

**T.C.  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ  
ENDODONTİ ANABİLİM DALI**

**FARKLI GİRİŞ KAVİTESİ TASARIMLARININ PREPARASYON  
ETKİNLİĞİ VE TRANSPORTASYON OLUŞUMU ÜZERİNE  
ETKİSİNİN BİLGİSAYARLI MİKROTOMOĞRAFİ (MİKRO-  
BT) İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Dt. Berfu Aydanur POLAT**

**Endodonti Anabilim Dalı  
UZMANLIK TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI  
Prof. Dr. Zeliha YILMAZ**

**ANKARA  
2023**

**T.C.  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ  
ENDODONTİ ANABİLİM DALI**

**FARKLI GİRİŞ KAVİTESİ TASARIMLARININ PREPARASYON  
ETKİNLİĞİ VE TRANSPORTASYON OLUŞUMU ÜZERİNE  
ETKİSİNİN BİLGİSAYARLI MİKROTOMOGRAFİ (MİKRO-  
BT) İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Dt. Berfu Aydanur POLAT**

**Endodonti Anabilim Dalı  
UZMANLIK TEZİ**

**Bu tez Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon  
Birimi tarafından 20544 proje numarası ile desteklenmiştir.**

**ANKARA  
2023**

## ONAY SAYFASI

### FARKLI GİRİŞ KAVİTESİ TASARIMLARININ PREPARASYON ETKİNLİĞİ VE TRANSPORTASYON OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİSİNİN BİLGİSAYARLI MİKROTOMOGRAFİ (MİKRO-BT) İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Berfu Aydanur POLAT  
Danışman: Prof. Dr. Zeliha YILMAZ

Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığına,

Dt. Berfu Aydanur POLAT'ın 08/12/2023 tarihinde jürimiz önünde yaptığı savunmasında “Farklı Giriş Kavitesi Tasarımlarının Preparasyon Etkinliği Ve Transportasyon Oluşumu Üzerine Etkisinin Bilgisayarlı Mikrotomografi (Mikro-BT) İle Değerlendirilmesi” başlıklı çalışması jürimiz tarafından Diş Hekimliğinde Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Sevinç Aktemur Türker  
(Bülent Ecevit Üniversitesi)

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zeliha YILMAZ  
(Hacettepe Üniversitesi)

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Sevinc Askerbeyli Örs  
(Hacettepe Üniversitesi)

ONAY: Tıpta ve Diş Hekimliğinde Uzmanlık Eğitimi Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıda jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Tülin TANER  
Dekan

## YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü/fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir (1).
- Enstitü/fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 6 ay ertelenmiştir (2).
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir (3).

08/12/2023

Dt. Berfu Aydanur POLAT

*“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge” Madde 6.*

- (1) *Madde 6.1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.*
- (2) *Madde 6.2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.*
- (3) *Madde 7.1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.*

*Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.*

\* Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.

## ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Prof. Dr. Zeliha YILMAZ'ın danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

Berfu Aydanur POLAT

## İTHAF

*Bugünlere ulaşmamda en büyük pay sahibi olan, desteğini, sevgisini ve merhametini benden hiç esirgemeyen bu uzun soluklu yolculuğun kısa zamanlı yolcusu olan merhum babam Yıldıray Karaca 'ya, yalnızlığımıza güneş olan canım annem Esen Karaca 'ya, bütün zorlu hayat temposuna rağmen sevgisiyle beni saran canım eşim Muhammed Emin Polat 'a, hayata beni 1-0 önde başlatan canım ablam Beray Büşra Koçarslan 'a ve küçücük varlığı ile bir insanı sevmenin ne demek olduğunu öğreten canım oğlum Yusuf Yahya POLAT 'a ithafen...*

## TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca ihtiyaç duyduğum her zaman yanımda olan, özellikle tez fikrini oluşturma ve yürütme sürecinde desteği ve hoşgörüsü ile yanımda olan değerli danışman hocam Prof. Dr. Zeliha YILMAZ'a,

Tüm uzmanlık eğitimim boyunca desteklerini esirgemeyen ve deneyimleriyle bana tecrübe katan Endodonti Anabilim Dalı'ndaki saygıdeğer hocalarıma,

Uzmanlık tezim için fikir ve önerileri ile destekte bulunan sayın hocalarım Prof. Dr. Sevinç AKTEMUR TÜRKER ve Dr. Öğr. Üyesi Sevinc ASKERBEYLİ ÖRS'e,

Tezimin istatistiğini büyük bir özveriyle yapan, değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Sevilay KARAHAN'a,

Tezimin Mikro-BT taramasını ve analizlerini yapan, değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Mert OCAK'a,

Bu zorlu serüvende hiçbir desteğini esirgemeyen, zorlandığım her anda yardımına koşan canım kıdem arkadaşlarıma,

Tez çalışmamızı THD-2023-20544 numaralı proje ile destekleyen Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi'ne

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım ...

**Dt. Berfu Aydanur POLAT**

## ÖZET

**POLAT B.A. Farklı Giriş Kavitesi Tasarımlarının Preparasyon Etkinliği ve Transportasyon Oluşumu Üzerine Etkisinin Bilgisayarlı Mikrotomografi (Mikro-BT) ile Değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı Uzmanlık Tezi, Ankara, 2023.** Bu çalışmada; geleneksel (GGK), konservatif (K GK) ve ultrakonservatif (Ninja) (NGK) giriş kaviteleri ile açılan dişlerin kök kanallarının temizleme ve şekillendirmesini takiben hacim/yüzey alanındaki değişikliklerin değerlendirilmesi ve apikal foramenden 3 mm uzaklıktaki transportasyon oluşumunun incelenmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada 30 adet insan mandibular molar dişin mesial kök kanalları kullanılmıştır. Köklerin kurvatürlerini tespit edebilmek için mesio-distal ve bukko-lingual olmak üzere iki farklı açıdan periapikal radyografiler alınmıştır ve kök kurvatürleri 25-40° olan dişler çalışmaya dahil edilmiştir. Seçilen dişler GGK, K GK ve NGK olacak şekilde rastgele 3 gruba ayrılmıştır (n=10). Dişler giriş kavitesi preparasyonu ve kök kanallarının preparasyonu işlemleri öncesinde mikro bilgisayarlı tomografi (Mikro-BT) cihazı ile taranmıştır. Tüm dişlerin giriş kaviteleri, su soğutmalı yüksek turda çalışan bir aerotor ile elmas rond frezlerle Dental Operasyon Mikroskobu (DOM) altında hazırlanmıştır. Tüm örneklerin giriş kavitesi preparasyonlarından sonra mesiobukkal (MB) ve mesiolingual (ML) kanallarda çalışma boyu belirlenmiştir. Tüm dişlerin mesial kök kanalları F2 eğeye kadar sırasıyla SX, S1, S2, F1, F2 eğeleri kullanılarak şekillendirilmiştir. Her eğe arasında kanallar 2 ml %2,5'lik NaOCl kullanılarak irrigate edilmiştir. Final irrigasyonu 2 ml %17'lik EDTA ve distile su ile yapılmıştır. Irrigasyonu aktive etmek için Endo Activator cihazı kullanılmıştır. Örnekler enstrümantasyondan sonra Mikro-BT cihazı ile tekrar taranmıştır. NRecon ve CTAn yazılımı hacim değişimi ve prepare edilmeyen alan verilerinin görselleştirilmesi ve nicel ölçümleri için kullanılmıştır. Tüm kök kanallarının apikal foramenden 3 mm uzaklıktaki transportasyon miktarı 2 boyutlu olarak DataViewer yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır. Hacim değişikliğini karşılaştırmak için tekrarlı ölçümlerde varyans analizi, transportasyon oluşumuna ait verilerin karşılaştırılması için ise tek yönlü varyans analizi kullanılmıştır. Prepare edilmeyen yüzey alanına ait verileri hesaplamak için non-parametrik test olan Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. Tespit edilen farkların hangi iki grup arasında olduğunu belirlemek için Tukey ve Bonferroni testleri ile post-hoc analizler yapılmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre MB ve ML kanallarda kök kanal preparasyonu sonrası hacim değişimlerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ). NGK ile açılmış örneklerde prepare edilmeyen alan yüzdesi istatistiksel olarak diğer gruplarla karşılaştırıldığında her iki kök kanalında da daha yüksek bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Apikal foramenden 3 mm uzaklıktaki kesitlerde hesaplanan transportasyon değerleri için MB kök kanalında 3 kavite tipi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ). ML kök kanalı için NGK gruplarında daha fazla kanal transportasyonu gözlenmiştir. İkili grupların karşılaştırılmasında GGK-NGK ve K GK-NGK grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ( $p \leq 0,05$ ).

