



YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

KONTRALATERAL MAKSİLLER İKİNCİ MOLAR DİŞLERİN
KÖK KANAL MORFOLOJİLERİNİN MİKRO-BİLGİSAYARLI
TOMOĞRAFİ KULLANILARAK KARŞILAŞTIRILMASI

DOKTORA TEZİ

Ghassan DANDACHE

Lefkoőa

Temmuz, 2023

GHASSAN DANDACHE

KONTRALATERAL MAKSİLLER İKİNCİ MOLAR DİŞLERİN KÖK
KANAL MORFOLOJİLERİNİN MİKRO-BİLGİSAYARLI TOMOĞRAFİ
KULLANILARAK KARŞILAŞTIRILMASI

DOKTORA TEZİ

2023

**YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI**

**KONTRALATERAL MAKSİLLER İKİNCİ MOLAR DİŞLERİN
KÖK KANAL MORFOLOJİLERİNİN MİKRO-BİLGİSAYARLI
TOMOGRAFİ KULLANILARAK KARŞILAŞTIRILMASI**

DOKTORA TEZİ

Ghassan DANDACHE

Tez Danışmanı

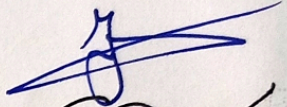
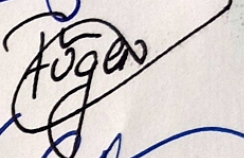
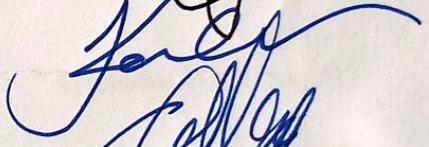
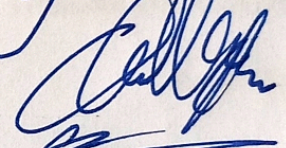
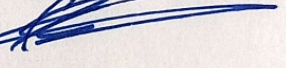
Doç. Dr. Umut AKSOY

LefkoŐa

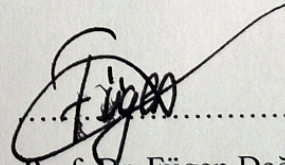
Temmuz, 2023

Onay

Ghassan DANDACHE tarafından hazırlanan “**Kontralateral Maksiller İkinci Molar Dişlerin Kök Kanal Morfolojilerinin Mikro-Bilgisayarlı Tomografi Kullanılarak Karşılaştırılması**” başlıklı tez, kapsam ve nitelik açısından kalite standartlarına uygunluğu ile ilgili Endodonti Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak 04/07/2023 tarihinde kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Adı - Soyadı	İmza
Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Yaşar Meriç TUNCA	
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Fügen Dağlı CÖMERT	
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Kaan ORHAN	
Jüri Üyesi, Tez Danışmanı:	Doç. Dr. Umut AKSOY	
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. Fatma BASMACI	

04/07/2023



Prof. Dr. Fügen Dağlı CÖMERT

Anabilim Dalı Başkanı

...../...../2023

Prof. Dr. Kemal Hüsnü Can Başer

Enstitü Müdürü



Etik İlkelere Uygunluk Beyanı

Bu tezin içinde sunduğum verileri, bilgileri ve belgeleri akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi; tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu; çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kurallar gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Ghassan DANDACHE**04/07/2023**

Teşekkür

Doktora eğitimimin ilk gününden itibaren benimle tüm klinik, akademik ve kişisel tecrübelerini paylaşan, öğrencisi olmaktan gurur duyduğum, beni yalnızca öğrencisi olarak değil bir kardeşi olarak görüp her zaman sevgiyle karşılayan, ömrüm boyunca unutmayacağım tanıdığım en iyi insan, idolüm olarak gördüğüm, değerli danışman hocam Doç. Dr. Umut Aksoy'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tez çalışmam boyunca kendisi ile çalışmaktan gurur duyduğum, vermiş olduğu destekleri, yardımları ve yönlendirmeleriyle tez çalışmamın başarı ile sonuçlanmasındaki katkıları için, tez sınav jürisinde bulunan kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Kaan Orhan'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Klinik ve akademik alandaki bilgi birikimlerini bizlerle paylaşmaktan daima mutluluk duyan, tez sınav jürimde bulunan anabilim dalı başkanımız kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Fügen Dağlı Cömert'e çok teşekkür ederim.

Fakültemizde görev yaptığı süre zarfında öğrencisi olmaktan her zaman mutluluk duyduğum, tez sınav jürimde bulunan eski anabilim dalı başkanımız çok değerli hocam Sayın Prof. Dr. Yaşar Meriç Tunca'ya sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Doktora eğitimim boyunca bilgi ve tecrübesiyle bana her zaman yol gösteren, benim için bir hocadan çok daha fazlası olan, yeri doldurulamaz kız kardeşim olarak gördüğüm, hayatımda tanıdığım en yardımsever ve güzel kalpli insan, sevgili hocam Doç. Dr. Fatma Basmacı'ya bütün iyi dileklerimi sunuyor ve çok teşekkür ediyorum.

Çalışmadaki dişlerin temini için Dr. Dt. Mehmet Birol Özel'e çok teşekkür ederim. Çalışmanın istatistiksel analizi için Prof. Dr. Ahmet Özer şehirli ye çok teşekkür ederim.

Beni her zaman destekleyen, endodonti ile alakalı gerek klinik gerekse akademik anlamda her konuda bana yardımcı olan, hayatımdaki tüm zorlukları benimle birlikte göğüsleyen, Kıbrıs'a geldiğimde tanıştığım ilk arkadaşlarım, sevgili

kardeşlerim Yrd. Doç. Dr. Muhammed Abdulcelil ve Dr. Abdullah Sebai arkadaştan çok daha öte, ailemin bir parçası olduğunuz için size sonsuz teşekkür ediyorum.

Asistanlığım boyunca ihtiyacım olan hiçbir konuda yardımlarını esirgemeyen, bölümümüzün değerli hocalarından, kendisini tanımaktan mutluluk duyduğum sevgili arkadaşım Yrd. Doç. Dr. Dilan Kırmızı'ya çok teşekkür ederim.

Diş hekimliği fakültesinden mezun olup doktora birlikte başladığım, zor günleri birlikte atlattığım, güzel günlerimi ve mutluluklarımı paylaştığım, her zaman her konuda bana yardımcı olan, hayatımızla ilgili her şeyi paylaştığımız, bundan sonra da hayatımın çok önemli bir parçası olarak kalmaya devam edecek kardeşlerim, benim dört yıldızım Dr. Buğçe Sakallı, Dr. Dilara Koruk Yürün, Dr. Gizem Andaç Yanal ve Dr. Gökalp Coşan, size teşekkür etmek az kalır. Buradan ayrılacak olsam da sizi asla unutmayacağım, her zaman kalbimde olacaksınız.

Diş hekimliği fakültesine birlikte başladığım hem üzüntülerimi hem mutluluklarımı benimle paylaşan kardeşlerim, meslektaşlarım Dt. Yasser Alhabib ve Dt. Alhassan Almasri'ye her şey için çok teşekkür ediyor, hayatlarında tüm güzelliklerin onlarla olmasını ve doktora tez çalışmalarının başarı ile sonuçlanması diliyorum.

Adını gururla taşıdığım, ailemize tüm imkanları sunmak için hiç yılmadan, yorulmadan çalışan, kendini ailemizi mutlu etmeye adanmış sevgili babam Mouffak Dandache... Sağlıklı ve uzun bir ömrün olması için daima Allah'a dua ediyorum. Doktora tezimi, bize sağladığın her şeyin küçük bir hediyesi, karşılığı olarak kabul etmeni diliyor ve bugünlere gelmem için sarf ettiğin tüm çabaya sonsuz teşekkür ediyorum.

Yol göstericim, benim için sabrın, iyimserliğin ve umudun kaynağı, aşkın ve sevginin sembolü olan, Allah'tan sonraki en büyük sığınağım ve destekçim, kıymetli annem Sawsan Najjar... Bana hayat ilmini öğrettiğin, sonsuz sevgi ve şefkatinle şifa olduğun, geleceğimi umut ve güven çizgileriyle çizmek adına tüm kalbinle mücadele ettiğin için sana sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Hayatımdaki en temiz ve nazik kalpli insan, ruhumun yarısı, annemin sıcacık kucaklarını benimle paylaşan, gözlerinde iyimserlik ve kahkahalarında mutluluğu

bulduğum canım kız kardeşim Zobydah Dandache azim ve kararlılığın ile bana örnek olduğun ve hayatım boyunca her zaman yanımda olduğun için sana çok teşekkür ederim.

Hayat yolculuğunda iyi ve kötü günde beraber yürümeye söz verdiğim yol arkadaşım, aklım ve kalbimin seçtiği güzel ruh, gelecekteki eşim ve çocuklarımla annesi, sevgili nişanlım Amira Ezzo'ya tez sunumuma hazırlandığım bu stresli ve zor günlerimde beni bir an bile yalnız bırakmadığı için teşekkür ediyorum.

Ailemin bir parçası olarak gördüğüm fedakâr ve temiz kalpli abim, Yazid Alsulaiman'a tüm destekleri için çok teşekkür ediyorum, kendisine sağlıklı ve uzun bir ömür diliyorum.

Tesadüfen tanışıp, arkadaştan öte bir ablam gibi gördüğüm en ufak bir ihtiyacımda yardımına koşan kıymetli Rula Z. Keilani'ye her şey için çok teşekkür ediyorum, kendisi ve ailesine tüm iyi dileklerimi sunuyorum.

Özet

Kontralateral Maksiller İkinci Molar Dişlerin Kök Kanal Morfolojilerinin Mikro-Bilgisayarlı Tomografi Kullanılarak Karşılaştırılması

Dandache, Ghassan

Doktora, Endodonti Anabilim Dalı

07/2023, 105 sayfa

Bu tez çalışmasının amacı kontralateral maksiller ikinci molar dişlerdeki anatomik parametreleri ölçmek ve karşılaştırmaktır. 18 hastadan çekilen toplam 18 sağlam maksiller ikinci molar çifti (n = 36) mikro-bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) ile tarandı ve ardından yeniden yapılandırıldı. Aksiyel, sagittal ve kesitsel kesitler parametreleri (uzunluklar, genişlikler ve kalınlıklar) analiz etmek ve sağ ve sol tarafların simetrisini değerlendirmek için kullanıldı. Kök kanallarının sayısı ve iç paternleri Vertucci'nin sınıflandırmasına göre sınıflandırıldı. Lateral kanalların sayısı ve yerleri de not edildi. Kontralateral ikinci molar çiftleri lineer ölçümler (uzunluk, genişlik ve kalınlık) açısından yüksek derecede benzerlik göstermiştir. Vertucci'nin sınıflandırmasına göre meziobukkal, distobukkal ve palatal köklerin kök kanalı anatomisi konfigürasyon simetrisi sırasıyla %41.1, %88.2 ve %94.4 idi. Toplamda, meziobukkal köklerin %41,6'sı, distobukkal köklerin %2,7'si ve palatal köklerin %30,6'sı en az bir lateral kanala sahipti. Lateral kanalların en sık görüldüğü yer apikal üçte birlik kısım (%38,7) iken, bunu kökün orta üçte birlik kısmı (%32,3) izlemiştir. Bu tez çalışması, kontralateral maksiller ikinci molar dişlerin kök kanallarının anatomisi hakkında hem uygulayıcılar hem de araştırmacılar için değerli bilgiler sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: mikro-BT; maksiller molar; kök kanal konfigürasyonu; bilateral simetri

Abstract**Anatomic Comparison of Contralateral Maxillary Second
Molars Using High-Resolution Micro-CT****Dandache, Ghassan****PhD, Department of Endodontics****07/2023, 106 pages**

The purpose of this thesis study was to assess and compare anatomic factors in opposing maxillary second molars. Micro-computed tomography (micro-CT) was used to scan and rebuild 18 entire maxillary second molar pairs (n = 36) taken from 18 individuals. The dimensions (lengths, widths, and thicknesses) and symmetry of the right and left sides were assessed using axial, sagittal, and cross-sectional slices. Vertucci's categorization was used to categorize the number of root canals and their internal patterns. The number and position of lateral canals were also recorded. In terms of linear dimensions (lengths, widths, and thicknesses), contralateral second molar pairs showed a significant degree of resemblance. According to Vertucci's categorization, the root canal anatomical configuration symmetry of mesiobuccal, distobuccal, and palatal roots was 41.1%, 88.2%, and 94.4%, respectively. At least one lateral canal was found in 41.6% of mesiobuccal roots, 2.7% of distobuccal roots, and 30.6% of palatal roots. The apical third (38.7%) of the root has the most lateral canals, followed by the middle third (32.3%). This thesis study offers practitioners and academics with information about the architecture of the root canals of contralateral maxillary second molars.

Keywords: access cavity design, bacterial reduction, *E. faecalis*, Ni-Ti files, minimally invasive endodontics

İçindekiler

Onay Sayfası.....	I
Etik İlkeler Uygunluk Beyanı.....	II
Teşekkür.....	III
Özet.....	V
Abstract.....	VII
İçindekiler.....	VIII
Tablolar Listesi.....	XI
Şekiller Listesi.....	XII
Kısaltmalar.....	XIII

BÖLÜM I

GİRİŞ.....	1
------------	---

BÖLÜM II

GENEL BİLGİLER.....	3
Kök Kanal Anatomisi Çalışmalarının Tarihçesi.....	3
Kök Kanal Sisteminin Bileşenleri.....	7
<i>Pulpa Odası</i>	8
<i>Kök Kanalı</i>	9
Istmus.....	9
Aksesuar Kanallar.....	11
Apikal Kanal Anatomisi.....	12
Kök Kanal Morfolojisinin Sınıflandırılması.....	13

<i>Weine Sınıflandırması</i>	13
<i>Vertucci'nin Sınıflandırması ve Tamamlayıcı Konfigürasyonları</i>	14
<i>Vertucci'nin Sınıflandırma Sistemine Eklenen Ek Konfigürasyonlar</i>	14
<i>Ahmed vd. Tarafından Önerilen Yeni Sınıflandırma</i>	15
Diş Numarası.....	16
Kök Sayısı ve Konfigürasyonları.....	16
Kök Kanal Konfigürasyonları.....	17
Üst Çene İkinci Büyük Azı Dişi.....	17
Kök Kanal Morfolojisini İnceleme Teknikleri.....	18
<i>Kopya Model Oluşturma</i>	18
<i>Kesit Alma</i>	18
<i>Radyografik Görüntüleme</i>	18
<i>Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile İnceleme</i>	18
Boyama ve Şeffaflaştırma.....	19
<i>Bilgisayarlı Tomografi</i>	19
<i>Mikro Bilgisayarlı Tomografi</i>	19
İnsan Anatomik Yapılarında Bilateral Simetri.....	20

BÖLÜM III

YÖNTEM.....	22
Çalışmaya Dahil Edilen Dişlerin Seçimi.....	22
Mikro-BT Analizleri.....	22

Mikro-BT Görüntülerinin Değerlendirilmesi.....	24
İstatistiksel Analiz.....	26

BÖLÜM IV

BULGULAR.....	27
Maksiller İkinci Molar Dişlerin Aksiyel Kesitleri.....	27
Kök ve Kanal Morfolojilerine Ait Bulgular.....	36
Lineer Ölçümlere Ait Bulgular.....	38
Köklerin Apikal, Orta ve Koronal Bölgelerindeki En Küçük Dentin Kalınlığı Bulguları.....	42
Apikal Foramen/Foramina ve Lateral Kanalların Sayısı ve Lateral Kanalların Konumlarına Ait Bulgular.....	47
Diş ve Pulpa Boşluğu Hacimlerine Ait Bulgular.....	49

BÖLÜM V

TARTIŞMA.....	50
---------------	----

BÖLÜM VI

SONUÇ VE ÖNERİLER.....	57
Sonuç.....	57
Kaynakça.....	59
EKLER.....	70
Ek 1. Etik Kurul Raporu.....	70
Ek 2. Yayın.....	72

Ek 3. İntihal Raporu.....	85
Özgeçmiş.....	90

Tablolar Listesi

Tablo 1.	17
Tablo 2.	36
Tablo 3.	38
Tablo 4.	39
Tablo 5.	39
Tablo 6.	40
Tablo 7.	43
Tablo 8.	44
Tablo 9.	45
Tablo 10.	48
Tablo 11.	48
Tablo 12.	49

Şekiller Listesi

Şekil 1.	23
Şekil 2.	24
Şekil 3.	25
Şekil 4.	25
Şekil 5.	27
Şekil 6.	28
Şekil 7.	29
Şekil 8.	30
Şekil 9.	31
Şekil 10.	32
Şekil 11.	33
Şekil 12.	34
Şekil 13.	35
Şekil 14.	41
Şekil 15.	46
Şekil 16.	47
Şekil 17.	49

Simgeler ve Kısaltmalar

#	Numara
%	Yüzde
KIBT	Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
mikro-BT	Mikro Bilgisayarlı Tomografi
BT	Bilgisayarlı Tomografi
CEJ	<i>Mine Sement Birleşimi</i>
Mm	Milimetre
TN	Diş Numarası
MCI	Maksiller Santral Kesici Diş
B	Bukkal
P	Palatinal
MB	Mesiobukkal
DB	Distobukkal
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
<	Küçüktür
>	Büyüktür
n	Sayı
µm	Mikrometre

BÖLÜM I

Giriş

Endodontik tedavi, tüm kök kanal sisteminin biyomekanik olarak şekillendirilmesi ve temizlenmesinin yanı sıra uygun bir materyal ile üç boyutlu olarak tamamen tıkanmasını amaçlamaktadır. Bu hedeflere ulaşmak için, farklı diş gruplarında çok çeşitli özellikler gösterebilen kök kanal sistemlerinin, aynı zamanda etnik köken ve demografik özelliklere göre de değişkenlik gösterebileceği göz önünde bulundurularak kök kanal sistemi morfolojilerinin, çeşitliliğinin ve özelliklerinin tam olarak anlaşılması gerekir (Martins vd., 2022). Bununla birlikte, çeşitli araştırmacılar endodontik tedavinin başarısızlık oranının %10 ile %15 arasında değiştiğini belirtmişlerdir (Martins vd., 2022; Friedman vd., 2003; Setzer vd., 2011; Ran vd., 2020). Endodontik tedavi başarısızlığının çeşitli nedenleri olmasına rağmen, karmaşık iç anatomi ve atlanmış/ulaşılamamış kanallar en yaygın iki nedendir (Baruwa, vd., 2020; Pereira, vd., 2020).

Endodontik tedavi sıklığı açısından, en sık tedaviye tabi tutulan diş grubu maksiller molar dişlerdir (Markvart vd., 2021; Fransson vd.,2016). Tipik olarak, maksiller birinci ve ikinci molar dişler üç veya dört kök kanalına sahip olan üç köklü dişler olarak tanımlanır; bununla birlikte, ilgili diş gruplarının iç anatomisi oldukça farklı olabilir. İkinci meziobukkal kök kanallarının prevalansı maksiller birinci molar dişlerde (%69,6) ikinci molar dişlere (%39,0) kıyasla daha yüksek bulunmuş olsa da ikinci molar dişlerdeki diş kök morfolojisi daha az öngörülebilirliğe sahiptir. Maksiller ikinci molar diş köklerinde yapışıklık veya köklerin kaynaşması da maksiller birinci molar dişlere göre daha yaygındır (Martins vd., 2016; Mashyakhly vd., 2019; Zhang vd., 2014).

Maksiller ikinci molar kök kanal morfolojileri araştıran çok sayıda çalışmada; şeffaflaştırma, boyama, kesit alma, klinik operasyon mikroskobu, büyütme altında dentin uzaklaştırma (dentin troughing), taramalı elektron mikroskobu, radyografik inceleme, konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) ve son zamanlarda yüksek çözünürlüklü mikro bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) dahil olmak üzere birçok farklı teknik kullanılmıştır. (Aksoy vd., 2021; Plotino vd., 2013). Bununla birlikte, hastalar arasında dişlerin anatomik simetrisine ve kök kanal morfolojisine, yani sol

ve sağ taraflar arasındaki simetriye nispeten az ilgi gösterilmiştir. Aynı hasta için iki karşıt dişi içeren vakalarla uğraşmak gerektiğinde bu durumun hekimler için klinik önemi vardır.

Çalışmalar, maksiller ikinci molar dişlerin C-şekilli kanal konfigürasyonu ve yapışık kökler de dahil olmak üzere çok çeşitli dış ve iç zorluklar sunduğunu ortaya koyduğundan, bu dişlerde bilateral farklılıkların varlığının (veya yokluğunun) bilinmesi, hastaların klinik yönetimine rehberlik edebilir ve tedavi sonuçlarını iyileştirebilir. Dişlerin bilateral simetrisi üzerine daha önce yayınlanmış çalışmalar, büyük ölçüde KIBT görüntülemeye dayanmaktadır ve en yüksek çözünürlüğe sahip ayarların kullanılması bile kök kanal morfolojisinin anatomisinin doğru bir şekilde incelenebilmesine izin vermeyebilir (Plotino vd., 2013). Mikro-BT taramaları, ekstra ince anatomik detaylar ve güvenilir ölçümler için yüksek mikron çözünürlüklü görüntülerle yüksek kaliteli bilgi sağlar (Kırmızı vd., 2021; Ordinola vd., 2017). Bununla birlikte, bilateral simetriyi araştıran mevcut mikro-BT çalışmalarının sadece birkaçı mandibular ve maksiller premolar dişler üzerinde yapılmıştır (Johnsen vd., 2017; Johnsen vd., 2016) Bildiğimiz kadarıyla, önceki hiçbir çalışmada araştırmacılar aynı hastanın karşılıklı maksiller ikinci molar dişleri arasındaki anatomik özellikleri karşılaştırmak amacıyla mikro-BT kullanmamışlardır. Bu nedenle, bu tez çalışmasının amacı, aynı hastada karşılıklı bulunan kontralateral maksiller ikinci molar dişlerin morfolojisini ve kök kanalı konfigürasyonlarını araştırmak ve yüksek çözünürlüklü mikro-BT görüntüleme ile bilateral olarak ne ölçüde simetrik olduklarını belirlemektir.

BÖLÜM II

Genel Bilgiler

Kök Kanal Anatomisi Çalışmalarının Tarihçesi

Endodonti uzmanlığının temelini, kök kanal anatomisi üzerine yapılan çalışmalar oluşturur. Kanal morfolojisini ve farklı diş gruplarındaki varyasyonlarını tam anlamıyla kavramak, endodontik tedavi sonuçlarını iyileştirmenin temel bir gerekliliğidir. Endodonti, bir diş hekimliği dalı olarak, nispeten yeni bir tarihe sahiptir ve bu, dişlerin morfolojisi ve biyolojisi hakkındaki anlayışımızın gelişmesi ve yüzyıllarca süren durağanlık döneminden sonra 1900 ile 1930 yılları arasında endodontik tekniklerin geliştirilmesiyle gerçekleşmiştir (Perrini ve Versiani, 2019).

Antik Yunan anatomisti Herophilus ve öğrencisi Erasistratus, insan vücudunun sistematik diseksiyonunu gerçekleştiren ilk doktorlardı ve bu, eski insan anatomisi anlayışında önemli bir adım oldu. Galen olarak bilinen Claudius Galenus'un çalışmaları, birkaç kuşak hekimi ve anatomi de dahil olmak üzere çeşitli bilimsel disiplinlerin gelişimini etkilemiştir (Perrini & Versiani, 2019).

Galen'in ölümünden Rönesans'a kadar insan anatomisinin anlaşılmasında önemli bir ilerleme olmadı. İnsan anatomik çizimleri gerçekçilikten yoksundu ve dişlerin anatomik tasviri miktarları, ağız boşluğundaki konumları ve kök sayıları ile sınırlıydı. Galen'in yazılarının etkisi devam etti (Perrini & Versiani, 2019).

Rönesans döneminde 14. yüzyıldan 17. yüzyıla kadar doğa bilimleri ve tıp alanlarında önemli gelişmeler yaşanmıştır. Tıp bilimi, İtalya'nın Bologna kentinde diseksiyonların kabul görmesiyle ilerleme kaydetmiş ve Mondino de Liucci'nin anatomi üzerine özel bir kitap yazmasına yol açmıştır. Ancak bu dönemde dişlerin iç anatomisi büyük ölçüde göz ardı edilmiştir (Perrini, 2010). Leonardo da Vinci gibi sanatçılar insan anatomisi üzerine çalışmış ve çizimlerinde belirli diş özelliklerini doğru bir şekilde tasvir etmişlerdir. Andreas Vesalius daha sonra insan vücudu üzerine, diş aparatının önceki çalışmalara göre daha ayrıntılı bir tanımını içeren kapsamlı bir inceleme yayınladı (Perrini & Versiani, 2019). Bartolomeo Eustachi dental pulpa, periodontal membran ve diğer oral yapıları tanımlayarak dental anatomi ve fizyolojiye önemli katkılarda bulunmuştur (Shklar & Chernin, 2000).

17. yüzyılda diş hekimliği bilimleri ve tıp arasında bir ayırım ortaya çıkmaya başlamıştır. Diş çalışmalarına odaklanan ve genellikle Vesalius'un kitabındaki illüstrasyonları kullanan birkaç eser yayınlamıştır. Antonie van Leeuwenhoek, kendi yarattığı mikroskobu kullanarak dentin tübüllerinin mikroskobik anatomisini tanımlayan ilk kişi olmuş ve dişlerin kemiklere benzediği yönündeki yaygın inanca karşı çıkmıştır. Ayrıca kesilmiş dişlerin pulpa odalarını ve kök kanallarını gösteren çizimlerini de yayınlamıştır. Ünlü bir mikroskopist olan Marcello Malpighi, çeşitli açılardan kesilmiş ve kesilmemiş insan dişlerinin ayrıntılı çizimlerini yapmıştır. Bununla birlikte, onların ileri düzeydeki çalışmaları sınırlı pratik uygulamaya sahip olup yaklaşık 150 yıl boyunca göz ardı edilmiştir (Perrini & Versiani, 2019).

18. ve 19. yüzyıllarda diş hekimliği üzerine önemli eserler yayımlanmıştır. "Modern diş hekimliğinin babası" olarak kabul edilen Pierre Fauchard, diş bakımının çeşitli yönlerine odaklanan iki ciltlik bir inceleme yazmış, ancak kök kanal anatomisi hakkında bilgi vermemiştir. John Hunter, kitaplarında insan dişlerini kapsamlı bir şekilde analiz etmiş ve insanlar yaşlandıkça kök kanallarındaki değişiklikleri gözlemlemiştir. Ancak bu dönem boyunca dişler hakkında yeni anatomik bilgi azdı ve diş anlayışı 16. yüzyıldaki ile büyük ölçüde aynı kaldı (Perrini, 2010, Perrini & Versiani, 2023).

19. yüzyılda diş hekimliği, kendi uygulayıcıları ve bilimsel literatürü olan ayrı bir meslek olarak ortaya çıkmıştır (Perrini, 2010). Birkaç yazar kök kanalı morfolojisi hakkında yeni bilgiler yayınlamış olsa da çalışmaları fark edilmedi. Meyerus Fraenkel ve Georg Carabelli kök kanal anatomisinin anlaşılmasına önemli katkılarda bulunmuş, ancak çalışmaları göz ardı edilmiştir. Araştırmacılar ancak yüzyılın ikinci yarısında kök kanal morfolojisi üzerine derinlemesine araştırma ihtiyacının farkına varmaya başladılar. Eduard Mühlreiter, kesitler kullanarak dişlerin dış ve iç yapılarını karşılaştırarak kök kanallarının anatomisi üzerine ilk kapsamlı çalışmayı yayınlamıştır. Mühlreiter'in çalışmalarından esinlenen Adolph Witzel gibi diğer araştırmacılar, kök kanal sistemlerinin değişkenliğini ve yaşla birlikte pulpa boşluğunda meydana gelen değişiklikleri araştırmışlardır. Amerika Birleşik Devletleri'nde Greene Vardiman Black ve Alfred Gysi, kesitler ve yüksek kaliteli fotomikrograflar kullanarak dişlerin dış ve iç yapılarını incelemiştir (Black, 1890). Araştırmacılar 19. yüzyılın sonlarına doğru, dişin iç anatomisi hakkındaki bilgi eksikliğinin kök kanal tedavilerinin başarısızlığına katkıda bulunduğunu fark

etmişlerdir. Kök kanalı enfeksiyonları ve fokal enfeksiyon teorisi hakkındaki yanlış kanıların artması, kök kanalı morfolojisini anlamaya yönelik ilginin artmasına neden olmuştur (Perrini & Versiani, 2019).

20. ve 21. yüzyıllarda araştırmacılar kök kanallarının anatomisini anlama konusunda önemli ilerlemeler kaydetmişlerdir. Gustav Preiswerk, diş anatomisinin üç boyutlu modellerini oluşturmak için erimiş metal içeren bir yöntem kullandı ve kanal bağlantılarının daha önce düşünüleninden daha yaygın olduğunu gözlemledi (Preiswerk, 1903). Guido Fischer, Preiswerk'in çalışmalarını genişletmiş ve kök kanallarının karmaşık ve çeşitli yapılarını tanımlamak için "kök kanal sistemi" terimini ortaya atmıştır (Fischer, 1907). Radyografi de kök kanallarının makroskopik ve mikroskopik gözlemlerini tamamlamak için kullanılmıştır (Fischer, 1908; Fischer, 1909).

