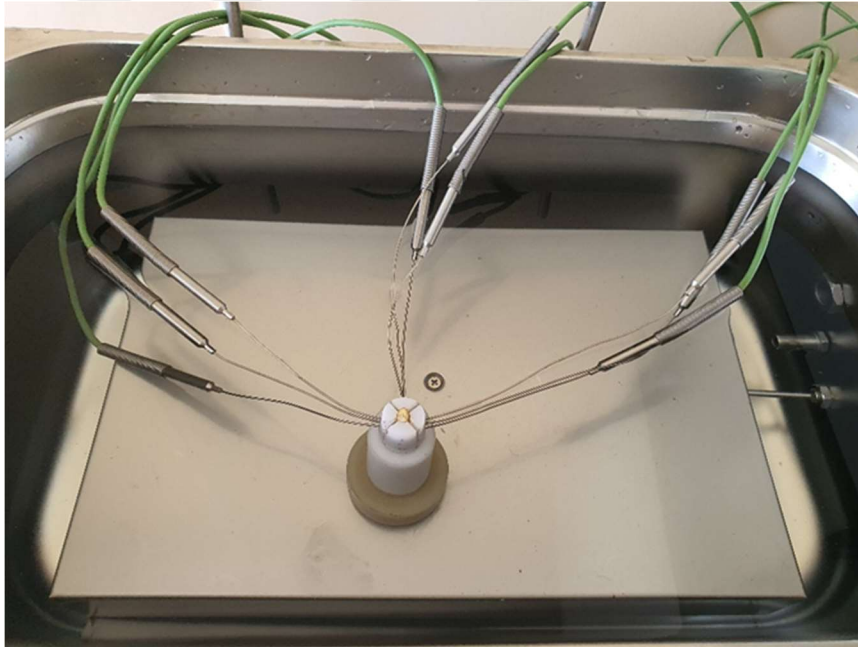
Şekil 3.12. Çalışmamızda kullanılan teflon model.

Modelde dişin apikalinin temas edeceği noktadan bukkal, meziolingual ve distolingual bölgelerinin apikallerinden itibaren 2, 7 ve 12 mm koronal kısımlarına doğru 1 mm çapında 9 adet delik açıldı. Bu deliklerden 1 mm çapa sahip K-tipi termokuplların girişleri sağlanarak dişin kök yüzeyine temasları sağlandı. Ayrıca termokuplların su temasını arttırmak amacıyla modelde daha büyük genişlikte fazladan boşluklar oluşturuldu.

Tüm kök kanal dolgu yöntemleri ağız içi sıcaklık derecesini taklit etmesi amacıyla içindeki suyu 5 °C - 95 °C arasında sabit tutabilen ve su çıkış haznesi bulunan sıcaklık ayarlı su banyosu (Nüve BM402, Belçika) içinde yapıldı (Şekil 3.13). Su banyosunun haznesi distile su ile dolduruldu ve 37 °C'de sabit tutuldu. Kök kanal dolgu işlemi öncesinde örnekler, kök kanallarının içerisine su sızıntısının önlenmesi amacıyla tırnak cilası ile kaplandı.

Termokupllar dişlerin bukkal yüzeyinde 3 adet, meziolingual yüzeyinde 3 adet ve distolingual yüzeyinde 3 adet olmak üzere daha önce bahsettiğimiz CBCT görüntülerinde dentin kalınlığı ölçümleri yapılan 9 noktaya sabitlendi.

Termokupllar yerleştirildiği bukkal yüzeyde; apikal foramenin 2 mm koroneline T1, apikal foramenin 7 mm koroneline T2, apikal foramenin 12 mm koroneline T3 olacak şekilde numaralandırıldı. Meziolingual yüzeyde; apikal foramenin 2 mm koroneline T4, apikal foramenin 7 mm koroneline T5 ve apikal foramenin 12 mm koroneline T6 olacak şekilde numaralandırıldı. Distolingual yüzeyde ise apikal foramenin 2 mm koroneline T7, apikal foramenin 7 mm koroneline T8 ve apikal foramenin 12 mm koroneline T9 olacak şekilde numaralandırıldı.



Şekil 3.13. Su banyosunda termokuplların yerleşimi.

3.5. Kullanılan Araç ve Gereçler

Çalışmamızda dişlerin kök yüzeylerinde meydana gelen sıcaklık artış değerlerini ölçmek amacıyla 9 adet K-tipi termokupl kullanıldı. Nikel (-) ve Nikelkrom (+) bacadan oluşan termokupllar, 1300 °C'ye kadar mV değeri üretmesine rağmen yaygın olarak 1200 °C'ye kadar kullanılır. Bu tellerin kimyasal maddelere, yangına, neme ve aşınmaya karşı direnci çok güçlüdür.

Modelde sabitlenmiş olarak bulunan dişin kök yüzeyinde, termokuplların tam adaptasyonunun kontrolü yapıldı. Daha sonra dişler kök kanal dolgularının uygulanması amacıyla sıcaklığı 37 °C'ye ayarlı su banyosu içerisine yerleştirildi (Şekil 3.14). Dişlerin kuron kısımları dışarda kalacak şekilde su seviyesi ayarlandı. Dişlerin dış kök yüzey sıcaklığı, 37 °C'de sabitlenen su banyosu içerisindeki su ile aynı olana kadar beklendi. Sıcaklık değerleri sabitlenince kök kanal dolgularının uygulanmasına başlandı.



Şekil 3.14. Çalışmamızda kullanılan su banyosu.

Çalışmamızda kök kanal dolgu işlemi esnasında sıcaklık ölçümlerini yapan termokupllar, sıcaklık ölçüm cihazı olan E-680 serisi universal girişli-gelişmiş tarayıcı cihazına (Elimko; Emek; Ankara) bağlı olarak kullanıldı (Şekil 3.15). Bu cihazda 32 adet termokupl girişi mevcuttur ve farklı noktalardan alınan sıcaklık değerlerinin gösterimi, bir bilgisayara aktarımı ve kaydı sağlanmaktadır.



Şekil 3.15. E-680 serisi universal girişli-gelişmiş tarayıcı cihazı.

Bilgisayara veri aktarımı ve kaydı amacıyla üretici firmanın temin ettiği E-680 serisi universal girişli-gelişmiş tarayıcı cihazını destekleyen yazılım programının bilgisayara kurulumu yapıldı (Şekil 3.16). Bir bağlantı aparatı (Elimko; Emek; Ankara) sayesinde cihaz ve bilgisayarın entegrasyonu sağlandı (Şekil 3.17). Sıcaklık verilerini kayıt altına almaya başlamadan önce örnek ölçümler yapılarak test edildi.



Şekil 3.16. Yazılım programı.



Şekil 3.17. Bilgisayara bağlantı aparatı.

Obturasyon işlemleri esnasında oluşan sıcaklık ölçümleri dişin kök yüzeyinde sabitlenmiş termokupllar ile 1 sn. aralıklarla yapıldı. Elde edilen sıcaklık değerleri bilgisayarda excel dosyasına otomatik olarak kaydedildi.

3.6. İstatistiksel Analiz

Çalışmamızda 5 gruptan oluşan 100 adet diş, farklı obturasyon yöntemleri ile dolduruldu. Her bir dişin 9 farklı noktasında oluşan sıcaklık artışı işlem süresince ölçüldü. Apikalden 2 mm yukarıda yer alan T1, T4 ve T7 noktaları apikal üçlü, apikalden 7 mm yukarıda yer alan T2, T5 ve T8 noktaları orta üçlü, apikalden 12 mm yukarıda yer alan T3, T6 ve T9 noktaları koronal üçlü bölge olarak değerlendirildi. Her bölgede yer alan üç termokuplın ölçtüğü en yüksek sıcaklık artışının ortalaması alınarak her bölge için tek değer elde edildi.

Çalışmamızda elde edilen veriler SPSS 22.0 (IBM, SPSS) paket programı ile değerlendirdi. Değişkenlerin normal dağılım analizi Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testi ile yapıldı. Tanımlayıcı analizler sunulurken ortalama, standart sapma ve median değerleri kullanıldı. Normal dağılımdan geldiğini belirlemek için yaptığımız her iki teste göre de apikal, orta ve koronal üçlüdeki değişkenlerin normal dağılımdan gelmediği görüldü. Bu nedenle analizlere non-parametrik testlerle devam edildi. Grup ortalamalarının farklılığını analiz etmek için Kruskal Wallis-H testi, ortalamaların farklılığının istatistiksel olarak anlamlı olduğu durumlarda hangi grubun farklılaştığını tespit etmek için Mann-Whitney U testi kullanıldı. Değişkenler arası (Apikal, orta ve koronal) ilişkinin belirlenmesi için Spearman'ın sıralı bağıntısı (ρ) analizleri ile devam edildi. p değerinin 0,05'in altında olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar şeklinde değerlendirildi.

4. BULGULAR

Çalışmamızda kök kanallarının 5 farklı obtürasyon yöntemi ile doldurulması esnasında ortaya çıkan sıcaklık artışları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Hiçbir çalışma grubunda ortalama sıcaklık artışı 10 °C'lik kritik değere ulaşmamıştır.

Sıcak vertikal kondansasyon yönteminde elde edilen sıcaklık artış değerleri diğer gruplarla karşılaştırıldığında tüm gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Devamlı ısıyla obtürasyon yönteminin uygulandığı grupta oluşan sıcaklık artışı, soğuk lateral kondansasyon ve thermafil yöntemlerinin uygulandığı gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). İstatistiksel olarak anlamlı bir fark olmamasına rağmen devamlı ısıyla obtürasyon yönteminin uygulandığı grupta oluşan sıcaklık artışı termoplastik enjeksiyon yönteminin uygulandığı gruptan sayısal değer olarak daha yüksek çıkmıştır. Termoplastik enjeksiyon yönteminin uygulandığı grupta oluşan sıcaklık artışı istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmamasına rağmen soğuk lateral kondansasyon ve thermafil yöntemlerinin uygulandığı gruplardan daha yüksek tespit edilmiştir. Soğuk lateral kondansasyon ve thermafil yöntemlerinin uygulandığı grupların sıcaklık artışları birbirlerine göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir ($p>0,05$) (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Tüm gruplarda gözlenen sıcaklık artışları.

Grup	n	Ortalama	Sıra Ortalaması	S.D	Kruskal-Wallis	p	Fark
Soğuk Lateral Kondansasyon	20	,27	26,60	,08	73,648	,000*	1, 5 - 2 1,5-3 2-3 2-4
Sıcak Vertikal Kondansasyon	20	2,40	90,40	,29			
Devamlı Isıyla Obtürasyon	20	,89	66,97	,39			
Termoplastik Enjeksiyon	20	,39	42,48	,16			
Thermafil	20	,27	26,05	,09			

$p<0,05$ değeri anlamlı kabul edilmiştir.

Kök dış yüzeyinin apikal üçlü bölgesinde oluşan sıcaklık artışını tüm obturasyon yöntemlerinde değerlendirecek olursak; sıcak vertikal kondansasyon yönteminde elde edilen sıcaklık artış değerleri diğer gruplarla karşılaştırıldığında tüm gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Devamlı ısıyla obturasyon ve termoplastik enjeksiyon yöntemlerinin uygulandığı gruplarda oluşan sıcaklık artışı, soğuk lateral kondansasyon ve thermafil yöntemlerinin uygulandığı gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). İstatistiksel olarak anlamlı bir fark olmamasına rağmen devamlı ısıyla obturasyon yönteminin uygulandığı grupta oluşan sıcaklık artışı termoplastik enjeksiyon yönteminin uygulandığı gruptan sayısal değer olarak daha yüksek çıkmıştır. Soğuk lateral kondansasyon ve thermafil yöntemlerinin uygulandığı grupların sıcaklık artışları birbirlerine göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir ($p>0,05$) (Tablo 4.2).

Kök yüzeyinin orta üçlü bölgesinde oluşan sıcaklık artışını tüm obturasyon yöntemlerinde değerlendirecek olursak; sıcak vertikal kondansasyon yönteminde elde edilen sıcaklık artış değerleri diğer gruplarla karşılaştırıldığında tüm gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Devamlı ısıyla obturasyon yönteminin uygulandığı grupta oluşan sıcaklık artışı, soğuk lateral kondansasyon ve thermafil yöntemlerinin uygulandığı gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). İstatistiksel olarak anlamlı bir fark olmamasına rağmen devamlı ısıyla obturasyon yönteminin uygulandığı grupta oluşan sıcaklık artışı termoplastik enjeksiyon yönteminin uygulandığı gruptan sayısal değer olarak daha yüksek çıkmıştır. Termoplastik enjeksiyon yönteminin uygulandığı grupta oluşan sıcaklık artışı istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmamasına rağmen soğuk lateral kondansasyon ve thermafil yöntemlerinin uygulandığı gruplardan daha yüksek tespit edilmiştir. Soğuk lateral kondansasyon ve thermafil yöntemlerinin uygulandığı grupların sıcaklık artışları birbirlerine göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir ($p>0,05$) (Tablo 4.2).