**Anahtar Kelimeler:** Giriş kavitesi, Konservatif, Ultrakonservatif, Ninja, Mikro-BT, Transportasyon

Bu tez çalışması Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi tarafından 20544 numaralı proje ile desteklenmiştir.

## ABSTRACT

**POLAT B.A. Evaluation of the Effect of Different Access Cavity Designs on Preparation Efficiency and Transportation Formation with Computerized Microtomography (Micro-CT). Hacettepe University Faculty of Dentistry, Department of Endodontics Specialization Thesis, Ankara, 2023.** The objective of this study is to assess the differences in volume and surface area after instrumentation of teeth using traditional (GGK), conservative (KGK), and ultraconservative (Ninja) (NGK) access cavities. Additionally, the study aims to investigate the formation of transport at a distance of 3 mm from the apical foramen. For the study, thirty human mandibular molars were used, specifically their mesial root canals. Periapical radiographs were used to determine root curvature. Only teeth with 25-40° curvatures were studied. The selected teeth were randomly divided into 3 groups: GGK, KGK, and NGK (n=10). Teeth were scanned with a micro-computed tomography (Micro-CT) device before access cavity preparation and root canal instrumentation. The Access cavities of all teeth were prepared under the Dental Operating Microscope using a water-cooled high-speed aerator with diamond round burs. After the access cavity preparations of all samples, the working length was determined in the mesiobuccal (MB) and mesiolingual (ML) canals. The mesial root canals of all teeth were shaped using SX, S1, S2, F1, F2 files, respectively, up to the F2 file. Between each file, the canals were irrigated using 2 mL of 2.5% NaOCl. Final irrigation was performed with 2 mL of 17% EDTA and distilled water. The Endo Activator device was used to activate the irrigation. After instrumentation, the samples were scanned again with the Micro-CT device. NRecon and CTAn software were used for visualization and quantification of volume change and non-instrumented area data. The amount of transportation in all root canals at a distance of 3 mm from the apical foramen was calculated in 2 dimensions using DataViewer software. Analysis of variance was used for repeated measurements to compare volume changes, and one-way analysis of variance was used to compare transportation formation data. The data for the non-instrumented surface area was calculated using the Kruskal-Wallis test, a non-parametric test. Tukey and Bonferroni tests were used for post hoc analysis to determine between which two groups the differences detected were. According to the results of this study, no statistically significant difference was found between the groups in volume changes after root canal preparation in MB and ML canals ( $p>0.05$ ). The percentage of non-instrumented area in samples opened with NGK was statistically higher in both root canals compared to other groups ( $p<0.05$ ). There was no statistically significant difference between the three cavity types in the MB root canal for the transportation values calculated in sections 3 mm away from the apical foramen ( $p>0.05$ ). For the ML root canal, more canal transport was observed in the NGK groups.

**Key Words:** Access cavity, Conservative, Ultraconservative, Ninja, Micro-CT, Transportation

This thesis study was supported by Hacettepe University Scientific Research Unit with project number 20544.

## İÇİNDEKİLER

|                                                                       |             |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>ONAY SAYFASI</b>                                                   | <b>iii</b>  |
| <b>YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI</b>                     | <b>iv</b>   |
| <b>ETİK BEYAN</b>                                                     | <b>v</b>    |
| <b>İTHAF</b>                                                          | <b>vi</b>   |
| <b>TEŞEKKÜR</b>                                                       | <b>vii</b>  |
| <b>ÖZET</b>                                                           | <b>viii</b> |
| <b>ABSTRACT</b>                                                       | <b>ix</b>   |
| <b>İÇİNDEKİLER</b>                                                    | <b>x</b>    |
| <b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b>                                        | <b>xii</b>  |
| <b>ŞEKİLLER</b>                                                       | <b>xiv</b>  |
| <b>TABLolar</b>                                                       | <b>xvii</b> |
| <b>1. GİRİŞ VE AMAÇ</b>                                               | <b>1</b>    |
| <b>2. GENEL BİLGİLER</b>                                              | <b>4</b>    |
| 2.1. Diş ve Pulpa Odasının Anatomisi                                  | 4           |
| 2.2. Endodontik Giriş Kaviteleri ve Prensipleri                       | 6           |
| 2.2.1. Geleneksel Giriş Kavitesi (GGK)                                | 9           |
| 2.2.2. Minimal Invaziv Endodonti (MIE) ve Giriş Kaviteleri            | 16          |
| 2.2.3. Konservatif Endodontik Giriş Kavitesi (KGK)                    | 18          |
| 2.2.4. Ultrakonservatif (Ninja) Giriş Kavitesi (NGK)                  | 19          |
| 2.2.5. Truss Endodontik Giriş Kavitesi (TGK)                          | 19          |
| 2.2.6. Bilgisayar Destekli Giriş Kaviteleri                           | 20          |
| 2.3. Giriş Kavitesi Preparasyonunda Kullanılan Aletler                | 21          |
| 2.3.1. Frezler                                                        | 21          |
| 2.3.2. Endodontik Sondlar                                             | 23          |
| 2.3.3. Ultrasonik Cihazlar ve Uçları                                  | 24          |
| 2.3.4. Mikroskop ve Loupeler                                          | 25          |
| 2.4. Kök Kanallarının Temizlenmesi ve Şekillendirilmesi               | 26          |
| 2.4.1. Kök Kanal Preparasyonunda Kullanılan Aletler                   | 27          |
| 2.4.2. Kök Kanal Preparasyonu Sırasında Karşılaşılan İşlemsel Hatalar | 29          |
| 2.4.2.1. Perforasyon                                                  | 29          |
| 2.4.2.2. Basamak Oluşumu ve Kanal Sisteminin Tıkanması                | 31          |