1911 yılında Werner Spalteholz organları yarı saydam hale getirmek için bir teknik geliştirmiş ve bu yöntem daha sonra Fasoli ve Arlotta tarafından kök kanalı anatomisini incelemek için kullanılmıştır (Perrini & Versiani, 2019). Diğer araştırmacılar da kök kanallarına sıvı materyaller enjekte ederek benzer "saydamlaştırma" veya "diyafanizasyon" tekniklerini kullanmışlardır (Adloff, 1913; Eurasquin, 1916). H. Moral sert dokuları şeffaflaştırmak için bir yöntem kullanmış ve kök kanalı anatomisini incelemek için pulpa boşluğunu Hint mürekkebi ile doldurmuştur (Moral, 1914). Walter Hess kök kanalı şekli üzerine geniş çaplı bir çalışma yürütmüş ve anatomik varyasyonlar ile yaş arasında korelasyon kurmuştur. Hess ve Ernst Zürcher tarafından yürütülen çalışmalar kök kanalı anatomisi hakkında detaylı bilgiler sağlamıştır. Çeşitli ülkelerden araştırmacılar Alman ekolünün bulgularını doğrulamış ve genişletmiştir (Perrini & Versiani, 2019). Davis, kök kanallarının apikal üçte birlik kısmının iç anatomisini detaylandırmış ve "pulpotomi" ve "pulpektomi" terimlerini ortaya atmıştır (Davis, 1920). T. Okumura'nın kök kanalı anatomisi üzerine yaptığı çalışma, kök şekli ve dallanma paternlerine göre dört tipe ayırmıştır. Oskar Keller, en küçük dalları bile vurgulayarak kök kanal sisteminin ayrıntılı kopyalarını üretmek için teknikleri birleştirmiştir. Augustus Henry Mueller'in öncülük ettiği röntgen görüntüleme, dişin iç yapılarını anlamada değerli olduğunu kanıtlamıştır (Mueller, 1933).

İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra araştırmacılar kök kanalı morfolojisinin karmaşıklığını belgelemeye devam ettiler. Balint W. Hermann ve David Green farklı dişlerin apikal anatomisini incelemiştir (Hermann, 1950; Green, 1955). Wilhelm Meyer, dişlerin iç anatomisini üç boyutlu olarak yeniden üretmek için bir protokol geliştirdi (Meyer, 1951; Meyer, 1960). Quintiliano de Deus tüm dişlerde kök kanalı anatomisini sistematik olarak incelemiştir (De Deus, 1960). Vertucci ve meslektaşları temizleme tekniklerini kullanarak kök kanalı morfolojisinde geniş bir varyasyon olduğunu belgelemiştir (Vertucci vd., 1974; Vertucci & Williams, 1974). Yirminci yüzyıldaki teknolojik gelişmeler, diş anatomisini görselleştirmek için dijital radyografi ve taramalı elektron mikroskobu da dahil olmak üzere çeşitli tekniklerin kullanılmasına olanak sağlamıştır (Nattress & Martin, 1991; Gilles & Reader, 1990).

21. yüzyılda, kök kanal anatomisini değerlendirmek için radyografik hacim interpolasyonu gibi bilgisayar destekli görüntüleme teknikleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemler, kök kanallarının üç boyutlu gösterimlerine izin vermiş ve hacim ve çapın hassas ölçümlerini kolaylaştırmıştır (Pao vd., 1984; Dobo-Nagy vd., 2000). Araştırmacılar kök kanalı morfolojisini daha iyi anlamak ve endodontik araştırmaları geliştirmek için yeni yöntemler ve teknolojiler keşfetmeye devam etmektedir.

Araştırmacılar kök kanallarının karmaşık anatomisini keşfetmek için çeşitli teknikler kullanmışlardır. Blašković-Šubat vd. (1995) ile Lyroudia vd. (1997) çekilen dişlerin kesitlerini almak için elmas ve silikon karbür diskler kullanmışlardır. Stereomikroskoba bağlı bir kamera kullanarak bu kesitlerin fotoğraflarını çekmişlerdir. Daha sonra her bir fotoğraf sayısallaştırılmış ve kök kanalının şekli manuel olarak çizilmiştir. Özel bir yazılım yardımıyla, etiketlenen şekiller üç boyutlu (3D) hale getirilmiştir (Lyroudia vd., 1997). Bu yaklaşım bazı dijital süreçleri içermesine rağmen, örneklerin imha edilmesini gerektirerek daha ileri analizleri sınırlandırmıştır.

X-ışını bilgisayarlı tomografisinin (BT) ortaya çıkışı, teşhis tıbbında önemli bir atılım oldu. BT, nesnenin belirli bir dilimindeki X-ışını emiliminin iki boyutlu bir haritasını üretir. Kesit boyunca çeşitli açılardan birden fazla X-ışını projeksiyonu alınarak, X-ışını absorpsiyon haritasını hesaplamak için bir dizi projeksiyon kullanılır. Bu haritalar, konunun üç boyutlu bir temsilini oluşturmak için

istiflenebilir. Tıbbi uygulamalardaki BT sistemleri, dokuları etkili bir şekilde ayırt etmek için sınırlı dozda düşük enerjili X-ışınları ve büyük, yüksek verimli dedektörler kullanır (Perrini & Versiani, 2019). Endodontide, Tachibana ve Matsumoto 1990 yılında BT görüntülemenin fizibilitesini öneren ve değerlendiren ilk kişiler olmuştur. İlk girişimlerin yüksek maliyet, yetersiz yazılım ve düşük uzaysal çözünürlük gibi sınırlamaları olmasına rağmen, endodontik BT görüntülemeye gelecekteki ilerlemeler için zemin hazırlamışlardır (Tachibana & Matsumoto,1990).

Dijital görüntüleme sistemlerindeki daha ileri gelişmeler, kök kanal anatomisinin tahribatsız araçlar kullanılarak değerlendirilmesini sağlamıştır. Bu araçlar arasında konvansiyonel tıbbi BT, manyetik rezonans mikroskopisi, ayarlı diyaframlı bilgisayarlı tomografi (TACT), optik koherens tomografi ve konik ışınli BT (CBCT) yer almaktadır (Perrini & Versiani, 2019). Ancak, bu sistemler kök kanalı anatomisini incelerken yetersiz uzaysal çözünürlük ve dilim kalınlığı ile ilgili zorluklarla karşılaşmıştır (Dowker vd., 1997; Nielsen vd., 1995). Kök kanallarının karmaşık iç yapısını yakalamak için daha hassas bir görüntüleme yöntemine ihtiyaç olduğu ortaya çıkmıştır.

Mikro-bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) endodontide umut verici bir teknoloji olarak ortaya çıkmıştır. Bu non-invaziv ve incelenen örneğe zarar vermeyen yaklaşım, kök kanal sistemlerinin yüksek çözünürlüklü üç boyutlu incelenmesine olanak tanır. Mikro-BT, dişlerin dijital kesitlerini yeniden yapılandırır ve bunlar 3D hacimler oluşturmak için istiflenebilir. Bu hacimler daha sonra dişlerin iç ve dış morfolojisi hakkında ayrıntılı bilgiler sağlayan bilgisayarlı görüntüler oluşturmak için kullanılabilir. Nielsen ve arkadaşları gibi araştırmacılar kök kanalı anatomisini incelemek için mikro-BT teknolojisini ilk uygulayanlardır (Nielsen vd., 1995). Mikro-BT in vivo insan görüntülemesi için kullanılamasa da kök kanalı anatomisini derinlemesine incelemek için vazgeçilmez bir araştırma aracı haline gelmiştir (Aksoy vd., 2021).

Kök kanal sistemlerinin karmaşık morfolojisini anlamak klinisyenler için çok önemlidir. Morfolojik çalışmalardan elde edilen bilgi, görüntüleme teknolojisindeki ilerlemelerle birleştiğinde, kök kanal tedavilerinin öngörülebilirliğini ve başarısını artırmayı amaçlamaktadır.

Kök Kanal Sisteminin Bileşenleri

Kök kanallarının anatomisini ve varyasyonlarını anlamak, uygun temizlik ve dezenfeksiyon protokolleri yoluyla bakteri popülasyonunu etkili bir şekilde azaltmak için son derece önemlidir. Kök kanal sistemi iki bölüme ayrılabilir: diş kronunun içinde yer alan pulpa odası ve dişin radiküler kısmının içinde bulunan kök kanal boşluğu.

Pulpa Odası

Pulpa odası, dişin kronunun merkezinde yer alan içi boş bir alandır. Normalde krun yüzeyine benzer bir şekle sahiptir. Ön dişlerde pulpa odası ve kök kanalı birbirine bağılyken, arka dişlerde bunları ayıran bir zemin vardır. Premolar ve molar dişlerde pulpa odası tipik olarak altı kenarlı kare şeklindedir: taban, çatı ve mesial, distal, bukkal ve lingual (veya palatal) olarak adlandırılan dört duvar. Pulpa odasının çatısında genellikle pulpa boynuzları olarak bilinen, tüberkül tepeleri veya kesici kenarlarla ilişkili çıkıntılar veya tümsekler bulunur. Zamanla, pulpa dokusundaki özel hücreler olan odontoblastlar tarafından sekonder ve tersiyer dentin oluşumu nedeniyle pulpa odası şeklini değiştirebilir. Bu dentin oluşumu bazen tedavi sırasında kök kanal sistemine erişimi zorlaştırabilir.

Krasner ve Rankow (2004), 500 diş üzerinde anatomik bir çalışma yapmış ve pulpa odasının anatomisinde belirli modeller keşfetmiştir (Krasner & Rankow, 2004). Farklı diş tiplerinde pulpa odasının konumunu ve kök kanalı girişlerinin yerini ve sayısını belirlemeye yardımcı olacak yasalar önermişlerdir. Bu bulgular, kök kanal tedavilerini gerçekleştirirken ve dişlerin iç yapısını anlarken diş hekimlerine değerli bir rehberlik sağlamaktadır.

Merkeziyet yasası: Pulpa odasının tabanı her zaman dişin merkezinde, mine-sement birleşimi (CEJ) seviyesinde yer alır.

Eşmerkezlilik yasası: Pulpa odasının duvarları her zaman CEJ seviyesinde dişin dış yüzeyiyle eşmerkezlidir.

CEJ yasası: CEJ, pulpa odasının konumunu belirlemek için en tutarlı, tekrarlanabilir yer işaretidir.

Simetri Yasası 1: Maksiller molar dişler hariç, kanal ağızları, pulpa odası tabanından mesial distal yönde çizilen çizgiye eşit uzaklıktadır.

Simetri Yasası 2: Maksiller molar dişler hariç, kanal ağızları pulpa odasının tabanının merkezi boyunca mesial-distal yönde çizilen bir çizgiye dik bir çizgi üzerinde uzanır.

Simetri Yasası 2: Maksiller molar dişler hariç, kanal ağızları, pulpa odasının tabanının merkezi boyunca mesialdistal yönde çizilen bir çizgiye dik bir çizgi üzerinde bulunur.

Renk Değişimi Yasası: Pulpa odası zemininin rengi her zaman duvarlardan daha koyudur.

Kanal Ağızı Konumu Yasası 1: Kök kanal ağızları her zaman duvarların ve zeminin birleştiği yerde bulunur.

Kanal Ağızı Konumu Yasası 1: Kök kanal ağızları zemin-duvar birleşimindeki açılarda bulunur.

Kanal Ağızı Konumu Yasası 1: Kök kanal ağızları, köklerin gelişimsel füzyon çizgilerinin son noktasında bulunur (Krasner & Rankow, 2004).

Kök Kanalı

Kök kanalı, diş kökünün içinde pulpayı içeren kısımdır. Temel bileşeni olan ve mekanik olarak temizlenebilen ana kanal ile birlikte yan bileşenlerini oluşturan istmuslar ve aksesuar kanallar (furkasyon kanalı, lateral kanal ve sekonder kanallar) olmak üzere 2 ana bileşeni vardır. Kök kanalının korondan apikale seyri boyunca şekli değişebilir ve genellikle bukkolingual yönde boyutu, meziodistale göre daha geniştir. Aynı dişte, kanal kesitleri kökün farklı seviyelerinde farklı şekiller gösterebilir. Apikal üçte birlik kısımda, orta ve servikal üçte birlik kısımlara kıyasla daha yuvarlak veya hafif oval şekildedir (Versiani vd., 2013).

Istmus. Bazen “transvers anastomoz” olarak da adlandırılan isthmus, bir diş içindeki iki kök kanalını birbirine bağlayan ince bağlantılardır. Canlı doku, ölü pulpa, biyofilmler veya artık dolgu malzemesi gibi farklı içerikleri barındırabilir. Bazen bu bağlantı tamamen açık değildir ancak iki ana kanal arasında bir veya daha fazla açıklık bulunur (Ordinola-Zapata vd., 2019). Bir istmusun neye benzediği değişebilir ve bunu ne sıklıkla gördüğümüz dişin türü, kök seviyesi ve kişinin yaşı gibi faktörlere bağlıdır. Hsu ve Kim (1997) bu istmus formlarını beş tipte kategorize etmiştir. Tipler, net bir bağlantısı olmayan iki ayrı kanaldan, iki ana kanal arasında

tam gelişmiş veya geniş bir bağlantıya kadar değişmektedir. Araştırmalar, farklı azı dişi türlerinde istmus oluşumunun değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuştur.

- Tip I: kayda değer bir iletişimi olmayan iki kök kanalı vardır.
- Tip II: iki ana kanal arasında kıl kadar ince bir bağlantı mevcuttur.
- Tip III: iki yerine üç kanalın varlığı nedeniyle tip II'den farklıdır.
- Tip IV: bağlantıya doğru genişlemiş kanalları olan bir istmus.
- Tip V: iki ana kanal arasında gerçek bir bağlantı veya geniş bir doku koridoru vardır. (Hsu & Kim, 1997)

Villas-Boas vd. (2011) 60 mandibular molar dişin köklerini incelemek için mikro-BT teknolojisini kullanmış ve dişin apeksinden itibaren farklı derinliklerde %45 ila %71 arasında değişen istmus sıklığı bulmuşlardır. Pécora vd. (2013) aksiyel kesitler kullanarak 400 molar dişi değerlendirmiş ve laboratuvar tabanlı ve hasta tabanlı çalışmalarda maksiller molar dişlerin sırasıyla %86 ve %62'sinde istmus varlığı bulmuşlardır. Mandibular molarlar için, laboratuvar ve hastalarda sırasıyla vakaların %70 ve %72'sinde istmuslar görülmüştür. Harris vd (2013) mikro-BT ile inceledikleri 22 mandibular molar dişin tüm mezial köklerinde, genellikle apeksten 4 mm uzaklıkta başlayıp 8,1 mm uzaklıkta sonlanan istmuslar bulmuşlardır. Mehrvarzfar vd. (2014) incelenen molar dişlerin %83'ünün mezial kökünde istmus olduğunu ve yaygınlığın apeksten uzaklaştıkça arttığını tespit etmişlerdir. Lima vd. (2014) en yüksek istmus insidansının apeksten 7 mm uzakta olduğunu, apekse yakın yerlerde ise bu oranın daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Örneklemin %28,8'inde tip V istmus bulurken, tip IV bazı molar dişlerde daha sık görülmüştür. Estrela vd. (2015) 1400 dişi KIBT görüntüleri ile değerlendirmiş ve en yüksek istmus sıklığını mandibular birinci molar dişlerde (%87,9) bulmuşlardır. Ayrıca, yaşlı hastalarda daha az istmusun görüldüğü mandibular santral kesici dişler dışında, yaşa veya diş grubuna bağlı olarak prevalansta önemli bir farklılık olmadığını belirtmişlerdir. Tahmasbi vd (2017) incelenen mandibular molar dişlerin mezial köklerinde %64,7 oranında istmus sıklığı bulmuşlardır ve bu oran ikinci molar dişlerde daha yüksektir.

Mevcut teknoloji istmusu tamamen temizlemekte veya dezenfekte etmekte zorlanmaktadır. Sorunun temel nedeni, kök kanal sisteminin hazırlanması sırasında

sert doku kalıntılarının sıklıkla bu bölgelere sıkışmasıdır (Endal vd., 2011). Ayrıca, kök ucu rezeksiyonu prosedüründen sonra tedavi edilmemiş isthmusların sıklıkla görüldüğü tespit edilmiştir (von Arx vd., 2011). Bununla birlikte, cerrahi olmayan tedavide bu zorlukların üstesinden gelmenin yolları vardır. Örneğin, kimyasal ajanlar, özellikle ultrasonik aktivasyonla birleştirildiğinde, bu dar alanlardaki organik dokuyu çözebilir. Ayrıca, ameliyat mikroskobunun ortaya çıkmasıyla hem cerrahi hem de cerrahi olmayan diş prosedürlerinde operasyon mikroskobu ve ince ultrasonik uçlar kullanarak istmus bölgelerinin çoğunu görmek, tanımlamak ve tedavi etmek mümkündür (Ordinola-Zapata vd., 2019).

Aksesuar Kanallar. Aksesuar kanal, bir dişin ana kök kanalı ile periodonsiyum arasında bulunan ve ana kanaldan daha küçük bir kanaldır. Lateral kanal ise, diş kökünün koronal veya orta üçlü kısmında bulunan özel bir aksesuar kanal türüdür (Eleazer vd., 2012). Bu kanallar, dişin gelişimi aşamasında kökün etrafındaki koruyucu bir tabaka olan kök kılıfında kırılmalar veya boşluklar olduğunda veya diş kesesinde kan damarları kaldığında oluşur (Ricucci vd., 2010). Bakteriler ve ürünleri, enfekte kök kanalından periodontal aralığa geçmek ve hastalığa neden olmak için bu aksesuar kanalları kullanabilir. Çalışmalar, aksesuar kanalların dişlerin yaklaşık %27'sinde bulunduğunu ve bunların çoğunun kökün apikal bölgesinde olduğunu göstermiştir (de Deus vd., 1975). Lateral kanallar genellikle tedaviden önce alınan radyografilerde görülmez, ancak periodontal aralıkta kalınlaşma veya kökün lateralinde bir lezyon olduğunda lateral kanaldan şüphelenilebilir. Farklı tipte lateral lezyonlar vardır ve bunlar kök kanalı içindeki hastalık ilerlemesinin farklı aşamalarını temsil eder.

Furkasyon kanalları, bir dişin pulpa odasını çok köklü bir dişin köklerinin birleştiği bölgedeki periodontal ligamente bağlayan kanallardır. Bu kanallar, pulpa odasının gelişimi sırasında kan damarları sıkıştığında oluşur. Furkasyon kanalları, çok köklü dişlerin kökleri arasındaki boşlukta bazı diş problemleriyle ilişkilendirilmiştir. Çalışmalar, mandibular birinci molar dişlerin yaklaşık %13'ünde furkasyon kanallarının varlığını ve bunların çoğunun pulpa odası tabanının merkezinden kaynaklandığını bulmuştur (Vertucci & Williams, 1974). Maksiller ve mandibular molar dişlerin yanı sıra bazı iki üç köklü mandibular premolar ve iki köklü mandibular kanin dişlerde de bu kanallar gelişmiş görüntüleme teknikleri kullanılarak gözlemlenmiştir (Ordinola-Zapata vd., 2019).

Apikal Kanal Anatomisi. Apikal kanal, diş kökünün içindeki ana kanalın devamıdır ve genellikle kökün lateralinde konumlu olan apikal foramen adı verilen küçük bir açıklıkta sonlanır. Bu açıklık her zaman tam olarak kökün ucunda olmayıp, kökün biraz uzağında da olabilir. Açıklığın boyutu tipik olarak 0,2 ila 3,8 mm çapındadır. Apikal foramina sayısı ise dişin türüne bağlı olarak değişebilir ve her kökte 1 ila 16 foramina arasında değişebilir. Apikal kanalın en dar kısmı apikal daralma olarak adlandırılır ve apikal foramenin yakınında bulunur. Sementin dentinle birleştiği bölgeye sementodontinal birleşme denir. Bu, dişin içindeki pulpa dokusunun bittiği ve diş çevreleyen periodontal dokuların başladığı önemli bir noktadır. Bazen, ana kanal apeks yakınında birden fazla küçük kanala bölünerek apikal delta formunu oluşturur.

Kök ucunda, anatomik ve histolojik olarak üç farklı yapı tanımlanır. Bunlar apikal daralım bölgesi, sementodontinal birleşim ve apikal foramendir. Apikal daralım bölgesi, kök kanalının en dar noktasıdır ve burada kan damarları daralmıştır, bu durum kanal içindeki enflamasyonun kendiliğinden iyileşmesini zorlaştırdığı bildirilmiştir. Diş hekimleri genellikle bu bölgeyi referans olarak kök kanalını şekillendirir, temizler ve doldurur. Eğer bu bölgeye zarar verilirse, tedavi sonrası hastanın şikayetleri artabilir ve iyileşme süreci tehlikeye girebilir. Sementodontinal birleşim ise, pulpa dokusunun sonlandığı ve periodontal dokuların başladığı bölgedir. Bu bölge, genellikle apikal daralım (minör çap) bölgesinden farklı bir noktada ve apikal foramenin (majör çap) 1 mm koronalinde yer alır. Apikal foramen ise, kök kanalının bitişini kök yüzeyinden ayıran huni veya krater şeklinde bir açıklıktır. Normalde, apikal foramen radyografik apekten farklı bir noktadadır ve apekten 0,5 ila 3 mm uzaklıktadır. Ancak yaşlı bireylerde sement birikimi nedeniyle bu mesafe artabilir. Apikal daralım bölgesinden apikal foramene doğru ilerledikçe kanal genişler. Genç bireylerde majör ve minör çap arasındaki ortalama mesafe 0,5 mm iken, yaşlı bireylerde bu mesafe 0,67 mm'dir (Vertucci & Haddex, 2011).

Ana kanalın kök ucu yakınında birden fazla küçük kanala ayrıldığı apikal delta oluşumunun sıklığı farklı diş gruplarında değişiklik gösterir. Vertucci (1984), apikal delta insidansın üst çene santral kesici dişlerde % 1 iken, ikinci premolar dişlerde %15,1'e ulaştığını bildirmiştir. Alt çenede ise apikal delta insidansı santral kesici dişlerde en az, birinci büyük azı dişlerin distal kökünde en sık olmak üzere %1 ile %14 arasında değişmektedir (Vertucci, 1984). Awawdeh vd. (2008) 600 maksiller

birinci premolar dişi şeffaflaştırma ve boyama tekniği ile inceledikleri çalışmalarında dişlerin %19.3'ünde lateral kanal, %4.3'ünde istmi ve %7'sinde apikal delta saptamışlardır. Alenazi vd. (2022) ise 100 maksiller birinci premolar dişi mikro-BT ile inceledikleri çalışmalarında dişlerin sırasıyla %33, %48 ve %21'inde apikal deltalar, lateral kanallar ve isthmi mevcudiyeti bildirmişlerdir.

Klinik açıdan bakıldığında, birden fazla çıkış noktası olan bu karmaşık ve girift anatomik yapının enfeksiyonu, cerrahi olmayan tedavilerin başarısız olmasına katkıda bulunabileceği bildirilmiştir (Ordinola-Zapata vd., 2019).

Kök Kanal Morfolojisinin Sınıflandırılması

İlk sınıflandırma 1969 yılında Weine vd. (1969) tarafından önerilmiş ve daha sonra 1982 yılında genişletilmiştir (Weine, 1982). Bu sistem kök kanal morfolojisini tek bir kök içerisinde sınıflandırmıştır. 1974 yılında Vertucci vd. (1974) daha karmaşık kök kanal sistemlerini tanımlamış ve sekiz tip konfigürasyon bildirmiştir. Sert ve Bayirli 2004 yılında Vertucci'nin sınıflandırma sistemine on dört ek tip eklemiştir.

Ahmed vd. (2017) tarafından 2017 yılında, daha önceki sistemlere kıyasla kök kanalı konfigürasyonlarını sınıflandırmada basit, anlaşılması kolay ve daha doğru olduğu tespit edilen yeni bir sınıflandırma sistemi önerilmiştir. Bu sistemde diş numarası, kök sayısı ve kanalların konfigürasyonu için kodlar kullanılmaktadır.

Weine Sınıflandırması

Kök kanal morfolojisi Weine vd. (1982) tarafından tip I'den tip IV'e kadar aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır:

Tip I: Pulpa odasından kökün apeksine kadar uzanan tek bir ana kanal

Tip II: Pulpa odasından başlayan ve kök apeksinin hemen altında tek bir kanal olarak birleşen iki ayrı kanal

Tip III: Pulpa odasından başlayarak kök ucuna kadar uzanan iki ayrı kanal

Tip IV: Pulpa odasından başlayan ve kök apeksine yakın iki kanala ayrılan tek bir kanal

Vertucci'nin Sınıflandırması ve Tamamlayıcı Konfigürasyonları

Vertucci kök kanalı morfolojisini sekiz tipe ayırmıştır ve bu tipler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

Tip I: Pulpa odasından başlayarak kök apeksine kadar uzanan tek bir ana kanal mevcuttur.

Tip II: İki ayrı kanal pulpa odasını terk eder ancak apekse doğru tek bir kanal oluşturmak üzere birleşir.

Tip III: Bir kanal pulpa odasını terk eder ve daha sonra tekrar birleşerek tek bir kanaldan çıkan iki küçük kanala bölünür.

Tip IV: Pulpa odasından kök ucuna kadar iki ayrı ve tamamen farklı kanal uzanır.

Tip V: Pulpa odasından çıkan tek bir kanal vardır ve bu kanal ayrı apikal foramina ile iki kanala ayrılır.

Tip VI: İki ayrı kanal kökün ortasında birleşerek apekse kadar uzanan tek bir kanal oluşturur, apeksin hemen altında tekrar ikiye ayrılır.

Tip VII: Kanal kökün orta üçte birlik kısmına kadar tek bir kanal olarak başlar, daha sonra iki ayrı kanala ayrılır ve bu kanallar belli bir mesafe sonra tekrar birleşir ve apekse yakın bir yerde tekrar ikiye ayrılır.

Tip VIII: Koronal kısma yakın pulpa odası apekse kadar uzanan üç ayrı kanala ayrılır.

Vertucci'nin Sınıflandırma Sistemine Eklenen Ek Konfigürasyonlar

Sert ve Bayırlı (2004) Türk popülasyonundaki 2800 maksiller ve mandibular daimi dişin kök kanalı konfigürasyonunu şeffaflaştırma tekniği kullanarak değerlendirmişlerdir. Vertucci'nin sınıflandırmasına on dört tip eklemişler ve Tip IX'dan Tip XXIII'e kadar aşağıdaki gibi numaralandırmışlardır:

Tip IX: Tek bir kanal pulpa odasından başlar ve seyri sırasında üçe ayrılır.

Tip X: Tek bir kanal pulpa odasından başlar ve ikiye ayrılır, bunlardan bir kanal daha sonra iki foramina ile ikiye ayrılır.

Tip XI: Tek bir kanal pulpa odasından başlar ve ikiye ayrılır, bunlardan biri daha ikiye ayrılır ve üç kanal olarak ilerler ve dört foramina ile sonlanır.

Tip XII: Pulpa odasından iki ayrı kanal başlar, bunlardan biri ikiye ayrılır ve daha sonra üçü birleşerek tek foramenli tek bir kanal oluşturur.

Tip XIII: Tek bir kanal pulpa odasından başlar ve tek bir kanal olarak birleşen iki kanala ayrılır ve daha sonra üç foramina ile üç kanala ayrılır.

Tip XIV: Pulpa odasından dört kanal başlar ve daha sonra her birinden iki tanesi birleşerek iki foramina ile sonlanır.

Tip XV: Üç kanal pulpa odasından başlar, bunlardan ikisi birleşerek bir kanal oluşturur ve iki foramina ile sonlanır.

Tip XVI: Pulpa odasından iki kanal başlar, bunlardan biri daha sonra ikiye ayrılır ve üç foramina ile sonlanır.

Tip XVII: Tek bir kanal pulpa odasından başlar ve tekrar birleşerek tek bir foramen ile tek bir kanal oluşturmak üzere üç kanala ayrılır.

Tip XVIII: Üç kanal pulpa odasından başlar ve tek bir foramen ile tek bir kanal oluşturmak üzere yeniden birleşir.

Tip XIX: İki kanal pulpa odasından başlar ve tek bir kanal olarak birleşir, daha sonra tekrar ikiye ayrılır ve tek bir foramen ile tek bir kanal olarak birleşir.

Tip XX: Dört kanal pulpa odasından başlar ve dört foramina ile sonlanır.

Tip XXI: Dört kanal pulpa odasından başlar ve tek bir foramen ile tek bir kanal olarak birleşir.

Tip XXII: Beş kanal pulpa odasından başlar ve biri diğeriyle birleşerek dört foramina ile dört kanal olarak sonlanır.

Tip XXIII: Pulpa odasından üç kanal başlar, bunlardan biri daha sonra ikiye bölünür ve dört foramina ile dört kanalla sonlanır.

Ahmed vd. Tarafından Önerilen Yeni Sınıflandırma

Weine vd. (1969), Vertucci vd. (1974) ve Weine (1982) tarafından geliştirilen sistemler en yaygın kullanılan sınıflandırmalar olmuştur ve çoğu kanal

konfigürasyonunu kategorize ederken faydalıdır. Ancak, gelişmiş üç boyutlu görüntüleme teknolojileri kullanılarak dış ve iç anatomik kök ve kanal varyasyonlarının tanımlanmasına ilişkin son çalışmalar, kök kanal sistemlerinin morfolojisinin oldukça karmaşık olduğunu ve birçok kanal konfigürasyonunun bu sistemler kullanılarak sınıflandırılmadığını ortaya koymuştur.