Kök yüzeyinin koronal üçlü bölgesinde oluşan sıcaklık artışını tüm obturasyon yöntemlerinde değerlendirecek olursak; sıcak vertikal kondansasyon yönteminde elde edilen sıcaklık artış değerleri diğer gruplarla karşılaştırıldığında tüm gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Devamlı ısıyla

obtürasyon yönteminin uygulandığı grupta oluşan sıcaklık artışı, soğuk lateral kondansasyon ve thermafil yöntemlerinin uygulandığı gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). İstatistiksel olarak anlamlı bir fark olmamasına rağmen devamlı ısıyla obtürasyon yönteminin uygulandığı grupta oluşan sıcaklık artışı termoplastik enjeksiyon yönteminin uygulandığı gruptan sayısal değer olarak daha yüksek çıkmıştır. Termoplastik enjeksiyon yönteminin uygulandığı grupta oluşan sıcaklık artışı istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmamasına rağmen soğuk lateral kondansasyon ve thermafil yöntemlerinin uygulandığı gruplardan daha yüksek tespit edilmiştir. Soğuk lateral kondansasyon ve thermafil yöntemlerinin uygulandığı grupların sıcaklık artışları birbirlerine göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir ($p>0,05$) (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerde sıcaklık artışlarının tüm gruplara göre farklılık analizi.

Değişken	Grup	n	Ortalama	Sıra Ortalaması	S.D.	Kruskal-Wallis	p	Fark
Apikal üçlü	Grup 1	20	,22	24,75	,10	68,546	,000*	1,5-2
	Grup 2	20	1,57	90,33	,32			1,5-4
	Grup 3	20	,61	63,85	,25			1,5-3
	Grup 4	20	,36	42,73	,16			2-3
	Grup 5	20	,24	30,85	,06			2-4
Orta üçlü	Grup 1	20	,29	33,67	,12	70,419	,000*	1,5-2
	Grup 2	20	2,41	90,50	,24			1,5-3
	Grup 3	20	,78	65,05	,45			2-3
	Grup 4	20	,32	40,23	,10			2-4
	Grup 5	20	,23	23,05	,09			
Koronal üçlü	Grup 1	20	,30	26,25	,13	69,995	,000*	1,5-2
	Grup 2	20	3,23	90,05	,53			1,5-3
	Grup 3	20	1,29	66,65	,63			2-3
	Grup 4	20	,49	38,85	,37			2-4
	Grup 5	20	,34	30,70	,17			

$p<0,05$ değerı anlamlı kabul edilmiştir.

Her grubun kendi içerisinde apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerinde meydana gelen sıcaklık artışlarını değerlendirecek olursak;

Soğuk lateral kondansasyon yönteminde apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerde sıcaklık artışları arasında anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır ($p>0,05$) (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Soğuk lateral kondansasyon yönteminde apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerde sıcaklık artışları arasındaki ilişki.

		Korelasyonlar	Apikal üçlü	Orta üçlü	Koronal üçlü
Spearman's rho	Apikal üçlü	Korelasyon Katsayısı	1,000	,396	,123
		Anlamlılık		,084	,605
	Orta Üçlü	Korelasyon Katsayısı		1,000	,274
		Anlamlılık			,242
	Koronal üçlü	Korelasyon Katsayısı			1,000
		Anlamlılık			

Sıcak vertikal kondansasyon yönteminde koronal ile apikal üçlü bölgelerde sıcaklık artışları arasında anlamlı, pozitif yönlü, orta kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır ($r=,527$; $p<0,05$). Koronal ile orta üçlü bölgelerde sıcaklık artışları arasında anlamlı, pozitif yönlü, yüksek kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır ($r=,629$; $p<0,05$) (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Sıcak vertikal kondansasyon yönteminde apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerde sıcaklık artışları arasındaki ilişki.

		Korelasyonlar	Apikal üçlü	Orta üçlü	Koronal üçlü
Spearman's rho	Apikal üçlü	Korelasyon Katsayısı	1,000	,286	,527*
		Anlamlılık		,221	,017
	Orta üçlü	Korelasyon Katsayısı		1,000	,629*
		Anlamlılık			,003
	Koronal üçlü	Korelasyon Katsayısı			1,000
		Anlamlılık			

$p<0,05$ değeri anlamlı kabul edilmiştir.

Devamlı ısıyla obturasyon yönteminde koronal ile apikal üçlü bölgelerde sıcaklık artışları arasında anlamlı, pozitif yönlü, orta kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır ($r=,454$; $p<0,05$). Koronal ile orta üçlü bölgelerde sıcaklık artışları arasında anlamlı, pozitif yönlü, yüksek kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır ($r=,647$; $p<0,05$) (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Devamlı ısıyla obturasyon yönteminde apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerde sıcaklık artışları arasındaki ilişki.

Spearman's rho		Korelasyonlar	Apikal üçlü	Orta üçlü	Koronal üçlü
	Apikal üçlü	Korelasyon Katsayısı	1,000	,382	,454*
		Anlamlılık	.	,096	,044
	Orta üçlü	Korelasyon Katsayısı	,382	1,000	,647*
		Anlamlılık	,096	.	,002
	Koronal üçlü	Korelasyon Katsayısı	,454*	,647*	1,000
		Anlamlılık	,044	,002	.

p<0,05 değeri anlamlı kabul edilmiştir.

Termoplastik enjeksiyon yönteminde apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerde sıcaklık artışları arasında anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır (p>0,05) (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Termoplastik enjeksiyon yönteminde apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerde sıcaklık artışları arasındaki ilişki.

Spearman's rho		Korelasyonlar	Apikal üçlü	Orta üçlü	Koronal üçlü
	Apikal üçlü	Korelasyon Katsayısı	1,000	-,120	,404
		Anlamlılık		,614	,077
	Orta üçlü	Korelasyon Katsayısı		1,000	,256
		Anlamlılık			,275
	Koronal üçlü	Korelasyon Katsayısı			1,000
		Anlamlılık			

Thermafıl yönteminde orta ve koronal üçlü bölgelerde sıcaklık artışları arasında anlamlı, pozitif yönlü, yüksek kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır (r=,731; p<0,05) (Tablo 4.7).

Tablo 4.7. Thermafil yönteminde apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerde sıcaklık artışları arasındaki ilişki.

Spearman's rho		Korelasyonlar	Apikal üçlü	Orta üçlü	Koronal üçlü
	Apikal üçlü	Korelasyon Katsayısı	1,000	,208	,354
		Anlamlılık		,378	,125
	Orta üçlü	Korelasyon Katsayısı		1,000	,731*
		Anlamlılık			,000
	Koronal üçlü	Korelasyon Katsayısı			1,000
		Anlamlılık			

p<0,05 değeri anlamlı kabul edilmiştir.

5. TARTIŞMA

Endodontik tedavinin başarısında; kök kanallarında etkili bir preperasyon ve dezenfeksiyonun sağlanması, mikroorganizmaların uzaklaştırılması, uygun bir kök kanal dolgu materyali ile kök kanallarının apikal foramenden dentin-sement birleşimine kadar hermetik, üç boyutlu olarak doldurulması, kök kanalı içinde ve periapikal dokularda oral patojenlerin kolonize olarak tekrar enfeksiyona neden olmasının önlenmesi etkin rol oynamaktadır (131-133). Endodontik tedavinin amacı, enfekte veya nekrotik pulpa dokusu ile mikroorganizmaları kök kanal sisteminden elimine etmek ve kök kanal boşluğunu tamamen kapatmaktır. Bu sayede enfeksiyonun kalıcı hale gelmesinin ve pulpa boşluğunun yeniden enfekte olmasının önüne geçilmiş olunur (134). Mikroorganizmaların kök kanallarından tamamen uzaklaştırılması kök kanal sisteminin kompleks ve farklı anatomisi nedeniyle her zaman mümkün olamamaktadır (135). Bu kompleks yapılar arasında lateral ve aksesuar kanallar, düzensiz dentin kanalcıkları, transvers anastomozlar, apikal deltalar ve isthmuslar gibi anatomik oluşumlar yer almaktadır (136-138).

De Deus (137), kök kanal anatomisini incelediği bir çalışmada 1140 dişten 313 dişte (%27,4) lateral, sekonder ve aksesuar kanal tespit etmiştir. Bunların %17'sinin apikal üçlüde, %8,8'inin orta üçlüde, %1,6'sının ise koronal üçlüde bulunduğunu bildirmiştir.

Barthel ve ark. (139) yaptıkları bir çalışmada kök kanal tedavilerinde doldurulamamış lateral ve aksesuar kanallar ile periapikal bölgede inflamasyon varlığı arasında bir ilişki saptanmadığını belirtmesine rağmen birçok çalışmada lateral kanalların doldurulduğu tedavilerde periapikal lezyonların iyileştiği bildirilmiştir (140-142).

Kök kanal sisteminde bulunan kompleks yapılar yeterli kök kanal preparasyonu ve irrigasyonun yapılmasında sorun oluşturabilmektedir. Bu durumun sonucunda kök kanal sistemi içinde kalan mikroorganizmaların etkili bir şekilde uzaklaştırılması zor olabilmektedir (135). Klinik koşullarda ideal bir kök kanal dolgusundan beklenen en önemli etkilerden biri de kök kanal düzensizlikleri içerisinde kalan mikroorganizma ve toksinlerinin yaşamlarını sürdürmelerini engelleyebilecek özellikte olmasıdır (143).

Kök kanal sisteminin doldurulmasında güncelliğini koruyan materyallerden biri guta perkadır ve bu materyalin özellikleri birçok kök kanal dolgu yöntemi ile kullanılabilmesine imkan sağlar (6). Günümüzde kullanılan çok sayıda kök kanal yöntemi olmasına karşın soğuk lateral kondansasyon yöntemi en çok kabul görendir (13, 103). Ancak yapılan çalışmalarda soğuk lateral kondansasyon yönteminde; homojen bir kök kanal dolgusunun elde edilememesi, guta perkanın kök kanal duvarları ile yüzey adaptasyonunda görülen eksikliklerin olması, guta perka konlarının birleşiminde yetersizliklerin oluşması, aksesuar kanalların yeterince doldurulamaması ve spreaderların kullanımı esnasında vertikal kırıkların meydana gelmesi gibi dezavantajların olduğu bildirilmiştir (4, 92, 144-146). Ayrıca bu tekniğin uygulanması esnasında kullanılan kök kanal patı miktarının fazla olduğu da bilinmektedir (4, 144, 146).

Soğuk lateral kondansasyon tekniğinin bu dezavantajları göz önünde bulundurularak guta perkanın termoplastik formda uygulanabilirliği konusu gündeme gelmiştir (6). Termoplastik özellikte olan sıcak guta perkanın kök kanal sisteminin düzensiz alanlarına kolaylıkla ilerlediği ve uyum sağladığı bildirilmiştir. Termoplastik guta perkanın kullanıldığı yöntemler; sıcak lateral kondansasyon, sıcak vertikal kondansasyon, termoplastik taşıyıcı sistemler, termoplastik enjeksiyon, termomekanik kondansasyon olarak belirtilmiştir (13).

Kök kanal sisteminin termoplastik guta perka teknikleriyle doldurulması, araştırmacıları kök kanal dolgu işlemi esnasında oluşabilecek sıcaklık artışını incelemeye yönlendirmiştir (42, 147-149). Kök kanal dolgu işlemi esnasında meydana gelen sıcaklık artışı kök kanal sistemini çevreleyen dentin yoluyla dağıtılabilir. Bu artış daha sonra sement, periodontal ligament ve alveolar kemiği etkileyebilir (149). Yapılan bir çalışmada vücut sıcaklığının 10 °C üzerinde oluşan sıcaklık artışının kritik değer olduğu ve bu değerın üzerine çıkan sıcaklık artışlarında periodontal dokularda geri dönüşümü olmayan hasar oluştuğu rapor edilmiştir (19).

Bu bilgiler doğrultusunda çalışmamızın gerçekleştirilme amacı; geleneksel kabul edilen soğuk lateral kondansasyon yönteminin de içerisinde bulunduğu farklı kök kanal dolgu yöntemlerinin uygulanması esnasında dış kök yüzeyinde oluşabilecek sıcaklık artışlarının diş destek dokularında hasar oluşturabilme ihtimallerinin değerlendirilmesidir.

İn vivo çalışmalar ortam koşullarının uygunluğu açısından in vitro çalışmalara göre daha üstün bulunmaktadır. İn vitro koşullar, klinik şartlar göz önüne alındığında dişin doğal yapısını tam olarak taklit edememektedir (150). Laboratuvar ortamında ağız içi ortamına benzer düzenekler hazırlanmaya çalışılmasına rağmen dış etkenlerin sonuca olan etkisini ortadan kaldırmak mümkün olamamaktadır (151). Çalışmamızda in vivo şartların sağlanmasının zor olması ve dişlerin dış kök yüzeyinde sıcaklık ölçümü yapılmasının mümkün olmamasından dolayı benzer çalışmalarda olduğu gibi çalışmamızın in vitro ortamda çekilmiş insan dişleri kullanılarak yapılmasına karar verilmiştir (17, 152, 153).

