

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ



KALSİFİYE VE KALSİFİYE OLMAYAN MAKSİLLER
MOLAR DİŞLERDE TROUGHİNG İŞLEMİNİN
MEZİYOBUKKAL 2. KANALIN TESPİT EDİLMESİNE
ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ

İLKER DİNÇER ERTÜRK

BOLU, KASIM - 2024



T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ



KALSİFİYE VE KALSİFİYE OLMAYAN MAKSİLLER
MOLAR DİŞLERDE TROUGHİNG İŞLEMİNİN
MEZİYOBUKKAL 2. KANALIN TESPİT EDİLMESİNE
ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI UZMANLIK TEZİ

İLKER DİNÇER ERTÜRK

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Ali KELEŞ

KASIM- 2024
BOLU



ÖZET

KALSİFİYE VE KALSİFİYE OLMAYAN MAKSİLLER MOLAR DİŞLERDE TROUGHİNG İŞLEMİNİN MEZİYOBUKKAL 2. KANALIN TESPİT EDİLMESİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Bu çalışmanın amacı troughing (oluk açma) işleminin endodontik tedavi esnasında en fazla gözden kaçan dolayısıyla tedavi edilemeyen kanal olan maksiller molar dişlerdeki meziyobukkal 2. kanalın (MB2) tespit edilmesine olan etkisini ilgili kanal orifisinde kalsifikasyonun mevcut olduğu ve olmadığı durumlarda incelemektir.

Mevcut çalışmada daha önceden farklı nedenlerle çekilmiş ve mikro BT görüntüsü alınmış olan maksiller molar dişler arasından 200 adet diş seçildi. Çalışmaya dahil edilen dişlerin bir kısmında tek meziyobukkal kanal mevcut, bir kısmında iki meziyobukkal kanal mevcut, bir kısmında ise iki meziyobukkal kanal mevcut ancak MB2 orifisinde kalsifikasyon bulunmaktaydı. Klinisyen tarafından çift kör şeklinde hangi dişte MB2 olduğu ve hangi dişte kalsifikasyon olduğu bilinmeden su soğutması altında dental operasyon mikroskobu (Zumax OMS 3200 , Suzhou, Çin) 22x büyütmede ve yüksek hızlı bir el aleti ile elmas frezler (G&Z Instrumente, Lustenau, Avusturya) kullanılarak geleneksel giriş kavitesi hazırlandı. Geleneksel giriş kavitesi hazırlanmasının ardından MB2 tespit edilmeye çalışıldı. MB2 tespit edilen dişler ‘‘1’’ tespit edilemeyen dişler ‘‘0’’ şeklinde not edildi. Giriş kavitesi açılması ile MB2 tespit edilemeyen dişlere 2 mm derinliğinde troughing işlemi aynı klinisyen tarafından Satelec P5 Nevtron XS ultrasonik cihaz (Satelec Acteon, Mericnac, Fransa) kullanılarak Woodpecker E3D ultrasonik uç (Guilin Med. Ins., Çin) ile uygulandı. Troughing işleminin ardından MB2 tekrar tespit edilmeye çalışıldı ve sonuçlar not edildi. Kanalların tespit edilmesinin ardından kanallarda troughing işlemi sırasında karşılaşılan komplikasyonlar kaydedildi ve çalışma sonucunda yapılan istatistiğe dahil edildi.

Çalışmamızda toplanan veriler IBM SPSS V.26 (IBM SPSS Statistics, AŞ, Armonk, NY) istatistik programı ile değerlendirildi. Veriler, McNemar analizi ile test edilerek istatistiksel anlamlılık belirlendi. Anlamlılık düzeyi olarak $\alpha=0.05$ alındı.

Çalışmaya dahil edilen 200 adet dişin mikro bilgisayarlı tomografi (mikro BT) görüntüleri incelendiğinde 173 adetinde MB2 mevcut olduğu görüldü. Klinisyen tarafından geleneksel giriş kavitesi açılmasının ardından 173 dişin 142 adetinde (%82) MB2 tespit edildi. Kalan örneklerle troughing işleminin uygulanmasının ardından 16 dişte daha MB2 tespit edildi. McNemar testi yapılmasının ardından troughing işleminin MB2'nin bulunmasını önemli ölçüde artırdığı sonucuna ulaşıldı ($p < .05$).

Kalsifiye orifise sahip 16 MB2'den 9 tanesi troughing işlemi yapılmadan geleneksel kavite preparasyonunun ardından tespit edildi. Troughing işleminin ardından 3 dişte daha MB2 bulundu ancak 4 dişte 2 mm derinliğinde troughing işlemine rağmen MB2 orifisi tespit edilemedi. Troughing işleminin kalsifiye orifise sahip MB2'lerin bulunma oranını önemli ölçüde artırmadığı görüldü ($p > .05$). Giriş kavitesi açılması ve troughing işlemi uygulanması sırasında hiçbir dişte perforasyon meydana gelmedi.

ANAHTAR KELİMELEER: Troughing, MB2, kalsifikasyon, geleneksel giriş kavitesi

ABSTRACT

EFFECT OF TROUGHING PROCEDURE ON DETECTION OF MESIOBUCCAL 2ND CANAL IN CALCIFIED AND NON-CALCIFIED MAXILLARY MOLARS

The aim of this study is to examine the impact of troughing (groove preparation) on detecting the mesiobuccal second canal (MB2) in maxillary molars, which are the most frequently missed and thus untreated canals during endodontic treatment, both in cases where calcification is present and where it is not.

From previously collected maxillary molar teeth that had been extracted for various reasons and had micro-CT images, 200 teeth were selected for this study. Some of the included teeth had a single mesiobuccal canal, some had two mesiobuccal canals, and some had two mesiobuccal canals with calcification present in the MB2 orifice. Without knowing which teeth had MB2 or calcification, a traditional access cavity was prepared using a dental operating microscope (OMS3200 Pro, Zumax, China) and high-speed handpieces with diamond burs (G&Z Instrumente, Lustenau, Austria) under water cooling. After the traditional access cavity preparation, an attempt was made to detect the MB2. Teeth where MB2 was detected were noted as "1" in, while those where MB2 was not detected were noted as "0". For teeth where MB2 was not detected with the access cavity preparation, a 2 mm deep troughing procedure was performed by the same clinician using a Satelec P5 Nevtron XS ultrasonic device (Satelec Acteon, Mericnac, France) with a Woodpecker E3D ultrasonic tip (Guilin Med. Ins., China). After the troughing procedure, an attempt was made again to detect MB2, and the results were noted. Complications encountered during the troughing procedure were recorded and included in the statistical analysis of the study.

The data collected in our study were evaluated using IBM SPSS V.26 (IBM SPSS Statistics, Inc., Armonk, NY) statistical software. The data were tested with McNemar analysis to determine statistical significance. A significance level of $\alpha=0.05$ was used.

When the micro-computed tomography (micro-CT) images of the 200 teeth included in the study were examined, it was found that 173 of them had MB2. After the traditional access cavity preparation by the clinician, MB2 was detected in 142 out of 173 teeth (82%). After applying the troughing procedure to the remaining samples, MB2 was detected in an additional 16 teeth. Following McNemar testing, it was found that the troughing procedure significantly increased the detection of MB2 ($p < .05$).

Out of 16 MB2s with calcified orifices, 9 were detected after traditional cavity preparation without troughing. Following the troughing procedure, MB2 was found in 3 additional teeth; however, in 4 teeth, despite the 2 mm deep troughing procedure, the MB2 orifice could not be detected. It was observed that the troughing procedure did not significantly increase the detection rate of MB2s with calcified orifices ($p > .05$). No perforations occurred during the access cavity preparation and troughing procedures.

KEYWORDS: Troughing, MB2, calcification, traditional access cavity

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
TABLO LİSTESİ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xii
TEŞEKKÜR	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1 Kök Kanal Tedavisi	3
2.2 Kök Kanal Anatomisi ve Morfolojisi	4
2.2.1 Maksiller 1. Molar Dişlerin Anatomisi.....	6
2.3 Endodontik Giriş Kavitesi	8
2.3.1 Maksiller Molar Dişlerin Giriş Kavitesi	11
2.4 Meziyobukkal 2. Kanal.....	11
2.5 Endodontik Tedavi Başarısızlık Nedenleri	13
2.5.1 Tedavi Sonrası Kanalda Kalan Bakteriler	13
2.5.2 Yetersiz veya Taşkın Kanal Dolumu	14
2.5.3 Koronal Tıkamanın Yetersizliği	14
2.5.4 Enstrümantasyonda Karşılaşılan Komplikasyonlar	15
2.5.5 Tedavi Edilmeyen Kanallar	15
2.6 Pulpa Patolojileri	15
2.6.1 Pulpa Dejenerasyonları	16
2.7 Troughing (Oluk Açma) İşlemi	20
2.8 Ultrasonik Cihazlar	21
2.8.1 Ultrasonik Cihazların Endodontide Kullanımı	22
2.9 Dental Operasyon Mikroskobu (DOM).....	28
2.9.1 Artırılmış Görüş.....	28
2.9.2 Tedavinin Genel Kalitesinde Gelişme	28
2.9.3 Daha Az Diş Sert Dokusu Kaybıyla Minimal İnvaziv Tedavi	29
2.9.4 Final Oklüzyon Kontrolü İçin Daha Az Vakit.....	29
2.9.5 Ergonomik Çalışma Pozisyonu	29
2.9.6 İyatrojenik Hasarlardan Kaçınmak	29
2.10 Kök Kanal Morfolojisi İnceleme Yöntemleri	30
2.10.1 Kök Kanallarının Replika Modellerinin Hazırlanması	30
2.10.2 Kesit Alma	31
2.10.3 Boyama ve Şeffaflaştırma	31
2.10.4 Stereo Mikroskop	32
2.10.5 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	33
2.10.6 İki Boyutlu Radyografik Görüntüleme	33

2.10.7 Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT).....	34
2.10.8 Mikro Bilgisayarlı Tomografi (Mikro BT)	35
3. GEREÇ VE YÖNTEM	37
3.1 Etik Kurul Onayı ve Örneklem Büyüklüğünün Hesaplanması.....	37
3.2 Çalışmada Kullanılacak Dişlerin Seçimi ve Hazırlanması.....	37
3.3 Giriş Kavitesi Açılması ve Kanal Orifislerinin Tespit Edilmesi	40
3.4 Troughing İşleminin Uygulanması	42
3.5 İstatistiksel Analiz	44
4. BULGULAR	45
5. TARTIŞMA	47
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	57
7. KAYNAKLAR.....	58
8. EKLER.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Maksiller molar dişlerin kök kanal konfigürasyonu.....	7
Şekil 2.2. Pulpa tabanında kanal orifislerinin lokalizasyonu.....	9
Şekil 2.3. MB2 lokalizasyonu.....	12
Şekil 2.4. Pulpa patolojilerinin sınıflandırılması	16
Şekil 2.5. Pulpa kalsifikasyonları.....	18
Şekil 2.6. Kalsifikasyonun apikalinden devam eden MB2'nin mikro BT görüntüsü	20
Şekil 2.7. Endodontik tedavide kullanılan ultrasonik uçlar	22
Şekil 2.8. Ultrasonik retrograd kavite uçları.....	27
Şekil 3.1. MB2'de görülen kalsifikasyonun mikro BT görüntüsü.....	38
Şekil 3.2. Dahil edilme kriterlerine uygun olarak çalışmaya dahil edilen 200 adet maksiller molar diş	39
Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan dental operasyon mikroskobu	40
Şekil 3.4. Giriş kavitesi preparasyonu	41
Şekil 3.5. Rehber yol oluşturmak amacıyla kullanılan 8 ve 10 C+ eğeler.....	41
Şekil 3.6. Ultrasonik uç üzerinde 2 mm'lik kısım işaretlenerek standardizasyon sağlanması	42
Şekil 3.7. Troughing işleminin ardından tespit edilen MB2'ler	43
Şekil 4.1. Çalışmada kullanılan dişlerin dağılımını gösteren bir diyagram	46

KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

μA	: Mikro amper
μm	: Mikro metre
DOM	: Dental operasyon mikroskobu
KIBT	: Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi
KKT	: Kök kanal tedavisi
kV	: Kilovolt
MB1	: Meziyobukkal kanal
MB2	: Meziyobukkal 2. Kanal
Mikro BT	: Mikro bilgisayarlı tomografi
mm	: Milimetre
MTA	: Mineral trioksit agregat
SEM	: Taramalı elektron mikroskobu

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 123M869 numaralı proje ile desteklenmiştir. Projeye verdiği destekten ötürü TÜBİTAK’a teşekkürlerimizi sunarız.

Bana tez sürecim boyunca yol gösteren, bilimsel ve akademik alanlardaki tecrübeleri ile beni yönlendiren ve destek olan, kendilerinden çok şey öğrendiğim danışman hocam Prof. Dr. Ali KELEŞ’e,

Özellikle asistanlığımın ilk yılında her konuda bilgisi ve tecrübesiyle yol gösteren, ihtiyacım olduğu anlarda bana destek veren hocam Doç. Dr. Zeliha UĞUR AYDIN’a

Uzmanlık eğitimi süresince her ihtiyaç duyduğumuz anda yardımımıza koşan, tecrübelerini bizimle paylaşan, geçirdiğimiz vakitleri değerli kılan kıdemlilerim Mümine KARADAĞLI, Rabia Hacer ALTUNTAŞ, Anıl Berker CENGİZ ve Merve IŞIK’a,

Endodonti anabilim dalı çatısı altında birlikte çalıştığımız vaktimizin büyük bölümünü birlikte geçirdiğimiz ve her zaman birbirimize destek olduğumuz değerli eş kıdemlilerim Ayşe Gamze KOCA ve. Önder ÇAM’a ve diğer araştırma görevlisi arkadaşlarıma,

Tüm yaşamım boyunca olduğu gibi uzmanlık eğitimimde ve tez çalışmam süresince bana her zaman destek olan sevgili annem Gülümser ERTÜRK’e babam Türker ERTÜRK’e ve kardeşim Merve Nilüfer ERTÜRK’e teşekkürlerimi sunarım.

.



1. GİRİŞ

Kök kanal tedavisinin (KKT) temel amacı pulpal enflamasyon gelişiminde önemli role sahip olan patolojik mikrofloranın elimine edilmesidir. Geleneksel kök kanal tedavisi, kök kanallarının mekanik ve kimyasal olarak temizlenmesi ve şekillendirilmesi işlemlerini içermektedir. Tedavi kapsamında yapılan işlemler giriş kavitesinin açılması, kök kanallarının tespiti, kanallarda giriş yolu hazırlanması, şekillendirilmesi, irrigasyon solüsyonlarıyla kanalların dezenfeksiyonunu ve kanalların obturasyonunu içermektedir. Bu işlemler ile pulpa dokusunun, etkilenmiş dentinin ve pulpal enflamasyona neden olan mikroorganizmaların kök kanalından uzaklaştırılması amaçlanmaktadır (1). Birçok çalışma apikal periodontitis prevalansını araştırmış ve endodontik tedavinin prognozunu etkileyen potansiyel risk faktörlerini belirlemeye çalışmıştır. Preoperatif hastalığın varlığı, pulpal durum, ısrarcı enfeksiyonlar, kanal şekillendirilmesinin, obturasyonunun ve dezenfeksiyonunun yetersizliği, tedavi edilmemiş kanal varlığı, hatalı yapılmış koronal restorasyonlar ve prosedürel hatalar endodontik tedavinin prognozunu etkileyen faktörlerin başında gelmektedir (2-6). Endodontik olarak tedavi edilmiş bir dişte tedavi edilmemiş bir kanal, operatörün diş anatomisi hakkındaki sınırlı bilgisinin, kanal konfigürasyonundaki karmaşıklıkların veya prosedürel hataların bir sonucu olarak meydana gelebilmektedir. Tedavi edilmeyen kanallar inatçı mikroorganizmalar için rezervuar görevi görmekte ve apikal periodontitisin en önemli nedenlerinden birisi olmaktadır (7-9). Yapılan çalışmalarda tedavi edilmemiş kanalların en çok maksiller molar dişlerde görüldüğü (%44.2 ve %59.0) ve tedavi edilmemiş kanalların genellikle MB2 olduğu sonucuna ulaşılmıştır (10, 11).

Pulpa kalsifikasyonları, pulpa dokusu içinde veya dentin/pulpa ara yüzeyinde gelişen sert doku oluşumlarıdır (12). Kalsifikasyonlar, kök kanalının tam olarak haritalanmasını ve kök kanal sistemindeki tüm bölgelerin etkili bir şekilde temizlenmesini engelleyebilmekte, bu da endodontik tedavi sürecinde ciddi zorluklara yol açabilmekte sonuç olarak endodontik tedavinin prognozu olumsuz olarak etkilenebilmektedir. Kök kanalının daralmasına sebebiyet vermeleri nedeniyle endodontik açıdan bu kalsifikasyonların öneminin oldukça büyük olduğu rapor edilmiştir (13). Yapılan literatür taramasında maksiller molar dişlerde

MB2'nin en dar kanal olduğu ve kalsifikasyonların en çok bu kanalda meydana geldiği görölmüştür (14).

Endodontik tedavilerde kök kanal sistemlerine erişimi kolaylaştırmak dolayısıyla tedavinin prognozunu artırmak amacıyla uygulanan yöntemlerden biri oluk açma (troughing) işlemidir. Bu işlem, dişin dentin tabakasında oluk açılarak özellikle geniş ve karmaşık kök kanal sistemlerinde, kök kanal orifislerinin belirginleştirilmesi ve kanal sisteminin daha net bir şekilde görselleştirilmesini sağlamaktadır (15). Troughing işlemi MB2'nin tespit edilmesini kolaylaştırarak tedavi edilmeyen kanal sayısının azalmasına bununla birlikte yaşanabilecek olan komplikasyon ve başarısızlıkların önüne geçilmesine yardımcı olabilmektedir.

Yapılan literatür taramasında mandibular dişlerde orta mezial kanalların, maksiller molar dişlerde ise MB2'nin tespiti için troughing işleminin etkisinin değerlendirildiği çalışmaların olduğu görüldü (16-18). Kapsamlı literatür taramasında kalsifiye MB2'ye sahip maksiller molar dişlerde troughing işleminin MB2'nin tespit edilmesi üzerine etkisinin değerlendirildiği bir çalışmaya rastlanmadı. Yapılan çalışmada kalsifiye ve kalsifiye olmayan kanallara sahip maksiller molar dişlerde troughing işleminin MB2'nin bulunması üzerine olan etkisi incelendi.

Mevcut çalışmanın sıfır hipotezi; troughing işleminin maksiller molar dişlerde kanal orifisi seviyesinde kalsifikasyona sahip olan ve kalsifikasyona sahip olmayan dişlerde MB2'lerin bulunmasında etkisinin olmayacağıdır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Kök Kanal Tedavisi

Kök kanal tedavisi (KKT), kök kanal sisteminin kemomekanik preparasyonunu ve sızdırmaz bir şekilde obturasyonunu kapsamaktadır. Bu sayede periradiküler dokuların sağlığı korunmakta veya eski sağlıklı haline getirilebilmektedir. Enfeksiyona sebep olan mikroorganizmaların varyasyonu ve anatomik olarak görülen farklılıklar gibi dişin tedavi öncesindeki hali tedavi protokollerinin uygulanma şeklinde farklılık görülmesine neden olabilmektedir (19). Kök kanal tedavisinde amaç; kök kanal sistemindeki enfeksiyonun ve mikroorganizmaların elimine edilmesi veya gelişen periradiküler hastalığın iyileştirilmesidir (20). Kök kanal tedavisi gerektiren durumlar aşağıda sıralanmıştır:

- ✚ İrreversible pulpitis veya pulpa nekrozu mevcudiyetinde,
- ✚ Amputasyon veya vital pulpa tedavilerinin başarısız olduğu durumlarda,
- ✚ Amputasyon veya vital pulpa tedavilerinin endike olmadığı çürük, atrizyon, abrazyon, erozyon, travma gibi nedenlerle pulpanın açıldığı durumlarda,
- ✚ İyatrojenik nedenlerle enfekte olan pulpanın tedavisinde,
- ✚ İnternal rezorpsiyonlarda,
- ✚ Kök kanalından destek alınması gereken tedaviler yapılması planlandığında (overdenture, post-kor, dişin konumunun düzeltilmesi gereken durumlar),
- ✚ Karşıtı bulunmayan dişlerin sokette aşırı yükselmesi sonucunda protetik amaçlı diş kesiminde pulpanın açığa çıktığı durumlarda,
- ✚ Periradiküler dokuların iltihabi durumlarında (pulpa kaynaklı veya perioendo lezyonları),
- ✚ Tedavilerin tekrar edilmesi gerektiği durumlarda kök kanal tedavisi endikedir (21).

Kök kanal tedavisinin endike olmadığı durumlar da aşağıdaki gibidir;

- ✚ Restore edilemeyecek durumda olan dişlerde,
- ✚ Periodontal desteği yetersiz olan dişlerde,

- ✚ Vertikal kök kırığına sahip dişlerde,
- ✚ Geniş rezorpsiyon varlığında,
- ✚ Kanal genişletmesinin yapılamadığı durumlarda (distrofik kalsifikasyon, kök kanalının ulaşamayan yan dallanmalar içermesi),
- ✚ Hastanın koopere olamadığı veya tedaviyi istemediği durumlarda kök kanal tedavisi kontrendikedir (21).

2.2 Kök Kanal Anatomisi ve Morfolojisi

Pulpa boşluğu koronal alanda pulpa odası ve apikal alanda bulunan kök kanalı olmak üzere iki temel kısma ayrılmaktadır. Kök kanal sisteminde bulunan diğer yapılar; pulpa boynuzları, kanal orifisleri, apikal deltalar, istmuslar, lateral kanallar, furkasyon kanalları, aksesuar kanallar ve apikal foraminalardır (22). Pulpa boşluğunun ana hatları genellikle dişin dış konturunu yansıtmaktadır. Bununla birlikte pulpa boşluğu; yaşlanma, çeşitli patolojik durumlar, travma gibi faktörlerle reperatif dentin üretebileceği için pulpa boşluğu boyutları değişiklik gösterebilmektedir (23).

Kök kanalı, kuronun servikal bölgesindeki orifislerden başlamakta ve apikal bölgede foramende sonlanmaktadır. Kanal şekli; kökün şekline, kökün boyutuna, kurvatür derecesine, yaş ve dişin durumuna göre değişkenlik göstermektedir (24). Genellikle kök kanal sayısı, kök sayısına karşılık gelmektedir; ancak oval bir kök birden fazla kanal içerebilmektedir (22). Servikal olarak oval şekle sahip olan kanallar, genellikle apikal üçlünün sonunda da oval veya şerit şeklini almaktadır (24). Servikal üçlüdeki kanalın şeklinden bağımsız olarak, kök kanalı apikal kurvatürde daha oval bir şekle sahip olma eğilimindedir (24). Kök kanalları genellikle bukkolingual yönde kurvatüre sahiptir. Bu yöndeki kurvatürlerin standart iki boyutlu bir radyografide tespit edilebilmesi zordur ve bu durum kök kanal tedavisinin şekillendirme ve genişletme aşamaları sırasında problemler oluşmasına neden olabilmektedir (22).

Kök kanalları arasındaki istmus, anastomozlar gibi düzensizlikler ve anormallikler özellikle posterior dişlerde daha çok görülmektedir (24). Bu yapıların bulunduğu bölgelere geleneksel şekillendirme ve irrigasyon yoluyla ulaşmak

zordur. Bu nedenle uygun bir dezenfeksiyon ve obturasyon sağlamak zorlaşmaktadır (24). Endodontik tedavinin başarısı, kök kanal sisteminin yeterli şekilde dezenfeksiyonuna, şekillendirilmesine ve obturasyonuna bağlıdır (25). Mevcut tüm kanalların tespit edilememesi, temizlenememesi ve sızdırmaz bir şekilde obture edilememesi endodontik tedavideki başarısızlığın önemli nedenleri arasındadır (26).

Kanal anatomisinin önemi, kanal geometrisindeki doğal varyasyonların genişletme ve şekillendirme sırasında meydana gelen değişiklikler üzerinde, bu hedeflere ulaşmak için kullanılan enstrümantasyon tekniklerinden daha büyük bir etkiye sahip olduğunu gösteren çalışmalarla vurgulanmıştır (27-29). Son zamanlarda yapılan çalışmaların bir tanesinde, Versiani ve ark. (30) daimi dentisyonun tüm pulpal anatomisini detaylandırmışlardır. Weine, Vertucci, Sert ve Bayırlı, Ahmed ve ark. kök kanal morfolojilerini sınıflandırmışlardır (31).