|                                                                                 |                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 2.4.2.3. Aşırı Preparasyon (Overpreparasyon)                                    | 33                               |
| 2.4.2.4. Yetersiz Preparasyon (Underpreparasyon)                                | 33                               |
| 2.4.2.5. Taşkın Preparasyon (Overenstrümantasyon)                               | 34                               |
| 2.4.2.6. Alet Kırılması                                                         | 35                               |
| 2.4.2.7. Transportasyon                                                         | 37                               |
| 2.5. Kök Kanal Preparasyonunu Değerlendirme Yöntemleri                          | 39                               |
| 2.5.1. Seri Kesit Alma Yöntemi (Kapalı Mufla Tekniği)                           | 42                               |
| 2.5.2. İki Boyutlu Radyograflar ve Fotoğraflama Yöntemleri                      | 42                               |
| 2.5.3. Bilgisayarlı Tomografi (BT)                                              | 43                               |
| 2.5.4. Konik Işınli Bilgisayarlı Tomografi (KIBT)                               | 43                               |
| 2.5.5. Mikro Bilgisayarlı Tomografi (Mikro-BT, µBT)                             | 44                               |
| <b>3. GEREÇ VE YÖNTEM</b>                                                       | <b>46</b>                        |
| 3.1. Örneklerin Seçimi ve Gruplandırılması                                      | 46                               |
| 3.2. Örneklerin Preparasyon Öncesi Mikro-BT ile Taranması                       | 49                               |
| 3.3. Dental Operasyon Mikroskobu (DOM) Altında Giriş Kavitelerinin Hazırlanması | 50                               |
| 3.4. Kök Kanallarının Temizleme ve Şekillendirme İşlemleri                      | 55                               |
| 3.5. Kök Kanallarının Enstrümantasyon Sonrası Mikro-BT ile Taranması ve Analizi | 57                               |
| 3.6. Verilerin İstatistiksel Analizi                                            | 59                               |
| <b>4. BULGULAR</b>                                                              | <b>60</b>                        |
| 4.1. Kök Kanal Hacmindeki Değişiklere Ait Bulgular                              | 60                               |
| 4.2. Enstrümente Edilmeyen Alanlara Ait Bulgular                                | 62                               |
| 4.3. Transportasyon Değerlerine Ait Bulgular                                    | 67                               |
| <b>5. TARTIŞMA</b>                                                              | <b>70</b>                        |
| <b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER</b>                                                     | <b>79</b>                        |
| <b>7. KAYNAKLAR</b>                                                             | <b>80</b>                        |
| <b>8. EKLER</b>                                                                 | <b>99</b>                        |
| EK-1: Etik Kurul Onayı                                                          | 99                               |
| EK-2: Orjinallik Raporu                                                         | 101                              |
| EK-3: Dijital Makbuz                                                            | 103                              |
| <b>9. ÖZGEÇMİŞ</b>                                                              | Hata! Yer işareti tanımlanmamış. |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

|                           |                                                                                         |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>%</b>                  | Yüzde                                                                                   |
| <b>&lt;</b>               | Küçüktür                                                                                |
| <b>≤</b>                  | Küçük eşittir                                                                           |
| <b>&gt;</b>               | Büyüktür                                                                                |
| <b>μ-BT</b>               | Mikro bilgisayarlı tomografi                                                            |
| <b>μm</b>                 | Mikrometre                                                                              |
| <b>2D</b>                 | İki boyutlu                                                                             |
| <b>3D</b>                 | Üç boyutlu                                                                              |
| <b>AAE</b>                | Amerikan Endodonti Birliği                                                              |
| <b>Al/ Cu</b>             | Alüminyum/Bakır                                                                         |
| <b>Ark</b>                | Arkadaşları                                                                             |
| <b>B</b>                  | Bukkal                                                                                  |
| <b>Bkz</b>                | Bakınız                                                                                 |
| <b>BT</b>                 | Bilgisayarlı tomografi                                                                  |
| <b>Ca<sup>+2</sup></b>    | Kalsiyum iyonu                                                                          |
| <b>CAA</b>                | Canal Access angle (Kanal giriş açısı)                                                  |
| <b>CCD</b>                | Charge-Coupled Devices                                                                  |
| <b>DB</b>                 | Distobukkal                                                                             |
| <b>DNS</b>                | Dinamik navigasyon sistemi                                                              |
| <b>DOM</b>                | Dental operasyon mikroskobu                                                             |
| <b><i>E. faecalis</i></b> | Enterococcus Faecalis                                                                   |
| <b>EDTA</b>               | Etilen diamin tetraasetik asit                                                          |
| <b>EPS</b>                | Ekstraselüler polisakkarit                                                              |
| <b>Fe<sup>+3</sup></b>    | Demir iyonu                                                                             |
| <b>FDI</b>                | Federation Dentaire Internationale (Dünya Diş Hekimleri Birliği)                        |
| <b>GGK</b>                | Geleneksel giriş kavite                                                                 |
| <b>ISO</b>                | International Organization for Standardization<br>(Uluslararası Standardizasyon Örgütü) |
| <b>kg</b>                 | Kilogram                                                                                |
| <b>KGK</b>                | Konservatif giriş kavitesi                                                              |

|                       |                                         |
|-----------------------|-----------------------------------------|
| <b>KIBT</b>           | Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi     |
| <b>kVp</b>            | Kilovoltpeak                            |
| <b>LN</b>             | Long neck (uzun boyun)                  |
| <b>mA</b>             | Miliamper                               |
| <b>MB</b>             | Mesiobukkal kök kanalı                  |
| <b>MB1</b>            | Mesiobukkal kökteki birinci kanal       |
| <b>MB2</b>            | Mesiobukkal kökteki ikinci kanal        |
| <b>MİE</b>            | Minimal invaziv endodonti               |
| <b>MİK</b>            | Minimal invaziv kavite                  |
| <b>Mikro- BT</b>      | Mikro Bilgisayarlı Tomografi            |
| <b>ml</b>             | Mililitre                               |
| <b>ML</b>             | Mesiolingual                            |
| <b>MMC</b>            | Middle mesial canal (Orta mesial kanal) |
| <b>mm</b>             | Milimetre                               |
| <b>mm<sup>2</sup></b> | Milimetre kare                          |
| <b>mm<sup>3</sup></b> | Milimetre küp                           |
| <b>MSB</b>            | Mine sement birleşimi                   |
| <b>MTA</b>            | Mineral trioksit agregat                |
| <b>Na+</b>            | Sodyum iyonu                            |
| <b>NaOCl</b>          | Sodyum hipoklorit                       |
| <b>NGK</b>            | Ninja giriş kavitesi                    |
| <b>Ni-Ti</b>          | Nikel-Titanyum                          |
| <b>P</b>              | Palatinal                               |
| <b>PSD</b>            | Periservikal dentin                     |
| <b>SEM</b>            | Taramalı elektron mikroskobu            |
| <b>sn</b>             | Saniye                                  |
| <b>Std Sapma</b>      | Standart sapma                          |
| <b>TGK</b>            | Truss giriş kavitesi                    |
| <b>VKK</b>            | Vertikal kök kırığı                     |