Ahmed vd. (2017) sınıflandırma sistemi, diş numarası, kök sayısı (köklerin herhangi bir bölünmesini iki veya daha fazla kök olarak kabul eder) ve kanal konfigürasyonu için tek bir kod sağlar, böylece mantıklı ve doğru bir sınıflandırma sağlar. Yeni sistemin önemli bir yönü, aynı kanal konfigürasyonuna sahip ayrı köklü dişlerin, anatomilerini doğru bir şekilde yansıtan tek bir kodla tanımlanmasıdır. Ayrıca, daha önce sınıflandırılmayan kök kanalı morfolojilerini, tam bir anatomi veren basit bir tek kodla tanımlayabilir. Ayrıca, kanallar arası karmaşık iletişimlerin nasıl tanımlanacağı konusundaki karışıklığın üstesinden gelir.

Bu sistem üç ayrı bileşen için kodlar içerir: (Ahmed vd., 2017)

1. Diş numarası
2. Kök sayısı ve konfigürasyonları
3. Kök kanal konfigürasyonu

Diş Numarası. Diş Numarası (TN, tooth number) herhangi bir numaralandırma sistemi kullanılarak yazılabilir (örneğin, Evrensel Numaralandırma Sistemi, Palmer Numaralandırma Sistemi veya FDI Dünya Diş Hekimliği Federasyonu Sistemi). Ayrıca, bir diş numaralandırma sistemlerinden biri kullanılarak tanımlanamadığında (örneğin, çekilmiş dişler), uygun bir kısaltma kullanılabilir, örneğin, "maksiller santral kesici diş" için "MCI".

Kök Sayısı ve Konfigürasyonları. Kök numarası (R) TN'den önce bir üst simge (^RTN) olarak eklenir. Örneğin, ¹TN, TN dişinin bir köke sahip olduğu anlamına gelir. Bir kökün koronal, orta veya apikal üçte birlik bölümleri iki veya daha fazla kök olarak kodlanacaktır. Buna göre, bifurkasyon ²TN, trifurkasyon ise ³TN olarak gösterilir. Çift ve çok köklü dişlerde kök detayları TN'nin sağına eklenir (^RTN R_n). Örnek: ²TN B P (B: bukkal, P: palatal) ve ³TN MB DB P (MB: mesiobukkal, DB: distobukkal, P: palatal).

Kök Kanal Konfigürasyonları. Her bir kökteki kanal konfigürasyonunun türü, TN'den sonra kanal ağızı/ağızlarından (O) başlayarak kanal (C) boyunca foramene (veya foramina) (F) kadar üst simge sayı(lar) kullanılarak tanımlanır.

Tablo 1.

Tek, Çift ve Çok Köklü Dişler için Kodlama

Diş Tipi	Kodlama
Tek Köklü	¹ TN ^{O-C-F}
Çift Köklü	² TN R ₁ ^{O-C-F} R ₂ ^{O-C-F}
Çok Köklü	ⁿ TN R ₁ ^{O-C-F} R ₂ ^{O-C-F} R _n ^{O-C-F}

Kök kanalı morfolojisinin iyi anlaşılması, dokümantasyon ve hekimler arasında iletişim kolaylığı açısından çok önemlidir ancak her sınıflandırma sisteminin kendine özgü avantajları ve sınırlamaları vardır (Karobari vd., 2021).

Üst Çene İkinci Büyük Azı Dişi

Koronal olarak, maksiller ikinci molar, maksiller birinci molarla çok benzer. Maksiller ikinci molar genellikle birinci moların daha küçük bir kopyasıdır. Kök ve kanal anatomisi, farklılıklar olsa da birinci azı dişine benzer. Kökler birbirlerinden daha az ayrıktır ve kökler arasındaki füzyon maksiller birinci molar dişlere göre çok daha sıktır (Gutmann & Fan, 2016). Üç kanallı ve üç apikal foramenli dişler yaygındır, ancak araştırmalar aynı zamanda ikinci meziyobukkal kanalların yüksek insidansını bildirmiştir (Ng vd., 2001). Ortalama uzunlukları 21 mm'dir. Ayrıca genellikle birinci azı dişlerinin köklerinden daha kısadırlar ve kavisli değildirler. İkinci azı dişinin genellikle her kökte bir kanalı vardır; ancak, iki veya üç meziyobukkal kanala, bir veya iki distobukkal kanala veya iki palatal kanala sahip olabilir. İkinci molarda dört kanalın bulunma olasılığı birinci molarla göre daha düşüktür. Genel olarak maksiller ikinci molardaki kanal ağızları maksiller birinci molardakine göre birbirine daha yakındır.

İki köklü üst ikinci molar dişler genellikle eşit uzunluk ve çapta bir bukkal ve bir palatinal kanalına sahiptir. Bu paralel kök kanalları sıklıkla radyografik olarak üstte binip süperpoze olduğundan ancak radyografinin distalden açılması ile görüntülenebilirler. İki kök mevcut olduğunda, her kök bir kanala sahip olabilir veya bukkal kök, tek bir foramene ulaşmadan önce birleşen iki kanala sahip olabilir.

Peikoff vd. (1996) üst ikinci molar dişlerin kök kanal varyasyonlarını inceledikleri çalışmalarında iki palatinal kök ve iki palatal kanallı dişlerin oranını %1,47 oranında bildirmişlerdir. Aynı çalışmada ikinci mesiobukkal kanal insidansı %22,7 olarak rapor edilmiştir (Peikoff vd., 1996).

Kök Kanal Morfolojisini İnceleme Teknikleri

Kopya Model Oluşturma

Pulpanın çıkarılmasından sonra, kök kanal sistemine basınç veya vakum altında kök boşluğunun şeklini alabilen materyaller gönderilir. Reçine veya silikon maddesi kök kanal sistemine enjekte edilir, sertleşmesi için beklenir ve ardından dişler asit içinde dekalsifiye edilir. Asitten etkilenmeyen reçine veya silikondan yapılan kopya modeller mikroskop altında incelenir (Goldman vd., 1989).

Kesit Alma

Diş köklerinden disk veya taşlar kullanılarak enine kesitler alınır ve farklı boya ile boyanır. Bu kesitler mikroskop altında incelenebilir. Kesit alma işlemi için mufla model sistemi kullanılır. Kesitlerin incelendiği örnekler özel mufla içine yerleştirilir, kök kanal genişletme işlemleri uygulanır ve daha sonra kesitler çıkarılarak değerlendirilir. Bu yöntemle dikey veya yatay olarak iki farklı yönde kesit alınabilir. Ancak, bu yöntemin bazı dezavantajları bulunur, örneğin yatay kesit alma sırasında kökün eğimleri nedeniyle kök kanallarının takibi zorlaşabilir, kesitlerin alınması sırasında madde kaybı oluşabilir ve kesit kalınlıklarından dolayı doğru ölçüm elde etmek güçleşebilir (Bramante, 1987).

Radyografik Görüntüleme

Radyografik yöntemler, kök kanal sistemi anatomisini belirleme ve incelemede nispeten en kolay yöntemdir. Ancak, radyografinin bazı dezavantajları vardır. Radyografiler örneklere zarar vermez, ancak iki boyutlu görüntüler sağladığı için üç boyutlu uzayda doğru ölçümler yapmada sınırlıdır (Pineda & Kuttler, 1972).

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile İnceleme

Taramalı elektron mikroskobu kullanılarak numunenin sınırlı bir alanı ayrıntılı bir şekilde görüntülenebilir. SEM incelemesi ile furkasyon bölgesi, pulpa

odası tabanı ve kanallar arasındaki bağlantılar gibi detaylar tespit edilebilir (Tam & Donald, 2002).

Boyama ve Şeffaflaştırma

Numune olarak kullanılacak dişler şeffaflaştırılarak boyanır ve kök kanal morfolojileri mikroskop altında incelenebilir. Şeffaflaştırma işlemi için dekalsifikasyon işlemiyle dişler asitlerle dekalsifiye edilir. Daha sonra dişler alkolle kurutulur ve şeffaflaştırmak için metil salisilat veya ksilen solüsyonunda bekletilir. Şeffaflaştırılmış dişlere enjektör yardımıyla çini mürekkebi veya hematoksilen boya enjekte edilir. Elde edilen numuneler her açıdan görülerek değerlendirilir, böylece kök kanal anatomisi hakkında üç boyutlu bilgi elde edilebilir (Kim vd., 2015).

Bilgisayarlı Tomografi

Bilgisayarlı Tomografi (BT) cihazları, anatomik ve çevre doku yapılarının üç boyutlu görüntülerini sağlamak için kullanılan yeni bir teknolojidir. BT taramaları, geleneksel iki boyutlu radyografik görüntüleme yöntemlerinin sınırlamalarını büyük ölçüde ortadan kaldırır. Ancak, yüksek radyasyon dozu, maliyet, düşük çözünürlük ve uzun tarama süreleri gibi dezavantajları vardır (Tachibana & Matsumoto, 1990). Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT) ise daha düşük radyasyon dozuna sahiptir ve diş hekimliği alanında kullanılmaktadır. KIBT, dişlerin üç boyutlu görüntülenmesi, periapikal patolojilerin analizi, kök kanallarının incelenmesi gibi alanlarda kullanılmaktadır (Azim vd., 2014; Chong vd., 2015).

Mikro Bilgisayarlı Tomografi

Mikro Bilgisayarlı Tomografi (Mikro-BT), daha küçük piksel boyutlarıyla üç boyutlu görüntüler elde etmek için kullanılan bir teknolojidir. Mikro BT, yüksek çözünürlükte iç yapıların görüntülenmesine olanak sağlar. Mikro BT sistemleri, genellikle akademik ve endüstriyel araştırmalarda kullanılır. Mikro BT taramaları, dental anatomilerin incelenmesi, periradiküler lezyonların analizi ve dişlerin yüzey alanlarının ölçülmesi gibi alanlarda kullanılmaktadır. Mikro BT'nin dezavantajları arasında radyografik artefaktlara neden olan metal restorasyonlar ve kök kanal morfolojisini tam olarak yansıtamama bulunmaktadır (Aksoy vd., 2019).

İnsan Anatomik Yapılarında Bilateral Simetri

Anatomik yapıların ve uzuvların mükemmel eşleşmesi veya nesne simetrisi ile karakterize edilen bilateral simetri, çeşitli insan vücudu bölümlerinde kapsamlı olarak incelenmiştir. İç organların asimetrik düzeninin yanı sıra, çoğu anatomik yapı yüksek derecede iki taraflı eşleşen simetri sergiler. Bu simetri, cerrahi rekonstrüksiyonlarda, düzeltici ameliyatlarda ve kontralateral uzvun denek içi kontrol görevi gördüğü klinik değerlendirmelerde çok önemli bir rol oynar.

Femur ve skafoid kemik dahil olmak üzere kemiklerde bilateral simetri üzerine yapılan araştırmalar, önemli ölçüde eşleşen simetri olduğunu göstermiştir. Femurun fiziksel, dansitometrik ve yapısal ölçümlerinde gözlemlenen yüksek simetri derecesi, kalça artroplastisinde doğru femoral boyut, şekil ve oryantasyonun yeniden üretilmesinde değerlidir. Benzer şekilde, skafoid kemiğin kontralateral tarafı, skafoid kırıklarının rekonstrüksiyon ameliyatları için ameliyat öncesi planlamada yararlı bir referans görevi görür. Bu bulgular, kemikle ilgili cerrahi prosedürlerde bilateral eşleşen simetrinin klinik etkilerini ve önemini vurgulamaktadır.

Bilateral simetrinin varlığı sadece kemiklerle sınırlı olmayıp kıkırdak ve fibrokartilajinöz dokulara da uzanmaktadır. Çalışmalar, dış kulak ve menisküsün yüksek derecede eşleşen simetri sergilediğini göstermiştir. Mandibula da dahil olmak üzere normal kraniyofasiyal kompleks de bilateral simetri gösterir. Bu anatomik yapılardaki bilateral simetrinin kapsamını anlamak, cerrahi planlama ve tedavi müdahaleleri için çok önemlidir.

Kemiklerde ve bazı yumuşak dokularda bilateral simetri üzerine yapılan kapsamlı araştırmaların aksine, kontralateral dişler üzerine yapılan çalışmalar nispeten azdır. İlk araştırmalar, adli diş hekimliği amacıyla minedeki Retzius çizgileri ve dentindeki Owen çizgileri gibi mikroskobik özelliklere odaklanmıştır. Bu çalışmalar, kontralateral premolar dişlerdeki yapısal simetriyi ortaya çıkarmış ve aynı kaba ve ince detayları göstermiştir. Bununla birlikte, travma veya enfeksiyon gibi lokalize bozukluk vakalarında bilateral simetriye istisnalar kaydedilmiştir.

Daha yeni çalışmalarda, aşındırma etkileri, restoratif materyallerin adaptasyonu ve endodontik sızıntı çalışmaları da dahil olmak üzere çeşitli dental araştırma alanlarında kontralateral dişler kullanılmıştır. Eşleştirilmiş ve uyumlu dişler karşılaştırma çalışmaları için ideal bir alt tabaka olarak önerilmiş olsa da, henüz altın

standart haline gelmemiştir. Kontralateral dişlerin normal dış ve i anatomisi hakkında detaylı ve yüksek kaliteli çalışmaların eksikliği, bu alanda daha fazla araştırma yapılması gerektiğinin altını çizmektedir.

BÖLÜM III

Yöntem

‘Kontralateral Maksiller İkinci Molar Dişlerin Kök Kanal Morfolojilerinin Mikro-Bilgisayarlı Tomografi Kullanılarak Karşılaştırılması’ başlıklı in-vitro klinik deney çalışmamızın gerekli etik kurul onayı, Yakın Doğu Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Değerlendirme Etik Kurulu tarafından 29.04.2021 tarihinde alınmıştır (Bknz: Ek 1. Etik Kurul Onay Raporu, Protokol No: 2021-90-1339).

Çalışmaya Dahil Edilen Dişlerin Seçimi

Bu tez çalışmasında Karadeniz Teknik Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı Kliniğinde üst ikinci molar diş çekimli sınıf II maloklüzyon tedavisi gören 18 gönüllü hastadan (14 kız, 4 erkek; ortalama yaş, 14.25±1.71 yıl) elde edilen sağlıklı çekişmiş toplam 36 maksiller ikinci molar dişler kullanılmıştır.

Klinik muayene sırasında, çalışmaya dahil edilecek hastalara ve ebeveynlerine mevcut maloklüzyon ve uygulanacak tedavi ile ilgili bilgiler verilerek, yöntemin avantaj ve dezavantajları detaylı bir şekilde anlatılmıştır. “Bilgilendirilmiş Onam Formu” tüm hasta ve ebeveynleri tarafından doldurulmuş ve imzalanmıştır. Araştırmaya katılan bireylerden başlangıç kayıtları (ağız dışı ve ağız içi fotoğraflar, ortodontik modeller, lateral sefalometrik film, ortopantomografik film) alınmış ve üst iki ikinci molar diş çekimleri gerçekleştirilmiştir.

Çekimi gerçekleştirilen dişlerin çalışmaya dahil edilme kriterleri; dental gelişimsel/konjenital bozukluklar bulunmaması, dişlerde ileri derecede çürük veya koronal restorasyon, kök kanal dolgusu ve periapikal lezyonların olmamasıdır. Bu kriterlerini karşılamayan dişler çalışmaya dahil edilmemiştir. Çalışmaya dahil edilen dişlerin kron ve kök yüzeylerindeki yumuşak doku ve eklentiler ultrasonik uç kullanılarak temizlenmiş ve incelemeler gerçekleştirilinceye kadar oda sıcaklığında distile su içerisinde bekletilmiştir.

Mikro-BT Analizleri

Maksiller ikinci molar dişler yüksek çözünürlüklü bir mikro-BT sistemi (Bruker Skyscan 1275, Belçika) kullanılarak tarandı. (Şekil 1) Mikro-BT cihaz

ayarları; 210 mA, filtresiz 32 kVp ve 10,1 lm piksel boyutu ile 0,2 rotasyon adımı olarak ayarlandı. Dedektör, artefaktları azaltmak için her görüntüleme işleminden önce kalibre edildi. Örnekler 5 dakikalık entegrasyon süresi içinde bir tam tur döndürüldü ve ortalama tarama işlemi süresi yaklaşık 1 saat sürdü. (Şekil 2) Optimum kontrast sınırı ve ışın sertleştirme ayarları, her numunenin önceki taramalarına ve görüntü rekonstrüksiyonlarına belirtilen talimatlar doğrultusunda uygulandı.

Şekil 1.

Bruker Skyscan 1275 mikro-BT sistemi



Örneklerin görselleştirilmesi ve kantitatif analizi CTAn (sürüm 1.19.11.1; SkyScan) ve NRecon (sürüm 1.6.10.5; SkyScan) yazılımları ve daha önce açıklandığı gibi modifiye edilmiş algoritma kullanılarak elde edildi (Feldkamp vd. 1989). İki boyutlu (2B) aksiyal görüntüler (1000 x 1000 piksel) elde edildi. Yeniden yapılandırma parametreleri için ring artefakt düzeltmesi ve yumuşatma sıfıra sabitlendi ve ışın artefakt düzeltmesi %40 olarak ayarlandı. Örneklerin 2B dilimlerini göstermek için tarayıcı tarafından elde edilen görüntülerin yeniden yapılandırılması için NRecon yazılımı kullanıldı. Yeniden yapılandırılan görüntüler, görselleştirme için Skyscan CTVox'ta (sürüm 3.3.1; Skyscan) işlendi.

Şekil 2.

Diş örneklerin micro-BT cihazı ile taranması aşaması

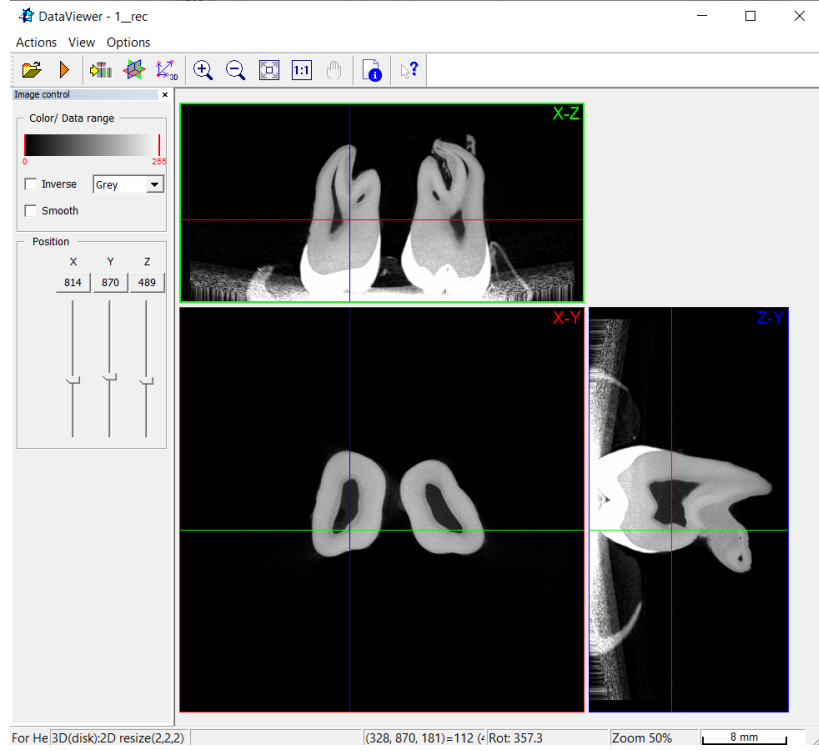


Mikro-BT Görüntülerinin Değerlendirilmesi

Tüm özellikleri ile CTAn yazılımı (version 1.19.11.1; SkyScan) ve DataViewer (v.1.5.4.0 software, Bruker-microCT) yazılımları tüm numuneyi içerecek şekilde region of interest bölgelerini çizmek ve rekonstrüksiyondan sonra numuneyi analiz etmek için kullanıldı. Dişlerin iç ve dış morfolojisini değerlendirmek için seri sagittal, koronal ve aksiyel kesitler alındı. İki gözlemci (Gözlemci 1 'üç boyutlu görüntüleme ve yazılım konusunda' 15 yıllık deneyime sahip; gözlemci 2 'üç boyutlu görüntüleme ve yazılım konusunda' 5 yıllık deneyime sahiptir) güvenilirliği sağlamak için dört hafta boyunca 36 dişi iki kez değerlendirdi. Bir danışman radyolog ile, mikro-BT görüntülerinin incelendiği ve gerçek incelemeden önce görüntülerin analiz edildiği kalibrasyon oturumuna düzenlendi.

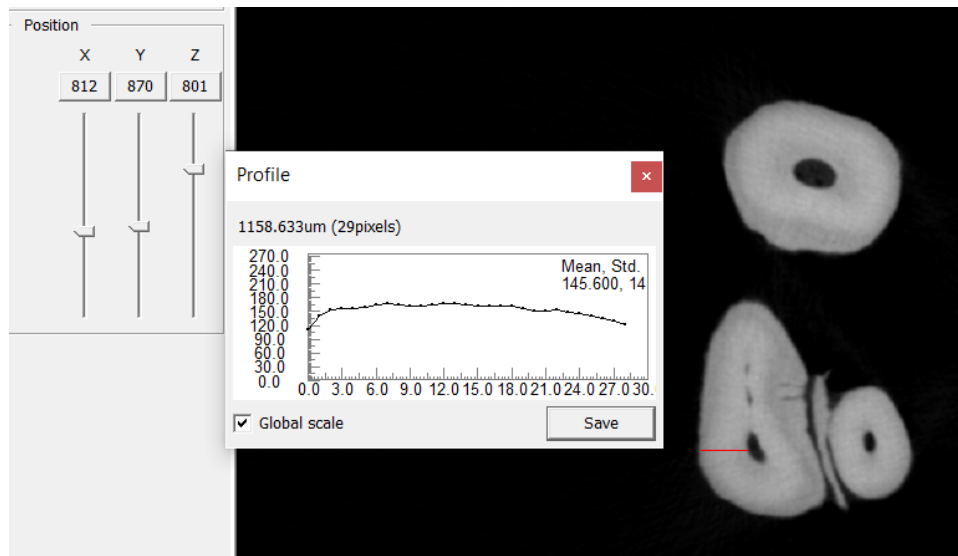
Şekil 3.

CTAn yazılımı (version 1.19.11.1; SkyScan) ve DataViewer (v.1.5.4.0 software, Bruker-microCT) yazılımları örnek analizlerinde kullanıldı



Şekil 4.

Data Viewer (v.1.5.4.0 software, Bruker-microCT) yazılımı ile lineer ölçümlerin yapıldı



Aşağıdaki parametreler değerlendirildi:

1. Vertucci'nin modifikasyonlu sınıflandırmasına göre dış kök ve kök kanalı morfolojisi değerlendirildi (Alavi vd.,2002)
2. Her bir tüberkülün (meziobukkal, distobukkal ve meziopalatal) sement-mine birleşimine (CEJ), ilgili kök apeksine ve ilgili pulpa boynuzuna olan mesafelerinin doğrusal ölçümü yapıldı.
3. Her bir kökün üç farklı kök seviyesinde meziodistal (M-D) ve bukkopalatal (B-P) yönlerde dentin kalınlıklarının doğrusal ölçümü, apeksten 1,5 mm önce (apikal üçlü), apeks ile sement-mine birleşiminin ortasında (orta üçlü) ve furkasyon seviyesinde (koronal üçlü) gerçekleştirildi.
4. Lateral kanal varlığı, sayısı ve konumu (ana kök kanalından kök yüzeyine doğru dallanan ve apikal 0,5 mm'ye koronal olarak yerleşen tüm ek kanallar) (Divine vd, 2019)
5. Kök kanalının apikal üçte birindeki apikal foramina sayısı [ana (kök kanalının ana apikal açıklığı) ve aksesuar (bir lateral veya aksesuar kanal ile iletişim kuran kök yüzeyindeki bir açıklık) foramina toplamı]. (American Association of Endodontists, 2020)
6. Dişin ve kök kanalının hacimsel ölçümleri.

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler için GraphPad Prism 5.0 (GraphPad Software, Inc., San Diego, CA, ABD) kullanıldı. Normal dağılımı kontrol etmek için Kolmogorov-Smirnov testi kullanıldı. Normal dağılım gösteren verileri analiz etmek için tek yönlü varyans analizi ve ikili karşılaştırmaları değerlendirmek için Tukey testi kullanıldı. Normal dağılmayan verileri değerlendirmek için Kruskal-Wallis testi ve ardından Dunn's testi kullanıldı. Tüm istatistiksel testler için anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak belirlendi.

BÖLÜM VI

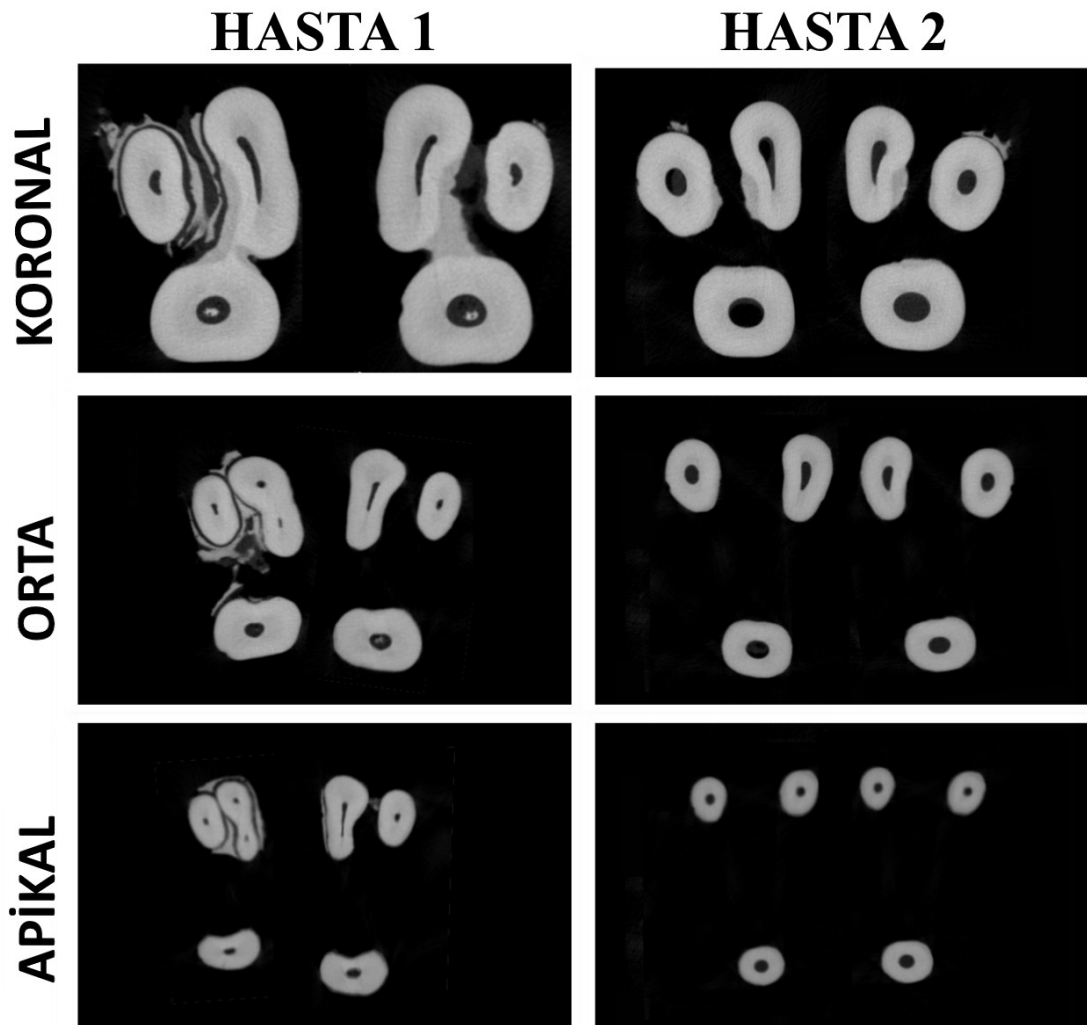
Bulgular

Maksiller İkinci Molar Dişlerin Aksiyel Kesitleri

18 hastadan elde edilmiş olan 36 maksiller kontralateral (sağ-sol) ikinci molar dişlerin koronal, orta ve apikal olmak üzere üç farklı kök seviyesinde aksiyel kesit mikro-BT görüntüleri Şekil 5, Şekil 6, Şekil 7, Şekil 8, Şekil 9, Şekil 10, Şekil 11, Şekil 12 ve Şekil 13’da verilmiştir.