Vertucci'ye göre 8 farklı kök kanal morfolojisi mevcuttur (26).

Tip 1: Pulpa odasından apikale kadar uzanan tek kanal bulunması.

Tip 2: Pulpa odasında iki kanal şeklinde başlayıp apikale gelmeden kanalların birleşmesi ile apikalde tek kanalın bulunması.

Tip 3: Pulpa odasında tek kanal şeklinde başlayıp daha sonra ayrılan kanalların tekrar birleşmesi ile apikalde tek kanalın bulunması.

Tip 4: Pulpa odasından apikale uzanan iki ayrı kanal bulunması.

Tip 5: Pulpa odasından tek kanal şeklinde başlayıp apikale gelmeden kanalın ikiye ayrılması ile apikalde iki ayrı kanal bulunması.

Tip 6: Pulpa odasından apikale uzanan iki ayrı kanalın kökün orta kısmında birleşmesi daha sonra apikal bölgede tekrar ayrılması ile apikalde iki kanal bulunması.

Tip 7: Pulpa odasında tek kanal şeklinde başlamasının ardından kökün orta üçlü bölümünde ikiye ayrılıp ilerleyen bölümde birleşmesi ve daha sonra apikale yakın bir bölgede kanalın tekrar ikiye ayrılması ile apikalde iki kanal bulunması.

Tip 8: Pulpa odasından apikale kadar uzanan üç kanal bulunması (31, 32).

2.2.1 Maksiller 1. Molar Dişlerin Anatomisi

Başarılı bir kök kanal tedavisi, kök kanal morfolojisi hakkında kapsamlı bilgi gerektirmektedir. Maksiller 1. molar dişler hacim olarak en büyük dişlerdir (33). Pulpa odası en geniş olarak meziyobukkal yönde izlenmekte olup 4 adet pulpa boynuzuna sahiptir. Pulpa odasının servikal ana hatları köşeleri yuvarlatılmış eşkenar dörtgen şeklindedir (22). Genel olarak, daimi maksiller 1. molar dişlerin üç kökü ve dört kanalı olduğu kabul edilmektedir (32). Meziyobukkal kökün geniş bukkolingual boyutu ve mezial ve distal yüzeylerindeki konkaviteler sebebiyle meziyobukkal köklerin çoğu iki kanala sahipken, distobukkal ve palatinal köklerin her birinde genellikle tek bir kanal mevcuttur (32, 33). Palatinal kanal orifisi palatinal yüzeyin ortasında konumlanmaktadır. Distobukkal kanal orifisi, pulpa odası tabanının geniş açısına yakındır. Ana meziyobukkal kanal (MB1) orifisi bukkalde lokalize olup distobukkal orifisin mezialindedir ve pulpa odasının dar açısı içinde konumlandırılmıştır. Meziyobukkal kökte tek kanal olduğunda kanal orifisi yuvarlak, oval veya düz olabilmektedir. Meziyobukkal 2. kanal (MB2) orifisi mezial kanal orifisinin palatinal ve mezialinde lokalizedir (22).

Dişlerin kök kanalı morfolojisinin, genellikle son derece karmaşık ve oldukça değişken olduğu gösterilmiştir (34-37). Varyasyonlar; çalışılan popülasyonun etnik kökeni (38), yaşı (39-42) ve cinsiyeti (43-45) nedeniyle ortaya çıkabilmektedir. Literatür taraması sonucu bulunmuş olan dört anatomik çalışmadan (46-49) elde edilen veriler, maksiller molar dişlerin normalde üç köke sahip olduğunu göstermektedir (416 dişin %96,2'si). Çalışılan dişlerin 16'sında (%3,8) iki kök bulunmuştur. Tek kök veya dört kök görülme sıklığı çok nadir olmakla birlikte vaka raporlarında değerlendirilmemiştir. Distobukkal kökün en yaygın kanal sistemi konfigürasyonu %98,3 oranında tek kanal şeklindedir ve distobukkal kökte %98 oranında tek bir apikal foramen bulunmaktadır. Palatinal kökte ise %99 oranında tek kanal, %98,8 oranında ise tek bir apikal foramen bulunmaktadır (48).

8399 dişte maksiller 1. molar dişin meziyobukkal kökünün iç kanal morfolojisi 34 çalışmada değerlendirilmiştir. Değerlendirilen 34 çalışmanın ağırlıklı ortalamasında dişlerin %56,8'inde iki veya daha fazla kanal mevcut olduğu sonucuna ulaşılmış, 43,1'inde tek kanal bulunmuştur. Tek bir apikal foramen %61,6

oranında bulunurken, iki ayrı apikal foramina %38,3 oranında bulunmuştur. Laboratuvar çalışmalarında iki kanal görölme sıklığının (%60,5) klinik çalışmalara (%54,7) kıyasla daha yüksek olduğu görölmüştür (48).



Şekil 2.1. Maksiller molar dişlerin kök kanal konfigürasyonu

Zamanla meydana gelen sekonder dentin apozisyonu nedeniyle, MB2'nin orifisi MB1'in orifisinden daha küçüktür ve girişi genellikle bir dentin çıkıntısı ile kaplanmış durumdadır. Yapılan bir çalışmada MB1'in servikal üçlüdeki meziyodistal çapı 0,81 mm iken, MB2'nin çapının 0,24 mm olabileceği bildirilmiştir (33). Bu anatomik özellikler MB2 bulunmasını zorlaştırabilmekte, dolayısıyla bu kanalların tedavi edilmesinde problem olarak karşımıza

çıkabilmektedir (50). Tedavi edilmeyen kanalların sıklığı en yüksek olarak maksiller molar dişlerde görülmektedir. Bununla birlikte maksiller molar dişlerde en sık tedavi edilmeyen kanalın MB2 olduğu bulunmuştur (10).

Maksiller molar dişlerde kök kurvatürü ile ilgili yapılan çalışmalarda meziyobukkal kökün distal ve palatinal köklere oranla daha kurvatürlü olduğu sonucuna ulaşılmıştır (10). Meziyobukkal kanallardaki kurvatür ise kendi içinde sırasıyla en fazla apikal üçlüde daha sonra koronal üçlü en az olarak da orta üçlüde olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (10, 51).

2.3 Endodontik Giriş Kavitesi

Endodontik giriş kavitesi, cerrahi olmayan endodontik tedavinin ilk adımıdır. Giriş kavitesi hazırlığının temel amacı; kanal orifislerinin tespit edilmesi, kök kanal sisteminin şekillendirilmesi ve obtüre edilmesi için yol oluşturmaktır. Giriş kavitesinin hazırlanması, endodontik tedavinin en zorlu yönlerinden bir olmakla birlikte başarılı bir kök kanal tedavisinin en önemli adımı olduğu belirtilmektedir (51).

Giriş kavitesi preparasyonundaki hedefler:

- ✚ Mevcut çürük dokusunun tamamen uzaklaştırılması,
- ✚ Pulpa odası tavanının kaldırılması,
- ✚ Kanal orifislerinin yerlerinin tespit edilmesi,
- ✚ Koronal pulpanın çıkarılması,
- ✚ Kök kanallarına düz bir erişimin sağlanması,
- ✚ Sağlam diş dokusunun korunmasıdır.

Giriş kavitesinin sonrasındaki adımları daha kolay ve güvenli hale getirmesi gerekmektedir, bunun için belirli unsurların karşılanmasına ihtiyaç duyulmaktadır (52, 53).

Başarılı bir endodontik tedavi için ilk adımlardan biri sadece kök kanallarının değil, aynı zamanda pulpa odası ve pulpa boynuzlarını içeren pulpa boşluğunun doğru bir şekilde temizlenmesidir. Bu işlemin yapılabilmesi için pulpa tavanının tamamen kaldırılması gereklidir. Pulpa tavanının kaldırılması tüm pulpa dokusunun, kalsifikasyonların, eski dolgu malzemesi kalıntılarının uzaklaştırılmasına olanak sağlamaktadır (54). Pulpa tabanının tamamen görülmesi, üzerindeki işaretlerle kanal orifislerinin bulunmasına yardımcı olması açısından önemlidir. Bu olay daha çok posterior dişlerde gözlenmektedir. Pulpa tabanı doğal oluklar içermekle birlikte bu olukların sonlandığı bölgelerde de kanal ağzlarının bulunduğu görülmüştür (54).



Şekil 2.2. Pulpa tabanında kanal orifislerinin lokalizasyonu

Pulpa tabanının doğal anatomisi kanal orifislerinin yerlerini gösterse de restorasyonlar, dentinal neoformasyonlar veya distrofik kalsifikasyonlar kanal ağzlarının yerlerini değiştirebilmektedir. Böyle durumlarda pulpa tabanının incelenmesi için endodontik sond kullanmak kanal ağzlarının tespit edilmesine yardımcı olmaktadır (54).

Endodontik enstrümanlar koronal kısımdaki herhangi bir engelden dolayı sapmaya uğramamalıdır. Kullanılan enstrümanlar bir engelden dolayı sapma gösteriyorsa bu durum kanalın yalnızca bir bölümünün temizlenmesine, geri kalan bölümün dokunulmadan kalmasına neden olabilmektedir. Bu şekilde yapılan preparasyon apikal foramende deformasyona neden olabilmektedir (52, 55). Bu duruma ek olarak kullanılan enstrümanın herhangi bir nedenle sapmaya uğraması kanal içerisinde kırılmasına yol açabilmektedir (52). Komplikasyonlardan kaçınmak için yapılması gereken, giriş kavitesinin yeterli genişlikte açılarak kök kanalına engelsiz bir şekilde girişin sağlanmasıdır. Giriş kavitesi preparasyonunda penetrasyon, genişletme ve bitiş olmak üzere üç aşama mevcuttur (54).

Penetrasyon aşamasında elmas rond frez takılı yüksek hızlı bir el aleti kullanılmaktadır. Bu aşamanın amacı pulpa tavanının frezle kaldırılarak pulpa odasına girişin sağlanmasıdır. Elmas frezler tungsten frezlere kıyasla daha pürüzsüz bir yüzey oluşturmaları, daha az titreşim vermeleri ve hastalar tarafından daha rahat tolere edilebilmeleri nedeniyle tercih edilmektedir (54).

Genişletme aşamasında rond frez takılı düşük hızlı bir el aleti kullanılmaktadır. Kullanılan frezin çapının penetrasyon aşamasında kullanılan frezin çapından bir miktar daha az olması, daha iyi görüş sağlanması amacıyla da shaftının daha uzun olması istenmektedir. Penetrasyon aşamasında açılmış olan girişe yerleştirilen frez pulpa odasından çıkarken çalıştırılarak dentin duvarlarına fırçalama hareketi uygulanmaktadır. Böylece sarkık dentin ortadan kaldırılmış olmaktadır (54).

Bitim aşamasında ucu kesmeyen elmas frez takılı yüksek hızlı bir el aleti kullanılmaktadır. İlk iki aşamada yapılan işlemler tamamlanmakta ve giriş kavitesinin duvarları pürüzsüz hale getirilmektedir. Keskin olmayan uçlu frez kullanmak, pulpa tabanına temas durumunda taban anatomisini bozmamak açısından önem taşımaktadır (54).

Giriş kavitesi açılırken sağlam diş dokusu korunmalı böylelikle zaman içerisinde meydana gelebilecek diş kırıklarının önüne geçilmesi sağlanmaktadır. Kavitenin akıllıca konumlandırılması ve dikkatli kanal penetrasyonu esas olmakla

birlikte, servikal diş yapısının aşırı kaybını en aza indirmek için çaba gösterilmelidir (56). Hiçbir restoratif materyal dişte mevcut olan dentin dokusunun yerini alamayacağı için kanal tedavisi yapılan dişlerde dentinin korunması birincil derecede önem taşımaktadır (57).

2.3.1 Maksiller Molar Dişlerin Giriş Kavitesi

Maksiller molar dişlerin giriş kavitesinin dörtgen şekilde açılması tavsiye edilmektedir. Dörtgenin en kısa kenarı palatinalde konumlanmakla birlikte bunu bukkal kenar takip etmektedir. En uzun kenar mezial kenardır. Giriş kavitesinin bu şekilde açılması dördüncü bir kanal bulunması durumunda yeterli çalışma alanı sağlamaktadır. Preparasyona santral oluğun merkezinden başlanmaktadır. En geniş ve bulunması en kolay kanal olması nedeniyle öncelikli olarak palatinal kanal aranmaktadır. Palatinal kanalın bulunmasının ardından daha dar olan ve zor bulunan bukkal kanalların aranması uygundur. Ucu keskin olmayan bir frezle kavitedeki sarkık dentin kaldırılmakta ve kavitenin son şekli verilmektedir (58).

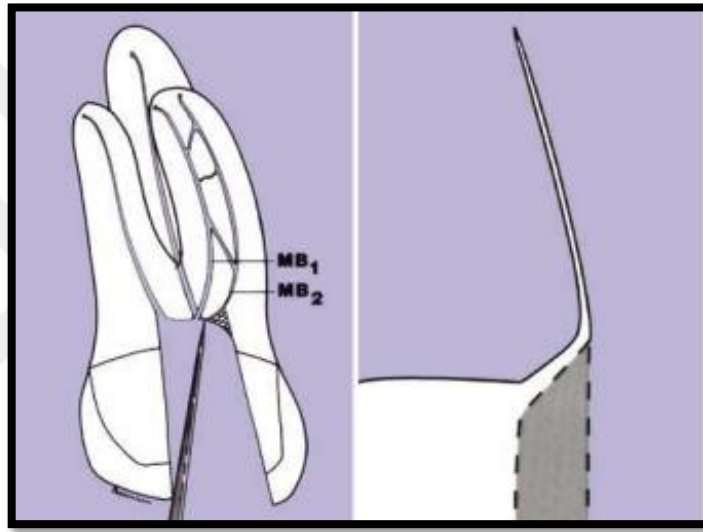
2.4 Meziyobukkal 2. Kanal

Maksiller molar dişlerde bulunan üç kök kıyaslandığında mezial kökün daha fazla anatomik varyasyon içerdiği görülmektedir. Yapılan literatür taramasında, mezial kökte iki kanal mevcudiyetinin Hess ve Zürchere göre %53 (39), Pineda ve Kuttler'a göre %60.7 (42), Smith'e (59) ve Nosonowitz ve Brenner'e (60) göre %64, Acosta Vigouroux ve Trugeda Bosaans'a göre %69.4 (61), Aydos ve Milano'ya göre %84 (62), Stropko'ya göre %93 (63), Kulid ve Peters'e göre %96.1 olduğu görülmüştür (64). MB2 bulunma yüzdeleri araştırmacıya göre değişmekle birlikte araştırmacılar, vakaların yarısından fazlasında mezial kökte ikinci bir kanalın bulunduğunu konusunda hemfikirlerdir (54).

Dental operasyon mikroskobu (DOM), ultrasonik uçlar, metilen mavisi kullanımı MB2'nin bulunma yüzdesini artıran etkenlerden bazılarıdır (65). Stropko (63), çalışmasındaki MB2 yüzdesinin fazla olmasını DOM kullanmasıyla ilişkilendirmiştir. Bu görüşü destekler nitelikte olarak DOM kullanılan çalışmalarda (64, 66), kullanılmayan çalışmalara (39, 43, 67) oranla anlamlı

derecede daha fazla MB2 bulunmuştur. MB2 orifisi mezial ve palatinal kanalların arasındaki olukta lokalize olmaktadır.

Pulpa odasının mezial duvarında MB2 orifisi keskin bir açığa sahip olabilmektedir. Bu durumda endodontik sond ile kanal orifisinin tespit edilmesi zorlaşmaktadır. Mezial duvarın MB2 orifisinin üzerini kapattığı dolayısıyla kanalın keskin bir açığa sahip olduğu durumlarda kanal aleti ile apikal yönde birkaç milimetreden fazla ilerlemek zor olabilmektedir. Bu nedenle kanalda ilerlemeye çalışılmadan önce bu bölgedeki dentin duvarı kaldırılması ve kanala doğrudan girişin sağlanması önem taşımaktadır (54).



Şekil 2.3. MB2 lokalizasyonu (54)

MB2'nin tespitini ve preparasyonunu kolaylaştıran birçok teknik bulunmaktadır. Bu işlemlerin birlikte kullanılması kanalın bulunma oranını ciddi şekilde artırmaktadır (68).

- ✚ Büyütmede dental loupe, DOM vb. araçların kullanılması,
- ✚ MB2'nin MB1'in şekillendirilmesi tamamlanıp doluma hazır hale getirilmesinden sonra tespit edilmeye çalışılması,
- ✚ Ultrasonik uçlar kullanılarak orifisin üzerini kapatan sarkık dentinin kaldırılması,
- ✚ %1 metilen mavisinin kanal orifislerine yol gösterici olarak kullanılması,
- ✚ Pulpa odasının %5'lik sıcak NaOCl ile doldurularak köpük testi yapılması,

- ✚ %17 oranında EDTA ile irrigasyon yapılarak smear tabakasının kaldırılması daha sonrasında alkol ile kavitenin temizlenip kurutulması,
- ✚ Kanal sisteminin daha iyi görülmesi amacıyla farklı açılardan radyograflar alınması,
- ✚ Kanal anatomisinin iyi bilinmesidir.

2.5 Endodontik Tedavi Başarısızlık Nedenleri

Endodontik tedavinin başarısının rapor edilen bilgilere göre %86-98 oranlarında olduğu görülmektedir (69). Yapılan literatür taramasında incelenen çalışmalar başarısızlığı periapikal radyolusensi varlığı ile birlikte klinik semptomların tekrarlaması olarak tanımlamaktadır (70). Endodontik tedavinin başarılı sayılması için dişin hem radyografik hem de klinik olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Tedavinin başarılı ve dişin fonksiyonda olduğundan emin olmak amacıyla hasta takip edilmeli, düzenli aralıklarla alınan filmler ile kontrolü yapılmalıdır. Endodontik tedavinin başarısızlığında çok sayıda faktör rol oynamaktadır (71). Başarısızlığa neden olan faktörler;

- ✚ Tedavi sırasında kök kanalından uzaklaştırılamamış olan mikroorganizmalar,
- ✚ Yetersiz kanal dolumu,
- ✚ Kanal dolum materyalinin kök dışına taşması,
- ✚ Koronal tıkanmanın yetersizliği,
- ✚ Tedavi edilmeyen kanallar,
- ✚ İyatrojenik prosedürel hatalar,
- ✚ Enstrümentasyonda karşılaşılan komplikasyonlar şeklinde sıralanabilir (71).

2.5.1 Tedavi Sırasında Kök Kanalından Uzaklaştırılamamış Olan Mikroorganizmalar

Kalıcı mikrobiyolojik enfeksiyon kanal tedavisindeki başarısızlığın en önemli nedenlerinden biridir (71). Bakterilerin periradiküler enfeksiyondaki rolü

literatürde iyi bir şekilde ortaya konmakta ve obturasyon sırasında mikroorganizmaların kanallarda bulunması durumunda endodontik tedavinin başarısızlık ihtimalinin daha yüksek olduğu görülmektedir (2). Dallanmalar, istmuslar, dentin tübülleri gibi kök kanalı alanlarında barınan bakterilere irrigasyon solüsyonları yeterli etki gösteremeyebilmekte dolayısıyla bu alanlarda bulunan bakteriler tedavi sonrası enfeksiyonun tekrarlamasına yol açabilmektedir (72).

2.5.2 Yetersiz veya Taşkın Kanal Dolumu

Endodontik tedavi görmüş 1001 diş üzerinde yapılan bir çalışmada, kök kanalı dolumunun kalitesinin, endodontik tedavinin başarısında etkili olan önemli faktörlerden biri olduğu görülmüştür (73). Endodontik tedavilerin başarısızlığının değerlendirildiği bir çalışmada, vakaların %65'inde obturasyon kalitesinin düşük olduğu gözlenirken, %42'sinde tedavi edilmeden bırakılan kanalların mevcut olduğu saptanmıştır (9). Başarı oranının doğal olarak; yetersiz veya taşkın olan kanallarda daha düşük, apekte sonlanan ya da apekten 2 mm kadar kısa olan kanallarda daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (74). Taşkın kanal dolumunun yetersiz kanal dolumu yapılan dişlere oranla dört kat daha başarısız olduğu gösterilmektedir (75).

2.5.3 Koronal Tıkamanın Yetersizliği

Kanal dolumunun sonrasında sızdırmaz bir restorasyonun yapılması dış ortamda bulunan mikroorganizmaların kök kanalına girmesinin engellenmesinde büyük önem taşımaktadır (76). Swanson ve Madison (77), çalışmalarında koronal sızıntının kanal tedavisinin başarısızlıkla sonuçlanmasında potansiyel bir faktör olduğunu göstermişlerdir.

2.5.4 Enstrümentasyonda Karşılaşılan Komplikasyonlar

Giriş kavitesi hazırlama kurallarına uyulmadığı veya döner aletlerin kullanımına ilişkin yönergeler takip edilmediği zaman, döner aletler kanallarda kırılma eğilimi göstermektedir. Enstrümanlarda meydana gelen kırılmada olduğu gibi kanal içerisinde basamak oluşması durumunda kök kanalının apikal kısmına erişim zorlaşmakta ve bu durum kanalın dezenfeksiyonu ve obturasyonu üzerinde olumsuz bir etkiye neden olabilmektedir (71). Kök kanalının ulaşılamayan bölgesi dezenfekte edilememekte ve bunun sonucunda ilgili bölgedeki enfeksiyon kalıcı olabilmektedir (78). Bir diğer komplikasyon olan overpreperasyon ve devamında görülen apikal transportasyon sonucunda apikal bölgedeki obturasyon yetersiz kalabilmekte ve tedavi başarısız olabilmektedir (71).

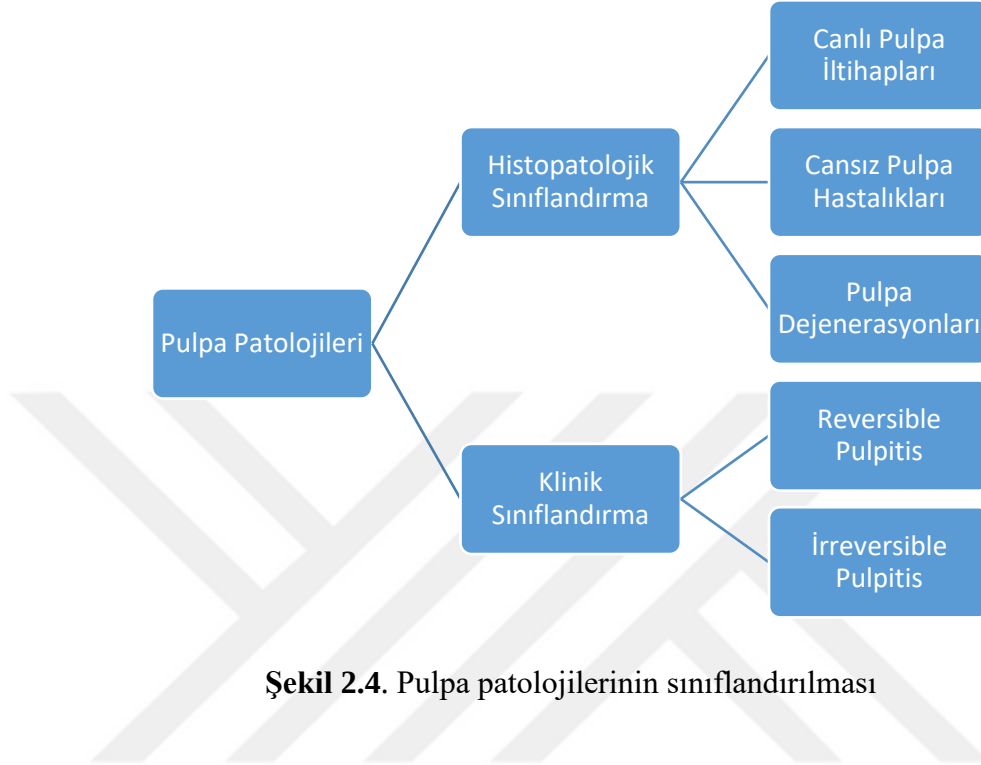
2.5.5 Tedavi Edilmeyen Kanallar

Yeterli hazırlanmamış giriş kavitesi, operatörün mevcut kanalları bulmasını zorlaştırmaktadır. Kanalların tamamının tedavi edilmemesi endodontik tedavinin başarısızlık nedenlerinden biridir. Tedavi edilmemiş kanallarda kalan bakteriler tedavi sonrası semptomların devam etmesine neden olabilmektedir (71). Literatür incelendiğinde, 5616 adet maksiller molar diş ile yapılan bir çalışmada kök kanal tedavileri yenilenmiş ve MB2'si tespit edilememiş dişlerin uzun dönem prognozunda önemli oranda bir düşüş olduğu sonucuna ulaşılmıştır (79).