## ŞEKİLLER

| Şekil                                                                                                                                                                                                                                  | Sayfa |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 2.1. Kök kanal sisteminin ana anatomik bileşenleri.                                                                                                                                                                                    | 4     |
| 2.2. A) Pulpa odası dişin merkezindedir. B) MSB’de pulpa odası duvarları dişin dış yüzeyine paralel seyreder.                                                                                                                          | 5     |
| 2.3. Pulpa odası duvarlarının kökün dış yüzeyine olan mesafesi her yönde eşittir.                                                                                                                                                      | 6     |
| 2.4. MSB’de kanal girişleri mesio-distal hatta çizilen çizgiden eşit uzaklıkta ve birbirine paraleldir (Üst molar dişler hariç).                                                                                                       | 6     |
| 2.5. Endodontik Giriş Kaviteleri.                                                                                                                                                                                                      | 8     |
| 2.6. Maksiller premolar, molar ve mandibular molar dişlerinde 4 farklı giriş kavitesi tasarımının (GGK, KGK, NGK ve Truss GK) gösterimi. Truss giriş kavitesi esas olarak mandibular molar dişlerde tanımlanmıştır.                    | 8     |
| 2.7. Vertucci'nin kök kanal morfolojisi sınıflandırmasının şematik gösterimi.                                                                                                                                                          | 11    |
| 2.8. Periservikal dentinin konumu.                                                                                                                                                                                                     | 17    |
| 2.9. Geleneksel, Konservatif, Ultra konservatif (Ninja) ve Truss giriş kavitelerini gösteren bir mandibular birinci molar dişin Mikro-BT gösterimi. Yeşil alan, kavite preparasyonu sırasında uzaklaştırılan diş dokusunu temsil eder. | 17    |
| 2.10. Geleneksel ve konservatif giriş kaviteleri.                                                                                                                                                                                      | 18    |
| 2.11. Ultrakonservatif ve Truss giriş kaviteleri.                                                                                                                                                                                      | 19    |
| 2.12. Maksiller santral diş ve mandibular birinci molar diş üzerinde gerçekleştirilen rehberli giriş kaviteleri. Yeşil alan, preparasyon sırasında uzaklaştırılan diş dokusunu gösterir.                                               | 21    |
| 2.13. A) Elmas rond frez B) Konik elmas frez C) Karbit frezler.                                                                                                                                                                        | 22    |
| 2.14. A) Endo Z Frez B) Transmetal Frez.                                                                                                                                                                                               | 23    |
| 2.15. Mueller ve LN frezi.                                                                                                                                                                                                             | 23    |
| 2.16. DG-16 ve JW-17 endodontik sond.                                                                                                                                                                                                  | 24    |
| 2.17. #35 boyutunda ISO standartlarında bir el eğesinin şematik çizimi. Aletin ucunun çapı, konikliği ve renkleri ISO/ANSI/ADA standartlarına göre düzenlenir.                                                                         | 28    |
| 2.18. Kök kanalının temizleme ve şekillendirilmesinde kullanılan aletler.                                                                                                                                                              | 28    |
| 2.19. A) Başlangıç radyografik görüntüsü; B) Furkal perforasyonun klinik görüntüsü; C) Perforasyon tamirinden sonra alınan radyografik görüntü; D) 6 ay sonraki takip radyografik görüntüsü.                                           | 30    |

- 2.20.** Yaygın olarak görülen işlemsel hatalar A) Radiküler zip oluşumu; B) Basamak; C) Perforasyona sebep olmuş radiküler zip; D) Strip perforasyona sebep olmuş basamak oluşumu. 32
- 2.21.** Eğimli köklere sahip bir molar dişte meydana gelen transportasyon. A) #15 numaralı eğe ile alınan ilk radyograf; kök kurvatürü 35° olarak belirlenmiştir. B) Kanal şekillendirilmesinden sonra #40 numaralı eğe ile alınan radyograf; kök kurvatürü 13°olarak belirlenmiştir. Enstrümantasyon sonucunda kök kanalı belirgin şekilde düzleşmiş ve transporte olmuştur, çalışma uzunluğunda kayıp meydana gelmiştir. 38
- 2.22.** Kök kanalı kesitindeki merkezleme oranının ölçülmesi. Gri alan kanalın şekillendirilmesinden önceki kök kanal şeklini; beyaz alan kanalın şekillendirilmesinden sonraki kök kanal şeklini göstermektedir. 40
- 2.23.** A) Kök kanal şekillendirmesinden önce, B) Kök kanal şekillendirmesi sonrası kanalın servikal, orta ve apikal kısımlarından alınan kesitler. 42
- 2.24.** Mikro Bilgisayarlı Tomografi. 44
- 3.1.** Dişlerin seçimi. 47
- 3.2.** Kök kurvatür açısının ölçümü. A) Çalışmaya dahil edilmeyen bir diş; B) Çalışmaya dahil edilen bir diş. 48
- 3.3.** Seçilen dişlerin gruplara ayrılması. 48
- 3.4.** Dişlerin giriş kavitesi preparasyonu öncesi Mikro-BT cihazında taranması. 49
- 3.5.** Mikro-BT cihazı ile enstrümantasyon öncesi örneklerin taranması. 50
- 3.6.** Giriş kavitesi preparasyonu sırasında kullanılan elmas frezler. 50
- 3.7.** Giriş kavitelerinin açılması sırasında kullanılan DOM. 51
- 3.8.** Geleneksel giriş kavitesi ve mikroskop görüntüsü. 52
- 3.9.** Geleneksel giriş kavitesinin Mikro-BT ile aksiyel ve sagittal eksenlerdeki görüntüsü. 52
- 3.10.** Konservatif giriş kavitesi ve mikroskop görüntüsü. 53
- 3.11.** Konservatif giriş kavitesinin Mikro-BT ile aksiyel ve sagittal eksenlerdeki görüntüsü. 53
- 3.12.** Ninja giriş kavitesi ve mikroskop görüntüsü. 54
- 3.13.** Ninja giriş kavitesinin Mikro-BT ile aksiyel ve sagittal eksenlerdeki görüntüsü. 54
- 3.14.** Sırası ile G GK, K GK ve N GK ile açılmış dişlerin radyografik görüntüleri. 55
- 3.15.** Giriş kavitesi preparasyonundan sonra kök kanalların şekillendirilmesi. 56
- 3.16.** Dişlerin final irrigasyonu ve irrigasyon aktivasyonu. 56

