

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**DÖRT FARKLI KÖK KANAL DOLUM YÖNTEMİNİN KÖK
KANAL DOLGU HOMOJENİTESİ ÜZERİNE ETKİSİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Dt. Selin ERİNAL
UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Senem YİĞİT ÖZER

Bu tez T.C. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından, DHF-19015 numaralı proje ile desteklenmiŐtir.

AYDIN-2021

TEŞEKKÜR

Uzmanlık sürecimin her aşamasında bilgi ve tecrübesiyle örnek aldığım, tez çalışmamda da yol göstericiliğiyle yardımlarını esirgemeyen, öğrencisi olmaktan gurur duyduğum değerli danışman hocam Prof. Dr. Senem Gökçen YİĞİT ÖZER'e

Uzmanlık eğitimim boyunca bana yol gösteren, bilgi ve deneyiminden yararlandığım, değerli hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Hicran DÖNMEZ ÖZKAN'a

Değerli katkılarıyla bizi onore eden Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı öğretim üyelerinden sayın Prof. Dr. Ali ERDEMİR'e

Tezimin istatistiğini büyük bir titizlik ve özveriyle yapan, her aşamada desteğini esirgemeyen çok değerli Kürşat ÖZKAN'a

Her daim yanımda olan, uzmanlık sürecinde beni şanslı kılan, çalışma hayatını keyifli hale getiren, sevgili çalışma arkadaşlarım Dt. Aliye KOÇER, Dt. Ertuğrul KAPISIZ, Dt. Pınar AÇKURT OKUTAN, Dt. Adile ESEN ANGIN, Dt. Şule ANATÜRK, Dt. Salih DANIŞMAN, Dt. Duygu GÜVEN, Dt. Busenaz UYSAL ve Dt. Sinem SÖNMEZ'e

Uzmanlık eğitimimizin başından beri yan yana olup birbirimize destek olduğumuz ve pozitif enerjileriyle bana güç veren canım arkadaşlarım Dt. İnci ÖZTÜRK ve Dt. Burcu ÖZDEN'e

Hayatım boyunca attığım her adımda beni destekleyen, hiçbir fedakarlıktan kaçınmadan beni yetiştiren, evlatları olmaktan gurur duyduğum annem İlknur ERİNAL ve babam Yavuz ERİNAL'a

Sonsuz teşekkür ederim...

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI	i
TEŞEKKÜR	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
RESİMLER DİZİNİ	vii
TABLolar DİZİNİ	ix
GRAFİK DİZİNİ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Kök Kanal Anatomisi ve Morfolojisi	3
2.1.1. Weine Sınıflaması	3
2.1.2. Vertucci Sınıflaması	4
2.2. Kök Kanal Dolgu Materyalleri	5
2.2.1. Kök Kanal Dolgu Kor Materyalleri	6
2.2.1.1. Gümüş Konlar	6
2.2.1.2. Güta-Perka	6
2.2.1.3. Resilon	8
2.2.2. Kök Kanal dolgu Patları	9
2.2.2.1 Çinko oksit içerikli patlar	9
2.2.2.2. Cam iyonmer içerikli patlar	10
2.2.2.3. Kalsiyum hidroksit içerikli patlar	10
2.2.2.4. Polimer içerikli patlar	11
2.2.2.4.1. Epoksi-rezin içerikli patlar	11

2.2.2.4.2. Metakrilat içerikli patlar	12
2.2.2.4.3. Polivinil (poliketon) içerikli patlar	13
2.2.2.5 Silikon içerikli patlar	13
2.2.2.6. Biyoseramik içerikli patlar	14
2.2.2.6.1. Kalsiyum-Silikat-Fosfat içerenler.....	15
2.2.2.6.2. Mineral Trioksit Agrerat (MTA) içerenler	15
2.3. Kök Kanal Dolgu Teknikleri	15
2.3.1. Tek Kon Tekniği.....	17
2.3.2. Soğuk Lateral Kompaksiyon Tekniği.....	18
2.3.3. Soğuk Akışkan Güta-Perka Tekniği	18
2.3.4. Sıcak Lateral Kompaksiyon Tekniği	19
2.3.5. Sıcak Vertikal Kompaksiyon Tekniği (Schilder Yöntemi)	20
2.3.6. Termomekanik Kompaksiyon Tekniği (Mc Spadden Yöntemi)	20
2.3.7. Devamlı Isı ile Kompaksiyon Tekniği.....	21
2.3.8. Enjekte Edilebilen Termoplastik Güta-Perka Kanal Dolgu Teknikleri.....	22
2.3.8.1. Yüksek Isılı Enjeksiyon Tekniği (Obtura).....	22
2.3.8.2. Düşük Isılı Enjeksiyon Tekniği (Ultrafil).....	22
2.3.9. Katı-Kor Termoplastize Güta-Perka Teknikleri	23
2.3.9.1. Thermafill	23
2.3.9.2. Soft Core Tekniği	24
2.4. 3B Baskı Teknolojisi ile Diş Prototipi Oluşturulması	24
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	26
3.1. Çalışmada Kullanılacak Diş Örneğinin Seçilmesi.....	26
3.2. Model Dişlerin Oluşturulması	26
3.3. 3B Baskı Teknolojisi ile Replika Elde Edilmesi	27
3.4. Replikaların Gruplandırılması	28

3.5. Replikaların Kök Kanallarının Doldurulması.....	29
3.5.1. Kor Taşıyıcılı Sistem Kullanarak Tamamlanan KKD.....	29
3.5.2. Devamlı Isı ile Obturasyon Yöntemi Kullanarak Tamamlanan KKD.....	30
3.5.3. Soğuk Lateral Kompaksiyon Yöntemi Kullanarak Tamamlanan KKD.....	31
3.5.4. Soğuk Enjekte Edilebilir Yöntem Kullanarak Tamamlanan KKD.....	32
3.6. Kök Kanal Dolguları Tamamlanan Replikalardan Horizontal Kesit Alınması	33
3.7. Kesitlerin Stereo Mikroskop ile Görüntülenmesi	34
3.8. Kesit Görüntülerinin Alan Hesaplamalarının Yapılması.....	35
3.9. İstatiksel Analiz	35
4. BULGULAR.....	37
4.1. Tanımlayıcı İstatistikler	37
4.2. İkili Karşılaştırmalar	41
4.2.1. Kesit A Güta Ölçüm Alanı	41
4.2.2. Kesit A Boşluk Ölçüm Alanı.....	42
4.2.3. Kesit A Pat Ölçüm Alanı	43
4.2.4. Kesit B Güta Ölçüm Alanı.....	44
4.2.5. Kesit B Boşluk Ölçüm Alanı	45
4.2.6. Kesit B Pat Ölçüm Alanı	46
4.3. Korelasyon Analizleri.....	47
5. TARTIŞMA.....	48
5.1. Tedavi Basamaklarının Değerlendirilmesi	48
5.2. Araştırma Sonuçlarının Değerlendirilmesi	53
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	58
KAYNAKLAR	59

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	: Alfa
β	: Beta
°C	: Santigrat derece
3B	: 3 boyutlu
<	: 'den küçüktür
>	: 'den büyüktür
%	: Yüzde
Ca⁺²	: Kalsiyum
Ca(OH)₂	: Kalsiyum hidroksit
KIBT	: Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi
CHX	: Klorheksidin
EF	: Elements Free
GC	: GuttaCore
GFB	: GuttaFlow Bioseal
ISO	: International Organization for Standardization
KKD	: Kök Kanal Dolgu
mm	: Milimetre
MRI	: Manyetik Rezonans Görüntüleme
NaOCl	: Sodyum hipoklorit
Ni-Ti	: Nikel titanyum
OH⁻¹	: Hidroksil
SLK	: Soğuk Lateral Kompaksiyon
UDMA	: Üretan dietil metakrilat

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1. Weine sınıflaması.....	3
Resim 2. Vertucci sınıflaması	4
Resim 3. Epoksi rezin içerikli kök kanal dolgu patı AH plus	11
Resim 4. GuttaFlow 2 kapsül uygulayıcı	14
Resim 5. GuttaFlow Bioseal.....	14
Resim 6. RhinoCeros programında modeli oluşturulan dişin farklı açılardan görüntüsü ..	27
Resim 7. HP Jet Fusion 4210 3B yazıcı.....	28
Resim 8. Vertucci Tip 3 kök kanal konfigürasyona sahip maksiller premolar prototipin farklı açılardan görüntüsü	28
Resim 9. GuttaCore (Kor taşıyıcılı güta perka).....	29
Resim 10. Boyut doğrulayıcı (verifier)	29
Resim 11. GuttaCore fırını	30
Resim 12. Elements Free Cordless Obturation System cihazı	31
Resim 13. Adseal rezin esaslı kanal patı	32
Resim 14. Güta-perka.....	32
Resim 15. Spreader	32
Resim 16. GuttaFlow Bioseal kök kanal dolgu materyali.....	33
Resim 17. Micracut hassas kesme cihazı	33
Resim 18. Kesme cihazına yerleştirilen örnek diş	33
Resim 19. Kesit alınan yerlerin şematik görüntüsü.....	34
Resim 20. Stereo Mikroskop ve incelenen örneğin görüntüsü.....	34
Resim 21. AxioVision Rel. 4.8 yazılımı ile yapılan güta perka, pat ve boşluk alan hesaplamalarına örnek	35

Resim 22. 4 mm'deki kesit görüntüleri; (A) Soğuk lateral kompaksiyon, (B) GuttaFlow Bioseal, (C) GuttaCore, (D) Elements Free..... 44

Resim 23. 10 mm'deki kesit görüntüleri; (A) Soğuk lateral kompaksiyon, (B) GuttaFlow Bioseal, (C) GuttaCore, (D) Elements Free..... 47



TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Tanımlayıcı istatistikler	37
Tablo 2. Shapiro-Wilk normal dağılım testi sonuçları.....	39
Tablo 3. Gruplara ve ölçüm alanlarına göre sıra ortalamaları tablosu.....	40
Tablo 4. Kruskal-Wallis Test Sonuçları.....	40
Tablo 5. Kesit A güta ikili karşılaştırma sonuçları	41
Tablo 6. Kesit A boşluk ikili karşılaştırma sonuçları.....	42
Tablo 7. Kesit A pat ikili karşılaştırma sonuçları	43
Tablo 8. Kesit B güta ikili karşılaştırma sonuçları.....	44
Tablo 9. Kesit B boşluk ikili karşılaştırma sonuçları.....	45
Tablo 10. Kesit B pat ikili karşılaştırma sonuçları.....	46
Tablo 11. Gruplara göre ölçüm bölgeleri için korelasyon analizi sonuçları.....	47

GRAFİK DİZİNİ

Grafik 1. Kesit A ve Kesit B bölgelerinin güta, pat ve boşluk alanları 38



ÖZET

DÖRT FARKLI KÖK KANAL DOLUM YÖNTEMİNİN KÖK KANAL DOLGU HOMOJENİTESİ ÜZERİNE ETKİSİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Erinal S. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, Aydın, 2021

Amaç: Bu araştırmanın amacı, 3B baskı teknolojisi ile anatomik olarak Vertucci Tip 3 kök kanal konfigürasyonuna sahip diş replikaları elde etmek ve farklı kök kanal dolgusu (KKD) tekniklerinin replika içindeki kök kanal boşluklarını doldurma etkinliğini değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntem: Wheeler Diş Anatomisi Atlası rehber alınarak Vertucci sınıflaması Tip 3 kök kanal konfigürasyonuna sahip üst premolar diş 3B modelleme yazılımı kullanılarak oluşturuldu. Elde edilen 3B model, 3B yazıcıya aktarılarak diş ile aynı anatomiye sahip 72 adet replika elde edildi. Örnekler 4 gruba ayrıldı (n=18): 1. Grup: Kor taşıyıcılı sistem (GuttaCore), 2. Grup: Devamlı ısı ile obtürasyon yöntemi (Elements Free), 3. Grup: Soğuk lateral kompaksiyon yöntemi, 4. Grup: Soğuk enjekte edilebilir dolum yöntemi (GuttaFlow Bioseal) kullanılarak kök kanal dolguları tamamlandı. Kök kanal dolguları tamamlanan örneklerin apikalden itibaren 4. ve 10. mm'ye eşleşen bölgelerinden yatay kesitler alındı. Elde edilen kesitler stereo mikroskop ile 32X büyütme altında incelendi ve görüntüler üzerinde güta-perka, pat ve boşluk alanlarının hesaplamaları tamamlandı. Verilerin istatistiksel analizi Kruskal-Wallis testi ile yapıldı.

Bulgular: Veriler, kesitlerde en fazla boşluk alanının soğuk lateral kompaksiyon grubunda yer aldığını gösterdi. Bu grubu GuttaCore grubu takip etti. En az boşluk alanının ise Elements Free ve GuttaFlow Bioseal gruplarında meydana geldiği tespit edildi. Elements Free ve GuttaFlow Bioseal grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı.

Sonuç: Vertucci sınıflaması Tip 3 kök kanal konfigürasyonuna sahip dişlerde, Elements Free ve GuttaFlow Bioseal KKD yöntemleri, hacimsel olarak daha az boşluğa sahip oldukları için, diğer tekniklerle kıyaslandığında, KKD kalitesi açısından daha başarılı olarak kabul edildi.

Anahtar Kelimeler: GuttaCore, GuttaFlow BioSeal, Kök kanal morfolojisi, stereo mikroskop, 3B baskı tekniği

ABSTRACT

COMPARISON OF THE EFFECTS OF FOUR DIFFERENT ROOT CANAL OBTURATION METHODS ON ROOT CANAL FILLING HOMOGENITY

Erinal S. Aydin Adnan Menderes University Faculty of Dentistry, Expertise Thesis in Endodontics, Aydin, 2021

Purpose: The aim of this study was to evaluate the efficiency of different root canal fillings on obturation of tooth replicas obtaining with anatomically Vertucci Type 3 root canal configuration, printed using 3D technology.

Materials and Methods: Vertucci classification Type 3 root canal configuration of maxillary premolar tooth was created using 3D modeling software (guided by Wheeler Dental Anatomy Atlas). Then, the 3D model was transferred to the 3D printer and 72 replicas of maxillary premolar teeth were produced; samples were divided into 4 groups (n=18) and obturated within Group 1: Core carrier system (GuttaCore), Group 2: Continuous wave obturation system (Elements Free), Group 3: Cold lateral compaction technique and Group 4: Injectable cold filling method (GuttaFlow Bioseal). After obturation procedure, all samples were sectioned horizontally (at 4 and 10 mm from the apical). Finally, the sections were imaged at X32 magnification under stereo microscope and the percentage area of gutta-percha, sealer and voids were measured. Kruskal-Wallis test was used to perform statistical analysis.

Results: Data shows that, voids were mostly found in the cold lateral condensation group, which was followed by the GuttaCore group. Elements Free and GuttaFlow Bioseal groups had fewer voids, and the difference was not statistically important.

Conclusion: Elements Free and GuttaFlow Bioseal methods were found to be more successful in teeth with Vertucci classification Type 3 root canal configuration. Since there are few voids totally when compared to other obturation methods in regard of quality of the root fillings.

Keywords: GuttaCore, GuttaFlow BioSeal, Root canal morphology, Stereo microscope, 3D printing technique

1. GİRİŞ

Başarılı bir kök kanal tedavisinin amacı, kök kanallarının kemomekanik olarak şekillendirilip, dezenfekte edildikten sonra biyoyumlu bir dolgu materyali ile hermetik olarak doldurulmasıdır (1). Kök kanallarının dolgusu için sıklıkla kullanılan materyaller güta-perka ve kanal patlarıdır. Bu materyaller kullanılarak kök kanal dolgusu (KKD) farklı teknikler ile tamamlanabilir. En yaygın olarak kullanılan tekniklerden biri soğuk lateral kompaksiyon tekniği olmasına rağmen; bu yöntemin bazı dezavantajları olduğu bildirilmiştir (2). KKD'da güta-perka konu ve kök kanal patı arasında boşluklar görülebilir. Literatürde, bu boşlukların kök kanal tedavi başarısını olumsuz yönde etkileyebileceği bildirilmiştir (3). Araştırmalar, ısıtılmış güta-perka tekniklerinin kullanıldığı kök kanallarında, kanal dolgusunun daha homojen olduğunu ve düzensizliklere daha iyi uyum sağladığını göstermiştir (4,5).

Endodontik tedavinin başarılı olabilmesi için kök kanalının morfolojisi hakkında bilgi sahibi olmak ön şarttır (6). Yıllar boyunca, değişen sayılarda kök kanal konfigürasyonu tanımlanmış ve bunun sonucunda da çok sayıda sınıflandırma ve modifikasyon ortaya çıkmıştır (7). Vertucci sınıflandırması ise en yaygın kullanılan sınıflamalardan biridir. Vertucci, kök kanal konfigürasyonlarına göre, kök kanallarını sekiz grupta sınıflandırmıştır (8). Bu sınıflandırma klinik olarak karşılaşılabilecek farklı morfolojideki kök kanal sistemlerine ışık tutmaktadır. Hekimin farklı kök kanal konfigürasyonları ile ilgili yeterli bilgiye sahip olması tedavi basamaklarını etkileyeceğinden tedavi başarısına katkı sağlayacaktır (9).

Teknolojinin gelişmesiyle, günümüzde 3 boyutlu (3B) baskı yöntemiyle hassas çözünürlükte, nesnelerin bire bir modelleri imal edilebilmektedir. Bu teknoloji mühendislik, tıp gibi alanların yanı sıra diş hekimliğinde de dental modellerin üretim aşamasında kullanılmaktadır (10). 3B baskı yöntemiyle kolay ve hızlı şekilde model elde edilebiliyor olması, araştırmalarda kullanılacak örneklerin aynı anatomiye sahip olmasını ve araştırmalarda standardizasyonun sağlanmasını kolaylaştırmaktadır (11).

Literatürde; 3B baskı tekniği ile üretilen dental replikalarda, KKD tekniklerini karşılayan kısıtlı sayıda araştırma bulunmaktadır. Farklı kök kanal konfigürasyonlarında kök kanal tekniklerinin etkinliklerini değerlendiren yeni araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bilgiler ışığı altında ilgili tez ile amaçlanan, 3B baskı teknolojisi ile anatomik olarak Vertucci

Tip 3 kök kanal konfigürasyonuna sahip diş replikaları elde ederek; GuttaCore, GuttaFlow Bioseal, Elements Free ve soğuk lateral kompaksiyon dolgu tekniği etkinliklerinin karşılaştırılması olarak değerlendirilmesidir.



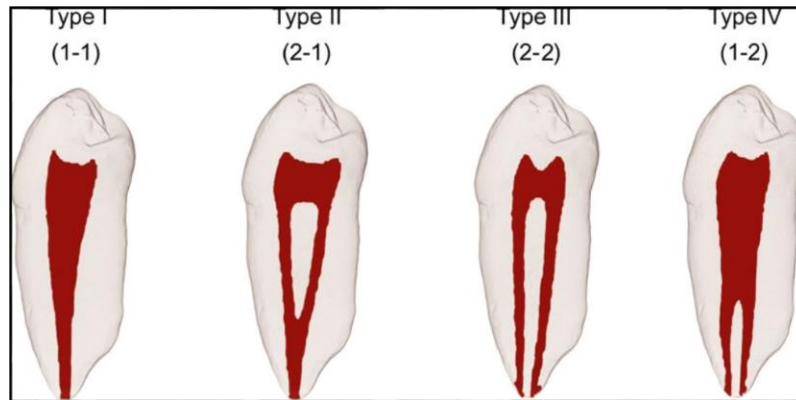
2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kök Kanal Anatomisi ve Morfolojisi

Başarılı bir kök kanal tedavisi için, kök kanal morfolojisi hakkında kapsamlı bir bilgi gerekir (6). Araştırmalar, kök kanallarının sayılarının ve şekillerinin çeşitli anatomik varyasyonlara sahip olduğunu ve bu varyasyonların popülasyonlar arasında, popülasyonlar içinde ve hatta aynı bireyler içinde bile büyük farklılıklar gösterdiğini belirtmiştir (9,12,13). Dijital görüntüleme tekniklerinin gelişmesi ile kök kanal sistemi ayrıntılı olarak görüntülenmiş ve kök kanal konfigürasyonlarını tanımlamak için çeşitli sınıflamalar önerilmiştir (14). Weine (15) ve Vertucci (8) tarafından yapılan sınıflandırmalar sıklıkla kullanılan sınıflandırmalardır (14).

2.1.1. Weine sınıflaması

Weine ve ark. (15) 1969 yılında yaptığı araştırmada, kök kanalının pulpa odasından kök ucuna olan seyrini incelemiş ve kök kanal konfigürasyonlarını üç sınıfa ayırmışlardır. Weine (16) 1982 yılında yaptığı araştırmada, sınıflamaya yeni bir kök kanal konfigürasyonu eklemiştir (14).



Resim 1. Weine sınıflaması

Tip I: Pulpa odasından tek kanal olarak başlayıp apekse kadar tek devam eden kanal olarak sonlanır.

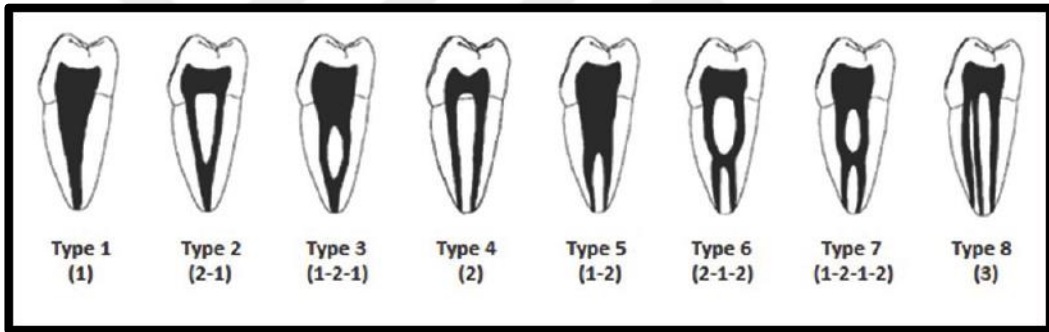
Tip II: Pulpa odasından iki ayrı kanal olarak başlayıp apekse ulaşmadan tek kanal oluşturacak şekilde sonlanır.

Tip III: Pulpa odasından iki ayrı kanal olarak başlayıp apekse kadar iki ayrı kanal olarak devam eden kanallar olarak sonlanır.

Tip IV: Pulpa odasından tek kanal olarak başlayıp apekse ulaşmadan önce ikiye ayrılan kanallar olarak sonlanır.

2.1.2. Vertucci sınıflaması

Vertucci (8) 1984 yılında çekilmiş dişler üzerinde araştırma yapmış, kök kanal morfolojisini sekiz ana tipte sınıflandırmıştır. Günümüzde hala bu sınıflandırma geçerliliğini korumaktadır.



Resim 2. Vertucci sınıflaması

Tip 1: Pulpa odasından tek kanal başlayıp, apekse kadar tek kanal devam eder ve apekste tek kanal olarak sonlanır.

Tip 2: Pulpa odasından iki kanal başlayıp, apekse yakın iki kanal birleşir ve apekste tek kanal olarak sonlanır.

Tip 3: Pulpa odasından tek kanal başlayıp, kökün orta kısmında ikiye ayrılır ve apekse yakın birleşerek apekste tek kanal olarak sonlanır.