2.6 Pulpa Patolojileri

Yaşam boyunca pulpa birçok faktörün etkisi altında kalarak patolojik değişikliklere uğramaktadır. Pulpanın yapısını değiştiren etkenler iç ve dış faktörler olduğu gibi yaşlanma olarak da karşımıza çıkmaktadır. Pulpadaki patolojik değişiklikler vücudun diğer bölümlerindeki gibi olmasına rağmen pulpanın sert duvarlarla örtülü bir halde bulunması ve kollateral dolaşıma sahip olması bu patolojik değişikliklerin şiddetini artırmaktadır (80). Bu nedenle akut ve kronik

etmenler pulpada kolayca reaksiyona neden olarak patolojik değişiklikler oluşturmaktadır (81).



Şekil 2.4. Pulpa patolojilerinin sınıflandırılması

Pulpa patolojileri histopatolojik ve klinik olarak ikiye ayrılmaktadır. Histopatolojik olarak incelendiğinde canlı pulpa iltihapları, cansız pulpa hastalıkları ve pulpa dejenerasyonları olarak alt başlıklara ayrılırken, klinik olarak reversible ve irreversible pulpitis olarak sınıflandırılmaktadır (82).

2.6.1 Pulpa Dejenerasyonları

Pulpa dejenerasyonları pulpada görülen patolojik değişikliklerin bir sonucudur. Dejenerasyonlar dış kaynaklı etkenlere bağlı olabildiği gibi iç etkenlere ve yaşlanmaya bağlı da görülebilmektedir. Yaşlanmaya bağlı olan dejenerasyonlar dokunun normal şartlar altında yaşlanması sonucu görülür. İç ve dış etkenlere bağlı dejenerasyonlar ise etkenin şiddetine bağlı olarak değişmekte ve her yaşta görülebilmektedir. Neden farkı olmaksızın dejenerasyonlar pulpa reaksiyonlarında azalmaya sebep olmaktadır (83).

Pulpadaki dejenerasyonlar; pulpa atrofisi, vakuollü (boşluklu) dejenerasyon, lifli (ipliksi) dejenerasyon, yağlı dejenerasyon, hyalinli (camsal) dejenerasyon amiloid dejenerasyon, kireçli dejenerasyon (pulpa kalsifikasyonu), pulpa metaplazisi şeklinde sınıflandırılmaktadır (83).

2.6.1.1 Pulpa Kalsifikasyonları

Pulpa dokusunda kalsifikasyonlar oldukça sık görülmektedir. Bu fenomenin prevalansı; popülasyona, çalışma tasarımına ve analiz yöntemine bağlı olarak geniş ölçüde (%8 ila %95) (13, 84-87) değişmekle birlikte molar dişlerde daha fazla kalsifikasyon görüldüğü rapor edilmiştir (88). Dental pulpa kalsifikasyonları, pulpa dokusu içinde veya dentin/pulpa arayüzünde gelişen sert doku oluşumlarıdır (12, 89). Koronal pulpada kalsifikasyon genellikle ayrı, eşmerkezli pulpa taşları şeklini alırken radiküler pulpada kalsifikasyon diffüz şekilde görülmektedir (84).

Pulpa kalsifikasyonu daimi dişlerde, süt dişlerinde, defekte sahip dişlerde, sürmemiş dişlerde görülebilmektedir. Tek bir dişte görülebileceği gibi tüm dentisyonu da etkileyebilmektedir (89, 90). Pulpal kalsifikasyonların etiyolojisi net olarak bilinmemesine karşın etkeni olduğu düşünülen faktörler dejenerasyon, yaş, pulpada meydana gelen dolaşım bozuklukları, ortodontik tedavi, epitel-pulpa etkileşimi, periodontal etkenler, genetik, çürük, pulpaya yakın restorasyon, kronik enflamasyon, sistemik hastalık, cinsiyet, transplantasyon ve idiyopatik etkenlerdir (90-92).

Pulpa kalsifikasyonu, pulpa taşı veya distrofik kalsifikasyon olarak iki formda oluşabilmektedir. Pulpa taşlarının belirgin bir şekilleri bulunmamaktadır. Mikroskobik boyutlarda olabileceği gibi tüm pulpa odasını kaplayan boyutlara da ulaşabilmektedir (93, 94). Distrofik kalsifikasyonlar pulpanın dolaşım bozukluklarından etkilenen bölgelerindeki dejenere hücrelerin çevresinde gelişen yapılardır (95) ve mineral fazları karbonlanmış hidroksiapatitten oluşmaktadır (23).



Şekil 2.5. Pulpa kalsifikasyonları

Pulpa taşları yapılarına ve bulundukları yere göre sınıflandırılmaktadır. Yapılarına göre gerçek ve sahte olarak ikiye ayrılmaktayken bulundukları konuma göre serbest, yapışık ve gömülü olarak sınıflandırılmaktadır. Gerçek pulpa taşlarının çevrelerinde odontoblast hücreleri mevcuttur ve çoğunlukla koronal bölümde yer almaktadır. Sahte pulpa taşları dejenere olmuş pulpa hücrelerinden oluşmakta ve çevrelerinde odontoblast içermemekle birlikte çoğunlukla apikalde bulunmaktadır. Serbest pulpa taşları genellikle pulpa odasında serbest halde bulunmaktayken yapışık pulpa taşları bir yüzeyi ile dentine tutunmaktadır. Gömülü pulpa taşları ise tümüyle dentin dokusu içinde lokalizedir (91, 93).

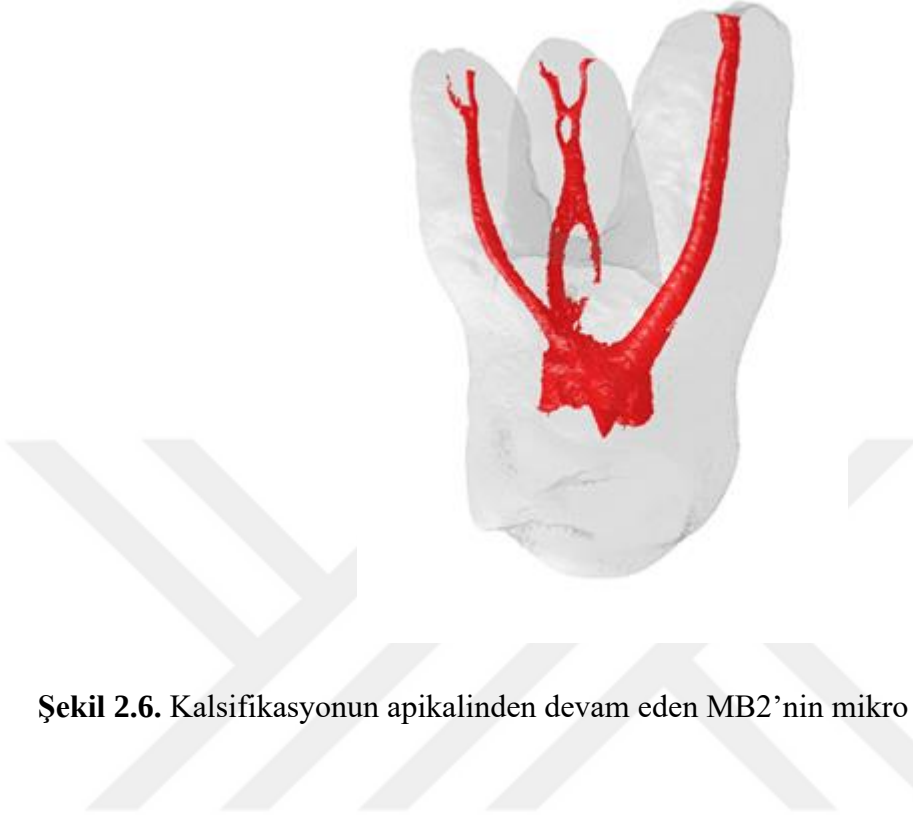
Pulpa kalsifikasyonu radyolojik ve histolojik olarak değerlendirilebilmektedir ancak radyografik incelemelerin bazı sınırlamaları bulunmaktadır. Pulpa kalsifikasyonlarının radyografide görülebilmeleri için belirli bir büyüklüğe ve mineralizasyon derecesine ulaşmış olmaları gerekmektedir. Bahsedilen şartlar sağlansa dahi kalsifikasyonun büyüklüğü radyografi ile net olarak saptanamamakla birlikte radyografinin yorumlanması da göreceli olarak değişiklik gösterebilmektedir (89, 93, 96). Tüm bu sınırlamalara rağmen klinik ve invaziv olmadan kalsifikasyonu saptayan tek yöntem radyograflardır (92).

Konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) aynı anda bir veya daha fazla dişin üç farklı düzlemde görüntülenmesini sağlamaktadır. KIBT teşhis ve tedavi için üç boyutlu görüntüleme sağlayarak, intraoral periapikal radyografinin iki boyutlu olmasından kaynaklanan birçok dezavantajın üstesinden gelmekte ve geleneksel radyografilere göre daha yüksek uzaysal çözünürlüğe sahip olması sayesinde mevcut kalsifikasyonların tespit edilmesinde kolaylık sağlamaktadır (97). KIBT’ın sağladığı avantajlar göz önünde bulundurulduğunda kalsifikasyon şüphesi olan vakalarda kullanılması önerilmektedir (98).

Literatür incelendiğinde, histomorfoloji ve etiyolojiye bağılı olarak, bu durumu belirtmek için pulpa taşı, dentikel, distrofik kalsifikasyon, kalsifik metamorfoz, pulpa kanalı obliterasyonu, obliterasyon, pulpa boşluğu kalsifikasyon süreci, azalmış pulpa lümeni, pulpa kalsifikasyonu, kalsifik pulpa obliterasyonu ve pulpa kanalı sklerozu gibi sayısız terim ve ifade kullanıldığı görülmüştür (13, 99). Bu kalsifikasyonlar genellikle pulpa hastalığına veya subjektif semptomlara neden olmadığından, patolojik mi yoksa biyolojik varyasyonu mu temsil ettikleri hala net değildir. Kalsifiye kanalların nekroz ve apikal lezyonla sonuçlanma yüzdeleri ile ilgili literatürdeki çalışmalara bakıldığında, kalsifikasyonlara sahip dişlerde rutin endodontik tedavi yapılmasına gerek olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır (86, 87).

Pulpa kalsifikasyonları yapılacak tedavide çeşitli zorluklarla karşılaşılmasına sebep olmaktadır. Bu zorluklardan bazıları pulpa odasındaki taşların kanal orifislerine ve kök kanalının apeksine erişimi engellemesidir. Bununla birlikte tedavi esnasında alet kırığı ve perforasyon gibi komplikasyonlara da neden olabilmektedir (88, 100). Pulpa taşları frezler kullanılarak giriş kavitesinden

çıkartılabilir ancak özel ultrasonik uçların kullanılması bu işlemi çok daha basit hale getirmektedir (101).



Şekil 2.6. Kalsifikasyonun apikalinden devam eden MB2'nin mikro BT görüntüsü

MB2 kök kanalının orifis seviyesinde oluşan kalsifikasyon kanalın tespitinde başarısızlığa neden olabilmektedir. Yapılan literatür taramasında bu bölgede kalsifikasyon bulunma oranının %13 olduğu görülmüştür. Kalsifikasyon nedeniyle kök kanal bütünlüğü bozulmuş olsa dahi kalsifikasyonun apikalinden itibaren kök kanalı devam edebilmektedir. Devam eden kök kanalının kendi apikal forameni olabilir ya da MB1 ile birleşebilir. MB2'nin ayrı apikal foramene sahip olması durumunda ilgili kanalın tespit edilememesi ve sonucunda şekillendirilip obtüre edilememesi nedeniyle kanal tedavisi başarısızlıkla sonuçlanması olasıdır (102).

2.7 Troughing (Oluk Açma) İşlemi

Günümüze kadar yapılmış olan çalışmalar tarandığında, kök kanal tedavisinin başarısının kök kanal sistemi içerisindeki mikrobiyolojik yükün efektif olarak uzaklaştırılmasına bağlı olduğu görülmektedir. Şekillendirilmemiş veya

obture edilmemiş kök kanalının varlığında bu bölgelerdeki potansiyel enfekte doku nedeniyle yapılan işlem başarısız olabilir ve sonuç olarak periapikal doku hastalıkları ortaya çıkabilir veya devam edebilir (10, 103).

Troughing (oluk açma), kanallar arasında minimal derinlikte ve genişlikte dentin kaldırılmasıyla gerçekleştirilmektedir (16). Bahsedilen prosedürde kök kanal orifisleri arasında ortalama 2 mm derinliğinde ve 1 mm çapında oluk hazırlanmaktadır (17). Dentin kaldırılması düşük hızlı döner aletler ya da ultrasonik uçlarla yapılabilmektedir (17, 18, 104). Dental operasyon mikroskobu ve ultrasonik uçlar kullanılarak yapılan troughing işlemi; kök kanal orifislerindeki kalsifikasyonların giderilmesinde, istmus alanlarında selektif dentin kaldırılmasında, ekstra kök kanallarının tespit edilmesinde kullanılan minimal invaziv bir tekniktir (15, 17).

Mandibular molar dişlerde genellikle orta mezial kanalların, maksiller molar dişlerde ise MB2'nin bulunmasını kolaylaştırmaktadır. İlgili kanal orifisleri kalsifiye olduğunda veya pulpa odası tabanından daha apikalde konumlandığında, dentinin kaldırılarak oluk açılması mevcut kanalları etkili bir şekilde açığa çıkarabilmektedir (18).

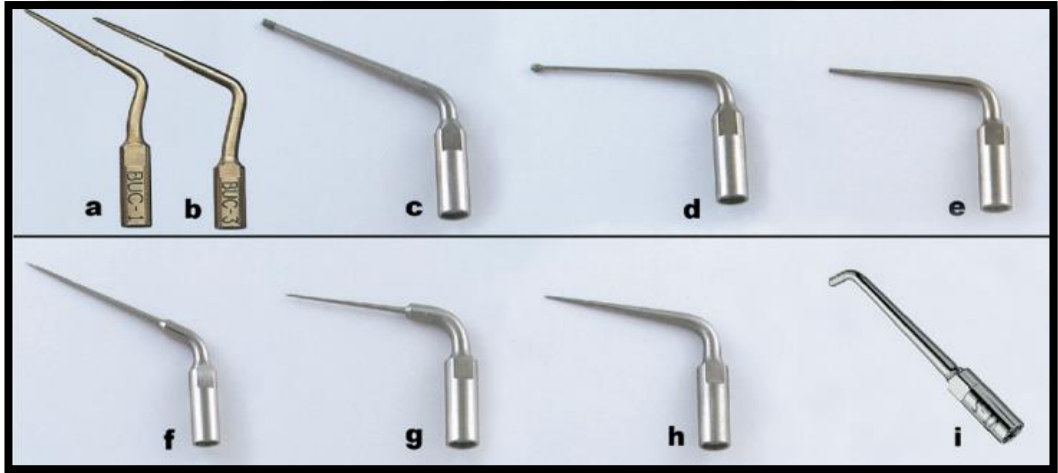
2.8 Ultrasonik Cihazlar

Diş hekimliğinde ultrasonik cihazlar ilk olarak abraziv bir materyalle birlikte kavite preparasyonu için kullanılmaya başlanmıştır (105). Ancak yüksek hızlı döner aletlerin kavite preparasyonu için daha kullanışlı ve efektif olması nedeniyle ultrasonik cihazların kullanımı sınırlı kalmıştır (106). 1955 yılında Zinner (107) abraziv kullanılmadan ultrasonik enstrumentasyonla diş yüzeyindeki kalıntıların temizlenebileceğini göstermiştir. Zinner'dan sonra Johnson ve Beatty (108), bu tekniği geliştirerek ultrasonik scalerı keşfetmişler ve ultrasonik scaler, plak ve diş taşlarının kaldırılmasında kullanılmaya başlanmıştır. Ultrasonik cihazların endodontide kullanımı 1957 yılında Richman (109) ile başlamıştır.

2.8.1 Ultrasonik Cihazların Endodontide Kullanımı

Ultrasonik cihazlar diş hekimliğinde terapötik ve diagnostik amaçlarda, aynı zamanda kullanılan aletlerin sterilizasyon öncesinde temizlenmesinde (110) kullanılmıştır. Günümüzde kullanım alanı daha çok diş taşı temizliği ve kök yüzeyi düzleştirilmesi ayrıca kök kanal tedavisidir (110, 111). Ultrasoniklerin endodontik tedavide kullanım alanları aşağıda sıralanmıştır:

- Tıkalı ya da daralmış kanalların tespiti,
- Kanal içindeki tıkanıklıkların giderilmesi,
- İrrigasyon solüsyonlarının aktivasyonu,
- Güta perkanın ultrasonik kondenzasyonu,
- Mineral trioksit agregat (MTA) yerleştirilmesi,
- Cerrahi endodontik tedavide retrograd kavite preparasyonu ve obturasyonu,
- Kök kanal preparasyonu (111).



Şekil 2.7. Endodontik tedavide kullanılan ultrasonik uçlar (112)

Yukarıdaki şekilde gösterilen uçlardan a ve b dentin kaldırılmasında, oluk açma işleminde, undercutların giderilmesinde, pulpa tavanının kaldırılmasında, c ve d uçları kök kanallarının tespit edilmesi, oluk açılması, koronal tıkanıklıkların giderilmesinde kullanıldığı gibi restoratif materyallerin, geçici ve daimi simanların,

postların, kalsifikasyonların uzaklaştırılmasında kullanım alanı bulmaktadır. E konik şekilde elmas kaplı uç, uç bölümünün yanı sıra yan yüzeyleriyle de kesme etkinliği yapabilir böylece duvarlara flaring vermek için kullanılması uygunken; f, g, h şekillerindeki spreader uç, troughing işleminde ve kırık enstrüman çıkarılmasında son olarak i şeklindeki titreşim ucu, post uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır (112).

2.8.1.1 Tıkanmış ya da Daralmış Kök Kanallarının Tespiti

Endodontik tedavide karşılaşılan zorluklardan bir tanesi özellikle restoratif materyaller ya da pulpotomi nedeniyle kanal orifislerinin sekonder ya da tersiyer dentin ile tıkanmasıdır. Kalsifiye dişlerde yapılan her giriş kavitesi preparasyonunda perforasyon riski mevcut olmakla birlikte giriş kavitesi preparasyonunun uygun şekilde yapılmaması sonraki aşamaları daha komplike hale getirmektedir (113).

DOM ve ultrasonik cihazların kullanılmaya başlanması; kırık alet, perforasyon, gözden kaçan kanal gibi durumların riskini önemli ölçüde azaltmaktadır. Endodontik tedavide DOM ve ultrasonik aletlerin kullanılması, optimum sonuçları elde etmek için güvenli ve etkili bir kombinasyondur (104, 114). Geleneksek giriş kavitesi hazırlığında ultrasonik uçlar kullanılarak kavite dizaynının düzeltilmesi, üst molar dişlerde MB2'nin bulunması, pulpa taşlarının uzaklaştırılması, aksesuar ve kalsifiye kanalların bulunmasında etkili olmaktadır (104, 114).

Kalsifiye kanallar bulunmaya çalışılırken bu kanalların orifislerinin opak ya da beyazımsı renkte olduğu unutulmamalıdır. Kalsifikasyonun olmadığı bölgeler genellikle daha koyu, grimsi renktedir. Kalsifikasyonların giderilmesinde uzun elmas kaplı ultrasonik uçların kullanılması tavsiye edilmektedir. Ultrasonik ucun uzun olması daha iyi bir görüşe olanak verirken elmas uç dentinin kaldırılmasına yardımcı olmaktadır. Bu sayede ultrasonik uçlar maksimum kesme etkinliği ve yüksek güvenlik sağlamaktadır (113, 115).

2.8.1.2 Kanal İçerisindeki Tıkanıklıkların Giderilmesi

Endodontik tedavinin başarısız olması durumunda, kanal içerisindeki sert kanal patları, kırık enstrümanlar, gümüş konlar ve postlar gibi kanal içi tıkanıklığa sebep olan durumlar kanal tedavisi tekrarı için zorluk oluşturmaktadır (116). Kanal tedavisinin yenilenmesi gerektiğı bir durum söz konusu olduğunda bu tıkanıklıkları ortadan kaldırmak için bir çok enstrüman ve teknik rapor edilmiştir (117, 118). Bu enstrümanlar; uygun frezler (119), özel bir tür forseps (120) ve ultrasonik uçlar (121-123) olmakla birlikte bahsedilen teknikler ise; solventler, şelasyon ajanları veya irrigasyon solüsyonlarının mevcut olduğu durumlarda periferel dolum tekniğı (124), mekanik adezyon kullanılarak mikrotüp tekniğı (125) ve çeşitli kit ve çıkarıcılar (126-128) olarak sıralanabilir.

Ultrasonik enerjinin; gümüş konların, kırık enstrümanların, simante edilmiş postların kanaldan uzaklaştırılmasında etkili olduğu kanıtlanmıştır (129). Ultrasonik uçlar kök kanal sisteminin derin bölgelerinde kullanılabileceğinden kırık aletlerin çıkarılması için kullanılması önerilmektedir (130). Ultrasonik cihazın kullanılmasının, kırık enstrümanın kök kanalındaki veya ilgili dişteki konumuyla herhangi bir kısıtlamaya uğramaması da bu durumu destekler niteliktedir. (131). Yapılan literatür taramasında birçok çalışma ultrasonik titreşimin diş yapısını korurken fraktür ve perforasyon riskini azaltmakla birlikte postların uzaklaştırılmasını kolaylaştırdığını göstermektedir. alışmalar ultrasonik titreşimler sonucunda kanal içine simante postların çekme kopma dirençlerinde azalma olduğunu da göstermiştir (129, 132, 133).

2.8.1.3 İrrigasyon Solüsyonlarının Aktivasyonu

İrrigasyonun etkinliğı hem irrigasyon solüsyonunun kimyasal olarak doku çözme yeteneğine hem de mekanik temizleme etkisine bağıdır (134). Literatür incelendiğinde standart iğne irrigasyonunun temizleme etkinliğinin düşük olduğu ve bu etkinliğın sadece dişin anatomisine bağı olmayıp aynı zamanda iğnenin

yerleştirildiği derinliğe ve iğnenin genişliğine de bağlı olduğu görülmektedir (134, 135).

İstmuslar ve dallanmalar mekanik olarak temizlenemedikleri (136) için bu bölgelerin temizlemenin tek efektif yolu irrigasyon solüsyonunun hareketi olmaktadır (137). Ultrasoniklerin hem kavitasyon hem de akustik akış yarattığı kanıtlanmıştır bu sayede de bahsedilen anatomik yapıların temizlenmesine yardımcı olmaktadır. Kavitasyon minimal ve uç kısımla sınırlı olmasına karşılık akustik akış etkisi kayda değerdir (138, 139). İrrigasyon solüsyonunun sürekli hareketini sağlayan ultrasonik titreşim ile irrigasyonun, kök kanal boşluğunun etkin temizliği ile doğrudan ilişkili olduğu gösterilmiştir (136, 140, 141).

Düşük çapa sahip kanallarda standart iğne irrigasyonunun etkinliği birçok araştırmacı tarafından sorgulandığı gibi (142-144) dar kanallarda ultrasonik irrigasyonun etkinliği de şüphelidir (145). Bu tarz dar ve eğimli kök kanallarına sahip dişlerde ultrasonikler kullanılırken uçlar bükülebilir böylece titreşim kapasitesi dolayısıyla da temizleme etkinliğinde azalma olduğu görülmektedir (146).