|              |                                                                                                                                                                |    |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>3.17.</b> | Data Viewer yazılımında (m1-m2) -(d1-d2) formülü ile transportasyon miktarının hesaplanması [A) m1 B) m2 C) d1 D) d2].                                         | 58 |
| <b>4.1.</b>  | MB kanala ait preparasyon öncesi ve sonrası kök kanal hacim değerleri. 1→ enstrümantasyon öncesi değer, 2→ enstrümantasyon sonrası değer                       | 62 |
| <b>4.2.</b>  | ML kanala ait preparasyon öncesi ve sonrası kök kanal hacim değerleri. 1→ enstrümantasyon öncesi değer, 2→ enstrümantasyon sonrası değer                       | 62 |
| <b>4.3.</b>  | MB kök kanalı için enstrümanle edilmeyen yüzey alanı verilerinin kutu grafiği                                                                                  | 64 |
| <b>4.4.</b>  | ML kök kanalı için enstrümanle edilmeyen yüzey alanı verilerinin grafiği.                                                                                      | 65 |
| <b>4.5.</b>  | GGK uygulanmış dişte kök kanallarının mikro-BT görüntüsü (Kırmızı alanlar prepare edilen yüzeyleri, yeşil alanlar prepare edilmeyen yüzeyleri göstermektedir). | 65 |
| <b>4.6.</b>  | KGK uygulanmış dişte kök kanallarının mikro-BT görüntüsü (Kırmızı alanlar prepare edilen yüzeyleri, yeşil alanlar prepare edilmeyen yüzeyleri göstermektedir). | 66 |
| <b>4.7.</b>  | NGK uygulanmış dişte kök kanallarının mikro-BT görüntüsü (Kırmızı alanlar prepare edilen yüzeyleri, yeşil alanlar prepare edilmeyen yüzeyleri göstermektedir). | 66 |
| <b>4.8.</b>  | MB kanalın transportasyon verilerine ait kutu grafiği                                                                                                          | 68 |
| <b>4.9.</b>  | ML kanalın transportasyon verilerine ait kutu grafiği                                                                                                          | 69 |

## TABLOLAR

| Tablo                                                                                                                               | Sayfa |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 4.1. MB kanalın preparasyon öncesi ve sonrasındaki hacimsel değişikliğe ait Ortalama ve Standart Sapma değerleri ( $\text{mm}^3$ ). | 60    |
| 4.2. ML kanalın preparasyon öncesi ve sonrasındaki hacimsel değişikliğe ait Ortalama ve Standart Sapma değerleri ( $\text{mm}^3$ ). | 61    |
| 4.3. MB ve ML kök kanallarının her üç kavite tipindeki enstrümante edilmeyen yüzey alanlarına ait veriler ( $\text{mm}^2$ ).        | 63    |
| 4.4. GGK, KGK ve NGK tasarımı uygulanan örneklerin MB kanallarına ait transportasyon değerleri ( $\mu\text{m}$ ).                   | 67    |
| 4.5. Üç kavite tipinin ortalama transportasyon ve standart sapma değerleri ( $\mu\text{m}$ ).                                       | 67    |
| 4.6. GGK, KGK ve NGK tasarımı uygulanan örneklerin ML kanallarına ait transportasyon değerleri ( $\mu\text{m}$ ).                   | 68    |
| 4.7. İkili karşılaştırmalarda ortalama transportasyon ve standart sapma değerleri.                                                  | 69    |

## 1. GİRİŞ VE AMAÇ

Endodontik tedavinin temel amacı, kök kanal sistemi içinde periradiküler dokuların iyileşmesine ve sağlığının korunmasına izin veren biyolojik olarak kabul edilebilir bir ortam yaratmaktır. Bakteriler, pulpal hastalıkların ana nedenlerinden biridir ve çürük, travmatik yaralanmalar, kırıklar yoluyla da kök kanal sistemine ulaşırlar (1). Bu bakterilerin kök kanal sisteminden uzaklaştırılması ve kök kanalının daha ileri düzeydeki kontaminasyonu önlemek endodontik tedavinin prognozunu etkileyen önemli bir faktördür (2). Bu amaçla uygulanan endodontik tedavilerde giriş kavitesi preparasyonu da kök kanal tedavisinin ilk ve önemli bir adımıdır (3). Geleneksel kavite (4) tasarımı uzun yıllar neredeyse değişmeden kalmıştır ve kök kanallarına ulaşmak için pulpa odası tavanını tamamen kaldırmak ve kök kanallarının temizleme ve şekillendirme etkinliğini arttırmak için kök kanallarına düz hatlı bir giriş oluşturmak üzere tasarlanmıştır (5). Bu tür kaviteler, dişin kırılma direncini zayıflatma potansiyeli ile kron ve kök yüzeylerindeki stresi de artırarak periservikal dentin de dahil olmak üzere diş yapısının çoğunu uzaklaştırır (6). Bu nedenle, geleneksel endodontik kavite tasarımına alternatif olarak “Minimal Invaziv Giriş Kavitesi” tasarımları geliştirilmiştir (7).

Minimal Invaziv Giriş Kaviteleri, geleneksel giriş kavitesine bir alternatif olarak sunulmuş ve mümkün olduğu kadar diş yapısını korumak ve böylece kök kanal tedavili dişlerin kırılma direncini arttırmak için savunulmaktadır (8, 9). Konservatif giriş kaviteleri (10), Ultrakonservatif (Ninja) giriş kaviteleri ve Truss giriş kaviteleri (11), Minimal Invaziv Giriş Kavitesi konseptinin farklı yaklaşımlarıdır (12). Konservatif giriş kaviteleri, pulpa odası tavanını kısmen koruyarak diş yapısının minimum düzeyde uzaklaştırılmasını hedeflerken, Ultrakonservatif (ninja), giriş kavitesi 90° veya daha fazla açı ile birbirine yaklaşan mine duvarları içererek pulpa odasının tavanını ve periservikal dentini mümkün olduğunca korur. Truss giriş kaviteleri ise, kaviteler arasında dentin korumasını üst düzeye çıkarmak için çok köklü dişlerde ayrı ayrı kaviteleri içerir (13).