Tip 4: Pulpa odasından iki kanal başlayıp, apekse kadar iki kanal olarak devam eder ve apekste iki kanal olarak sonlanır.

Tip 5: Pulpa odasından tek kanal başlayıp, apekse yakın ikiye kanala ayrılır ve apekste iki kanal olarak sonlanır.

Tip 6: Pulpa odasından iki kanal başlayıp, kökün ortasına doğru birleşir, sonra tekrar ayrılarak apekte iki kanal olarak sonlanır.

Tip 7: Pulpa odasından tek kanal başlayıp, kökün ortasına doğru ikiye ayrılır, sonra tekrar birleşip, sonra tekrar ayrılarak apekte iki kanal olarak sonlanır.

Tip 8: Pulpa odasından üç kanal başlayıp, apekse kadar üç kanal devam eder ve apekte üç kanal olarak sonlanır.

Vertucci sınıflamasına ek olarak, çeşitli araştırmalar sonucu ortaya çıkan farklı kök kanal tipleri de mevcuttur. Bu araştırmalar dişlerin şeffaflaştırılması ile gerçekleştirilmiştir (17–19). Verma ve Love (20), Gu ve ark. (21), Kim ve ark. (22) mikro-BT ile araştırmalar yapmış ve ek kök kanal konfigürasyonlarının varlıklarını göstermişlerdir. Versiani ve Ordinola-Zapata (23), tek bir kökte gözlenen 37 farklı kök kanal konfigürasyon tipini rapor etmiştir (14).

2.2. Kök Kanal Dolgu Materyalleri

Standart bir kök kanal dolgusu için, kor materyali ve kök kanal patının kullanılması gerekir (24). Grossman (25) ideal kök kanal dolgu materyalinin sahip olması gereken özellikleri şu şekilde sıralamıştır:

- 1-Kök kanalına kolaylıkla yerleştirilebilmelidir.
- 2-Kök kanalını lateral ve apikal olarak tıkamalıdır.
- 3-Boyutsal olarak stabil olmalıdır.
- 4-Neme karşı dayanıklı olmalı, doku sıvılarından etkilenmemelidir.
- 6-Radyopak olmalıdır.
- 7- Bakteriyel büyümeyi inhibe etmelidir.
- 8-Diş dokularında renklenmeye neden olmamalıdır.
- 9-Periapikal dokuları irrite etmemeli ve dişin yapısını bozmamalıdır.
- 10-Steril olmalı veya kolaylıkla steril edilebilmelidir.
- 11-Gerektiğinde kolaylıkla uzaklaştırılabilmelidir.

2.2.1. Kök Kanal Dolgu Kor Materyalleri

2.2.1.1. Gümüş Konlar

1933 yılında Jasper tarafından kanal çapına uygun gümüş konlar üretilmiş ve tek kon tekniği şeklinde uygulanmıştır. Kök kanal şekillendirmesinden sonra son eğe boyutuna uygun kon kanala yerleştirilir (26).

Gümüş konlar sert yapıda olmaları nedeniyle, kanala kolayca yerleştirilirler ve çalışma uzunluğunda kontrollü uygulamaya olanak sağlarlar. Fakat, kanalın düzensiz yapısına uyum sağlayamadıkları için, ilerleyen dönemde sızıntıya yol açmaktadır. Sızıntı sonucu korozyon meydana gelir. Korozyon sonucu ortaya çıkan ürünler sitotoksiktir ve periapikal iyileşmeyi engeller (27). Ayrıca gümüş konların gerektiğinde kanaldan uzaklaştırılmaları ve post uygulaması için boşluk oluşturulması da zordur. Korozyondan dolayı dişlerde renklenmeye neden oldukları bildirilmiştir (28). Tüm bu dezavantajları nedeniyle günümüzde kullanılmaları önerilmemektedir (29).

2.2.1.2. Güta-Perka

Günümüzde en sık kullanılan kök kanal dolgu materyalidir. “Sapotaceae” ait ‘Isonandra percha’ ağacının özütünden üretilir. Kimyasal olarak güta-perka, poliizoprenin trans izomeridir. Kauçuğa benzeyen organik bir moleküldür (30).

Güta-perka konlarının yapısında % 18-22 doğal güta-perka, % 59-75 çinko oksit, % 1-17 metal sülfatlar, % 1-4 mumlar/rezinler ve % 1’den az olmak üzere renk verici ajanlar bulunmaktadır (31). Güta-perka konlarının ana bileşeni çinko oksittir (30). Çinko oksit, kona radyoopasite ve antibakteriyel özellik vermektedir. İçeriğindeki metal sülfatlar radyoopasite sağlarken rezin ve mum ise, plastik özellik kazandırır. Bu özellik ısıtılmış güta-perka tekniklerinin uygulanabilmesine imkan sağlar (29).

Güta-perka, alfa (α) ve beta (β) olmak üzere iki kristal form ve amorf yapıda bulunur. Bu formlar birbirine dönüşebilir. Alfa formu doğada bulunan halidir ve termoplastik KKD tekniklerinde kullanılmaktadır. Beta formu ise ısıtılmamış ve sentetik halidir, geleneksel güta-

perka konları olarak kök kanal dolgusunda sıklıkla kullanılır (29). Beta fazı 42-49°C'ye ısıtıldığında alfa fazına dönüşür. 53-59°C'de ise amorf hale dönüşür. Yavaş olarak soğutulursa alfa fazına, rutin olarak soğutulursa beta fazına kristalize olur (32). Lares ve elDeeb (33), McMurtrey ve ark. (34) araştırmalarında faz değişimlerinin yarattığı büzülmenin, mikrosızıntıya neden olduğunu belirtmişlerdir.

Diş hekimliğinde kullanılan güta-perkanın yumuşama derecesi 64°C, erime derecesi 100°C, parçalanma derecesi 150°C'dir. Isı ile yumuşatıldığında istenen bölgeye adaptasyonu yapılabilir (29).

Güta-perkanın avantajları (29):

1. Boyutsal olarak stabildir.
2. Radyopaktır.
3. Isıtıldığında plastik özellik kazanır.
4. Düşük toksisitesi vardır.
5. Tekrarlayan tedavilerde kanaldan uzaklaştırılması kolaydır.
6. Biyouyumludur.
7. Sıkıştırılabilir olması nedeniyle kanal duvarlarına uyum sağlar.

Güta-perkanın dezavantajları (29):

1. Stabil değildir, ısı ve ışıkla okside olarak kırılğan hale gelir.
2. Dentine adezyonu yoktur.
3. Soğurken büzülme gösterir.
4. Sert olmadığı için kolay deforme olur.
5. Kanalı tek başına dolduramaz, kanal patı ile birlikte kullanılır.
6. Apikal daralıma sahip olmayan dişlerde kanal dolgularında taşkınlığa neden olabilir.

Güta-perka konlar piyasaya farklı şekillerde sunulmaktadır. Kanal aletlerinde olduğu gibi güta-perka konlar için de International Organization for Standardization (ISO) standartları belirlenmiştir (29). 10 numaradan 140 numaraya kadar standartlaşmış aletlerin şekillerine uyum gösterirler. Bunun dışında günümüzde modern şekillendirme tekniklerine uyum sağlayan farklı açılarda güta-perka konları da kullanılmaktadır (30).

Güta-perka konlar steril şekilde üretilseler bile kullanımı sırasında ya da saklama koşullarına bağlı olarak kontamine olabilirler (35). Bu nedenle kanal dolgusu yapılmadan önce dezenfekte edilmelidir. Yüksek ısıli dezenfeksiyon yöntemleriyle fiziksel özelliklerini kaybedeceği için kimyasal yöntemlerle dezenfeksiyon sağlanmaktadır (29,30). Güta-perka konlarının dezenfeksiyonu için sodyum hipoklorit (NaOCl), klorheksidin diğlukonat (CHX), gluteraldehit, alkol, hidrojen peroksit, polivinilpirolidon iyodin ve MTAD gibi ajanlar kullanılmıştır (29). Senia ve ark. (36) güta-perka dezenfeksiyonu için en ideal yöntemin %5,25'lik NaOCl solüsyonunda 1 dakika bekletilmesi olduğunu belirtmiştir. Bu işlemden sonra güta-perkayı NaOCl kristallerinden arındırmak için, konlar %70'lik etil alkol ile yıkanmalıdır (30).

2.2.1.3. Resilon

2004 yılında güta-perka konlara alternatif olarak piyasaya sürülmüştür. Sentetik polimer esaslı, termoplastik ve biyouyumlu bir kor materyalidir. Ana maddesi olan polikaprolakton, termoplastik özellik sağlar. Biyoaktif cam, bizmut oksiklorür, baryum sülfat gibi radyoopasite sağlayan doldurucular içerir (37). Güta-perkanın dentin ile adezyonu olmaması nedeniyle üretilmiştir. Dentine adezyon sağlayarak monoblok yapı oluşturmayı amaçlar. Epiphany (rezin esaslı kanal patı) ile kullanımı önerilmektedir (37).

Kullanım özellikleri güta-perkaya benzer. Her türlü KKD yöntemiyle uygulanabilir. Güta-perka ile aynı ISO standartlarında üretilmiştir ve açılı şekilde üretilen konlar da bulunmaktadır. Ayrıca sıcak KKD teknikleriyle kullanılması için geliştirilmiş formları da mevcuttur (38).

Kök kanallarında C faktörün yüksek olması, polimerizasyon büzülmesine yol açmaktadır. Bu nedenle resilon ile dentin arasında aralıksız monoblok yapı oluşması mümkün değildir (39). Bunun yanı sıra, kök kanallarına uygulanmasının ve gerektiğinde uzaklatılmasının zor oluşu, çalışma zamanının kısa oluşu gibi dezavantajları bulunmaktadır (40,41). Bu nedenle klinik kullanımı yaygın değildir.

2.2.2. Kök Kanal Dolgu Patları

Kök kanal dolgu patları katı kor materyali ile kök kanal duvarı arasındaki boşluğu doldurmayı amaçlar. Ayrıca, kök kanalındaki düzensiz alanları, isthmusları, lateral ve aksesuar kanalları doldurma görevi görür (24,42). Grossman'a (43) göre ideal bir kanal patında olması gereken özellikler şunlardır:

1. Kök kanalında hermetik tıkaama sağlamalıdır.
2. Periapikal dokulara taşıdığı dokuları irrite etmemelidir.
2. Yapışkan özelliğe olup kanal duvarlarına iyi bir adezyon sağlamalıdır.
3. Radyopak olmalıdır.
4. Sertleşirken büzülme göstermemelidir.
5. Diş dokularını renklendirmemelidir.
6. Bakteriyostatik özelliğe olmalıdır.
7. Doku sıvılarıyla temas ettiğinde çözünmemelidir.
8. Biyouyumlu olmalıdır.
9. Kullanımı kolay olmalıdır.
10. Yavaşça sertleşmelidir.
11. Gerekli durumlarda kök kanalından kolayca uzaklaştırılabilmelidir.

2.2.2.1. Çinko oksit içerikli patlar

Çinko oksit öjenol; likiti öjenol, tozu çinko oksit partiküllerinden oluşur. İçeriğindeki çinko oksit patın akışkanlığını sağlar. Öjenol analjezik etkisinden, çinko oksit ise antimikrobiyal etkisinden sorumludur (44). Sertleşme reaksiyonundan çinko oksit partiküllerine gömülmüş öjenol kristalleri sorumludur (30). Kolay şekil verilebilmesi ve sertleşirken düşük hacimsel değişiklik göstermesi gibi avantajları vardır. Fakat diş dokularını renklendirmesi, adeziv özelliğinin olmaması, su ile temas ettiğinde dekompoze olması gibi dezavantajları vardır (30). Ayrıca açığa çıkan öjenol, sinir hücreleri için sitotoksiktir

ve sinir hücrelerinde iletimi inhibe edebilir (30,42). Bu nedenle vital dokularla direkt temasından kaçınılmalıdır (24). Bu gruba örnek olarak Rickerts, TubliSeal, Grossman patı verilebilir. Ayrıca öjenolün toksik etkilerini ortadan kaldırmak amacıyla öjenol içermeyen formları da üretilmiştir.

Paraformaldehit içerikli patlar; çinko oksit öjenole paraformaldehit eklenmesiyle elde edilir. Formaldehitin antibakteriyel etkisinden yararlanmak amacıyla üretilmiştir (24). Ancak yüksek toksisitesi bulunmaktadır. Apikalden taşıtklarında paresteziye neden olabilirler. Vital dokuyla teması koagülasyon nekrozuna yol açar (44). Avrupa Endodonti Birliği (European Society of Endodontology) kullanımını bu nedenle önermemektedir (45). Bu gruba örnek kök kanal dolgu patları; Endomethasone, Spad ve Riebler's patı'dır.

2.2.2.2. Cam iyonomer içerikli patlar

Toz içeriğini alimuna silikat cam parçaları, likit içeriğini ise poliakrilik asit oluşturur. Dentine kimyasal bağlanan biyoyumlu patlardır (46). Ortama flor salınımı yapar (30,47). Gerektiğinde kanaldan uzaklaştırılmasının zor olması ve antimikrobiyal etkisinin düşük olması gibi dezavantajları vardır (48,49). Ayrıca sertleşme sırasında neme karşı hassastır. Bu durum çözünürlüğün artmasına yol açarak mikrosızıntıya neden olmaktadır (30,47). Bu gruba örnek olarak verilebilecek kök kanal dolgu patları; Ketac-Endo, Endion ve Activ GP patıdır.

2.2.2.3. Kalsiyum hidroksit içerikli patlar

Kalsiyum hidroksit (Ca(OH)_2) etkisini kalsiyum (Ca^{+2}) ve hidroksil (OH^-) ayrışarak gösterir. Ortama salınan OH^- iyonları, mikroorganizmaların asit ürünlerini nötralize ederek antimikrobiyal etki gösterir. Alkalen fosfataz enzimini aktive ederek sert doku oluşumunu uyarır (30,50). Uygulaması kolaydır. Kök kanalından taşıtığında kolaylıkla rezorbe olabilese de periapikal dokularda kronik inflamasyona neden olduğu bildirilmiştir (50,51). En önemli dezavantajı; kanal içinde rezorbe olmaları sonucu mikrosızıntıya neden olmalarıdır (52). Bu gruba örnek kök kanal dolgu patları; Sealapex, Apexit ve Calcibiotic Root Canal Sealer (CRCS)'dir.

2.2.2.4. Polimer içerikli patlar

2.2.2.4.1. Epoksi-rezin içerikli patlar

AH 26, ilk olarak Andre Schroeder tarafından 1954 yılında geliştirilmiştir (24). Polimerizasyonundan likitinde bulunan bisfenol-A-diglisidileter ve toz içeriğinde bulunan hekzametilen tetraamin bileşikleri sorumludur (53). Dentine adezyonunun yüksek ve akıcılığının iyi olması, yüksek derecede radyoopasite göstermesi, sertleşirken bir miktar genişleme göstermesi ve nemli ortamlarda polimerize olabilmesi gibi avantajlarının olduğu bildirilmiştir (54). Enfekte dentin üzerinde çinko oksit ojenol, kalsiyum hidroksit ve cam iyonomer içerikli patlardan daha fazla antimikrobiyal özellik gösterdiği bilinmektedir (29). Fakat gümüş içeriğinden dolayı diş dokularında renklenmeye neden olduğu bildirilmiştir (55,56). Bununla birlikte, ilk karıştırıldığında ortaya çıkan formaldehit antiseptik özellik gösterse de (49), biyolojik dokular için yüksek derecede toksiktir. AH 26'nın karıştırıldıktan sonra oldukça sitotoksik olduğu ve bir hafta sonra bu etkinin azaldığı rapor edilmiştir (30,53,57).



Resim 3. Epoksi rezin içerikli kök kanal dolgu patı AH plus

AH Plus, AH 26'nın formaldehit salınımı ve diş dokularını renklendirme gibi dezavantajlarının ortadan kaldırılması amacıyla geliştirilen, çift patlı bir sistemdir (58). Polimerizasyondan poliaddition reaksiyonu sorumludur. AH 26'ya göre radyoopasitesi arttırılmıştır ve gerektiğinde kanaldan uzaklaştırılmasını sağlayan termoplastik özellik kazandırılmıştır. Dentine iyi adezyon göstererek hermetik tıkama sağlar (29). Yüksek

boyutsal stabilite gösterir (59). Dartar Öztan ve ark. (60) patın toksik özellik göstermediğini bildirmişlerdir. Saleh ve ark. (61) dentin tübüllerindeki *E.faecalis*'i etkisiz hale getirmede etkili olduğunu bildirmişlerdir. Schafer ve Zandbiglari (62) kök kanal patlarının çözünürlüklerini incelemişler ve AH Plus'ın ZOE, Ca(OH)₂ ve cam iyonmer içerikli patlardan daha az çözünürlüğe sahip olduğunu bildirmişlerdir. Oliveira ve ark. (63) kök kanal patlarının bakteriyel mikrosızıntı ile ilişkisini incelemişler ve AH Plus'ın başarılı olduğunu rapor etmişlerdir.

2.2.2.4.2. Metakrilat içerikli patlar

Kök kanalı içerisinde monoblok yapı oluşturmak amacıyla üretilmiştir. Bu sayede mikrobiyal sızıntıya ve vertikal kök kırıklarına karşı direncin artırılması hedeflenmektedir. Dentin tübüllerine adezyonu arttırmak amacıyla hidrofilik özellik kazandırılmıştır (54).

EndoREZ üretan dietil metakrilat (UDMA) esaslı, hidrofilik özellik gösteren bir kök kanal patıdır. Pat kendiliğinden asitleme yapabildiği için işlemde önce primer uygulaması gerektirmez. Gerek ışık gerek ise kimyasal olarak polimerize olur. Rezin ile kaplanmış EndoREZ gütta-perkası ile kullanımı önerilmektedir (64,65). Fakat buna rağmen kök dentinine düşük bağlanma dayanımı gösterdiği bildirilmiştir (66).

Epiphany, Bis-GMA, etoksilat Bis-GMA, üretilen UDMA ve doldurucu olarak baryum sülfat, baryum cam, kalsiyum hidroksit ve silika içerir. Gerek ışık gerekse kimyasal olarak polimerize olabilir. Diğer rezin patlardan farklı olarak primer uygulaması gerektirir. Bu sistemde dentin yüzeyine uygulanan primer, smear tabakasını etkileyerek dentini demineralize eder (66). Resilon ve gütta-perka ile kullanılabilir (65,66). Versiani ve ark. (67) Epiphany ile AH Plus'ın fiziksel özelliklerini incelemişler ve Epiphany kanal patının daha yüksek çözünürlüğe sahip olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca kök kanalının karmaşık anatomisi ve kök kanalındaki yüksek C faktöre bağlı görülen polimerizasyon büzülmesi gibi nedenlerin (68) bağlantı dayanımını ve kanal patının tıkaçıcı özelliğini olumsuz etkileyeceği bildirilmiştir (69,70).

2.2.2.4.3. Polivinil (poliketon) içerikli patlar

Diaket, ilk kez 1952 yılında piyasaya sürülmüştür. İçeriğinde vinil polimerler, çinko oksit, bizmut fosfat bulunmaktadır. Polimerizasyondan çinko oksit ile diketon arasında oluşan polivinil şelat bağları sorumludur. Avantajları; sertleşirken hacim kaybına uğramaması, kanal duvarlarına iyi adaptasyon göstermesi, yumuşak dokuları irrite etmemesi, doku sıvılarından etkilenmemesi ve gerektiğinde kanaldan uzaklaştırılmasının kolay olmasıdır. Tüm bu avantajlarına rağmen sertleşme zamanının kısa olması kullanımını kısıtlamaktadır (29). Ayrıca; Kettering ve Torabinejad (71), Diaket'i hücre kültürü kullanarak incelemişler ve diaketin sitotoksik etkileri nedeniyle kronik enflamasyona sebebiyet verdiğini bildirmişlerdir (72).

2.2.2.5. Silikon içerikli patlar

Tipik olarak polimetilsiloksan esaslı kanal dolgu patlarıdır ve bu patlar polimerizasyon büzülmesi göstermezler (73). Bu gruba örnek kök kanal dolgu patları; RoekoSeal, Lee Endofill, Guttaflow, Guttaflow 2 ve Guttaflow Bioseal'dir.

RoekoSeal içeriğinde; polimetilsiloksan, silikon yağı, zirkonyum dioksit, parafin bazlı yağ ve platin katalizör bulunan kök kanal patıdır (29). Literatürde RoekoSeal'in düşük sitotoksikite gösterdiğini bildiren araştırmalar mevcuttur (74,75). Fakat bu avantajına rağmen, *E. faecalis*'i etkisiz hale getirmede sınırlı bir etkisinin olduğu bildirilmiştir (61).

GuttaFlow, kök kanal dolgusu için geliştirilmiş akışkan, soğuk KKD sistemidir. Pat ve güta-perka aynı üründe birleşmiştir. Polimetilsiloksan matriks içine doldurulmuş gutta perka tozlarından oluşur. Biyouyumlu ve radyoopaktır. Yapısında öjenol bulunmaz. Sertleşirken % 0,2 oranında genişleme gösterir. Materyalin dentin tübüllerine ve lateral kanallara penetre olduğu iddia edilmektedir (29).

2012 yılında üretici firma tarafından GuttaFlow 2 geliştirilmiştir. Şırınga sistemi materyali homojen bir şekilde karıştırarak, kullanım kolaylığı sağlamaktadır. GuttaFlow 2 oda sıcaklığında akışkan haldedir. Viskozitesi basınçla azalır. Bu özelliği sayesinde lateral kanallara penetrasyon yeteneği gelişmiştir. Ayrıca bu özellik kompaksiyon işlemi olmaksızın üç boyutlu bir kanal dolgusu sağlamaktadır (76). İçeriğinde mikro gümüş partiküller

bulunmaktadır. Bu partiküller kök kanal sistemini enflamasyona karşı korurken, herhangi bir korozyon ya da renk değişikliğine yol açmaz (77). GuttaFlow 2 ve AH Plus'ın biyouyumluluklarını inceleyen araştırmalarda GuttaFlow 2'nin biyouyumluluğunun AH Plus'a göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir (78,79).

GuttaFlow Bioseal, yeni bir polidimetilsiloksan formülasyonudur ve 2015 yılında piyasaya sürülmüştür (76). İnce partiküller halinde biyoaktif cam seramik içerir. Açığa çıkan biyoaktif cam seramiklerin pH'ı arttırarak antibakteriyel etki sağladığı ve hidroksiapatit kristalleri oluşumunu uyardığı bildirilmiştir (80).



Resim 4. GuttaFlow 2 kapsül uygulayıcı



Resim 5. GuttaFlow Bioseal

2.2.2.6. Biyoseramik içerikli patlar

Biyoseramikler; tıp ve diş hekimliğinde kullanılan, işlevini yitiren yapıları onarmak ve yeniden yapılandırmak amacıyla kullanılan seramik esaslı materyallerdir (29). Bu materyaller arasında; alümina, zirkonyum, biyoaktif cam, cam seramik, kompozitler, hidroksiapatit ve rezorbe olabilen kalsiyum fosfatlar bulunmaktadır (29,81). Biyouyumludurlar ve osteojenik aktiviteyi uyararak iyileşmeye katkı sağlarlar. Fakat gerektiğinde kanaldan uzaklaştırılmaları zordur. Bu durumun post kullanılması gereken olgularda ya da yeniden kanal tedavisi gerektiren durumlarda problem yarattığı belirtilmiştir (82).