2.8.1.4 Güta Perkanın Ultrasonik Kondenzasyonu

Literatürde ultrasonik olarak aktive edilen spreader şekilli uçlar, güta perkayı sıcak lateral kondenzasyon tekniğiyle termoplastize etmek için kullanılmıştır. Taranan in vitro çalışmalarda bu tekniğin sızdırmazlık, homojenite ve yoğunluk olarak soğuk lateral kondenzasyon tekniğine karşın üstün olduğu görülmüştür (147-149). Doğrusal olarak titreşen ve ısı üreten, dolayısıyla güta perkayı termoplastize eden ultrasonik uçlar, kanal dolumundaki boşlukların sayısında ve boyutunda azalmayla daha homojen bir kütle elde edilmesini sağlamaktadır. Dolayısıyla kök kanal sisteminin daha eksiksiz üç boyutlu obturasyonuna olanak tanımaktadır (149). Bu tekniğin uygulandığı klinik çalışmalarda da benzer şekilde olumlu sonuçlara ulaşılmıştır (150).

Sıcak lateral kondenzasyon tekniği, soğuk lateral kondenzasyon tekniğinin çalışma boyu üzerinde kontrol sahibi olma avantajını, termoplastize bir malzemenin

kök kanalını üç boyutlu şekilde obturasyonu konusundaki üstün yeteneği ile birleştirmektedir (149).

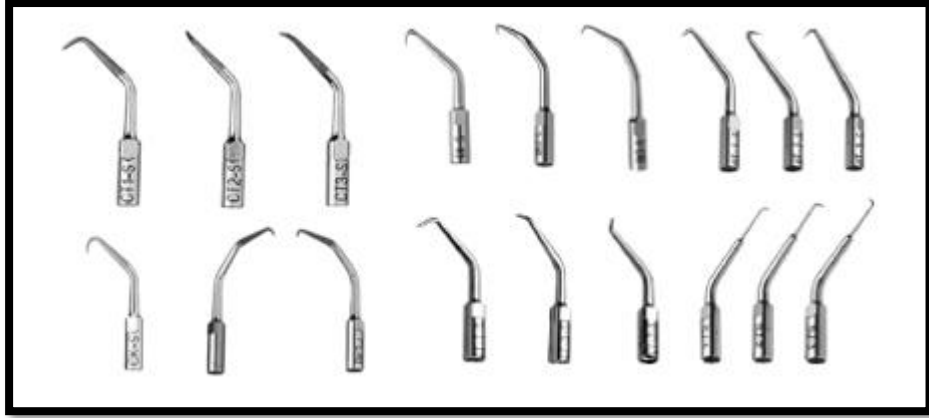
2.8.1.5 Mineral Trioksit Agregat (MTA) Yerleştirilmesi

Apikal bölgedeki anatomik farklılıklar ve düzensizlikler nedeniyle dolum materyalinin dentin arayüzlerinde marjinal boşluk oluşumuna yatkın olduğu gözlenmiştir. Ultrasonik yardımıyla uygulanan MTA'nın daha yüksek oranda sızdırmazlık sağladığı rapor edilmiştir (151). MTA'nın ultrasonik titreşim ve endodontik kondansatör ile yerleştirilmesi MTA'nın akışını, çökmesini ve sıkışmasını iyileştirmiştir. Ayrıca, ultrasonik kullanılarak kondanse edilmiş MTA, radyografik olarak daha az boşlukla birlikte daha yoğun görülmüştür (151).

2.8.1.6 Cerrahi Endodontik Tedavide Retrograd Kavite Preparasyonu ve Obturasyonu

Yapılan literatür taramasında cerrahi endodontik tedavinin prognozunun obturasyon ve sızdırmazlığın kalitesine bağlı olduğu görülmektedir. Apikal rezeksiyon sırasında uygun retrograd kavite preparasyonunun kaliteli dolum için önemli bir koşul olduğu bildirilmektedir (152, 153).

Literatür incelendiğinde geleneksel olarak retrograd kavitelerin rond veya ters konik frezler bağlanmış bir el motoru yardımıyla hazırlandığı görülmüştür (154). 1990'ların başlarında sonik ve ultrasonik cihazların tanıtılmasıyla periradiküler cerrahide retrograd kavite preparasyonunun bu tip mikrouçlarla yapılması gerekliliği vurgulanmıştır (155, 156). Frezler ve el motorlarıyla yapılan geleneksel retrograd kavite preparasyonunda çeşitli sorunlarla karşılaşmıştır. Bu sorunlardan bazıları preparasyonun kanala paralel olmaması, kök ucuna erişimin zor olması ve lingual perforasyon riskine ilave olarak gerekli derinlikte kavite açılmaması sonucunda kök ucu dolgusunun retansiyonunda meydana gelen problemler olarak sıralanabilmektedir (157-159). Ultrasonik ve sonik uçların geliştirilmesi, cerrahi endodontik tedavide devrim yaratmış, kök ucuna daha iyi erişimle cerrahi prosedürü iyileştirerek daha iyi retrograd kavite preparasyonu yapılmasına olanak sağlamıştır (158, 159).



Şekil 2.8. Ultrasonik retrograd kavite uçları (112)

Ultrasonik cihazların avantajı sınırlı bir çalışma alanına gelişmiş bir ulaşımın sağlanmasıdır. Böylece daha az kemik dokusu kaldırılmasıyla kök ucuna erişim sağlanmış olmaktadır (160). Frezlerle kıyaslandığında ultrasonik uçların, daha derin ve daha konservatif retrograd kavite preparasyonu yaptığı ve kanalın orijinal formunu daha iyi takip ettiği görülmüştür (156, 161). Sayılan avantajlara ilave olarak ultrasonik uçlarla yapılan retrograd kavite dizaynlarında rezeke edilen kısma bevel yapılması gerekmediği (160), böylelikle daha az tübül açığa çıktığı (162) ve sızıntı ihtimalinin de azalmış olduğu görülmektedir (163).

2.8.1.7 Kök Kanal Preparasyonu

Ultrasonik cihazların kök kanal preparasyonunda kullanılması 1957 yılında Richman ile başlamıştır (109). 1980 yılında Martin ve ark. (164) ultrasonik olarak aktive edilmiş K-file eğenin dentin kaldırılmasını sağladığını göstermişlerdir ancak el aletleriyle karşılaştırıldığında gelişmiş bir debridman gerçekleştirilemediğinden, birincil enstrümantasyon tekniği olarak ultrasonik veya soniklerin herhangi bir üstünlüğü gösterilememiştir (138, 140, 165, 166).

Ultrasonik olarak aktive edilmiş eğeler ile ultrasonik kök kanal hazırlığı üzerine yürütülen çok sayıda çalışmaya rağmen, mevcut fikir birliği bunun geçerli bir klinik teknik olmadığı yönündedir (112).

2.9 Dental Operasyon Mikroskobu (DOM)

2000'li yılların başından bu yana minimal invaziv diş hekimliği ilkeleri diş hekimliğinde geniş çapta destek görmekte ve bu prensipler diş hekimlerini mikroskop kullanımına teşvik etmektedir (167). Dental operasyon mikroskobunun (DOM) diş hekimliğinde kullanımının faydaları aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir.

- Artırılmış görüş
- Tedavinin genel kalitesinde gelişme
- Daha az diş sert dokusu kaybıyla minimal invaziv tedavi gerçekleştirilmesi
- Final oklüzyon kontrolü için gereken zamanın azalması
- Ergonomik çalışma pozisyonu
- İyatrojenik hasarlardan kaçınılması

2.9.1 Artırılmış Görüş

Büyütmesi ve ışığın fiber optiklerle operasyon alanına iletilmesi sayesinde, doğrudan gözle yapılan görüşe kıyasla daha iyi görünürlük sağlamaktadır, bu sayede daha hassas tedavi yapılması mümkün olmaktadır (167).

2.9.2 Tedavinin Genel Kalitesinde Gelişme

Teşhisin doğruluğu ve tedavi basamaklarının düzgün bir şekilde tamamlanması sonucunda mikroskop kullanılmasının tedavilerin kalitesini artırdığı kanıtlanmıştır (168-172). Ameliyat alanının büyütülmüş bir görüntüsü, diş hekiminin kavite hazırlıklarını, matriks yerleştirmeyi, tükürük infiltrasyonunu, kalan dentin artıklarını, kompozit katmanlamayı, oklüzal morfolojiyi, makro/mikro detayları, restorasyonun yüzey dokusunu, hava boşluklarını, yabancı maddeleri ve aşırı konturları daha iyi bir şekilde kontrol etmesine yardımcı olmaktadır (167).

2.9.3 Daha Az Diş Sert Dokusu Kaybıyla Minimal İnvaziv Tedavi

Minimal invaziv diş hekimliğinin ilkeleri artık hemen hemen her diş hekiminin önceliği haline gelmiştir. Bu ilkelerin büyütme ile elde edilmesi daha kolay olmaktadır. Büyütme olmadan çıplak gözle, yeni başlayan mine çürüklerinin genişlemeden önce erken tespiti mümkün olmamakla birlikte aynı durum, sağlıklı dokuya zarar vermeden eski restorasyon malzemesinin kaldırılması için de geçerlidir (167).

2.9.4 Final Oklüzyon Kontrolü İçin Daha Az Vakit

Oklüzal morfoloji işlenmesi adımıyla büyütme kullanarak operatör, oklüzal yüzeyler seviyesinde uygulanan aşırı konturlu rezin malzemesini azaltabilmekte böylece oklüzal adaptasyon süresini kısaltabilmektedir (167).

2.9.5 Ergonomik Çalışma Pozisyonu

DOM kullanan diş hekimleri, göz yorgunluğunun, kas-iskelet ağrılarının ve psikolojik yorgunluğun ciddi oranda azaldığını beyan etmektedir. Bunun nedeninin operasyon alanının büyütülmüş görüntüsü, aydınlatma yoğunluğunun artması, çalışma sırasındaki ergonomik konum ve yapılan işlemlerin kontrolünün doğru olması olduğu düşünülmektedir. Bütün bunlar diş hekiminin yaşam kalitesine net bir fayda sağlamaktadır (171, 173-176).

2.9.6 İyatrojenik Hasarlardan Kaçınmak

İyi aydınlatılmış ve yaklaşık 20 kat büyütülmüş bir operasyon alanında çalışmak, diş hekimine döner enstrümantasyon, özellikle de yüksek hızlarda frezler kullanırken hareketlerde son derece hassas olma fırsatı vermektedir. Böylece, proksimal kavite preparasyonları, protez kuron preparasyonları sırasında komşu

dişlerin zarar görmesini önlemek veya pulpa odasının açılmasına neden olan derin dentin tabakasının açığa çıkmasını önlemek mümkün olmaktadır. İyi bir büyütme ve etkili aydınlatma olmadan, özellikle de mine ve dentin kalıntılarıyla karışmış soğutma suyunun varlığı nedeniyle ameliyat alanı görsel olarak engellendiğinde bu durumların çoğu zaman kontrol edilmesi zor olmaktadır (167).

2.10 Kök Kanal Morfolojisi İnceleme Yöntemleri

Diş hekimliği endodonti alanında kök kanal morfolojisinin incelenmesi, tedavi başarısını artırmak için kritik öneme sahiptir. Kök kanal morfolojisinin karmaşıklığı her klinisyen için zorluk oluşturmaktadır ve endodontik tedavi gerçekleştirmeye yönelik herhangi bir girişimden önce hem pulpa odasının hem de kök kanal sisteminin anatomisinin tam olarak anlaşılması gerekmektedir (177). Kök kanal morfolojisi inceleme yöntemleri arasında; kök kanallarının replika modellerinin hazırlanması, kesit alma, boyama ve şeffaflaştırma, stereo mikroskopların kullanılması, taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılması, iki boyutlu radyografik görüntüleme, konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT), mikro bilgisayarlı tomografi (Mikro BT) sayılmaktadır. Bu teknikler sayesinde dentin ve pulpa ilişkisi ile kök ucundaki lezyonlar daha iyi değerlendirilebilmekte, böylece endodontik tedavi planlamasında önemli avantajlar sağlanmış olmaktadır (177).

2.10.1 Kök Kanallarının Replika Modellerinin Hazırlanması

Yöntemin amacı kök kanal morfolojisini ortaya koyacak replika modellerin hazırlanmasıdır. Yapılan literatür çalışmasında kök kanallarını replike etmek için epoksi rezin veya silikon kullanıldığı görülmüştür (178, 179). Söz edilen teknikler kök kanal morfolojisini ya da preparasyon etkinliğini göstermek için kullanılmaktadır. Epoksi rezin kullanılan teknikte organik dokuların hidrojen peroksit ya da sodyum hipoklorit kullanılarak çözünmesi sağlanmasının ardından yüksek basınç altında rezinin kök kanallarına penetrasyonu gerçekleştirilmektedir (179). Silikon kullanılan teknikte ise kanalların farklı sistemlerle preparasyonunun ardından düşük viskoziteye sahip silikonun kök kanallarına penetrasyonu

sağlanmaktadır (178). Bahsedilen tekniklerde rezinin ya da silikonun polimerize olmasının ardından dişler asit içerisinde bekletilerek sert dokusunun çözülmesi sağlanmakta böylelikle kök kanal morfolojisini içeren replikasyon model ortaya çıkmaktadır (178, 179). Yalnızca çekilmiş dişlerde uygulanabilir olması ve ölçü materyallerinin detayları tam bir şekilde yansıtamaması olumsuz yanlarındandır (179).

2.10.2 Kesit Alma

Kesit alma tekniğinde istenilen seviyede, açıda ve kalınlıkta kesit alınmakta, alınan kesitler daha sonra boyanarak kalınlıklarına göre makroskobik ya da mikroskobik olarak incelenmektedir. Alınan kesitlerde pulpa odası, kanal konfigürasyonları, ilave kanalların varlığı vb. internal kök kanal anatomisi incelenebilmektedir (180).

İnvaziv bir yöntem olması nedeniyle örnekler zarar görmektedir. İlave olarak sadece kesiti alınan bölgeler incelenebildiği için bazı anatomik yapıların gözden kaçabilmesi tekniğin dezavantajları olarak sayılabilmektedir (181).

2.10.3 Boyama ve Şeffaflaştırma

Boyama ve şeffaflaştırma tekniği ilk olarak 1974 yılında Vertucci (182) tarafından rapor edilmiştir. Vertucci'nin çalışmasının ardından çeşitli araştırmacılar bu tekniği kullanarak dişlerin morfolojisinin anlaşılması adına çalışmalar yapmışlardır (45, 183-185). Bu yöntemin kullanılmasındaki amaç; kök kanal sayısı, kanal konfigürasyonu, apikal delta ve dallanmalar, aksesuar kanal varlığı, istmus varlığı ve lokasyonu hakkında bilgi sahibi olmak dolayısıyla kök kanal morfolojisini daha incelikli bir şekilde tanımlayabilmektir (45).

Yöntemin uygulanması sırasında çekilmiş dişler dış organik dokulardan arındırılmakta ve daha sonrasında giriş kavitesi açılmaktadır. Giriş kavitesi açılan dişler sodyum hipoklorit içerisinde bekletilerek organik dokuların çözülmesi sağlanmakta ardından dişler çini mürekkebi, hematoksilen vb. bir boya ile

boyanmaktadır. Boyama işleminin ardından dişler bir süre %5'lik nitrik asit içerisinde bekletilerek dekalsifiye olması sağlanmaktadır. Dekalsifikasyon işleminin ardından etil alkol kullanılarak dişler dehidrate edilmekte ve son olarak dişler ksilen içerisinde bekletilerek şeffaflaştırma işlemi tamamlanmaktadır (45).

Boyama ve şeffaflaştırma yönteminin invaziv olması, yalnızca çekilmiş dişlerde uygulanabilmesi, hassas ve zaman alıcı olması ve kök kanal konfigürasyonlarıyla ilgili sınırlı bilgi vermesi olumsuz yanları olarak sayılabilmekle birlikte; karmaşık cihazlar gerektirmemesi, uygun fiyatlı olması ve majör ve minör anatomik varyasyonları ortaya çıkarabilmesi nedeniyle bazı çalışmalarda hala kullanım alanı bulmaktadır (186).

Boyama ve şeffaflaştırma yöntemi uzun yıllar boyunca altın standart olarak kullanılmış olmasına rağmen son yirmi yılda kullanımı sayılan olumsuz yönleri nedeniyle ciddi şekilde azalmıştır (186).

2.10.4 Stereo Mikroskop

Stereo mikroskop kök kanallarının detaylarını gözlemlemek ve ölçmek için kullanılan invaziv olmayan ve geniş kullanım alanına sahip bir tekniktir. Bu teknikle kanal orifisleri arasındaki mesafe (187), C- şekilli kanallar (188), istmus ve dentin kalınlığı (33), furkasyon alanları (189), majör ve aksesuar apikal foraminallerin minimum ve maksimum çaplarının aynı zamanda anatomik apekse uzaklıklarının ölçümü (190, 191) yapılabilmektedir.

Bu teknik kolay ve güvenilir olmasının yanı sıra veri toplanması ve yorumlanması gibi karmaşık prosedürler gerektirmemesi avantajları arasındadır (186). Teknik kendi başına invaziv olmamasına rağmen kesit alma tekniği gibi invaziv tekniklere ihtiyaç duyabilmektedir (186).

Uygulaması kolay bir teknik olmasına karşın stereo mikroskop kök kanal konfigürasyonları, aksesuar kanallar vb. yapılar için yeterli bilgi sağlamamakta aynı zamanda pulpa dokusunun volümetrik analizini yapamamaktadır (186).

2.10.5 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Taramalı elektron mikroskobu (SEM); majör ve minör apikal foramenlerin sayısı, çapı, kökün uzun ekseninden sapma miktarı, foramenler arası mesafe ve aksesuar kanallar gibi kök ucunda mevcut anatomik oluşumların ve bu oluşumlara ek olarak palatogingival oluk gibi derin gelişimsel oluklara açılan aksesuar kanalların incelenmesi için kullanılan invaziv olmayan bir yöntemdir (192-195). Anatomik oluşumlardan farklı olarak rezorpsiyon ve kök kanal preparasyonu sonucu oluşmuş defektlerin ve morfolojik değişikliklerin incelenmesi de kullanım alanları arasındadır (196, 197). Kök kanal konfigürasyonları, kök kanal şekli, istmus vb. oluşumlar hakkında bilgi verememesi bununla birlikte kök kanalının volümetrik analizinin yapılamaması SEM'in olumsuz yönleri arasında sayılabilmektedir (198).

2.10.6 İki Boyutlu Radyografik Görüntüleme

Dental radyografi rutin klinik pratiğinde en sık uygulanan tıbbi görüntüleme yöntemlerinden biridir. Dişler ve ilişkili yapılar, geniş bir ağız içi mikrobiyom ve dış etkenlerle doğrudan temas halinde olan benzersiz bir anatomik kompleks oluşturmakta, oluşan bu kompleks anatomisinin anlaşılmasında iki boyutlu radyografik görüntüleme sıklıkla kullanılmaktadır (199). Klinik kullanımın yanı sıra farklı dişlerdeki çoğu kök kanal konfigürasyonunu belirlemek, kök kanal kurvatürlerini açısını ve çapını dahil olmak üzere ölçmek için laboratuvar çalışmalarında da kullanım alanı bulmaktadır (40, 200). Bu metot üç farklı şekilde kullanılabilir. İlk kullanım şekli; çekilmiş dişe bukkal-lingual, mezial-distal ya da istenen açıda olmak üzere film alınması (40), ikinci kullanım şekli; giriş kavitesi açılmış çekilmiş dişte kanal aletleri kanal içerisine yerleştirilerek film alınması (200), üçüncü kullanım şekli; diş kuronunun kesilmesinin ya da giriş kavite preparasyonunun yapılmasının ardından kök kanalına radyopak materyal enjekte edilmesi ve ardından film alınmasıdır (49, 201).

İki boyutlu radyografik görüntüleme yönteminin invaziv olmaması sayesinde dişin radyografik olarak görüntülenmesinin ardından kesit alma (202), boyama ve

şeffaflaştırma (203), gibi ek incelemeler yapılmasına ve stereo mikroskop veya SEM kullanılarak apikal kanal anatomisinin incelenmesine olanak tanımaktadır. Bu yöntemin basit olması, geniş kullanım olanağına sahip olması ve karmaşık prosedürler gerektirmemesi olumlu yanları olarak görülmesine karşın yöntem iki boyutlu olması nedeniyle kompleks kök kanal anatomisi, aksesuar kanal morfolojisi ve apikal foramen morfolojisi bununla birlikte apikal foramenin kök ekseninden sapması hakkında verebileceği bilgi sınırlı kalmaktadır. Sayılan limitasyonlara ek olarak kök kanal boşluğunun volümetrik analizi yapılamaması da olumsuz yönleri arasındadır (186).

2.10.7 Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT)

Endodontik problemlerin yönetimi, dişin anatomisini ve çevresindeki anatomiye değerlendirmek için alınan radyografilere sağlanmaktadır (204). Bununla birlikte 2 boyutlu radyografilerin doğası gereği bazı kısıtlamaları bulunmaktadır. Geleneksel veya dijital periapikal radyografilerden elde edilen bilgi miktarı, radyografisi çekilen alanın üç boyutlu anatomisinin iki boyutlu bir görüntüye sıkıştırılması nedeniyle sınırlıdır. Süperpozisyon sonucunda periapikal radyografiler üç boyutlu anatominin sınırlı yönlerini ortaya çıkarmakla birlikte görüntülenen anatomik yapılarda geometrik bozulmalar da meydana gelebilmektedir (204). Sonuç olarak üç boyutlu görüntü sağlayamaması ve görüntülenmek istenen bölgenin farklı anatomik oluşumlar tarafından maskelenmesi nedeniyle istenen görüntünün elde edilememesi bu kısıtlamalardan bazılarıdır (205).

KIBT, kök ve kanal anatomisinin aksiyal, koronal ve sagittal düzlemlerde 3 boyutlu olarak görüntülenmesine olanak tanıyan, invaziv olmayan bir görüntüleme aracıdır (186). Diş, dişi çevreleyen dokular ve maksillofasiyal anatominin üç boyutlu olarak incelenmesine olanak sağlayacak şekilde dizayn edilmiştir bununla birlikte artmış doğruluk oranı, yüksek çözünürlük ve tarama zamanının azalması da avantajları arasında sayılmaktadır (204). Endodontideki potansiyel kullanım alanları kök kanal konfigürasyonlarının belirlenmesi, endodontik ya da endodontik kaynaklı olmayan patolojik durumların değerlendirilmesi, internal ve eksternal rezorpsiyonların, travma ve kök kırıklarının incelenmesi, dişleri çevreleyen

alveolar kemik anatomisinin incelenmesi ve bu durumlara ek olarak cerrahi öncesi planlamadır (206, 207).

Metal postlar, kuronlar, implantlar, amalgam restorasyonlar ve hatta güta perka varlığı önemli artefaktlara neden olabilmekte ve sonucunda kök kırığı, kök rezorpsiyonu ve kök kanal anatomisindeki ayrıntıların görüntülenmesini engelleyebilmektedir (208). KIBT cihazlarının radyasyon dozu BT cihazlarına göre daha az olmasına rağmen, iki boyutlu radyografik görüntüleme cihazlarından fazla olması da dezavantajları arasında sayılabilmektedir (209).

2.10.8 Mikro Bilgisayarlı Tomografi (Mikro BT)

Mikro bilgisayarlı tomografi (Mikro BT) 1980'li yılların başlarında geliştirilmiş invaziv olmayan bir görüntüleme tekniği olmakla birlikte iki ve üç boyutlu görüntülerin elde edilmesinde kullanılmaktadır (210, 211). Çalışma prensibi incelenecek numune üzerine gönderilen ve sensör tarafından yakalanan çoklu X ışınlarına dayanmaktadır. Toplanan X ışınları dijital görüntüye dönüştürülmektedir. Mikro BT tarafından sağlanan volümetrik piksel (voksel) 5-50 µm aralığında olmakta ve daha küçük voksel boyutu ile daha yüksek çözünürlüklü görüntü üretilmektedir (210).

Mikro BT tarama prosedürü, incelenecek numunenin montajı, tarayıcı parametreleri seçimi (Kv, voksel boyutu, filtreler ve diğerleri), görüntülerin taranması, yeniden yapılandırılması, görselleştirilmesi ve analizi ile biten adımları içermektedir (212). Üzerinde çalışılacak numuneye montaj işleminden önce özel bir hazırlık yapılması gerekmemekte ve araştırmacının tarama için belirlediği parametreler, sonuçta üretilcek verilerin kalitesini belirlemektedir (212).