Tercih edilen veya açılan giriş kavitesine bağlı olarak, el aletleri ve döner eğelerle kök kanalının temizleme ve şekillendirilmesi, çeşitli işlemsel hatalara neden

olabilir (14). Bunlar, uzunluk hataları (taşkın ve eksik doldurma), temizleme ve şekillendirme hataları (basamak oluşumu, apikal transportasyon, perforasyonlar ve alet kırılması) ve kanal dolgu kalitesindeki hataları (boşluklar, koniklik ve homojenite eksikliği) içerir (15). Sadece endodontik aletler ve preparasyon teknikleri değil, aynı zamanda kök kanal morfolojisi ve köklerin eğrilik derecesi de kök kanal tedavisinde işlemsel hatalara neden olarak tedavinin başarısını önemli ölçüde etkiler (16). Kök kanallarına düz hatlı bir girişin sağlanamadığı eğimli kanalların kök kanal preparasyonu zordur ve eğerin orijinal kanal yolundan sapma eğilimi daha yüksektir (17). Kanal transportasyonu, eğimli kanalların preparasyonu sırasında ortaya çıkan yaygın bir işlemsel hatadır (17). Apikal uçluda kanal transportasyonu sonucunda kök kanal temizliği yeterince yapılamamakta, kök kanal sisteminde debris ve mikroorganizmalar kalmakta ve kök kanal dolgusunun bütünlüğü bozulmaktadır (18). Hem *in-vivo* hem de *in-vitro* çalışmalarda kök kanal eğriliklerinin ölçümü için kullanılan farklı yöntemler rapor edilmiştir. Bunların arasında en yaygın olarak kullanılanları; Schneider yöntemi, Weine yöntemi ve Kanal Giriş Açısı (Canal Access Angle, CAA) yöntemidir (19). Schneider yöntemine göre kök kanal eğrilikleri 3 gruba ayrılır: Düz (5 derece veya daha az), orta derece (10-20 derece); ve şiddetli (25-70 derece) (20). Kök kanallarının yeterli temizleme ve şekillendirilmesi de giriş kavitesi şeklinden etkilenen diğer bir aşamadır. Kök kanallarının preparasyon etkinliği ne kadar başarılı olursa sonraki aşamalar olan dezenfeksiyon ve homojen bir kanal dolumu da o kadar başarılı olacaktır (21). Kök kanal tedavisi sonrasında kök kanallarındaki preparasyon etkinliğini değerlendirmede farklı teknikler kullanılmaktadır. Bunların arasında iki boyutlu radyografiler, dişlerden seri kesitler alınması ve son dönemlerde üç boyutlu değerlendirme sağlayan Mikro-Bilgisayarlı Tomografi (Mikro-BT) yer almaktadır. Mikro-BT endodontik kökenli ve endodontik kökenli olmayan patolojilerin teşhisinde, kök kanal morfolojisinin değerlendirilmesinde, kök ve alveolar kırıkların değerlendirilmesinde, internal ve eksternal kök rezorbsiyonunun analizinde ve kök ucu ameliyatlarında cerrahi öncesi planlamada kullanılmaktadır (22). Mikro-BT teknolojisi, kök kanal sisteminin incelenmesi ve diğer uygulamaların yanı sıra karmaşık morfolojinin endodontik tedavinin farklı aşamaları üzerindeki etkisini anlamak için ideal bir tekniktir (23).

Literatürde yer alan bu bilgiler doğrultusunda kullanılan giriş kavitesi tekniğine bağlı olarak kök kanal preparasyonu etkinliğinin değişeceğini ve kanal transportasyonunun oluşacağını öngörmekteyiz. Bu amaçla 3 farklı giriş kavitesi tekniği kullanılarak yapılan giriş kavitesi preparasyonu sonrasında, kök kanallarının temizleme ve şekillendirilme etkinliğini ve kanal transportasyonu oluşumunu Mikro-BT ile değerlendirmeyi hedefliyoruz. Mevcut çalışmanın sıfır hipotezi, kullanılan giriş kavitesi tekniğinin preparasyon etkinliği üzerine ve transportasyon oluşumuna etkisinin olmayacağı yönündedir.

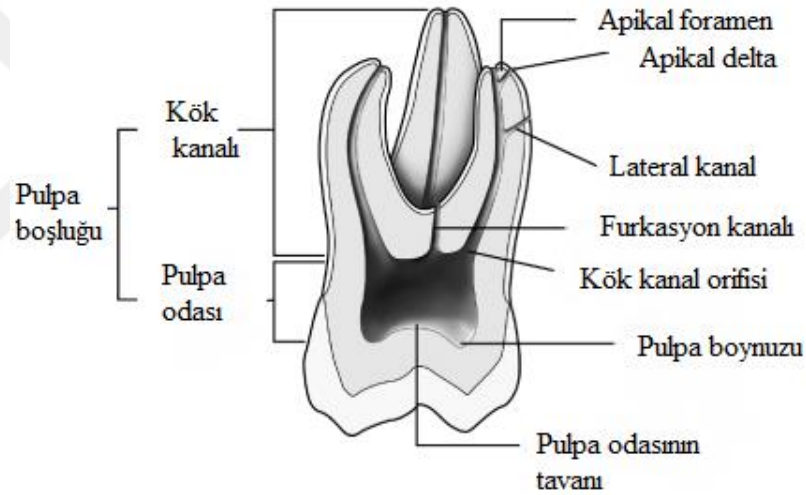


## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Diş ve Pulpa Odasının Anatomisi

Kök kanal tedavisinin başarılı olması için kök kanal anatomisinin ve varyasyonların bilinmesi gerekir (24). Dişte pulpanın mevcut olduğu boşluğa pulpa boşluğu denir. (Şekil 2.1). Pulpa boşluğunun ana hatları dişin dış konturuna karşılık gelir (25). Kök kanal sistemi pulpa odası ve kök kanallarından oluşur (26).

Pulpa boynuzları, lateral, aksesuar ve furkasyon kanalları, kanal girişleri, kanallar arası bağlantılar, apikal deltalar ve apikal foramen kök kanal sisteminin diğer bileşenleridir (27).