2.2.2.6.1. Kalsiyum-Silikat-Fosfat içerenler

Kimyasal olarak kararlı yapıda olup biyouyumludurlar. Toksik özellik göstermezler ve sertleşirken büzülmezler (29). Hidroksiapatit kristallerini açığa çıkararak dentin ile kanal dolgu materyali arasında bağlantı sağlarlar (54). Kök kanal dolgusu sırasında periapikal bölgeye taşıdığına, enflamatuvar bir yanıtı neden olmazlar. Antienflamatuvar etki sağlarlar (83). Sertleşirken ortamdaki pH'ı arttırarak osteojenik aktiviteyi uyarırlar. Bu sayede periapikal dokuların iyileşmesine katkıda bulunurlar (81,83). Bu gruba örnek olarak verilebilecek kök kanal dolgu patları; EndoSequence BC Sealer, Bioseal, iRoot SP ve iRoot BP'dir.

2.2.2.6.2. Mineral Trioksit Akrilat (MTA) içerenler

1993 yılında Torebinejad tarafından geliştirilmiştir. İçeriğinde; trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, trikalsiyum aluminat, bizmut oksit, kalsiyum sülfat ve tetrakalsiyum aluminoferrit bulunmaktadır (84). Perforasyon tamir materyali, retrograd dolgu materyali, kanal patı olarak (84) kullanılmaktadır. Ayrıca vital pulpa tedavileri (85,86) ve apeksifikasyon (87) tedavilerinde kullanılmaktadır. MTA'dan açığa çıkan kalsiyum ile doku sıvılarındaki fosfatlar birleşerek hidroksiapatit kristallerini oluşturur. Biyouyumludur ve sert doku oluşumunu uyarır (29). Bu gruba örnek kök kanal dolgu patları; MTA Fillapex, Endo CPM Sealer, ProRoot Endo Sealer ve MTA Obtura'dır.

2.3. Kök Kanal Dolgu Teknikleri

Başarılı bir kök kanal tedavisinin amacı, kök kanallarının kemomekanik olarak şekillendirilip, dezenfekte edildikten sonra biyouyumlu bir dolgu materyali ile kanal dolgusunun yapılmasıdır (1). Byström ve Sundqvist (88), Ørstavik ve ark. (89) yaptıkları araştırmalarda; kök kanal şekillendirmesi ve dezenfeksiyon işlemlerinden sonra, kanalların mikroorganizmalardan tam olarak arındırılmadığını bildirmişlerdir. Kök kanal şekillendirmesi ve dezenfeksiyonu işlemleri sonrasında ulaşılamayan alanlardaki bakterilerin buldukları yerlere hapsolması ancak kök kanal dolgusunun hermetik olarak tamamlanması ile gerçekleşir. Bu sayede bakteri ve yan ürünlerinin periapikal dokulara geçişi engellenir

(90). Ayrıca kaliteli kök kanal dolgusu, periapikal eksudanın kök kanallarına girişi engellenerek mikroorganizmaların beslenmesini önler ve biyolojik iyileşmeye katkı sağlar (91).

Kök kanal sistemi, aksesur ve lateral kanallar ve apikal deltalar içeren kompleks bir yapıdır. Böyle bir yapının üç boyutlu bir şekilde hermetik olarak doldurulması zordur (92). Endodontik tedavilerdeki başarısızlığın bir sebebinin yetersiz kök kanal dolgusu olduğu ifade edilmiştir (93). Bundan dolayı kök kanal tedavisinin başarısını arttırmak amacıyla farklı kök kanal dolgu teknikleri geliştirilmiştir. Çalışkan (30) kök kanal dolgu tekniklerini şu şekilde gruplamıştır:

I. Katı güta-perka teknikleri

A. Tek kon tekniği

B. Soğuk lateral kompaksiyon tekniği

II. Yumuşatılmış güta-perka teknikleri

A. Isı ile yumuşatma teknikleri

1. Sıcak lateral kompaksiyon tekniği (Endotec)

2. Vertikal kompaksiyon tekniği

3. Termomekanik kompaksiyon tekniği

4. Enjektabl termoplastize güta-perka tekniği

5. Trifekta

6. Thermafil

7. Soft-core

8. Alpha-seal

9. SuccessFil

10. Devamlı ısı ile kompaksiyon tekniği (System B)

B. Kimyasal yumuşatma teknikleri

1) Kloroperka tekniği

a) Johnston-Callahan tekniği

b) Nygard-Ostby tekniği

2) Ökaperka tekniği

III. Diğer Teknikler

A. Ultrasonik ile doldurma tekniği

B. Basınç ile enjeksiyon tekniği

2.3.1. Tek Kon Tekniği

Tek kon tekniğinin kullanılması, kök kanalın enine kesitinin yuvarlak olduğu durumlarda ve ana konun kanalın apikal üçte bir bölgesine tam olarak yerleştiği olgularda endikedir (26). Çok geniş kanallarda ya da kök kanalının aşırı derecede şekillendirildiği olgularda, standart konlarla kök kanal dolgusunu tamamlamak mümkün olmamaktadır. Bu gibi durumlarda, güta-perka konlar ısı ile yumuşatılarak birbirine yapıştırılır ve kişiye özđü güta-perka konu hazırlanır (30).

Günümüzde gelişen teknolojilerle farklı nikel-titanyum (Ni-Ti) döner eğe sistemleri kullanılmaktadır. Apikal üçte bir bölgede tam bir tıkama sağlamak amacıyla bu sistemlere uyumlu açılı güta-perka konlar geliştirilmiştir. Böylece, homojen bir kök kanal dolgusu elde edilerek tam bir sızdırmazlığın elde edilmesi amaçlanmıştır (94).

Kök kanal şekillendirmesi ve dezenfeksiyonu uygulamalarından sonra, çalışma uzunluğunda kullanılan son eđe boyutuna uygun bir ana kon sečilir. Kon fizyolojik apeksin 0.5 milimetre (mm) koronalinde konumlanacak şekilde kanala yerleştirilir. Apikal bölgede ideal ana kon uyumu için, kon geri çekilip çıkartılmaya bir miktar direnç göstermelidir (tug-back). Radyografik olarak, konun çalışma uzunluğu ile uyumu kontrol edildikten sonra kök kanal patı hazırlanır ve kanal duvarları patla kaplanır. Ardından güta-perkanın 1/3'lük kısmı pata bulanarak kanala yerleştirilir ve kavitedeki fazla güta-perka sıcak bir el aletiyle uzaklaştırılır (29,30).

Bu tekniğin en önemli dezavantajı, kanal içi düzensizliklere uyum sağlamamasıdır. Bu bölgelerde kanal patı oranını arttırmakta olduğu ve bu durumun uzun dönem tedavi başarısını olumsuz etkilediği bildirilmiştir (29).

2.3.2. Soğuk Lateral Kompaksiyon Tekniği

İlk kez 1914 yılında Callahan tarafından önerilmiştir. Fakat endodontik tedavilerde rutin olarak uygulanmaya başlanması, 1946 yılında Sommer'in bu yöntemde yaptığı değişiklikler sayesinde olmuştur (30,95). Bu teknik diş hekimliği fakültelerinde en çok öğretilen ve pratik uygulamalarda en fazla kullanılan yöntemdir (96). Ayrıca günümüzde diğer kanal dolgu tekniklerinin değerlendirilmesinde kontrol amacıyla kullanılan altın standarttır (97).

Kök kanal şekillendirmesi tamamlandıktan sonra, kanala uygun bir ana kon seçilir. Seçilen ana kon, sıkışma hissi ve radyografi ile kontrol edilir. Ana kon kanal patına bulanarak kanala yerleştirildikten sonra dentin duvarı ile ana kon arasında kalan boşluklar yardımcı konlarla doldurulur. Yardımcı konlara yer açmak için spreader kullanılır. Bu şekilde konların sıkıştırılarak birbirine yaklaştırılması amaçlanır (29,30).

Bu tekniğin avantajları arasında; boyutsal stabilitenin iyi olması, maliyetinin düşük olması, basit ve güvenilir olması, kanal tedavisinin yenilenmesinin ve post boşluğu hazırlanmasının kolay olması sayılabilir (98,99). Dezavantajları ise kanal içindeki düzensizliklere tam olarak uyum sağlayamaması, uygulamanın zaman alması ve fazla kuvvet uygulandığında vertikal kök kırıklarına neden olma olasılığıdır (26,100).

2.3.3. Soğuk Akışkan Güta-Perka Tekniği

GuttaFlow 2004 yılında Coltene firması tarafından piyasaya sürülmüştür. Soğuk, akışkan, kendi kendine sertleşebilen, silikon bazlı kök kanal dolgu materyalidir. Polimetilsiloksan matriks ile birlikte küçük güta-perka partikülleri içerir. Üretici firma, sertleşirken genişmesi ve yüksek akışkanlıkları nedeniyle materyalin iyi bir sızdırmazlık sağladığını bildirmiştir (101). Kanal içine doğrudan enjekte edilebilir veya ana güta-perka kon ile kombine olarak kullanılabilir.

Daha sonra, firma Gutta Flow 2 adı altında pat/pat formunda ya da şırınga ile uygulanan formunu geliştirmiştir. İçerikleri GuttaFlow ile benzerdir, fakat bileşenlerin oranları farklıdır. İçeriğindeki güta-perka partiküllerinin boyutu 30 µm'den küçüktür (102). GuttaFlow ve GuttaFlow 2'nin içeriğinde bulunan mikrogümüş partiküller antibakteriyel etki

sağlar (103). Ayrıca kullanım kolaylığı sağlamak, kıvamı ayarlamak ve hava kabarcığı oluşumunu önlemek için karıştırma ucu bulunmaktadır.

2015 yılında kök kanalında rejenerasyonu destekleyen GuttaFlow Bioseal (GuttaFlow 3) geliştirilmiştir. 30 µm'dan küçük gütta-perka partikülleri, kanal patı ve Bioglass'ın belirli oranlarda bileşiminden oluşmaktadır. Sertleşme süresi GuttaFlow 2'den daha kısadır. Vücut sıvıları ile temas ettiğinde içeriğindeki biyoaktif materyal doğal tamir bileşenleri olan kalsiyum ve silikatın salınımını sağlamaktadır. Sertleştikten sonra, GuttaFlow Bioseal yüzeyde hidroksiapatit kristallerini oluşturmaktadır. Hidroksiapatit kristallerinin kemik ve dentin dokusunda rejenerasyonu uyardığı düşünülmektedir (102,104). Araştırmalar materyalin düşük çözünürlüğe sahip olmasının ve yüksek su emiliminin ortam pH'ını alkali hale getirdiğini bildirmektedir (105).

Üretici firma, Guttaflow'un polimerizasyon sırasında %0,2 oranında genleşme gösterdiğini belirtmiştir (106). Tiksotropiktir, basınç altında viskozitesi azalır (103). Bu durum materyalin lateral kanalların içine penetre olmasını sağlar. Ayrıca materyalin genleşme ve adezyona bağlı olarak yüksek sızdırmazlık sağladığı ve çözünürlüğünün eser miktarda olduğu yapılan araştırmalarda bildirilmiştir (105,107).

2.3.4. Sıcak Lateral Kompaksiyon Tekniği

Martin ve Fisher tarafından 1990 yılında geliştirilmiştir (30). Sistem, gütta-perka konlarına lateral kompaksiyon sırasında ısı uygulamak için geliştirilmiş özel bir spreader içerir. Bu spreader şarj edilebilen pilli ve ısı kontrollü bir cihazdır. Bu şekilde homojen bir kök kanal dolgusu elde edilerek, kanal dolgusundaki düzensizliklerin doldurulması amaçlanır (108).

Uygulama, soğuk lateral kompaksiyon tekniğindeki işlemlere benzer. Uygun bir ana kon seçilir ve ana kon pat ilavesi ile kanala yerleştirilir. Isı ile aktive olan spreader kök kanalında apikal ve lateral yönde hareket ettirilerek yardımcı konlar için yer açılır. Spreader kanaldan çıkarıldıktan sonra oluşan boşluğa yardımcı konlar yerleştirilerek, uygulamaya kanal dolgusu tamamlanana kadar devam edilir (30). Bu işlem için EndoTec II, EndoTwin, Thermopact gibi cihazlar geliştirilmiştir. Bu sistemden post-kor preparasyonu için gütta-perkanın uzaklaştırılmasında ve soğuk lateral kompaksiyon tekniğindeki boşlukları ortadan kaldırmak amacıyla uygulanmaktadır. Fakat uygulamanın zaman alması, spreader

kırılmalarına yol açabilmesi ve kullanılan cihazın ağır oluşu gibi dezavantajlar bildirilmiştir (30).

2.3.5. Sıcak Vertikal Kompaksiyon Tekniği (Schilder Yöntemi)

Schilder tarafından 1967 yılında geliştirilmiştir. Isıtılmış güta-perkanın vertikal yönde sıkıştırılması sağlanarak kanalların üç boyutlu olarak doldurulması esasına dayanır (109). Bu teknikte vertikal kompaksiyon sağlamak için künt uçlu pluggerlar kullanılır (110).

Kök kanal şekillendirmesi tamamlandıktan sonra uygun bir ana kon, pat ile birlikte kanal içine yerleştirilir. Güta-perka'nın koronal kısmı ısıtılmış bir alet yardımıyla uzaklaştırılır. Bu sayede apikalde kalan ısıyla yumuşamış güta-perka bir plugger yardımıyla vertikal yönde kompakte edilir. Bu şekilde apikal bölümün kanal dolgusu tamamlanır. Koronal üçte bir bölgeyi doldurmak için ise kanal içine 3-4 mm'lik güta-perka parçaları yerleştirilir ve ısı uygulanır. Daha sonra ısı ile yumuşayan güta-perka parçaları kanal ile uyumlu bir plugger yardımı ile vertikal olarak sıkıştırılır ve kök kanal dolgusu tamamlanır (29).

Soğuk lateral kompaksiyon tekniğine göre daha çok kanal alanının güta-perka ile doldurulduğu rapor edilmiştir (111). Fakat bu tekniğin birçok dezavantajı bulunmaktadır. Vertikal kompaksiyon için uygulanan kuvvet vertikal kök kırığı riskini arttırmaktadır. Pluggerın eğimli kök kanallarında kullanımının zor olduğu ve apikal bölgeye ulaşamadığı alanların varlığı araştırmada bildirilmiştir. (112). Kullanılan ısı artışının da periodonsiyumu olumsuz yönde etkileyerek periradiküler iltihabi reaksiyonu başlatabileceği bildirilmiştir (110).

2.3.6. Termomekanik Kompaksiyon Tekniği (Mc Spadden Yöntemi)

1979 yılında Mc Spadden kendi adını verdiği bir kompaktör geliştirmiştir. Bu kompaktör ucu ters çevrilmiş, Hedström eğesine benzer ve 10.000 devir/ dk hızda çalışarak ısı ve sürtünme ile güta-perkanın yumuşatılmasını sağlayan bir kullanım sunmaktadır (29).

Kök kanal şekillendirmesi tamamlandıktan sonra uygun bir ana kon, pat ile birlikte kanal içine yerleştirilir. Uygun kompaktör seçilip kanal içinde güta-perkanın yanına yerleştirilip apikale basınç uygulamadan aktive edilir. Bu sırada sürtünme ile oluşan ısı güta-perkayı yumuşatır. Kompaktör çalışır konumdayken kanaldan çıkarılır. Oluşan boşluğa yardımcı konlar yerleştirilerek, uygulamaya kanal dolgusu tamamlanana kadar devam edilir (30).

KKD'nun kısa sürede tamamlanması, düzensiz alanlara uyum sağlaması gibi avantajları bulunmaktadır. Fakat bunun yanında; boyutsal kontrolün zayıf olup taşkın dolgulara neden olabilmesi, kompaktör uçlarının kolay kırılabilmesi ve ısı artışının periodonsiyuma zarar verebilmesi gibi dezavantajları vardır (113).

2.3.7. Devamlı Isı ile Kompaksiyon Tekniği

İlk defa 1987'de System-B cihazının geliştirilmesi ile kullanılan bir yöntemdir. Elektrikle ısıtılmış plugger yardımıyla kanal içinde güta-perkaların yumuşatılıp vertikal yönde kompaksiyonu ile kök kanal dolgusu elde edilir.

Elements Free Obturasyon Sistemi, devamlı ısıyla vertikal kompaksiyon yöntemi baz alınarak geliştirilmiştir. Sistem şarjlı ve kablosuz olarak üretilmiştir. Bu durum hekime uygulama kolaylığı sağlar. Down-pack ve Back-fill olmak üzere iki ünitesi bulunur. Down-pack ünitesi pluggerın ısıtılmasını sağlarken, back-fill ünitesi ısıtılmış güta-perkanın çıkışını sağlamaktadır. Down-pack ünitesi 100-400°C arasında ayarlanabilir ısı aralığına sahiptir. 0,5 saniyeden daha kısa sürede 200°C sıcaklığa ulaşabilmektedir ve dijital ısı göstergesine sahiptir. Back-fill ünitesi kullanım kolaylığına sahiptir ve güta-perka çıkışını otomatik olarak yapabilmektedir.

Kök kanal şekillendirmesi tamamlandıktan sonra uygun bir ana kon, pat ile birlikte kanal içine yerleştirilir. Down-pack cihazının ucu, apikalden 4-6 mm koronal seviyede konumlandırılarak lastik stopperla referans noktası belirlenir. Down-pack ünitesi aktive edilip, ısınan plugger referans noktasına kadar ilerletilerek apikal üçte bir bölgenin kanal dolgusu tamamlanır. Back-fill ünitesi ile kanalın orta ve koronal üçte bir bölgenin dolgusu yapılır. Isıtılan kartuş küçük tabakalar halinde kanala enjekte edilir. Enjekte edilen güta-perka tabakalarının plugger yardımıyla kompaksiyon sağlanarak kök kanal dolgusu tamamlanır (114)

2.3.8. Enjekte Edilebilen Termoplastik Güta-Perka Kanal Dolgu Teknikleri

Yae ve arkadaşları 1977 yılında termoplastik güta-perkadan basınçla çalışan bir enjektör aracılığıyla yararlanılabilen bir sistem geliştirmişlerdir. Bu şekilde, ısıtılmış güta-perkanın plastisite özelliği kullanılarak kök kanalının üç boyutlu olarak doldurulabilmesi amaçlanmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda yüksek ısı ve düşük ısı olmak üzere iki tip enjeksiyon sistemi önerilmiştir (30).

2.3.8.1. Yüksek Isılı Enjeksiyon Tekniği (Obtura)

Obtura adı verilen bu sistem 160°C'ye kadar ısıtılarak enjektörün ucundaki kanüllerle kanala enjekte edilir. Bu özel gümüş kanüller güta-perkanın ısısını koruyarak materyalin kanala penetrasyonunu sağlar (115). Güta-perkanın sıcaklığının kanül ucundan çıktığı anda 60-65°C arasında olduğu belirlenmiştir (29).

Kök kanal şekillendirmesi tamamlandıktan sonra kök kanalının koronal üçte bir bölgesine kanal patı uygulanır. Cihaz ısıtıldıktan sonra kanül çalışma boyundan 3-5 mm kısa olacak şekilde kanala yerleştirilir. Bu sırada enjektörün kendiliğinden geri gelme hissine dikkat edilmeli ve pasif olarak enjekte edilmelidir. Enjeksiyon işlemi tamamlandıktan sonra pluggerlar yardımıyla vertikal kompaksiyon yapılmalıdır (30).

Bu yöntemin kök kanalı içindeki lateral kanal, apikal delta ve düzensiz bölgeleri doldurabilecek kapasitede olduğu düşünülmektedir. Fakat yüksek ısının kök yüzeyi ve kemik remodelasyonunu etkileyerek periodontal doku hasarı oluşturabileceği bildirilmiştir (115).

2.3.8.2. Düşük Isılı Enjeksiyon Tekniği (Ultrafil)

Michanowicz ve Czontskowsky (116) tarafından 1984 yılında kullanıma sunulmuştur. Sistem; enjeksiyon şırıngası, ucunda iğne olan güta-perka kanülü ve 120 voltluk bir ısıtıcıdan oluşmaktadır (29,30). Bu kök kanal dolgu sistemi ana konla back-fill, vertikal ve lateral kompaksiyonda kullanılabilir (29).

Bu yöntem aynı seansta post hazırlanması gereken vakalarda, internal rezorpsiyon olgularında, dar ve eğri kanallarda, kırılan kanal aletlerinin çıkarılmadığı ve kanal dolgusunun bu durumda yapılacağı vakalarda avantaj sağlayabilmektedir (117). Apeksi açık ve eksternal kök rezorpsiyonu olan dişlerde güta-perkanın periapikal bölgeye taşma riski bulunduğundan; benzer olgularda kullanılması önerilmemektedir (118).

2.3.9. Katı-Kor Termoplastize Güta-Perka Teknikleri

2.3.9.1. Thermafil

İlk kez 1978 yılında Johnson (119) tarafından tanıtılmıştır. Johnson, paslanmaz çelik kanal aletinin üzerini alfa fazındaki güta perka ile kaplamış ve daha sonra ısı ile yumuşatarak kök kanalına yerleştirmiştir (119). 1992 yılında Tulsa firması paslanmaz çelik, titanyum veya plastik taşıyıcıdan oluşan alfa fazlı güta-perka ile kaplı üç farklı tip Thermafil obtüratörü piyasaya sunmuştur.

Taşıyıcıların paslanmaz çelik, titanyum veya plastik yapıda olması yeniden kanal tedavisi gerektiren durumlarda ve post boşluğu hazırlanırken taşıyıcının kanaldan uzaklaştırılmasını zorlaştırmıştır. Bu dezavantajları ortadan kaldırmak amacıyla Dentsply firması (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, A.B.D) GuttaCore obturatör adlı bir taşıyıcıyı piyasaya sunmuştur. Bu sistem taşıyıcı olarak çapraz bağlı güta perka içermektedir ve taşıyıcının çevresi alfa faz güta perka ile kaplanmıştır. Bu sayede, obtüratörün gerektiğinde kolayca ve kısa sürede kök kanallarından uzaklaştırılabileceği öne sürülmektedir (120).

Kök kanal şekillendirmesi tamamlandıktan sonra kök kanalının genişliği boyut doğrulayıcı (size verifier) ile kontrol edilir. Boyut doğrulayıcı çalışma uzunluğuna kadar rahatça ilerlemeli ve hafifçe sıkışmalıdır. Kanal patı, kağıt kon yardımı ile kanala uygulanır. Boyut doğrulayıcı ile aynı boyutta seçilen obtüratör üretici firmanın talimatına göre kendi özel fırını olan GuttaCore fırınında ısıtılır. Isıtılmış obturatör kanal içinde rotasyon yapılmadan apikal yönde, hafif basınçla yerleştirilir. Koronal kısımda kalan taşıyıcı sıcak bir ekskavatör yardımıyla uzaklaştırılır. Alternatif olarak GuttaCore sapının bükülerek de uzaklaştırılması da mümkündür (120).

Hızlı bir şekilde uygulanabilmesi, pratik bir yöntem olması, yumuşayan güta-perkanın lateral kanallara ve düzensiz alanlara yayılabilmesi gibi avantajları bulunmaktadır (30,117). Fakat KKD materyalinin apikal foramenden taşma riskinin yüksek olması, eğri kanallarda güta-perkanın taşıyıcı üzerinden ayrılabilmesi gibi dezavantajları vardır (29,117).