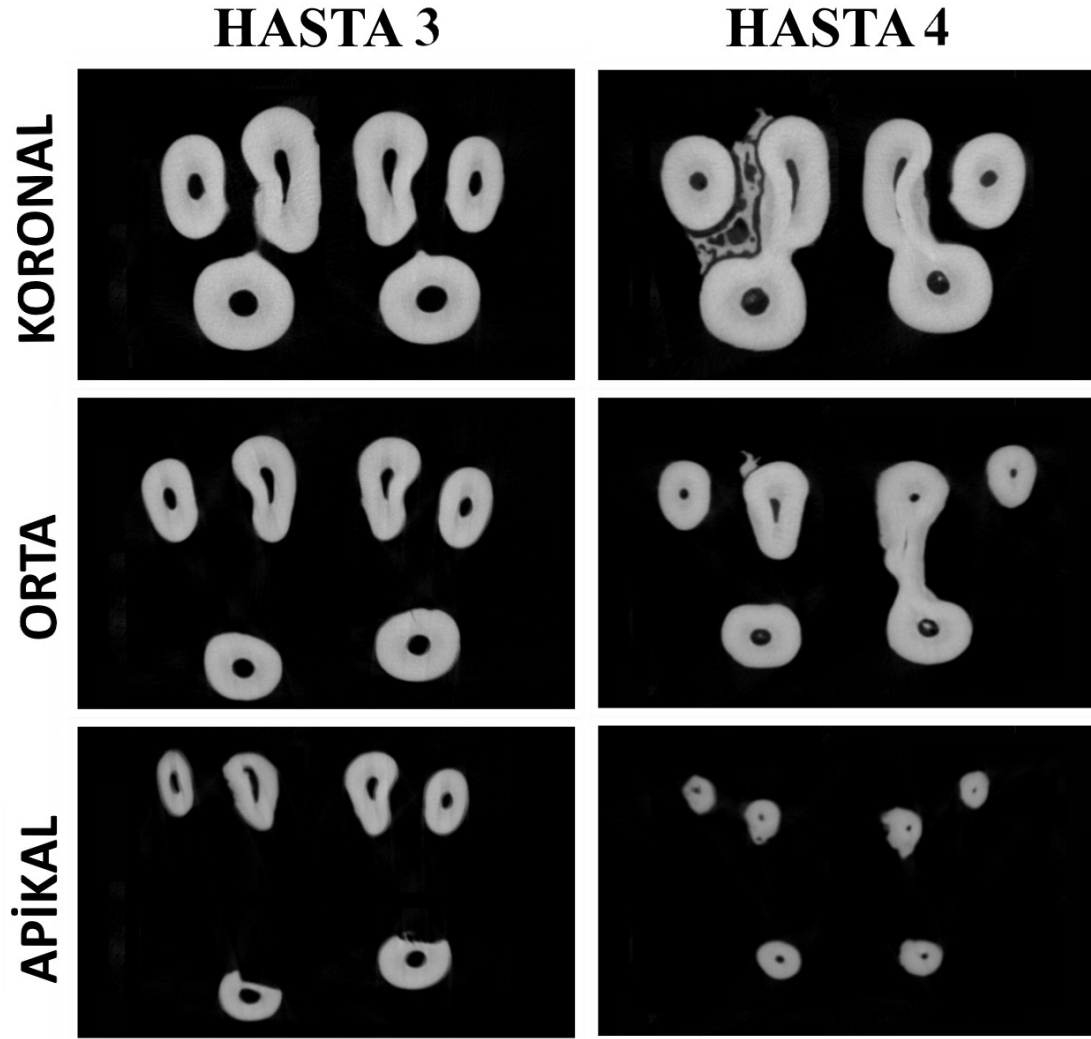
Şekil 5.

Birinci ve İkinci hastalara ait maksiller kontralateral dişlerin koronal, orta ve apikal kök kesitine ait mikro-BT görüntüsü.



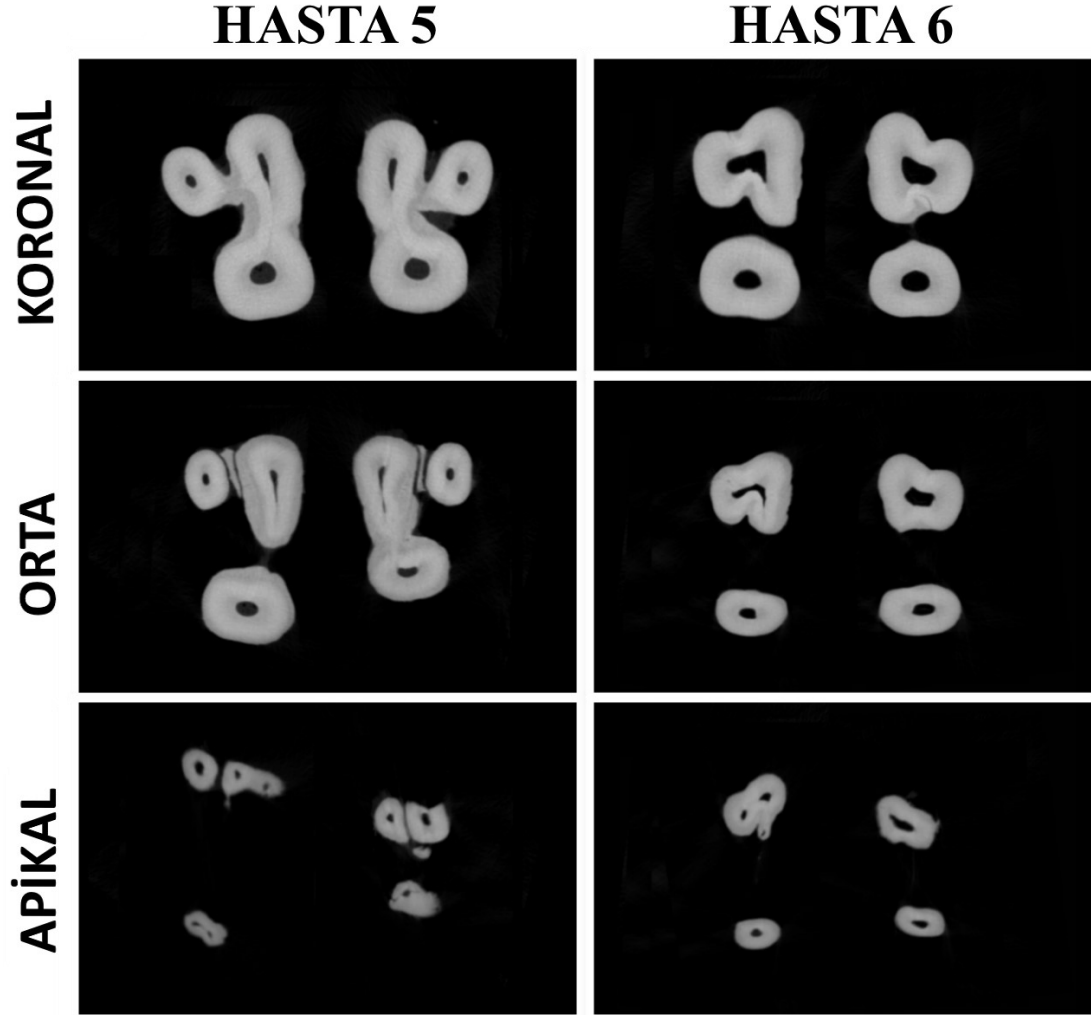
Şekil 6.

Üçüncü ve dördüncü hastalara ait maksiller kontralateral ikinci molar dişlerin koronal, orta ve apikal kök kesitine ait mikro-BT görüntüsü.



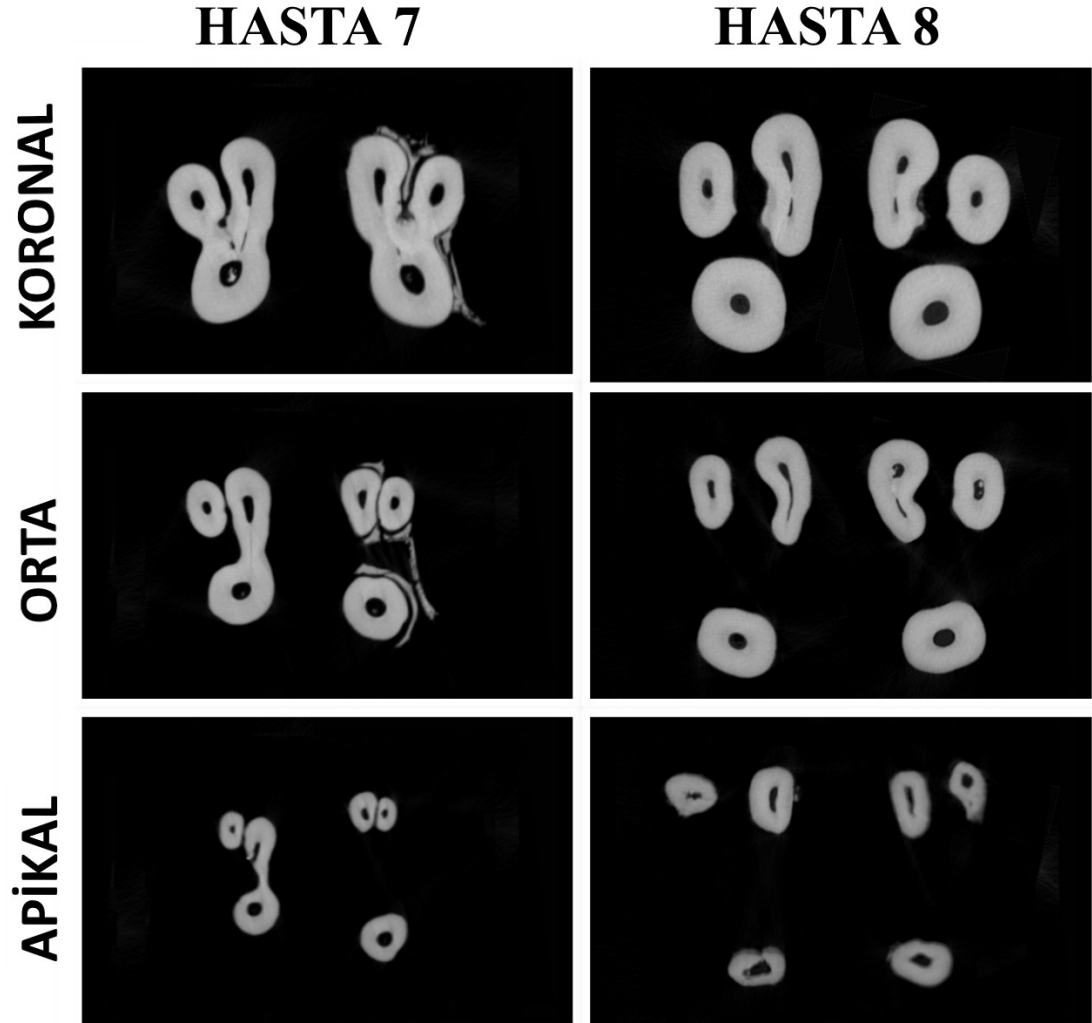
Şekil 7.

Beşinci ve altıncı hastalara ait maksiller kontralateral ikinci molar dişlerin koronal, orta ve apikal kök kesitine ait mikro-BT görüntüsü



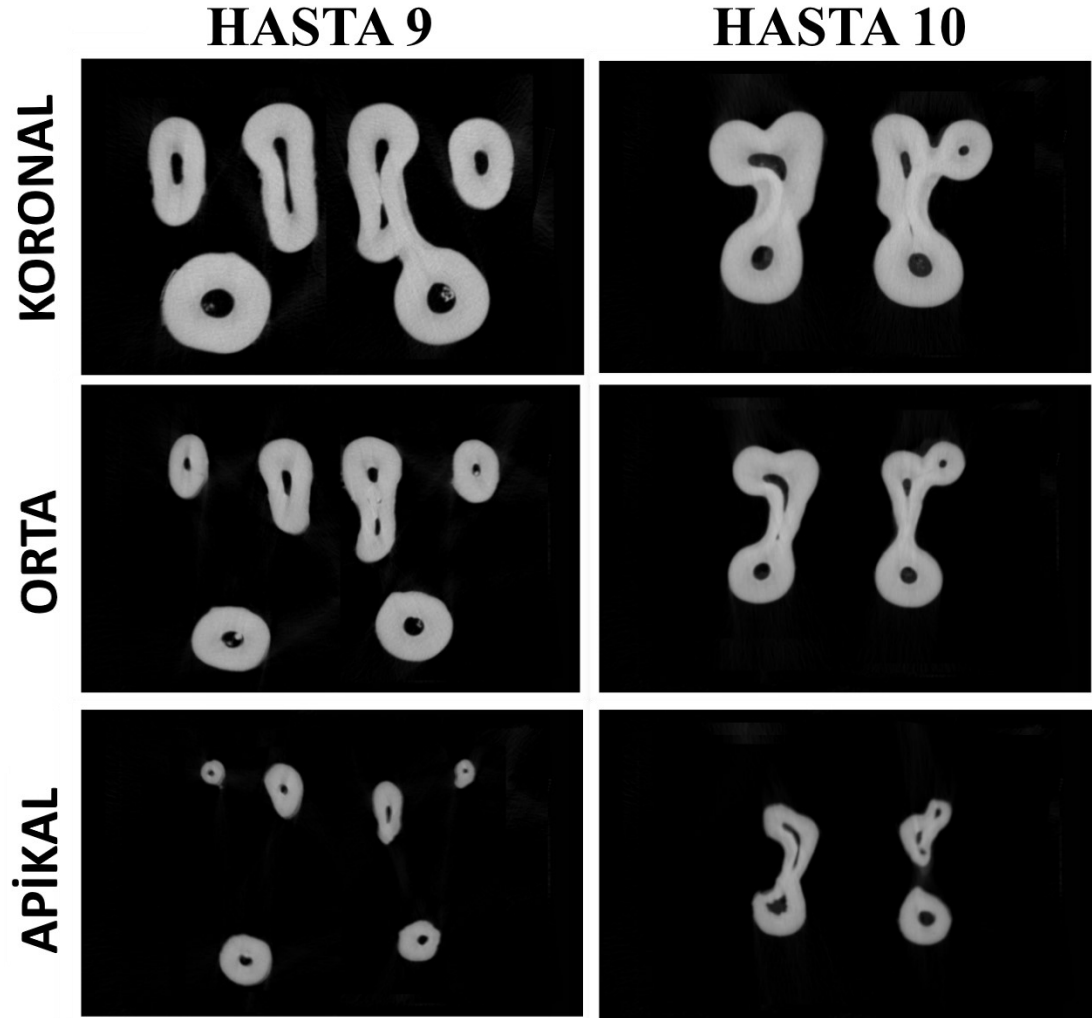
Şekil 8.

Yedinci ve sekizinci hastalara ait maksiller kontralateral ikinci molar dişlerin koronal, orta ve apikal kök kesitine ait mikro-BT görüntüsü



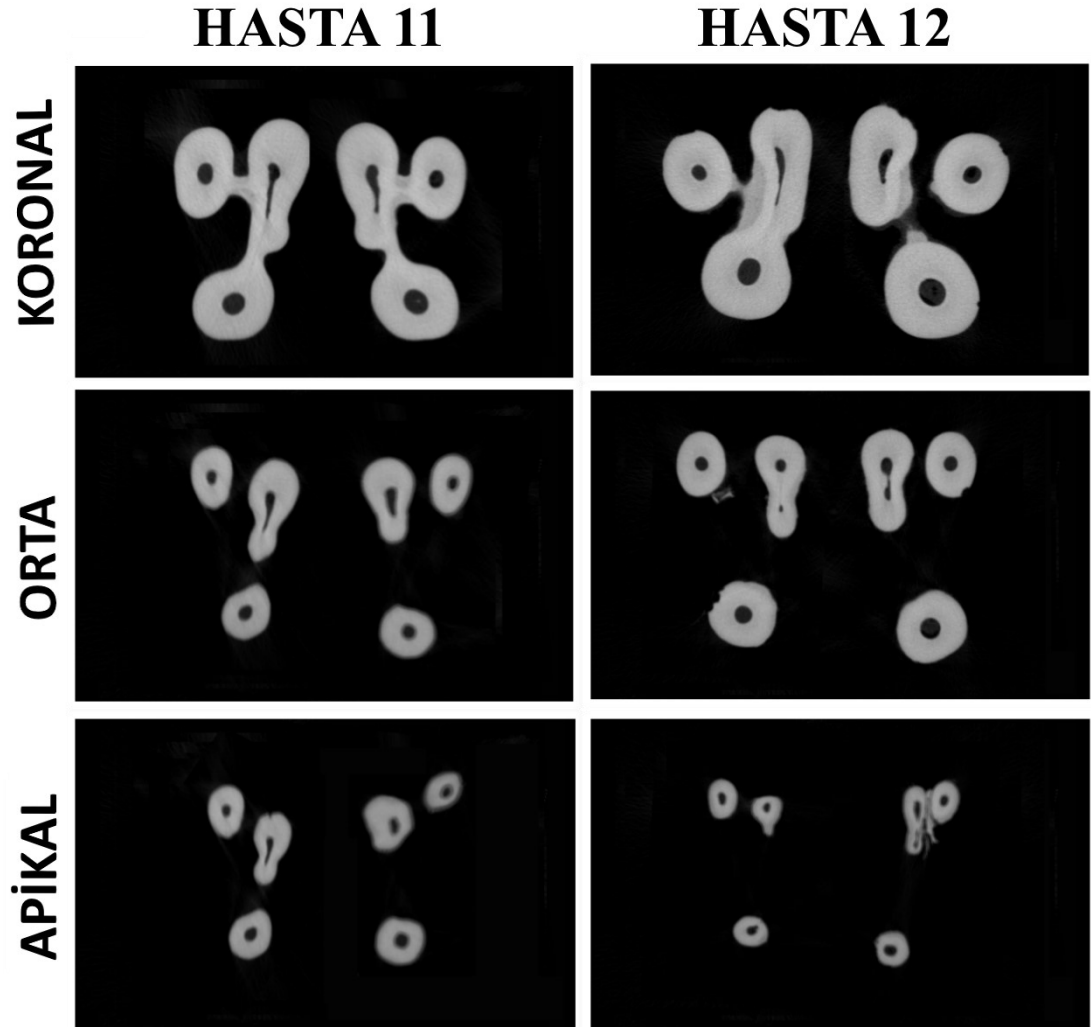
Şekil 9.

Dokuzuncu ve onuncu hastalara ait maksiller kontralateral ikinci molar dişlerin koronal, orta ve apikal kök kesitine ait mikro-BT görüntüsü



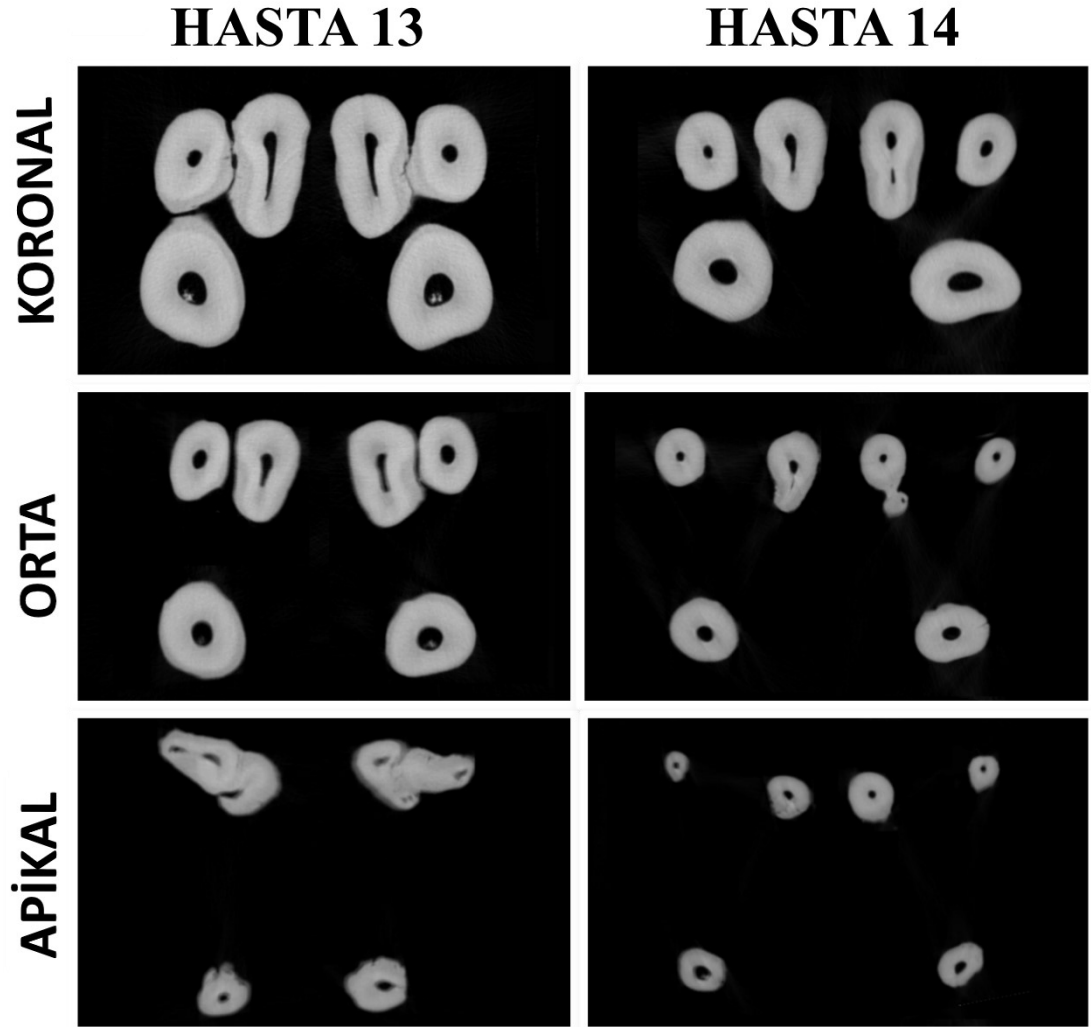
Şekil 10.

On birinci ve on ikinci hastalara ait maksiller kontralateral ikinci molar dişlerin koronal, orta ve apikal kök kesitine ait mikro-BT görüntüsü



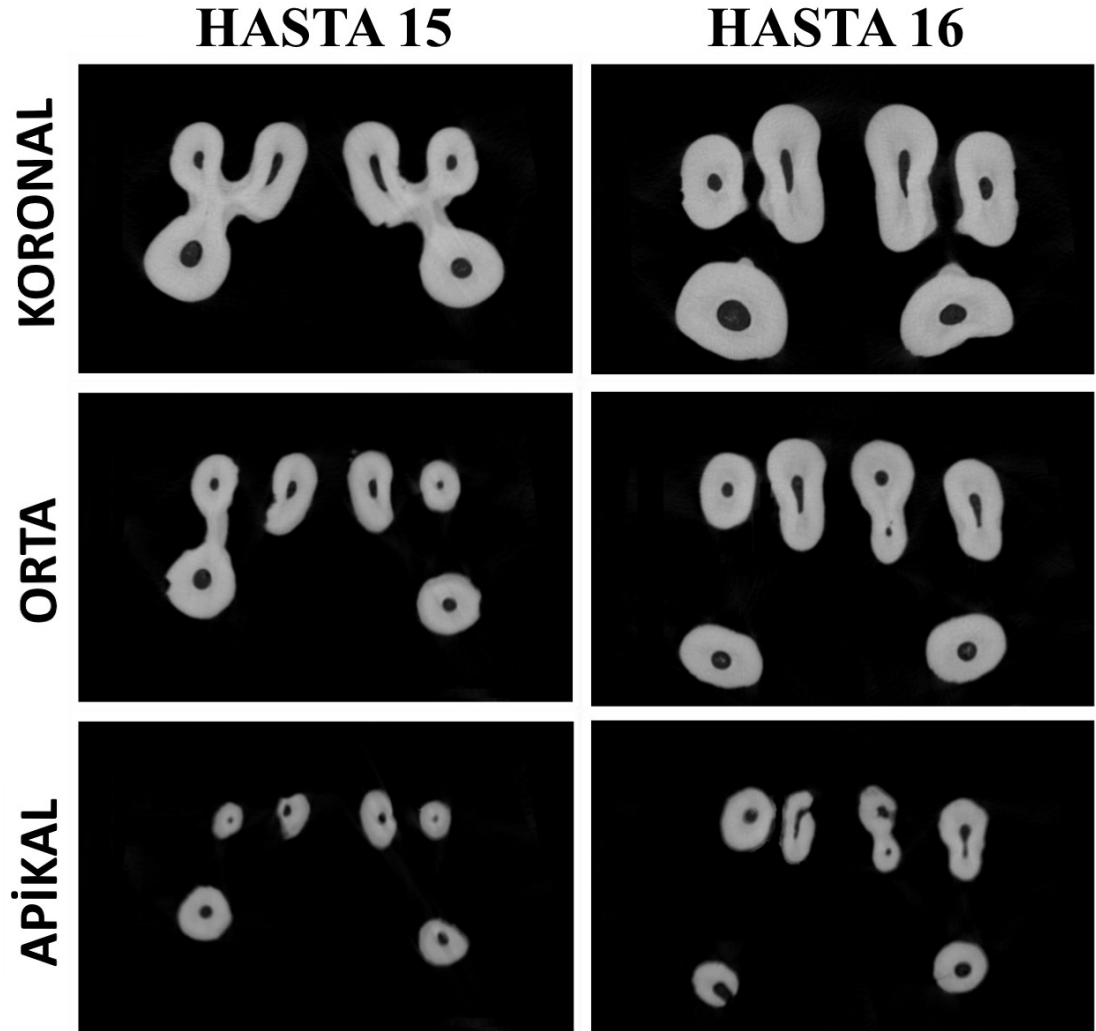
Şekil 11.

On üçüncü ve on dördüncü hastalara ait maksiller kontralateral ikinci molar dişlerin koronal, orta ve apikal kök kesitine ait mikro-BT görüntüsü



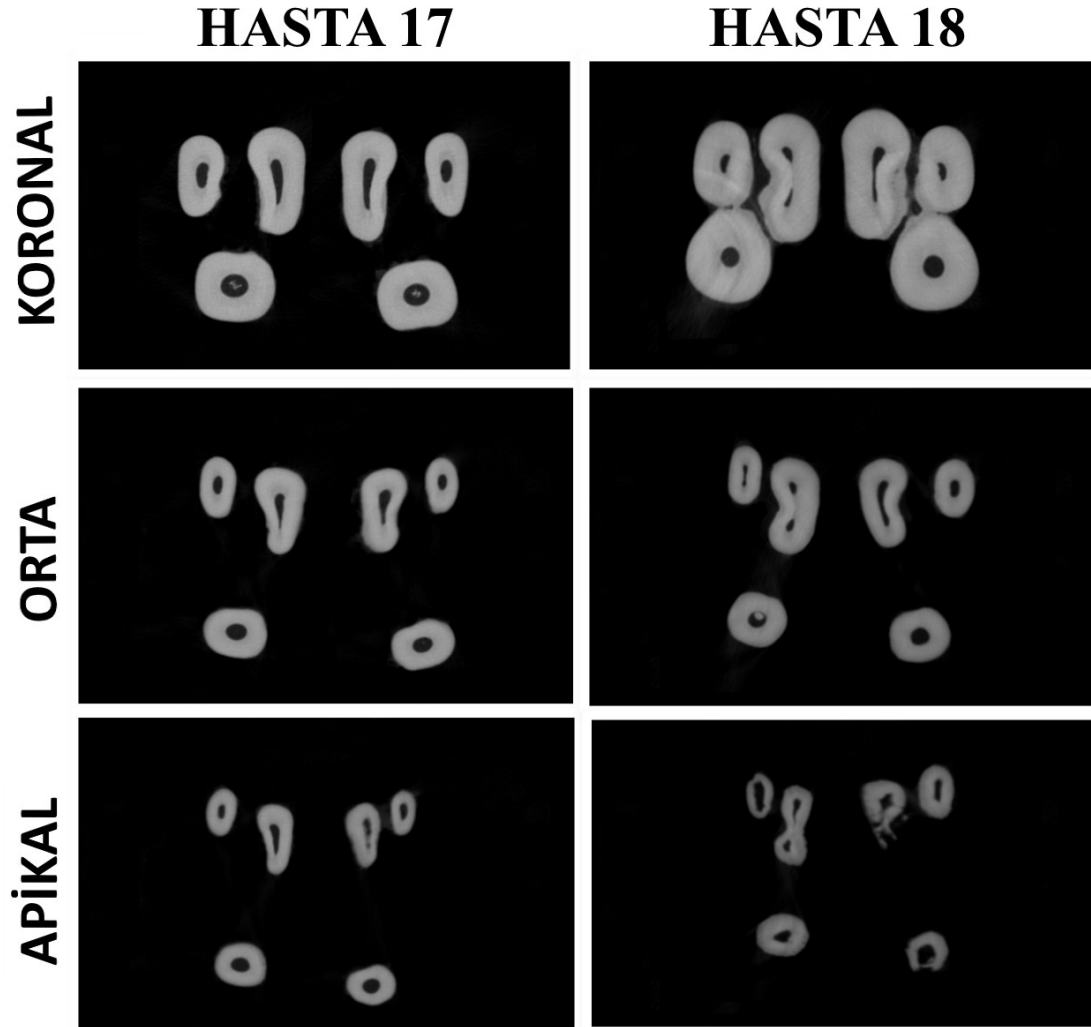
Şekil 12.

On beşinci ve on altıncı hastalara ait maksiller kontralateral ikinci molar dişlerin koronal, orta ve apikal kök kesitine ait mikro-BT görüntüsü



Şekil 13.

On yedinci ve on sekizinci hastalara ait maksiller kontralateral ikinci molar dişlerin koronal, orta ve apikal kök kesitine ait mikro-BT görüntüsü



Kök ve Kanal Morfolojilerine Ait Bulgular

Tablo 2'de kontralateral maksiller ikinci molar dişlerdeki kök sayısı ve kök kanallarının konfigürasyonları gösterilmektedir. Otuz altı dişin üçü iki köklü, diğer otuz üçü ise üç köklü bulunmuştur. Kök sayısı bakımından 18 çift maksiller ikinci büyük azı dişinin %94,4'ünde simetri tespit edilmiştir. Maksiller ikinci molar dişlerde meziobukkal (MB) kökün kök kanalı konfigürasyonu %57,1 tip I, %18,2 tip V, %12,1 tip II, %6,1 tip III ve %6,1 tip IV olarak belirlenmiştir. Distobukkal (DB) kökün kök kanalı konfigürasyonu %97 tip I ve %3 tip III iken, palatal (P) kökün kök kanalı konfigürasyonu %97,2 tip I ve %2,8 tip III olarak belirlenmiştir.

Tablo 2.

Kontralateral maksiller ikinci molar dişlerde kök sayısı ve kök kanalı konfigürasyonları.