Baisden ve ark.nın (154) 106 alt çene birinci premolar dişte yaptığı bir çalışmada tek kanal görülme oranı %76, iki kanal görüle oranı %24 olarak tespit edilmiştir. Vertucci (155) yaptığı bir çalışmada 400 alt çene birinci premolar ve 400 alt çene ikinci premolar dişin morfolojisini incelemiştir. Araştırmanın sonucuna göre birinci premolar dişlerin %74'ünde apekte bir kanal, %25,5'inde apekte iki kanal, %0,5'inde apekte üç kanal olduğu ve ikinci premolar dişlerin %97,5'inde apekte bir kanal, %2,5'inde apekte iki kanal olduğu gözlemlenmiştir. Ok ve ark.nın (156) yaptığı bir araştırmada 849 hastadan alınan CBCT sonuçlarına göre alt çene birinci premolar dişte %93,5 ikinci premolar dişte %98,5 oranında tek kanal bulunduğu belirtilmiştir. Yukarıda bahsedilen çalışmaların bulguları göz önüne alınarak çalışmamızda; kök kanal sisteminin kompleks anatomisinin karşımıza çıkaracağı zorlukları minimuma indirmek amacıyla meziodistal-bukkolingual yönde filmler alınarak değerlendirilen benzer morfolojiye sahip, tek ve geniş kök kanal yapısına sahip çekilmiş alt çene premolar insan dişleri kullanılmıştır.

Çalışmamızda kullanılmak üzere toplanan dişler yapılan in vitro çalışmalarda olduğu gibi, belli kriterler göz önünde bulundurularak çalışmamıza dahil edilmiştir (157-160). Kök yüzeyinde kırık, çatlak veya çürük olmaması, dişin homojen ve bütünlüğünün korunmuş olması, kök kanallarında kalsifikasyon bulunmaması, dişte iç ve dış rezorpsiyon alanlarının olmaması ve dişin tedavi öncesi kimyasal ajanlara maruz kalmaması gibi kriterleri sağlamayan dişler çalışma dışı bırakılmıştır.

Çekilmiş insan dişlerinin kullanmasının en büyük dezavantajı birbirinden boyut ve çap olarak farklılık göstermesidir. Standardizasyon sağlanmayan dişlerde kontrol edilemeyen parametrelerin çalışmayı etkileyerek, yüksek standart sapmalara

neden olabileceği ihtimali söz konusudur. Donnermeyer ve ark.nın (161) farklı obturasyon tekniklerinin uygulanması sırasında kök kanallarında sıcaklık artışını inceledikleri çalışmalarında dişlerin çalışma uzunluğu ve çapı benzer tutularak boyutsal farklılıklar elimine edilmeye çalışılmıştır. García-Cuerva ve ark.nın (162) farklı kök kanal dolgu materyallerinin kök kanalından çıkarılması sırasında kök yüzeyinde meydana gelen sıcaklık değişimini inceledikleri çalışmalarında dişlerin çalışma uzunluğu ve çapı benzer tutulmuştur. Beraldo ve ark.nın (153) farklı termoplastik dolgu tekniklerinin uygulanması esnasında dış kök yüzeyinde sıcaklık değişimlerini inceledikleri çalışmalarında dişlerin kuronları kesilerek çalışma uzunluğunun standardize edildiği görülmektedir. Balagopal ve ark. (163) yaptıkları bir çalışmada prepare edilen kök kanallarında kalan dentin kalınlığının ısıtılmış guta perka ile yapılan farklı obturasyon tekniklerinin uygulanması sırasında dış kök yüzeyinde sıcaklık değişimlerine olan etkisini değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında, dişlerin çalışma uzunluğu kuron kısımları kesilerek standardize edilmiş ve preparasyon sonrası dentin kalınlığı ölçümleri için CBCT analizleri yapılmıştır. Literatürdeki çalışmalar göz önüne alınarak çalışmamızda kullanılan dişlerin kuron kısımları kesilerek 14-16 mm olacak şekilde standart bir çalışma uzunluğu sağlanmıştır. Tüm dişlerin preparasyonu aynı eğe sistemi ve tekniği kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca preparasyon sonrasında her diştten alınan CBCT ile dış kök yüzeylerindeki sıcaklık ölçümlerinin yapılacağı 9 noktada dentin kalınlık ölçümleri yapılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Bu sayede sıcaklık ölçümü yapılacak noktalardaki dentin kalınlıkları birbirine en yakın olan 100 diş çalışmaya dahil edilerek standardizasyon sağlanmıştır.

Isıtılmış guta perka ile yapılan kök kanal dolgu teknikleri esnasında sıcaklık ölçümü yapılan çalışmalarda ağız içi periodontal dokuları taklit etmesi amacıyla dişlerin çalışma bloklarına yerleştirilmesi konusu henüz netlik kazanmamıştır (164). Literatürde yapılan ilk çalışmalarda ısı dağılımını incelemek amacıyla çekilmiş dişler alçıya (147) gömülürken ilerleyen zamanlarda polyester (121) ve akrilik rezin bloklar (47, 165-167) tercih edilmiştir. Bununla birlikte çalışmaların çoğunda dolgu işlemi dış kök yüzeyleri herhangi bir malzemenin içerisine gömülmeden havaya maruz kalacak şekilde bırakılarak gerçekleştirilmiştir (17, 128, 148, 168). Yapılan çalışmaların sınırlı bir kısmı ağız ortamının nem ve sıcaklık derecesine uygun koşullarda uygulanmıştır

(169, 170). Romero ve ark. (169) çalışmalarında kullandıkları dişleri periodontal ligamenti taklit etmesi amacıyla, içerdiği su oranı insan vücudunun su oranına benzerlik gösterdiği düşüncesiyle aljinatın içerisine gömmüşlerdir. Çalışmalarını 37 °C'lik sıcaklığa ayarlanmış olan ortamda gerçekleştirmişlerdir. Venturi ve ark.nın (170) çalışmalarında dişler koronal kısımlarından metal bir ızgaraya sabitlenmiş ve dişlerin kök yüzeyleri 37 °C'lik sıcaklığa ayarlanmış su banyosunun içinde kalacak şekilde bir düzenek kullanılmıştır. Çalışmamızda sıcaklık ölçümleri yukarıda bahsedilen çalışma yöntemlerine benzer olarak, ağız içi sıcaklık derecesini taklit etmesi amacıyla 37 °C'ye sabitlenmiş su banyosunun içerisinde kök yüzeylerinin tamamen su ile temas etmesi sağlanarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızda kullandığımız dişler yalıtkan bir materyal olan teflondan yapılmış kilitli bir modelin içerisine yerleştirilmiş ve Venturi ve ark.nın (170) çalışması göz önünde bulundurularak herhangi bir materyalin içerisine gömülmemiştir. Termokupllar modelde kendi çaplarına uygun olarak açılmış olan deliklerden geçirilerek dişlerin kök yüzeyleri üzerinde sabitlenmiştir. Çalışmamızda kullanılan dişlerin kök yüzeylerinin herhangi bir materyale gömülmeden açıkta bırakılması; termokupl ile kontakta olduğunun net olarak görülmesi ve kök dış yüzeyi ile termokuplın 37 °C'ye ayarlı sıcak su ile tamamen temasta olmasının istenmesi olarak savunulabilir.

37 °C ortam sıcaklığının sağlandığı bazı çalışmalarda termokuplın stabilitesini attırmak amacıyla diş üzerinde çentikler açılmıştır (161, 171). White ve ark. (172) ve Paghdiwala (173), yaptıkları çalışmalarda sıcaklık ölçümlerinde dentin kalınlığının hesaba katılması gerektiğini ve az miktarda dentin kalınlığına sahip dişlerin sıcaklık artışına daha yatkın olduğunu ileri sürmektedir. Lipski'nin (6) yaptığı bir çalışmada alt ve üst çene orta kesici dişlerin kök kanalları devamlı ısıyla obturasyon yöntemi kullanılarak doldurulmuş ve kök yüzeyinde ortaya çıkan sıcaklık kızıl ötesi termal kamera ile ölçülmüştür. Çalışmanın sonuçlarına göre alt çene orta kesici dişlerde ($22,1 \pm 7,3$ °C) üst çene orta kesici dişlere ($8,5 \pm 2,4$ °C) göre ortalama üç kat daha fazla sıcaklık artışı gözlenmiştir. Gruplar arasında görülen bu farklılığın sebebi alt çene orta kesici dişlerdeki dentin kalınlığının üst çene orta kesici dişlere kıyasla daha ince olmasıyla ilişkilendirilmiştir. Isı iletkenliğinde dentin kalınlığının önemi ile ilgili yapılan çalışmalar göz önüne alınarak çalışmamızda CBCT ile 9 noktadan dentin kalınlığı ölçümleri yapılmıştır. Dişlerin standardizasyonunun bozulmaması ve

çalışmanın gerçeğe uygunluğunun olumsuz etkilenmemesi açısından dişlere termokupların sabitlenmesi amacıyla çentikler açılmamıştır.

Günümüzde kök kanallarının obturasyon işlemlerinde guta perka ve kök kanal patının beraber kullanımı güncelliğini korumaktadır (142). Guta perkanın toksik olmaması, gerektiğinde kök kanallarından uzaklaştırılabilmesi, biyouyumlu ve iyi bir boyutsal stabiliteye sahip olması gibi özellikleri birçok kök kanal dolgu tekniğinde kullanılabilmesini mümkün kılmaktadır (174-177). Guta perkanın kullanıldığı soğuk lateral kondansasyon tekniği, kök kanal dolgu teknikleri arasında en yaygın olanıdır ve diğer tekniklerin karşılaştırıldığı bir standart olarak kabul edilmektedir (25, 27, 178, 179). Fakat soğuk lateral kondansasyon tekniği kullanılarak yapılan çalışmalarda kök kanallarının apikal bölgesinde diğer tekniklere göre önemli ölçüde daha fazla sızıntı ve boşluk alanların bulunduğu rapor edilmiştir (10, 145).

Brayton ve ark.nın (4) soğuk lateral kondansasyon yöntemini uyguladıkları bir çalışmanın sonucunda kök kanal dolgusunda düzensiz alanlar bulunması, guta perkanın lateral kanallara ulaşamaması, kök kanal patının kök kanallarında yetersiz dağılımı gibi durumların ortaya çıktığını belirtmişlerdir. Kök kanal tedavisi esnasında oluşabilecek ve başarı şansını düşürebilecek bu dezavantajların elimine edilebilmesi adına termoplastik guta perka yöntemleri gündeme gelmiştir (6, 142).

Endodontik tedavilerde uygulanan kök kanal dolgu teknikleri ile ince ve düzensiz kök kanal varyasyonlarının doldurulması klinik olarak büyük önem taşımaktadır. Yapılan *in vitro* çalışmalarda kompleks anatomiye sahip kök kanallarının üç boyutlu, homojen olarak doldurulmasında termoplastik guta perka tekniklerinin daha başarılı olduğu bildirilmiştir (14, 142, 180-182).

Goldberg ve ark. (183) yaptıkları çalışmada, soğuk lateral kondansasyon ve beş farklı termoplastik guta perka yönteminin (Hibrit teknik, Ultrafil, Obtura 2, System B ve Obtura 2, Thermafil) yapay lateral kök kanallarını doldurma özelliğini karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda lateral kanalların doldurulması en fazla termoplastik enjeksiyon yöntemi olan Ultrafil ile sağlanırken en az dolgu soğuk lateral kondansasyon grubunda tespit edilmiştir. Yukarıda bahsedilen çalışmaların ışığında çalışmamızda soğuk lateral kondansasyon yöntemi standart olarak kabul edilip klinik koşullarda daha başarılı sonuçlar ortaya koyduğunu düşündüğümüz dört farklı termoplastik kök kanal dolgu tekniği uygulanmıştır. Bu teknikler; sıcak vertikal

kondansasyon yöntemi, devamlı ısıyla obturasyon yöntemi, termoplastik enjeksiyon yöntemi ve thermafil yöntemidir.

Dişlerin kök dış yüzeyinde meydana gelen sıcaklık değişimlerinin ölçümünde genel olarak iki farklı *in vitro* deneysel yöntem kullanılmaktadır. Bunlar; termokupl ve termal kameralardır (128, 147). Termal kameralar yüksek maliyetli cihazlardır ve özel çevre şartları gerektirmektedir. Ayrıca elde edilen resimlerin net olarak yorumlanabilmesi için deneyimli kişilere ihtiyaç duyulması ve kullanımında geniş bir yüzey alanını ölçme özelliğinden dolayı hassas değerler verememesi gibi dezavantajları da mevcuttur. Termokupllar ise hem kök kanalı içinde hem de dış kök yüzeyinde geniş sıcaklık aralıkları arasında ölçümler yapabilmektedir. Termokupllar ile kök yüzeyinde farklı noktalardan sıcaklık ölçümlerinin yapılması ve ölçümlerden elde edilen sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması ile ilgili çalışmalar literatürde mevcuttur (128, 153, 161). Yukarıda bahsedilen çalışmalar doğrultusunda çalışmamızda 9 farklı noktadan kök kanal dolgu yönteminin uygulanması esnasında oluşan sıcaklığın daha doğru ölçülebilmesi ve ölçülen değerlerin karşılaştırılabilmesi amacıyla termokuplların kullanımı daha uygun bulunmuştur.