2.3.9.2. Soft Core Tekniği

1993 yılında Benco firması tarafından piyasaya sunulmuştur. Thermafil'den farklı olarak plastik saplı metal yerleştirme pini ve güta-perka kaplı plastik kor yapıdan oluşur. Metal pin, plastik kor yapıya tam olarak tutunmaz ve Soft-Core kanala yerleştirildikten sonra plastik sap bükülerek metal pinle birlikte çıkartılır (30).

Obturatorlar ISO standartlarında üretilmişlerdir. 0.04 ve daha fazla açılı döner eğe sistemleri ile şekillendirilen kanallarda kullanıldığında boyut doğrulayıcılar bu konikliğe uyum göstermezler (29). Uygun obtüratör seçildikten sonra Soft Core Oven ısıtıcılarında ısıtılarak kanala yerleştirilir (30).

2.4. 3B Baskı Teknolojisi ile Diş Prototipi Oluşturulması

3B baskı, kişisel olarak oluşturulan ya da 3B tarama sonucu elde edilen üç boyutlu modelin, katı bir şekilde 3B yazıcıdan çıktısının alındığı teknolojik işlemdir. Bu uygulama iki boyutlu (2B) katmanların üst üste tabaka halinde sıralanmasıyla meydana gelmektedir (121). Bu katmanların tabakalanmasında kullanılan materyaller katı bazlı, sıvı bazlı ya da toz bazlı olabilir (122).

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, 3B baskı yöntemiyle yüksek çözünürlüklerde, nesnelerin bire bir kopyaları oluşturulabilmektedir. Bu teknoloji endüstri, mühendislik, tıp gibi alanların yanı sıra diş hekimliğinde de kullanılmaktadır. Ortognatik cerrahi, implant cerrahisi, ağız ve çene cerrahisi, ortodonti, endodonti ve dental modellerin üretiminde kullanılmaktadır (10). Komplike endodontik vakalarda (kalsifiye kanallar, dilasere kökler, gelişimsel bozukluklar, kök kanallarının varyasyon göstermesi, cerrahi endodonti) tedavi planlamasına rehberlik etmektedir (123).

3B modelleme için bilgisayar destekli yazılımlara ihtiyaç duyulmaktadır. AutoCAD, 3DS MAX, SketchUp, Tinkercad, Autodesk123D gibi yazılımlar modellemede kullanılan ve sıklıkla tercih edilen yazılımlardandır. Bu yazılımlarda nesnelere öncelikle dijital olarak 3B modeller olarak çizilmekte ve bu modeller ince katmanlar halinde dilimlenerek 3B yazıcılar aracılığıyla üretilmektedir. Bu dijital modellerin üretimi için 3B mürekkep olan ince tel (filament) hammaddesi kullanılarak kullanılmaktadır. Bu hammaddeler oyun hamuru, seramik, reçine, plastik, toz, cam, metal alaşımları ve çeşitli metaller gibi maddelerdir (124).

3B dental modellerin üretilmesinde diğer bir yöntem ise hastanın kendisine ait anatomik yapıların konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KİBT), manyetik rezonans görüntüleme (MRI) veya materyallerin KİBT/Mikro-BT görüntülerinin kaydedilerek kopyalanması esasına dayanır. DICOM (digital imaging and communications in medicine) formatına ait çıktılar, bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımları kullanılarak, segmentasyon fonksiyonu ile 'standart tessellation language' (.stl) formatındaki modellemelere dönüştürülür ve 3B baskı işlemi hızlı bir şekilde tamamlanır (125).

3B baskı teknolojisinin eğitim-öğretime de katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Öğrenciler bu şekilde öğrendikleri soyut bilgileri daha kolay somutlaştırma imkanı bulabileceklerdir. Bu teknolojinin kullanılması ile tam ve kalıcı öğrenmenin gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir (121). AbouHashem ve ark. (126), Niikura ve ark. (127), Lioufas ve ark. (128) 3B modellerin, öğrenci eğitim sürecini olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir.

3B baskı yöntemiyle kolay ve hızlı şekilde model elde edilebiliyor olması, araştırmalarda kullanılacak modellerin birbiri ile aynı anatomiye sahip olması nedeni ile, standardizasyonun sağlanabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (11). Bu bilgiler göz önüne alındığında, 3B baskı teknolojisinin bilimsel araştırmalara sağladığı ve sağlayacağı yararların oldukça heyecan verici olacağı açıktır.

Bu araştırmanın amacı, 3B baskı teknolojisi ile anatomik olarak Vertucci Tip 3 kök kanal konfigürasyonuna sahip diş replikaları elde etmek ve farklı kök kanal dolgusu (KKD) tekniklerinin replika içindeki kök kanal boşluklarını doldurma etkinliğini değerlendirmektir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

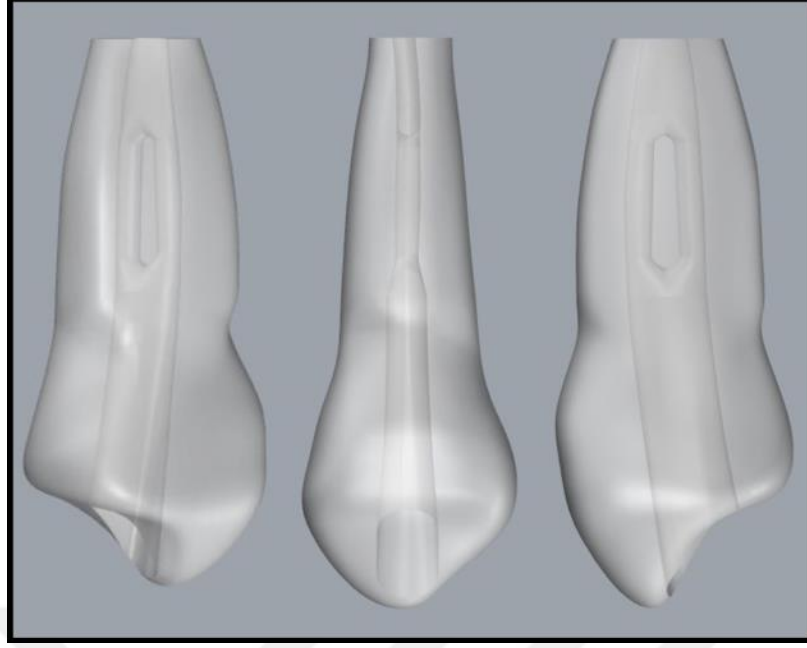
Bu araştırma, T.C. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından, DHF-19015 no'lu proje kapsamında desteklendi.

3.1. Araştırmada Kullanılacak Diş Örneğinin Seçilmesi

Bu araştırmada, kompleks kök kanal yapısına sahip dişlerde farklı KKDsu etkinliklerinin birbiri ile kıyaslama yapılarak değerlendirilmesi amaçlandı. Bu nedenle Vertucci (8) sınıflaması Tip 3 konfigürasyonuna sahip üst çene 1. premolar dişin üç boyutlu baskı tekniği ile üretilmesi planlandı.

3.2. Model Dişlerin Oluşturulması

Bu araştırmada kullanılan Vertucci sınıflaması Tip 3 kanal yapısına sahip üst çene birinci premolar diş tasarlanarak (129) bu diş yapısına ait ortografik görüntüler (sağ, sol, üst ve alt görüntü) çizildi. Görüntüler Autodesk Fusion 360 programına aktarıldı ve dişin dış yapısının katı modeli oluşturuldu. Daha sonra yine aynı görüntüler ve Fusion 360 programında oluşturulan katı model RhinoCeros (Resim 6) programına aktarıldı. Protaper Next X4 eğenin konikliğine ve çapına uygun olarak tasarlanan, şekillendirilmiş kök kanal yapısı bu programda oluşturuldu. Bu işlem sonunda 3B baskı için uygun katı model elde edildi.



Resim 6. RhinoCeros programında modeli oluşturulan dişin farklı açılardan görüntüsü

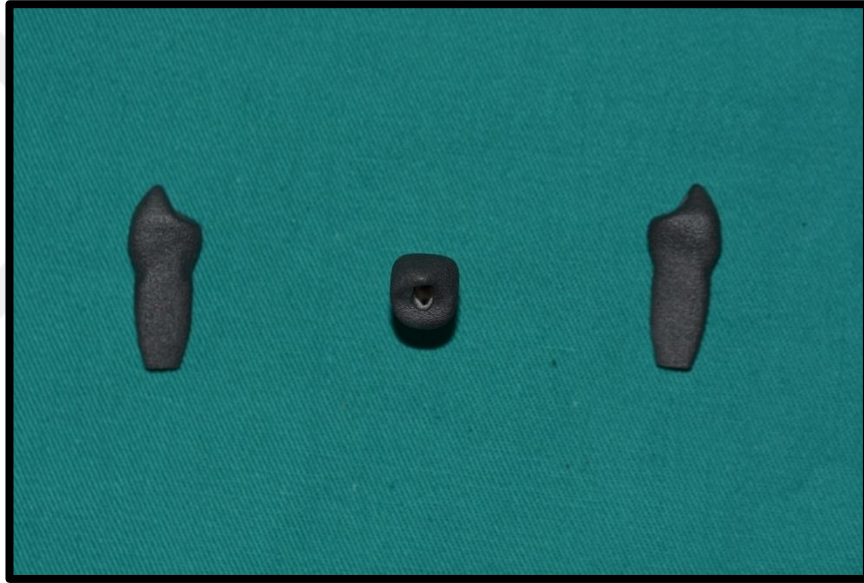
3.3. 3B Baskı Teknolojisi ile Replika Elde Edilmesi

Pilot araştırmada 3B baskı yöntemlerinden biri olan Fused Deposition Modelling (FDM) denendi. Fakat bu yöntem tasarlanan model imalatında boşlukların oluşmasına neden olduğu için daha gelişmiş bir baskı yöntemi olan Multi Jet Fusion (MJF) tercih edildi.

Tasarlanan dişin modeli 3B yazıcıya aktarıldı (Resim 7). Dişin 72 adet replikası elde edildi (Resim 8). Replika materyali olarak toz yapıda poliamid kullanıldı. Materyalin birbirine yapışması için eritici madde (fusion agent) ilave edildi. Daha sonra lokal detaylandırma maddesi (detailing agent) damlatılarak ışığa maruz bırakıldı. Bu yöntem replikaların ince kenarları ve keskin köşelerinde daha hassas bir üretim yapılabilmesine olanak sağladı.



Resim 7. HP Jet Fusion 4210 3B yazıcı



Resim 8. Vertucci Tip 3 kök kanal konfigürasyonuna sahip maksiller premolar prototipin farklı açılardan görüntüsü

3.4. Replikaların Gruplandırılması

Elde edilen 72 adet replika, kök kanallarının doldurulması amacıyla her grupta 18 adet olacak şekilde 4 gruba ayrıldı. Bunlar;

- Kor taşıyıcılı sistem kullanılarak tamamlanan KKD (GuttaCore) (GC)
- Devamlı ısı ile obturasyon yöntemi kullanılarak tamamlanan KKD (Elements Free) (EF)

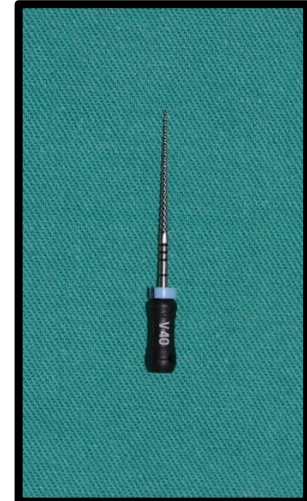
- Soğuk lateral kompaksiyon kullanılarak tamamlanan KKD (SLK)
- Soğuk enjekte edilebilir yöntem kullanılarak tamamlanan KKD (GuttaFlow Bioseal) (GFB)

3.5. Replikaların Kök Kanallarının Doldurulması

Bütün örneklerde, kök kanalları doldurulmadan önce, 40 numaralı K tipi eğenin apikale kadar ilerleyip ilerlemediği kontrol edildi.

3.5.1. Kor Taşıyıcılı Sistem Kullanılarak Tamamlanan KKD

GuttaCore ile tamamlanan KKD sırasında Adseal kanal patı (Meta Biomed, Cheongju, Güney Kore), kor taşıyıcılı güta perka ((GuttaCore (Dentsply Tulsa DentalSpecialties, Tulsa, OK, A.B.D.)) (Resim 9), boyut doğrulayıcı [(size verifier) (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre)] (Resim 10), güta perka fırını [Therma Prep 2 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre)] (Resim 11) ve el pluggeri (SybronEndo/Kerr Endodontics, Orange, CA, A.B.D.) kullanıldı.



Resim 9. GuttaCore (Kor taşıyıcılı güta perka) **Resim 10.** Boyut doğrulayıcı (size verifier)

Çalışma boyu ve kanal çapı GuttaCore kanal boyu doğrulayıcı ile kontrol edildi. Adseal kanal patı üretici firmanın talimatlarına uygun olarak karıştırıldı. Hazırlanan kanal patı, kağıt kon (Pearl-Endo, Pearl Dent Co. Ltd., Ho Chi Minh City, Vietnam) yardımı ile kök kanalı içerisine uygulandı. Fazla pat temiz kağıt kon ile kanaldan uzaklaştırıldı. Üretilen

replikaların apikal genişliği #40 numara olduğu için #40 numara GuttaCore obtüratör (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, A.B.D) seçildi. GuttaCore obtüratörünün çalışma boyu lastik stoperle belirlendi. Thermaprep 2 Fırını GuttaCore ayarına getirildikten sonra iki adet #40 numara GuttaCore obtüratörden birincisi ve 5 saniye sonra ikincisi ısıtma haznelerine yerleştirildi. Uyarı sesinden hemen sonra hazneden alınan ilk GuttaCore obtüratör, herhangi bir rotasyon yapmadan tek hamlede kök kanalına yerleştirildi. 5 sn sonra gelen ikinci uyarı sesinden sonra ise ikinci obturator da kök kanalına tek hamlede yerleştirildi. Sıcak bir ekskavator yardımıyla kök kanalının koronal kısmından obtüratörün geri kalan kısmı kesilip uzaklaştırıldı. Taşıyıcı kısım uzaklaştırıldıktan sonra kök kanalı içerisindeki termoplastize gutta perka, uygun bir el pluggeri ile kompakte edildi.

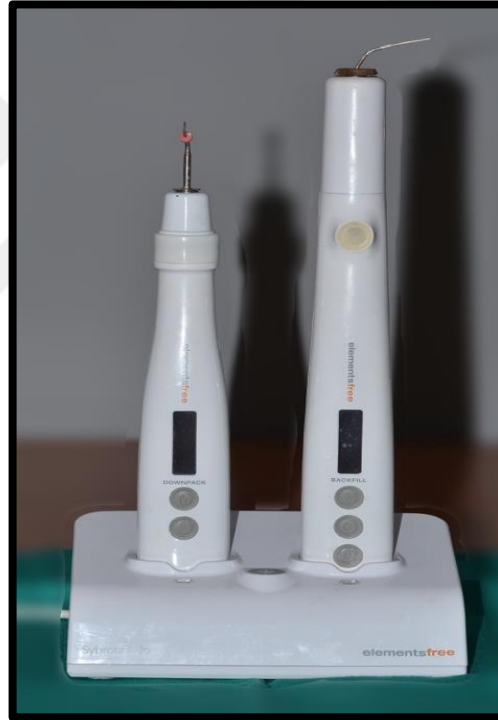


Resim 11. GuttaCore fırını

3.5.2. Devamlı Isı ile Obtürasyon Yöntem Kullanılarak Tamamlanan KKD

Elements Free ile tamamlanan KKD sırasında Adseal kanal patı, .06 koniklik açısına sahip 40 numaralı gutta perka, Elements Free Obturation System cihazı (SybronEndo, Orange, CA, A.B.D) (Resim 12), .06 koniklik açısına sahip cihaz ile ısınan plugger [(Buchanan Heat Plugger) (SybronEndo/Kerr Endodontics, Orange, CA, A.B.D.)], gutta perka kartuş (SybronEndo/Kerr Endodontics) ve el pluggeri kullanıldı.

Adseal kanal patı üretici firmanın talimatlarına uygun olarak karıştırıldı. Hazırlanan kanal patı kağıt kon ile kanal içine uygulandı. Fazla pat temiz kağıt kon ile kanaldan uzaklaştırıldı. #40/0.06 nolu ana kon pata bulanarak bukkal ve palatinal kanallara yerleştirildi. Daha sonra ana kon, cihazın Down-pack ünitesine takılı ısınan bir plugger ile apikal bölümde apikal bariyer olarak 4 mm güta perka kalacak şekilde uzaklaştırıldı. Cihazın soğuması beklendi. Cihaz tekrar ısıtılıp plugger ucu kanal duvarlarına temas ettirilerek artık olan güta-perka kanaldan uzaklaştırıldı. Kalan güta perka uygun bir el pluggeri yardımıyla kök kanalı içerisine kompakte edildi. Back-fill ünitesine takılı güta perka kartuş 200°C’de ısıtıldı ve 4-5 mm güta-perka katmanı halinde kök kanalına enjekte edildi. Her aşamada uygun bir el pluggeri ile sıcak güta perka kompakte edilerek kanal dolgusu tamamlandı.



Resim 12. Elements Free Cordless Obturation System cihazı

3.5.3. Soğuk Lateral Kompaksiyon Yöntem Kullanılarak Tamamlanan KKD

Soğuk Lateral Kompaksiyon tamamlanan KKD sırasında rezin esaslı Adseal kanal patı (Resim 13), 0.02 koniklik açısına sahip güta perka (Resim 14), spreader (Shenzhen Superline Technology Co. Ltd., Shenzhen, Çin) (Resim 15) kullanıldı.



Resim 13. Adseal rezin esaslı kanal patı



Resim 14. Güta-perka

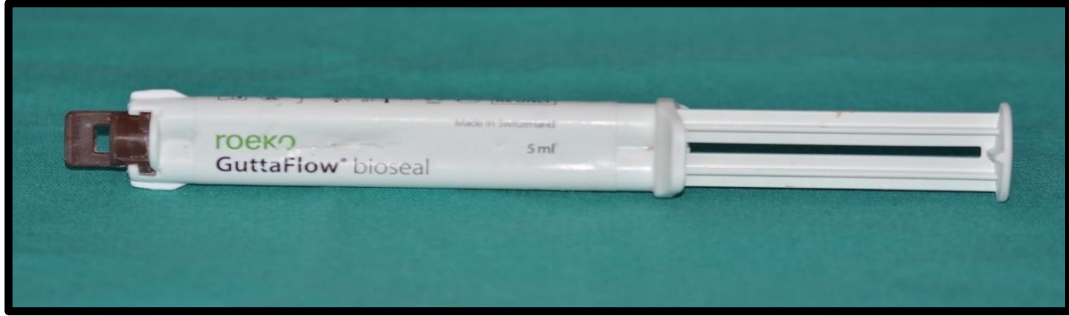
Resim 15. Spreader

Adseal rezin esaslı kanal dolgu patı üretici firmanın önerileri doğrultusunda homojen bir şekilde karıştırıldı. Karıştırılan kök kanal patı kağıt konlar ile kök kanal duvarlarını kaplayacak şekilde uygulandı. Patın fazlası temiz kağıt konlar ile alındı. İki adet #40/0.02 no'lu ana kon bukkal ve palatinal kanallara yerleştirildi. Daha sonra çalışma boyunun 1-2 mm koronal seviyesine kadar ilerleyebilen spreaderlar yardımıyla yardımcı konlar ile kompaksiyon işlemi tamamlandı. Her bir yardımcı kon kanal içerisine yerleştirilmeden önce, apikal üçte bir bölgesi pata bulunarak korondan en az 2 mm ilerleyene kadar kompaksiyona devam edildi. Koronaldeki fazla güta perka ısıtılan sıcak bir alet yardımıyla uzaklaştırıldı.

3.5.4. Soğuk Enjekte Edilebilir Yöntem Kullanılarak Tamamlanan KKD

GuttaFlow Bioseal ile tamamlanan KKD sırasında .06 koniklik açısına sahip güta perka, silikon esaslı GuttaFlow Bioseal (Coltene/Whaledent AG, Altstatten, İsviçre) KKD materyali (Resim 16) kullanıldı.

Kanal yapısına uygun #40/0.06 ana konlar belirlendi. GuttaFlow, üretici firmanın önerileri doğrultusunda aplikatörün ucu yardımıyla karıştırma kağıdı üzerine uygulandı. Seçilen ana konlar karışıma bulanarak bukkal ve palatinal kanallara yerleştirildi ve ileri geri hareketler ile kök kanal dolgusunun çalışma boyunda olması sağlandı. Koronaldeki fazla gütta perka ısıtılan sıcak bir alet yardımıyla uzaklaştırıldı.



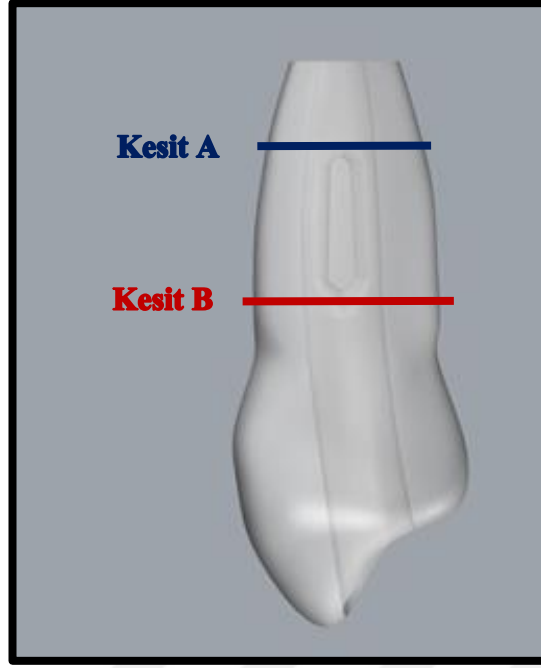
Resim 16. GuttaFlow Bioseal kök kanal dolgu materyali

3.6. Kök Kanal Dolguları Tamamlanan Replikalardan Horizontal Kesit Alınması

Bütün örnekler akrilik bloklara yapıştırıldıktan sonra Micracut kesim cihazına (Metkon, Bursa, Türkiye) (Resim 17) yerleştirildi (Resim 18). Kesit alırken kök kanallarının birleştiği noktadan kesit alınması amaçlandı (Resim 19). Her örnekten 0,3 mm kalınlıkta elmas disk (Buehler) ile su soğutması altında 200 rpm (dakika/devir sayısı) hızda, apikalden itibaren ölçülerek; 4.mm (Kesit A) ve 10.mm'den (Kesit B) iki adet kesit alındı. Kesitler alınırken elmas diskin kalınlığı dikkate alındı.