Mikro BT, diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında çeşitli avantajlar sunmaktadır. SEM, stereo mikroskop ve konfokal lazer mikroskobu yüzeysel analiz için kullanılabilir ancak bu yöntemler invazivdirler ve örneklerden kesit alınmadan üç boyutlu görüntüler sağlayamazlar. Bu mikroskobik yöntemlerin aksine Mikro BT, numuneye zarar vermeden aynı numunenin farklı testler için kullanılmasına olanak tanır (213). Bu durum özellikle enstrümantasyon öncesi ve sonrası hacmin, kök

kanalı dolumunun kalitesinin veya kanal tedavisinin yenilenmesi (retreatment) gereken olgularda kanal obturasyon materyalinin kanal içerisinden uzaklaştırılabilirliğinin değerlendirilmesi konusunda önemli fayda sağlamaktadır (214). Mikro BT'nin diğer avantajları, tekrarlanan tarama imkanı ve görüntünün özel bir yazılım kullanılarak manipüle edilebilmesidir (215). Sayılan avantajların yanı sıra pahalı olması, zaman alıcı olması, radyasyon dozunun fazla olması ve klinik olarak kullanılamaması aynı zamanda bu teknolojinin kullanımı ve görüntülerin elde edilip yeniden yapılandırılması için iyi eğitilmiş bir operatör ve büyük bir veri depolama sistemi gerektirmesi de dezavantajları arasında bulunmaktadır (186).

Mikro BT'nin laboratuvar çalışmalarında uygulanması ile; farklı diş tiplerindeki kök kanalı konfigürasyonları gibi kök ve kanal morfolojik özellikleri (216, 217), istmuslar (218), apikal foramen anatomisi (219), aksesuar kanallar (220), kök dentini kalınlığı (221), bifid köklü dişler (222), çift köklü mandibular kanin dişler (211), üç köklü maksiller premolar dişler (223) ve dört köklü maksiller molar dişler (224) gibi aksesuar kökü olan dişler, kök füzyonu olan dişler (225), C şekilli kanala sahip dişler (226) ve palatogingival oluğa sahip dişler (227) hakkında diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında önemli ve daha ayrıntılı bilgiler üretilebilmektedir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

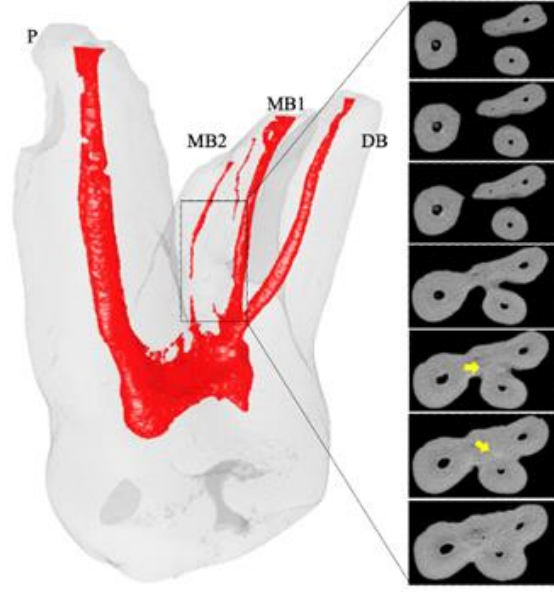
3.1 Etik Kurul Onayı ve Örneklem Büyüklüğünün Hesaplanması

Bu çalışma tasarımı Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 25.04.2023 tarihli 2023/114 no'lu karar ile onaylandı.

Çalışmaya benzer metodolojiye sahip çalışmalar baz alınarak araştırma kapsamında 17/200 oranına uygun olacak şekilde gerekli olan örneklem büyüklüğünün belirlenmesi amacıyla yapılan güç analizinin sonucunda (G-power 3.1.9.4 Yazılımı, Heinrich Heine Üniversitesi, Düsseldorf, Almanya; $\alpha=0.05$, $1-\beta=0.90$) incelenmesi gereken minimum örneklem büyüklüğü $n=114$ olarak bulundu (102).

3.2 Çalışmada Kullanılacak Dişlerin Seçimi ve Hazırlanması

Mevcut çalışma ‘‘Micro-CT assessment of radicular pulp calcifications in extracted maxillary first molar teeth’’ adlı çalışmanın devamı niteliğindedir (102). Önceki çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Etik Kurulu tarafından onaylanmasının ardından (Protokol 2015/408) seçilen 203 adet maksiller 1. molar diş bir mikro BT cihazında (Skyscan 1172; Bruker-microCT, Kontich, Belçika) 100 kV, 100 μ A, 10 μ m piksel boyutunda ve dikey eksen etrafında 180° dönüşte 0,6°'lik adımlarla alüminyum-bakır alaşımlı bir filtre yardımıyla taranmıştır. Elde edilen görüntüler, NRecon v.1.7.1.1 yazılımı (Bruker-microCT) ile yumuşatma (85) ve halka artefakt düzeltilmesi yapılarak (228), kontrast sınırları 0,009–0,018 ve ışın sertleştirme düzeltilmesi %15 olacak şekilde benzer parametrelerle yeniden yapılandırılmıştır. Yapılan ex vivo çalışmada, kullanılan dişler yukarıda sözü edilen çalışmada incelenen dişler arasından 200 adet olacak şekilde seçildi (Şekil 3.1). Kalsifiye MB2 orifisine sahip bir adet diş uygun olmayan saklama koşulları sonucunda dahil edilme kriterlerine uymaması gerekçesiyle çalışmadan çıkarıldı, kalsifiye MB2 orifisine sahip dişlerin yeni oranı 16/200 olarak belirlendi.



Şekil 3.1. MB2’de görülen kalsifikasyonun mikro BT görüntüsü

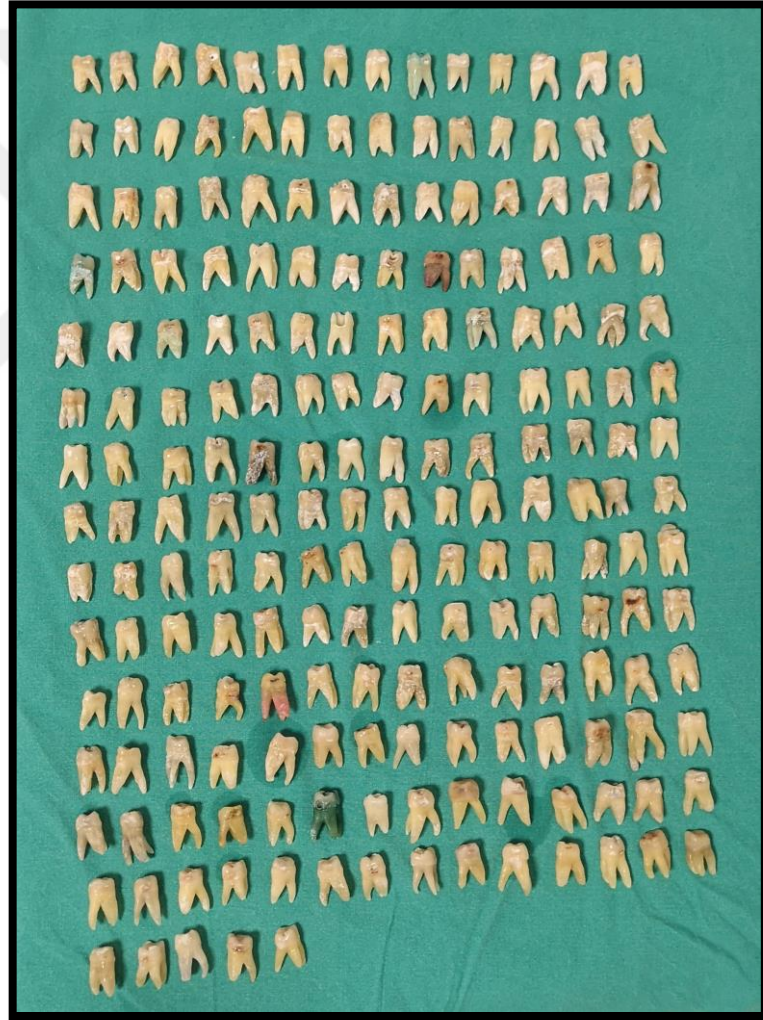
Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri

1. Derin çürük bulunmaması,
2. Derin restorasyon bulunmaması,
3. Aşırı abrazyon mevcudiyeti olmaması,
4. Kök formasyonunun tamamlanmış olması,
5. Fraktür bulunmaması,
6. Rezorpsiyon bulunmaması,
7. Kök füzyonu bulunmaması,
8. Önceden kök kanal tedavisi uygulanmamış olması

Çalışmaya Dahil Edilmeme Kriterleri

1. Derin çürük mevcudiyeti,
2. Derin restorasyon mevcudiyeti,

3. Aşırı abrazyon mevcudiyeti,
4. Tamamlanmamış kök formasyonuna sahip olması,
5. Fraktür mevcudiyeti,
6. Rezorpsiyon mevcudiyeti,
7. Köklerde füzyon oluşumu,
8. Önceden kanal tedavisi yapılmış olması



Şekil 3.2. Dahil edilme kriterlerine uygun olarak çalışmaya dahil edilen 200 adet maksiller molar diş

Çalışmaya dahil edilen dişlerin bir kısmında tek meziyobukkal kanal mevcut, bir kısmında iki meziyobukkal kanal mevcut, bir kısmında ise iki meziyobukkal kanal mevcut ancak MB2 orifisinde kalsifikasyon mevcuttu. Dahil edilme kriterlerine uygun olacak şekilde seçilen 200 adet maksiller molar diş öncelikle klinisyenin dişler hakkında kısıtlı bilgiye sahip olması amacıyla yeniden numaralandırıldı. Deney düzeneğinde kullanılabilecek kadar dişlerin kurumasına izin vermemek amacı ile dişler oda sıcaklığında %10 formalin çözeltisi içerisinde saklandı.

3.3 Giriş Kavitesi Açılması ve Kanal Orifislerinin Tespit Edilmesi

Klinisyen tarafından çift kör şeklinde dişlerde MB2 mevcut olup olmadığı veya kanal orifislerinde kalsifikasyon mevcudiyeti bilinmeden su soğutması altında dental operasyon mikroskobu (Zuimax OM S3200, Suzhou, Çin) eşliğinde 22x büyütme ve yüksek hızlı bir el aleti ile elmas frezler (G&Z Instrumente, Lustenau, Avusturya) kullanılarak geleneksel giriş kavitesi hazırlandı.



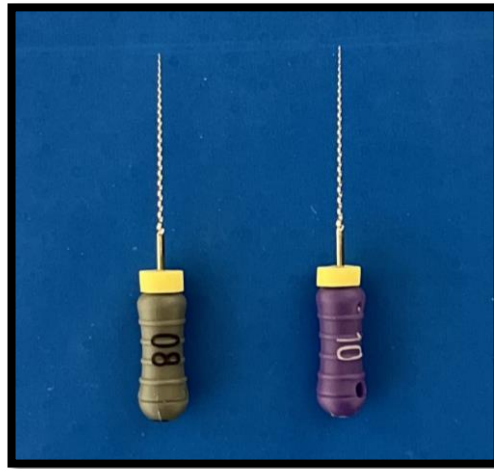
Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan dental operasyon mikroskobu (Zuimax OM S3200, Suzhou, Çin)

DOM kullanılarak görünürlük dolayısıyla mevcut olan MB2'lerin bulunma ihtimali artırıldı aynı zamanda daha konservatif bir kavite açılarak kalan diş dokusunun zayıflaması en aza indirildi.



Şekil 3.4. Giriş kavitesi preparasyonu

DOM altında giriş kavitesi açılan dişlere troughing işlemi uygulanmadan kanal orifisleri tespit edilip MB2 bulunmaya çalışıldı. MB2 tespit etmede endodontik explorer ve sond kullanıldı. Ardından kanal orifisi olduğu düşünülen bölgelerin doğruluğu 18mm uzunluğunda 8 ve 10 C+ File eğeler (Dentsply Sirona, Ballaigues, İsviçre) ile rehber yol oluşturularak değerlendirildi.



Şekil 3.5. Rehber yol oluşturmak amacıyla kullanılan 8 ve 10 C+ eğeler (Dentsply Sirona, Ballaigues, İsviçre).

Kalsifiye kanalların zorluğunu yönetmek için özel olarak geliştirilmiş C+ eğeler kullanılarak kanallardaki kalsifikasyonun giderilip giriş yolu oluşturulması amaçlandı (229). MB2 tespit edilen dişler ‘‘1’’ tespit edilemeyen dişler ‘‘0’’ şeklinde not edildi.

3.4 Troughing İşleminin Uygulanması

Giriş kavitesi açılıp kanal orifislerinin tespitinin ve MB2 bulunamayan dişlerin ‘‘0’’ şeklinde not edilmesinin ardından bu dişlere DOM altında 2 mm derinliğinde troughing işlemi (17, 18) aynı klinisyen tarafından ultrasonik cihaz (Satelec P5 Newtron XS; Satelec Acteon, Mericnac, Fransa) ve ultrasonik uç (E3D, Woodpecker, Guilin Med. Ins., Çin) kullanılarak gerçekleştirildi.

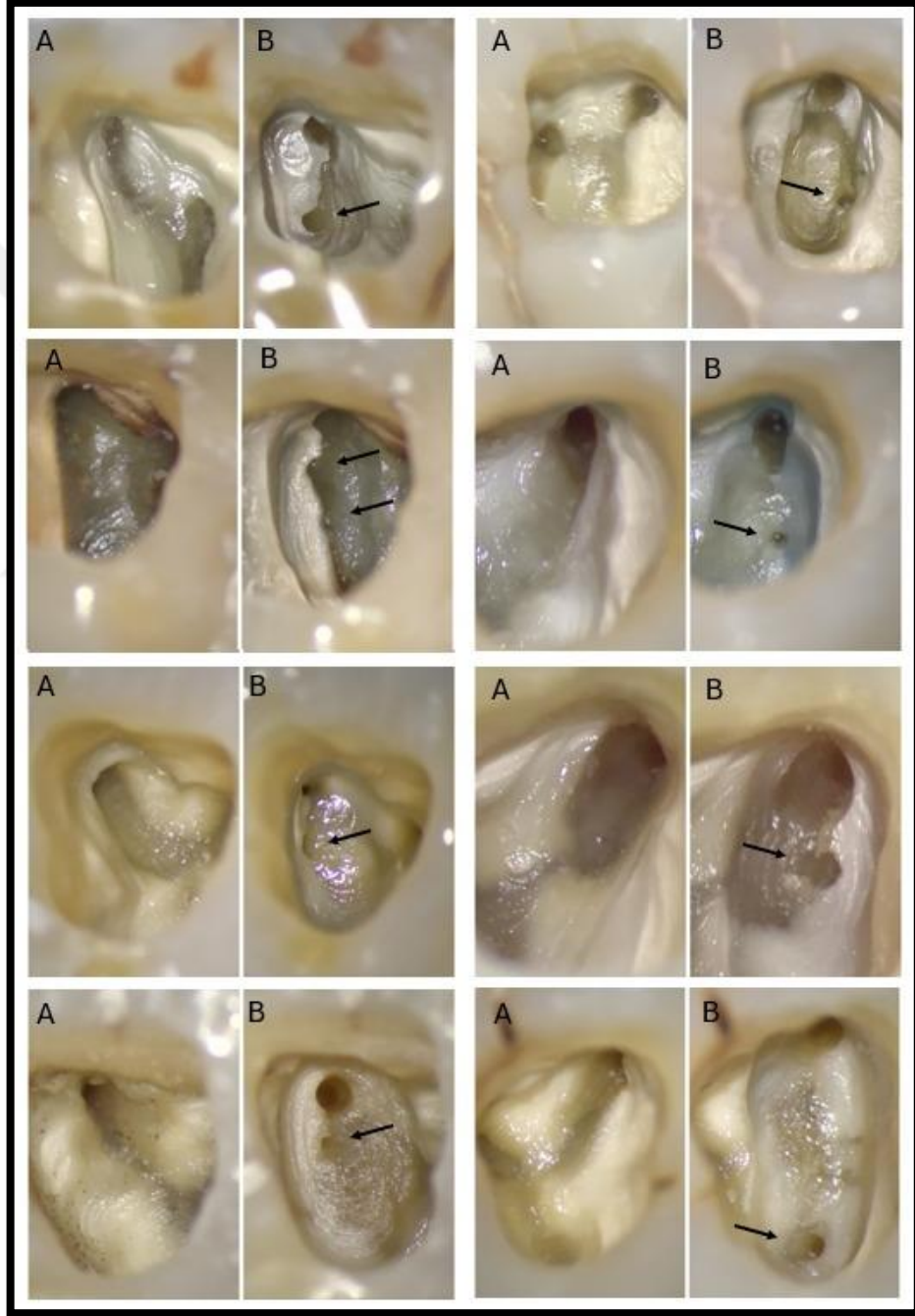
2 mm derinliğine ulaşılmasını kontrol etmek için ultrasonik uç üzerinde işaretleme yapılarak daha derin ya da daha sık oluk açılmasının önüne geçildi böylelikle standardizasyon sağlandı.



Şekil 3.6. Ultrasonik uç (E3D, Woodpecker, Guilin Med. Ins., Çin) üzerinde 2 mm’lik kısım işaretlenerek standardizasyon sağlanması

Troughing işleminin ardından aynı yöntemlerle MB2 tespit edilmeye çalışıldı. İşlem sonrası MB2 tespit edilen dişler ‘1’ tespit edilemeyen dişler ‘0’ şeklinde not edildi.

Kanalların tespit edilmesinin ardından kanallarda troughing işlemi sırasında karşılaşılan komplikasyonlar kaydedildi ve çalışma sonucunda yapılan istatistiğe dahil edildi.



Şekil 3.7. Troughing işleminin ardından tespit edilen MB2'ler

3.5 İstatistiksel Analiz

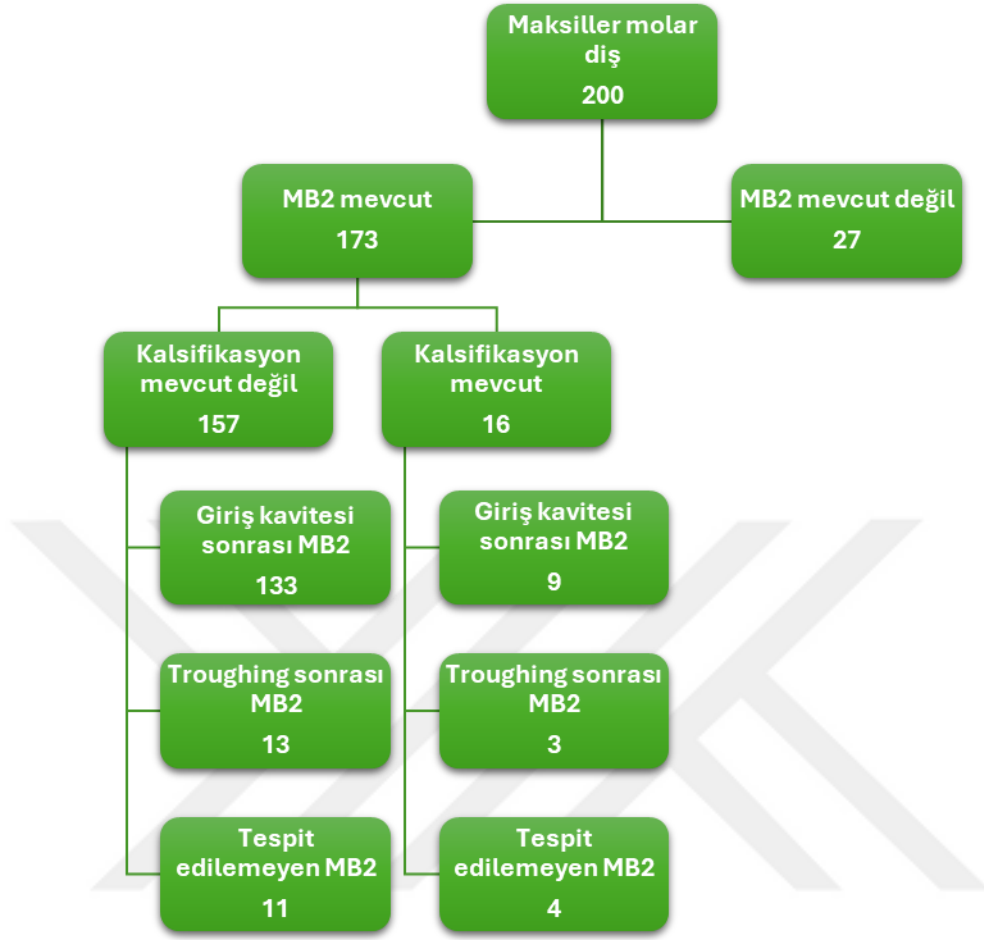
Çalışmamızda toplanan veriler IBM SPSS V.26 (IBM SPSS Statistics, AŞ, Armonk, NY) istatistik programı ile değerlendirildi. Verilerin tanımlayıcı istatistikleri belirlendi. Kanal sayısı ve kanalın orifis seviyesinde kalsifikasyon olup olmama durumlarına göre kategorize edilmiş veriler, McNemar analizi ile test edilerek istatistiksel anlamlılık belirlendi. Anlamlılık düzeyi olarak $\alpha=0.05$ alındı.



4. BULGULAR

Çalışmanın başında yapılmış olan Mikro BT taramasında elde edilen sonuçlar 200 dişten 173 tanesinde MB2'nin mevcut olduğunu, bu 173 dişin 157'sinde kalsifikasyon mevcut değilken 16'sının kanal orifisinde kalsifikasyon mevcut olduğunu gösterdi. Klinisyen tarafından geleneksel giriş kavitesi açılmasının ardından 173 dişin 142 adetinde (%82) MB2 tespit edildi. Kalan örneklerle troughing işleminin uygulanmasının ardından 16 dişte daha MB2 tespit edildi. McNemar testi yapılmasının ardından troughing işleminin MB2'nin bulunmasını önemli ölçüde artırdığı sonucuna ulaşıldı ($p < .05$).

Kalsifiye orifise sahip olmayan 157 dişten 133 tanesi troughing işlemi yapılmadan geleneksel kavite preparasyonunun ardından tespit edildi. Troughing işleminin ardından 13 dişte daha MB2 bulundu. Kalsifiye orifise sahip 16 MB2'den 9 tanesi troughing işlemi yapılmadan geleneksel kavite preparasyonunun ardından tespit edildi. Troughing işleminin ardından 3 dişte daha MB2 bulundu ancak 4 dişte 2 mm derinliğinde troughing işlemine rağmen MB2 orifisi tespit edilemedi. Troughing işleminin kalsifiye orifise sahip MB2'lerin bulunma oranını önemli ölçüde artırmadığı görüldü ($p > .05$). Rehber yol oluşturulması sırasında kalsifikasyon mevcut olmayan 1 dişte eğe kırığı meydana geldi. Giriş kavitesi açılması ve troughing işlemi uygulanması sırasında hiçbir dişte perforasyon meydana gelmedi.



Şekil 4.1. Çalışmada kullanılan dişlerin dağılımını gösteren bir diyagram

5. TARTIŞMA

Kök kanal tedavisinin prognozu kök kanallarındaki mikroorganizmaların başarılı bir şekilde elimine edilmesine ve mikroorganizmaların tekrar kök kanal sistemine ulaşmasının önlenmesine bağlıdır (2, 3). Bununla birlikte endodontik tedavide başarısızlık multifaktöriyeldir ve tek bir faktöre indirgenemez (4, 5).

Birçok çalışma apikal periodontitis prevalansını araştırmış ve endodontik tedavinin prognozunu etkileyen potansiyel risk faktörlerini belirlemeye çalışmıştır. Preoperatif hastalığın varlığı, pulpal durum, ısrarcı enfeksiyonlar, kanal şekillendirilmesi, obturasyonu ve dezenfeksiyonunun yetersizliği, tedavi edilmemiş kanal varlığı, hatalı yapılmış koronal restorasyonlar ve prosedürel hatalar endodontik tedavinin prognozunu etkileyen faktörlerin başında gelmektedir (2-6). Endodontik olarak tedavi edilmiş bir dişte tedavi edilmemiş bir kanal, operatörün diş anatomisi hakkındaki sınırlı bilgisinin, kanal konfigürasyonundaki karmaşıklıkların veya prosedürel hataların bir sonucu olarak meydana gelebilmektedir. Tedavi edilmeyen kanallar inatçı mikroorganizmalar için rezervuar görevi görmekte ve apikal periodontitisin en önemli nedenlerinden birisi olmaktadır (7, 8, 79). Başarısız bir endodontik tedavi sonucunda semptomlar dışın klinik olarak asemptomatik olması ile şiddetli akut apikal apse arasında değişebilir (230). Bununla birlikte tedavi edilmemiş kanallarda spesifik bir semptom görülmediği için başarısız tedavinin nedeninin tedavi edilmemiş kanaldan kaynaklı olduğu sonucuna ulaşılması genel olarak zordur (11).