Weller ve ark. (118) Obtura II cihazı kullanılarak termoplastik enjeksiyon yöntemiyle kök kanallarını doldurdukları çalışmalarında kök yüzeyindeki sıcaklık artışını değerlendirmişlerdir. Cihaz 160 °C, 185 °C ve 200 °C sıcaklığa ayarlanarak kullanılmış ve bu esnada termokupllar kullanarak kök dış yüzeyinde ve kök kanalının iç yüzeyinde oluşan sıcaklık değerlerini anatomik apekse göre beş farklı noktadan ölçmüşlerdir. Çalışma gruplarının hiçbirinde ortalama sıcaklık artışı kritik kabul edilen 10 °C'nin üzerinde çıkmamıştır. Çalışma sonuçlarına göre cihazın ayarlandığı 3 farklı sıcaklık değerinde tüm gruplarda en yüksek sıcaklık artışının koronal üçlüde bulunduğu belirtilmiştir. Çalışmamızda Elements Free Kablosuz Obturasyon Sistemi'nin 200 °C sıcaklığa ayarlı backfill ünitesi kullanılarak termoplastik enjeksiyon yöntemi uygulanmıştır. Çalışmamızın bulgularına göre apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark çıkmamasına karşın ölçülen en yüksek sıcak değeri koronal üçlü bölgede bulunarak bu çalışmayla benzerlik göstermektedir. Koronal üçlü kök kanalının en büyük çapına sahiptir ve dolayısıyla en fazla sıcak guta perka kütlesinin bulunduğu alandır. Kök kanallarında en geniş alana koronal üçlünün sahip olması ve preparasyon sonrası dentin

duvarlarının daha da incilmesi bu bölgenin guta perkanın meydana getirdiği sıcaklık artışından daha fazla etkilenmesinin sebebi olarak düşünülebilir. Ayrıca bahsedilen çalışmayla paralel olarak çalışmamızda ölçülen sıcaklık artış değerleri 10 °C'lik kritik seviyenin üzerine çıkmamıştır. Bu durum birkaç faktöre bağlı olarak açıklanabilir. İlk olarak çalışmamızda kullanılan termoplastik enjeksiyon cihazının iğnesinden akışı sağlanan guta perka sıcaklığının, cihazın kalibre edilen sıcaklığından daha düşük derecede olması olarak düşünülebilir. Guta perkanın kök kanalına enjeksiyonundan önce hızlı bir soğuma gösterdiği ile ilgili çalışmalar literatürde mevcuttur (184, 185). İkinci olarak yapılan bir çalışmada dentinin zayıf bir termal iletken olduğu belirtilmiştir (17). Kök kanalına sıcak guta perkanın temasından sonra kök yüzeyinde ölçülen sıcaklıkta anlık bir düşüş olduğu görülmektedir. Bu sıcaklık düşüşü, dentin tübülllerinde bulunan sıvı ve periodontal ligamentte mevcut olan dolaşım nedeniyle *in vivo* şartlarda daha da belirgin görülebilir. Son olarak ise, her bir termokupl seviyesinde toplanan veriler, ısıtılmış guta perka tarafından üretilen en yüksek sıcaklığı yansıtmaktadır. Termokupldan alınan termal kayıtlar, bir tepe noktası oluşturacak şekilde hızlı bir sıcaklık artışı göstermekte olup ardından guta perkanın neredeyse anında soğuması şeklindedir. Bu bağlamda kök kanallarıyla temas halinde olan sıcak guta perkanın, kök kanallarında uzun süreli yüksek sıcaklığa sebebiyet vermediği sonucu çıkarılabilir. Eriksson ve ark. yaptıkları bir çalışmada kök yüzeyinde oluşan kritik sıcaklığın 47 °C olduğunu ve normal vücut sıcaklığının 10 °C üzerindeki artışın 1 dk. civarında sürmesinin klinik olarak kabul edilebilir olabileceğini ifade etmişlerdir. Fakat bu sürenin 5 dk. veya daha fazla sürmesinin kemik dokusunda hasar oluşturarak kemik dokusunu rezorbe edebileceğini ve onun yerini yağ hücrelerinin alabileceğini bildirmişlerdir (19). Çalışmamızda kullanılan termoplastik enjeksiyon yönteminin uygulanması sırasında 10 °C'lik kritik sıcaklık artışı geçilmediğinden dolayı bu yöntemin periodontal dokular açısından güvenilir olduğu düşünülebilir.

Barkhordar ve ark.nın (148) yaptıkları bir çalışmada kök kanal patı kullanılarak uyguladıkları Obtura, Ultrafil ve sıcak vertikal kondansasyon yöntemlerinde sıcaklık artışları sırasıyla 2,83 °C, 1,90 °C ve 5,78 °C olarak apikal foramenden 2 mm yukarıya yerleştirilen 1 adet termokupl yardımıyla belirlenmiştir. Bizim çalışmamızda Obtura yöntemi temel alınarak üretilen Elements Free Kablosuz Obturasyon Sistemi'nin backfill ünitesi kullanılarak yapılan termoplastik enjeksiyon yönteminde sıcaklık artışı

0,36 °C, sıcak vertikal kondansasyon yönteminde ise 1,57 °C olarak apikal foramenden 2 mm yukarıya yerleştirilen 3'er adet termokupl yardımıyla bulunmuştur. Bahsedilen çalışmada sıcak vertikal kondansasyon grubunda ölçülen sıcaklık artışının termoplastik yöntemden daha fazla bulunması çalışmamızın bulgularıyla örtüşmektedir. Termoplastik enjeksiyon yönteminde 200 °C sabit bir sıcaklıkta guta perkanın ısıtılıp enjekte edilmesi sağlanırken sıcak vertikal kondansasyon yönteminde ısıtıcı açık alevde ısıtılarak kök kanallarında bulunan guta perkanın yumuşatılması sağlanmıştır. Sıcak vertikal kondansasyon yönteminde ısısının kök kanallarına kontrollü bir şekilde iletilememesinden kaynaklı bu yöntemde daha fazla sıcaklık artışının tespit edildiği düşünülmektedir. Barkhordar ve ark. (148) yaptıkları çalışmada ölçülen sıcaklık artışlarının bizim çalışmamızdan yüksek olmasının sebebi farklı cihazlar kullanılarak kök kanal dolgularının yapılması, ortam koşullarının farklı olması gibi faktörlere bağlı olabileceği düşünülse de esas sebep olarak çalışmamızda apikal bölgede bukkal, mezolingual ve distolinguale yerleştirilen 3 adet termokuplın ortalama değeri alınarak daha hassas bir ölçüm değerine ulaşılması olarak savunulabilir.

Weller ve ark.nın (167) çalışmalarında en yüksek çalışma sıcaklığına ayarlanan Obtura cihazı kullanılarak termoplastik enjeksiyon yöntemi uygulanmıştır. Ağız içi sıcaklık derecesini taklit edecek özel bir deney düzeneği hazırlanmadan dişler havayla temas edecek şekilde obturasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Obturasyon işlemleri sırasında eş zamanlı olarak 16 adet termokupl tarafından kök kanalı içerisinde sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre kaydedilen sıcaklıklar 31,40 °C ile 86,26 °C arasında tespit edilmiştir. Çalışmalarında apikalden koronale doğru kök kanalı içerisinde sıcaklık artışı olduğu belirtilmektedir ve bu artış bizim çalışmamızın bulgularıyla benzerlik göstermektedir. Çalışmamızda termoplastik enjeksiyon yönteminde ölçülen ortalama sıcaklık değeri 37,39 °C bulunmuştur. Yukarıda bahsedilen çalışmada sıcaklık değerlerinin çalışmamıza kıyasla yüksek çıkmasının sebebi; Obtura cihazının üretici firmanın talimatları doğrultusunda kullanılmaması, kök kanalının içinden ölçümlerin yapılması ve ağız içi sıcaklığını taklit edecek bir düzeneğin içerisinde çalışmanın gerçekleştirilmemesi olarak yorumlanabilir.

Lee ve ark.nın (17) yaptığı bir çalışmada Sistem B ısı kaynağı, Touch'n Heat cihazı ve alevde ısıtılmış bir taşıyıcı ile guta perkanın yumuşatılması sağlanarak

maksiller kesici, maksiller premolar ve mandibular kesici dişlerin kök kanal dolguları yapılmış ve bu aşamada K-tipi termokupllarla mine-sement sınırının 2 mm altından sıcaklık ölçülmüştür. Ölçülen sıcaklık değerlerinin kayıtları tamamlandıktan sonra dişler ince bir zımpara diski kullanılarak kesitlere ayrılmış ve kalan dentin kalınlığı hesaplanmıştır. İç kanal duvarından termokupl bağlantısının dış noktasına kadar mesafeyi ölçmek için 17 kat büyütme altında bir mikrometre kullanıldığı belirtilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre en yüksek sıcaklık ölçümü, en az dentin kalınlığına sahip mandibular kesici dişlerde bulunmuştur. En düşük sıcaklık ölçümü ise dentin kalınlığının en fazla olduğu maksiller kesici dişlerde tespit edilmiştir. En yüksek sıcaklık artışı alevde ısıtılmış taşıyıcının kullanıldığı grup olarak bulunurken en düşük sıcaklık artışı Sistem B ısı kaynağının kullanıldığı grup olarak bulunmuştur. Bu çalışmada görüldüğü üzere kök kanallarında oluşan sıcaklık artışının periodontal dokulara etkisinde dentin kalınlığı ciddi bir rol oynamaktadır. Çalışmamızda dentin kalınlığını standardize etmek amacıyla CBCT görüntüleri alınarak her dişin 9 noktasından içte dentin dışta sement arası mesafe ölçülmüştür ve birbirine en yakın 100 diş deney gruplarını oluşturmuştur. Çalışmamızda bu çalışmayla benzer olarak sıcaklık artışı alevde ısıtılan alet ile guta perkanın yumuşatıldığı teknik olan sıcak vertikal kondansasyon grubunda en yüksek bulunurken, Sistem B ısı cihazı temel alınarak geliştirilen Elements Free Kablosuz Obturasyon Sistemi'nin downpack ünitesi kullanılarak yapılan devamlı ısıyla obturasyon tekniğinde daha düşük bulunmuştur. İki grup arasında oluşan bu sıcaklık farklılığının sebebi, alevde ısıtılan alet ile kök kanallarına iletilen ısının kontrol edilememesi fakat Sistem B ısı kaynağının 200 °C sıcaklıkta devamlı olarak sabit aynı ısıyı vermesi olarak açıklanabilir.

Floren ve ark. (121) yaptıkları bir çalışmada, *in vitro* koşullarda obturasyon işlemi esnasında Sistem B cihazıyla 250 °C ve 600 °C arasında sıcaklık uygulamış ve kök yüzeyinde meydana gelen sıcaklık değerlerini belli yerlere sabitlenen termokupllarla ölçerek değerlendirmişlerdir. Uygulanmış olan sıcaklık derecelerine göre sonuçlar arasında fazla bir fark olmamıştır ve tespit edilen en fazla sıcaklık artışı 12,06 °C olarak bulunmuştur. Çalışmanın sonucuna göre 250 °C ve üzerindeki değerlerde sıcaklık uygulamalarında bir kaç sn. süre ile meydana gelen sıcaklık artışının periodontal dokular için kritik değer olan 10 °C'nin üzerinde olabileceği

bildirilmiştir. Çalışmamızda 200 °C ayarlı Elements Free Kablosuz Obturasyon Sistemi'nin downpack ünitesi kullanılarak yapılan devamlı ısıyla obturasyon yönteminde en yüksek 1,29 °C'lik sıcaklık artışı tespit edilmiştir. Aradaki sıcaklık farkının yüksek olmasının sebebi araştırmacıların yaptıkları çalışmada Sistem B cihazının, kullanımı önerilen sıcaklık değerinin çok üzerinde kullanılmış olması olarak yorumlanabilir.

Hadis ve ark.nın (186) yaptığı bir çalışmada ısı taşıyıcılarının sıcaklıkları; E&Q Master 180 °C, E&Q Master 230 °C ve System B 200 °C olarak ayarlanmış ve bu cihazların kök kanal dolgu işlemi sırasında kök yüzeyinde oluşturduğu sıcaklık değişimleri apikal foramenden 2, 8 ve 12 mm uzaklığa yerleştirilen termokupllarla ölçülmüştür. Tüm cihazlarda, koronal üçlüde en yüksek sıcaklık artışı gözlenirken, en düşük artış orta üçlüde tespit edilmiştir. Çalışmamızda ısı taşıyıcı olarak 200 °C sıcaklığa ayarlı Elements Free Kablosuz Obturasyon Sistemi'nin downpack ünitesi kullanılmıştır ve termokupllar bahsettiğimiz çalışmayla hemen hemen benzer olarak apikal foramenden 2, 7 ve 12 mm uzaklığa yerleştirilmiştir. Hadis ve ark.nın (186) çalışmasına benzer olarak çalışmamızda koronal üçlüde en fazla sıcaklık artışının bulunmasının sebebi en fazla sıcak guta perka kütesinin bu bölgede bulunması olarak yorumlanabilir.