Resim 17. Micracut hassas kesme cihazı **Resim 18.** Kesme cihazına yerleştirilen örnek diş



Resim 19. Kesit alınan yerlerin şematik görüntüsü

3.7. Kesitlerin Stereo Mikroskop ile Görüntülenmesi

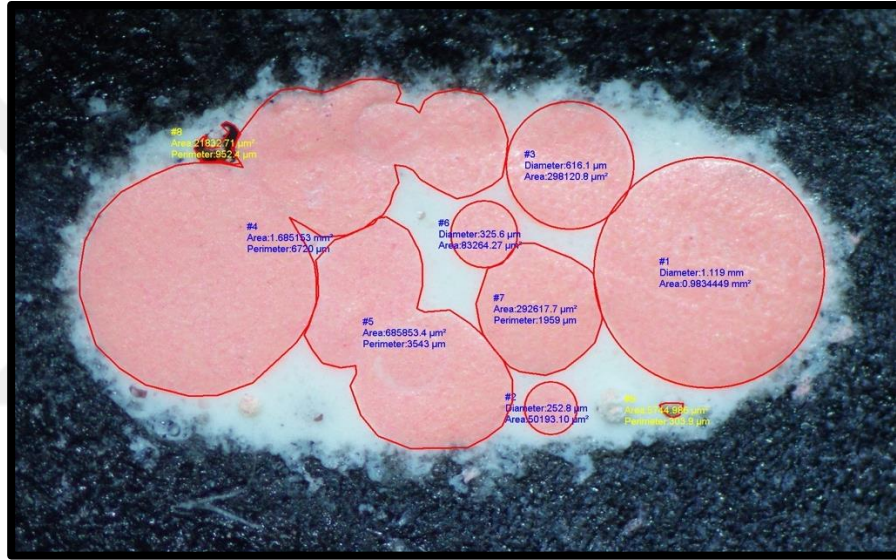


Resim 20. Stereo Mikroskop ve incelenen örneğin görüntüsü

Elde edilen horizontal kesitlerden stereo mikroskop (Olympus BX43; Olympus Co, Tokyo, Japonya) ile 32X büyütme altında görüntüler alınarak bilgisayara kaydedildi (Resim 20).

3.8. Kesit Görüntülerinin Alan Hesaplamalarının Yapılması

Horizontal kesitlerden elde edilen stereo mikroskop görüntüleri ile replikaların güta perka, pat ve boşluk alan hesaplamaları yapıldı (Resim 21). Bu işlem için AxioVision Rel. 4.8 (Zeiss, Göttingen, Almanya) yazılımı kullanıldı.



Resim 21. AxioVision Rel. 4.8 yazılımı ile yapılan güta perka, pat ve boşluk alan hesaplamalarına ait temsili örnek

3.9. İstatiksel Analiz

Verilerin analizi için IBM SPSS Statistics Version 25 programı kullanıldı. Dört farklı KKD tekniği için apikal ve koronal bölgelerden kesit alınarak güta, boşluk ve pat alanları incelendi. Her bir grup için 18 örnek üzerinde çalışıldı ve veri setinde eksik veri bulunmadı. Normal dağılıma uygunluk için Shapiro-Wilk Testi, Basıklık-Çarpıklık değerleri ve Histogram grafiklerden faydalandı. Veriler normal dağılım göstermediği için analizler için Non-Parametrik istatistik testleri kullanıldı. Ölçüm yapılan alanlarda KKD teknikleri arasında

fark olup olmadığını analiz etmek için Kruskal-Wallis testi kullanıldı. Hangi dolun teknikleri arasında fark olduğunun analizi için ikili karşılaştırmalar için SPSS Pairwise Comparisons modülü kullanıldı. Her bir KKD için ayrı olacak şekilde gütü, boşluk ve pat alanları için apikal ve koronal bölge ilişkileri Spearman Korelasyon testi ile incelendi. Tüm testler için anlamlılık düzeyi 0,05 olarak alındı.

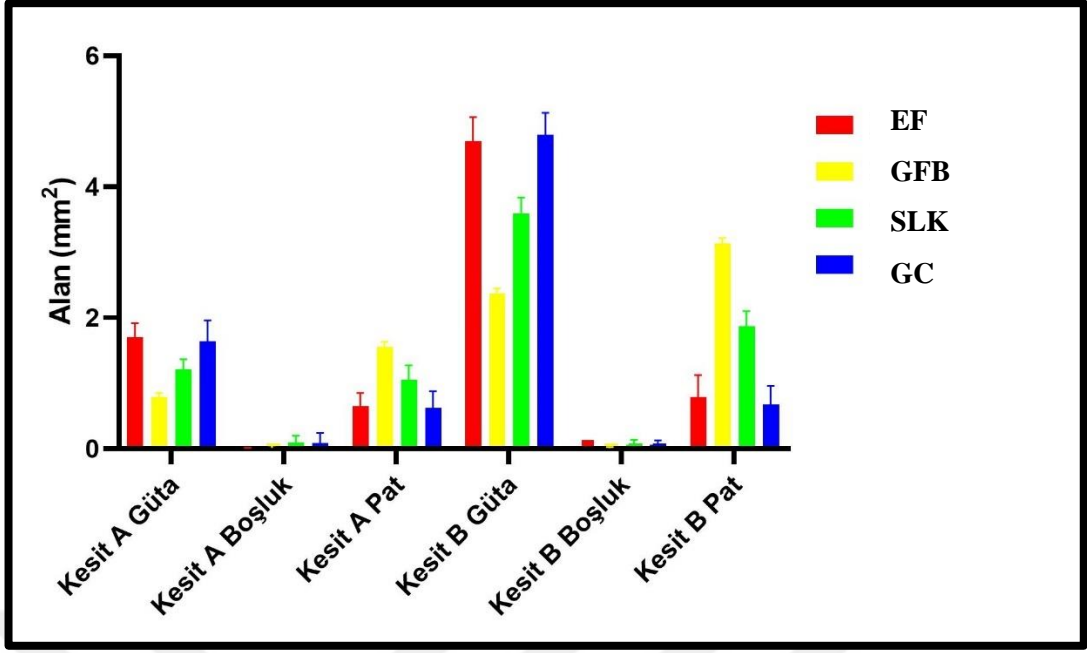


4. BULGULAR

4.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Tablo 1. Gruplara göre ortalama, standart sapma, medyan, minimum ve maksimum değerler tablosu

		N	Ortalama	Standart Sapma	Medyan	Min.	Maks.
Kesit A Güta	EF	18	1,705789	0,2129568	1,769248	1,0834	2,0826
	GFB	18	0,785302	0,0668033	0,768326	0,636	0,9416
	SLK	18	1,208293	0,1595522	1,267851	0,8138	1,4639
	GC	18	1,644299	0,3124286	1,70013	0,9203	2,0792
	Toplam	72	1,335921	0,4256502		0,636	2,0826
Kesit A Boşluk	EF	18	0,004345	0,0106941	0	0	0,0425
	GFB	18	0,013876	0,0398355	0	0	0,1666
	SLK	18	0,09262	0,1070518	0,028816	0	0,291
	GC	18	0,089666	0,1549915	0,009048	0	0,4577
	Toplam	72	0,050126	0,103062		0	0,4577
Kesit A Pat	EF	18	0,645865	0,20551	0,582661	0,2734	1,2301
	GFB	18	1,556822	0,07536	1,564024	1,4144	1,72
	SLK	18	1,055086	0,2183143	1,050874	0,6417	1,5368
	GC	18	0,622035	0,2560706	0,632805	0,1587	1,1144
	Toplam	72	0,969952	0,4301794		0,1587	1,72
Kesit B Güta	EF	18	4,697866	0,364561	4,828207	3,7909	5,0443
	GFB	18	2,374631	0,0748287	2,391247	2,2169	2,4828
	SLK	18	3,596205	0,2388805	3,533026	3,2189	3,9768
	GC	18	4,789892	0,3374653	4,844369	4,0601	5,2007
	Toplam	72	3,864648	1,0238452		2,2169	5,2007
Kesit B Boşluk	EF	18	0,03727	0,058672	0,006343	0	0,2284
	GFB	18	0,010699	0,0199389	0	0	0,0624
	SLK	18	0,059007	0,0802513	0,026548	0	0,3363
	GC	18	0,057699	0,0735596	0,037074	0	0,3049
	Toplam	72	0,041169	0,0643913		0	0,3363
Kesit B Pat	EF	18	0,787863	0,3357924	0,669782	0,4342	1,6221
	GFB	18	3,137647	0,0803772	3,123912	3,0275	3,3061
	SLK	18	1,869453	0,2328639	1,927817	1,4046	2,2851
	GC	18	0,675408	0,2856439	0,63566	0,2879	1,1579
	Toplam	72	1,617593	1,0307834		0,2879	3,3061



Grafik 1. Kesit A ve Kesit B bölgelerinin güta, pat ve boşluk alanları

Kesit A'da güta alanı ortalaması en fazla olan dolun yöntemi EF'dir ($1,705789 \pm 0,2129568$). EF grubunu oldukça yakın bir değer ile GC grubu izlemektedir ($1,644299 \pm 0,3124286$). GC grubundan sonra SLK grubu gelmektedir ($1,208293 \pm 0,1595522$). Bu kesitte en az güta alanı ortalaması GFB grubundadır ($0,785302 \pm 0,0668033$).

Kesit A'da boşluk alan ortalaması en fazla olan dolun yöntemi SLK'dur ($0,092620 \pm 0,1070518$). SLK grubunu oldukça yakın bir ortalama ile GC grubu izlemektedir ($0,089666 \pm 0,1549915$). GC grubundan sonra GFB grubu gelmektedir ($0,013876 \pm 0,0398355$). Bu kesitte en az boşluk alanı ortalaması EF grubundadır ($0,004345 \pm 0,0106941$).

Kesit A'da pat alan ortalaması en fazla olan dolun yöntemi GFB'dur ($1,556822 \pm 0,0753600$). GFB grubunu SLK grubu izlemektedir ($1,055086 \pm 0,2183143$). SLK grubundan sonra EF grubu gelmektedir ($0,645865 \pm 0,2055100$). Bu kesitte en az pat alanı GC grubundadır ($0,622035 \pm 0,2560706$). EF ve GC pat alan ortalamaları birbirine oldukça yakındır.

Kesit B'de güta alanı ortalaması en fazla olan dolun yöntemi GC'dur ($4,789892 \pm 0,3374653$). GC grubunu oldukça yakın bir ortalama ile EF grubu izlemektedir ($4,697866 \pm 0,3645610$). EF grubundan sonra SLK grubu gelmektedir ($3,596205 \pm 0,2388805$). Bu kesitte en az güta alanı ortalamasına sahip yöntem GFB'dur ($2,374631 \pm 0,0748287$).

Kesit B’de boşluk alan ortalaması en fazla olan dolum yöntemi SLK’dur (0,059007±0,0802513). SLK grubunu oldukça yakın bir ortalama ile GC grubu izlemektedir (0,057699±0,0735596). GC grubundan sonra EF grubu gelmektedir (0,037270±0,0586720). Bu kesitte en az boşluk alanı ortalamasına sahip dolum tekniği GFB’dur (0,010699±0,0199389).

Kesit B’de pat alan ortalaması en fazla olan dolum yöntemi GFB’dur (3,137647±0,0803772). Bu grubu SLK grubu izlemektedir (1,869453±0,2328639). SLK grubundan sonra EF grubu gelmektedir (0,787863±0,3357924). Bu kesitte en düşük pat alan ortalamasına sahip yöntem GC’dur (0,675408±0,2856439).

Gruplar arası farkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı Kruskal-Wallis testi ile analiz edildi.

Tablo 2. Shapiro-Wilk normal dağılım testi sonuçları

KKD Yöntemi		Shapiro-Wilk		
		İstatistik	Serbestlik Derecesi	p
Kesit A Gütta	EF	0,885	18	0,032
	GFB	0,953	18	0,469
	SLK	0,826	18	0,004
	GC	0,919	18	0,126
Kesit A Boşluk	EF	0,485	18	0,000
	GFB	0,407	18	0,000
	SLK	0,780	18	0,001
	GC	0,611	18	0,000
Kesit A Pat	EF	0,896	18	0,049
	GFB	0,971	18	0,818
	SLK	0,928	18	0,179
	GC	0,966	18	0,711
Kesit B Gütta	EF	0,797	18	0,001
	GFB	0,945	18	0,349
	SLK	0,926	18	0,167
	GC	0,924	18	0,150
Kesit B Boşluk	EF	0,692	18	0,000
	GFB	0,595	18	0,000
	SLK	0,677	18	0,000
	GC	0,673	18	0,000
Kesit B Pat	EF	0,796	18	0,001
	GFB	0,945	18	0,347
	SLK	0,942	18	0,317
	GC	0,928	18	0,178

Gruplara göre verilerin bir kısmı normal dağılım göstermediği için (p<0,05) analizler için Non-Parametrik testler kullanılacaktır.

Tablo 3. Gruplara ve ölçüm alanlarına göre sıra ortalamaları tablosu

KKD Yöntemi		N	Ortalama Rank
Kesit A Gütâ	EF	18	53,89
	GFB	18	10,00
	SLK	18	30,28
	GC	18	51,83
	Toplam	72	
Kesit A Boşluk	EF	18	23,92
	GFB	18	25,64
	SLK	18	48,69
	GC	18	47,75
	Toplam	72	
Kesit A Pat	EF	18	20,11
	GFB	18	62,89
	SLK	18	42,94
	GC	18	20,06
	Toplam	72	
Kesit B Gütâ	EF	18	52,67
	GFB	18	9,50
	SLK	18	27,78
	GC	18	56,06
	Toplam	72	
Kesit B Boşluk	EF	18	33,50
	GFB	18	21,61
	SLK	18	45,19
	GC	18	45,69
	Toplam	72	
Kesit B Pat	EF	18	20,61
	GFB	18	63,50
	SLK	18	45,22
	GC	18	16,67
	Toplam	72	

Tablo 4. Kruskal-Wallis Test Sonuçları

	Kesit A Gütâ	Kesit A Boşluk	Kesit A Pat	Kesit B Gütâ	Kesit B Boşluk	Kesit B Pat
Kruskal-Wallis H	52,539	24,433	52,476	59,542	16,315	59,626
Serbestlik Derecesi	3	3	3	3	3	3
p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000

Kruskal-Wallis Testi sonuçlarına göre; tüm ölçüm alanlarında KKD yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0,05$).

Her bir ölçüm alanı için hangi dolum yöntemleri arasında fark olduğunu görmek için SPSS Pairwise Comparisons modülü kullanılarak ikili karşılaştırma yapılmıştır.

4.2. İkili Karşılaştırmalar

4.2.1. Kesit A Gütü Ölçüm Alanı

Tablo 5. Kesit A gütü ikili karşılaştırma sonuçları

	EF	GFB	SLK	GC
EF	-	0,000	0,004	1
GFB	0,000	-	0,022	0,000
SLK	0,004	0,022	-	0,012
GC	1	0,000	0,012	-

Kesit A gütü ölçüm alanında hangi dolum yöntemleri arasında fark olduğunu görmek için yapılan Bonferroni düzeltilmeli ikili karşılaştırma sonuçlarına göre;

- EF-GFB grupları arasında apikal gütü ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0,05$) ve EF grubundaki apikal gütü dolum alanı GFB grubundan daha fazladır.

- EF-SLK grupları arasında apikal gütü ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0,05$) ve EF grubundaki apikal gütü dolum alanı SLK grubundan daha fazladır.

- EF-GC grupları arasında apikal gütü ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p > 0,05$).

- GFB-SLK grupları arasında apikal gütü ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0,05$) ve SLK grubundaki apikal gütü dolum alanı GFB grubundan daha fazladır.

- GFB-GC grupları arasında apikal gütü ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0,05$) ve GC grubundaki apikal gütü dolum alanı GFB grubundan daha fazladır.

- SLK-GC grupları arasında apikal gütü ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak

anlamli fark vardir ($p < 0,05$) ve GC grubundaki apikal guta dolum alanı SLK grubundan daha fazladır.

4.2.2. Kesit A Boşluk Ölçüm Alanı

Tablo 6. Kesit A boşluk ikili karşılaştırma sonuçları

	EF	GFB	SLK	GC
EF	-	1	0,001	0,002
GFB	1	-	0,004	0,006
SLK	0,001	0,004	-	1
GC	0,002	0,006	1	-

Kesit A boşluk ölçüm alanında hangi dolum yöntemleri arasında fark olduğunu görmek için yapılan Bonferroni düzeltmeli ikili karşılaştırma sonuçlarına göre;

- EF-GFB grupları arasında apikal boşluk ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p > 0,05$).
- EF-SLK grupları arasında apikal boşluk ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0,05$) ve SLK grubundaki apikal boşluk dolum alanı EF grubundan daha fazladır.
- EF-GC grupları arasında apikal boşluk ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0,05$) ve GC grubundaki apikal boşluk dolum alanı EF grubundan daha fazladır.
- GFB-SLK grupları arasında apikal boşluk ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0,05$) ve SLK grubundaki apikal boşluk dolum alanı GFB grubundan daha fazladır.
- GFB-GC grupları arasında apikal boşluk ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0,05$) ve GC grubundaki apikal boşluk dolum alanı GFB grubundan daha fazladır.
- SLK-GC grupları arasında apikal boşluk ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p > 0,05$).

4.2.3. Kesit A Pat Ölçüm Alanı

Tablo 7. Kesit A pat ikili karşılaştırma sonuçları

	EF	GFB	SLK	GC
EF	-	0,000	0,006	1
GFB	0,000	-	0,026	0,000
SLK	0,006	0,026	-	0,006
GC	1	0,000	0,006	-

Kesit A pat ölçüm alanında hangi dolum yöntemleri arasında fark olduğunu görmek için yapılan Bonferroni düzeltilmeli ikili karşılaştırma sonuçlarına göre;

- EF-GFB grupları arasında apikal pat ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0,05$) ve GFB grubundaki apikal pat dolum alanı EF grubundan daha fazladır.

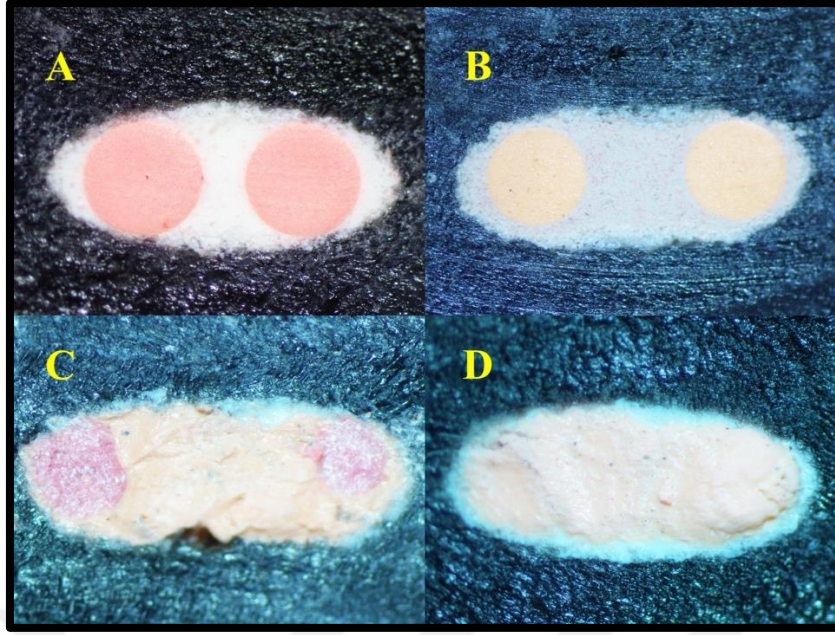
- EF-SLK grupları arasında apikal pat ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0,05$) ve SLK grubundaki apikal pat dolum alanı EF grubundan daha fazladır.

- EF-GC grupları arasında apikal pat ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p > 0,05$).

- GFB-SLK grupları arasında apikal pat ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0,05$) ve GFB grubundaki apikal pat dolum alanı SLK grubundan daha fazladır.

- GFB-GC grupları arasında apikal pat ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0,05$) ve GFB grubundaki apikal pat dolum alanı GC grubundan daha fazladır.

- SLK-GC grupları arasında apikal pat ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0,05$) ve SLK grubundaki apikal pat dolum alanı GC grubundan daha fazladır.



Resim 22. 4 mm'deki Kesit A görüntüleri; (A) Soğuk Lateral Kompaksiyon, (B) GuttaFlow Bioseal, (C) GuttaCore, (D) Elements Free

4.2.4. Kesit B Gütü Ölçüm Alanı:

Tablo 8. Koronal gütü ikili karşılaştırma sonuçları

	EF	GFB	SLK	GC
EF	-	0,000	0,002	1
GFB	0,000	-	0,053	0,000
SLK	0,002	0,053	-	0,000
GC	1	0,000	0,000	-

Kesit B gütü ölçüm alanında hangi dolun yöntemleri arasında fark olduğunu görmek için yapılan Bonferroni düzeltmeli ikili karşılaştırma sonuçlarına göre;

- EF-GFB grupları arasında koronal gütü ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0,05$) ve EF grubundaki koronal gütü dolun alanı GFB grubundan daha fazladır.

- EF-SLK grupları arasında koronal gütü ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0,05$) ve EF grubundaki koronal gütü dolun alanı SLK grubundan daha fazladır.

• EF-GC grupları arasında koronal güta ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$).

• GFB-SLK grupları arasında koronal güta ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$).

• GFB-GC grupları arasında koronal güta ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0,05$) ve GC grubundaki koronal güta dolum alanı GFB grubundan daha fazladır.

• SLK-GC grupları arasında koronal güta ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0,05$) ve GC grubundaki koronal güta dolum alanı SLK grubundan daha fazladır.

4.2.5. Kesit B Boşluk lm Alanı:

Tablo 9. Kesit B boşluk ikili karşılaştırma sonuçları

	EF	GFB	SLK	GC
EF	-	0,515	0,547	0,469
GFB	0,515	-	0,004	0,003
SLK	0,547	0,004	-	1
GC	0,469	0,003	1	-

Kesit B boşluk ölçüm alanında hangi dolum yöntemleri arasında fark olduğunu görmek için yapılan Bonferroni düzeltmeli ikili karşılaştırma sonuçlarına göre;

• EF-GFB grupları arasında koronal boşluk lm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$).

• EF-SLK grupları arasında koronal boşluk lm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$).

• EF-GC grupları arasında koronal boşluk lm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$).

• GFB-SLK grupları arasında koronal boşluk lm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0,05$) ve SLK grubundaki koronal boşluk dolum alanı GFB grubundan daha fazladır.

- GFB-GC grupları arasında koronal boşluk ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0,05$) ve GC grubundaki koronal boşluk dolun alanı GFB grubundan daha fazladır.

- SLK-GC grupları arasında koronal boşluk ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$).

4.2.6. Kesit B Pat Ölçüm Alanı:

Tablo 10. Kesit B pat ikili karşılaştırma sonuçları

	EF	GFB	SLK	GC
EF	-	0,000	0,003	1
GFB	0,000	-	0,053	0,000
SLK	0,003	0,053	-	0,000
GC	1	0,000	0,000	-

Kesit B pat ölçüm alanında hangi dolun yöntemleri arasında fark olduğunu görmek için yapılan Bonferroni düzeltmeli ikili karşılaştırma sonuçlarına göre;

- EF-GF grupları arasında koronal pat ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0,05$) ve GFB grubundaki koronal pat dolun alanı EF grubundan daha fazladır.