Hasta No	Sağ			Sol			Kök Sayısında Simetri	Kök Kanal Konfig. Simetri
	Kök Sayısı	Kök	Vertucci Sınıflaması	Kök Sayısı	Kök	Vertucci Sınıflaması		
1	3	MB	Tip V	3	MB	Tip I	Var	Yok
		DB	Tip I		DB	Tip I		
		P	Tip I		P	Tip I		
2	3	MB	Tip I	3	MB	Tip I	Var	Var
		DB	Tip I		DB	Tip I		
		P	Tip I		P	Tip I		
3	3	MB	Tip I	3	MB	Tip I	Var	Var
		DB	Tip I		DB	Tip I		
		P	Tip I		P	Tip I		
4	3	MB	Tip I	3	MB	Tip II	Var	Yok
		DB	Tip I		DB	Tip I		
		P	Tip I		P	Tip I		
5	3	MB	Tip V	3	MB	Tip III	Var	Yok
		DB	Tip I		DB	Tip I		
		P	Tip I		P	Tip V		
6	2	B	Tip I	2	B	Tip V	Var	Yok
		P	Tip I		P	Tip I		
		MB	Tip I		MB	Tip I		
7	3	DB	Tip I	3	DB	Tip I	Var	Var
		P	Tip I		P	Tip I		
		MB	Tip II		MB	Tip II		
8	3	DB	Tip I	3	DB	Tip I	Var	Var
		P	Tip I		P	Tip I		
		MB	Tip I		MB	Tip II		
9	3	DB	Tip I	3	DB	Tip I	Var	Yok
		P	Tip I		P	Tip I		
		B	Tip V		B	Tip V		
10	2	B	Tip V	3	MB	Tip I	Yok	Yok

					DB	Tip I		Yok
		P	Tip I		P	Tip I		Var
		MB	Tip I		MB	Tip I		Var
11	3	DB	Tip I	3	DB	Tip I	Var	Var
		P	Tip I		P	Tip I		Var
		MB	Tip III		MB	Tip V		Yok
12	3	DB	Tip I	3	DB	Tip I	Var	Var
		P	Tip I		P	Tip I		Var
		MB	Tip I		MB	Tip V		Yok
13	3	DB	Tip I	3	DB	Tip I	Var	Var
		P	Tip I		P	Tip I		Var
		MB	Tip V		MB	Tip IV		Yok
14	3	DB	Tip I	3	DB	Tip I	Var	Var
		P	Tip I		P	Tip I		Var
		MB	Tip I		MB	Tip I		Var
15	3	DB	Tip I	3	DB	Tip I	Var	Var
		P	Tip I		P	Tip I		Var
		MB	Tip I		MB	Tip V		Yok
16	3	DB	Tip I	3	DB	Tip I	Var	Var
		P	Tip I		P	Tip I		Var
		MB	Tip I		MB	Tip I		Var
17	3	DB	Tip I	3	DB	Tip I	Var	Var
		P	Tip I		P	Tip I		Var
		MB	Tip IV		MB	Tip I		Yok
18	3	DB	Tip III	3	DB	Tip I	Var	Yok
		P	Tip I		P	Tip I		Var

İki köklü dişlerdeki üç bukkal (B) kökten ikisi tip V, birinin kök kanalı konfigürasyonu ise tip I idi. Kök kanalı konfigürasyonlarına bakıldığında, MB, DB ve P kök çiftlerinin sırasıyla %41,1, %88,2 ve %94,4 oranında simetrik olduğu görülmüştür.

Yalnızca üç köklü diş çiftleri değerlendirildiğinde kök kanalı konfigürasyonlarının simetri oranı MB, DB ve P kökler için sırasıyla %43,75, %93,75 ve %93,75 olarak bulunmuştur. (Tablo 3)

Tablo 3.

Üç Köklü Diş Çiftlerinin Kök Kanal Konfigürasyonlarında Simetri

Hasta No	MB	DB	P
1	-	+	+
2	+	+	+
3	+	+	+
4	-	+	+
5	-	+	-
6			
7	+	+	+
8	+	+	+
9	-	+	+
10			
11	+	+	+
12	-	+	+
13	-	+	+
14	-	+	+
15	+	+	+
16	-	+	+
17	+	+	+
18	-	-	+
Simetri %	43,75%	93,75%	93,75%

Lineer Ölçümlere Ait Bulgular

MB, DB ve P tüberkül tepelerinden ilgili pulpa boynuzuna, kök apeksine ve mine sement sınırına olan ortalama mesafeler Tablo 4, Tablo 5 ve Tablo 6'da verilmiştir. MB tüberkül tepesi ile pulpa boynuzu arasındaki ortalama mesafe DB tüberkül tepesi ile pulpa boynuzu ($p < 0,01$) ve P tüberkül tepesi ile pulpa boynuzu mesafelerinden ($p < 0,01$) istatistiksel olarak anlamlı ölçüde daha azdır. Tüberkül tepesi ile kök apeksi arasındaki ölçümlere bakıldığında, P tüberkül tepesi ile kök apeksi mesafesi diğerlerinden önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). Tüberkül tepesi ile mine-sement sınırı mesafeleri ile ilgili olarak, istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilememiştir ($p > 0,05$). Sağ ve sol taraflar için aynı parametrelerin kontralateral ölçümleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p > 0,05$).

Tablo 4.

Tüberkül Tepesinden Pulpa Bonuzuna Olan Mesafe (μm)

Hasta No	MB		DB		P	
	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol
1	5840	5200	6320	6240	6880	6440
2	5713	5233	5733	5693	6292	6772
3	5513	4654	5213	5413	6092	5833
4	3840	4080	5000	4120	5520	4120
5	4714	4914	4994	4794	5034	5273
6					4880	5440
7	4674	4314	5233	5193	5273	4754
8	4320	5160	5280	6020	6000	6280
9	5260	5180	6100	5420	5460	5940
10		4880		5080	6720	5480
11	5920	5560	6120	6040	5480	7120
12	4920	5660	5300	6620	5860	5920
13	4000	3680	4960	4600	5480	5400
14	4920	4520	5440	4640	5760	5800
15	4760	4920	5560	6120	5320	5160
16	5380	5680	6060	6060	7080	6260
17	4240	4600	5200	5000	5280	4600
18	4460	3980	5120	5060	5800	5980

Tablo 5.

Tüberkül Tepesinden Kök Apeksine Olan Lineer Ölçümler (μm)

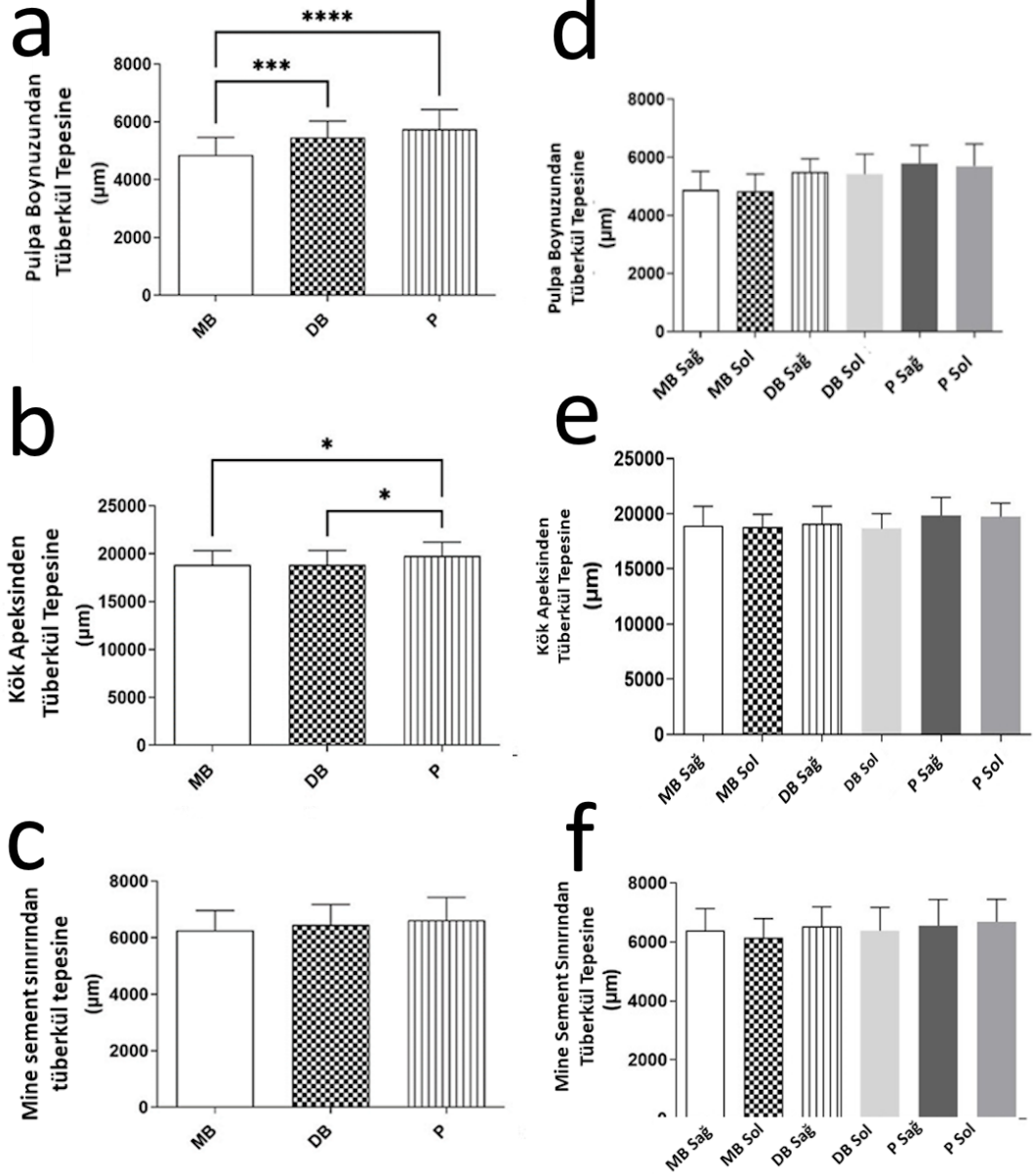
Hasta No	MB		DB		P	
	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol
1	19240	19320	18480	19360	19040	19800
2	19137	19217	19536	18538	19217	19596
3	21894	21374	21994	20695	21634	19337
4	17600	17760	17160	17360	20920	19560
5	15062	17779	19080	16540	16820	18218
6					18520	18800
7	19856	18897	18737	18618	20935	19656
8	17220	18080	18720	18280	18460	21360
9	21700	20740	20900	19740	22360	21420
10		18440		18680	18920	18520
11	20360	20160	20600	19480	20440	20520
12	20520	19220	21860	20720	23260	22440
13	17000	17400	17560	16960	18800	20040
14	18280	18720	16480	16520	18040	19360
15	18240	17400	17720	17840	19120	19400
16	20140	18720	19720	20860	21640	20580
17	17000	17200	18280	18080	19520	17520
18	18980	18600	18940	18400	19000	19260

Tablo 6.
Tüberkül Tepesinden CEJ'e Olan Lineer Ölçümler (μm)

Hasta No	MB		DB		P	
	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol
1	5120	5240	6240	6600	7040	7120
2	6172	5933	6312	6971	6492	6831
3	6652	6772	7571	7651	8190	7990
4	6040	6280	5520	5160	6680	6080
5	5433	5713	5513	4994	5873	6792
6					5680	6120
7	5753	4994	5953	5793	5273	5793
8	5980	6120	6460	5960	5580	6540
9	7180	5480	7400	7080	8200	7980
10		6240		6260	6680	6760
11	7960	7000	7320	6560	7680	7400
12	6620	6640	6680	7060	6500	6480
13	6880	5920	6880	6960	5840	7200
14	5680	7000	6400	4920	5800	6280
15	7080	6120	7280	7160	7360	6240
16	7140	7140	6580	6660	6940	6780
17	5880	5200	5560	6440	5640	4880
18	6840	6400	7060	6180	6400	7060

Şekil 14.

Meziobukkal (MB), distobukkal (DB) ve palatal (P) tüberkül tepeleri ile ilgili pulpa boynuzuna (a), kök apeksine (b) ve sementoenamel birleşimine (CEJ) (c) olan ortalama mesafeler. Sağ ve sol taraflar için aynı parametrelerin genel ölçümleri (d-f)'de sunulmuştur. * = $p < 0.05$ ** = $p < 0.01$ *** = $p < 0.001$ **** = $p < 0.0001$



Köklerin Apikal, Orta ve Koronal Bölgelerindeki En Küçük Dentin Kalınlığı Bulguları

Tablo 7, Tablo 8 ve Tablo 9 ile Şekil 15’de MB, DB ve P köklerinin iki farklı yönde (M-D ve B-P) ve her bir kökün üç kök seviyesinde (apikal, orta ve koronal) en küçük dentin kalınlığı değerleri gösterilmektedir. En küçük dentin kalınlığı için değerlendirilen tüm parametrelerin kontralateral ölçümleri ile ilgili olarak, sağ ve sol taraflar arasında anlamlı farklılıklar bulunmamıştır ($p>0.05$). DB ve MB köklerinin B-P boyutları tüm kök seviyelerinde M-D boyutlarına kıyasla anlamlı derecede yüksekti ($p<0.01$). P kökü için, en küçük dentin kalınlığı değerleri apikal ve koronal seviyelerde M-B ve B-P ölçümleri arasında benzerdir ($p>0.05$). Ancak, P kökünün orta üçte birlik kısmında, en küçük dentin kalınlığı için M-D boyutu B-P boyutundan önemli ölçüde daha yüksektir ($p<0.05$; $p<0.01$). Şekil 16, M-B ve D-B yönlerindeki en küçük dentin kalınlığı değerleri için MB, DB ve P kökleri arasındaki farkları göstermektedir. P kökü tüm kök seviyeleri için M-D yönünde en kalın dentin dokusunu gösterirken ($p<0.01$), B-P yönünde MB kökü tüm kök seviyeleri için en kalın dentin dokusunu göstermiştir ($p<0.01$).

Tablo 7.
En Küçük Dentin Kalınlığı Apikal Üçlü

	Hasta No	M-D			B-P		
		MB	DB	P	MB	DB	P
SAĞ	1	360	480	1120	840	1040	600
	2	479	339	459	639	639	499
	3	539	559		1138	998	
	4	560	680	640	720	800	560
	5	359	620	559	998	600	599
	6			520			280
	7	0	319	559	998	599	399
	8	640	700	1060	900	880	860
	9	400	600	500	380	720	620
	10			840			960
	11	360	480	680	1120	760	600
	12	200	440	360	440	840	420
	13	240	400	320	600	600	640
	14	320	560	1040	480	560	560
	15	520	520	720	1080	640	680
	16	440	540	500	800	680	540
	17	320	400	520	920	640	520
	18	440	580	960	640	680	820
SOL	1	480	600	1040	880	840	520
	2	319	239	199	519	599	359
	3	719	459		659	639	
	4	400	480	560	720	720	560
	5	399		399	599		519
	6			840			440
	7	0	0	439	639	279	679
	8	520	820	640	860	980	820
	9	520	620	480	660	820	680
	10	600	600	840	840	640	880
	11	440	320	800	1120	760	720
	12	380	520	380	460	680	460
	13	400	240	880	840	480	640
	14	640	480	520	640	800	680
	15	720	520	920	840	840	1040
	16	500	480	1080	880	640	700
	17	240	400	600	680	520	480
	18	440	540	680	620	720	640

Tablo 8.
En Küçük Dentin Kalınlığı Orta Üçlü

	Hasta No	M-D			B-P		
		MB	DB	P	MB	DB	P
SAĞ	1	1000	760	1640	1560	1720	1040
	2	879	938	1278	1438	1298	859
	3	799	898	1318	1737	1518	1398
	4	720	1000	1280	1520	1360	1040
	5	879	839	1478	1638	1198	1118
	6			1200			800
	7	519	719	1038	1438	1078	958
	8	680	940	1440	1320	1320	1040
	9	820	760	1200	1420	1540	1040
	10	720	840	1120	1520	600	1040
	11	520	800	1280	1320	1360	920
	12	460	820	1140	1260	1040	900
	13	480	920	1400	1360	1280	1400
	14	560	800	1240	1360	1040	1000
	15	520	720	1160	1240	840	1040
	16	940	980	1600	1760	1240	820
	17	480	600	1080	1160	840	880
	18	620	920	1100	1460	1180	1260
SOL	1	800	760	1600	1680	1280	1200
	2	659	799	998	1458	1058	759
	3	659	839	1358	1038	1398	1098
	4	880	1000	1320	1480	1400	1120
	5	1118	719	1518	1757	839	1078
	6			1280			920
	7	519	559	839	1118	918	918
	8	580	900	1400	1480	1260	1100
	9	680	780	1320	1060	1260	1240
	10	640	680	1080	1120	720	1000
	11	520	920	1380	1360	1320	960
	12	400	740	1040	1100	1160	1000
	13	400	880	1360	1200	1040	1440
	14	840	880	1280	1280	1120	1080
	15	720	760	920	1080	800	1240
	16	720	880	1600	1260	1600	840
	17	400	600	1080	1160	1000	840
	18	720	720	1100	1420	1100	1100

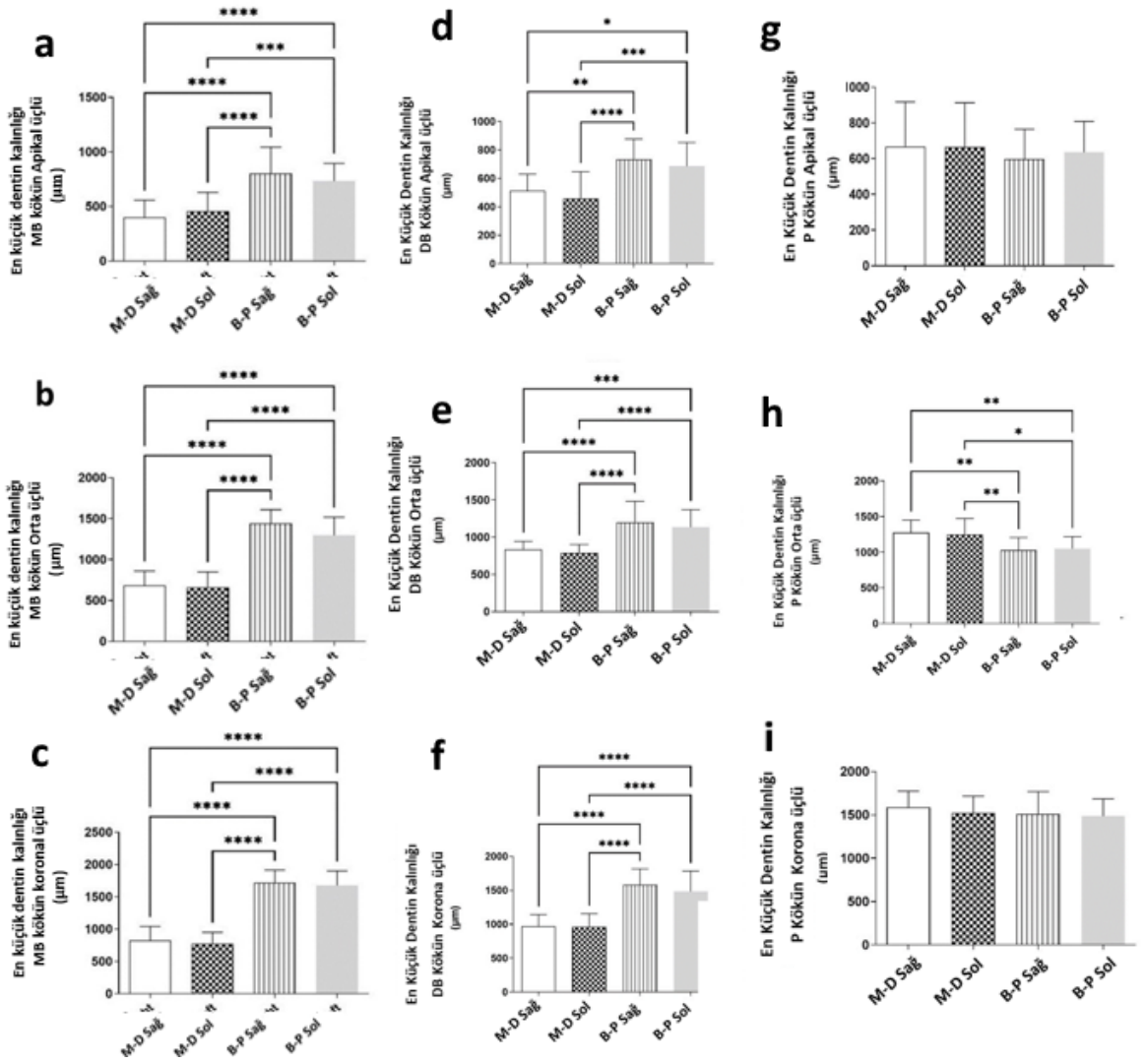
Tablo 9.

En Küçük Dentin Kalınlığı Koronal Üçlü

	Hasta No	M-D			B-P		
		MB	DB	P	MB	DB	P
SAĞ	1	720	1240	1880	1840	2080	1480
	2	759	1298	1698	1638	1618	1538
	3	859	839	1618	1957	1997	1558
	4	640	1000	1800	1680	1720	1400
	5	1158	839	1518	1757	1478	1598
	6			1520			1120
	7	599	679	1078	1358	1158	1318
	8	500	1100	1740	1660	1620	1760
	9	720	1120	1720	1620	1660	1680
	10	920	960	1640	1680	1640	1400
	11	1080	960	1560	2240	1520	1360
	12	900	1040	1600	1760	1440	1680
	13	1280	1160	1720	1720	1640	2040
	14	1080	880	1360	1600	1480	1960
	15	720	840	1400	1440	1240	1280
	16	800	840	1660	1780	1500	1180
	17	640	720	1440	1760	1360	1160
	18	620	960	1640	1740	1740	1640
SOL	1	640	840	1800	1480	1520	1440
	2	998	1038	1398	1718	1698	1718
	3	779	799	1558	1837	1678	1598
	4	680	1000	1560	1520	1400	1600
	5	719	918	1638	1877	1078	1438
	6			1560			1240
	7	559	759	1038	1278	1198	1238
	8	700	1240	1720	1900	1740	1720
	9	700	1240	1560	1340	1800	1700
	10	960	920	1400	1680	1120	1280
	11	920	960	1720	1920	1400	1440
	12	680	1160	1320	1620	1280	1220
	13	760	1320	1800	1720	1760	1680
	14	1160	960	1560	1800	1400	1360
	15	960	560	1320	1760	1000	1760
	16	880	860	1520	2100	2140	1260
	17	560	760	1360	1480	1400	1320
	18	520	960	1580	1480	1600	1720

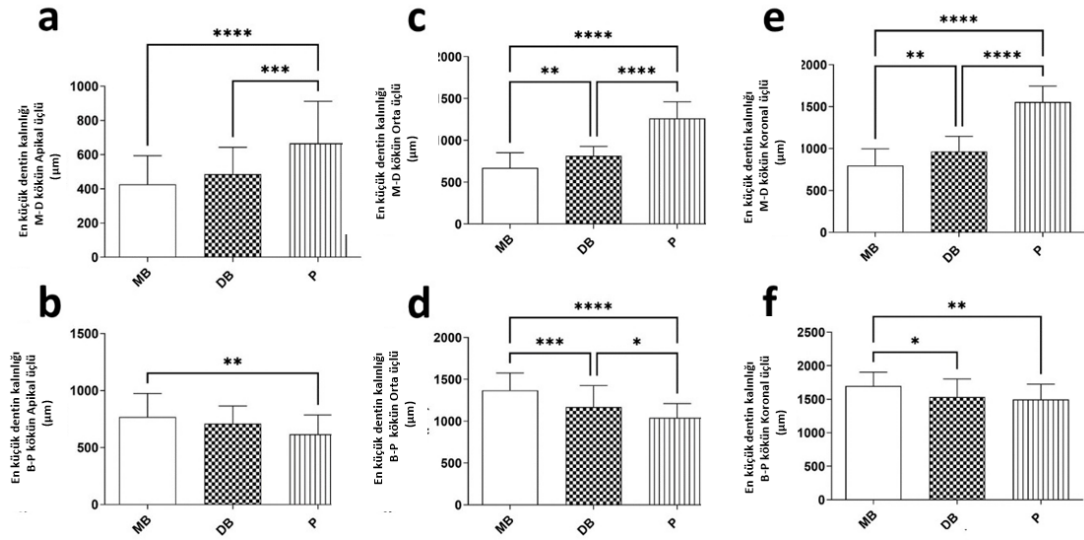
Şekil 15.

Meziobukkal (a-c), distobukkal (d-f) ve palatal (g-i) köklerin iki farklı yönde (meziodistal (M-D) ve bukkopalatal (B-P)) ve üç kök seviyesinde (apikal, orta ve koronal) dentin kalınlıklarının en küçük değerleri * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$, **** = $p < 0.0001$.



Şekil 16.

Apikal (a,b), orta (c,d) ve koronal (e,f) kök seviyelerinde meziobukkal (MB), distobukkal (DB) ve palatal (P) kökler arasında meziobukkal (M-B) ve distobukkal (D-B) yönlerde en küçük dentin kalınlığı değerleri.. * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$, **** = $p < 0.0001$



Apikal Foramen/Foramina ve Lateral Kanalların Sayısı ve Lateral Kanalların Konumlarına Ait Bulgular

Tablo 10 ve Tablo 11 MB, DB ve P kökleri için foramina ve lateral kanal sayılarının nasıl dağıldığını göstermektedir. Foraminaların ve lateral kanalların sayısı için kontralateral ölçümler söz konusu olduğunda, aynı kökün sağ ve sol tarafları istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir ($p > 0.05$). Bununla birlikte, MB ve P köklerindeki lateral kanal sayısı DB köküne kıyasla anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.01$). Buna ek olarak, MB kökündeki ortalama foramina sayısı DB ve P köklerine kıyasla önemli ölçüde daha yüksektir ($p > 0.01$). Tablo 12, lateral kanalların konumlarının nasıl dağıldığını göstermektedir. MB kökünde en fazla lateral kanal orta üçte birlik kısımda bulunurken, P kökünde apikal üçte birlik kısım en fazla lateral kanal sayısına sahiptir.

Tablo 10.
Foramina Sayısı

Hasta No	MB		DB		B		P	
	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol
1	2	3	2	1			1	1
2	1	1	1	2			1	1
3	1	1	1	1			1	1
4	3	2	1	1			1	1
5	2	2	1	1			2	2
6					2	4	1	1
7	2	1	2	1			2	1
8	6	4	1	1			1	1
9	1	1	1	1			1	1
10	2		1			3	1	1
11	1	1	1	1			1	1
12	3	2	1	1			1	1
13	2	1	1	1			1	1
14	2	1	1	1			1	1
15	1	1	1	1			1	1
16	2	2	1	1			1	1
17	1	4	1	1			1	1
18	4	3	1	1			1	1

Tablo 11.
Lateral Kanal Sayısı

Hasta No	MB		DB		B		P	
	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol
1	1	1	0	0			1	0
2	0	0	0	0			0	0
3	0	0	0	0			0	0
4	1	0	0	0			0	0
5	0	1	0	0			1	2
6					1	0	0	1
7	1	2	1	0			1	2
8	0	0	0	0			0	0
9	0	1	0	0			1	1
10	0		0			2	0	0
11	1	2	0	0			0	0
12	1	2	0	0			0	1
13	1	0	0	0			0	0
14	0	3	0	0			0	0
15	0	0	0	0			0	0
16	2	1	0	0			1	0
17	0	0	0	0			0	1
18	0	0	0	0			0	0

Tablo 12.

Lateral Kanalların Konumları

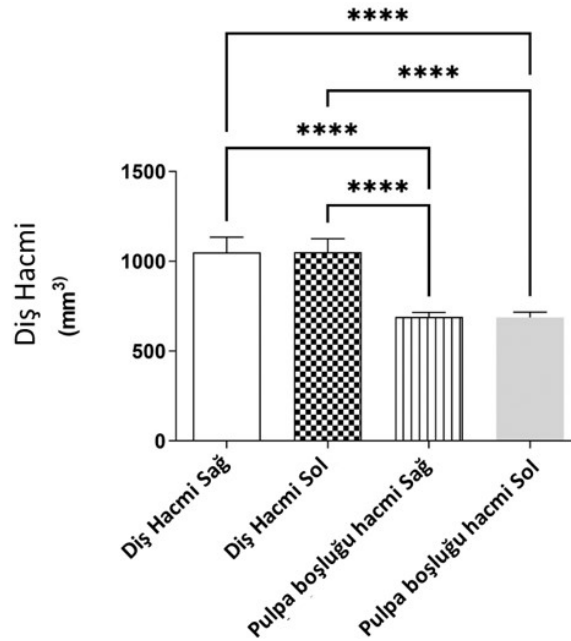
	MB	DB	B	P
Lateral Kanal Konumları				
Koronal_Bukkal	1	0	0	3
Koronal_Palatal	2	0	0	0
Koronal_Mesial	1	0	0	0
Koronal_Distal	2	0	0	0
Orta_Bukkal	2	0	0	0
Orta_Palatal	3	0	1	0
Orta_Mesial	3	0	0	0
Orta_Distal	3	0	0	1
Apikal_Bukkal	1	0	0	6
Apikal_Palatal	2	0	2	1
Apikal_Mesial	0	1	0	0
Apikal_Distal	1	0	0	2

Diş ve Pulpa Boşluğu Hacimlerine Ait Bulgular

Şekil 17 dişlerin ve pulpa boşluklarının ortalama hacimlerini göstermektedir. Hacimsel ölçümler açısından, aynı dişin sol ve sağ tarafları anlamlı bir farklılık göstermemiştir ($p > 0.05$).

Şekil 17.