Villegas ve ark. (166) yaptığı bir çalışmada Sistem B ısı cihazının pluggerını kök kanalında apikal foramenden 2 mm ve 4 mm uzaklıkta guta perkanın ısıtılması için konumlandırarak kullanmışlardır. Obturasyon işlemi sırasında sıcaklık ölçümlerini kök kanalı içerisine cihazın pluggerının temas ettiği apikal foramenden 2 mm (T1) ve 4 mm (T2) uzaklıktaki noktalara termokuplları sabitleyerek gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre Sistem B'nin kök kanalına apikal foramenin 2 mm koronalinde temas ettiği noktada ölçülen sıcaklık artış değeri T1'de 14 ± 3 °C, T2'de 12 ± 2 °C olarak bulunmuştur. Sistem B'nin kök kanalına apikal foramenin 4 mm koronalinde temas ettiği noktada ölçülen sıcaklık artış değeri T1'de 4 ± 1 °C, T2'de 6 ± 1 °C olarak bulunmuştur. Çalışmanın bulgularını değerlendirecek olursak Sistem B cihazının pluggerı hangi noktaya yakın olarak konumlandırılarak kullanılmışsa o bölgede bulunan termokupl ile ölçülen sıcaklık değeri de daha yüksek tespit edilmiştir. Çalışmamızda Elements Free Kablosuz Obturasyon Sistemi'nin downpack ünitesi kullanılarak guta perkanın kontrollü olarak ısıtılması sağlanmıştır.

Cihazın pluggerı apikalden 5-7 mm geride sıkışacak şekilde kullanılmıştır. Apikal üçlüde 2 mm, orta üçlüde 7 mm'ye karşılık gelen bölgelerde sıcaklık ölçümlerinin yapılması göz önüne alındığında pluggerın temas ettiği nokta orta üçlüye denk gelmektedir ve sıcaklık artış değeri orta üçlüde apikal üçlüye kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Çalışmamızda sıcak pluggerın kök kanalı içerisinde temas ettiği bölgede ölçülen sıcaklık değerinin, temas olmayan alanlara göre daha yüksek çıkması bahsedilen çalışmayla benzer sonuçlar ortaya koyduğunu açıklayabilir.

Behnia ve ark. (16) yaptıkları bir çalışmada thermafil yönteminin uygulanması esnasında kök dış yüzeyinde meydana gelen sıcaklık değişimini kızılötesi termal kamera ile ölçerek değerlendirmişlerdir. Sıcaklık artışının 4,26-4,87 °C arasında değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir. Song ve ark.nın (187) yaptığı bir çalışmada thermafil yönteminin kök dış yüzeyinde oluşturduğu sıcaklık değişimleri kızılötesi termal kamera ile ölçülerek değerlendirilmiştir. Kök dış yüzeyinde en fazla sıcaklık artışının 4,8 °C olduğu belirtilmiştir. Lipski ve ark.nın (188) çekilmiş kedi ve köpek dişlerinde yaptığı bir çalışmada thermafil yönteminin uygulanması esnasındaki sıcaklık ölçümleri kızılötesi termal kamera ile yapılmış ve kök dış yüzeyinde 10 °C sıcaklığın altında bir artış bulunduğu belirtilmiştir. Çalışmamızda thermafil yönteminin uygulanması esnasında 0,27 °C'lık bir sıcaklık artışı tespit edilmiştir. Yukarıda bahsedilen çalışmalarda dişler için özel bir düzenek hazırlanmayıp dişlerin havayla temas halinde olduğu görülmektedir. Çalışmamızda obturasyon işlemleri 37 °C sıcaklıkta su banyosunun içinde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çalışmamızda sıcaklık ölçümleri için kızılötesi termal kamera yerine daha hassas ve noktasal ölçümler yapabildiğinden dolayı termokupllar tercih edilmiştir. Çalışmamızla arada oluşan sıcaklık artış farkının bahsedilen farklılıklardan kaynaklı olabileceği düşünülebilir. Ayrıca diğer çalışmalarda olduğu gibi çalışmamızda bulunan sıcaklık artış değerinin 10 °C olan kritik değerin altında olduğu ve bu doğrultuda thermafil yönteminin diş çevre dokularında hasar oluşturma ihtimalinin olmadığı çıkarımı yapılabilir.

Balagopal ve ark. (163) sıcak vertikal kondansasyon, thermafil ve devamlı ısıyla obturasyon tekniklerinin uygulanması esnasında kök dış yüzeyinde apikal foramenin 2,5 mm, 6,5 mm ve 10,5 mm koroneline sabitlenen termokupllar ile sıcaklık ölçümleri yapmışlardır. Yapılan bu çalışmada en yüksek sıcaklık artışı sıcak vertikal kondansasyon yönteminde koronal üçlüde 9,44 °C olarak bulunmuştur. Genel sıcaklık

artışı ise sıcak vertikal kondansasyon grubunda daha fazla bulunmuştur. Bunu devamlı ısıyla obturasyon grubunun izlediği ve thermafil grubunun daha az sıcaklık değişimine neden olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada olduğu gibi çalışmamızda da en yüksek sıcaklık artışı sıcak vertikal kondansasyon yönteminde apeksten 12 mm uzaklıkta koronal üçlüde 3,23 °C olarak bulunmuştur. Bu durum kullanılan ısıtıcı aletin işlem sırasında en fazla koronal üçlüye temas halinde olmasına ve sıcak guta perka kütlesinin bu bölgede daha çok yığılmasına bağlanabilir. Çalışmamızda genel sıcaklık artışı ise bu çalışmanın sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Devamlı obturasyon yönteminde kullandığımız cihaz ile ısıtıcı ucun 200 °C'de sabit ve devamlı olarak çalışması, thermafil yönteminde ise kullanılan taşıyıcı üzerindeki guta perkanın üretici firmanın talimatları doğrultusunda özel fırınında ısıtılması söz konusudur. Sıcak vertikal kondansasyon yönteminde ısıtıcı ucun açık alevde ısıtılmasından kaynaklı sıcaklık kontrolünün yapılamaması sıcaklık artışının diğer iki gruba kıyasla daha yüksek bulunmasının sebebi olarak açıklanabilir.

Donnermeyer ve ark.nın (161) yaptıkları bir çalışmada devamlı ısıyla obturasyon, termoplastik enjeksiyon, thermafil tekniği ve tek kon yöntemi ile doldurulan kök kanallarında sıcaklık artışı değerlendirilmiştir. Apekten 3, 6 ve 9 mm uzaklıkta kök kanallarının içerisine temas edecek şekilde yerleştirilen termokupllar ile sıcaklık ölçümleri yapılmış ve obturasyon işlemleri 37 °C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Bahsedilen çalışmada 4 farklı yöntem arasında en yüksek sıcaklık artışı devamlı ısıyla obturasyon yönteminde görülmektedir. Bunu termoplastik enjeksiyon yöntemi takip etmektedir. Daha sonra thermafil ve tek kon yöntemi yer almaktadır. Thermafil ve tek kon yönteminde ölçülen sıcaklık artış değerleri neredeyse birbirine yakın olacak şekilde ölçülmüştür. Yukarıda bahsedilen çalışmanın bulguları çalışmamızla benzerlik göstermektedir. Bahsedilen çalışmada uygulanan tek kon yöntemi ile çalışmamızda uygulanan soğuk lateral kondansasyon yöntemi, uygulama aşamasında her ikisinde de ısı kullanılmamasından dolayı bağdaştırılabilir. Çalışmamızda thermafil ile soğuk lateral kondansasyon yöntemi arasındaki sıcaklık artışında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu durumun sebebi guta perkanın ısıtılması işleminin kök kanalları içerisinde değil de dış ortamda özel bir fırında yapılması ve kök kanalına taşınması esnasında soğuması olarak savunulabilir. Ayrıca plastikten yapılmış taşıyıcıların çekirdeğini kaplayan guta perka oranının diğer termoplastik guta

perka tekniklerinde uygulanan orana kıyasla daha az olabileceği ve bu sebeple kütleli olarak kök kanalında daha az sıcak guta perkanın bulunabileceği durumu söz konusudur. Bu durum, kök kanalında daha az sıcaklık artışının meydana gelmesinin nedeni olarak açıklanabilir. Devamlı ısıyla obturasyon yönteminde guta perkanın yumuşatılması işlemi sıcak bir plugger ile kök kanalı içerisinde yapılmaktadır. Termoplastik enjeksiyon yönteminde ısıtılmış guta perkanın enjeksiyonu kök kanallarının içerisine uygulanmaktadır. Gruplar arasında oluşan sıcaklık farkının; uygulanan kök kanal dolgu yöntemlerinde guta perkanın kök kanalına taşınması aşamasındaki farklılıklardan kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Barkhordar ve ark. (148) yaptıkları bir çalışmada kök dış yüzeyinde oluşan sıcaklık artışında kök kanal patı kullanımının etkisini incelemişlerdir. Obtura, Ultrafil ve sıcak vertikal kondansasyon yöntemlerinde kök kanal patının uygulandığı gruplarda sıcaklık artışının uygulanmayanlara kıyasla 1-2 °C daha düşük bulunduğunu ileri sürmüşlerdir. Hardie'nin (189) yaptığı başka bir çalışmada kök kanal patı kullanımının kök yüzeyinde meydana gelen sıcaklığı azalttığı ancak bu durumun istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ifade edilmiştir. Bu konuyla ilgili olarak literatürde yeterli sayıda çalışmanın bulunmaması ve yapılan çalışmalarda farklı sonuçların ortaya çıkmış olması göz önüne alınarak klinik koşullarda rutin endodontik tedavi uygulamalarında kök kanal patları kullanıldığından dolayı çalışmamızda beş farklı kök kanal dolgu yönteminde AH Plus kök kanal patı kullanılmıştır. Kök kanal patları ayrıca dentin duvarı üzerinde yalıtkan bir tabaka olarak görev görebilir ve kök dış yüzeyine iletilen ıslıyı azaltarak periodontal dokuların korunmasında etkili olabilir. Bu doğrultuda klinik şartları taklit edebilmek amacıyla kök kanal patı kullanılmıştır.

Sistem B ısı kaynağı kullanılarak kök kanal dolgu işleminin yapılması sırasında kızılötesi termal kamera ve termokupl ile kök dış yüzeyinde eş zamanlı ölçümlerin yapıldığı Mc Cullagh ve ark.nın (128) çalışmasında iki sıcaklık ölçüm cihazı tarafından ölçülen değerlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Kızılötesi termal kamera ile ortalama 28,4 °C'lik sıcaklık artışı ölçülürken, termokupllarla ölçülen değerin 13,9 °C olarak bulunduğu belirtilmiştir. Termal kamera sisteminin doğruluğu, analiz edilen malzemenin emisivitesine yani yüzeyinin oransal olarak radyasyon ile enerji yayma yeteneğine bağlıdır. Emisivite, söz konusu malzeme için yazılımı kalibre etmekte kullanılır ve doğru olarak hesaplanmadığında yazılım tarafından tahmin edilen

ölçümler geçersiz sayılmaktadır. Dentinin kızılötesi emisyon özellikleri sıcaklığa bağlı olabilir ve tek bir emisyon değeri dentin için uygun olmayabilir. Mc Cullagh ve ark. (128) kızılötesi termal kamera ve termokupllar arasında ölçülen sıcaklık değerlerinin farklı olmasının ana sebebini bu duruma bağlamışlardır. Termokupllar, sıcaklık ölçümünün geleneksel altın standardı olmuştur ve bu çalışmada termokupllardan elde edilen verilerin daha doğru olarak alınması gerektiği belirtilmiştir. Yukarıda bahsedilen çalışmanın bulguları ışığında kızılötesi termal kamera ile ölçülen değerin termokupllara kıyasla çok yüksek oranda çıkması çalışmamızda termokupl kullanımının güvenilirliğini arttırmıştır.