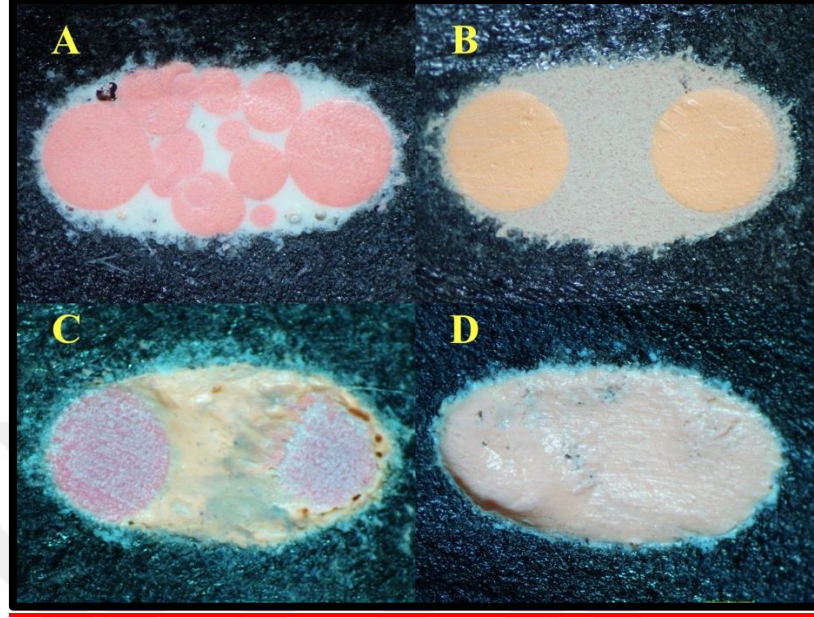
- EF-SLK grupları arasında koronal pat ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0,05$) ve SLK grubundaki koronal pat dolun alanı EF grubundan daha fazladır.

- EF-GC grupları arasında koronal pat ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$).

- GFB-SLK grupları arasında koronal pat ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$).

- GFB-GC grupları arasında koronal pat ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0,05$) ve GFB grubundaki koronal pat dolun alanı GC grubundan daha fazladır.

• SLK-GC grupları arasında koronal pat ölçüm alanı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0,05$) ve SLK grubundaki koronal pat dolum alanı GC grubundan daha fazladır.



Resim 23. 10 mm'deki Kesit B görüntüleri; (A) Soğuk Lateral Kompaksiyon, (B) GuttaFlow Bioseal, (C) GuttaCore, (D) Elements Free

4.3. Korelasyon Analizleri:

KKD güta, boşluk ve pat alanları için apikal ve koronal ölçüm bölgeleri arasında ilişki olup olmadığını analiz etmek için Non-Parametrik Spearman Korelasyon analizi yapılmıştır.

Tablo 11. Gruplara göre ölçüm bölgeleri için korelasyon analizi sonuçları

KKD Yöntemi	N	Kesit A Güta-Kesit B Güta		Kesit A Boşluk-Kesit B Boşluk		Kesit A Pat-Kesit B Pat	
		r	p	r	p	r	p
EF	18	0,302	0,223	0,251	0,314	0,307	0,216
GFB	18	0,383	0,117	0,085	0,739	0,249	0,32
SLK	18	0,234	0,349	0,169	0,504	0,245	0,328
GC	18	0,251	0,316	0,152	0,548	0,342	0,165

Spearman Korelasyon analizi sonuçlarına göre; tüm KKD yöntemlerinin tüm ölçüm alanlarında kesit A ve kesit B ölçüm bölgeleri arasında istatistiksel bir ilişki yoktur ($p > 0,05$). Apikal ve koronal bölgeler birbirlerinden bağımsız şekilde ölçüm alanlarına sahiptir.

5. TARTIŞMA

5.1 Tedavi Basamaklarının Değerlendirilmesi

Günümüzde teknolojinin gelişimi, dijital görüntüleme sistemlerinin gelişmesine de olanak sağlamıştır. Gelişen dijital görüntüleme sistemleri ile kök kanal sistemleri ayrıntılı bir şekilde incelenmiş ve kök kanal sisteminin tahmin edilenden daha karmaşık bir yapıda olduğu ortaya konmuştur (12,14). Versiani ve ark. (12), Ahmed ve Abbott (13) kök kanal yapılarının dişten dişe, bireyden bireye, popülasyondan popülasyona farklılık gösterdiğini rapor etmişlerdir. İnsan dişleri incelendiğinde, üst çene birinci ve ikinci küçük azı dişlerinin değişik anatomik varyasyona ve karmaşık yapıya sahip olduğu tespit edilmiştir (12-14). Vertucci ve Gegauff (130) üst çene premolar dişleri incelemişler ve açıklanamayan başarısız endodontik tedavilerde, diş hekimlerinin farklı morfolojik yapıdaki kanalların varlığından şüphne etmeleri gerektiğini bildirmişlerdir. Araştırmamızda karmaşık anatomiye sahip olmaları nedeniyle üst çene birinci küçük azı dişlerini kullandık.

Kök kanal yapılarındaki kompleks anatominin farkına varılmasıyla kök kanal morfolojilerini sınıflama ihtiyacı doğmuştur. Vertucci (8), Weine (15), Ahmed ve ark. (14), Briseño-Marroquín ve ark. (131) araştırmalarında farklı kök kanal morfolojilerini sınıflamışlardır. Vertucci (8) kök kanal konfigürasyonunu 8 grupta incelerken, Weine (15) 4 grupta incelemiştir. Ahmed ve ark. (14) ise dişlerin kök kanal sayılarının, diş numaralarının da sınıflamaya dahil edilmesi gerektiğini bildirmiştir. Fakat birçok araştırmacı sınıflama yapmış olmasına rağmen Vertucci (8) sınıflaması bugün hala pek çok araştırmacı tarafından tercih edilmektedir. Bu nedenle araştırmamızda ürettiğimiz replikaları kök kanal konfigürasyonuna göre tanımlarken Vertucci (8) sınıflamasını kullandık.

Kök kanal dolgusu başarı etkinliklerini değerlendiren araştırmalar; hayvan (132,133), insan (134–137) dişleri üzerinde ya da 3B baskı teknolojisi ile üretilen dental modeller üzerinde (138) yapılmıştır. Klinik koşullarını daha gerçeği olarak yansıtabilmesi için sıklıkla çekilmiş insan dişleri kullanılmıştır (134–137). Fakat in vitro araştırmalarda insan dişinin kullanılması, boyut standardizasyonunun zor olması ve diş anatomilerindeki farklılıklarından dolayı standart sapsmalara neden olabilmektedir. Bu durum karmaşık kök kanal konfigürasyonuna sahip dişlerde gerekli örneklem sayısına ulaşmayı zorlaştırmaktadır.

Araştırmalarda tutarlı ve doğru bir sonuca ulaşmak için birbiriyle aynı anatomiye sahip dişlerde çalışarak standardizasyon sağlanması önem arz ertmektedir (139). 3B baskı teknolojisine karmaşık morfolojik yapılar bilgisayar programlarında tasarlanarak basılabilmektedir. Baskı prosedürünün doğruluğu ve hassaslığından dolayı aynı anatomik koşullara sahip kök kanallarıyla deney gruplarını karşılaştırmanın daha güvenilir sonuçlar göstereceği belirtilmiştir (11). Tüm bu bilgiler ele alındığında 3B baskı teknolojsinin araştırmalarda kullanılmasının eğitime ve bilime katkı sağlayacağı düşünölmektedir. Ayrıca, 3B baskı teknolojisi gerek tedavilerde, gerek araştırmalarda gerekse de diş hekimliği ğrencilerinin klinik öncesi eğitimlerinde kullanılmaktadır (121). Bu teknoloji sayesinde, öğrenciler farklı kök kanal konfigürasyonlarında çalışma imkanı bulmaktadırlar. Ayrıca kısa sürede aynı prototip örnek oluşturabiliyor olması, öğrencilerin farklı prosedürler kullanarak deneyim kazanmalarına imkan sağlamaktadır (121). Bu nedenle araştırmamızda bu teknolojiyi kullanarak birbiriyle aynı anatomiye sahip dişler ürettik. Araştırmamıza benzer şekilde, Gök ve ark. (138) C1 konfigürasyonuna sahip mandibular molar dişten 3B baskı teknolojisi ile elde edilmiş replikalarda farklı KKD tekniklerinin dolgu kalitesini birbirleri ile karşılaştırmışlardır. Ordinola-Zapata ve ark. (11) da araştırmalarında 3B baskı teknolojisini kullanmışlardır. S şekilli mezial kanala ve 62° eğimli mezial kanala sahip iki mandibular molar dişin 3B baskı ile replikaları oluşturmuş, döner alet sistemlerinin kesme etkinliği değerlendirilmişlerdir.

Araştırmamız, elde edilen replikalar ile Vertucci Tip 3 (Resim 6) kök kanal konfigürasyonuna sahip dişlerde KKD yöntemlerini karşılaştırmak amacıyla tamamlandı. KKD tamamlanan örneklerden kesit alma işlemi su soğutması altında yapıldığı için ısı oluşumu meydana gelmemiştir. Bu nedenle materyalde ve KKD'nda distorsiyon oluşmamıştır. Kesitler apikalden itibaren 4. ve 10. mm seviyelerinde alınmış ve güta perka, pat ve boşluk alanları hesaplanmıştır. Bu seviyedeki kesitler kanalların birleşme yerlerini ifade etmektedir (Resim 16). Boşluk alan miktarının az olması ve güta-perka alan miktarının fazla olması kanal dolgu kalitesini göstermektedir.

Kök kanal şekillendirmesini takiben kök kanal dezenfeksiyon uygulamasının amacı kök kanal sistemindeki mikroorganizmaları etkisiz hale getirmektir (140). Ancak kök kanalları karmaşık ve değişken anatomiler göstermektedir (8). İçerdikleri lateral ve aksesuar kanallar, isthmuslar ve kanal içi düzensizliklere kök kanal tedavisi prosedürleriyle her zaman ulaşılmaktadır (141). Peters ve ark. (142) kök kanal şekillendirme tekniği farketmeksizin, kök kanal sisteminin yaklaşık %35'ine kanal eğesi teması bulunmadığını bildirmiştir (142).

Bu nedenle mikroorganizmaların kök kanallarından tamamen uzaklaştırılması mümkün olmamaktadır (140,141). İdeal bir KKD, mikroorganizmaların yaşamını sürmesine engel olmalı ve mikroorganizmaların toksinlerinin dokular arası geçişini engelleyebilmelidir (140). Ayrıca KKD kök kanallarındaki bütün ayrıntılara ulaşabilmelidir (143). Literatürde farklı KKD tekniklerinde; KKDsunda boşluk gözlendiğini bildiren birçok araştırma bulunmaktadır (137,138,144). Boş kalmış veya tamamen doldurulmamış bölümlerdeki mikroorganizmalar periodontal dokulara geçerek periodontal dokuları irite etmektedir (29). Bu mikroorganizmaların neden olduğu mikrosızıntıların, kök kanal tedavisindeki başarısızlıkların en yaygın nedenlerinden biri olduğu düşünülmektedir (26). Ray ve Trope (145) hem koronal restorasyonun hem de KKD'sunun iyi olduğu vakalarda endodontik tedavinin başarısının %91,4 olduğunu ve hem KKD'sunun hem de koronal dolgunun yetersiz olduğu vakalarda ise başarının %18,1 olduğunu bildirmiştir.

Kök kanal tedavisinde yaygın olarak kullanılan materyaller güta-perka ve kanal dolgu patlarıdır (94). Piyasada farklı içeriğe sahip kanal patları mevcuttur. Literatürde bu patların özelliklerini karşılaştıran birçok araştırma bulunmaktadır. Lee ve ark. (146) çinko oksit öjenol, cam iyonomer, kalsiyum hidroksit ve rezin esaslı kanal dolgu patlarını karşılaştırmış, rezin esaslı dolgu patlarının hem dentine hem de güta perkaya daha güçlü bir şekilde bağlandığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar, bu sonucu epoksit halkasının açılması ile rezin ve kollajen arasında oluşan kovalent bağlar ile ilişkilendirmişlerdir (146). Mamootil ve Messer (147), çinko oksit öjenol, metakrilat rezin ve epoksi rezin esaslı kanal dolgu patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunu karşılaştırmış; hem in vitro hem de in vivo olarak rezin esaslı kanal patlarının dentin kanallarına daha derin penetrasyona sahip olduklarını belirtmişlerdir. Araştırmacılar bu sonucu kanal patlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ilişkilendirmişlerdir. Ayrıca rezin içerikli kök kanal patlarının hidrolik basınçtan ziyade, kapiller hareket ile dentin tübüllerine penetre olduğunu ifade etmişlerdir. Singh ve ark. (148) MTA Fillapex ve Adseal kanal dolgu patlarını karşılaştırdıkları araştırmalarında, Adseal'in daha güçlü apikal tıkama sağladığını bildirmişlerdir. Tüm bu avantajlarını göz önüne alarak, araştırmamızda güta-perkayla birlikte Adseal kanal dolgu patı kullanmayı tercih ettik (29).

Şekillendirilmiş olan kök kanal sisteminin doldurulması ve kanal dolgularının kalitesini arttırabilmek için geçmişten günümüze çeşitli KKD yöntemleri uygulanmıştır. KKD işlemi soğuk ve sıcak teknikler olarak ikiye ayrılmıştır. Klinik olarak SLK yönteminin maliyetinin düşük olması ve öngörülebilir çalışma boyu nedeniyle yaygın kullanımı mevcuttur (101). Schilder (149) SLK tekniğinin kanal duvarları yetersiz tıkayacağını belirtip

ısıtılmış güta-perka yöntemlerini ortaya atmıştır. Bu teknik Buchanan (150) tarafından modifiye edilerek devamlı ısı ile obturasyon tekniği geliştirilmiştir. Bu sayede daha homojen KKD yapılabileceği, kanal içinde bulunan düzensizliklere erişebileceği ve apikalden kanal dolgusu taşma riskinin sıcak vertikal kompaksiyon tekniğine göre daha az olduğu gösterilmiştir (151,152). Termoplastik KKD yöntemlerinin, homojen kanal dolgusu sağlama, lateral kanalları daha iyi doldurma ve dentin duvarlarına iyi adaptasyon gösterme özellikleri sonucunda daha başarılı olduğu araştırmalar bulunmaktadır (153,154). Aqrwabi (155) araştırmasında sıcak vertikal kompaksiyon yönteminin SLK yöntemine göre daha başarılı klinik sonuçları olduğunu rapor etmiştir.

KKD teknikleri arasında en eski ve en klasik yöntem SLK yöntemidir. Uygulama kolaylığı, öngörülebilir çalışma boyu kontrolü ve maliyetin düşük olması klinik uygulamalarda kullanımını arttırmıştır (3). Diş hekimliği fakültelerinde gerek klinik öncesi eğitimde gerek klinik uygulamalarda en fazla kullanılan yöntemdir (96). Ayrıca birçok araştırmada da diğer KKD yöntemlerinin değerlendirilmesinde kullanılan bir yöntemdir (156,157). Araştırmamızda da incelenecek diğer KKD yöntemleriyle karşılaştırılmak amacıyla SLK'yı araştırma grupları arasına dahil ettik.

Wu ve ark. (158) kök kanal dolgu tekniklerini [Soğuk lateral kompaksiyon , Devamlı ısı ile kompaksiyon, GuttaFlow+Tek kon ve GuttaFlow+Tek kon+Yardımcı konlar)] sızdırmazlık özellikleri bakımından karşılaştırmışlar, GuttaFlow kullanılan gruplarda apikal bölgedeki güta-perka miktarının neredeyse %100'e yakın olduğunu bildirmişlerdir. Koronal bölgelerden alınan kesitlerde ise güta-perka miktarının; GuttaFlow kullanılan gruplarda anlamlı derecede daha fazla olduğunu ifade etmişlerdir. Bu durumun, GuttaFlow'un genişleme özelliğine bağlı olarak geliştiği düşünülmektedir. GFB piyasaya yeni sürülmüş KKD materyalidir. Literatürde GFB'nin düşük sitotoksitesisi (76,159) ve yüksek sızdırmazlık yeteneğini gösteren araştırmalara yer verilmiş olmasına rağmen, GFB'yi diğer KKD yöntemleriyle karşılaştıran araştırmalar sınırlıdır. Daha önce Vertucci Tip 3 kök kanal morfolojisine sahip kanallarda kullanılmamış olması nedeniyle araştırmamızda GFB'i araştırma grupları arasına dahil ettik.

GuttaFlow ve GuttaFlow 2 ile yapılan araştırmalarda kanal dolguları farklı prosedürlerle tamamlanmıştır. Bu materyaller araştırmalarda ana güta perka konu ile birlikte (160–162), bazılarında kanala sadece enjekte edilerek (163), bazılarında ise ana güta-perka kona ek olarak yardımcı konlarla birlikte (101,164) kullanılmıştır. Wu ve ark. (158) araştırmalarında GuttaFlow KKD materyalini gerek tek ana konla ve gerek ise ana konu

yardımcı konlarla birlikte kullanmıştır. Araştırmacılar gruplar arasında sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını ifade etmişlerdir. Bunun sonucunda GuttaFlow ile KKD yapılan kanallarda yardımcı kon kullanılmasının gerekmediğini bildirmişlerdir. Belirtilen araştırmanın verileri ışığı altında; araştırmamızda GFB ile tamamlanan KKD yönteminde yardımcı kon olmaksızın ana güta-perka kon kullanımını tercih ettik.

Güta-perka, alfa (α) ve beta (β) olmak üzere iki kristal form ve amorf yapıda bulunur. Bu formlar birbirine dönüşebilir. Alfa formu doğada bulunan halidir ve termoplastik kök KKD tekniklerinde kullanılmaktadır. Beta formu ise ıstılmamış ve sentetik halidir, geleneksel güta-perka konları olarak kök kanal dolgusunda sıklıkla kullanır (29). Literatürde termoplastik KKD teknikleri ile tamamlanan kanallarda, güta-perkanın daha iyi penetrasyon gösterdiğini bildiren araştırmalar vardır (165,166). Schafer ve ark. (165) tek kon, soğuk lateral kompaksiyon ve güta-perka taşıyıcı sistemlerini (Guttacore ve GuttaFusion) karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar, güta-perka taşıyıcı sistemler ile tamamlanan KKD'nda, güta-perka alanlarının diğer gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede fazla olduğunu belirtmişlerdir. Fragachan ve ark.'nın (166) farklı KKD yöntemlerinin lateral kanallardaki penetrasyon derinliği ve hacmini karşılaştırmışlar; GuttaCore'un lateral kanallarda oluşturduğu penetrasyon derinliği ve hacminin termomekanik ve soğuk lateral kompaksiyon dolgu tekniklerine göre daha fazla olduğu belirtilmiştir. Ayrıca Beasley ve ark. (167) Thermafil ve GuttaCore ile KKD tamamlanan dişlerin yeniden kanal tedavi edilme sürelerini karşılaştırmışlardır. (GuttaCore) ile yapılan kök kanal dolgularının yeniden tedavi edilmesinin daha kolay olduğu ve uygulama sırasında daha az zaman gerektirdiğini bildirmişlerdir. Bu sonucu Thermafil'in taşıyıcısının plastik yapıda olması ile ilişkilendirmişlerdir. Royzenblat ve Goodell (168) yeniden kanal tedavisi gerektiren olgularda, Thermafil'in taşıyıcı kısmının plastik olması nedeniyle kanaldan uzaklaştırılmasının zor olduğunu ifade etmiştir. Tüm bu avantajları göz önünde bulundurarak, araştırmamızda ısıyla yumuşatarak karmaşık kanal morfolojisine uyum sağlayabilecek sıcak doldurma tekniği olan GuttaCore'u araştırma grupları arasına dahil ettik.

Elements Free, devamlı ısıyla vertikal kompaksiyon yöntemi baz alınarak geliştirilmiştir (30). Bu yöntemde kanalın apikal üçte bir bölgesindeki güta perkanın down-pack cihazı ile yumuşatılması ve kanalın geri kalan kısmının back fill ile güta-perkaların tabakalar halinde enjekte edilmesine dayanır (29). Enjekte edilen güta-perkaya vertikal kompaksiyon uygulanması kök kanalının üç boyutlu olarak doldurulmasında başarı

sağlamaktadır. Küçükaya Eren ve ark. (169) Elements Free, soğuk lateral kompaksiyon ve tek kon tekniğinin apikal dolgu kalitesini karşılaştırmışlar; Elements Free tekniğinde, soğuk lateral kompaksiyon ve tek kon tekniğine göre daha az boşluk görüldüğünü bildirmişlerdir. Ayrıca post boşluğu hazırlığının, soğuk lateral kompaksiyon ve tek kon tekniklerinde dolgu materyalinin apikal bütünlüğünü olumsuz yönde etkilerken, Elements Free grubu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığını ifade etmişlerdir (169). Elements Free dolgu tekniği ile ilgili yapılan araştırmalar sınırlıdır ve daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulacağı düşünülmektedir. Bu nedenle araştırmamızda Elements Free Obturation Sistemi'ni araştırma grupları arasına dahil ettik.

5.2. Araştırma Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Araştırmamızda apikalden 4mm'den alınan kesitlerde (Kesit A) en fazla güta-perka dolum alanı EF grubuna aittir. Bu grubu GC grubu takip etmektedir ve EF grubu ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. GC ve EF gruplarını SLK grubu takip etmektedir. En az güta-perka dolum alanına sahip grup ise GFB grubudur. En az güta-perka dolum alanına sahip olan grubun GFB grubu olmasının nedeninin bu dolgu tekniğinin yardımcı konlar olmaksızın yapılmasından kaynaklanabileceğini düşünüyoruz. Bunun diğer bir nedeni de, GFB materyalinde pat ile güta-perka partiküllerinin bir arada bulunması olabilir. En fazla güta-perka alanına sahip yöntemler, sıcak dolum tekniklerinde gözlenmiştir. Bu durum ısıyla yumuşayan güta-perkanın kanal içi düzensizliklere daha iyi yayıldığına dair bir kanıt olabilir (29,117). SLK dolgu tekniğinin yardımcı konlar kullanıldığı için GFB'ye göre daha çok güta-perka alanına sahip olduğu; soğuk dolgu tekniği olduğu için de kanal içi düzensizliklere iyi uyum sağlamamasından kaynaklı başarısız bir sonuca sahip olduğu düşünülebilir (151).

Apikalin 10 mm koronalinden (Kesit B) alınan kesitlerinde en fazla güta-perka dolum alanı EF ve GC gruplarına aittir. EF ve GC grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. En az güta-perka dolum alanına sahip gruplar ise GFB ve SLK gruplarıdır. GFB ve SLK grupları arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Bu durum benzer şekilde ısı uygulanan güta-perkanın kanala daha iyi uyum gösterdiğine kanıt olabilir.

Araştırmamızda da Kesit A'da en fazla boşluk miktarı SLK grubundadır. Bunu GC grubu takip etmektedir ve iki grup arasında anlamlı bir fark yoktur. En az boşluk miktarları EF ve GFB gruplarında gözlenmiştir. SLK grubundaki boşluk miktarının fazla olmasının

soğuk dolgu tekniği olup düzensiz alanlara uyum gösterememesi olabilir. SLK yönteminde ise ana kon ve yardımcı konlar arasında kimyasal bir bağlanma olmaması ve spreader ile açılan boşluğun yardımcı konlarla uyumlu bir şekilde doldurulamaması boşluk nedenleri olarak gösterilebilmektedir. Bununla birlikte; yerleştirme sırasında kanal duvarlarıyla meydana gelen sürtünme de boşluklara neden olabilmektedir (170). Ayrıca araştırmamızda kesitlerden elde edilen stereo mikroskop görüntülerinde, güta-perkanın taşıyıcıdan sıyrıldığı ve taşıyıcı ile güta-perka arasında boşluk oluştuğu gözlemlendi.

Kesit B'deki örneklerde en az boşluk miktarına sahip grup GFB grubudur. EF grubu bu grubu takip etmektedir ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. SLK ve GC grupları fazla boşluk miktarına sahip gruplardır ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur. Bu durum kesit A'daki örneklerle benzerdir.