Dişlerin ve pulpa boşluklarının ortalama hacimleri



BÖLÜM V

Tartışma

Kök kanal sisteminin yeterli bir şekilde görüntülenmesini sağlamak için farklı yöntemler (Weine vd.,1969; Vertucci, 1984; Sert & Bayirli, 2004; Pineda & Kuttler, 1972) kullanılmıştır. İn vitro araştırmalar, in vivo araştırmaların kendine özgü kısıtlamalarına kıyasla üstünlükleri nedeniyle tercih edilmiştir (Park vd., 2009; Jung vd., 2005). Bununla birlikte hem in vivo hem de in vitro araştırmalar klinisyene önemli bilgiler sağlayabilir. Diş anatomisinin değerlendirilmesi için, kesitlerin mikroskopik değerlendirilmesi (Pineda & Kuttler, 1972), dekalsifikasyon (temizleme teknikleri) (Vertucci, 1984), dijital radyografi, periapikal radyografi veya KIBT gibi teknikler önerilmiştir (Baratto vd., 2009). Gelişmiş görüntüleme teknolojilerinin kullanımı, dişlerin diş ve iç morfolojilerinin daha ayrıntılı bir şekilde analiz edilebilmesine olanak tanımaktadır (Verma vd., 2011).

İnsan dişlerinin iç anatomisi etnik köken, cinsiyet ve yaş gibi popülasyonla ilgili birçok faktörden etkilenebilir (Plotino vd., 2013). Ayrıca, inceleme için kullanılan yöntemlerin de önemli bir rol oynadığı iyi bilinmektedir. KIBT taramalarının 3D doğasına rağmen, bu yöntem karmaşık anatomik konfigürasyonları tespit etmede sınırlamalar sunmaktadır, bu da literatürde gösterilen zıt sonuçları açıklamaktadır. Mikro-BT ile karşılaştırıldığında, KIBT daha geniş bir görüş alanına ve daha büyük voksel boyutlarına sahiptir. Bugüne kadar, KIBT kullanarak mandibular anterior dişlerin simetrisini araştıran çalışmaların çoğunda daha ayrıntılı nicel ve nitel analizler yapılmamıştır; yapılan değerlendirmeler gözlemciye bağlıdır, karşılaştırmalar çoğunlukla Vertucci tipleri veya kök kanallarının sayısı sınıflandırılarak yapılmıştır ve düşük çözünürlük ve kesit kalınlığı gibi sınırlamalar nedeniyle kontralateral dişlerin anatomisini yansıtmak için daha ayrıntılı analizler ve in silico yöntemler kullanılmamıştır (Nance vd., 2000; Vandenberghe vd., 2007).

Maksiller molar dişler en sık kanal tedavisi uygulanan dişler arasında üçüncü ve dördüncü sırada yer almaktadır (Yousuf vd., 2015). Literatür taraması yapıldığında, KIBT kullanarak maksiller molar dişlerin kök kanal anatomisinin incelendiğı birkaç çalışma mevcuttur (Cleghorn vd., 2006; Zhang vd., 2001; Wu vd., 2017; Zheng vd., 2010). KIBT çalışmalarından elde edilen sonuçlar incelendiğinde,

maksiller ikinci molar dişlerdeki kök sayısının birinci molarlara göre daha değişken olduğu saptanmıştır. Bu gözlemler Hindistan, Polonya ve Tayvan'dan elde edilen sonuçlarla karşılaştırılabilir niteliktedir (Neelakantan vd., 2010; Olczak vd., 2017; Tzeng vd., 2020; Tzeng vd., 2020). Benzer sonuçlar, Suudi Arabistan'da yaşayan Suudiler ve Suudi olmayanlardan oluşan karma bir popülasyonda yapılan bir çalışmada da görülmüştür (Alamri vd., 2020). Kore, Çin, Tayland ve Suudi Arabistan'da yürütülen çalışmalarda dört köklü maksiller ikinci molar dişler bildirilmiştir (Kim vd., 2012; Tian vd., 2016; Ratanajirasut vd., 2018; Alamri vd., 2020). Beş köklü maksiller ikinci molar dişlerin görülme sıklığı nadirdir ve daha önce yalnızca Tayvan popülasyonunda bildirilmiştir (Tzeng vd., 2020). Maksiller ikinci molarların kanal morfolojilerinin incelendiği bir KIBT çalışmasında, taramaların yaklaşık yarısında (%51,95) 3 kök ve 3 kanal görülmüştür (Mirza, 2022). Çin (%78) ve Polonya'daki (%70) çalışmalarda maksiller ikinci molarlarda çok daha yüksek oranda 3 kök ve 3 kanal konfigürasyonu bildirilmiştir (Zheng vd., 2010; Olczak vd., 2016; Santos-Junior vd., 2019). Al Fawzan ve ark. da maksiller ikinci molar dişlerde daha yüksek oranda (%80,2) 3 kök ve 3 kanal konfigürasyonu bildirmiştir (Al-Fouzan vd., 2013). Bu farklılıklar, çalışmalarında kullandıkları farklı değerlendirme yöntemlerinden kaynaklanıyor olabilir. Daha önce Tayvan (%0,56) (Tzeng vd., 2020), Tayland (%1,5) (Ratanajirasut vd., 2018) ve Polonya (%1) (Olczak vd., 2017) popülasyonlarında bildirilen sonuçlara benzer şekilde, her iki tarafta ikişer adet olmak üzere dört maksiller ikinci molar diş (%0,6) 1 kök ve 1 kanal konfigürasyonuna sahip olarak tanımlanmıştır. Ayrıca farklı popülasyonlarda yapılan çalışmalarda, 1 kök ve 2 kanal konfigürasyonuna sahip maksiller ikinci molar dişlerin %0,3 ile %4,2 arasında olduğu tespit edilmiştir (Olczak, vd., 2017; Tzeng, vd., 2020; Ratanajirasut, vd., 2018). Bu bilgilere ek olarak maksiller ikinci molar dişler üzerinde yapılan kök kanalı morfolojisi çalışmalarında, %1,35 ile %7 oranları arasında 2 kök ve 2 kanal konfigürasyonuna rastlanılmıştır (Zhang, vd., 2011; Neelakantan, vd., 2010; Kim, vd., 2012). Mirza ve ark. (Mirza, vd., 2022), 2 kök ve 3 kanal konfigürasyonuna sahip maksiller ikinci molar dişlerin oranını %1,35, dört kökte de tek bir kanal konfigürasyonuna sahip dişlerin oranını ise %0,75 olarak bildirmişlerdir. Bu konfigürasyondaki varyasyon, sağda iki dişte ekstra palatal kök ve kanal, bir dişte ekstra bukkal kök ve kanal, solda ise iki dişte ekstra bukkal kök olarak görülmüştür. Araştırmacılar, dört köklü maksiller ikinci molarlarda distobukkal kökte ek bir kök ve kanal, meziobukkal kökte iki kanal ve ek bir palatal

kök ve kanala sahip 4 kök ve 5 kanal konfigürasyonuna sahip bir dişi (%0,3) tespit etmişlerdir (Mirza, vd., 2022).

Maksiller molar dişlerde, özellikle de meziobukkal köklerinin kanal anatomisinde birçok varyasyonla karşılaşılmaktadır. Maksiller ikinci molar dişlerin KIBT kullanılarak meziobukkal köklerinde ikinci bir kanalın (MB2) varlığının araştırıldığı çalışmalarda MB2'nin görülme sıklığının %22-48 arasında değiştiği bildirilmiştir (Zheng vd., 2010; Olczak vd., 2017; Lee vd., 2011). Mirza ve ark. (Mirza vd., 2022), KIBT kullanarak maksiller ikinci molarların kök kanallarının simetrisi ile ilgili yaptıkları çalışmalarında, maksiller ikinci molarların %83,7'sinde kök kanallarının bilateral simetrik konfigürasyonunu gösterdiğini saptamışlardır. Araştırmacılar ayrıca, maksiller ikinci molarlarda MB2 görülme oranını %43,6 olarak tespit etmişlerdir. Abarca ve ark. (2020), Şili toplumunda MB2 kanalının sıklığını maksiller ikinci büyük azı dişlerinde %42,8 olarak bulmuşlardır. Olczak ve ark. (2017), maksiller ikinci molar dişlerin %23,2'sinde; Tanvi ve ark. (2016) ise %17,39'sinde MB2 kanal varlığı tespit etmişlerdir.

Plotino ve ark., maksiller ikinci molar dişlerin yalnızca %13,4'ünde ikinci meziobukkal kanalın varlığını gösterirken (Plotino vd., 2013), diğer birçok araştırmacı maksiller ikinci molar dişlerde %21 ile %83'ü arasında değişen oranda MB2 kanal olduğunu bildirmişlerdir (Al-Shehri vd., 2017; Al-Habib vd., 2021; Alfouzan vd., 2019). Maksiller molar dişlerde ikinci meziobukkal kök kanalı üzerine yapılan en son meta-analiz, maksiller ikinci molar dişlerin %37'sinde meziobukkal kökte birden fazla kök kanalı bulunduğunu bildirmiştir (Tuncer vd., 2010). Mikro-BT kullanılarak yapılan bir çalışmada, maksiller ikinci molarlarda MB2 kanal yüzdesi %80 olarak bulunmuştur (Somma vd., 2009). KIBT kullanılarak yapılan çalışmalardan daha yüksek MB2 kanal yüzdesi bulunması, mikro-BT'nin KIBT'den daha yüksek çözünürlüğe sahip olmasından ve kök kanalı anatomisinin daha hassas bir şekilde tanınmasını kolaylaştırmasından kaynaklanmış olabilir. Ancak mikro-BT sadece çekilmiş dişlerde kullanılabilir. Meder-Cowherd ve ark. (Meder-Cowherd vd., 2011) maksiller molar dişlerin palatal köklerinin apikal morfolojisini incelemişler ve mikro-BT'nin yüksek çözünürlüğe sahip olduğunu göstermişlerdir.

Günümüzde, kök kanal sistemlerini incelemek ve karmaşık morfolojilerini anlamak için, diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında mikro-BT teknolojisinin yeterli

doğruluk ve güvenilirlik sunan, kök kanal sisteminin laboratuvar morfolojik çalışmaları için standart bir araştırma aracı olarak kabul edilmektedir. Micro-BT yöntemi, kök kanal sayısı ve konfigürasyonlarının doğru bir morfolojik analizine olanak tanıyan noninvaziv ve dolayısıyla tahribatsız bir yöntemdir (Zheng, vd., 2010).

Bu tez çalışması, geometrik ve morfometrik tanımlayıcılar arasındaki benzerliğe dayanarak, kontralateral maksiller 2. molar dişlerin kök kanal anatomisinin karşılaştırılmasında ideal bir yöntem olduğu varsayımını kanıtlamaktadır. Ayrıca bu çalışma, mikro-BT kullanılarak maksiller 2. molar dişlerin morfometrik analizini ve karşılaştırmasını içeren ilk çalışmadır.

Çalışmamızın bulguları, hastaların %94,4'ünün (17/18) kök sayısı bakımından simetrik ikinci büyük azı dişlerine sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak, kök kanalı konfigürasyonu hastaların sadece %38,8'inde (7/18) simetrik bulunmuştur. Bu sonuç, incelenen hastaların yalnızca %79,6'sının simetrik maksiller ikinci molar dişlere sahip olduğunu tespit eden Plotino ve ark.nın (Plotino vd., 2013) sonuçlarıyla farklılık içermektedir. Sonuçlardaki bu farklılığın, kısmen etnik farklılıklara ve araştırmacıların analiz için KIBT kullanmalarına bağlanabilir.

Diş morfolojik varyasyonlarının yerel ırklar arasındaki ayrışma zamanlarını ve göç modellerini tahmin etmek için kullanılabileceğine dair literatür çalışmaları bulunmaktadır. Dişlerin morfolojik ölçümleri kişilerin alışkanlıkları hakkında da fikir verebilir. Örneğin, genç hastalarda mine kalınlığında azalma ile bruksizm varlığı ortaya çıkabilir. İnsan toplumunda diş büyüklüğü üzerine yapılan çalışmalar, diş büyüklüğünün evrimsel mekanizmasını açıklamayı ve toplumlar içinde cinsiyetler arasındaki farklılıkları belirlemeyi amaçlamaktadır (Ng vd., 2001).

Bu durum, değerlendirilen dişlerin %41,1'inde ikinci bir meziobukkal kanal olduğunu gösteren mevcut sonuçlarla da uyumludur. Bireyin yaşı, cinsiyeti ve konumu gibi demografik özellikler dişlerin iç anatomisini etkileyen faktörler olabilir. Asyalılar ve Avrupalıların, Afrikalılara kıyasla daha küçük dişlere sahip olduğu ve bunun da ikinci meziobukkal kanalların daha düşük insidansını açıklayabileceği varsayılmıştır (Ng vd., 2001).

Bu tez çalışmasının sonuçları, maksiller ikinci molar dişlerin kök kanalı konfigürasyonunda yüksek oranda asimetri olduğunu ortaya koymaktadır ve bu durum endodontik tedavi planlaması ve uygulaması açısından bazı sonuçlar

doğurabilir. Aynı hastada karşılıklı azı dişlerinin kök kanalı anatomisinde %60'a varan farklılıklar olabileceğini akılda tutmak önemlidir. Her iki azı dişi de tedavi edilirken bu durum göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bilgi klinik açıdan çok önemlidir çünkü molar dişlerde ek bir kanalın tanımlanmaması, temizlenmemesi ve doldurulmaması, kalıcı enfeksiyon nedeniyle uzun vadeli kötü sonuçlara neden olabilir (Kulild vd., 1990).

Tedavi edilmemiş bir kök kanalı, kök kanal tedavisi başarısızlığının olası nedenlerinden biri olarak bildirilmiştir (Ahmed vd., 2007). Başarısız endodontik tedavi, herhangi bir klinik belirti olmamasından, şiddetli akut apikal apseye kadar değişebilen bulgulara sebebiyet verir (Vertucci, 1984). Kaçırılmış kanalların teşhisi zor olabilir çünkü bu aralıkta kaçırılmış bir kanal durumu ile spesifik olarak ilişkilendirilebilecek kesin semptomlar yoktur. Endodontik olarak tedavi edilmiş bir dişte atlanmış bir kanalın varlığı, prevalansı ve apikal periodontitis ile ilişkisi belirlenerek değerlendirilen klinik olarak ilgili bir durum olarak görülebilir (Kulild, vd., 1990; Weng, vd., 2009).

Çalışmalar, maksiller molar dişler için kök kanal tedavisinin, muhtemelen karmaşık kök kanal yapıları ve ek kök kanallarındaki varyasyonlar nedeniyle nisbeten daha yüksek başarısızlık oranlarına sahip olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, kök kanallarını daha etkili bir şekilde bulunması ve temizlenmesi için tedavi sırasında operasyon mikroskobu veya lazerle irrigasyon aktivasyonu gibi aletlerin veya tekniklerin kullanılmasının, endodontik tedavilerin başarı insidansı üzerine olumlu etkileri olacağı söylenebilir (de Toubes, vd., 2012; Nance, vd., 2000).

Bu çalışmanın sınırlı bulgularına göre, MB pulpa boynuzları maksiller ikinci büyük azı dişlerinde diğer pulpa boynuzlarına göre daha belirgindir. Benzer bulgular Baltacıoğlu ve arkadaşları (Ng vd., 2001) tarafından maksiller birinci molar dişlerin MB pulpa boynuzları için de kaydedilmiştir. Bu nedenle, pulpanın çürük temizlenmesi sırasında kazara açılmasını önlemek için restoratif tedavi yapılırken dikkatli olunması tavsiye edilir. Mevcut araştırmanın sonuçları ayrıca sol ve sağ taraflarda farklı pulpa boynuzlarından tüberküllere olan mesafelerin birbirine oldukça benzer olduğunu göstermektedir. Aynı gözlem tüberkül-apex ve tüberkül-CEJ mesafeleri için de yapılmıştır. Bu sonuçlar, sağ ve sol arktaki dişlerin bu spesifik parametreler açısından oldukça simetrik olduğunu göstermektedir (Ng, vd., 2001).

Kalınlık, genişlik ve uzunluk gibi benzer morfometrik ölçümler Johnsen ve arkadaşları (Johnsen vd., 2016) tarafından maksiller premolar dişlerde de çalışılmış ve kontralateral premolar dişlerin yüksek oranda bilateral simetrik olduğunu bildirmişlerdir. Palatal, distobukkal ve meziobukkal kökler arasındaki farklılıklar karşılaştırıldığında en küçük dentin kalınlığı değerleri için anlamlı farklılıklar gösterilmiştir.

MB kanalının meziyodistal boyuttaki dentin kalınlığı, tüm kök seviyelerinde diğerlerine göre anlamlı derecede daha ince bulunmuştur. Literatürde maksiller molar dişlerin genellikle "tehlike bölgesi" olarak bilinen furkasyon seviyesindeki dentin kalınlığını araştıran birkaç rapor bulunmaktadır (Yanık vd., 2022). Tehlike bölgesi ve dentin kalınlığı ile ilgili bilgiler maksiller birinci molar dişlerin MB kökleri için az olsa da (Degerness, vd., 2010), mandibular molar dişlerin mezial kökü için bu konuda birkaç yayın mevcuttur (Lee, vd., 2011). Endodontik tedavi uygulandığında, özellikle furkal konkavitelere yakın konumlu olan meziobukkal kanallarda, perforasyon gelişimini önlemek için mekanik yollarla uzaklaştırılan dentin hacmini azaltmak önemlidir (Yanık, vd., 2022).

Bu tez çalışması, meziobukkal kökün özellikle tedavisi zor olan kök perforasyonları açısından risk altında olduğunu ve bu nedenle bu komplikasyonu önlemek için özen gösterilmesi gerektiğini doğrulamaktadır. Bu çalışmada, meziobukkal köklerin en fazla sayıda lateral kanala sahip olduğu bulunmuştur. Çalışmamızın sonuçlarıyla benzer bulgulara sahip başka çalışmalar da bildirilmiştir (Kalender vd., 2013; Ordinola-Zapata vd., 2019). Vertucci (Vertucci, 1984) lateral kanala sahip meziobukkal, distobukkal ve palatal kök oranlarını sırasıyla %50, %29 ve %42 olarak bildirmiştir. Wolf ve arkadaşları (Wolf vd., 2017) ise meziobukkal köklerin %27 ile en yüksek lateral kanal oranına sahip olduğunu, distobukkal köklerin %11,3 ve palatinal köklerin %14,6 oranında lateral kanala sahip olduğunu bildirmiştir.

Çalışmamızda meziobukkal (%44,1), distobukkal (%2,9) ve palatinal (%30,5) köklerde en az bir lateral kanal tespit edilmiştir. Çalışmamız ile diğer çalışmalar arasında distobukkal kök ile ilgili bulguların farklı çıkması, örneklemin büyüklüğü, çalışmanın yöntemleri ve tasarımı, katılımcıların etnik kökeni ve deneklerin yaş ve cinsiyetlerindeki farklılıklar gibi faktörlere bağlanabilir.

Bu çalışmada, Mikro-BT aracılığıyla sınırlı bir örneklem sayısının görüntülenmesi yoluyla maksiller çalışmaya dahil edilen ikinci molar dişlerin endodontik morfolojisinin kesin bir şekilde anlaşılması sağlanmıştır. Bu bilgi, klinisyenlerin özellikle kök kanal sisteminin temizlenmesi ve şekillendirilmesi sırasında endodontik tedavinin zorluklarını anlamalarını ve öngörmelerini sağlayacaktır. Bu çalışmanın sonuçları, maksiller ikinci büyük azı dişinin yüksek oranda morfolojik endodontik değişkene sahip olduğunu ve maksiller birinci büyük azı dişinden bile daha karmaşık olduğunu göstermiştir (Briseño-Marroquín vd., 2015).

Özellikle maksiller molar dişlerin meziobukkal köklerinde lateral kanalları ve potansiyel olarak erişilemeyen diğer alanları içeren karmaşık kanal anatomisi, kemomekanik preparasyon için bir tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenle, bu dişlerin endodontik tedavisinde ileri dezenfeksiyon tekniklerinin kullanılması başarı oranını artıracaktır.

Bu araştırmanın çeşitli sınırlılıkları bulunmaktadır ve bunlardan en önemlisi örneklem sayısının küçük olmasıdır. Diğer bir kısıtlama ise örneklem sayısının azlığı nedeniyle cinsel dimorfizmin etkisinin göz önünde bulundurulmamış olmasıdır. Sonuç olarak, bulgular yaş, cinsiyet ve konum gibi diğer demografik özellikler için geçerli olmayabilir. Bu sınırlamaları ele almak için, gelecekteki çalışmalar daha büyük örneklem içeremeli ve yaş, cinsiyet ve nüfusla ilgili olası farklılıkları araştırmalıdır.

BÖLÜM VI

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmanın kısıtlamaları dahilinde, kontralateral maksiller ikinci molar dişlerin morfolojisini ve kök kanal konfigürasyonlarını yüksek çözünürlüklü mikro-BT görüntüleme aşağıdaki sonuçları göstermiştir.

1. Bu çalışmada değerlendirilen otuz altı maksiller ikinci molar dişin üçü iki köklü, diğer otuz üçü ise üç köklüdür.
2. Maksiller ikinci molar dişlerin kök sayısı bakımından 18 çiftin %94,4'ünde simetri tespit edilmiştir.
3. Bu tez çalışmasının sonuçları, Vertucci'nin sınıflandırmasına göre meziobukkal (MB) kök kanal konfigürasyonunun %57,1 tip I, %18,2 tip V, %12,1 tip II, %6,1 tip III ve %6,1 tip IV olduğunu göstermiştir. Vertucci'nin sınıflandırmasına göre distobukkal (DB) kökün kanal konfigürasyonu %97 tip I ve %3 tip III iken, palatal (P) kökün kanal konfigürasyonu %97,2 tip I ve %2,8 tip III idi.
4. Kök kanal konfigürasyonları ile ilgili olarak, MB, DB ve P kök çiftleri sırasıyla vakaların %41.1, %88.2 ve %94.4'ünde simetrik bulunmuştur.
5. Kök apeksinden tüberkül tepesine ölçümlerine bakıldığında, P kök apeksinden tüberkül tepesine mesafesi diğerlerinden önemli ölçüde daha büyüktü. Sağ ve sol taraflar için aynı parametrelerin kontralateral ölçümleri önemli ölçüde farklı değildi.
6. En küçük dentin kalınlığı için değerlendirilen tüm parametrelerin kontralateral ölçümleri ile ilgili olarak, sağ ve sol taraflar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. DB ve MB köklerinin B-P boyutları tüm kök seviyelerinde M-D boyutlarına kıyasla anlamlı derecede yüksekti.
7. Sonuçlarımızda, foramina ve lateral kanal sayısı için kontralateral ölçümlerle ilgili olarak, aynı kökün sağ ve sol tarafları anlamlı bir farklılık göstermemiştir ($p > 0.05$). Ancak, MB ve P köklerindeki lateral kanal sayısı DB köküne kıyasla anlamlı derecede yüksekti.
8. Sonuçlar, hacimsel ölçümler açısından, aynı dişin sol ve sağ taraflarının önemli bir farklılık göstermediğini belirtmiştir.

9. Mevcut sonuçlar, kontralateral maksiller ikinci molar dişlerin morfometrik ölçümlere göre yüksek oranda bilateral simetrik olduğunu göstermektedir. Kök kanalı konfigürasyonu, özellikle meziobukkal köklerde olmak üzere, kontralateral çiftler arasında farklılık göstermiştir.
10. Bu çalışmanın sonuçlarına göre mikro-BT kontralateral diş morfolojisini incelemek ve karşılaştırmak için etkili bir şekilde kullanılabilir.

Kaynakça

- Abarca, J., Duran, M., Parra, D., Steinfort, K., Zaror, C., & Monardes, H. (2020). Root morphology of mandibular molars: a cone-beam computed tomography study. *Folia morphologica*, 79(2), 327–332. <https://doi.org/10.5603/FM.a2019.0084>
- Ahmed, H. M. A., & Cheung, G. S. P. (2012). Accessory roots and root canals in maxillary premolar teeth: a review of a critical endodontic challenge. *ENDO–Endodontic Practice Today*, 6(1), 7-18.
- Ahmed, H. M. A., Versiani, M. A., De-Deus, G., & Dummer, P. M. H. (2017). A new system for classifying root and root canal morphology. *International endodontic journal*, 50(8), 761-770.
- Aksoy, U., Küçük, M., Versiani, M. A., & Orhan, K. (2021). Publication trends in micro-CT endodontic research: a bibliometric analysis over a 25-year period. *International endodontic journal*, 54(3), 343–353. <https://doi.org/10.1111/iej.13433.7>
- Aksoy, U., Küçük, M., Versiani, M. A., & Orhan, K. (2021). Publication trends in micro-CT endodontic research: a bibliometric analysis over a 25-year period. *International Endodontic Journal*, 54(3), 343-353.
- Alavi, A., Opasanon, A., Ng, Y. L., & Gulabivala, K. (2002). Root and canal morphology of Thai maxillary molars. *International endodontic journal*, 35(5), 478-485.
- Alenezi, M. A., Al-Nazhan, S. A., & Al-Omari, M. A. (2022). Three-dimensional evaluation of root canal morphology of maxillary first premolars: Micro-computed tomographic study. *The Saudi dental journal*, 34(7), 611–616.
- American Association of Endodontists. *Glossary of Endodontic Terms*, 10th ed.; American Association of Endodontists: Chicago, IL, USA, 2020; Available online: <https://www.aae.org/specialty/clinical-resources/glossary-endodontic-terms/> (accessed on 22 January 2023)

- Awawdeh, L., Abdullah, H., & Al-Qudah, A. (2008). Root form and canal morphology of Jordanian maxillary first premolars. *Journal of endodontics*, 34(8), 956–961.
- Azim, A. A., Azim, K. A., Deutsch, A. S., & Huang, G. T. J. (2014). Acquisition of anatomic parameters concerning molar pulp chamber landmarks using cone-beam computed tomography. *Journal of endodontics*, 40(9), 1298-1302.
- Baruwa, A. O., Martins, J. N. R., Meirinhos, J., Pereira, B., Gouveia, J., Quaresma, S. A., Monroe, A., & Ginjeira, A. (2020). The Influence of Missed Canals on the Prevalence of Periapical Lesions in Endodontically Treated Teeth: A Cross-sectional Study. *Journal of endodontics*, 46(1), 34–39.e1.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.10.007>.
- Black, G. V. (1897). *Descriptive anatomy of the human teeth*. SS White manufacturing Company. Fischer, G. (1907). Über die feinere Anatomie der Wurzelkanäle menschlicher Zähne. *Dtsch Monatsschr Zahnheilk*, 25, 544-552.
- Blašković-Šubat, V., Smojver, I., Maričić, B., & Šutalo, J. (1995). A computerized method for the evaluation of root canal morphology. *International Endodontic Journal*, 28(6), 290-296.
- Bramante, C. M., Berbert, A., & Borges, R. P. (1987). A methodology for evaluation of root canal instrumentation. *J. endod*, 243-5.
- Chong, B. S., Quinn, A., Pawar, R. R., Makdissi, J., & Sidhu, S. K. (2015). The anatomical relationship between the roots of mandibular second molars and the inferior alveolar nerve. *International endodontic journal*, 48(6), 549-555.
- Davis WC. Histo-pathology of the cementum as related to pulp-canal surgery. *Dental Cosmos*. 1920;62:766–8. Mueller, A. H. (1933). Anatomy of the root canals of the incisors, cuspids and bicuspids of the permanent teeth. *The Journal of the American Dental Association* (1922), 20(8), 1361-1386.

- De Deus QD. Frequency, location, and direction of the lateral, secondary, and accessory canals. *J Endod.* 1975;1:361–6.
- de Deus, Q. D. (1960). *Topografia da cavidade pulpar: contribuição ao seu estudo.* Universidade de Minas Gerais.
- Divine, K. A., McClanahan, S. B., & Fok, A. (2019). Anatomic analysis of palatal roots of maxillary molars using micro-computed tomography. *Journal of Endodontics*, 45(6), 724-728.
- Dobó-Nagy, C., Keszthelyi, G., Szabó, J., Sulyok, P., Ledeczky, G., & Szabó, J. (2000). A computerized method for mathematical description of three-dimensional root canal axis. *Journal of Endodontics*, 26(11), 639-643.
- Dowker, S. E., Davis, G. R., & Elliott, J. C. (1997). X-ray microtomography: nondestructive three-dimensional imaging for in vitro endodontic studies. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 83(4), 510-516.
- Eleazer, P. D., Glickman, G. N., & McClanahan, S. B. American Association of Endodontics. *Glossary of Endodontics Terms.* 8th edition: Page, (39).
- Endal, U., Shen, Y., Knut, A., Gao, Y., & Haapasalo, M. (2011). A high-resolution computed tomographic study of changes in root canal isthmus area by instrumentation and root filling. *Journal of endodontics*, 37(2), 223-227.
- Estrela, C., Rabelo, L. E. G., de Souza, J. B., Alencar, A. H. G., Estrela, C. R., Neto, M. D. S., & Pécora, J. D. (2015). Frequency of root canal isthmi in human permanent teeth determined by cone-beam computed tomography. *Journal of endodontics*, 41(9), 1535-1539.
- Feldkamp, L. A., Goldstein, S. A., Parfitt, M. A., Jesion, G., & Kleerekoper, M. (1989). The direct examination of three-dimensional bone architecture in vitro by computed tomography. *Journal of bone and mineral research*, 4(1), 3-11.