6. SONUÇLAR

İn *vitro* şartlar altında 5 farklı kök kanal dolgu yönteminin alt premolar dişlere uygulanması sırasında oluşabilecek sıcaklık değişimlerinin dişin dış kök yüzeyine sabitlenmiş termokupllar ile ölçülmesi ve elde edilen sıcaklık değerlerinin diş destek dokularında hasar oluşturabilme durumunun değerlendirilmesini amaçladığımız çalışmamızda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

1. Sıcak vertikal kondansasyon yöntemi diğer gruplarla karşılaştırıldığında kök dış yüzeyinde oluşan sıcaklık artışları tüm gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Devamlı ısıyla obturasyon yönteminin uygulandığı grupta kök dış yüzeyinde oluşan sıcaklık artışı, soğuk lateral kondansasyon ve thermafil yöntemlerinin uygulandığı gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek çıkmıştır ($p<0,05$). Soğuk lateral kondansasyon ve thermafil yöntemlerinin uygulandığı grupların sıcaklık artışları birbirlerine göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir ($p>0,05$).
2. Kök kanal dolgu yöntemlerinin uygulanması sırasında kök dış yüzeyinde en fazla sıcaklık artışı tespit edilmiş olan yöntemden düşük olana doğru sıralayacak olursak; sıcak vertikal kondansasyon yöntemi, devamlı ısıyla obturasyon yöntemi, termoplastik enjeksiyon yöntemi, thermafil yöntemi ve soğuk lateral kondansasyon yöntemidir.
3. Gerek kök kanal dolgu yöntemleri gerekse bölgeler arasında yapılan değerlendirmeler sonucunda uygulama esnasında en fazla sıcaklık artışı, sıcak vertikal kondansasyon yönteminde koronal üçlüde bulunmuştur.
4. Çalışmamızda guta perkanın ısıtılarak termoplastik özellikte kullanıldığı kök kanal dolgu yöntemlerinin hepsinde kök dış yüzeyinde en fazla sıcaklık artışı bölgesel anlamda koronal üçlüde tespit edilmiştir.
5. Çalışmamızda tercih edilen soğuk lateral kondansasyon, sıcak vertikal kondansasyon, devamlı ısıyla obturasyon, termoplastik enjeksiyon ve thermafil yöntemlerinin kök kanal patıyla beraber uygun prosedürlerde gerçekleştirildiği taktirde diş çevre dokularında hasara neden olacak bir sıcaklık artışı oluşturmadığı görülmüştür.

Çalışmamızda elde edilen bulgular ışığında, endodonti dünyasında kullanımı giderek yaygınlaşan güncel obturasyon sistemlerinin uygulanması esnasında periodontal dokularda hasara neden olmayarak güvenle kullanılabileceği sonucu çıkmıştır. Bu üstün özelliğinin yanı sıra bu obturasyon yöntemlerinin kök kanallarında hermetik ve üç boyutlu bir tıkama sağlaması, kök kanal duvarlarına daha iyi adaptasyonu, lateral ve aksesuar kanalları doldurulabilme yeteneği, uygulama süresi ve kolaylığı gibi özelliklere sahip olması klinik şartlarda gerek tedavi başarısı gerekse hasta konforu açısından diş hekimlerine büyük avantaj sağlayacağı düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

1. Johnson W, Kulid JC, Tay F. Obturation of the Cleaned and Shaped Root Canal System. In: Hargreaves KM, Berman LH, editors. Cohen's Pathways of the Pulp. 11th ed. St.Louis: CV Mosby Co; p. 280-324, 2018.
2. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. Dental Clinics of North America, 18(1):269-296, 1974.
3. Ray H ve Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. International Endodontic Journal, 28(1):12-18, 1995.
4. Brayton SM, Davis SR, Goldman M. Gutta-percha root canal fillings: An in vitro analysis. Part I. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 35(2):226-231, 1973.
5. Mayo CV, Montgomery S, de Rio C. A computerized method for evaluating root canal morphology. Journal of Endodontics, 12(1):2-7, 1986.
6. Lipski M. Root surface temperature rises during root canal obturation, in vitro, by the continuous wave of condensation technique using System B HeatSource. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 99(4):505-510, 2005.
7. Olsson B ve Wennberg A. Early tissue reaction to endodontic filling materials. Dental Traumatology, 1(4):138-141, 1985.
8. Saunders EM, Saunders WP, Rashid MY. The effect of post space preparation on the apical seal of root fillings using chemically adhesive materials. International Endodontic Journal, 24(2):51-57, 1991.
9. Karapanou V, Vera J, Cabrera P, White RR, Goldman M. Effect of immediate and delayed post preparation on apical dye leakage using two different sealers. Journal of Endodontics, 22(11):583-585, 1996.
10. Chu CH, Lo EC, Cheung GS. Outcome of root canal treatment using Thermafil and cold lateral condensation filling techniques. International Endodontic Journal, 38(3):179-185, 2005.
11. Alaçam T. Endodonti. Özyurt Matbaacılık, Ankara, 1347 s., 2012.

12. Nelson EA, Liewehr FR, West LA. Increased density of gutta-percha using a controlled heat instrument with lateral condensation. *Journal of Endodontics*, 26(12):748-750, 2000.
13. Gençoğlu N. Comparison of 6 different gutta-percha techniques (part II): Thermafil, JS Quick-Fill, Soft Core, Microseal, System B, and lateral condensation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 96(1):91-95, 2003.
14. Clinton K ve Himel VT. Comparison of a warm gutta-percha obturation technique and lateral condensation. *Journal of Endodontics*, 27(11):692-695, 2001.
15. Collins J, Walker MP, Kulild J, Lee C. A comparison of three gutta-percha obturation techniques to replicate canal irregularities. *Journal of Endodontics*, 32(8):762-765, 2006.
16. Behnia A ve McDonald N. In vitro infrared thermographic assessment of root surface temperatures generated by the thermafil plus system. *Journal of Endodontics*, 27(3):203-205, 2001.
17. Lee FS, Van Cura JE, BeGole E. A comparison of root surface temperatures using different obturation heat sources. *Journal of Endodontics*, 24(9):617-620, 1998.
18. Saunders EM. In vivo findings associated with heat generation during thermomechanical compaction of gutta-percha. Part II. Histological response to temperature elevation on the external surface of the root. *International Endodontic Journal*, 23(5):268-274, 1990.
19. Eriksson A ve Albrektsson T. Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: a vital-microscopic study in the rabbit. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 50(1):101-107, 1983.
20. Çalışkan MK. *Endodontide Tanı ve Tedaviler*. Nobel Tıp Kitapevi, İstanbul, 831 s., 2014.
21. Matsumiya S ve Kitamura M. Histo-pathologic and histo-bacteriological studies of the relation between the condition of sterilization of the interior of the root canal and the healing process of periapical tissue in experimentally

- infected root canal treatment. American Association of Endodontists, 1(1):1-19, 1960.
22. Gulabivala K ve Ng Y-L. Non-surgical root-canal treatment. In: Stock CJR, Gulabivala K, Walker RT, editors. Endodontics. 4th ed. London: Mosby Elsevier Ltd; p. 174-237, 2014.
 23. Peters OA, Peters CI, Basrani B. Cleaning and Shaping the Root Canal System. In: Hargreaves KM, Berman LH, editors. Cohen's Pathways of the Pulp. 11th ed. St.Louis: CV Mosby Co; p. 209-280, 2018.
 24. Bodrumlu E ve Tunga U. Coronal Sealing Ability of a New Root Canal Filling Material. Journal of the Canadian Dental Association, 73(7):623, 2007.
 25. Grossman LI. Obturation of the Radicular Space. In: Chandra BS, Gopikrishna V, editors. Grossman's Endodontic Practice. 13th ed. New Delhi: Wolters Kluwer (India) Pvt. Ltd.; p. 343-374, 2014.
 26. Glickman GN ve Walton RE. Obturation. In: Walton RE, Torabinejad M, editors. Endodontics: Principles and Practice. 4th ed. China: Saunders Elsevier; p., 2002.
 27. Shipper G, Teixeira FB, Arnold RR, Trope M. Periapical inflammation after coronal microbial inoculation of dog roots filled with gutta-percha or resilon. Journal of Endodontics, 31(2):91-96, 2005.
 28. Wedding JR, Brown CE, Legan JJ, Moore BK, Vail MM. An in vitro comparison of microleakage between Resilon and gutta-percha with a fluid filtration model. Journal of Endodontics, 33(12):1447-1449, 2007.
 29. Belli S, Eraslan O, Eskitascioglu G, Karbhari V. Monoblocks in root canals: a finite elemental stress analysis study. International Endodontic Journal, 44(9):817-826, 2011.
 30. Tsukada G, Tanaka T, Torii M, Inoue K. Shear modulus and thermal properties of gutta percha for root canal filling. Journal of Oral Rehabilitation, 31(11):1139-1144, 2004.
 31. Michaud RA, Burgess J, Barfield RD, Cakir D, McNeal SF, Eleazer PD. Volumetric expansion of gutta-percha in contact with eugenol. Journal of Endodontics, 34(12):1528-1532, 2008.

32. Camps J ve Pashley D. Reliability of the dye penetration studies. *Journal of Endodontics*, 29(9):592-594, 2003.
33. Marciano J ve Michalesco PM. Dental gutta-percha: chemical composition, X-ray identification, enthalpic studies, and clinical implications. *Journal of Endodontics*, 15(4):149-153, 1989.
34. Jain P, Yeli M, Dhingra K. Root Canal Filling. In: Jain P, editor. *Current Therapy In Endodontics*. 1st ed. USA: John Wiley & Sons Inc.; p., 2016.
35. Friedman CE, Sandrik JL, Heuer MA, Rapp GW. Composition and physical properties of gutta-percha endodontic filling materials. *Journal of Endodontics*, 3(8):304-308, 1977.
36. Goodman A, Schilder H, Aldrich W. The thermomechanical properties of gutta-percha. II. The history and molecular chemistry of gutta-percha. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*, 37(6):954-961, 1974.
37. Marciano J, Michalesco P, Abadie M. Stereochemical structure characterization of dental gutta-percha. *Journal of Endodontics*, 19(1):31, 1993.
38. Lares C ve ElDeeb ME. The sealing ability of the Thermafil obturation technique. *Journal of Endodontics*, 16(10):474-479, 1990.
39. Hauman C ve Love R. Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 2. Root-canal-filling materials. *International Endodontic Journal*, 36(3):147-160, 2003.
40. Combe E, Cohen B, Cummings K. Alpha-and beta-forms of gutta-percha in products for root canal filling. *International Endodontic Journal*, 34(6):447-451, 2001.
41. Moorer W ve Genet J. Antibacterial activity of gutta-percha cones attributed to the zinc oxide component. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*, 53(5):508-517, 1982.
42. Marlin J ve Schilder H. Physical properties of gutta-percha when subjected to heat and vertical condensation. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*, 36(6):872-879, 1973.
43. Schilder H, Goodman A, Aldrich W. The thermomechanical properties of gutta-percha. Part V. Volume changes in bulk gutta-percha as a function of

- temperature and its relationship to molecular phase transformation. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*, 59(3):285-296, 1985.
44. de Almeida Gomes BPF, Vianna ME, Matsumoto CU, Zaia AA, Ferraz CCR, de Souza Filho FJ. Disinfection of gutta-percha cones with chlorhexidine and sodium hypochlorite. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 100(4):512-517, 2005.
 45. Senia ES, Marraro RV, Mitchell JL, Lewis AG, Thomas L. Rapid sterilization of gutta-percha cones with 5.25% sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics*, 1(4):136-140, 1975.
 46. Glickman G, Winford T, Gutmann J. Microbiological evaluation of the Hygenic Ultrafil heated gutta-percha delivery system. *International Endodontic Journal*, 23(3):148-155, 1990.
 47. Silver G, Love R, Purton D. Comparison of two vertical condensation obturation techniques: Touch'n Heat modified and System B. *International Endodontic Journal*, 32(4):287-295, 1999.
 48. Johnson DJ. Root canal filling materials. In: Ingle JI, Bakland LK, Baumgartner JC, editors. *Ingle's Endodontics* 6. 6th ed. Maidenhead: McGraw-Hill Education: BC Decker; p. 1019-1087, 2008.
 49. Czonstkowsky M, Michanowicz A, Vazquez JA. Evaluation of an injection of thermoplasticized low-temperature gutta-percha using radioactive isotopes. *Journal of Endodontics*, 11(2):71-74, 1985.
 50. Luccy CT, Weller RN, Kulild JC. An evaluation of the apical seal produced by lateral and warm lateral condensation techniques. *Journal of Endodontics*, 16(4):170-172, 1990.
 51. Baumgardner KR, Taylor J, Walton R. Canal adaptation and coronal leakage: lateral condensation compared to Thermafil. *The Journal of the American Dental Association*, 126(3):351-356, 1995.
 52. Evans JT ve Simon JH. Evaluation of the apical seal produced by injected thermoplasticized gutta-percha in the absence of smear layer and root canal sealer. *Journal of Endodontics*, 12(3):101-107, 1986.