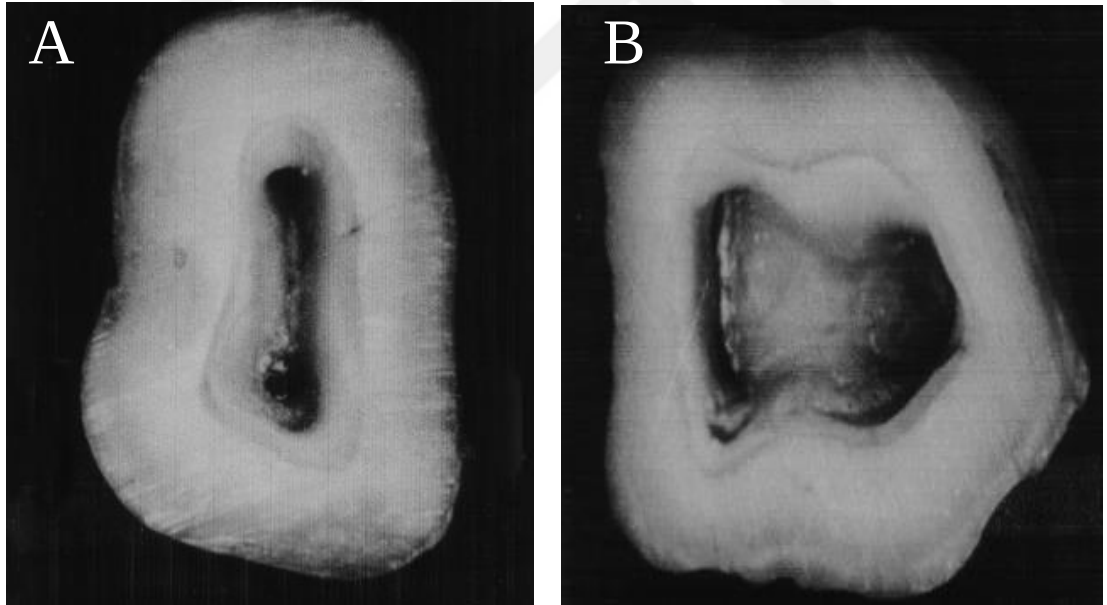
**Şekil 2.1.** Kök kanal sisteminin ana anatomik bileşenleri (27).

Pulpa odası ve kök kanal girişlerinin lokalizasyonunu belirlemek için, Krasner ve Rankow, 500 adet çekilmiş dişin pulpa odasını değerlendirdikten sonra, bazı kurallar ortaya koymuştur. Bu kurallar pulpa odasının konumuna ek olarak, kök kanallarının sayısını belirlemede yardımcı olabilir (28).

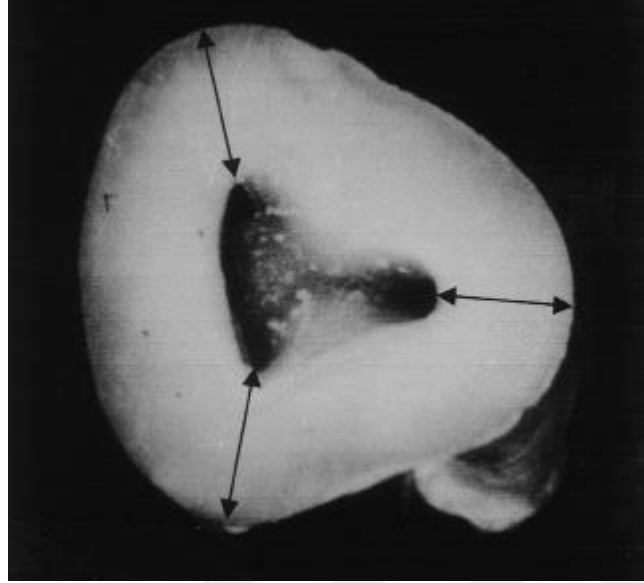
Krasner ve Rankow'un kuralları:

- **Merkezlilik Kuralı:** Pulpa odasının tabanı her zaman mine-sement birleşimi (MSB) seviyesinde dişin merkezinde yer alır (Şekil 2.2 A).

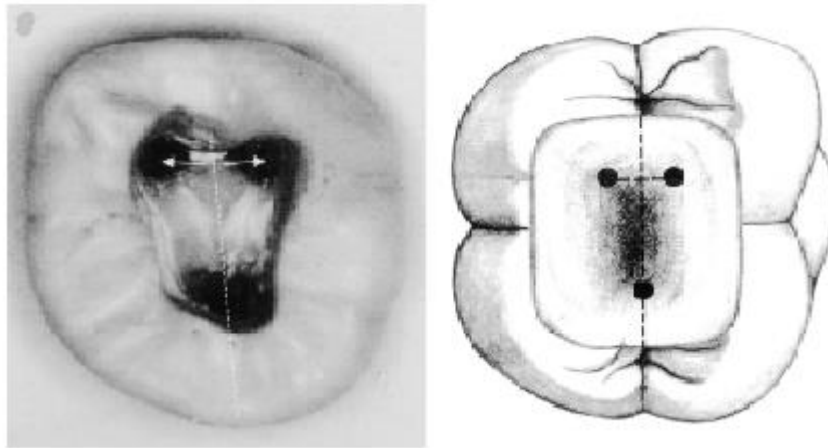
- **Eş Merkezlilik Kuralı:** Pulpa odasının duvarları her zaman MSB seviyesinde dişin dış yüzeyiyle eş merkezlidir (Şekil 2.2 B).
- **Mine Sement Birleşim Kuralı (MSB):** Pulpa odasının konumunu belirlemek için en tutarlı, tekrarlanabilir bir lokasyondur. Klinik kronun dış yüzeyinden pulpa odasının duvarına olan mesafe, dişin mine sement sınırı boyunca her yerde aynıdır (Şekil 2.3).
- **Simetri Kuralı:** Maksiller molar dişler hariç, kanalların girişleri, pulpa odası tabanında mesio-distal yönde çizilen hatta paraleldir ve bu hatta çizilen dik bir çizgi üzerinde yer alırlar (Şekil 2.4).
- **Renk Değişimi Kuralı:** Pulpa odası her zaman duvarlardan daha koyu bir renge sahiptir.
- **Kanal Girişi Lokalizasyonu Kuralı:** Kanallarının girişleri her zaman duvar ve tabanın birleştiği yerde bulunur. Kök kanallarının girişleri, kökün gelişimsel füzyon çizgilerinin bittiği yerde bulunur (28).



**Şekil 2.2.** A) Pulpa odası dişin merkezindedir. B) MSB’de pulpa odası duvarları dişin dış yüzeyine paralel seyreder (28).



**Şekil 2.3.** Pulpa odası duvarlarının kökün dış yüzeyine olan mesafesi her yönde eşittir (28).



**Şekil 2.4.** MSB’de kanal girişleri mesio-distal hatta çizilen çizgiden eşit uzaklıkta ve birbirine paraleldir (Üst molar dişler hariç) (28).