Keleş ve ark. (171) çekilmiş tek köklü insan maksiller premolar dişlerini kök kanallarını şekillendirip örnekleri iki ayrı gruba ayırmışlardır. Soğuk lateral kompaksiyon ve sıcak vertikal kompaksiyon yöntemleriyle tamamlanan kanal dolgularını, mikro-BT ile inceleyerek kök kanalı içerisindeki dolgu hacmi ve boşluk miktarı açısından değerlendirmişlerdir. Araştırmamıza benzer şekilde soğuk lateral kompaksiyon grubundaki örneklerde istatistiksel olarak daha fazla boşluk miktarı ve daha az dolgu hacmi olduğunu bildirmişlerdir. Boşluk miktarının fazla olmasını; SLK yönteminde pat miktarının fazla olması ve rezin esaslı kanal dolgu patlarında görülen polimerizasyon büzülmesinin boşluk miktarını arttırmasıyla ilişkilendirmişlerdir. Ayrıca SLK grubunda spreader defektlerinin yol açtığı boşluklar gözlemlendiklerini bildirmişlerdir (171).

Küçükaya Eren ve ark. (169) EF, SLK ve tek kon tekniğini kök kanalı içerisindeki dolgu hacmi ve boşluk miktarı açısından değerlendirmişlerdir. KKD'su tamamlanan dişleri mikro-BT ile incelemişler; EF grubunda daha az boşlukların bulunduğunu bildirmişlerdir (169). Gupta ve ark. (144) 30 maksiller kesici dişte Calamus dual 3D obtürasyon sistemi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre), Thermafil ve SLK gruplarının KKD kalitesini incelemişlerdir. Araştırmacılar kök kanallarının apikal, orta ve koronal üçte bir bölgelerindeki güta-perka ve boşluk alanlarını KIBT ile ölçmüşlerdir. Yapılan incelemeye göre; Calamus dual 3D obtürasyon sistemi kullanılmış KKD'larında SLK tekniğine göre daha yüksek miktarda güta perka ile doldurulmuş alan daha düşük oranda boşluksuz bölgeler tespit edilmiştir (144). Bu sonuçlar araştırmamızın sonuçlarıyla benzerdir.

Zogheib ve ark. (172) sıcak vertikal kompaksiyon yöntemi (Touch n'Heat ve Obtura II; SybronEndo, Orange, Kanada) ile 2 adet termoplastik kor taşıyıcılı sistemini (GuttaCore

ve Gutta Fusion) kanal dolgu kalitesi açısından değerlendirmişlerdir. 36 adet tek kanallı çekilmiş insan dişinin KKD'lerini tamamlandıktan sonra örnekleri mikro-BT altında incelemişlerdir. Apikal 1 mm, 3 mm ve 5 mm'de kanal dolgusundaki boşluk miktarı açısından gruplar arasında herhangi bir fark tespit etmediklerini bildirmişlerdir. Bununla birlikte tüm gruplarda en fazla boşluk apikal 1 mm seviyesinde tespit edilmiştir. Benzer şekilde araştırmamızda da Kesit B'de boşluk miktarı incelendiğinde; sıcak teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Saeed (173) Thermafil, Soft Core ve Sistem B yöntemlerinin apikal sızdırmazlıklarını boya penetrasyon yöntemiyle incelemiştir. En düşük sızıntıya sahip grubun Sistem B grubuna ait olduğu, en yüksek sızıntıya ait grubun ise Thermafil grubuna ait olduğunu rapor etmiştir. Fakat gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını bildirmiştir. Araştırmacı, termoplastik güta-perkanın tabakalar halinde uygulanmasının daha az büzülme ile sonuçlandığını bildirmiştir.

Gençoğlu ve ark. (174) Thermafil, Soft Core, Quick-Fill, Sistem B, Microseal ve SLK yöntemini bilgisayarlı sıvı filtrasyon metodu ile incelemişlerdir. Thermafil, Soft Core, Quick-Fill and System B tekniklerinin Microseal ve SLK tekniklerine göre daha az sızıntıya neden olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, bu sonucu Sistem B'nin 3-4 mm'lik tabakalar halinde uygulanmasının büzülmeyle azaltılmasıyla ilişkilendirmişlerdir.

Nelson ve ark. (175), 30 adet şeffaf akrilik bloklarda 30° açılı yapay kök kanalları oluşturmuşlardır. Bu kanalları SLK ve System B ısı kaynağının kullanıldığı düşük ısı (101°C) sıcak lateral kompaksiyon yöntemleri ile tamamlamışlardır. Örnekler kök kanal şekillendirmeleri tamamlandıktan sonra ve KKD tamamlandıktan sonra tartılmıştır. System B ısı kaynağının kullanıldığı düşük ısı (101°C) sıcak lateral kompaksiyon yönteminde kullanılan güta-perka miktarında ağırlık olarak diğer yöntemlere göre fazla olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca Er ve Akpınar (176) araştırmalarında devamlı ısıyla dolun yöntemi (Sistem B) ile SLK yöntemini karşılaştırmışlardır. Yapay kanalların olduğu fiber bloklar KKD'dan önce ve sonra hassas dijital bir terazi ile tartılarak incelenmiştir. Sistem B grubunda ağırlık olarak daha fazla güta-perka bulunduğunu bildirmişlerdir. Bu araştırmaların sonuçları, araştırmamızın sonuçlarıyla benzerdir.

Gound ve ark. (177) diş hekimliği öğrencilerinin klinik ortamda SLK, Thermafil, ActiveGP ve GuttaFlow ile yaptıkları kök kanal dolgularının kalitesini radyografik olarak incelemişlerdir. Çalışma uzunluğu ve radyografteki dolgu densitesine göre değerlendirilen bu araştırmada, araştırmamızın aksine SLK yönteminin kök kanallarını doldurmada daha başarılı

bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, bu sonucu; intraoral radyograflar ile yalnızca 2 boyutlu değerlendirme yapılabilmesinin yanıltıcı sonuçlar elde edilmesi ile ilişkilendirmişlerdir. Ayrıca öğrencilerin klinikte rutin olarak SLK yöntemini kullandıklarını belirtmişlerdir. Bu durum; KKD tekniklerinde daha fazla tecrübe kazanılmasının araştırmanın sonuçlarını etkileyebileceği görüşünü desteklemektedir.

Yiğit Özer ve Aktener (178) 64 adet çekilmiş üst keser diş üzerinde SLK ve Soft Core tekniğini kullanarak, KKD tekniklerinin başarısını boya penetrasyon tekniği ile incelemişlerdir. Soft-Core grubuna ait sızıntı değerlerinin SLK grubuna kıyasla daha düşük olduğu fakat gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, Soft-Core'da kullanılan α -fazlı güta-perkanın ısı ile yumuşatılınca akıcı özellik kazanmasının sonuçları etkileyebileceğini rapor etmişlerdir (178). Farklı bir in vivo araştırmada; Yiğit Özer ve Aktener (179) 98 adet mandibular birinci ve ikinci büyük azı dışında klinik olarak şekillendirmeyi takiben Soft Core ve SLK yöntemleriyle KKD'larını tamamlamışlardır. 3 yıl sonra hastaları geri çağırarak KKD'ları tamamlanan dişleri, klinik ve radyografik olarak değerlendirmişlerdir. Soft Core ve SLK arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını fakat Soft Core kullanımının SLK kullanımına kıyasla daha kısa sürede uygulama kolaylığı sağladığını ifade etmişlerdir (179).

Li ve ark. (180) tek köklü 32 alt küçük azıda GC, sıcak vertikal kompaksiyon ve SLK yöntemlerini mikro-BT ve SEM analizleri altında incelemişlerdir. Her iki analizde de GC ve sıcak vertikal kompaksiyon yöntemlerinin SLK'a göre kök kanalı içerisinde daha az boşluk gösterdiğini fakat sıcak vertikal kompaksiyon grubu ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını rapor etmişlerdir. SLK grubunda boşluk miktarının fazla olmasının, kök kanalına yardımcı konların eklenmesi amacıyla kullanılan spreader nedeniyle oluşmuş olabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca GC sisteminin avantajları göz önünde bulundurulduğunda sıcak vertikal kompaksiyona alternatif olarak kullanılabileceğini ifade etmişlerdir (180).

Çapar ve ark. (181) çekilmiş alt kesici dişlerde SLK, açılı tek kon, sıcak vertikal kompaksiyon yöntemlerini stereo mikroskop altında incelemişlerdir. Apikalden 2mm'lik kesitte SLK grubunda diğer gruplara göre daha az boşluk görüldüğünü bildirmişlerdir. Araştırmacılar bu sonucu, ana kon haricinde aksesuar konlar ile birlikte de kanal patı kullanılmış olması ve spreader ile yapılan kompaksiyon işleminin güta-perka ve kanal duvarı arasında kalan patı apikal boşluklara basınçla itmesi ile ilişkilendirmişlerdir. Bu bulgular araştırmamız sonuçlarıyla farklıdır. Bu durum araştırmada kullanılan dişlerin farklı anatomik

yapıya sahip olmasıyla açıklanabilir.

Literatür incelendiğinde, farklı kök kanal konfigürasyonlarına ait KKD tekniklerinin sızdırmazlık üzerine etkisini inceleyen araştırmaların kısıtlı sayıda olduğu görölmektedir (138,182). Dört farklı KKD tekniğinin sızdırmazlık üzerine etkisinin incelendiği bu araştırmada ise Vertucci Tip 3 kök kanal morfolojisine sahip model dişler üzerinde çalışılmıştır. Bu nedenle, farklı KKD tekniklerinin farklı kök kanal konfigürasyonlarındaki etkisini inceleyen yeni klinik veya in vitro araştırmalara ihtiyaç olduğunu düşünöyoruz.



6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu bilgilerin ışığı altında şu sonuçlara varılabilir;

Sızdırmaz kök kanal dolgusunun endodontik tedavinin başarısına önemli bir katkı sağladığı bilinmektedir. Araştırmamızda Vertucci Tip 3 kök kanal morfolojisine sahip dişlerde Elements Free ve GuttaFlow Bioseal ile tamamlanan kök kanal dolgusunun kanalların birleşme yerinde daha az boşluğa neden olduğu görülmüştür. Bu nedenle bu anatomiye sahip dişlerde Elements Free ve GuttaFlow Bioseal ile tamamlanan kök kanal dolgusunun kullanılması tavsiye edilebilir.

Toplam güta-perka miktarı göz önünde bulundurulduğunda, GuttaCore ve Elements Free ile tamamlanan kök kanal dolgusunun daha başarılı olduğunu söylenebilir. Fakat araştırmamızda GuttaCore ile tamamlanan kök kanal dolgusunda, güta-perkanın taşıyıcıdan sıyrılabildiği ve boşluk miktarlarının diğer yöntemlere kıyasla daha fazla olduğu görülmüştür. Bu nedenle GuttaCore ile tamamlanan kök kanal dolguları yerine Elements Free ile tamamlanan kök kanal dolgularının uygulanması tavsiye edilebilir.

Bizim araştırmamız ile benzer araştırmaların sonuçları birbiri ile paralellik ve farklılıklar göstermiştir. Diğer araştırmalarda örneklerde standardizasyonun sağlanmamış olmasının farklılıklara neden olabileceği düşünülmektedir. İleride yürütülmesi planan araştırmaların sonuçlarının güvenilir olması için 3B baskı teknolojisi ile örneklerde standardizasyonun sağlanması önemlidir.

Araştırmamız sadece Vertucci sınıflaması Tip 3 konfigürasyonuna sahip dişlerle yürütülmüştür. Diğer konfigürasyonların değerlendirilmesi için yeni araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

3B baskı teknolojisi, istenilen anatomik varyasyona göre diş replikası üretilebilmesini mümkün kılmaktadır. 3B teknoloji ile oluşturulmuş replikalar, benzer araştırmalarda da standardizasyonu sağlayacağı için, ileride yürütülmesi planlanan araştırmalara ışık tutacaktır.

KAYNAKLAR

1. Gatot A, Peist M, Mozes M. Endodontic overextension produced by injected thermoplasticized gutta-percha. *Journal of Endodontics*. 1989;15(6):273–4.
2. Cailleteau JG, Mullaney TP. Prevalence of teaching apical patency and various instrumentation and obturation techniques in United States dental schools. *Journal of Endodontics*. 1997;23(6):394–6.
3. Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X. Outcome of Root Canal Obturation by Warm Gutta-Percha versus Cold Lateral Condensation: A Meta-analysis. *Journal of Endodontics*. 2007;33(2):106–9.
4. Gutmann JL, Saunders WP, Saunders EM, Nguyen L. An assessment of the plastic Thermafil obturation technique: Part 1 Radiographic evaluation of adaptation and placement. *International Endodontic Journal*. 1993;26(3):173–8.
5. Lipski M. Root surface temperature rises in vitro during root canal obturation with thermoplasticized gutta-percha on a carrier or by injection. *Journal of Endodontics*. 2004;30(6):441–3.
6. Vertucci FJ. Root canal morphology of mandibular premolars. *The Journal of the American Dental Association*. 1978;97(1):47–50.
7. Bansal R, Hegde S, Astekar MS. Classification of Root Canal Configurations: A Review and a New Proposal of Nomenclature System for Root Canal Configuration. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2018;12(5):ZE01–5.
8. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1984;58(5):589–99.
9. Vertucci FJ. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endodontic Topics*. 2005;10(1):3–29.
10. Sun J, Zhang FQ. The Application of Rapid Prototyping in Prosthodontics. *Journal of Prosthodontics*. 2012;21(8):641–4.
11. Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Duarte MAH, Cavenago BC, Jaramillo D, Versiani MA. Shaping ability of Reciproc and TF Adaptive systems in severely curved canals of

- rapid microCT-based prototyping molar replicas. *Journal of Applied Oral Science*. 2014;22(6):509–15.
12. Versiani MA, Pécora JD, De Sousa-Neto MD. Root and root canal morphology of four-rooted maxillary second molars: A micro-computed tomography study. *Journal of Endodontics*. 2012;38(7):977–82.
 13. Ahmed HMA, Abbott P V. Accessory roots in maxillary molar teeth: A review and endodontic considerations. *Australian Endodontic Journal*. 2012;57(2):123–31.
 14. Ahmed HMA, Versiani MA, De-Deus G, Dummer PMH. A new system for classifying root and root canal morphology. *International Endodontic Journal*. 2017;50(8):761–70.
 15. Weine FS, Healey HJ, Gerstein H, Evanson L. Canal configuration in the mesiobuccal root of the maxillary first molar and its endodontic significance. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1969;28(3):419–25.
 16. Weine FS. Case report: three canals in the mesial root of a mandibular first molar (?). *Journal of Endodontics*. 1982;8(11):517–20.
 17. Kartal N, Çalışkan Yanıkoğlu F. Root canal morphology of mandibular incisors. *Journal of Endodontics*. 1992;18(11):562–4.
 18. Sert S, Bayirli GS. Evaluation of the root canal configurations of the mandibular and maxillary permanent teeth by gender in the Turkish population. *Journal of Endodontics*. 2004;30(6):391–8.
 19. Gulabivala K, Opananon A, Ng YL, Alavi A. Root and canal morphology of Thai mandibular molars. *International Endodontic Journal*. 2002;35(1):56–62.
 20. Verma P, Love RM. A Micro CT study of the mesiobuccal root canal morphology of the maxillary first molar tooth. *International Endodontic Journal*. 2011;44(3):210–7.
 21. Gu Y, Zhou P, Ding Y, Wang P, Ni L. Root canal morphology of permanent three-rooted mandibular first molars: Part III - An odontometric analysis. *Journal of Endodontics*. 2011;37(4):485–90.
 22. Kim Y, Chang SW, Lee JK, Chen IP, Kaufman B, Jiang J, Cha BY, Zhu Q, Safavi KE, Kum KY. A micro-computed tomography study of canal configuration of multiple-canal mesiobuccal root of maxillary first molar. *Clinical Oral Investigations*. 2013;17(6):1541–6.

23. Versiani MA, Ordinola-Zapata R. Root Canal Anatomy: Implications in Biofilm Disinfection. In: The root canal biofilm. 2015. p. 155–87.
24. Orstavik D. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endodontic Topics*. 2005;12(1):25–38.
25. Grossman LI, Oliet S, del Rio CE. *Endodontic Practice*. Philadelphia, PA, USA; 1988. 242–70 p.
26. Cohen S, Hargreaves KM. *Pathways of the Pulp*. 2006. 358–399 p.
27. Johnson WT, Gutmann JL. Obturation of the cleaned and shaped root canal system. In: *Pathways of the pulp*. Canada: Mosby Elsevier; 2006. p. 358–99.
28. Koren LZ, Yesilsoy C, Sinai IH, Chivan N. A detailed analysis of four long-term silver cone root canal fillings. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1988;66(1):86–92.
29. Alaçam T. *Endodonti*. Özyurt Matbaacılık, Ankara, 2012.
30. Çalışkan K. *Endodontide tanı tedaviler*. 2. Baskı, İzmir, Nobel tıp kitabevi, 2006.
31. Pitt Ford TR, Rhodes JS, Pitt Ford HE. *Endodontics: Problem-Solving in Clinical Practice*. 1st ed. Dunitz M, editor. London; 2002.
32. 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, Oral Pathology*. 1974;37(6):954–61.
33. Lares C, ElDeeb ME. The sealing ability of the Thermafil obturation technique. *Journal of Endodontics*. 1990;16(10):474–9.
34. McMurtrey LG, Krell KV, Wilcox LR. A comparison between thermafil and lateral condensation in highly curved canals. *Journal of Endodontics*. 1992;18(2):68–71.
35. de Almeida Gomes BPF, Vianna ME, Matsumoto CU, E Silva Rossi VDP, Zaia AA, Randi Ferraz CC, de Souza Filho FJ. Disinfection of gutta-percha cones with chlorhexidine and sodium hypochlorite. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2005;100(4):512–7.
36. Senia ES, Marraro RV, Mitchell JL. Cold sterilization of gutta-percha cones with formocresol vapors. *The Journal of the American Dental Association*. 1977;94(5):887–90.
37. Strange KA, Tawil PZ, Phillips C, Walia HD, Fouad AF. Long-term Outcomes of Endodontic Treatment Performed with Resilon/Epiphany. *Journal of Endodontics*.

2019;45(5):507–12.

38. Shipper G, Ørstavik D, Teixeira FB, Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). *Journal of Endodontics*. 2004;30(5):342–7.
39. Shokouhinejad N, Sharifian MR, Aligholi M, Assadian H, Tabor RK, Nekoofar MH. The sealing ability of resilon and gutta-parcha following different smear layer removal methods: An ex vivo study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2010;110(1):e45-9.
40. Imai Y, Komabayashi T. Properties of a new injectable type of root canal filling resin with adhesiveness to dentin. *Journal of Endodontics*. 2003;29(1):20–3.
41. Leonard JE, Gutmann JL, Guo IY. Apical and coronal seal of roots obturated with a dentine bonding agent and resin. *International Endodontic Journal*. 1996;29(2):76–83.
42. Kaur A, Shah N, Logani A, Mishra N. Biototoxicity of commonly used root canal sealers: A meta-analysis. *Journal of Conservative Dentistry*. 2015;18(2):83–8.
43. Grossman LI. An improved root canal cement. *The Journal of the American Dental Association*. 1958;56(3):381–5.
44. Hauman CHJ, Love RM. Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: A review. Part 2. Root-canal-filling materials. *International Endodontic Journal*. 2003;36(3):147–60.
45. Consensus report of the European Society of Endodontology on quality guidelines for endodontic treatment. *International Endodontic Journal*. 1994;27:115–24.
46. Koch K, Min PS, Stewart GG. Comparison of apical leakage between Ketac Endo sealer and Grossman sealer. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1994;78(6):784–7.
47. Somani R, Jaidka S, Jawa D, Mishra S. Comparative evaluation of microleakage in conventional glass ionomer cements and triclosan incorporated glass ionomer cements. *Contemporary Clinical Dentistry*. 2014;5(1):85-8.
48. Friedman S, Moshonov J, Trope M. Efficacy of removing glass ionomer cement, zinc oxide eugenol, and epoxy resin sealers from retreated root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1992;73(5):609–12.
49. Kaplan AE, Picca M, Gonzalez MI, Macchi RL, Molgatini SL. Antimicrobial effect of six

- endodontic sealers: An in vitro evaluation. *Dental Traumatology*. 1999;15(1):42–5.
50. Waltimo TM, Boiesen J, Eriksen HM, Ørstavik D. Clinical performance of 3 endodontic sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*. 2001;92(1):89–92.
51. Shashirekha G, Jena A, Pattanaik S, Rath J. Assessment of pain and dissolution of apically extruded sealers and their effect on the periradicular tissues. *Journal of Conservative Dentistry*. 2018;21(5):546–50.
52. Wu MK, Wesselink PR, Boersma J. A 1-year follow-up study on leakage of four root canal sealers at different thicknesses. *International Endodontic Journal*. 1995;28(4):185–9.
53. Azar NG, Heidari M, Bahrami ZS, Shokri F. In vitro cytotoxicity of a new epoxy resin root canal sealer. *Journal of Endodontics*. 2000;26(8):462–5.
54. Jain P. *Current Therapy in Endodontics*. John Wiley & Sons. 2016.
55. Jahromi MZ, Navabi AA, Ekhtiari M. Comparing coronal discoloration between AH26 and ZOE sealers. *Iranian Endodontic Journal*. 2011;6(4):146–9.
56. Savadkouhi ST, Fazlyab M. Discoloration potential of endodontic sealers: A brief review. *Iranian Endodontic Journal*. 2016;11(4):250–4.
57. Spångberg LSW, Barbosa SV, Lavigne GD. AH26 releases formaldehyde. *Journal of Endodontics*. 1993;19(12):596–8.
58. Parolia A, Nikolopoulou D, Lim BSH, Kanagasingam S. Comparison of antibacterial effectiveness between Sealapex and AH-plus sealer against *Enterococcus faecalis*: A systematic review of in vitro studies. *Giornale Italiano di Endodonzia*. 2020;34(2):119–34.
59. Hubbe KL, de Oliveira KV, Coelho BS, Baratto-Filho F. AH Plus extrusion into periapical tissue: literature review of main related properties and report of clinical cases. *RSBO*. 2016;13(4):280–8.
60. Dartar Öztan M, Yilmaz Ş, Kalayci A, Zaimoğlu L. A comparison of the in vitro cytotoxicity of two root canal sealers. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2003;30(4):426–9.
61. Saleh IM, Ruyter IE, 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*. 2004;37(3):193–8.
62. Schäfer E, Zandbiglari T. Solubility of root-canal sealers in water and artificial saliva.