53. Benner MD, Peters DD, Grower M, Bernier WE. Evaluation of a new thermoplastic gutta-percha obturation technique using ⁴⁵Ca. *Journal of Endodontics*, 7(11):500-508, 1981.
54. Director RC, Rabinowitz JL, Milne RS. The short-term sealing properties of lateral condensation, vertical condensation, and Hydron using ¹⁴C human serum albumin. *Journal of Endodontics*, 8(4):149-151, 1982.
55. Glickman GN ve Gutmann JL. Contemporary perspectives on canal obturation. *Dental Clinics of North America*, 36(2):327-341, 1992.
56. Hopkins JH, Remeikis NA, Van Cura JE. McSpadden versus lateral condensation: the extent of apical microleakage. *Journal of Endodontics*, 12(5):198-201, 1986.
57. Rhome BH, Solomon EA, Rabinowitz JL. Isotopic evaluation of the sealing properties of lateral condensation, vertical condensation, and Hydron. *Journal of Endodontics*, 7(10):458-461, 1981.
58. Pitt Ford TR. The leakage of root fillings using glass ionomer cement and other materials. *British Dental Journal*, 146(9):273-278, 1979.
59. Saunders WP ve Saunders EM. Influence of smear layer on the coronal leakage of Thermafil and laterally condensed gutta-percha root fillings with a glass ionomer sealer. *Journal of Endodontics*, 20(4):155-158, 1994.
60. Teixeira FB, Teixeira EC, Thompson JY, Trope M. Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin filling material. *The Journal of the American Dental Association*, 135(5):646-652, 2004.
61. Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjögren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 85(1):86-93, 1998.
62. Ørstavik D, Eriksen H, Beyer-Olsen EM. Adhesive properties and leakage of root canal sealers in vitro. *International Endodontic Journal*, 16(2):59-63, 1983.
63. Leonardo MR, Da Silva LAB, Tanomaru Filho M, Bonifácio KC, Ito IY. In vitro evaluation of antimicrobial activity of sealers and pastes used in endodontics. *Journal of Endodontics*, 26(7):391-394, 2000.

64. Bala O, Can HE, Emekdaş G, Görgül G. Farklı İçerikli Kök Kanal Dolgu Materyallerinin Antimikrobiyal Etkileri. Türkiye Klinikleri Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi, 4(1):22-26, 1998.
65. Gernhardt CR, Krüger T, Bekes K, Schaller H-G. Apical sealing ability of 2 epoxy resin-based sealers used with root canal obturation techniques based on warm gutta-percha compared to cold lateral condensation. Quintessence International, 38(3):229-234, 2007.
66. Leyhausen G, Heil J, Reifferscheid G, Waldmann P, Geurtsen W. Genotoxicity and cytotoxicity of the epoxy resin-based root canal sealer AH plus. Journal of Endodontics, 25(2):109-113, 1999.
67. Tanomaru-Filho M, Jorge ÉG, Tanomaru JMG, Gonçalves M. Radiopacity evaluation of new root canal filling materials by digitalization of images. Journal of Endodontics, 33(3):249-251, 2007.
68. Schroeder A. The impermeability of root canal filling material and first demonstrations of new root filling materials. Schweizerische Monatsschrift für Zahnheilkunde= Revue mensuelle suisse d'odonto-stomatologie, 64(9):921-931, 1954.
69. Limkangwalmongkol S, Burtscher P, Abbott PV, Sandler AB, Bishop BM. A comparative study of the apical leakage of four root canal sealers and laterally condensed gutta-percha. Journal of Endodontics, 17(10):495-499, 1991.
70. Miletić I, Prpić-Mehićić G, Maršan T, Tambić-Andrašević A, Pleško S, Karlović Z ve ark. Bacterial and fungal microleakage of AH26 and AH Plus root canal sealers. International Endodontic Journal, 35(5):428-432, 2002.
71. Huang F-M ve Chang Y-C. Prevention of the epoxy resin-based root canal sealers-induced cyclooxygenase-2 expression and cytotoxicity of human osteoblastic cells by various antioxidants. Biomaterials, 26(14):1849-1855, 2005.
72. Lee DH, Kim NR, Lim B-S, Lee Y-K, Hwang K-K, Yang H-C. Effects of root canal sealers on lipopolysaccharide-induced expression of cyclooxygenase-2 mRNA in murine macrophage cells. Journal of Endodontics, 33(11):1329-1333, 2007.

73. Lee DH, Lim BS, Lee YK, Kim NR, Yang HC. Inhibitory effects of root canal sealers on the expression of inducible nitric oxide synthase in lipopolysaccharide-stimulated murine macrophage cells. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, 83(1):91-96, 2007.
74. Spångberg LS, Barbosa SV, Lavigne GD. AH26 releases formaldehyde. *Journal of Endodontics*, 19(12):596-598, 1993.
75. Tüysüz E. Farklı yapıda kök kanal dolgu maddelerinin kök kanal duvarına adaptasyonunun SEM ile incelenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 69 s., 2007.
76. Tagger M, Tagger E, Tjan AH, Bakland LK. Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin. *Journal of Endodontics*, 28(5):351-354, 2002.
77. Gogos C, Economides N, Stavrianos C, Kolokouris I, Kokorikos I. Adhesion of a new methacrylate resin-based sealer to human dentin. *Journal of Endodontics*, 30(4):238-240, 2004.
78. Wennber A ve Niom DØ. Adhesion of root canal sealers to bovine dentine and gutta-percha. *International Endodontic Journal*, 23(1):13-19, 1990.
79. Gettleman BH, Messer HH, ElDeeb ME. Adhesion of sealer cements to dentin with and without the smear layer. *Journal of Endodontics*, 17(1):15-20, 1991.
80. Lee K-W, Williams MC, Camps JJ, Pashley DH. Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. *Journal of Endodontics*, 28(10):684-688, 2002.
81. Saleh I, Ruyter I, Haapasalo M, Ørstavik D. The effects of dentine pretreatment on the adhesion of root-canal sealers. *International Endodontic Journal*, 35(10):859-866, 2002.
82. Şen B, Pişkin B, Baran N. The effect of tubular penetration of root canal sealers on dye microleakage. *International Endodontic Journal*, 29(1):23-28, 1996.
83. Kouvas V, Liolios E, Vassiliadis I, Parissis-Messimeris S, Boutsoukias A. Influence of smear layer on depth of penetration of three endodontic sealers: an SEM study. *Dental Traumatology*, 14(4):191-195, 1998.

84. White RR, Goldman M, Lin PS. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *Journal of Endodontics*, 10(12):558-562, 1984.
85. Schäfer E ve Zandbiglari T. Solubility of root-canal sealers in water and artificial saliva. *International Endodontic Journal*, 36(10):660-669, 2003.
86. Saleh I, Ruyter I, Haapasalo M, Ørstavik D. Survival of *Enterococcus faecalis* in infected dentinal tubules after root canal filling with different root canal sealers in vitro. *International Endodontic Journal*, 37(3):193-198, 2004.
87. Ertan T. Farklı irrigasyon maddelerinin kök kanal dolgu patlarının sızdırmazlığına etkileri. Doktora Tezi, GATA, Ankara, 73 s., 2006.
88. Economides N, Kokorikos I, Kolokouris I, Panagiotis B, Gogos C. Comparative study of apical sealing ability of a new resin-based root canal sealer. *Journal of Endodontics*, 30(6):403-405, 2004.
89. Williamson AE, Dawson DV, Drake DR, Walton RE, Rivera EM. Effect of root canal filling/sealer systems on apical endotoxin penetration: a coronal leakage evaluation. *Journal of Endodontics*, 31(8):599-604, 2005.
90. Jenkins S, Hayes S, Dummer P. A study of endodontic treatment carried out in dental practice within the UK. *International Endodontic Journal*, 34(1):16-22, 2001.
91. Wu M, Van der Sluis L, Wesselink P. A preliminary study of the percentage of gutta-percha-filled area in the apical canal filled with vertically compacted warm gutta-percha. *International Endodontic Journal*, 35(6):527-535, 2002.
92. Budd CS, Weller RN, Kulild JC. A comparison of thermoplasticized injectable gutta-percha obturation techniques. *Journal of Endodontics*, 17(6):260-264, 1991.
93. Cathro P ve Love R. Comparison of MicroSeal and System B/Obtura II obturation techniques. *International Endodontic Journal*, 36(12):876-882, 2003.
94. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *Journal of Endodontics*, 32(4):281-290, 2006.
95. Gilbert S, Witherspoon D, Berry C. Coronal leakage following three obturation techniques. *International Endodontic Journal*, 34(4):293-299, 2001.

96. Chandler NP. Root Canal Filling. In: Chong BS, editor. *Harty's Endodontics in Clinical Practise*. 7th ed. London: Elsevier Ltd; p. 151-179, 2017.
97. Ingle JJ. A standardized endodontic technique utilizing newly designed instruments and filling materials. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*, 14(1):83-91, 1961.
98. Wu MK, Özok A, Wesselink P. Sealer distribution in root canals obturated by three techniques. *International Endodontic Journal*, 33(4):340-345, 2000.
99. Zmener O, Pameijer CH, Macri E. Evaluation of the apical seal in root canals prepared with a new rotary system and obturated with a methacrylate based endodontic sealer: an in vitro study. *Journal of Endodontics*, 31(5):392-395, 2005.
100. Friedman S, Löst C, Zarrabian M, Trope M. Evaluation of success and failure after endodontic therapy using a glass ionomer cement sealer. *Journal of Endodontics*, 21(7):384-390, 1995.
101. Kardon BP, Kuttler S, Hardigan P, Dorn SO. An in vitro evaluation of the sealing ability of a new root-canal-obturation system. *Journal of Endodontics*, 29(10):658-661, 2003.
102. Castellucci A. Obturation of the Radicular Spaces. In: Rotstein I, Ingle JJ, editors. *Ingle's Endodontics 7*. 7th ed. North Carolina: PMPH USA, Ltd.; p. 669-729, 2019.
103. Levitan ME, Himel VT, Luckey JB. The effect of insertion rates on fill length and adaptation of a thermoplasticized gutta-percha technique. *Journal of Endodontics*, 29(8):505-508, 2003.
104. Martin H ve Fischer E. Photoelastic stress comparison of warm (Endotec) versus cold lateral condensation techniques. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*, 70(3):325-327, 1990.
105. Jacobson HJ, Xia T, Baumgartner JC, Marshall JG, Beeler WJ. Microbial leakage evaluation of the continuous wave of condensation. *Journal of Endodontics*, 28(4):269-271, 2002.
106. Buchanan L. The continuous wave of obturation technique-centered condensation of warm gutta percha in 12 seconds. *Dentistry Today*, 60-64, 1996.

107. <https://www.kerrdental.com/resource-center/elements-free-brochure> (07.05.2021).
108. Hardie EM. Further studies on heat generation during obturation techniques involving thermally softened gutta-percha. *International Endodontic Journal*, 20(3):122-127, 1987.
109. Yee FS, Marlin J, Krakow AA, Gron P. Three-dimensional obturation of the root canal using injection-molded, thermoplasticized dental gutta-percha. *Journal of Endodontics*, 3(5):168-174, 1977.
110. Tani-Ishii N ve Teranaka T. Clinical and radiographic evaluation of root-canal obturation with obtura II. *Journal of Endodontics*, 29(11):739-742, 2003.
111. Marlin J. Injectable standard gutta-percha as a method of filling the root canal system. *Journal of Endodontics*, 12(8):354-358, 1986.
112. Marlin J, Krakow AA, Desilets RP, Grøn P. Clinical use of injection-molded thermoplasticized gutta-percha for obturation of the root canal system: a preliminary report. *Journal of Endodontics*, 7(6):277-281, 1981.
113. Michanowicz AE, Michanowicz JP, Michanowicz AM, Czonstkowsky M, Zullo TP. Clinical evaluation of low-temperature thermoplasticized injectable gutta-percha: a preliminary report. *Journal of Endodontics*, 15(12):602-607, 1989.
114. Gutmann J ve Rakusin H. Perspectives on root canal obturation with thermoplasticized injectable gutta-percha. *International Endodontic Journal*, 20(6):261-270, 1987.
115. Johnson WB. A new gutta-percha technique. *Journal of Endodontics*, 4(6):184-188, 1978.
116. Beasley RT, Williamson AE, Justman BC, Qian F. Time required to remove guttacore, thermafil plus, and thermoplasticized gutta-percha from moderately curved root canals with protaper files. *Journal of Endodontics*, 39(1):125-128, 2013.
117. Fors U, Jonasson E, Bergquist A, Berg JO. Measurements of the root surface temperature during thermo-mechanical root canal filling in vitro. *International Endodontic Journal*, 18(3):199-202, 1985.

118. Weller R ve Koch K. In vitro radicular temperatures produced by injectable thermoplasticized gutta-percha. *International Endodontic Journal*, 28(2):86-90, 1995.
119. Matthews LS ve Hirsch C. Temperatures measured in human cortical bone when drilling. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 54(2):297-308, 1972.
120. Brown W, Dewey W, Jacobs H. Thermal properties of teeth. *Journal of Dental Research*, 49(4):752-755, 1970.
121. Floren JW, Weller RN, Pashley DH, Kimbrough WF. Changes in root surface temperatures with in vitro use of the system B HeatSource. *Journal of Endodontics*, 25(9):593-595, 1999.
122. Güler M ve Sadri Ş. Sonlu Elemanlar Yöntemi Hakkında Genel Bilgiler. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(1):56-66, 2015.
123. Geng J-P, Tan KB, Liu G-R. Application of finite element analysis in implant dentistry: a review of the literature. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 85(6):585-598, 2001.
124. Er Ö, Yaman SD, Hasan M. Finite element analysis of the effects of thermal obturation in maxillary canine teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 104(2):277-286, 2007.
125. Williams KL. Thermography in the diagnosis of varicose veins and venous insufficiency. *Bibliotheca Radiologica*, 5(1):127-129, 1969.
126. Chamberlain DP ve Chamberlain BD. Changes in the skin temperature of the trunk and their relationship to sympathetic blockade during spinal anesthesia. *The Journal of the American Society of Anesthesiologists*, 65(2):139-143, 1986.
127. Lipski M ve Woźniak K. In vitro infrared thermographic assessment of root surface temperature rises during thermafil retreatment using system B. *Journal of endodontics*, 29(6):413-415, 2003.
128. Mc Cullagh J, Setchell D, Gulabivala K, Hussey D, Biagioni P, Lamey PJ ve ark. A comparison of thermocouple and infrared thermographic analysis of temperature rise on the root surface during the continuous wave of condensation technique. *International Endodontic Journal*, 33(4):326-332, 2000.