Karabucak ve ark. (11) ve Costa ve ark. (10) yaptığı çalışmalarda tedavi edilmemiş kanalların en çok maksiller molar dişlerde görüldüğü (%44.2 ve %59.0) ve tedavi edilmemiş kanalların genellikle MB2 olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Baruva ve ark. (231) yaptıkları çalışmada önceki çalışmalarda bulunan sonuçlara benzer olarak tespit edilemeyen kanalların en çok maksiller 1. molar dişlerde bulunduğunu (%59.5) ve bunu maksiller 2. molar dişlerin takip ettiği (%40.0) sonucuna ulaşmışlardır. Maksiller molar dişlerin kökleri ayrı olarak ele alındığında 1. molar dişlerin mezyobukkal köklerinde tedavi edilmemiş kanal oranı %62.8 olarak görülürken, 2. molar dişlerin mezyobukkal köklerinde bu oran %49.0 olarak bulunmuştur (232). Tedavi edilmemiş kanallar özellikle Vertucci tip 4 ve tip 5 konfigürasyonuna sahip dişlerde bu konfigürasyonların iki ayrı apikal foramene

sahip olması sebebiyle ekstra önem taşımaktadır (48). Bu kanallardan birinin tedavi edilmemiş olması, mikroorganizmaların apikal olarak migrasyonuna ve periapikal dokularla doğrudan iletişim kurmasına olanak tanımaktadır (48). Bahsedilen anatomik varyasyon, bu köklerle ilişkili periapikal lezyonların yüksek prevalansta olmasının nedenleri arasındadır.

Diş hekimliği in vitro çalışmalarında standardizasyon, deneysel sonuçların güvenilirliğini ve geçerliliğini sağlamak için kritik bir öneme sahiptir. Standart protokoller ve metodolojiler, deneylerin tutarlılığını artırarak elde edilen verilerin tekrarlanabilirliğini ve diğer çalışmalarla karşılaştırılabilirliğini sağlamaktadır. Standart yöntemler, farklı laboratuvarlar arasında verilerin uyumlu ve anlamlı şekilde karşılaştırılmasına olanak tanımakta, böylece bilimsel ilerlemeler desteklenmektedir. Bu nedenle, diş hekimliği in vitro çalışmalarında standardizasyon, hem araştırma kalitesini hem de uygulama doğruluğunu artırmak için son derece önem taşımaktadır (15, 17). Yaptığımız çalışmada standardizasyonu sağlamak amacıyla benzer boyutlarda, derin çürüğü ve restorasyonu, aşırı abrazyonu, fraktürü, rezorpsiyonu, kök füzyonu bulunmayan, önceden kök kanal tedavisi uygulanmamış ve kök formasyonunu tamamlamış olan maksiller birinci molar dişler seçildi. Giriş kavitesi preparasyonu sırasında bütün örneklerde aynı boyutlarda frez kullanıldı. Troughing işleminde oluğun derinliğinin bütün örneklerde standart olmasını sağlamak için ultrasonik uç üzerinde 2 mm'lik kısım işaretlendi ve dentin kaldırılması esnasında işaretli kısım dikkate alındı (15, 18). Bütün işlemler aynı ortamda aynı operatör tarafından DOM eşliğinde su soğutması altında yapıldı.

Son yıllarda diş yapılarının görüntülenmesi için invaziv olmayan çeşitli yöntemler ortaya çıkmıştır. Dijital radyografi, dansitometri, manyetik rezonans görüntüleme, ultrason ve bilgisayarlı tomografi bu gelişmelerden bazılarıdır (233). Diş morfolojisinin tespiti için kullanılan geleneksel in vitro metotlar genellikle invazivdir ve örneğe geri dönüşümü mümkün olmayacak şekilde zarar vermektedir. Mikro BT, diş hekimliğinde endodontik uygulamalarda önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır. Bu teknik, yüksek çözünürlükte üç boyutlu görüntüleme sağlayarak, dişlerin ve kök kanal sistemlerinin ayrıntılı analizini mümkün kılmaktadır (216). Mikro BT'nin endodontideki kullanım alanı oldukça çeşitlidir. Kök kanal

sistemlerinin detaylı bir haritasını çıkararak, dişin iç yapısının karmaşıklığını anlamada büyük bir rol oynamaktadır. Bu yöntem sayesinde, kök kanallarının sayıları, şekilleri ve olası anomali veya varyasyonlar net bir şekilde görüntülenebilmektedir. Tedavi sonrası değerlendirmede ise, kök kanal dolgu malzemelerinin yerleşimi ve sızıntı olup olmadığını kontrol etmek için mikro BT kullanılabilmektedir (234), bu da tedavi etkinliğinin doğrulanmasına yardımcı olabilmektedir. Ayrıca, araştırma ve eğitim alanında da mikro BT'nin sağladığı detaylı görüntüler, klinik eğitimlerde ve bilimsel araştırmalarda önemli bir kaynak oluşturmaktadır (210).

Mikro BT'nin avantajları arasında, yüksek çözünürlükte görüntüleme sağlama yeteneği öne çıkmaktadır. Bu durum, kök kanal sistemlerinin milimetrik hatta mikrometrik detaylarını net bir şekilde görmeyi mümkün kılmaktadır. İnvaziv olmayan bir yöntem olması da bir diğer avantajıdır; diş dokusuna zarar vermeden iç yapıların detaylı bir şekilde incelenmesine olanak tanımaktadır (210, 224). Konvansiyonel radyografi de invaziv olmayan bir yöntem olmasına karşın belirli kısıtlamaları bulunmaktadır. Karşılaştırma yapılacak olunursa dijital radyografi X ışınlarının geçtiği bölgenin iki boyutlu görüntüsünü sunmakta iken BT cihazları çeşitli açılardan ışınlar göndermekte ve elde ettiği görüntüleri birleştirerek 3 boyutlu bir görüntü ortaya çıkarmaktadır (210). Mikro BT, dişin iç yapısını ve kök kanal sisteminin karmaşıklığını ayrıntılı bir şekilde göstermektedir. Konvansiyonel radyografilerde ise yapılar genellikle süperpoze olabilmekte ve ayrıntılar kaybolabilmektedir. Mikro BT, bu yapıları net bir şekilde ayırarak inceleme imkânı sunmaktadır. Geleneksel BT'ye kıyasla daha küçük voksel boyutuna sahip olması sayesinde de çok daha yüksek çözünürlükte görüntüler elde edilebilmektedir (210).

Literatürde maksiller molar dişlerde MB2'nin en dar kanal olduğu ve kalsifikasyonların en çok bu kanalda meydana geldiği görülmüştür (14). Bu nedenlerle yaptığımız çalışmada, yüksek çözünürlüğe sahip olması ve kök kanal sistemini daha ayrıntılı bir şekilde göstermesi nedeniyle mikro BT ile görüntüsü alınmış üst molar dişler arasından 200 adet diş seçilerek çalışmaya dahil edildi.

DOM, diş hekimliğinde hassasiyet ve detaylı görüş sağlamak için kullanılan özel optik cihazlardır. Bu mikroskoplar, yüksek büyütme kapasitesi sunarak,

dişlerin ve kök kanal sistemlerinin ayrıntılarının net bir şekilde görülmesini sağlamaktadır (167, 235, 236). Genellikle 2x ile 25x arasında değişen büyütme oranlarına sahip olan bu mikroskoplar, entegre LED veya halojen aydınlatma sistemleri ile donatılmıştır, bu durum çalışma alanının yeterince aydınlatılmasını ve detayların gölgeler olmadan görünmesini sağlamaktadır (237). Modern dental operasyon mikroskopları ayrıca entegre veya harici kamera sistemleriyle donatılabilmekte, bu da tedavi sürecinin kaydedilmesine ve görüntülerin hastalarla paylaşılmasına olanak tanıyabilmektedir. Mikroskoplar, endodontik tedavide, restoratif tedavilerde, cerrahi müdahalelerde ve diş çürüklerinin erken teşhisinde kritik bir rol oynamaktadır (238). Özellikle kök kanal sistemlerinin detaylı incelenmesinde, kalsifikasyonlar ve diğer engellerin aşılmasında büyük avantaj sağlamaktadır. Genel olarak, DOM, diş hekimlerine daha hassas ve etkili bir tedavi imkanı sunarak, dental işlemlerin kalitesini ve başarı oranını artırmaktadır (235, 236).

Literatür incelendiğinde tedavi sırasında gözden kaçırılan ve tedavi edilmeyen kanalların, uzun vadeli düşük prognozla ve tedavi sonrası apikal periodontitis insidansının artmasıyla ilişkili olduğu görülmektedir (11, 231). MB2 yüksek oranda mevcut olmasına rağmen; kanal orifisinin üzerinde bulunan dentin çıkıntısı, kanal orifisinin apikale doğru olan eğimi ve koronal üçlüde mevcut olan bir veya iki ani eğim nedeniyle tespiti ve tedavisi zorlayıcı olmaktadır (239). Literatürde maksiller molar dişlerde MB2, mandibular molar dişlerde orta meziyal kanal gibi ekstra kanalların tespiti için çok sayıda tekniğin denendiği görülmüştür (14, 17, 18, 104). Bu tekniklerden bazıları kesit alma, SEM, iki boyutlu dijital görüntüleme, KIBT, mikro BT, şeffaflaştırma ve boyama, loupe ve DOM kullanılarak büyütme, artırılmış aydınlatma, şampanya köpüğü testi, boyama, frez ve ultrasonik uçların ve fiberoptik aydınlatmaların kullanılmasıdır (33, 64, 66, 239-243). Sayılan metotların başında yaygın olarak önerilmekte olan yöntem, gelişmiş aydınlatma ve büyütme sağlaması, pulpa odası ve kanal ağzlarının daha ayrıntılı incelenmesine olanak tanınması nedeniyle DOM kullanılması gelmektedir (104, 244). Yapılan literatür incelemesinde büyütme altında yapılan işlemlerin MB2'nin bulunmasını önemli ölçüde artırdığı görülmüştür (18, 237, 239). Bütün bu verilerin ışığında mevcut çalışmada büyütme ve aydınlatma sağlaması adına DOM kullanıldı.

Endodontik tedavilerde kök kanal sistemlerine erişimi kolaylaştırmak dolayısıyla tedavinin prognozunu artırmak amacıyla uygulanan yöntemlerden biri oluk açma (troughing) işlemidir. Bu işlem, dişin dentin tabakasında küçük oluklar veya kanallar açılarak kök kanal sisteminin anatomik yapısına erişim sağlanmasını kolaylaştırmaktadır (15). Troughing genellikle, özellikle geniş ve karmaşık kök kanal sistemlerinde, kök kanal orifislerinin belirginleştirilmesi ve kanal sisteminin daha net bir şekilde görselleştirilmesi amacıyla uygulanmaktadır (18). Bu teknik, endodontistlerin, kök kanal tedavisinde karşılaşılan zorlukları minimize etmelerine yardımcı olmakta ve kanal sisteminin daha etkili bir şekilde temizlenmesini ve şekillendirilmesini sağlamaktadır. Troughing işlemi MB2'nin tespit edilmesini kolaylaştırarak tedavi edilmeyen kanal sayısının azalmasına bununla birlikte yaşanabilecek olan komplikasyon ve başarısızlıkların önüne geçilmesine yardımcı olabilmektedir. Ayrıca bu işlem, kök kanal sistemlerinde mevcut olan yan kanalları ve kanal bifurkasyonlarını daha iyi ortaya çıkararak, tedavi sürecinde başarı oranlarını artırmaktadır (17, 18, 237).

Diş hekimliğinde özellikle endodonti bölümünde önemli rol oynayan araçlardan bir tanesi de ultrasonik uçlardır. Bu teknoloji, yüksek frekansta titreşen uçlar kullanarak, kök kanal tedavisi sürecinde çeşitli işlemleri daha etkili ve hassas bir şekilde gerçekleştirmeyi mümkün kılmaktadır. Ultrasonik uçlar, kanal sistemlerinin temizlenmesi ve şekillendirilmesi sırasında kullanılan aletlerdir ve özellikle kanal duvarlarındaki organik ve inorganik maddelerin etkili bir şekilde uzaklaştırılmasına yardımcı olmaktadır (245). Uçların titreşimleri, dentin üzerinde minimal ısınma ve az travma ile derinlemesine temizlik yapmayı sağlamakta, bu da kanal içinde temizlenmemiş alanların kalma olasılığını azaltmaktadır. Artırılmış görüş yanında farklı açılı uçların kullanılması ile diş dokusunun selektif olarak uzaklaştırılması daha konservatif bir tedavi imkânı sunmakta ve geleneksel tedavi ile ulaşılamayacak sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır. Sonuç olarak, erişimin iyileştirilmesi, kalsifiye kanalların lokalize edilmesi ve kırılmış kök kanal aletlerinin veya postların çıkarılması tedavi prognozunu artırmaktadır (112). Ayrıca irrigasyon solüsyonlarının daha iyi etki göstermesi ve güta perkanın kondenzasyonunda ultrasoniklerin kullanımından faydalanılmıştır. Son olarak, ultrasonikler gibi yeni teknolojilerin entegrasyonu, gelişmiş tekniklerin ve malzemelerin kullanımına yol açarak günümüzde endodontinin uygulanma şeklini

değiştirmiştir. Ultrasonik uçların kullanımı, endodontik tedavilerde başarı oranlarını artırırken, tedavi sürecini daha hızlı ve daha konservatif hale getirmekte, bu da hastaların konforunu artırmakta ve tedavi sürecinin genel etkinliğini yükseltmektedir (112). Yapılan çalışmada frezlere kıyasla çalışılan yüzeyde görüş alanını engellememesi ve daha kontrollü çalışma olanağı sağlaması nedeniyle ultrasonik uçların kullanımı tercih edildi.

Endodontik tedaviyi zorlaştıran oluşumlardan bir diğeri de pulpa kalsifikasyonlarıdır. Pulpa kalsifikasyonları, pulpa dokusu içinde veya dentin/pulpa ara yüzeyinde gelişen sert doku oluşumlarıdır (12). Kök kanalının daralmasına sebebiyet vermeleri nedeniyle endodontik açıdan bu kalsifikasyonların önemi oldukça büyüktür. Bu durum, kanal sisteminin preparasyon ve obtürasyon aşamalarını oldukça zorlaştırmaktadır (13, 89). Kalsifikasyonlar, kök kanalının tam olarak haritalanmasını ve içindeki tüm bölgelerin etkili bir şekilde temizlenmesini engelleyebilir, bu da endodontik tedavi sürecinde ciddi zorluklara yol açabilir (13). Kalsifikasyonların varlığı, kanal aletlerinin kanalı düzgün şekilde şekillendirme yeteneğini engelleyebilir ve kanal aletlerinin kırılma riskini artırabilir (13). Özellikle kanal sistemindeki bu tür değişiklikler, kök kanalının doğru bir şekilde tedavi edilmesi için özel teknikler ve ekipman gerektirebilir. Ayrıca, pulpa kalsifikasyonları mevcut kanal sistemlerini gizleyebilmekte, bu da dişin anatomisini anlamayı ve tedaviyi planlamayı zorlaştırmaktadır (89). Tüm obliterasyon vakaları tedavi gerektirmese de, apikal patolojiyle birlikte kalsifikasyon ortaya çıkması durumunda kök kanal tedavisi yapılması gerekmektedir (246). Dişin yaşına bağlı olarak kalsifikasyonlar genellikle yaşlandıkça artmakta ve bu durum tedavi sürecinde ekstra zorluklar yaratabilmektedir (12). Literatürde pulpa kalsifikasyonlarının değerlendirilmesi için histolojik (247) ya da radyografik (98, 248) yöntemler kullanılmıştır. Histolojik yöntemler zaman alıcı olması, pahalı olması, diş dokusuna zarar vermesi ve yalnızca birkaç kesitin incelenmesine olanak tanımaları dezavantajlarına sahipken (249) konvansiyonel radyografların dezavantajları arasında kısıtlı çözünürlük, gölgelenme ve anatomik yapıların süperpozisyonu bulunmaktadır (228, 250). Günümüzde bu kısıtlamalar CBCT gibi yüksek çözünürlüklü invaziv olmayan tekniklerle aşılmıştır (251, 252). Son yıllarda, mikro BT, dişlerin en küçük morfolojik ayrıntılarını bile tespit etme konusundaki yüksek çözünürlüğü ve

doğruluğu nedeniyle diş sert dokuları ve kök kanallarının incelenmesinde altın standart olarak ortaya çıkmıştır (253-255). Yapılan literatür taramasında pulpal kalsifikasyonların en fazla MB2’de ve %13 oranında ortaya çıktığı görülmüştür (11, 102, 231). Kalsifikasyon nedeniyle kök kanal bütünlüğü bozulsa dahi kök kanalının kalsifikasyonun apikal kısmının ötesinde devam ettiği görülmektedir. Devam eden kök kanalının kendi apikal foramenine sahip olabileceği veya MB1 ile birleşebileceği düşünülmektedir.

Tedavi sırasında prosedürel hataları en aza indirmek ve kanal aletlerinin şekillendirme yeteneğini artırmak için, şekillendirmeden önce rehber yol oluşturulması önerilmektedir (256). Başlangıçta kök kanalına erişim için daha küçük boyutlu enstrümanlar gerekmektedir; ancak bu aletler, kanaldaki kalsifikasyonların aşılması için gerekli sertliğe sahip değildir ve çoğu zaman dikey saat kurma hareketi uygulandığında deforme olmaktadır (257). Konik aletler yeterli sertliğe sahip olmasına rağmen dar alanlardan geçmek için hacimleri fazladır (229). Bu sorunları çözmek için, C+ eğeler gibi ek manuel rehber yol bulucular tanıtılmıştır. Bu aletler, kalsifiye kanalların zorluğunu yönetmek için uç geometrisinin değiştirilmesi, paslanmaz çeliğin ısı ile sertleştirilmesi veya karbon çeliği kullanarak keskinliğin artırılması sağlanmıştır (229, 258). Bahsedilen nitelikleri nedeniyle yapılan çalışmada rehber yol oluşturulması adına C+ eğeler kullanıldı.

Kalsifiye kısmın C+ eğelerle aşılamadığı durumlarda kalsifikasyonun *troughing* işlemiyle giderilmesi, kalsifikasyonun ötesinde bulunan kök kanalına erişimi mümkün kılmakta böylelikle MB2 kanallarının tespitini artırarak gözden kaçan kanalların sıklığını azaltabilmekte ve böylece tedavi sonuçlarını iyileştirerek başarısızlık olasılığını azaltabilmektedir.

Literatür taramasından edinilen bilgiler ışığında çalışmamızda *troughing* işleminin uygulanması amacıyla elmas kaplı ultrasonik uçlar kullanıldı. Yapılan literatür incelemesinde *troughing* işleminin ortalama 1-3 mm derinliklerinde hazırlandığı görüldü. Yapılan çalışmada Baldassari-Cruz ve ark. (237), Yoshioka ve ark. (18), Keleş ve Keskin (15), Azim ve ark. (17) ve Prade ve ark. (16) çalışmaları referans alınarak 2 mm derinliğinde oluk ultrasonik uçlar kullanılarak

açıldı. 2 mm derinliğin standardizasyonu ultrasonik uç üzerinde işaretleme yapılarak sağlandı. Yapılan ex vivo çalışmada kalsifikasyona sahip ve kalsifikasyona sahip olmayan toplamda 200 adet maksiller molar dişte giriş kavitesi ve troughing işlemlerinin ardından MB2'nin tespit edilebilirliği değerlendirildi. Kapsamlı literatür taramasında kalsifiye MB2'ye sahip maksiller molar dişlerde troughing işleminin MB2'nin tespit edilmesi üzerine etkisinin değerlendirildiği bir çalışmaya rastlanmadı. Sıfır hipotezinin aksine troughing işleminin kalsifikasyona sahip olmayan dişlerde MB2'nin bulunmasını önemli ölçüde artırdığı sonucuna ulaşıldı. McNemar testi troughing işleminin giriş kavitesi preparasyonu ile erişilemeyen MB2'lerin tespit edilmesinde başarılı olduğunu gösterdi. Ancak troughing işlemi kalsifikasyona sahip dişlerde MB2'lerin tespitinde anlamlı bir fark göstermedi. Bu durumun sonucunda sıfır hipotezi kısmen reddedildi. MB2'nin bulunması muhtemel belirli alanlarda ultrasonik ile troughing işlemi uygulanmasının, MB2 orifisinin ortaya çıkarılmasında ve pulpa tabanının daha etkili bir şekilde keşfedilmesinde etkili olduğu sonucuna ulaşıldı (17, 259).

Azim ve ark. (17) ve Prade ve ark. (16) mandibular dişlerde orta meziyal kanalların tespit oranlarını araştırmışlardır. DOM ve troughing işlemi yapılmadan incelenen dişlerle karşılaştırıldığında bu tekniklerin kullanımının orta meziyal kanalların tespitini %40'a varan oranda artırabildiği bulunmuştur. Bu sonuç mevcut çalışmanın sonucunu destekler niteliktedir.

Yoshioka ve ark. (18) maksiller molar dişlerde yaptıkları çalışmada dişin kuron kısmını uzaklaştırmış ardından endodontik explorer ile MB2'nin tespit edilebilirliğini değerlendirmişlerdir. İkinci aşamada tespit edilemeyen kanallar DOM altında tekrar incelenmiş ve tespit edilen kanallar not edilmiştir. Üçüncü aşamada DOM kullanılarak 2 mm derinliğinde troughing işlemi uygulanmış ve MB2 bulunma oranları not edilmiştir. DOM kullanılmadan ve troughing işlemi uygulanmadan dişlerin %7'sinde MB2 tespit edilmiş olup bahsedilen prosedürlerin uygulanmasının ardından bu oran %42'ye yükselmiştir. Alaçam ve ark. (244) yaptıkları maksiller molar dişlerde MB2'nin tespit edilmesine yönelik çalışmada DOM altında troughing uygulanmadan tespit edilen MB2 yüzdesinin bu işlemlerin uygulanmasının ardından %62'den %74'e çıktığı sonucuna ulaşmışlardır. Baldassari-Cruz ve ark. (237) yaptıkları maksiller molar dişlerde MB2'nin tespit

edilmesi üzerine olan çalışmada DOM kullanımı ve troughing işleminden önce tespit edilme oranı %51'ken mikroskop kullanımı ve troughing işleminin ardından bu oran %82'ye yükselmiştir. Bulunan değerler mevcut çalışmada ulaşılan sonucu destekler niteliktedir. Yazarlar mevcut olan MB2'lerin tespit edilememe nedeni olarak kalsifikasyonları ve kanal orifislerinin daha derinde lokalize olmasını göstermişlerdir (18).

Yapılan çalışmada önceki çalışmalara benzer olarak troughing işleminin geleneksel giriş kavitesi sonrası tespit edilemeyen MB2'lerin tespitini kolaylaştırdığı sonucuna ulaşıldı (17, 18, 259). Ancak MB2'lerde kalsifikasyon mevcut olduğu durumlarda troughing işleminin MB2'nin tespitini önemli oranda artırmadığı görüldü. Bu bulgular, troughing işleminin, kalsifiye olmayan dişlerde MB2 orifis tespitini artırmada oldukça etkili olmasına rağmen, kalsifikasyonun mevcut olduğu durumlarda kullanımının sınırlı olabileceğini göstermektedir. Daha önce yapılmış olan bir mikro-BT çalışması, MB2'nin maksiller birinci molar dişlerde bukkal ve palatinal kanallara göre önemli ölçüde daha fazla kalsifikasyon odaklarına sahip olduğunu göstermektedir (102). MB2'nin çapının küçük olması ve kalsifikasyon görülme sıklığının fazla olması göz önüne alındığında, troughing işleminin ardından da bulunamayan kanalların olması olası bir sonuçtur. Mevcut çalışmada 2 mm derinliğinde troughing işlemi uygulanmıştır bununla birlikte kanal orifisindeki kalsifikasyonun 2 mm'den fazla olduğu durumlarda troughing işlemi uygulansa dahi mevcut kanala ulaşılamaması olasıdır.