- Fischer, G. (1908). Beiträge zur Behandlung erkrankter Zähne mit besonderer Berücksichtigung der Anatomie und Pathologie der Wurzelkanäle. *Deutsche Zahnheilkunde in Vorträgen*, 4, 5-73.
- Fischer, G. (1909). Bau und Entwicklung der Mundhöhle des Menschen: unter Berücksichtigung der vergleichenden Anatomie des Gebisses und mit Einschluss der speziellen mikroskopischen Technik; Lehrbuch für Zahnärzte, Ärzte und Studierende. Klinkhardt.
- Fransson, H., Dawson, V. S., Frisk, F., Bjørndal, L., EndoReCo, & Kvist, T. (2016). Survival of Root-filled Teeth in the Swedish Adult Population. *Journal of endodontics*, 42(2), 216–220.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.11.008>.
- Friedman, S., Abitbol, S., & Lawrence, H. P. (2003). Treatment outcome in endodontics: the Toronto Study. Phase 1: initial treatment. *Journal of endodontics*, 29(12), 787–793. <https://doi.org/10.1097/00004770-200312000-00001>
- Gilles, J., & Reader, A. (1990). An SEM investigation of the mesiolingual canal in human maxillary first and second molars. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*, 70(5), 638-643.
- Goldman, M., Sakurai-Fuse, E., Turco, J., & White, R. R. (1989). A silicone model method to compare three methods of preparing the root canal. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 68(4), 457-461.
- Green, D. (1955). Morphology of the pulp cavity of the permanent teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 8(7), 743-759.
- Gutmann, J. L., & Fan, B. (2016). Tooth morphology, isolation, and access. *Cohen's Pathways of the Pulp*, 11, 142-4.
- Harris, S. P., Bowles, W. R., Fok, A., & McClanahan, S. B. (2013). An anatomic investigation of the mandibular first molar using micro-computed tomography. *Journal of endodontics*, 39(11), 1374-1378.
- Hermann, B. W. (1950). Biologische Wurzelbehandlung: 40 Jahre Untersuchungen, Forschungen, Vergleiche und Ergebnisse. (No Title).

- Hsu, Y. Y., & Kim, S. (1997). The resected root surface. The issue of canal isthmuses. *Dental Clinics of North America*, 41(3), 529-540.
- Johnsen, G. F., Dara, S., Asjad, S., Sunde, P. T., & Haugen, H. J. (2017). Anatomic Comparison of Contralateral Premolars. *Journal of endodontics*, 43(6), 956–963.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.01.012>.
- Johnsen, G. F., Sundnes, J., Wengenroth, J., & Haugen, H. J. (2016). Methodology for Morphometric Analysis of Modern Human Contralateral Premolars. *Journal of computer assisted tomography*, 40(4), 617–625. <https://doi.org/10.1097/RCT.0000000000000417>.
- Karobari, M. I., Parveen, A., Mirza, M. B., Makandar, S. D., Nik Abdul Ghani, N. R., Noorani, T. Y., & Marya, A. (2021). Root and root canal morphology classification systems. *International Journal of Dentistry*, 2021, 1-6.
- Kim, Y., Perinpanayagam, H., Lee, J. K., Yoo, Y. J., Oh, S., Gu, Y., ... & Kum, K. Y. (2015). Comparison of mandibular first molar mesial root canal morphology using micro-computed tomography and clearing technique. *Acta Odontologica Scandinavica*, 73(6), 427-432.
- Kirmizi, D., Aksoy, U., & Orhan, K. (2021). Efficacy of Laser-Activated Irrigation and Conventional Techniques in Calcium Hydroxide Removal from Simulated Internal Resorption Cavities: Micro-CT Study. *Photobiomodulation, photomedicine, and laser surgery*, 39(10), 674–681. <https://doi.org/10.1089/photob.2021.0001>.
- Krasner, P., & Rankow, H. J. (2004). Anatomy of the pulp-chamber floor. *Journal of endodontics*, 30(1), 5-16.
- Lima, F. J. C. D., Montagner, F., Jacinto, R. C., Ambrosano, G. M. B., & Gomes, B. P. F. D. A. (2014). An in vitro assessment of type, position and incidence of isthmus in human permanent molars. *Journal of Applied Oral Science*, 22, 274-281.

- Lyrourdia, K., Mikrogeorgis, G., Nikopoulos, N., Samakovitis, G., Molyvdas, I., & Pitas, I. (1997). Computerized 3-D reconstruction of two “double teeth”. *Dental Traumatology*, 13(5), 218-222.
- Markvart, M., Tibbelin, N., Pigg, M., EndoReCo, & Fransson, H. (2021). Frequency of additional treatments in relation to the number of root filled canals in molar teeth in the Swedish adult population. *International endodontic journal*, 54(6), 826–833.
<https://doi.org/10.1111/iej.13478>.
- Martins, J. N. R., Nole, C., Ounsi, H. F., Parashos, P., Plotino, G., Ragnarsson, M. F., Aguilar, R. R., Santiago, F., Seedat, H. C., Vargas, W., von Zuben, M., Zhang, Y., Alfawaz, H., Alkhawas, M. A. M., Altaki, Z., Berti, L., Boveda, C., Cassim, I., Chaniotis, A., Flynn, D., ... Versiani, M. A. (2022). Worldwide Assessment of the Mandibular First Molar Second Distal Root and Root Canal: A Cross-sectional Study with Meta-analysis. *Journal of endodontics*, 48(2), 223–233.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.11.009>
- Martins, J. N., Mata, A., Marques, D., & Caramês, J. (2016). Prevalence of Root Fusions and Main Root Canal Merging in Human Upper and Lower Molars: A Cone-beam Computed Tomography In Vivo Study. *Journal of endodontics*, 42(6), 900–908.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.03.005>.
- Mashyakh, M., Chourasia, H. R., Jabali, A., Almutairi, A., & Gambarini, G. (2019). Analysis of Fused Rooted Maxillary First and Second Molars with Merged and C-shaped Canal Configurations: Prevalence, Characteristics, and Correlations in a Saudi Arabian Population. *Journal of endodontics*, 45(10), 1209–1218.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.06.009>.
- Mehrvarzfar, P., Akhlagi, N. M., Khodaei, F., Shojae, G., & Shirazi, S. (2014). Evaluation of isthmus prevalence, location, and types in mesial roots of mandibular molars in the Iranian Population. *Dental research journal*, 11(2), 251.

- Meyer W. Anatomie in Port Euler "Lehrbuch der Zahnheilkunde". Munique: Verlag Von J. F. Bergmann; 1951.
- Meyer, W. (1960). Die anatomischen Grundlagen der Wurzelbehandlung. Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift, 15, 777-86.
- Mirza, M. B., Gufran, K., Alhabib, O., Alafraa, O., Alzahrani, F., Abuelqomsan, M. S., Karobari, M. I., Alnajei, A., Afroz, M. M., Akram, S. M., & Heboyan, A. (2022). CBCT based study to analyze and classify root canal morphology of maxillary molars - A retrospective study. European review for medical and pharmacological sciences, 26(18), 6550–6560.
- Nattress, B. R., & Martin, D. M. (1991). Predictability of radiographic diagnosis of variations in root canal anatomy in mandibular incisor and premolar teeth. International endodontic journal, 24(2), 58-62.
- Ng, Y. L., Aung, T. H., Alavi, A., & Gulabivala, K. (2001). Root and canal morphology of Burmese maxillary molars. International Endodontic Journal, 34(8), 620-630.
- Nielsen, R. B., Alyassin, A. M., Peters, D. D., Carnes, D. L., & Lancaster, J. (1995). Microcomputed tomography: an advanced system for detailed endodontic research. Journal of endodontics, 21(11), 561-568.
- Olczak, K., & Pawlicka, H. (2017). The morphology of maxillary first and second molars analyzed by cone-beam computed tomography in a polish population. BMC medical imaging, 17(1), 68. <https://doi.org/10.1186/s12880-017-0243-3>
- Ordinola-Zapata, R., Bramante, C. M., Versiani, M. A., Moldauer, B. I., Topham, G., Gutmann, J. L., Nuñez, A., Duarte, M. A., & Abella, F. (2017). 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, 50(1), 90–96. <https://doi.org/10.1111/iej.12593>.
- Ordinola-Zapata, R., Versiani, M. A., & Bramante, C. M. (2019). Root canal components. The root canal anatomy in permanent dentition, 31-46.

- Pao, Y. C., Reinhardt, R. A., Krejci, R. F., & Taylor, D. T. (1984). Computer-graphics aided instruction of three-dimensional dental anatomy. *Journal of dental education*, 48(6), 315-317.
- Pecora, J. D., Estrela, C., Bueno, M. R., Porto, O. C., Alencar, A. H. G., Sousa-Neto, M. D., & Estrela, C. R. D. A. (2013). Detection of root canal isthmuses in molars by map-reading dynamic using CBCT images. *Brazilian Dental Journal*, 24, 569-574.
- Peikoff, M. D., Christie, W. H., & Fogel, H. M. (1996). The maxillary second molar: variations in the number of roots and canals. *International Endodontic Journal*, 29(6), 365-369.
- Pereira, B., Martins, J. N. R., Baruwa, A. O., Meirinhos, J., Gouveia, J., Quaresma, S. A., Monroe, A., & Ginjeira, A. (2020). Association between Endodontically Treated Maxillary and Mandibular Molars with Fused Roots and Periapical Lesions: A Cone-beam Computed Tomography Cross-sectional Study. *Journal of endodontics*, 46(6), 771–777.e1. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.03.003>.
- Perrini, N. (2010). *Storia anatomica del sistema dei canali radicolari*. Milano: Edizioni SIE, 195-6.
- Perrini, N., & Versiani, M. A. (2019). Historical overview of the studies on root canal anatomy. *The root canal anatomy in permanent dentition*, 3-15.
- Peters, O. A. (Ed.). (2016). *The guidebook to molar endodontics*. Springer.
- Pineda, F., & Kuttler, Y. (1972). Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7,275 root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 33(1), 101-110.
- Plotino, G., Tocci, L., Grande, N. M., Testarelli, L., Messineo, D., Ciotti, M., Glassman, G., D'ambrosio, F., & Gambarini, G. (2013). Symmetry of root and root canal morphology of maxillary and mandibular molars in a white population: a cone-beam computed tomography study in vivo. *Journal of endodontics*, 39(12), 1545–1548. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.09.012>.

- Ran, S. J., Yang, X., Sun, Z., Zhang, Y., Chen, J. X., Wang, D. M., & Liu, B. (2020). Effect of length of apical root resection on the biomechanical response of a maxillary central incisor in various occlusal relationships. *International endodontic journal*, 53(1), 111–121. <https://doi.org/10.1111/iej.13211>.
- Ricucci, D., & Siqueira Jr, J. F. (2010). Fate of the tissue in lateral canals and apical ramifications in response to pathologic conditions and treatment procedures. *Journal of endodontics*, 36(1), 1-15.
- Sert, S., & Bayirli, G. S. (2004). Evaluation of the root canal configurations of the mandibular and maxillary permanent teeth by gender in the Turkish population. *Journal of endodontics*, 30(6), 391–398.
- Setzer, F. C., Boyer, K. R., Jeppson, J. R., Karabucak, B., & Kim, S. (2011). Long-term prognosis of endodontically treated teeth: a retrospective analysis of preoperative factors in molars. *Journal of endodontics*, 37(1), 21–25. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.10.005>.
- Shklar, G., & Chernin, D. (2000). Eustachio and "Libellus de dentibus" the first book devoted to the structure and function of the teeth. *Journal of the history of dentistry*, 48(1), 25-30.
- Tachibana, H., & Matsumoto, K. (1990). Applicability of x-ray computerized tomography in endodontics. *Dental Traumatology*, 6(1), 16-20.
- Tachibana, H., & Matsumoto, K. (1990). Applicability of x-ray computerized tomography in endodontics. *Dental Traumatology*, 6(1), 16-20.
- Tahmasbi, M., Jalali, P., Nair, M. K., Barghan, S., & Nair, U. P. (2017). Prevalence of middle mesial canals and isthmi in the mesial root of mandibular molars: an in vivo cone-beam computed tomographic study. *Journal of endodontics*, 43(7), 1080-1083.
- Tam, A., & Donald, C. Y. (2002). Location of canal isthmus and accessory canals in the mesiobuccal root of maxillary first permanent molars. *J Can Dent Assoc*, 68.

- Tanvi, M., Vimala, N., & Lalitagauri, M. (2016). Evaluation of the root morphology of maxillary permanent first and second molars in an Indian subpopulation using cone beam computed tomography. *J Dent Med Sci*, 15, 51-56.
- Versiani, M. A., Ordinola-Zapata, R., Keleş, A., Alcin, H., Bramante, C. M., Pécora, J. D., & Sousa-Neto, M. D. (2016). Middle mesial canals in mandibular first molars: A micro-CT study in different populations. *Archives of oral biology*, 61, 130–137. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2015.10.020>.
- Vertucci, F. J. (1974). Root canal anatomy of the mandibular anterior teeth. *The Journal of the American Dental Association*, 89(2), 369-371.
- Vertucci, F. J. (1984). Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*, 58(5), 589-599.
- Vertucci, F. J. (2005). Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endodontic topics*, 10(1), 3-29.
- Vertucci, F. J., & Haddix, J. E. (2011). Chapter 7. Tooth morphology and access cavity preparation. Hargreaves KM, Cohen S. *Cohen's pathways of the pulp*. 10th ed. St. Louis: Mosby, 136-222.
- Vertucci, F. J., & Haddix, J. E. (2011). Tooth morphology and access cavity preparation. In *Cohen's Pathways of the Pulp* (pp. 136-222). Mosby.
- Vertucci, F. J., & Williams, R. G. (1974). Root canal anatomy of the mandibular first molar. *Journal of the New Jersey Dental Association*, 45(3), 27.
- Vertucci, F., Seelig, A., & Gillis, R. (1974). Root canal morphology of the human maxillary second premolar. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 38(3), 456-464.
- Villas-Bôas, M. H., Bernardineli, N., Cavenago, B. C., Marciano, M., del Carpio-Perochena, A., De Moraes, I. G., ... & Ordinola-Zapata, R. (2011). Micro-computed tomography study of the internal anatomy of mesial root canals of mandibular molars. *Journal of endodontics*, 37(12), 1682-1686.

- von Arx, T., Steiner, R. G., & Tay, F. R. (2011). Apical surgery: endoscopic findings at the resection level of 168 consecutively treated roots. *International endodontic journal*, 44(4), 290-302.
- Weine F. S., *Endodontic 7erapy*, F. weine, Ed., C. V. Mosby, Louis, MI, USA, 1982.
- Weine, F. S., Healey, H. J., Gerstein, H., & Evanson, L. (1969). Canal configuration in the mesiobuccal root of the maxillary first molar and its endodontic significance. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*, 28(3), 419–425.
- Zhang, Q., Chen, H., Fan, B., Fan, W., & Gutmann, J. L. (2014). Root and root canal morphology in maxillary second molar with fused root from a native Chinese population. *Journal of endodontics*, 40(6), 871–875.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.10.035>.

EKLER

Ek 1.

Etik Kurul Raporu



YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

Toplantı Tarihi : 29.04.2021
Toplantı No : 2021/90
Proje No :1339

Yakin Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi öğretim üyelerinden Doç. Dr. Umut Aksoy'un sorumlu araştırmacısı olduğu, YDU/2021/90-1339 proje numaralı ve "**Maksiller İkinci Molar Diş Kök Kanal Morfolojilerinin Mikro Bilgisayarlı Tomografi Kullanılarak İncelenmesi**" başlıklı proje önerisi kurulumuzca online toplantıda değerlendirilmiş olup, etik olarak uygun bulunmuştur.

Prof. Dr. Rüştü Onur

Yakin Doğu Üniversitesi

Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu Başkanı

Ek 2.

Yayın



Article

Anatomic Comparison of Contralateral Maxillary Second Molars Using High-Resolution Micro-CT

Ghassan Dandache ^{1,*}, Umut Aksoy ¹, Mehmet Birol Ozel ² and Kaan Orhan ^{3,4}

¹ Department of Endodontics, Faculty of Dentistry, Near East University, Nicosia 99138, Cyprus

² Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Kocaeli University, Kocaeli 41190, Turkey

³ Department of Dentomaxillofacial Radiology, Faculty of Dentistry, Ankara University, Ankara 06170, Turkey

⁴ Medical Design Application and Research Center (MEDITAM), Ankara University, Ankara 06170, Turkey

* Correspondence: ghassan.dandache@neu.edu.tr

Abstract: The present study aimed to measure and compare anatomic parameters in contralateral maxillary second molars. A total of 18 intact maxillary second molar pairs ($n = 36$) extracted from 18 patients were scanned with micro-computed tomography (micro-CT) and then reconstructed. Axial, sagittal, and cross-sectional slices were used to analyze the parameters (lengths, widths, and thicknesses) and evaluate the symmetry of the right and left sides. The number of root canals and their internal patterns were classified following Vertucci's classification. The number of lateral canals and their locations were also noted. Contralateral second molar pairs demonstrated a high degree of similarity in terms of the linear measurements (lengths, widths, and thicknesses). The root canal anatomy configuration symmetry of mesiobuccal, distobuccal, and palatal roots according to Vertucci's classification were 41.1%, 88.2%, and 94.4%, respectively. In total, 41.6% of mesiobuccal roots, 2.7% of distobuccal roots, and 30.6% of palatal roots had at least one lateral canal. The apical third (38.7%) was the most frequent location of lateral canals, followed by the middle third (32.3%) of the root. This study provides insight into the anatomy of the root canals of contralateral maxillary second molars, which is valuable for both practitioners and researchers.

Keywords: micro-CT; maxillary molar; root canal configuration; bilateral symmetry



Citation: Dandache, G.; Aksoy, U.; Ozel, M.B.; Orhan, K. Anatomic Comparison of Contralateral Maxillary Second Molars Using High-Resolution Micro-CT. *Symmetry* 2023, 15, 420. <https://doi.org/10.3390/sym15020420>

Academic Editors: Carlos Miguel Marto, Ana Cristina Gonçalves and Mafalda Laranjo

Received: 31 December 2022

Revised: 27 January 2023

Accepted: 29 January 2023

Published: 4 February 2023



Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Endodontic therapy is primarily aimed at biomechanically shaping and cleaning all root canal systems thoroughly, as well as completely obturating them in three dimensions with an appropriate material. To accomplish such goals, a thorough understanding of the morphology, variety, and characteristics of the root canal system is required, which varies based on ethnicity and demographics [1]. Nevertheless, various researchers have noted that the failure rate of endodontic therapy varies between 10% and 15% [1–4]. Although there are several reasons for endodontic treatment failure, complex internal anatomy and missed canals are two of the most common [5,6].

In terms of endodontic treatment frequency, the group of teeth that are most commonly subject to treatment is the maxillary molars [7,8]. Typically, maxillary first and second molars are described as three-rooted teeth having three or four root canals; nevertheless, the internal anatomy of the respective groups of teeth can be quite different. Although the prevalence of mesiobuccal root canals was found to be increased in maxillary first molars (69.6%) compared to second molars (39.0%), the external root morphology in second molars has less predictability. The fusing or grouping together of maxillary second molars is also more common than in maxillary first molars [9–11].

Several studies have examined maxillary second molar root canal morphology with many different techniques, including diaphanization, staining, cross-sectioning, clinical operating microscope, dentin troughing under magnification, scanning electron microscope, radiographic examination, cone-beam computed tomography (CBCT), and more recently,

high-resolution micro-computed tomography (micro-CT) [12,13]. However, there has been relatively little attention paid to the anatomic symmetry of teeth and root canal morphology between patients, i.e., the symmetry between the left and right sides. This has significant clinical relevance when it is necessary to deal with cases involving two opposite teeth for the same patient.

Since studies have revealed that maxillary second molars present a broad range of external and internal challenges, including C-shaped canal configuration and merged roots, the knowledge of the presence (or absence) of bilateral differences in these teeth may guide the clinical management of patients and improve the treatment outcomes. Previously published studies on the bilateral symmetry of teeth have relied heavily on CBCT imaging, where even utilizing the settings with the highest resolution may not allow the root canal morphology's anatomy to be accurately depicted [13]. Micro-CT scans provide high-quality information with high-micrometer-resolution images for extra-fine anatomic details and reliable measurements [14,15]. However, only a few existing micro-CT studies exploring bilateral symmetry have been conducted on mandibular and maxillary premolars [16,17]. As far as the authors are aware, previous researchers have not employed micro-CT for the purpose of comparing anatomic features between opposing maxillary second molars of the same patient. Therefore, the aim of the current study was to explore the morphology and root canal configurations of contralateral maxillary second molars and to determine the extent to which they were bilaterally symmetrical in a group of orthodontic patients using high-resolution micro-CT imaging. The null hypothesis was that the right and left sides of the maxillary second molar teeth displayed no differences in the number of roots, root canal configuration, or the morphological characteristics.

2. Materials and Methods

2.1. Patient Enrolment

The Research Ethics Committee of the University provided the necessary ethical approval (Protocol No: 2021-90-1339). There have been no studies that compare the right and left sides of the same teeth using micro-CT. A limited number of studies have used CBCT for comparison. As a result, we did not conduct a power analysis. Instead, as many patients as possible were included who met the selection criteria within the study duration, following the principle of the "Law of Large Numbers". Based on the orthodontic indications, the Department of Orthodontics referred the patients for extraction of maxillary second molar teeth, and informed consent was given. Inclusion criteria of the patients were the absence of conditions predisposing patients to dental developmental/congenital disorders and having contralateral maxillary second molar teeth that had no grave caries or coronal restorations, no root canal fillings, and periapical lesions. These criteria were evaluated by both clinical and radiological examinations of the teeth. Patients for whom the inclusion criteria were not satisfied were not included.

2.2. Micro-CT Analysis

A high-resolution micro-CT system was used for the purpose of scanning the maxillary second molar tooth pairs (Bruker Skyscan 1275, Belgium). The device settings were fixed at 210 mA, 32 kVp, with no filter, and 0.2 rotation steps with a pixel size of 10.1 μ m. Calibration of the detector was performed prior to every imaging process for the purpose of reducing artifacts. Rotation of samples was performed for an entire circle during 5 min of integration time. On average, it took approximately 1 h to process the scans. Inputting of the optimal contrast limit and the settings for beam hardening correct were based on the user guidelines according to prior scans and reconstructing images of the respective samples.

CTAn was used for visualizing and quantitatively analyzing the obtained samples (version 1.19.11.1; SkyScan) and NRecon (version 1.6.10.5; SkyScan) software in addition to the aforementioned modified algorithm [18]. Two-dimensional (2D) axial images (1000 \times 1000 pixels) were obtained. In terms of the parameters for reconstruction, ring artifact and smoothing were set at zero, while beam artifact correction was set at 40%. After

being acquired with the scanner, images were reconstructed using NRecon software to allow 2D slices of the samples to be displayed. Skyscan CTvox (version 3.3.1; Skyscan) was used for further processing of the images after they were reconstructed for visualization purposes. All regions of interest were drawn such that the whole sample was included using CTAn software, and the sample was then analyzed after the image had been reconstructed. Serial sagittal, coronal, and axial sections were obtained to enable the teeth's external and internal morphology to be evaluated. Two observers (observer 1 had 15 years of experience in three-dimensional imaging and software; observer 2 had 5 years of experience in three-dimensional imaging and software) evaluated 36 teeth twice over a period of four weeks to ensure reliability. One consultant radiologist attended the calibration session, where 50 micro-CT images were examined separately and analyzed before the actual examination.

The following parameters were evaluated:

1. Morphology of external root and root canal morphology based on Vertucci's classification with modification [19].
2. Linear measurement of distances between each cusp (mesiobuccal, distobuccal, and mesiopalatal) to the cementoamel junction (CEJ), corresponding root apex, and corresponding pulp horn.
3. Linear measurement of dentinal thicknesses in mesiodistal (M-D) and buccopalatal (B-P) directions in three different root levels of each root: 1.5 mm before apex (apical), halfway between the apex and cementoamel junction (middle), and at the level of furcation (coronal).
4. Lateral canal presence, number, and location (any additional canals branching off from the main root canal to the root surface and located coronal to the apical 0.5 mm) [20].
5. The number of apical foramina in the root canal's apical third the sum of main (the main apical opening of the root canal) and accessory (an orifice on the surface of a root communicating with a lateral or accessory canal) foramina [21].
6. Volumetric measurements of tooth and pulp space.

2.3. Statistical Analysis

All statistical analyses were conducted using GraphPad Prism 5.0 (GraphPad Software, Inc., San Diego, CA, USA). The Kolmogorov–Smirnov test was employed to verify whether the data were normally distributed. Analysis of the normally distributed data was performed using one-way analysis of variance, while paired comparisons were assessed with Tukey's test. Data that were not normally distributed were assessed with the Kruskal–Wallis test and then Dunn's test. In all statistical analyses, the significance level was accepted as $p < 0.05$.

3. Results

A total of 36 contralateral maxillary second molars were collected from 18 volunteer patients (14 females, 4 males; mean age, 14.25 years (standard deviation \pm 1.71 years) at the Dental Hospital of the Faculty of Dentistry in Near East University.)

3.1. External Root and Root Canal Morphology

Figure 1 shows exemplary 3D models of contralateral pairs maxillary second molar teeth and the external morphology of roots. Figure 2 shows the axial sections of eighteen maxillary second molar teeth pairs. Table 1 shows the number of roots and configurations of the root canals in contralateral maxillary second molars. Of the thirty-six teeth, three had two roots, and the other thirty-three had three roots. Regarding the number of roots, symmetry of the maxillary second molars was detected in 94.4% of the 18 pairs. In the maxillary second molars, the configuration of the root canal of the mesiobuccal (MB) root was 57.1% type I, 18.2% type V, 12.1% type II, 6.1% type III, and 6.1% type IV. The configuration of the root canal of the distobuccal (DB) root was 97% type I and 3% type III, while the canal configuration of the palatal (P) root was 97.2% type I and 2.8% type III. Of

the three buccal (B) roots in teeth with two roots, two had type V, and the configuration of the root canal in one was type I. Regarding the root canal configurations, MB, DB, and P root pairs were found to be symmetrical in 41.1%, 88.2%, and 94.4% of cases, respectively.

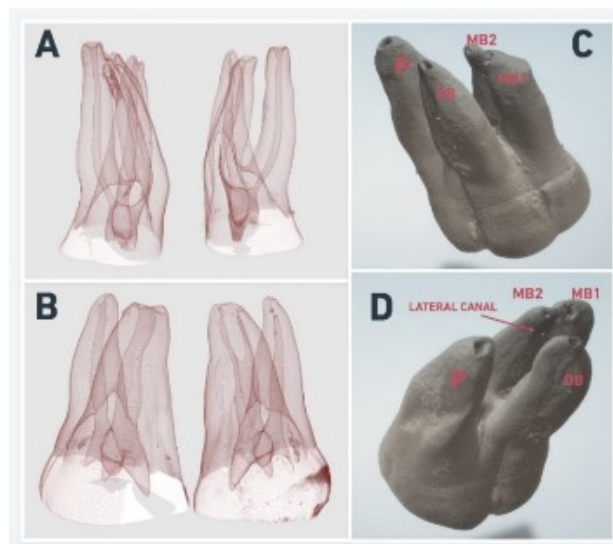


Figure 1. Three-dimensional models of contralateral pairs of three-rooted (A) and two-rooted (B) maxillary second molar teeth. (C,D) show the root canal foramina of mesiobuccal (MB), distobuccal (DB), and palatal (P) roots. Red arrow indicates apically located lateral canal opening in the distal side of the mesiobuccal root.

Table 1. Number of roots and root canal configurations in contralateral maxillary second molars.

Patient No.	Right			Left			Symmetry in No. of Roots	Symmetry in Root Canal Configurations
	No. of Roots	Root	Vertucci's Classification	No. of Roots	Root	Vertucci's Classification		
1	3	MB DB P	Type V Type I Type I	3	MB DB P	Type I Type I Type I	Yes	No Yes Yes
2	3	MB DB P	Type I Type I Type I	3	MB DB P	Type I Type I Type I	Yes	Yes Yes Yes
3	3	MB DB P	Type I Type I Type I	3	MB DB P	Type I Type I Type I	Yes	Yes Yes Yes
4	3	MB DB P	Type I Type I Type I	3	MB DB P	Type II Type I Type I	Yes	No Yes Yes
5	3	MB DB P	Type V Type I Type I	3	MB DB P	Type III Type I Type V	Yes	No Yes No

Table 1. Cont.

Patient No.	Right			Left			Symmetry in No. of Roots	Symmetry in Root Canal Configurations
	No. of Roots	Root	Vertucci's Classification	No. of Roots	Root	Vertucci's Classification		
6	2	B P	Type I Type I	2	B P	Type V Type I	Yes	No Yes
7	3	MB DB P	Type I Type I Type I	3	MB DB P	Type I Type I Type I	Yes	Yes Yes Yes
8	3	MB DB P	Type II Type I Type I	3	MB DB P	Type II Type I Type I	Yes	Yes Yes Yes
9	3	MB DB P	Type I Type I Type I	3	MB DB P	Type II Type I Type I	Yes	No Yes Yes
10	2	B P	Type V Type I	3	MB DB P	Type I Type I Type I	No	No No Yes
11	3	MB DB P	Type I Type I Type I	3	MB DB P	Type I Type I Type I	Yes	Yes Yes Yes
12	3	MB DB P	Type III Type I Type I	3	MB DB P	Type V Type I Type I	Yes	No Yes Yes
13	3	MB DB P	Type I Type I Type I	3	MB DB P	Type V Type I Type I	Yes	No Yes Yes
14	3	MB DB P	Type V Type I Type I	3	MB DB P	Type IV Type I Type I	Yes	No Yes Yes
15	3	MB DB P	Type I Type I Type I	3	MB DB P	Type I Type I Type I	Yes	Yes Yes Yes
16	3	MB DB P	Type I Type I Type I	3	MB DB P	Type V Type I Type I	Yes	No Yes Yes
17	3	MB DB P	Type I Type I Type I	3	MB DB P	Type I Type I Type I	Yes	Yes Yes Yes
18	3	MB DB P	Type IV Type III Type I	3	MB DB P	Type I Type I Type I	Yes	No No Yes

MB: mesiobuccal root; DB: distobuccal root; B: buccal root; P: palatal root.