129. Hussey D, Biagioni P, Lamey P-J. Thermographic measurement of temperature change during resin composite polymerization in vivo. *Journal of Dentistry*, 23(5):267-271, 1995.
130. <https://elimko.com.tr/files/TermokupllarGenelBilgiler.pdf> (07.05.2021).
131. Torabinejad M ve Ford TP. Root end filling materials: a review. *Dental Traumatology*, 12(4):161-178, 1996.
132. Yoldas O, Yilmaz S, Atakan G, Kuden C, Kasan Z. Dentinal microcrack formation during root canal preparations by different NiTi rotary instruments and the self-adjusting file. *Journal of Endodontics*, 38(2):232-235, 2012.
133. Wu MK ve Wesselink P. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *International Endodontic Journal*, 26(1):37-43, 1993.
134. Lin LM, Skribner JE, Gaengler P. Factors associated with endodontic treatment failures. *Journal of Endodontics*, 18(12):625-627, 1992.
135. Kandaswamy D, Venkateshbabu N, Gogulnath D, Kindo A. Dentinal tubule disinfection with 2% chlorhexidine gel, propolis, morinda citrifolia juice, 2% povidone iodine, and calcium hydroxide. *International endodontic journal*, 43(5):419-423, 2010.
136. Kirkham DB. The location and incidence of accessory pulpal canals in periodontal pockets. *The Journal of the American Dental Association*, 91(2):353-356, 1975.
137. De Deus Q. Frequency, location, and direction of the lateral, secondary, and accessory canals. *Journal of Endodontics*, 1(11):361-366, 1975.
138. Rubach WC ve Mitchell DF. Periodontal disease, accessory canals and pulp pathosis. *The Journal of Periodontology*, 36(1):34-38, 1965.
139. Barthel CR, Zimmer S, Trope M. Relationship of radiologic and histologic signs of inflammation in human root-filled teeth. *Journal of Endodontics*, 30(2):75-79, 2004.
140. Wolcott J, Himel VT, Powell W, Penney J. Effect of two obturation techniques on the filling of lateral canals and the main canal. *Journal of Endodontics*, 23(10):632-635, 1997.

141. Hata G-i, Kawazoe S, Toda T, Weine FS. Sealing ability of thermoplasticized gutta-percha fill techniques as assessed by a new method of determining apical leakage. *Journal of Endodontics*, 21(4):167-172, 1995.
142. Venturi M ve Breschi L. Evaluation of apical filling after warm vertical gutta-percha compaction using different procedures. *Journal of Endodontics*, 30(6):436-440, 2004.
143. Tabassum S ve Khan FR. Failure of endodontic treatment: The usual suspects. *European Journal of Dentistry*, 10(1):144, 2016.
144. Eguchi DS, Peters DD, Hollinger JO, Lorton L. A comparison of the area of the canal space occupied by gutta-percha following four gutta-percha obturation techniques using Procosol sealer. *Journal of Endodontics*, 11(4):166-175, 1985.
145. Peters DD. Two-year in vitro solubility evaluation of four gutta-percha sealer obturation techniques. *Journal of Endodontics*, 12(4):139-145, 1986.
146. Torabinejad M, Skobe Z, Trombly PL, Krakow AA, Grøn P, Marlin J. Scanning electron microscopic study of root canal obturation using thermoplasticized gutta-percha. *Journal of Endodontics*, 4(8):245-250, 1978.
147. Hand RE, Huget EF, Tsaknis PJ. Effects of a warm gutta-percha technique on the lateral periodontium. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*, 42(3):395-401, 1976.
148. Barkhordar RA, Goodis HE, Watanabe L, Koumdjian J. Evaluation of temperature rise on the outer surface of teeth during root canal obturation techniques. *Quintessence International*, 21(7):585-588, 1990.
149. Atrizadeh F, Kennedy J, Zander H. Ankylosis of teeth following thermal injury. *Journal of Periodontal Research*, 6(3):159-167, 1971.
150. Helvacioğlu-Yigit D, Aydemir S, Yilmaz A. Evaluation of dentinal defect formation after root canal preparation with two reciprocating systems and hand instruments: an in vitro study. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 29(2):368-373, 2015.
151. Bürklein S, Tsotsis P, Schäfer E. Incidence of dentinal defects after root canal preparation: reciprocating versus rotary instrumentation. *Journal of Endodontics*, 39(4):501-504, 2013.

152. Dimopoulos F, Dervenis K, Gogos C, Lambrianidis T. Temperature rise on the plugger surface of 2 commercially available gutta-percha heating devices. *Journal of Endodontics*, 43(11):1885-1887, 2017.
153. Beraldo DZ, Pereira KFS, Yoshinari FMS, Pinto JOP, de Abreu Mateus TH, Zafalon EJ. Temperature Changes on External Root Surfaces with the Use of Several Thermoplastic Filling Techniques. *Journal of Endodontics*, 42(7):1131-1134, 2016.
154. Baisden MK, Kulild JC, Weller RN. Root canal configuration of the mandibular first premolar. *Journal of Endodontics*, 18(10):505-508, 1992.
155. Vertucci FJ. Root canal morphology of mandibular premolars. *The Journal of the American Dental Association*, 97(1):47-50, 1978.
156. Ok E, Altunsoy M, Nur BG, Aglarci OS, Çolak M, Güngör E. A cone-beam computed tomography study of root canal morphology of maxillary and mandibular premolars in a Turkish population. *Acta Odontologica Scandinavica*, 72(8):701-706, 2014.
157. Bishara SE, Oonsombat C, Ajlouni R, Laffoon JF. Comparison of the shear bond strength of 2 self-etch primer/adhesive systems. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 125(3):348-350, 2004.
158. Mente J, Werner S, Koch MJ, Henschel V, Legner M, Staehle HJ ve ark. In vitro leakage associated with three root-filling techniques in large and extremely large root canals. *Journal of Endodontics*, 33(3):306-309, 2007.
159. Raghuwanshi S, Jain P, Patni PM, Pandey SH, Hiremath H, Baghel S. Dentinal adaptation of warm thermoplastic obturating material and cold thermoplastic obturating material: an in vitro study. *Contemporary Clinical Dentistry*, 10(1):64, 2019.
160. Bishara SE, Soliman M, Laffoon J, Warren JJ. Effect of changing a test parameter on the shear bond strength of orthodontic brackets. *The Angle Orthodontist*, 75(5):832-835, 2005.
161. Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S. Real-time intracanal temperature measurement during different obturation techniques. *Journal of Endodontics*, 44(12):1832-1836, 2018.

162. García-Cuerva M, Horvath L, Pinasco L, Ciparelli V, Gualtieri A, Casadoumecq AC ve ark. Root surface temperature variation during mechanical removal of root canal filling material. An in vitro study. *Acta Odontologica Latinoamericana: AOL*, 30(1):33-38, 2017.
163. Balagopal S, Mony CB, Hemasathya BA, Nazrin M, James V, Sebatni A. Evaluation of remaining dentin thickness around the prepared root canals and its influence on the temperature changes on the external root surfaces during different heated gutta-percha obturation techniques. *Indian Journal of Dental Research*, 31(6):857, 2020.
164. Viapiana R, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M, Camilleri J. Investigation of the effect of sealer use on the heat generated at the external root surface during root canal obturation using warm vertical compaction technique with System B heat source. *Journal of Endodontics*, 40(4):555-561, 2014.
165. Sweatman TL, Baumgartner JC, Sakaguchi RL. Radicular temperatures associated with thermoplasticized gutta-percha. *Journal of Endodontics*, 27(8):512-515, 2001.
166. Villegas J, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. Intracanal temperature rise evaluation during the usage of the System B: replication of intracanal anatomy. *International Endodontic Journal*, 38(4):218-222, 2005.
167. Weller RN, Jurcak JJ, Donley DL, Kulild JC. A new model system for measuring intracanal temperatures. *Journal of Endodontics*, 17(10):491-494, 1991.
168. Lipski M. Root surface temperature rises in vitro during root canal obturation using hybrid and microseal techniques. *Journal of Endodontics*, 31(4):297-300, 2005.
169. Romero AD, Green DB, Wucherpfennig AL. Heat transfer to the periodontal ligament during root obturation procedures using an in vitro model. *Journal of Endodontics*, 26(2):85-87, 2000.
170. Venturi M, Pasquantonio G, Falconi M, Breschi L. Temperature change within gutta-percha induced by the System-B Heat Source. *International Endodontic Journal*, 35(9):740-746, 2002.

171. Lottanti S, Tauböck TT, Zehnder M. Shrinkage of backfill gutta-percha upon cooling. *Journal of Endodontics*, 40(5):721-724, 2014.
172. White JM, Goodis HE, Daniels TE. Effects of Nd: YAG Laser on Pulps. *Lasers in The Life Sciences*, 4(3):191-200, 1991.
173. Paghdiwala A, Vaidyanathan T, Paghdiwala M. Evaluation of erbium: YAG laser radiation of hard dental tissues: analysis of temperature changes, depth of cuts and structural effects. *Scanning Microscopy*, 7(3):989-997, 1993.
174. Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo MP, Ørstavik D. Adhesion of endodontic sealers: scanning electron microscopy and energy dispersive spectroscopy. *Journal of Endodontics*, 29(9):595-601, 2003.
175. Pitout E, Oberholzer TG, Blignaut E, Molepo J. Coronal leakage of teeth root-filled with gutta-percha or Resilon root canal filling material. *Journal of Endodontics*, 32(9):879-881, 2006.
176. Shemesh H, Wu MK, Wesselink P. Leakage along apical root fillings with and without smear layer using two different leakage models: a two-month longitudinal ex vivo study. *International Endodontic Journal*, 39(12):968-976, 2006.
177. Canakci B, Sungur R, Er O. Comparison of warm vertical compaction and cold lateral condensation of α , β gutta-percha and resilon on apically extruded debris during retreatment. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 22(7):926-931, 2019.
178. Ezzie E, Fleury A, Solomon E, Spears R, He J. Efficacy of retreatment techniques for a resin-based root canal obturation material. *Journal of Endodontics*, 32(4):341-344, 2006.
179. Stratton RK, Apicella MJ, Mines P. A fluid filtration comparison of gutta-percha versus Resilon, a new soft resin endodontic obturation system. *Journal of Endodontics*, 32(7):642-645, 2006.
180. Schäfer E ve Olthoff G. Effect of three different sealers on the sealing ability of both thermafil obturators and cold laterally compacted Gutta-Percha. *Journal of Endodontics*, 28(9):638-642, 2002.
181. De-Deus G, Gurgel-Filho E, Magalhães K, Coutinho-Filho T. A laboratory analysis of gutta-percha-filled area obtained using Thermafil, System B and lateral condensation. *International Endodontic Journal*, 39(5):378-383, 2006.

182. Aqrabawi JA. Outcome of endodontic treatment of teeth filled using lateral condensation versus vertical compaction (Schilder's technique). *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 7(1):17-24, 2006.
183. Goldberg F, Artaza LP, De Silvio A. Effectiveness of different obturation techniques in the filling of simulated lateral canals. *Journal of Endodontics*, 27(5):362-364, 2001.
184. Gutmann JL, Creel DC, Bowles WH. Evaluation of heat transfer during root canal obturation with thermoplasticized gutta-percha. Part I. In vitro heat levels during extrusion. *Journal of Endodontics*, 13(8):378-383, 1987.
185. Donley DL, Weller RN, Kulild JC, Jurcak JJ. In vitro intracanal temperatures produced by low-and high-temperature thermoplasticized injectable gutta-percha. *Journal of Endodontics*, 17(7):307-309, 1991.
186. Hadis M ve Camilleri J. Characterization of heat resistant hydraulic sealer for warm vertical obturation. *Dental Materials*, 36(9):1183-1189, 2020.
187. Song L, Liu P, Zhang J. In vitro assessment of root surface temperature generated by Thermafil system. *Journal of Modern Stomatology*, 02, 2007.
188. Lipski M, Woźniak K, Łagocka R, Buczkowska-Radlińska J. Root surface temperature rises in cat's canine teeth during root canal filling using the Thermafil Plus technique. *Medycyna Weterynaryjna*, 62(11):1284-1287, 2006.
189. Hardie EM. Heat transmission to the outer surface of the tooth during the thermo-mechanical compaction technique of root canal obturation. *International Endodontic Journal*, 19(2):73-77, 1986.