Yapılan literatür taramasında, kanalları tespit etmedeki yüksek hassasiyeti ve doğruluğu nedeniyle, ameliyat öncesi küçük görüş alanlı konik ışınli bilgisayarlı tomografinin (CBCT), primer vakalarda ve retreatment işleminde MB2 tespit şansını artırdığı sonucuna ulaşılmıştır (14). Bu duruma ek olarak koronal ve orta üçte birlik kısımda kalsifikasyon bulunan kanallarda KIBT görüntülemenin rutin yaklaşımların başarısız olması sonrasında perforasyon gibi komplikasyonları önlediği görülmüştür (100). Yapılan çalışmada MB2'lerin %82'si troughing işlemi uygulanmadan tespit edildi ve troughing uygulanmasının ardından tespit oranı %91'e yükseldi. Bu bulgular, geleneksel yöntemlerin yeterli olmayabileceği karmaşık vakalar için CBCT'nin seçici kullanımını öneren Amerikan

Endodontistler Birliği (AAE) ve Avrupa Endodontoloji Derneği'nin (ESE) kılavuzlarıyla uyumludur (260, 261).

Çalışmaya dahil edilen 200 adet dişin mikro bilgisayarlı tomografi (mikro BT) görüntüleri incelendiğinde 173 adetinde MB2 mevcut olduğu görüldü. Bu çalışmada incelenen dişlerde MB2'nin oranı %86,5 olarak yüksek bulunmuştur ve bu durumun mikro-CT kullanımına atfedilebileceği düşünölmektedir. Sonuçların güvenilirliği, işlemleri gerçekteştiren klinisyenin hangi örneklerde ek kanallar ve kalsifikasyonlar bulunduğu bilgisinden habersiz olmasından dolayı daha da artmıştır. Hiçbir perforasyon gerçekteşmemiştir, bu da troughing işleminin maksiller molar dişlerde MB2 orifisinin tespit edilebilirliğini artırmak için güvenli bir yöntem olduğunu göstermektedir. Ancak, pulpa kalsifikasyonunun nadir bir durum olması, kalsifiye olmuş örneklerin az sayıda olması ve hem kalsifikasyonu hem de konfigürasyonu etkileyebilecek hasta yaşına dair bilgilerin eksikliği çalışmanın sınırlamaları olarak değerlendirilebilir. Genel olarak, DOM büyütmesi altında ultrasonik uçlarla yapılan troughing işleminin MB2 kanallarının tespit oranlarını önemli ölçüde artırdığı görölmüştür.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Mevcut çalışmanın sınırlamaları dahilinde MB2 kanal orifisi bölgesinde kalsifikasyona sahip olan ve kalsifikasyona sahip olmayan maksiller molar dişlerde uygulanan troughing işleminin MB2'nin tespiti üzerindeki etkisi hakkında yorum yapılmıştır. Troughing işlemi ile hazırlanan oluk preparasyonunun, maksiller molar dişlerdeki MB2'nin tespit oranını önemli ölçüde artırdığı görüldü. Ancak bu işlem, kalsifiye MB2 kanallarının tespit oranını önemli ölçüde artırmadı. Mevcut bulgular, troughing işleminin genel olarak MB2'nin tespit edilmesinde etkili olmasına rağmen, kalsifikasyon nedeniyle tıkanmış kanal orifislerinin tespit edilmesindeki etkisinin daha kısıtlı olabileceğini düşündürmektedir.

7. KAYNAKLAR

1. Siqueira Jr JF, Araújo MC, Garcia PF, Fraga RC, Dantas CJS. Histological evaluation of the effectiveness of five instrumentation techniques for cleaning the apical third of root canals. *Journal of endodontics*. 1997;23(8):499-502.
2. Sjögren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *International endodontic journal*. 1997;30(5):297-306.
3. Chugal NM, Clive JM, Spångberg LS. Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2003;96(1):81-90.
4. Byström A, Happonen RP, Sjögren U, Sundqvist G. Healing of periapical lesions of pulpless teeth after endodontic treatment with controlled asepsis. *Dental traumatology*. 1987;3(2):58-63.
5. Ray H, 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.
6. NG YL, GULABIVALA K. Outcome of non - surgical re - treatment. *Endodontic Topics*. 2008;18(1):3-30.
7. Cantatore G, Berutti E, Castellucci A. Missed anatomy: frequency and clinical impact. *Endodontic Topics*. 2006;15(1):3-31.
8. Witherspoon DE, Small JC, Regan JD. Missed canal systems are the most likely basis for endodontic retreatment of molars. *Texas Dental Journal*. 2013;130(2):127-39.
9. Hoen MM, Pink FE. Contemporary endodontic retreatments: an analysis based on clinical treatment findings. *Journal of endodontics*. 2002;28(12):834-6.
10. Costa F, Pacheco - Yanes J, Siqueira Jr J, Oliveira A, Gazzaneo I, Amorim C, et al. Association between missed canals and apical periodontitis. *International Endodontic Journal*. 2019;52(4):400-6.
11. Karabucak B, Bunes A, Chehoud C, Kohli MR, Setzer F. Prevalence of apical periodontitis in endodontically treated premolars and molars with untreated canal: a cone-beam computed tomography study. *Journal of endodontics*. 2016;42(4):538-41.
12. Carvalho TS, Lussi A. Age - related morphological, histological and functional changes in teeth. *Journal of oral rehabilitation*. 2017;44(4):291-8.
13. McCabe P, Dummer PMH. Pulp canal obliteration: an endodontic diagnosis and treatment challenge. *International endodontic journal*. 2012;45(2):177-97.
14. Studebaker B, Hollender L, Mancl L, Johnson JD, Paranjpe A. The incidence of second mesiobuccal canals located in maxillary molars with the aid of cone-beam computed tomography. *Journal of endodontics*. 2018;44(4):565-70.
15. Keleş A, Keskin C. Detectability of middle mesial root canal orifices by troughing technique in mandibular molars: a micro-computed tomographic study. *Journal of Endodontics*. 2017;43(8):1329-31.

16. Prade AC, Mostardeiro RDT, Tibúrcio-Machado CdS, Morgental RD, Bier CAS. Detectability of middle mesial canal in mandibular molar after troughing using ultrasonics and magnification: An ex vivo study. *Braz Dent J.* 2019;30:227-31.
17. Azim AA, Deutsch AS, Solomon CS. Prevalence of middle mesial canals in mandibular molars after guided troughing under high magnification: an in vivo investigation. *Journal of endodontics.* 2015;41(2):164-8.
18. Yoshioka T, Kikuchi I, Fukumoto Y, Kobayashi C, Suda H. Detection of the second mesiobuccal canal in mesiobuccal roots of maxillary molar teeth ex vivo. *International endodontic journal.* 2005;38(2):124-8.
19. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature—Part 2. Influence of clinical factors. *International endodontic journal.* 2008;41(1):6-31.
20. Nair PR. Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine.* 2004;15(6):348-81.
21. T A. ENDODONTİ. T A, editor. Ankara: Özyurt Matbaacılık; 2012. 253-62 p.
22. Gutmann JL, Fan B. Tooth morphology and pulpal access cavities. *Cohen's Pathways of the Pulp: South Asia Edition E-Book.* 2020:192.
23. Hargreaves KM, Goodis HE, Tay FR. Seltzer and Bender's dental pulp: Quintessence Pub. Batavia, IL, USA; 2012.
24. Walton RE, Vertucci FJ. Internal anatomy. *Endodontics: principles and practice.* 2009:216-29.
25. MK B. Root canal configuration of the mandibular first premolar. *J Endod.* 1992;18:505-8.
26. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology.* 1984;58(5):589-99.
27. De - Deus G, Murad C, Paciornik S, Reis C, Coutinho - Filho T. The effect of the canal - filled area on the bacterial leakage of oval - shaped canals. *International endodontic journal.* 2008;41(3):183-90.
28. De-Deus G, Reis C, Beznos D, de Abranches AMG, Coutinho-Filho T, Paciornik S. Limited ability of three commonly used thermoplasticized gutta-percha techniques in filling oval-shaped canals. *Journal of Endodontics.* 2008;34(11):1401-5.
29. Donaldson LJ. An organisation with a memory: report of an expert group on learning from adverse events in the NHS: Stationery Office; 2000.
30. Versiani MA, Ordinola-Zapata R. Root canal anatomy: implications in biofilm disinfection. *The root canal biofilm.* 2015:155-87.
31. Vertucci FJ. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endodontic topics.* 2005;10(1):3-29.
32. Vertucci F, Seelig A, Gillis R. Root canal morphology of the human maxillary second premolar. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology.* 1974;38(3):456-64.

33. Degerness RA, Bowles WR. Dimension, anatomy and morphology of the mesiobuccal root canal system in maxillary molars. *Journal of endodontics*. 2010;36(6):985-9.
34. Walton R, Torabinejad M. Principles and practice of endodontics. 2-nd ed. WB Saunders Company. 1996:306-24.
35. Ash MM, Nelson SJ. Wheeler's dental anatomy, physiology and occlusion. 8 [sup] th ed. St Louis: Saunder Elsevier. 2003:259.
36. Brown P, Herbranson E. Dental anatomy & 3D tooth atlas version 3.0. Carol Stream, IL: Quintessence. 2005.
37. Taylor R. Deciduous molar root variation. *Human biology*. 1986:655-98.
38. Weine F, Hayami S, Hata G, Toda T. Canal configuration of the mesiobuccal root of the maxillary first molar of a Japanese sub - population. *International Endodontic Journal*. 1999;32(2):79-87.
39. Hess W, Zürcher E. The anatomy of the root-canals of the teeth of the permanent dentition: J. Bale, sons & Danielsson, Limited; 1925.
40. Pineda F. Roentgenographic investigation of the mesiobuccal root of the maxillary first molar. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. 1973;36(2):253-60.
41. Neaverth EJ, Kotler LM, Kaltenbach RF. Clinical investigation (in vivo) of endodontically treated maxillary first molars. *Journal of endodontics*. 1987;13(10):506-12.
42. Pineda F, Kuttler Y. Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7,275 root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1972;33(1):101-10.
43. Fogel HM, Peikoff MD, Christie WH. Canal configuration in the mesiobuccal root of the maxillary first molar: a clinical study. *Journal of endodontics*. 1994;20(3):135-7.
44. Ross IF, Evanchik PA. Root fusion in molars: incidence and sex linkage. *Journal of periodontology*. 1981;52(11):663-7.
45. 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.
46. Al Shalabi R, Omer O, Glennon J, Jennings M, Claffey N. Root canal anatomy of maxillary first and second permanent molars. *International endodontic journal*. 2000;33(5):405-14.
47. MT B. The internal anatomy of teeth with special references to the pulp with its branches. *Dent cosmos*. 1925;67:581-92.
48. Cleghorn BM, Christie WH, Dong CC. Root and root canal morphology of the human permanent maxillary first molar: a literature review. *Journal of endodontics*. 2006;32(9):813-21.
49. Thomas R, Moule A, Bryant R. Root canal morphology of maxillary permanent first molar teeth at various ages. *International endodontic journal*. 1993;26(5):257-67.
50. Ordinola - Zapata R, Martins J, Versiani MA, Bramante CM. Micro - CT analysis of danger zone thickness in the mesiobuccal roots of maxillary first molars. *International Endodontic Journal*. 2019;52(4):524-9.

51. Patel S, Rhodes J. A practical guide to endodontic access cavity preparation in molar teeth. *British dental journal*. 2007;203(3):133-40.
52. Lavagnoli G. La cavità d'accesso. *Dental Cadmos*. 1984;1:17.
53. Schilder H. Non surgical endodontics. Continuing educations course Boston University, Nov1978. 1978.
54. Castellucci A. Access cavity and endodontic anatomy. *Endodontics*. 2004;1:245-329.
55. Hülsmann M. Mandibular first premolar with three root canals. *Dental Traumatology*. 1990;6(4):189-91.
56. Gutmann JL, Fan B. Tooth morphology, isolation, and access. *Cohen's pathways of the pulp* 11th ed St Louis: Elsevier. 2016:130-208.
57. Clark D, Khademi J. Modern molar endodontic access and directed dentin conservation. *Dental Clinics*. 2010;54(2):249-73.
58. Alaçam T. ENDODONTİ. Alaçam T, editor. Özyurt Matbaacılık2012.
59. Smith BE. Root Canal Morphology of the Maxillary First Molar: The Mesiobuccal Root: Boston University, School of Graduate Dentistry; 1977.
60. Nosonowitz D, Brenner M. The major canals of the mesiobuccal root of the maxillary 1st and 2nd molars. *The New York journal of dentistry*. 1973;43(1):12-5.
61. Vigouroux SAA, Bosaans SAT. Anatomy of the pulp chamber floor of the permanent maxillary first molar. *Journal of endodontics*. 1978;4(7):214-9.
62. Aydos J, Milano N. Morfologia interna da raiz méso vestibular do primeiro molar superior permanente. *Rev Gaucha Odonto*1973. 1973;21:10-3.
63. Stropko JJ. Canal morphology of maxillary molars: clinical observations of canal configurations. *Journal of endodontics*. 1999;25(6):446-50.
64. Kulid JC, Peters DD. Incidence and configuration of canal systems in the mesiobuccal root of maxillary first and second molars. *Journal of endodontics*. 1990;16(7):311-7.
65. Ibarrola JL, Knowles KI, Ludlow MO, McKinley Jr IB. Factors affecting the negotiability of second mesiobuccal canals in maxillary molars. *Journal of endodontics*. 1997;23(4):236-8.
66. Gilles J, Reader A. An SEM investigation of the mesiolingual canal in human maxillary first and second molars. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. 1990;70(5):638-43.
67. Seidberg BH, Altman M, Guttuso J, Suson M. Frequency of two mesiobuccal root canals in maxillary permanent first molars. *The Journal of the American Dental Association*. 1973;87(4):852-6.
68. Ruddle CJ. Microendentistry: Identification and Treatment of MBII Systems. *Journal of the California Dental Association*. 1997;25(4):313-7.
69. Song M, Kim H-C, Lee W, Kim E. Analysis of the cause of failure in nonsurgical endodontic treatment by microscopic inspection during endodontic microsurgery. *Journal of endodontics*. 2011;37(11):1516-9.

70. Ashley M, Harris I. The assessment of the endodontically treated tooth. *Dental update*. 2001;28(5):247-52.
71. Tabassum S, Khan FR. Failure of endodontic treatment: The usual suspects. *European journal of dentistry*. 2016;10(01):144-7.
72. Lin LM, Pascon EA, Skribner J, Gängler P, Langeland K. Clinical, radiographic, and histologic study of endodontic treatment failures. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. 1991;71(5):603-11.
73. Tronstad L, Asbjørnsen K, Døving L, Pedersen I, Eriksen H. Influence of coronal restorations on the periapical health of endodontically treated teeth. *Dental Traumatology*. 2000;16(5):218-21.
74. Kojima K, Inamoto K, Nagamatsu K, Hara A, Nakata K, Morita I, et al. Success rate of endodontic treatment of teeth with vital and nonvital pulps. A meta-analysis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2004;97(1):95-9.
75. Swartz DB, Skidmore A, Griffin Jr J. Twenty years of endodontic success and failure. *Journal of endodontics*. 1983;9(5):198-202.
76. Bayram HM, Çelikten B, Bayram E, Bozkurt A. Fluid flow evaluation of coronal microleakage intraorifice barrier materials in endodontically treated teeth. *European journal of dentistry*. 2013;7(03):359-62.
77. Swanson K, Madison S. An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part I. Time periods. *Journal of Endodontics*. 1987;13(2):56-9.
78. Kerekes K, Tronstad L. Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. *Journal of endodontics*. 1979;5(3):83-90.
79. Wolcott J, Ishley D, Kennedy W, Johnson S, Minnich S, Meyers J. A 5 yr clinical investigation of second mesiobuccal canals in endodontically treated and retreated maxillary molars. *Journal of endodontics*. 2005;31(4):262-4.
80. Hill TJ. Pathology of the dental pulp. *The Journal of the American Dental Association* (1922). 1934;21(5):820-44.
81. Mete Ü. Pulpa Soysuzlaşmaları. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*. 2013;12(3):235-42.
82. Gürkan Sİ, Bayırlı GŞ, Sandallı P. Diş hastalıkları ve konservatif diş tedavisi: yayl. y.; 1972.
83. ÜÇOk M. Pulpa Soysuzlaşmaları. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*. 2013;12(3):235-42.
84. Trowbridge H, Stewart J, Shapiro I, editors. Assessment of indurated, diffusely calcified human dental pulps. *Proceedings of the international conference on dentin/pulp complex Tokyo: Quintessence*; 1996.
85. Bastos JV, Côrtes MidS. Pulp canal obliteration after traumatic injuries in permanent teeth—scientific fact or fiction? *Brazilian oral research*. 2018;32:e75.
86. Holcomb JB, Gregory Jr WB. Calcific metamorphosis of the pulp: its incidence and treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1967;24(6):825-30.

87. JACOBSEN I, KERESKES K. Long - term prognosis of traumatized permanent anterior teeth showing calcifying processes in the pulp cavity. *European Journal of Oral Sciences*. 1977;85(7):588-98.
88. Pashley DH, Walton RE, Slavkin HC. Histology and physiology of the dental pulp. *Endodontics*. 2002;5:25-60.
89. Şener S, Cobankara FK, Akgünlü F. Calcifications of the pulp chamber: prevalence and implicated factors. *Clinical oral investigations*. 2009;13:209-15.
90. Gulsahi A, Cebeci A, Özden S. A radiographic assessment of the prevalence of pulp stones in a group of Turkish dental patients. *International endodontic journal*. 2009;42(8):735-9.
91. Deva V, Mogoantă L, Manolea H, Pancă O-A, Vătu M, Vătăman M. Radiological and microscopic aspects of the denticles. *Rom J Morphol Embryol*. 2006;47(3):263-8.
92. Nayak M, Kumar J, Prasad LK. A radiographic correlation between systemic disorders and pulp stones. *Indian Journal of Dental Research*. 2010;21(3):369-73.
93. Goga R, Chandler NP, Oginni AO. Pulp stones: a review. *International endodontic journal*. 2008;41(6):457-68.
94. Scarfe W, Farman A, White S, Pharoah M. *Oral Radiology—principles and interpretation*. 2009.
95. Cohen S, Burns R. *Pathways of the pulp 7 th edition*. Mosby St Louis, Missouri. 1998.
96. Pindborg JJ. *Pathology of the dental hard tissues*. (No Title). 1970.
97. Patel S, Durack C, Abella F, Shemesh H, Roig M, Lemberg K. Cone beam computed tomography in endodontics—a review. *International endodontic journal*. 2015;48(1):3-15.
98. Tassoker M, Magat G, Sener S. A comparative study of cone-beam computed tomography and digital panoramic radiography for detecting pulp stones. *Imaging science in Dentistry*. 2018;48(3):201.
99. Bastos JV, Côrtes MldS. Pulp canal obliteration after traumatic injuries in permanent teeth—scientific fact or fiction? *Brazilian oral research*. 2018;32.
100. Yang Y-M, Guo B, Guo L-Y, Yang Y, Hong X, Pan H-Y, et al. CBCT-aided microscopic and ultrasonic treatment for upper or middle thirds calcified root canals. *BioMed research international*. 2016;2016.
101. Ford HP. TR Pitt Ford, BDS, PhD, FDS RCPS JS Rhodes, BDS, MSc, MRD RCS, MFGDP.
102. Keleş A, Keskin C, Versiani MA. Micro-CT assessment of radicular pulp calcifications in extracted maxillary first molar teeth. *Clinical Oral Investigations*. 2022:1-8.
103. Ricucci D, Siqueira Jr JF. Fate of the tissue in lateral canals and apical ramifications in response to pathologic conditions and treatment procedures. *Journal of endodontics*. 2010;36(1):1-15.
104. Görduysus MÖ, Görduysus M, Friedman S. Operating microscope improves negotiation of second mesiobuccal canals in maxillary molars. *Journal of endodontics*. 2001;27(11):683-6.
105. Catuna MC. Sonic Energy; A possible dental application. *Ann Dent*. 1953;12:100-1.

106. Street EV. A critical evaluation of ultrasonics in dentistry. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1959;9(1):132-41.
107. Zinner DD. Recent ultrasonic dental studies, including periodontia, without the use of an abrasive. *J Dent Res*. 1955;34:748-9.
108. Johnson WN, Wilson JR. The application of the ultrasonic dental unit to scaling procedures. *The Journal of Periodontology*. 1957;28(4):264-71.
109. MJ R. The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. *J Dent Med*. 1957;12:12-8.
110. Walmsley A. Applications of ultrasound in dentistry. *Ultrasound in medicine & biology*. 1988;14(1):7-14.
111. Stock C. Current status of the use of ultrasound in endodontics. *International Dental Journal*. 1991;41(3):175-82.
112. Plotino G, Pameijer CH, Grande NM, Somma F. Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. *Journal of endodontics*. 2007;33(2):81-95.
113. Clark D. The operating microscope and ultrasonics; a perfect marriage. *Dentistry Today*. 2004;23(6):74-6, 8.
114. Sempira H, Hartwell G. Frequency of second mesiobuccal canals in maxillary molars as determined by use of an operating microscope: a clinical study. *Journal of endodontics*. 2000;26(11):673-4.
115. Buchanan LS. Innovations in endodontic instruments and techniques: how they simplify treatment. *Dentistry today*. 2002;21(12):52-61.
116. Ruddle CJ. Nonsurgical endodontic retreatment. *Journal of the California Dental Association*. 1997;25(11):769-96.
117. Johnson WB, Beatty RG. Clinical technique for the removal of root canal obstructions. *Journal of the American Dental Association* (1939). 1988;117(3):473-6.
118. Hülsmann M. Methods for removing metal obstructions from the root canal. *Dental Traumatology*. 1993;9(6):223-37.
119. Fors U, BERG JO. Endodontic treatment of root canals obstructed by foreign objects. *International endodontic journal*. 1986;19(1):2-10.
120. Weisman MI. The removal of difficult silver cones. *Journal of Endodontics*. 1983;9(5):210-1.
121. Meidinger DL, Kabes BJ. Foreign object removal utilizing the Cavi-Endo ultrasonic instrument. *Journal of endodontics*. 1985;11(7):301-4.
122. Stamos DE, Stamos DG, Perkins SK. Retreatodontics and ultrasonics. *Journal of Endodontics*. 1988;14(1):39-42.
123. Chenail BL, Teplitsky PE. Orthograde ultrasonic retrieval of root canal obstructions. *Journal of Endodontics*. 1987;13(4):186-90.
124. Hülsmann M. The retrieval of silver cones using different techniques. *International Endodontic Journal*. 1990;23(6):298-303.

125. Spriggs K, Gettleman B, Messer HH. Evaluation of a new method for silver point removal. *Journal of Endodontics*. 1990;16(7):335-8.
126. Masserann J. The extraction of posts broken deeply in the roots. *Actualites odontostomatologiques*. 1966;75:329-42.
127. Gettleman BH, Spriggs KA, ElDeeb ME, Messer HH. Removal of canal obstructions with the Endo Extractor. *Journal of Endodontics*. 1991;17(12):608-11.
128. Roig-Greene JL. The retrieval of foreign objects from root canals: a simple aid. *Journal of Endodontics*. 1983;9(9):394-7.
129. Gaffney JL, Lehman JW, Miles MJ. Expanded use of the ultrasonic scaler. *Journal of endodontics*. 1981;7(5):228-9.
130. Souyave L, Inglis A, Alcalay M. Removal of fractured endodontic instruments using ultrasonics. *British Dental Journal*. 1985;159(8):251-3.
131. Nagai O, Tani N, Kayaba Y, Kodama S, Osada T. Ultrasonic removal of broken instruments in root canals. *International Endodontic Journal*. 1986;19(6):298-304.
132. BERBERT* A, Filho M, Ueno AH, Bramante CM, Ishikiriama A. The influence of ultrasound in removing intraradicular posts. *International endodontic journal*. 1995;28(2):100-2.
133. Altshul JH, Marshall G, Morgan LA, Baumgartner JC. Comparison of dentinal crack incidence and of post removal time resulting from post removal by ultrasonic or mechanical force. *Journal of Endodontics*. 1997;23(11):683-6.
134. Abou-Rass M, Piccinino MV. The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1982;54(3):323-8.
135. Chow T. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *Journal of endodontics*. 1983;9(11):475-9.
136. Gutarts R, Nusstein J, Reader A, Beck M. In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. *Journal of Endodontics*. 2005;31(3):166-70.
137. Baumgartner JC, Cuenin PR. Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *Journal of endodontics*. 1992;18(12):605-12.
138. Ahmad M, Ford TP, Crum L, Walton A. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic cavitation and its relevance. *Journal of Endodontics*. 1988;14(10):486-93.
139. Lee SJ, Wu MK, Wesselink P. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from different - sized simulated plastic root canals. *International Endodontic Journal*. 2004;37(9):607-12.
140. Ahmad M, Ford TRP, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved. *Journal of Endodontics*. 1987;13(3):93-101.
141. GRIFFITHS BM, Stock C. The efficiency of irrigants in removing root canal debris when used with an ultrasonic preparation technique. *International endodontic journal*. 1986;19(6):277-84.
142. Senia ES, Marshall FJ, Rosen S. The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1971;31(1):96-103.