3.2. Cusp-to-Pulp Horn, Cusp-to-Apex, and Cusp-to-CEJ Distances

The mean distances from the MB, DB, and P cusps to the corresponding pulp horn, root apex, and CEJ are presented in Figure 3. The mean distance between the MB cusp and the pulp horn was significantly less than the DB cusp-to-pulp horn ($p < 0.01$) and P cusp-to-pulp horn distances ($p < 0.01$). Regarding the cusp-to-apex measurements, the P cusp-to-apex distance was considerably greater than the others ($p < 0.05$). With regard to the cusp-to-CEJ distances, significant differences were not detected ($p > 0.05$). The contralateral measurements of the same parameters for the right and left sides were not significantly different ($p > 0.05$).



Figure 2. The axial sections of eighteen maxillary second molar teeth pairs.

3.3. Smallest Dentinal Thickness in Apical, Middle, and Coronal Thirds

Figure 4 shows the smallest dentinal thickness values of MB, DB, and P roots in two different directions (M-D and B-P) and three root levels (apical, middle, and coronal) of each root. Concerning the contralateral measurements of all evaluated parameters for the smallest dentinal thickness, no significant differences between the right and left sides were found ($p > 0.05$). The B-P dimensions of the DB and MB roots were significantly higher compared to the M-D dimensions in all root levels ($p < 0.01$). For the P root, the smallest dentinal thickness values were similar between M-B and B-P measurements in the apical and coronal levels ($p > 0.05$). However, in the P root's middle third, the M-D dimension was significantly higher than the B-P dimension for the smallest dentinal thickness ($p < 0.05$; $p < 0.01$). Figure 5 represents the differences between the MB, DB, and P roots for the smallest dentinal thickness values in the M-B and D-B directions. The P root showed the thickest dentinal tissue in the M-D direction for all root levels ($p < 0.01$), whereas in the B-P direction, the MB root showed the thickest dentinal tissue for all root levels ($p < 0.01$).

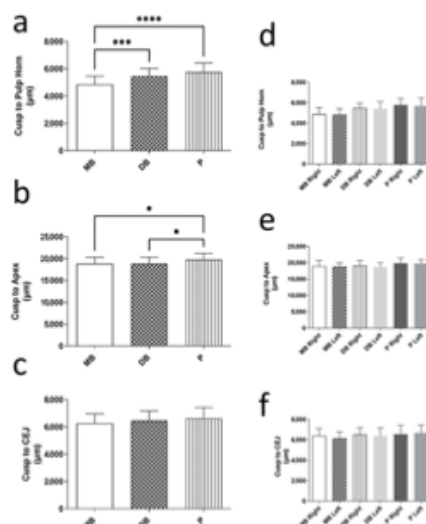


Figure 3. The mean distances from the mesiobuccal (MB), distobuccal (DB), and palatal (P) cusps to the corresponding pulp horn (a), root apex (b), and cemento-enamel junction (CEJ) (c). The contralateral measurements of the same parameters for the right and left sides are presented in (d–f). * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$, **** = $p < 0.0001$.

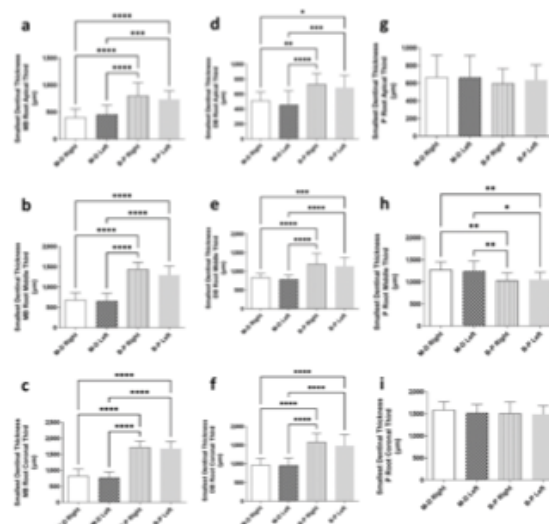


Figure 4. The smallest dentinal thickness values of mesiobuccal (a–c), distobuccal (d–f), and palatal roots (g–i) in two different directions (mesiodistal (M-D) and buccopalatal (B-P)) and three root levels (apical, middle, and coronal) of each root. * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$, **** = $p < 0.0001$.

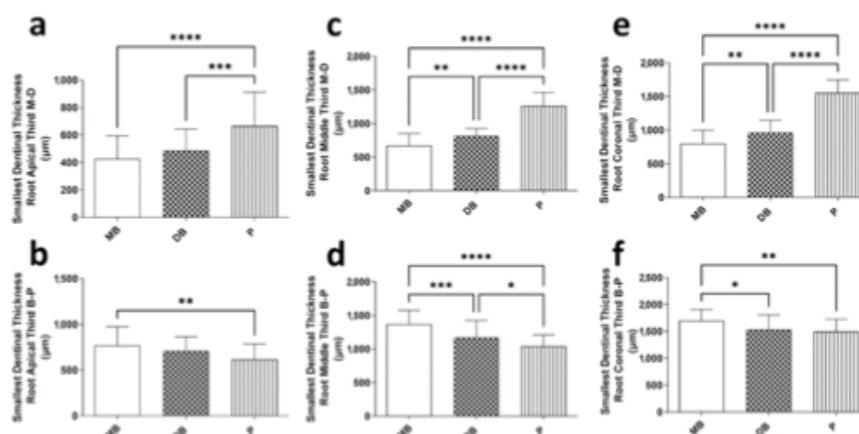


Figure 5. The differences between mesio Buccal (MB), disto Buccal (DB), and palatal (P) roots for the smallest dentinal thickness values in mesio Buccal (M-B) and disto Buccal (D-B) directions at the apical (a,b), middle (c,d), and coronal (e,f) root levels. * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$, **** = $p < 0.0001$.

3.4. Number of Foramina and Lateral Canals and Locations of Lateral Canals

Tables 2 and 3 demonstrate how the foramina and number of lateral canals were distributed for MB, DB, and P roots. Concerning the contralateral measurements for the number of foramina and lateral canals, the right and left sides of the same root did not exhibit any significant differences ($p > 0.05$). However, the number of lateral canals in the MB and P roots was significantly higher compared to that in the DB root ($p < 0.01$). In addition, the mean number of foramina in the MB root was significantly higher than in the DB and P roots ($p > 0.01$). Table 4 demonstrates how the lateral canals were distributed. With respect to the MB root, the highest number of lateral canals was in the middle third, whereas for the P root, the apical third had the highest number of lateral canals.

Table 2. Number of foramina.

Patient No.	MB		DB		B		P	
	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left
1	2	3	2	1			1	1
2	1	1	1	2			1	1
3	1	1	1	1			1	1
4	3	2	1	1			1	1
5	2	2	1	1			2	2
6					2	4	1	1
7	2	1	2	1			2	1
8	6	4	1	1			1	1
9	1	1	1	1			1	1
10	2		1			3	1	1
11	1	1	1	1			1	1
12	3	2	1	1			1	1
13	2	1	1	1			1	1
14	2	1	1	1			1	1
15	1	1	1	1			1	1

Table 2. Cont.

Patient No.	MB		DB		B		P	
	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left
16	2	2	1	1			1	1
17	1	4	1	1			1	1
18	4	3	1	1			1	1

MB: mesiobuccal root; DB: distobuccal root; B: buccal root; P: palatal root.

Table 3. Number of lateral canals.

Patient No.	MB		DB		B		P	
	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left
1	1	1	0	0			1	0
2	0	0	0	0			0	0
3	0	0	0	0			0	0
4	1	0	0	0			0	0
5	0	1	0	0			1	2
6					1	0	0	1
7	1	2	1	0			1	2
8	0	0	0	0			0	0
9	0	1	0	0			1	1
10	0		0			2	0	0
11	1	2	0	0			0	0
12	1	2	0	0			0	1
13	1	0	0	0			0	0
14	0	3	0	0			0	0
15	0	0	0	0			0	0
16	2	1	0	0			1	0
17	0	0	0	0			0	1
18	0	0	0	0			0	0

MB: mesiobuccal root; DB: distobuccal root; B: buccal root; P: palatal root.

Table 4. Locations of lateral canals.

Lateral Canal Locations	MB	DB	B	P
Coronal_Buccal	1	0	0	3
Coronal_Palatal	2	0	0	0
Coronal_Mesial	1	0	0	0
Coronal_Distal	2	0	0	0
Middle_Buccal	2	0	0	0
Middle_Palatal	3	0	1	0
Middle_Mesial	3	0	0	0
Middle_Distal	3	0	0	1
Apical_Buccal	1	0	0	6
Apical_Palatal	2	0	2	1
Apical_Mesial	0	1	0	0
Apical_Distal	1	0	0	2

MB: mesiobuccal root; DB: distobuccal root; B: buccal root; P: palatal root.

3.5. Tooth and Pulp Space Volume

Figure 6 shows the mean volumes of teeth and pulp spaces. In terms of volumetric measurements, the left and right sides of the same tooth did not exhibit any significant differences ($p > 0.05$).

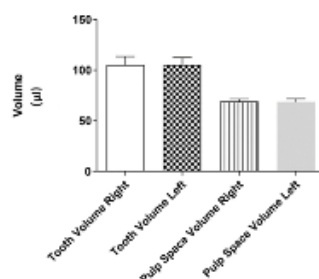


Figure 6. The mean volumes of teeth and pulp spaces.

4. Discussion

The use of advanced imaging technologies allows root canal systems to be examined more precisely as well as the teeth's external and internal morphology to be analyzed in greater detail. For studying root canal systems and understanding their complex morphology, micro-CT technology is currently regarded as a research tool that offers optimal accuracy and reliability [12]. The present research utilized the nondestructive micro-CT imaging technique to precisely measure linear and volumetric parameters. Thus, it was possible to evaluate tooth morphology quantitatively and classify it at the same time without causing damage to the tooth structures [22].

The current study's findings reveal that 94.4% of the patients had symmetrical second molars (17/18) concerning the number of roots. However, the root canal configuration was found to be symmetrical in only 38.8% of the patients (7/18). This outcome is quite contrary to that of Plotino et al. [13], who found that only 79.6% of patients studied had symmetrical maxillary second molars. In their study, the results also only showed the presence of the second mesiobuccal canal in 13.4% of the maxillary second molars, whereas many other researchers have reported an increased prevalence of second mesiobuccal canals, varying between 21% and 83% of teeth [23–25]. The latest meta-analysis on the second mesiobuccal root canal in maxillary molars reported that multiple root canals were present in the mesiobuccal root in 37.0% of the maxillary second molars [26]. This also accords with the present results, which show that 41.1% of the evaluated teeth had a second mesiobuccal canal. Demographics such as the age, sex, and location of the individual could be factors that influence the internal anatomy of teeth. It was hypothesized that Asians and Europeans have smaller teeth compared to Africans, which may explain the lower incidence of second mesiobuccal canals [27].

The present study's results reveal a high incidence of asymmetry in the root canal configuration of maxillary second molars, which could have some implications for endodontic treatment planning and execution. It is important to keep in mind that there can be differences in the root canal anatomy of opposite molars in the same patient, with variations of up to 60%. This should be considered when treating both molars. This information is crucial from a clinical standpoint as failure to identify, clean, and fill an additional canal in molar teeth can result in poor long-term outcomes due to lingering infection [5]. Studies have shown that root canal treatment for maxillary molars has high failure rates, possibly because of their complex root and canal structure, and variations in additional root canals [28,29]. Thus, specialized instruments or techniques, such as an operating microscope or laser-assisted irrigation, may need to be used during treatment in order to navigate and clean the root canals more effectively.

According to the limited findings of this study, MB pulp horns are more prominent in maxillary second molars than in other pulp horns. Analogous findings were also recorded by Baltacioglu et al. [27] for MB pulp horns of maxillary first molars. Thus, caution is advised when providing restorative treatment to prevent accidental pulp exposure. The results of the current research also show that the distances on the left and right sides, from

different pulp horns to cusps, were quite similar to each other. The same observation was made for the cusp-to-apex and cusp-to-CEJ distances. These results suggest that the right and left teeth are highly symmetrical in terms of these specific parameters. Similar morphometric measurements such as thickness, width, and length were also studied by Johnsen et al. [16] in maxillary premolars, and they reported that contralateral premolar teeth were highly bilaterally symmetrical.

Significant differences were shown for the smallest dentinal thickness values when comparing differences between palatal, distobuccal, and mesiobuccal roots. The dentine thickness of the MB canal in the mesiodistal dimension was significantly thinner than the others in all root levels. Several reports in the literature have investigated the thickness of dentine at the furcation level of maxillary molars, commonly known as the “danger zone” [30]. It is important to reduce the volume of dentin that is removed through mechanical means when endodontic treatment is applied, especially for mesiobuccal canals that are placed close to furcal concavities, in order to avoid the development of perforations [30]. This study confirms that the mesiobuccal root is particularly at risk for root perforations, which are challenging to treat, and so care should be taken to prevent them.

In the present study, mesiobuccal roots were found to have the highest number of lateral canals. Similar observations have been reported by others [29,30]. Vertucci [31] reported the rates of mesiobuccal, distobuccal, and palatal roots that have a lateral canal were 50%, 29%, and 42%, respectively. Wolf et al. [32] also reported that mesiobuccal roots had the highest rate of lateral canals at 27%, while distobuccal roots had a rate of 11.3% and palatal roots had a rate of 14.6%, respectively. In the present report, mesiobuccal (44.1%), distobuccal (2.9%), and palatal (30.5%) roots had at least one lateral canal. The distinct difference regarding findings on the distobuccal root between this study and others can be attributed to factors such as the size of the sample, the methods and design of the study, the ethnicity of the participants, and distinctions in the age and gender of the subjects. The complicated anatomy of the canal, which includes lateral canals and other potentially inaccessible areas, particularly on maxillary molars’ mesiobuccal roots, poses a threat to chemomechanical preparation. Therefore, the use of advanced disinfection techniques in the endodontic treatment of these teeth will increase the success rate.

The present research had several limitations, the most significant being the small sample size. Another limitation is that the impact of sexual dimorphism was not considered due to the small sample size. As a result, the findings may not be applicable to other demographics, such as age, sex, and location. In order to address these limitations, future studies should include larger samples and investigate possible differences related to age, gender, and population.

5. Conclusions

To date, no micro-CT studies have been conducted to examine the extent to which right and left maxillary second molars are anatomically symmetrical due to the difficulty of finding a patient with both types of teeth. The present data indicate that the contralateral maxillary second molars were highly bilaterally symmetrical according to the morphometric measurements. Root canal configuration varied between contralateral pairs, most notably in mesiobuccal roots. Therefore, the null hypothesis was partially accepted. Micro-CT can be effectively used to study and compare contralateral teeth morphology.

Author Contributions: Conceptualization, G.D., U.A., M.B.O. and K.O.; methodology, K.O. and U.A.; investigation, G.D. and U.A.; resources, M.B.O. and G.D.; data curation, G.D. and U.A.; writing—original draft preparation, G.D. and U.A.; writing—review and editing, U.A., M.B.O. and K.O.; visualization, U.A.; supervision, K.O. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Data Availability Statement: The data presented in this study are available on request from the corresponding author.

Acknowledgments: This paper was part of the PhD Thesis of Ghassan Dandache. The authors thank Ahmet Özer Sehirli for assistance in statistical analysis.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

- Martins, J.N.R.; Nole, C.; Ounsi, H.F.; Parashos, P.; Plotino, G.; Ragnarsson, M.F.; Aguilar, R.R.; Santiago, F.; Seedat, H.C.; Vargas, W.; et al. Worldwide Assessment of the Mandibular First Molar Second Distal Root and Root Canal: A Cross-sectional Study with Meta-analysis. *J. Endod.* **2022**, *48*, 223–233. [\[CrossRef\]](#)
- Friedman, S.; Abitbol, S.; Lawrence, H.P. Treatment outcome in endodontics: The Toronto Study. Phase 1: Initial treatment. *J. Endod.* **2003**, *29*, 787–793. [\[CrossRef\]](#)
- Setzer, F.C.; Boyer, K.R.; Jeppson, J.R.; Karabucak, B.; Kim, S. Long-term prognosis of endodontically treated teeth: A retrospective analysis of preoperative factors in molars. *J. Endod.* **2011**, *37*, 21–25. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Ran, S.J.; Yang, X.; Sun, Z.; Zhang, Y.; Chen, J.X.; Wang, D.M.; Liu, B. Effect of length of apical root resection on the biomechanical response of a maxillary central incisor in various occlusal relationships. *Int. Endod. J.* **2020**, *53*, 111–121. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Baruwa, A.O.; Martins, J.N.R.; Meirinhos, J.; Pereira, B.; Gouveia, J.; Quaresma, S.A.; Monroe, A.; Ginjeira, A. The Influence of Missed Canals on the Prevalence of Periapical Lesions in Endodontically Treated Teeth: A Cross-sectional Study. *J. Endod.* **2020**, *46*, 34–39. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Pereira, B.; Martins, J.N.R.; Baruwa, A.O.; Meirinhos, J.; Gouveia, J.; Quaresma, S.A.; Monroe, A.; Ginjeira, A. Association between Endodontically Treated Maxillary and Mandibular Molars with Fused Roots and Periapical Lesions: A Cone-beam Computed Tomography Cross-sectional Study. *J. Endod.* **2020**, *46*, 771–777. [\[CrossRef\]](#)
- Markvart, M.; Tibbelin, N.; Pigg, M.; EndoReCo; Fransson, H. Frequency of additional treatments in relation to the number of root filled canals in molar teeth in the Swedish adult population. *Int. Endod. J.* **2021**, *54*, 826–833. [\[CrossRef\]](#)
- Fransson, H.; Dawson, V.S.; Frisk, F.; Bjørndal, L.; EndoReCo; Kvist, T. Survival of Root-filled Teeth in the Swedish Adult Population. *J. Endod.* **2016**, *42*, 216–220. [\[CrossRef\]](#)
- Martins, J.N.; Mata, A.; Marques, D.; Caramês, J. Prevalence of Root Fusions and Main Root Canal Merging in Human Upper and Lower Molars: A Cone-beam Computed Tomography In Vivo Study. *J. Endod.* **2016**, *42*, 900–908. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Mashyakhly, M.; Chourasia, H.R.; Jabali, A.; Almutairi, A.; Gambarini, G. Analysis of Fused Rooted Maxillary First and Second Molars with Merged and C-shaped Canal Configurations: Prevalence, Characteristics, and Correlations in a Saudi Arabian Population. *J. Endod.* **2019**, *45*, 1209–1218. [\[CrossRef\]](#)
- Zhang, Q.; Chen, H.; Fan, B.; Fan, W.; Gutmann, J.L. Root and root canal morphology in maxillary second molar with fused root from a native Chinese population. *J. Endod.* **2014**, *40*, 871–875. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Aksoy, U.; Küçük, M.; Versiani, M.A.; Orhan, K. Publication trends in micro-CT endodontic research: A bibliometric analysis over a 25-year period. *Int. Endod. J.* **2021**, *54*, 343–353. [\[CrossRef\]](#)
- Plotino, G.; Tocci, L.; Grande, N.M.; Testarelli, L.; Messineo, D.; Ciotti, M.; Glassman, G.; D'ambrosio, F.; Gambarini, G. Symmetry of root and root canal morphology of maxillary and mandibular molars in a white population: A cone-beam computed tomography study in vivo. *J. Endod.* **2013**, *39*, 1545–1548. [\[CrossRef\]](#)
- Kirmizi, D.; Aksoy, U.; Orhan, K. Efficacy of Laser-Activated Irrigation and Conventional Techniques in Calcium Hydroxide Removal from Simulated Internal Resorption Cavities: Micro-CT Study. *Photobiomodul. Photomed. Laser Surg.* **2021**, *39*, 674–681. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Ordinola-Zapata, R.; Bramante, C.M.; Versiani, M.A.; Moldauer, B.I.; Topham, G.; Gutmann, J.L.; Nuñez, A.; Duarte, M.A.; Abella, F. Comparative accuracy of the Clearing Technique, CBCT and Micro-CT methods in studying the mesial root canal configuration of mandibular first molars. *Int. Endod. J.* **2017**, *50*, 90–96. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Johnsen, G.F.; Dara, S.; Asjad, S.; Sunde, P.T.; Haugen, H.J. Anatomic Comparison of Contralateral Premolars. *J. Endod.* **2017**, *43*, 956–963. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Johnsen, G.F.; Sundnes, J.; Wengenroth, J.; Haugen, H.J. Methodology for Morphometric Analysis of Modern Human Contralateral Premolars. *J. Comput. Assist. Tomogr.* **2016**, *40*, 617–625. [\[CrossRef\]](#)
- Feldkamp, L.A.; Goldstein, S.A.; Parfitt, A.M.; Jesion, G.; Kleerekoper, M. The direct examination of three-dimensional bone architecture in vitro by computed tomography. *J. Bone Miner Res.* **1989**, *4*, 3–11. [\[CrossRef\]](#)
- Alavi, A.M.; Opananon, A.; Ng, Y.L.; Gulabivala, K. Root and canal morphology of Thai maxillary molars. *Int. Endod. J.* **2002**, *35*, 478–485. [\[CrossRef\]](#)
- Divine, K.A.; McClanahan, S.B.; Fok, A. Anatomic Analysis of Palatal Roots of Maxillary Molars Using Micro-computed Tomography. *J. Endod.* **2019**, *45*, 724–728. [\[CrossRef\]](#)
- American Association of Endodontists. *Glossary of Endodontic Terms*, 10th ed.; American Association of Endodontists: Chicago, IL, USA, 2020; Available online: <https://www.aae.org/specialty/clinical-resources/glossary-endodontic-terms/> (accessed on 22 January 2023).
- Aktuna Belgin, C.; Serindere, G.; Orhan, K. Accuracy and reliability of enamel and dentin thickness measurements on micro-computed tomography and digital periapical radiographs#. *J. Foren. Rad. Imag.* **2019**, *18*, 32–36.

23. Fernandes, N.A.; Herbst, D.; Postma, T.C.; Bunn, B.K. The prevalence of second canals in the mesiobuccal root of maxillary molars: A cone beam computed tomography study. *Aust. Endod. J.* **2019**, *45*, 46–50. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
24. Kalender, A.; Celikten, B.; Tufenkci, P.; Aksoy, U.; Basmacı, F.; Kelahmet, U.; Orhan, K. Cone beam computed tomography evaluation of maxillary molar root canal morphology in a Turkish Cypriot population. *Biotech. Biotechn. Equip.* **2016**, *30*, 145–150. [[CrossRef](#)]
25. Reis, A.G.; Graziotin-Soares, R.; Barletta, F.B.; Fontanella, V.R.; Mahl, C.R. Second canal in mesiobuccal root of maxillary molars is correlated with root third and patient age: A cone-beam computed tomographic study. *J. Endod.* **2013**, *39*, 588–592. [[CrossRef](#)]
26. Martins, J.N.R.; Marques, D.; Silva, E.J.N.L.; Caramês, J.; Mata, A.; Versiani, M.A. Second mesiobuccal root canal in maxillary molars—A systematic review and meta-analysis of prevalence studies using cone beam computed tomography. *Arch. Oral Biol.* **2020**, *113*, 104589. [[CrossRef](#)]
27. Baltacıoğlu, I.H.; Demirel, G.; Kolsuz, M.E.; Orhan, K. *In-vitro* analysis of maxillary first molars morphology using three dimensional Micro-CT imaging: Considerations for restorative dentistry. *Eur. Oral Res.* **2018**, *52*, 75–81. [[CrossRef](#)]
28. Carrion, S.J.; Coelho, M.S.; Soares, A.J.; Frozoni, M. Apical periodontitis in mesiobuccal roots of maxillary molars: Influence of anatomy and quality of root canal treatment, a CBCT study. *Restor. Dent. Endod.* **2022**, *19*, e37. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
29. Kalender, A.; Orhan, K.; Aksoy, U.; Basmacı, F.; Er, F.; Alankus, A. Influence of the quality of endodontic treatment and coronal restorations on the prevalence of apical periodontitis in a Turkish Cypriot population. *Med. Princ. Pract.* **2013**, *22*, 173–177. [[CrossRef](#)]
30. Ordinola-Zapata, R.; Martins, J.N.R.; Versiani, M.A.; Bramante, C.M. Micro-CT analysis of danger zone thickness in the mesiobuccal roots of maxillary first molars. *Int. Endod. J.* **2019**, *52*, 524–529. [[CrossRef](#)]
31. Vertucci, F.J. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.* **1984**, *58*, 589–599. [[CrossRef](#)]
32. Wolf, T.G.; Paqué, F.; Woop, A.C.; Willershausen, B.; Briseño-Marroquín, B. Root canal morphology and configuration of 123 maxillary second molars by means of micro-CT. *Int. J. Oral Sci.* **2017**, *9*, 33–37. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

Ek 3.

İntihal Raporu

Ghassan Dandache TEZ

ORJİNALLİK RAPORU

% **12**
BENZERLİK ENDEKSİ

% **11**
İNTERNET KAYNAKLARI

% **4**
YAYINLAR

% **4**
ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	docs.neu.edu.tr İnternet Kaynağı	%3
2	doczz.biz.tr İnternet Kaynağı	%1
3	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	%1
4	docplayer.biz.tr İnternet Kaynağı	%1
5	www.mdpi.com İnternet Kaynağı	%1
6	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Öğrenci Ödevi	%1
7	dergipark.org.tr İnternet Kaynağı	<%1
8	dspace.baskent.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	<%1
9	nek.istanbul.edu.tr:4444 İnternet Kaynağı	<%1

10	www.turkcer.org.tr İnternet Kaynağı	<% 1
11	www.diplomarbeiten24.de İnternet Kaynağı	<% 1
12	Ghassan Dandache, Umut Aksoy, Mehmet Birol Ozel, Kaan Orhan. "Anatomic Comparison of Contralateral Maxillary Second Molars Using High-Resolution Micro-CT", <i>Symmetry</i> , 2023 Yayın	<% 1
13	Submitted to Piri Reis University Öğrenci Ödevi	<% 1
14	Jojo Kottoor, Denzil Valerian Albuquerque, Natanasabapathy Velmurugan. "A New Anatomically Based Nomenclature for the Roots and Root Canals—Part 1: Maxillary Molars", <i>International Journal of Dentistry</i> , 2012 Yayın	<% 1
15	cocukergen2020.com İnternet Kaynağı	<% 1
16	Submitted to Canakkale Onsekiz Mart University Öğrenci Ödevi	<% 1
17	Shishir Singh, Mansing Pawar. "Root canal morphology of South Asian Indian maxillary	<% 1

molar teeth", European Journal of Dentistry,
2019

Yayın

18	a0272912-4303-4a2a-97f1-0fc5400ae5fd.filesusr.com İnternet Kaynağı	<% 1
19	R. Ordinola-Zapata, J. N. R. Martins, C. M. Bramante, M. H. Villas-Boas, M. H. Duarte, M. A. Versiani. "Morphological evaluation of maxillary second molars with fused roots: a micro-CT study", International Endodontic Journal, 2017 Yayın	<% 1
20	Roshan Peiris. "Root and canal morphology of permanent mandibular molars in a Sri Lankan population", Odontology, 07/25/2007 Yayın	<% 1
21	journals.viamedica.pl İnternet Kaynağı	<% 1
22	www.iecses.org İnternet Kaynağı	<% 1
23	www.researchgate.net İnternet Kaynağı	<% 1
24	fb8968c5-502d-436c-a825-c7c279e8e4aa.filesusr.com İnternet Kaynağı	<% 1

kongre.akademikiletisim.com

25	İnternet Kaynağı	<% 1
26	www.doczz.it İnternet Kaynağı	<% 1
27	digibug.ugr.es İnternet Kaynağı	<% 1
28	jfhs.scientificwebjournals.com İnternet Kaynağı	<% 1
29	kesitakademi.com İnternet Kaynağı	<% 1
30	www.7tepedis.com İnternet Kaynağı	<% 1
31	www.acarindex.com İnternet Kaynağı	<% 1
32	www.science.gov İnternet Kaynağı	<% 1
33	Marie-Jose Merhej, Roula El Hachem, Hala Sacre, Pascale Salameh, Nabil Ghosn, Alfred Naaman. "Root and Root Canal Morphology of Premolars in a Sample of the Lebanese Population: Clinical Considerations", Research Square Platform LLC, 2022 Yayın	<% 1
34	KÖK, Hatice, ŞENER, Sevgi Özcan and TAŞSÖKER, Melek. "Bir Diş Hekimliği",	<% 1

Yeditepe Üniversitesi Rektörlüğü, 2017.

Yayın

Alıntıları çıkart üzerinde
Bibliyografyayı Çıkart üzerinde

Eşleşmeleri çıkar Kapat

Özgeçmiş

Adı	Ghassan	Soyadı	DANDACHE
Doğum Yeri	Hommès	Doğum Tarihi	25/07/1990
Uyruğu	Syria	Tel	+905488778551
Email	ghassan.dandache@neu.edu.tr		

Eğitim Düzeyi	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Yakın Doğu Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi	2018
Lise	Rawdat Jeddah Modern School	2008

İş Deneyimi

Görevi	Kurum	Süre (Yıl-Yıl)
Araştırma Görevlisi	Yakın Doğu Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi	2018-Halen

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*
İngilizce	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi

Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma Becerisi
MICROSOFT Office Programları	Çok İyi