- International Endodontic Journal. 2003;36(10):660–9.
63. Oliveira ACM, Tanomaru JMG, Faria-Junior N, Tanomaru-Filho M. Bacterial leakage in root canals filled with conventional and MTA-based sealers. *International Endodontic Journal*. 2011;44(4):370–5.
64. Tay FR, Loushine RJ, Monticelli F, Weller RN, Breschi L, Ferrari M, Pashley DH. Effectiveness of resin-coated gutta-percha cones and a dual-cured, hydrophilic methacrylate resin-based sealer in obturating root canals. *Journal of Endodontics*. 2005;31(9):659–64.
65. Pameijer CH, Zmener O. Resin Materials for Root Canal Obturation. *Dental Clinics of North America*. 2010;54(2):325–44.
66. Kim YK, Grandini S, Ames JM, Gu LS, Kim SK, Pashley DH, Gutmann JL, Tay FR. Critical Review on Methacrylate Resin-based Root Canal Sealers. *Journal of Endodontics*. 2010;36(3):383–99.
67. Versiani MA, Carvalho-Junior JR, Padilha MIAF, Lacey S, Pascon EA, Sousa-Neto MD. A comparative study of physicochemical properties of AH Plus™ and Epiphany™ root canal sealants. *International Endodontic Journal*. 2006;39(6):464–71.
68. Bouillaguet S, Troesch S, Wataha JC, Krejci I, Meyer JM, Pashley DH. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dental Materials*. 2003;19(3):199–205.
69. Schwartz RS. Adhesive Dentistry and Endodontics. Part 2: Bonding in the Root Canal System-The Promise and the Problems: A Review. *Journal of Endodontics*. 2006;32(12):1125–34.
70. Perdigão J, Lopes MM, Gomes G. Interfacial Adaptation of Adhesive Materials to Root Canal Dentin. *Journal of Endodontics*. 2007;33(3):259–63.
71. Kettering JD, Torabinejad M. Cytotoxicity of root canal sealers: a study using HeLa cells and fibroblasts. *International Endodontic Journal*. 1984;17(2):60–6.
72. Witherspoon DE, Gutmann JL. Analysis of the healing response to gutta-percha and Diaket when used as root-end filling materials in periradicular surgery. *International Endodontic Journal*. 2000;33(1):37–45.
73. Saleh IM. Root canal sealers: adhesive and antibacterial properties in relation to sealing

- ability. Faculty of Dentistry University of Oslo; 2007.
74. Bouillaguet S, Wataha JC, Lockwood PE, Galgano C, Golay A, Krejci I. Cytotoxicity and sealing properties of four classes of endodontic sealers evaluated by succinic dehydrogenase activity and confocal laser scanning microscopy. *European Journal of Oral Sciences*. 2004;112(2):182–7.
 75. Eldeniz AU, Mustafa K, Ørstavik D, Dahl JE. Cytotoxicity of new resin-, calcium hydroxide- and silicone-based root canal sealers on fibroblasts derived from human gingiva and L929 cell lines. *International Endodontic Journal*. 2007;40(5):329–37.
 76. Collado-González M, Tomás-Catalá CJ, Oñate-Sánchez RE, Moraleda JM, Rodríguez-Lozano FJ. Cytotoxicity of GuttaFlow Bioseal, GuttaFlow2, MTA Fillapex, and AH Plus on Human Periodontal Ligament Stem Cells. *Journal of Endodontics*. 2017;43(5):816–22.
 77. Punjabi M, Dewan RG, Kochhar R. Comparative evaluation of fracture resistance of root canals obturated with four different obturating systems. *Journal of Conservative Dentistry*. 2017;20(6):445–50.
 78. Accardo C, Himel VT, Lallier TE. A novel GuttaFlow sealer supports cell survival and attachment. *Journal of Endodontics*. 2014;40(2):231–4.
 79. Mandal P, Zhao J, Sah SK, Huang Y, Liu J. In vitro cytotoxicity of GuttaFlow 2 on human gingival fibroblasts. *Journal of Endodontics*. 2014;40(8):1156–9.
 80. Hoikkala NPJ, Wang X, Hupa L, Smått JH, Peltonen J, Vallittu PK. Dissolution and mineralization characterization of bioactive glass ceramic containing endodontic sealer Guttaflow Bioseal. *Dental Materials Journal*. 2018;37(6):988–94.
 81. Donnermeyer D, Bürklein S, Dammaschke T, Schäfer E. Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review. *Odontology*. 2019;107(4):421–36.
 82. Al-Haddad A, Aziz ZACA. Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. *International Journal of Biomaterials*. 2016.
 83. Lee BN, Hong JU, Kim SM, Jang JH, Chang HS, Hwang YC, Hwang IM, Oh WM. Anti-inflammatory and Osteogenic Effects of Calcium Silicate-based Root Canal Sealers. *Journal of Endodontics*. 2019;45(1):73–8.
 84. Bilgiç A, Bodrumlu E. Biyoseramik Esaslı Kök Kanal Patları: Derleme. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2016;26(4):111–7.

85. Accorinte M de LR, Holland R, Reis A, Bortoluzzi MC, Murata SS, Dezan E, Souza V, Alessandro LD. Evaluation of Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Hydroxide Cement as Pulp-capping Agents in Human Teeth. *Journal of Endodontics*. 2008;34(1):1–6.
86. Barrieshi-Nusair KM, Qudeimat MA. A Prospective Clinical Study of Mineral Trioxide Aggregate for Partial Pulpotomy in Cariously Exposed Permanent Teeth. *Journal of Endodontics*. 2006;32(8):731–5.
87. Jacobovitz M, de Pontes Lima RK. The use of calcium hydroxide and mineral trioxide aggregate on apexification of a replanted tooth: A case report. *Dental Traumatology*. 2009;25(3):e32–6.
88. Byström A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *European Journal of Oral Sciences*. 1981;89(4):321–8.
89. Ørstavik D, Kerekes K, Molven O. Effects of extensive apical reaming and calcium hydroxide dressing on bacterial infection during treatment of apical periodontitis: a pilot study. *International Endodontic Journal*. 1991;24(1):1–7.
90. Ørstavik D. Endodontic filling materials. *Endodontic Topics*. 2014;31(1):53–67.
91. 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 Endodontics*. 1998;85(1):86–93.
92. Al-Dewani N, Hayes SJ, Dummer PM. Comparison of laterally condensed and low-temperature thermoplasticized gutta-percha root fillings. *Journal of Endodontics*. 2000;26(12):733–8.
93. Wu MK, Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *International Endodontic Journal*. 1993;26(1):37–43.
94. Gordon MPJ, Love RM, Chandler NP. An evaluation of .06 tapered gutta-percha cones for filling of .06 taper prepared curved root canals. *International Endodontic Journal*. 2005;38(2):87–96.
95. Glickman GN, Gutmann JL. Contemporary perspectives on canal obturation. *Dental Clinics of North America*. 1992;36(2):327–41.
96. Qualtrough AJ, Whitworth JM, Dummer PM. Preclinical endodontology: An international

- comparison. *International Endodontic Journal*. 1999;32(5):406–14.
97. Carrotte P. Endodontics: Part 8. Filling the root canal system. *British Dental Journal*. 2004;197(11):667–72.
98. 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*. 2003;29(8):505–8.
99. Frantzeska K, Christopoulos D, Chondrokoukis P. Gutta Percha and Updated Obturating Techniques. *Journal of Dental Health, Oral Disorders & Therapy*. 2017;8(2):00276.
100. Chu CH, Lo ECM, Cheung GSP. Outcome of root canal treatment using Thermafil and cold lateral condensation filling techniques. *International Endodontic Journal*. 2005;38(3):179–85.
101. De-Deus G, Brandão MC, Fidel RAS, Fidel SR. The sealing ability of GuttaFlow™ in oval-shaped canals: An ex vivo study using a polymicrobial leakage model. *International Endodontic Journal*. 2007;40,(10):794–9.
102. Saygili G, Saygili S, Tuglu I, Capar ID. In vitro cytotoxicity of guttaflow bioseal, guttaflow 2, AH-Plus and MTA fillapex. *Iranian Endodontic Journal*. 2017;12(3):354–9.
103. Ramadhan SA, Al Hashimi RA. Bioactivity of gutta flow II versus modified gutta percha based silicon endodontic sealers by nanobioactive fillers. *Indian Journal of Forensic Medicine and Toxicology*. 2020;14(1):974–9.
104. Delfino MM, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M, Sasso-Cerri E, Cerri PS. Immunoinflammatory response and bioactive potential of GuttaFlow bioseal and MTA Fillapex in the rat subcutaneous tissue. *Scientific Reports*. 2020;10(1):1–15.
105. Gandolfi MG, Siboni F, Prati C. Properties of a novel polysiloxane-guttapercha calcium silicate-bioglass-containing root canal sealer. *Dental Materials*. 2016;32(5):e113–26.
106. Bouillaguet S, Wataha JC, Tay FR, Brackett MG, Lockwood PE. Initial In Vitro Biological Response to Contemporary Endodontic Sealers. *Journal of Endodontics*. 2006;32(10):989–92.
107. Taraslia V, Anastasiadou E, Lignou C, Keratiotis G, Agrafioti A, Kontakiotis EG. Assessment of cell viability in four novel endodontic sealers. *European Journal of Dentistry*. 2018;12(2):287–91.

108. Luccy CT, Weller RN, Kulild JC. An evaluation of the apical seal produced by lateral and warm lateral condensation techniques. *Journal of Endodontics*. 1990;16(4):170–2.
109. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *Journal of Endodontics*. 2006;32(4):281–90.
110. 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*. 2005;99(4):505–10.
111. Wu MK, Kašt'áková A, Wesselink PR. Quality of cold and warm gutta-percha fillings in oval canals in mandibular premolars. *International Endodontic Journal*. 2001;34(6):485–91.
112. Budd CS, Weller RN, Kulild JC. A comparison of thermoplasticized injectable gutta-percha obturation techniques. *Journal of Endodontics*. 1991;17(6):260–4.
113. Carneiro SMBS, Sousa-Neto MD, Rached-Jr FA, Miranda CES, Silva SRC, Silva-Sousa YTC. Push-out strength of root fillings with or without thermomechanical compaction. *International Endodontic Journal*. 2012;45(9):821–8.
114. Bey GL. A Complicated Endodontic Retreatment Using A New Cordless Obturation System: A Case Report. *Oral Health Dental Journal*. 2015;16:26.
115. Lipski M. In Vitro Infrared Thermographic Assessment of Root Surface Temperatures Generated by High-Temperature Thermoplasticized Injectable Gutta-Percha Obturation Technique. *Journal of Endodontics*. 2006;32(5):438–41.
116. Michanowicz A, Czonstkowsky M. Sealing properties of an Injection-thermoplasticized low-temperature (70°C) gutta-percha: A preliminary Study. *Journal of Endodontics*. 1984;10(12):563–6.
117. Haznedaroğlu F, Barut G, Armağan S, Kutlu Basmacı G. Kök Kanalının Doldurulmasında Sıcak Güta-Perka Teknikleri. *Türkiye Klinikleri endodonti-özel konular*. 2019;5(2):25–32.
118. Kaplan T, Sönmez Kaplan S, Sazak Öveçoğlu H. Güncel Kök Kanal Dolum Teknikleri. *Türkiye Klinikleri endodonti-özel konular*. 2019;5(2):18–24.
119. Johnson WB. A new gutta-percha technique. *Journal of Endodontics*. 1978;4(6):184–8.
120. Gutmann JL. The future of root canal obturation. *Dentistry Today*. 2011;30(11):128,130-131.

121. Arslan N, Yaylacı B, Eyüpoğlu ND, Kürtüncü M. Sağlıkta Gelişen Teknoloji: Üç Boyutlu Yazıcılar. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*. 2018;2(2):99–110.
122. Webb PA. A review of rapid prototyping (RP) techniques in the medical and biomedical sector. *Journal of Medical Engineering and Technology*. 2000;24(4):149–53.
123. Shah P, Chong BS. 3D imaging, 3D printing and 3D virtual planning in endodontics. *Clinical Oral Investigations*. 2018;22(2):641–54.
124. Olla P. Opening Pandora's 3D Printed Box. *IEEE Technology and Society Magazine*. 2015;34(3):74–80.
125. Kang HW, Lee SJ, Ko IK, Kengla C, Yoo JJ, Atala A. A 3D bioprinting system to produce human-scale tissue constructs with structural integrity. *Nature Biotechnology*. 2016;34(3):312–9.
126. AbouHashem Y, Dayal M, Savanah S, Štrkalj G. The application of 3D printing in anatomy education. *Medical Education Online*. 2015;20(1):1-3.
127. Niikura T, Sugimoto M, Lee SY, Sakai Y, Nishida K, Kuroda R, Kurosaka M. Tactile surgical navigation system for complex acetabular fracture surgery. *Orthopedics*. 2014;37(4):237–42.
128. Lioufas PA, Quayle MR, Leong JC, McMenamin PG. 3D printed models of cleft palate pathology for surgical education. *Plastic and Reconstructive Surgery - Global Open*. 2016;4(9).
129. Wheeler RC. *Wheeler's Atlas of Tooth Form*. Saunders; 1969.
130. Vertucci FJ, Gegauff A. Root canal morphology of the maxillary first premolar. *The Journal of the American Dental Association*. 1979;99(2):194–8.
131. Briseño-Marroquín B, Paqué F, Maier K, Willershausen B, Wolf TG. Root Canal Morphology and Configuration of 179 Maxillary First Molars by Means of Micro-computed Tomography: An Ex Vivo Study. *Journal of Endodontics*. 2015;41(12):2008–13.
132. Molyvdas I, Zervas P, Lambrianidis T, Veis A. Periodontal tissue reactions following root canal obturation with an injection-thermoplasticized gutta-percha technique. *Dental Traumatology*. 1989;5(1):32–7.

133. Golden AL, Hennes PR. Root canal obturation using Thermafil endodontic obturators in dog teeth. *Journal of Veterinary Dentistry*. 1992;9(3):4–7.
134. Kierklo A, Tabor Z, Pawińska M, Jaworska M. A microcomputed tomography-based comparison of root canal filling quality following different instrumentation and obturation techniques. *Medical Principles and Practice*. 2015;24(1):84–91.
135. Ho ESS, Chang JWW, Cheung GSP. Quality of root canal fillings using three gutta-percha obturation techniques. *Restorative Dentistry & Endodontics*. 2016;41(1):22–8.
136. Robia G. Comparative radiographic assessment of root canal obturation quality: Manual versus rotary canal preparation technique. *International Journal of Biomedical Science*. 2014;10(2):136–42.
137. Selem LC, Li GH, Niu LN, Bergeron BE, Bortoluzzi EA, Chen JH, Pashley DH, Tay FR. Quality of obturation achieved by a non-gutta-percha-based root filling system in single-rooted canals. *Journal of Endodontics*. 2014;40(12):2003–8.
138. Gok T, Capar ID, Akcay I, Keles A. Evaluation of Different Techniques for Filling Simulated C-shaped Canals of 3-dimensional Printed Resin Teeth. *Journal of Endodontics*. 2017;43(9):1559–64.
139. Versiani MA, Pécora JD, Sousa-Neto MD. Microcomputed tomography analysis of the root canal morphology of single-rooted mandibular canines. *International Endodontic Journal*. 2013;46(9):800–7.
140. Celikten B, Uzuntas CF, Orhan AI, Tufenkci P, Misirli M, Demiralp KO, Orhan K. Micro-CT assessment of the sealing ability of three root canal filling techniques. *Journal of Oral Science*. 2015;57(4):361–6.
141. Kandaswamy D, Venkateshbabu N, Gogulnath D, Kindo AJ. Dentinal tubule disinfection with 2% chlorhexidine gel, propolis, morinda citrifolia juice, 2% povidone iodine, and calcium hydroxide. *International Endodontic Journal*. 2010;43(5):419–23.
142. Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *International Endodontic Journal*. 2001;34(3):221–30.
143. Tabassum S, Khan FR. Failure of endodontic treatment: The usual suspects. *European Journal of Dentistry*. 2016;10(1):144–7.

144. Gupta R, Dhingra A, Panwar NR. Comparative Evaluation of Three Different Obturating Techniques Lateral Compaction, Thermafil and Calamus for Filling Area and Voids Using Cone Beam Computed Tomography: An Invitro study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2015;9(8):ZC15-7.
145. Ray HA, 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*. 1995;28(1):12–8.
146. Lee KW, Williams MC, Camps JJ, Pashley DH. Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. *Journal of Endodontics*. 2002;28(10):684–8.
147. Mamootil K, Messer HH. Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. *International Endodontic Journal*. 2007;40(11):873–81.
148. Singh R, Pushpa S, Arunagiri D, Sawhny A, Misra A, Sujatha R. The effect of irrigating solutions on the apical sealing ability of MTA Fillapex and Adseal root canal sealers. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*. 2016;10(4):251–6.
149. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *Dental Clinics of North America*. 1967;11:723–44.
150. Buchanan LS. The continuous wave of condensation technique: a convergence of conceptual and procedural advances in obturation. *Dentistry Today*. 1994;13(10):80,82,84-85.
151. Goldberg F, Artaza LP, De Silvio A. Effectiveness of different obturation techniques in the filling of simulated lateral canals. *Journal of Endodontics*. 2001;27(5):362–4.
152. Venturi M, Pasquantonio G, Falconi M, Breschi L. Temperature change within gutta-percha induced by the Sistem-B Heat Source. *International Endodontic Journal*. 2002;35(9):740–6.
153. Clinton K, Van Himel T. Comparison of a warm Gutta-percha obturation technique and lateral condensation. *Journal of Endodontics*. 2001;27(11):692–5.
154. 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*. 2003;96(1):91–5.
155. Aqrabawi JA. Outcome of endodontic treatment of teeth filled using lateral condensation

- versus vertical compaction (Schilder's technique). *Journal of Contemporary Dental Practice*. 2006;7(1):17–24.
156. Dadresanfar B, Khalilak Z, Shiekholeslami M, Afshar S. Comparative study of the sealing ability of the lateral condensation technique and the BeeFill system after canal preparation by the Mtwo NiTi rotary system. *Journal of Contemporary Dental Practice*. 2010;52(2):281–5.
157. 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*. 2005;31(2):91–6.
158. Wu D, Tang Z, Zhang G, Liu W. The sealing ability of a new silicone-based root canal filling material (GuttaFlow): an in vitro study using the percentage of gutta-percha-filled area. *Dental Materials Journal*. 2011;30(5):569–75.
159. Rodríguez-Lozano FJ, Collado-González M, Tomás-Catalá CJ, García-Bernal D, López S, Onate-Sánchez RE, Moraleda JM, Murcia L. GuttaFlow Bioseal promotes spontaneous differentiation of human periodontal ligament stem cells into cementoblast-like cells. *Dental Materials*. 2019;35(1):114–24.
160. Punia SK, Nadig P, Punia V. An in vitro assessment of apical microleakage in root canals obturated with gutta-flow, resilon, thermafil and lateral condensation: A stereomicroscopic study. *Journal of Conservative Dentistry*. 2011;14(2):173–7.
161. Zielinski TM, Baumgartner JC, Marshall JG. An Evaluation of GuttaFlow and Gutta-Percha in the Filling of Lateral Grooves and Depressions. *Journal of Endodontics*. 2008;34(3):295–8.
162. Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. Evaluation of Root Canal Obturation: A Three-dimensional In Vitro Study. *Journal of Endodontics*. 2009;35(4):541–4.
163. Brackett MG, Martin R, Sword J, Oxford C, Rueggeberg FA, Tay FR, Pashley DH. Comparison of Seal After Obturation Techniques Using a Polydimethylsiloxane-Based Root Canal Sealer. *Journal of Endodontics*. 2006;32(12):1188–90.
164. Herbert J, Bruder M, Braunsteiner J, Altenburger MJ, Wrbas KT. Apical Quality and Adaptation of Resilon, EndoREZ, and Guttaflow Root Canal Fillings in Combination with a Noncompaction Technique. *Journal of Endodontics*. 2009;35(2):261–4.
165. Schäfer E, Schrenker C, Zupanc J, Bürklein S. Percentage of Gutta-percha Filled Areas

- in Canals Obturated with Cross-linked Gutta-percha Core-carrier Systems, Single-Cone and Lateral Compaction Technique. *Journal of Endodontics*. 2016;42(2):294–8.
166. Fragachán M, Pons M, Barriuso E, Frigola J, Ballester ML, Berástegui E. Micro-computed tomography assessment of different obturation techniques for filling lateral canals. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*. 2018;10(7):e702–8.
167. Beasley RT, Williamson AE, Justman BC, Qian F. Time required to remove Guttacore, Thermafil plus, and thermoplasticized gutta-percha from moderately curved canals with ProTaper files. *Journal of Endodontics*. 2013;39(1):125–8.
168. Royzenblat A, Goodell GG. Comparison of removal times of Thermafil plastic obturators using ProFile rotary instruments at different rotational speeds in moderately curved canals. *Journal of Endodontics*. 2007;33(3):256–8.
169. Küçükkaya Eren S, Askerbeyli Örs S, Yılmaz Z. Effect of Post Space Preparation on Apical Obturation Quality of Teeth Obturated with Different Techniques: A Micro-computed Tomographic Study. *Journal of Endodontics*. 2017;43(7):1152–6.
170. Juhlin JJ, Walton RE, Dovgan JS. Adaptation of thermafil components to canal walls. *Journal of Endodontics*. 1993;19(3):130–5.
171. Keleş A, Alcin H, Kamalak A, Versiani MA. Micro-CT evaluation of root filling quality in oval- shaped canals. *International Endodontic Journal*. 2014;47(12):1177–84.
172. Zogheib C, Hanna M, Pasqualini D, Naaman A. Quantitative volumetric analysis of cross-linked gutta-percha obturators. *Annali di Stomatologia*. 2017;7(3):46–51.
173. Saeed DH. Apical microleakage evaluation of three different root canal obturation techniques using dye penetration evaluation method. *Mustansiriya Dental Journal*. 2018;10(2):176–83.
174. Gençoğlu N, Oruçoğlu H, Helvacıoğlu D. Apical Leakage of Different Gutta-Percha Techniques: Thermafil, Js Quick-Fill, Soft Core, Microseal, System B and Lateral Condensation with a Computerized Fluid Filtration Meter. *European Journal of Dentistry*. 2007;1(2):97–103.
175. Nelson EA, Liewehr FR, West LA. Increased Density of Gutta-Percha Using a Controlled Heat Instrument with Lateral Condensation. *Journal of Endodontics*. 2000;26(12):748–50.
176. Er K, Akpınar KE. Devamlı Isıyla Obturasyon Ve Lateral Kondensasyon Yöntemleri İle

- Doldurulan Kök Kanallarındaki Guta Perka Miktarının Karşılaştırılması. Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2002;5(1):19–21.
177. Gound TG, Sather JP, Kong TS, Makkawy HA, Marx DB. Graduating dental students' ability to produce quality root canal fillings using single- or multiple-cone obturation techniques. Journal of Dental Education. 2009;73(6):696–705.
178. Yiğit Özer SG, Aktener O. Soft-core ve soğuk lateral kondansasyon kanal dolgu yöntemlerinin boya sızıntısı açısından değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2006;23(3):157–63.
179. Yiğit Özer SG, Aktener O. Outcome of root canal treatment using soft-core and cold lateral compaction filling techniques: a randomized clinical trial. Journal of Contemporary Dental Practice. 2009;10(1):74–81.
180. Li GH, Niu LN, Selem LC, Eid AA, Bergeron BE, Chen JH, Pashley DH, Tay FR. Quality of obturation achieved by an endodontic core-carrier system with crosslinked gutta-percha carrier in single-rooted canals. Journal of Dentistry. 2014;42(9):1124–34.
181. Çapar İD, Gök T, Bıçakcı H, Saygılı G, Ertuş H. Alt Kesici Dişlerde Farklı Gütta-Perka Dolum Tekniklerinin Karşılaştırılması. Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2015;36(3):132–8.
182. Keleş A, Torabinejad M, Keskin C, Sah D, Uzun İ, Alçin H. Micro-CT evaluation of voids using two root filling techniques in the placement of MTA in mesial root canals of Vertucci type II configuration. Clinical Oral Investigations. 2018;22(5):1907–13.