143. McComb D, Smith D, Beagrie G. The results of in vivo endodontic chemomechanical instrumentation--a scanning electron microscopic study. *Journal of the British Endodontic Society*. 1976;9(1).
144. Langeland K, Pascon EA. Work-saving devices in endodontics: efficacy of sonic and ultrasonic techniques. *Journal of Endodontics*. 1985;11(11):499-510.
145. Usman N, Baumgartner JC, Marshall JG. Influence of instrument size on root canal debridement. *Journal of endodontics*. 2004;30(2):110-2.
146. Walmsley A, Williams A. Effects of constraint on the oscillatory pattern of endosonic files. *Journal of endodontics*. 1989;15(5):189-94.
147. Moreno W. Thermomechanically softened gutta-percha root canal filling. *Journal of Endodontics*. 1977;3(5):186-8.
148. Joiner HL, Canales ML, del Rio CE. Temperature changes in thermoplasticized gutta-percha: a comparison of two ultrasonic units. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1989;68(6):764-9.
149. Deitch AK, Liewehr FR, West LA, Patton WR. A comparison of fill density obtained by supplementing cold lateral condensation with ultrasonic condensation. *Journal of endodontics*. 2002;28(9):665-7.
150. Zmener O, Banegas G. Clinical experience of root canal filling by ultrasonic condensation of gutta - percha. *Dental Traumatology*. 1999;15(2):57-9.
151. Lawley GR, Schindler WG, Walker III WA, Kolodrubetz D. Evaluation of ultrasonically placed MTA and fracture resistance with intracanal composite resin in a model of apexification. *Journal of Endodontics*. 2004;30(3):167-72.
152. Sutimuntanakul S, Worayoskowitz W, Mangkornkarn C. Retrograde seal in ultrasonically prepared canals. *Journal of Endodontics*. 2000;26(8):444-6.
153. von Arx T, Kurt B, Ilgenstein B, Hardt N. Preliminary results and analysis of a new set of sonic instruments for root - end cavity preparation. *International Endodontic Journal*. 1998;31(1):32-8.
154. Keller U. Aluminum oxide ceramic pins for retrograde root filling—Experiences with a new system. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. 1990;69(6):737-42.
155. Carr GB. Advanced techniques and visual enhancement for endodontic surgery. *Endo report*. 1992;7:6-9.
156. Wuchenich G, Meadows D, Torabinejad M. A comparison between two root end preparation techniques in human cadavers. *Journal of endodontics*. 1994;20(6):279-82.
157. Von Arx T, Walker III W. Microsurgical instruments for root - end cavity preparation following apicoectomy: a literature review. *Dental Traumatology: Review article*. 2000;16(2):47-62.
158. Kim S, Kratchman S. Modern endodontic surgery concepts and practice: a review. *Journal of endodontics*. 2006;32(7):601-23.
159. von Arx T, Kurt B. Root-end cavity preparation after apicoectomy using a new type of sonic and diamond-surfaced retrotip: a 1-year follow-up study. *Journal of oral and maxillofacial surgery*. 1999;57(6):656-61.

160. Mehlhaff DS, Harshall JG, Baumgartner JC. Comparison of ultrasonic and high-speed-bur root-end preparations using bilaterally matched teeth. *Journal of endodontics*. 1997;23(7):448-52.
161. Khabbaz MG, Kerezoudis NP, Aroni E, Tsatsas V. Evaluation of different methods for the root-end cavity preparation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2004;98(2):237-42.
162. Tidmarsh B, Arrowsmith M. Dentinal tubules at the root ends of apicected teeth: a scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal*. 1989;22(4):184-9.
163. Gagliani M, Taschieri S, Molinari R. Ultrasonic root-end preparation: influence of cutting angle on the apical seal. *Journal of endodontics*. 1998;24(11):726-30.
164. Martin H, Cunningham WT, Norris JP. A quantitative comparison of the ability of diamond and K-type files to remove dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1980;50(6):566-8.
165. Ahmad M, Ford TRP, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *Journal of endodontics*. 1987;13(10):490-9.
166. Stamos DE, Sadeghi EM, Haasch GC, Gerstein H. An in vitro comparison study to quantitate the debridement ability of hand, sonic, and ultrasonic instrumentation. *Journal of endodontics*. 1987;13(9):434-40.
167. Bud M, Jitaru S, Lucaciu O, Korkut B, Dumitrascu-Timis L, Ionescu C, et al. The advantages of the dental operative microscope in restorative dentistry. *Medicine and Pharmacy Reports*. 2021;94(1):22.
168. Jurkschat U. Improvement of stomatological diagnosis by means of the II operating microscope. *Stomatologie der DDR*. 1979;29(1):15-8.
169. Bowers DJ, Glickman GN, Solomon ES, He J. Magnification's effect on endodontic fine motor skills. *Journal of Endodontics*. 2010;36(7):1135-8.
170. Perrin P, Jacky D, Hotz P. The operating microscope in dental practice: minimally invasive restorations. *Schweizer Monatsschrift fur Zahnmedizin= Revue Mensuelle Suisse D'odonto-stomatologie= Rivista Mensile Svizzera di Odontologia e Stomatologia*. 2002;112(7):722-32.
171. Jodalli PS, Kurana S, Ragher M, Khed J, Prabhu V. Posturedontics: How does dentistry fit you? *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*. 2015;7(Suppl 2):S393.
172. Clark D. The new science of strong teeth: Class II preps. *Dentistry today*. 2013;32(6):97-100.
173. Branson B, Bray K, Gadbury - Amyot C, Holt L, Keselyak N, Mitchell T, et al. Effect of magnification lenses on student operator posture. *Journal of dental education*. 2004;68(3):384-9.
174. Baldassari-Cruz L, Lilly J, Rivera E. Effectiveness of mesiolingual canal location with and without the use of the microscope. *J Endod*. 1998;24(4):287.
175. Rubinstein RA, Kim S. Short-term observation of the results of endodontic surgery with the use of a surgical operation microscope and Super-EBA as root-end filling material. *Journal of Endodontics*. 1999;25(1):43-8.
176. Rubinstein RA, Kim S. Long-term follow-up of cases considered healed one year after apical microsurgery. *Journal of endodontics*. 2002;28(5):378-83.

177. Grover C, Shetty N. Methods to study root canal morphology: A review. *Endodontic practice today*. 2012;6(3).
178. Goldman M, Sakurai-Fuse E, Turco J, White RR. A silicone model method to compare three methods of preparing the root canal. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1989;68(4):457-61.
179. Uchtmann H, Wilkie D. High-pressure replica technique for in vitro imaging of pore morphologies in teeth. *Advances in Dental Research*. 1997;11(4):467-71.
180. Faraj BM, Abdulrahman MS, Faris TM. Visual inspection of root patterns and radiographic estimation of its canal configurations by confirmation using sectioning method. An ex vivo study on maxillary first premolar teeth. *BMC Oral Health*. 2022;22(1):166.
181. Leoni GB, Versiani MA, Pécora JD, de Sousa-Neto MD. Micro-computed tomographic analysis of the root canal morphology of mandibular incisors. *Journal of endodontics*. 2014;40(5):710-6.
182. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the mandibular anterior teeth. *The Journal of the American Dental Association*. 1974;89(2):369-71.
183. Çalışkan MK, Pehlivan Y, Sepetçioğlu F, Türkün M, Tuncer SŞ. Root canal morphology of human permanent teeth in a Turkish population. *Journal of endodontics*. 1995;21(4):200-4.
184. Adorno C, Yoshioka T, Suda H. Incidence of accessory canals in Japanese anterior maxillary teeth following root canal filling ex vivo. *International endodontic journal*. 2010;43(5):370-6.
185. De Deus Q. Frequency, location, and direction of the lateral, secondary, and accessory canals. *Journal of Endodontics*. 1975;1(11):361-6.
186. Ahmed HMA. A critical analysis of laboratory and clinical research methods to study root and canal anatomy. *International endodontic journal*. 2022;55:229-80.
187. Karaman GT, Onay EO, Ungor M, Colak M. Evaluating the potential key factors in assessing the morphology of mesiobuccal canal in maxillary first and second molars. *Australian Endodontic Journal*. 2011;37(3):134-40.
188. Baghbani A, Bagherpour A, Ahmadi Z, Dehban A, Shahmohammadi R, Jafarzadeh H. The efficacy of five different techniques in identifying C - shaped canals in mandibular molars. *Australian Endodontic Journal*. 2021;47(2):170-7.
189. Burch JG, Hulen S. A study of the presence of accessory foramina and the topography of molar furcations. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1974;38(3):451-5.
190. Arora S, Tewari S. The morphology of the apical foramen in posterior teeth in a North Indian population. *International endodontic journal*. 2009;42(10):930-9.
191. Cheung G, Yang J, Fan B. Morphometric study of the apical anatomy of C - shaped root canal systems in mandibular second molars. *International endodontic journal*. 2007;40(4):239-46.
192. Dammaschke T, Witt M, Ott K, Schäfer E. Scanning electron microscopic investigation of incidence, location, and size of accessory foramina in primary and permanent molars. *Quintessence international*. 2004;35(9).
193. Gutierrez JH, Aguayo P. Apical foraminal openings in human teeth. Number and location. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. 1995;79(6):769-77.

194. Morfis A, Sylaras S, Georgopoulou M, Kernani M, Prountzos F. Study of the apices of human permanent teeth with the use of a scanning electron microscope. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. 1994;77(2):172-6.
195. Gao Z, Shi J, Wang Y, Gu F. Scanning electron microscopic investigation of maxillary lateral incisors with a radicular lingual groove. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1989;68(4):462-6.
196. Chieruzzi M, Pagano S, De Carolis C, Eramo S, Kenny JM. Scanning electron microscopy evaluation of dental root resorption associated with granuloma. *Microscopy and Microanalysis*. 2015;21(5):1264-70.
197. Vieira MLO, Dantas HV, de Sousa FB, Salazar-Silva JR, Silva EJNL, Batista AUD, et al. Morphologic changes of apical foramen and microcrack formation after foraminal enlargement: a scanning electron microscopic and micro-computed tomographic analysis. *Journal of Endodontics*. 2020;46(11):1726-32.
198. di Pasquo M, Vilá JF. SEM observation of non-metallized samples in paleopalynology. *Microscopy and Microanalysis*. 2020;26(S1):149-50.
199. Pauwels R. History of dental radiography: Evolution of 2D and 3D imaging modalities. *Med Phys Int*. 2020;8(1):235-77.
200. JC K. Incidence and configuration of canal systems in the mesiobuccal root of maxillary first and second molars. *J Endod*. 1990;16:311-7.
201. Fan B, Gao Y, Fan W, Gutmann JL. Identification of a C-shaped canal system in mandibular second molars—part ii: the effect of bone image superimposition and intraradicular contrast medium on radiograph interpretation. *Journal of endodontics*. 2008;34(2):160-5.
202. Khedmat S, Assadian H, Saravani AA. Root canal morphology of the mandibular first premolars in an Iranian population using cross-sections and radiography. *Journal of endodontics*. 2010;36(2):214-7.
203. Walker RT. Root form and canal anatomy of mandibular first molars in a southern Chinese population. *Dental Traumatology*. 1988;4(1):19-22.
204. Patel S, Dawood A, Ford TP, Whaites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *International endodontic journal*. 2007;40(10):818-30.
205. Patel S. New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. *International endodontic journal*. 2009;42(6):463-75.
206. Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *Journal of endodontics*. 2007;33(9):1121-32.
207. Estrela C, Bueno MR, Leles CR, Azevedo B, Azevedo JR. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *Journal of endodontics*. 2008;34(3):273-9.
208. Patel S, Brown J, Pimentel T, Kelly R, Abella F, Durack C. Cone beam computed tomography in Endodontics—a review of the literature. *International endodontic journal*. 2019;52(8):1138-52.
209. Pauwels R, Beinsberger J, Collaert B, Theodorakou C, Rogers J, Walker A, et al. Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners. *European journal of radiology*. 2012;81(2):267-71.

210. Swain MV, Xue J. State of the art of Micro - CT applications in dental research. *International journal of oral science*. 2009;1(4):177-88.
211. Versiani M, Pécora JD, Sousa - Neto MDd. The anatomy of two - rooted mandibular canines determined using micro - computed tomography. *International endodontic journal*. 2011;44(7):682-7.
212. Chavez MB, Chu EY, Kram V, de Castro LF, Somerman MJ, Foster BL. Guidelines for micro-computed tomography analysis of rodent dentoalveolar tissues. *Journal of Bone and Mineral Research Plus*. 2021;5(3):e10474.
213. Nielsen RB, Alyassin AM, Peters DD, Carnes DL, Lancaster J. Microcomputed tomography: an advanced system for detailed endodontic research. *Journal of endodontics*. 1995;21(11):561-8.
214. Marciano M, Duarte M, Ordinola-Zapata R, Del Carpio Perochena A, Cavenago B. Applications of micro-computed tomography in endodontic research. 2012. *Current microscopy contributions to advances in science and technology* [Internet] Badajoz, Spain: Formatex research center.782-8.
215. Jung M, Lommel D, Klimek J. The imaging of root canal obturation using micro - CT. *International endodontic journal*. 2005;38(9):617-26.
216. Filpo-Perez C, Bramante CM, Villas-Boas MH, Duarte MAH, Versiani MA, Ordinola-Zapata R. Micro-computed tomographic analysis of the root canal morphology of the distal root of mandibular first molar. *Journal of Endodontics*. 2015;41(2):231-6.
217. Sierra-Cristancho A, González-Osuna L, Poblete D, Cafferata EA, Carvajal P, Lozano CP, et al. Micro-tomographic characterization of the root and canal system morphology of mandibular first premolars in a Chilean population. *Scientific reports*. 2021;11(1):93.
218. Keleş A, Keskin C. A micro - computed tomographic study of band - shaped root canal isthmuses, having their floor in the apical third of mesial roots of mandibular first molars. *International endodontic journal*. 2018;51(2):240-6.
219. Versiani MA, Ordinola-Zapata R, Keleş A, Alcin H, Bramante CM, Pécora JD, et al. Middle mesial canals in mandibular first molars: A micro-CT study in different populations. *Archives of oral biology*. 2016;61:130-7.
220. Xu T, Fan W, Tay FR, Fan B. Micro-computed tomographic evaluation of the prevalence, distribution, and morphologic features of accessory canals in chinese permanent teeth. *Journal of endodontics*. 2019;45(8):994-9.
221. De - Deus G, Rodrigues E, Belladonna F, Simões - Carvalho M, Cavalcante D, Oliveira D, et al. Anatomical danger zone reconsidered: a micro - CT study on dentine thickness in mandibular molars. *International Endodontic Journal*. 2019;52(10):1501-7.
222. Keleş A, Keskin C, Alqawasmi R, Versiani MA. Micro-computed tomographic analysis of the mesial root of mandibular first molars with bifid apex. *Archives of Oral Biology*. 2020;117:104792.
223. Vier - Pelisser FV, Dummer PM, Bryant S, Marca C, Só MVR, Figueiredo JAPd. The anatomy of the root canal system of three - rooted maxillary premolars analysed using high - resolution computed tomography. *International endodontic journal*. 2010;43(12):1122-31.

224. 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.
225. Zhang Q, Chen H, Fan B, Fan W, Gutmann JL. Root and root canal morphology in maxillary second molar with fused root from a native Chinese population. *Journal of Endodontics*. 2014;40(6):871-5.
226. Ordinola - Zapata R, Monteiro Bramante C, Gagliardi Minotti P, Cavallini Cavenago B, Gutmann J, Moldauer B, et al. Micro - CT evaluation of C - shaped mandibular first premolars in a Brazilian subpopulation. *International Endodontic Journal*. 2015;48(8):807-13.
227. Gu Y-c. A micro-computed tomographic analysis of maxillary lateral incisors with radicular grooves. *Journal of Endodontics*. 2011;37(6):789-92.
228. Moss-Salentijn L, Klyvert MH. Epithelially induced denticles in the pulps of recently erupted, noncarious human premolars. *Journal of endodontics*. 1983;9(12):554-60.
229. Allen MJ, Glickman GN, Griggs JA. Comparative analysis of endodontic pathfinders. *J Endod*. 2007;33(6):723-6.
230. Nair P. On the causes of persistent apical periodontitis: a review. *International endodontic journal*. 2006;39(4):249-81.
231. Baruwaa AO, Martins JN, Meirinhos J, Pereira B, Gouveia J, Quaresma SA, et al. The influence of missed canals on the prevalence of periapical lesions in endodontically treated teeth: a cross-sectional study. *Journal of Endodontics*. 2020;46(1):34-9. e1.
232. Martins JN, Marques D, Silva EJNL, Caramês J, Mata A, Versiani MA. Second mesiobuccal root canal in maxillary molars—a systematic review and meta-analysis of prevalence studies using cone beam computed tomography. *Archives of oral biology*. 2020;113:104589.
233. Blattner TC, George N, Lee CC, Kumar V, Yelton CD. Efficacy of cone-beam computed tomography as a modality to accurately identify the presence of second mesiobuccal canals in maxillary first and second molars: a pilot study. *Journal of endodontics*. 2010;36(5):867-70.
234. Celikten B, Uzuntas CF, Orhan AI, Tufenkci P, Misirli M, Demiralp KO, et al. Micro-CT assessment of the sealing ability of three root canal filling techniques. *Journal of oral science*. 2015;57(4):361-6.
235. Lins CCdSA, de Melo Silva EMV, de Lima GA, de Menezes SEAC, Travassos RMC. Operating microscope in endodontics: A systematic. *Open Journal of Stomatology*. 2013;3:1-5.
236. Khalighinejad N, Aminoshariae A, Kulild JC, Williams KA, Wang J, Mickel A. The effect of the dental operating microscope on the outcome of nonsurgical root canal treatment: a retrospective case-control study. *Journal of endodontics*. 2017;43(5):728-32.
237. Baldassari-Cruz LA, Lilly JP, Rivera EM. The influence of dental operating microscope in locating the mesiolingual canal orifice. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2002;93(2):190-4.
238. Liu B, Zhou X, Yue L, Hou B, Yu Q, Fan B, et al. Experts consensus on the procedure of dental operative microscope in endodontics and operative dentistry. *International Journal of Oral Science*. 2023;15(1):43.

239. Verma P, Love R. A Micro CT study of the mesiobuccal root canal morphology of the maxillary first molar tooth. *International endodontic journal*. 2011;44(3):210-7.
240. Buhrely LJ, Barrows MJ, BeGole EA, Wenckus CS. Effect of magnification on locating the MB2 canal in maxillary molars. *Journal of endodontics*. 2002;28(4):324-7.
241. Baratto Filho F, Zaitter S, Haragushiku GA, de Campos EA, Abuabara A, Correr GM. Analysis of the internal anatomy of maxillary first molars by using different methods. *Journal of endodontics*. 2009;35(3):337-42.
242. Shah M, Patel P, Desai P, Patel JR. Anatomical aberrations in root canals of maxillary first and second molar teeth: an endodontic challenge. *Case Reports*. 2014;2014:bcr2013201310.
243. Iqbal MK, Kratchman S. Microendodontic ultrasonic instruments. *Dentistry today*. 2004;23(9):104-10.
244. Alaçam T, Tinaz AC, Genç Ö, Kayaoglu G. Second mesiobuccal canal detection in maxillary first molars using microscopy and ultrasonics. *Australian Endodontic Journal*. 2008;34(3):106-9.
245. Ng S, Payne P, Cartledge N, Ferguson M. Determination of ultrasonic velocity in human enamel and dentine. *Archives of Oral Biology*. 1989;34(5):341-5.
246. Shi X, Zhao S, Wang W, Jiang Q, Yang X. Novel navigation technique for the endodontic treatment of a molar with pulp canal calcification and apical pathology. *Australian Endodontic Journal*. 2018;44(1):66-70.
247. Bernick S, Nedelman C. Effect of aging on the human pulp. *Journal of endodontics*. 1975;1(3):88-94.
248. Colak H, Celebi AA, Hamidi MM, Bayraktar Y, Çolak T, Uzgur R. Assessment of the prevalence of pulp stones in a sample of Turkish Central Anatolian population. *The Scientific World Journal*. 2012;2012(1):804278.
249. De - Deus G, Belladonna F, Cavalcante D, Simões - Carvalho M, Silva E, Carvalhal J, et al. Contrast - enhanced micro - CT to assess dental pulp tissue debridement in root canals of extracted teeth: a series of cascading experiments towards method validation. *International endodontic journal*. 2021;54(2):279-93.
250. Yang Y-M, Guo B, Guo L-Y, Yang Y, Hong X, Pan H-Y, et al. CBCT - aided microscopic and ultrasonic treatment for upper or middle thirds calcified root canals. *BioMed research international*. 2016;2016(1):4793146.
251. Ball RL, Barbizam JV, Cohenca N. Intraoperative endodontic applications of cone-beam computed tomography. *Journal of endodontics*. 2013;39(4):548-57.
252. Hsieh C-Y, Wu Y-C, Su C-C, Chung M-P, Huang R-Y, Ting P-Y, et al. The prevalence and distribution of radiopaque, calcified pulp stones: A cone-beam computed tomography study in a northern Taiwanese population. *Journal of Dental Sciences*. 2018;13(2):138-44.
253. Zhang D, Chen J, Lan G, Li M, An J, Wen X, et al. The root canal morphology in mandibular first premolars: a comparative evaluation of cone-beam computed tomography and micro-computed tomography. *Clinical oral investigations*. 2017;21:1007-12.
254. Borges CC, Estrela C, Decurcio DdA, Pécora JD, Sousa-Neto MD, Rossi-Fedele G. Cone-beam and micro-computed tomography for the assessment of root canal morphology: a systematic review. *Brazilian Oral Research*. 2020;34:e056.

255. Ordinola - Zapata R, Bramante CM, Versiani MA, Moldauer BI, Topham G, Gutmann J, et al. Comparative accuracy of the Clearing Technique, CBCT and Micro - CT methods in studying the mesial root canal configuration of mandibular first molars. *International endodontic journal*. 2017;50(1):90-6.
256. Berutti E, Paolino DS, Chiandussi G, Alovise M, Cantatore G, Castellucci A, et al. Root canal anatomy preservation of WaveOne reciprocating files with or without glide path. *Journal of endodontics*. 2012;38(1):101-4.
257. Kobayashi C. Penetration of constricted canals with modified K files. *Journal of Endodontics*. 1997;23(6):391-3.
258. Ashby M. Checks and estimates for material properties. I. Ranges and simple correlations. *Proceedings of the Royal Society of London Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 1998;454(1973):1301-21.
259. Karapinar-Kazandag M, Basrani BR, Friedman S. The operating microscope enhances detection and negotiation of accessory mesial canals in mandibular molars. *Journal of Endodontics*. 2010;36(8):1289-94.
260. Bhatt M, Coil J, Chehroudi B, Esteves A, Aleksejuniene J, MacDonald D. Clinical decision - making and importance of the AAE/AAOMR position statement for CBCT examination in endodontic cases. *International endodontic journal*. 2021;54(1):26-37.
261. Patel S, Durack C, Abella F, Roig M, Shemesh H, Lambrechts P, et al. European Society of Endodontology position statement: the use of CBCT in endodontics. *International endodontic journal*. 2014;47(6):502-4.