## 2.2. Endodontik Giriş Kaviteleri ve Prensipleri

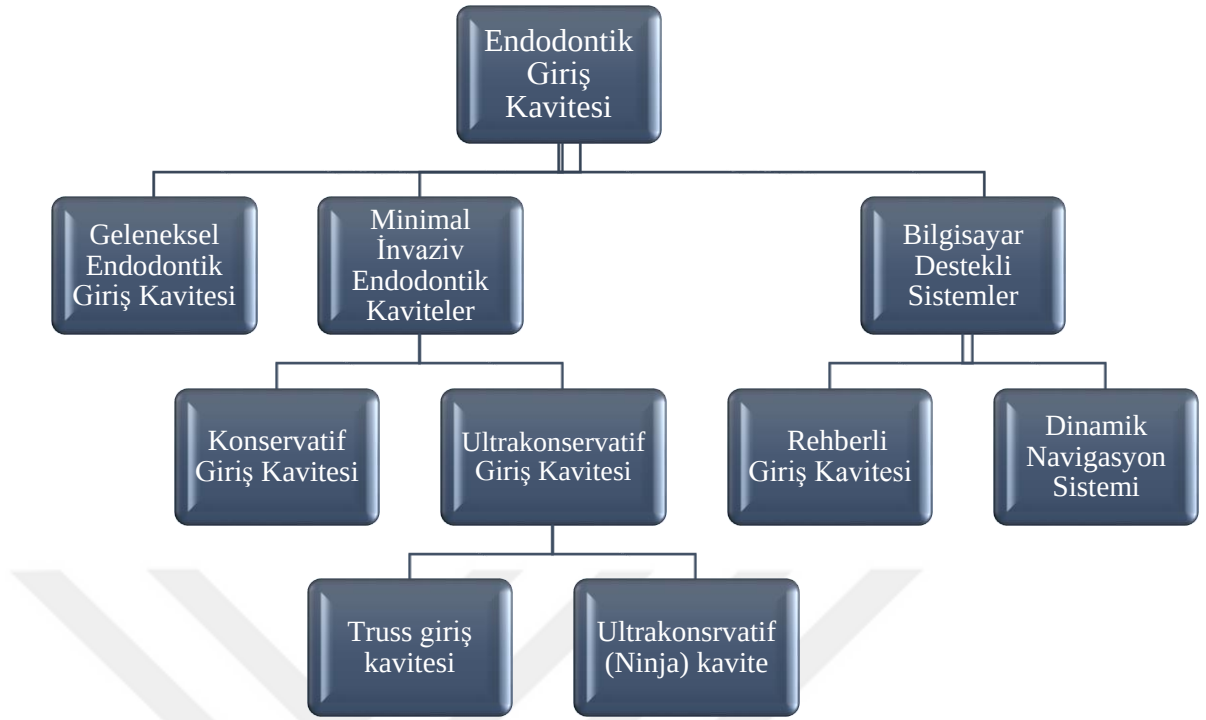
Kök kanal tedavisindeki ana hedefimiz kök kanal sisteminde bulunan bakterileri minimize ederek etkili enfeksiyon kontrolü sağlamak için uygun bir ortam oluşturmaktır (29). Başarılı bir endodontik tedavi için de ilk adım giriş kavitesi hazırlığıdır (30). Endodontik giriş kavitesi preparasyonu, “Temizleme, şekillendirme

ve doldurma amacıyla kök kanal sistemine giriş sağlamak için bir dişte hazırlanan açıklık” olarak tanımlanır (31).Giriş kavitesi hazırlığının ana hedefi de; kök kanallarının temizleme ve şekillendirilmesi için engelsiz bir yola izin veren düz bir giriş yolu oluşturmaktır (32). Böylece; gereken temizleme ve şekillendirme, boy ölçümü, kök kanalının dezenfeksiyonu, kanal içi ilaç yerleştirilmesi ve sonuçta yeterli bir sızdırmazlık için kök kanalının homojen bir şekilde doldurmasına izin verecek bir giriş kavitesi oluşturulmuş olacaktır. Sonraki tedavi aşamalarının başarısını etkileyecek olan bu temel aşama, büyük önem taşır (33, 34). Yetersiz ve kötü açılan bir giriş kavitesi, kalan teknik aşamaları tehlikeye atacak ve işlemsel hata riskinin artmasına veya başarısız bir tedavinin gerçekleşmesine neden olacaktır (35, 36). Uygun bir giriş kavitesi formunun hazırlanamaması; perforasyon, alet kırılması, bulunamayan kanallar, yetersiz dezenfeksiyon ve düzgün olmayan kök kanal dolumu gibi işlemsel hatalara ve komplikasyonlara neden olabilir (37).

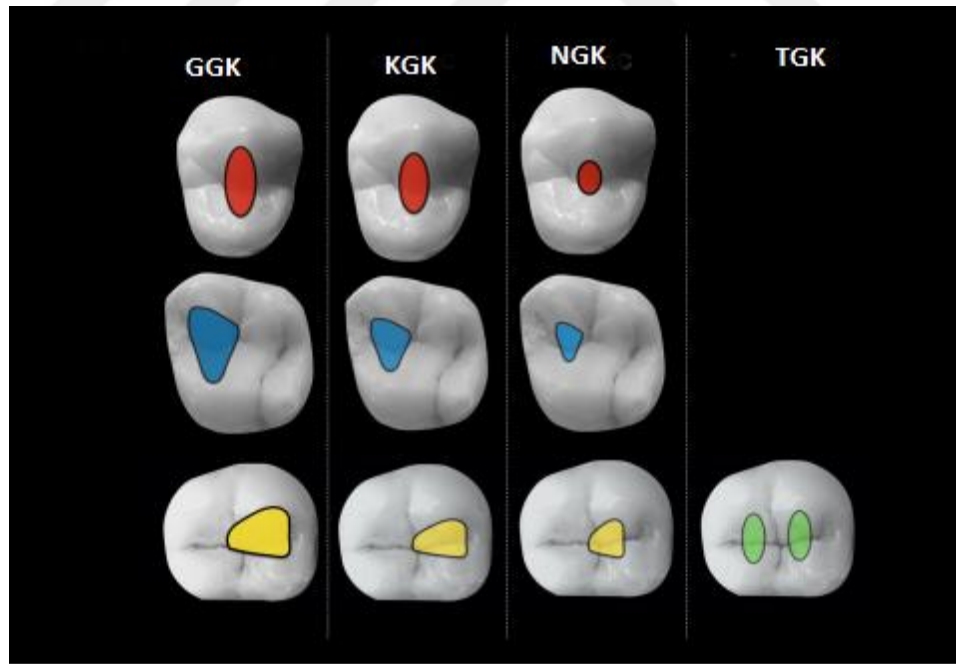
Giriş kavitesi preparasyonunun temel amaçları:

1. Çürüğü ortadan kaldırmak,
2. Pulpa odasının tavanını kaldırmak,
3. Sağlam diş yapısını korumak,
4. Tüm kanal girişlerini lokalize etmek,
5. Tüm vital veya nekrotik pulpa dokusunu çıkarmak
6. Kanallara düz bir giriş yolu sağlamaktır (21).

Şekil 2.5’te Endodontik giriş kaviteleri şematize edilmiştir.



Şekil 2.5. Endodontik Giriş Kaviteleri.



Şekil 2.6. Maksiller premolar, molar ve mandibular molar dişlerinde 4 farklı giriş kavitesi tasarımının (GGK, KGK, NGK ve Truss GK) gösterimi. Truss giriş kavitesi esas olarak mandibular molar dişlerde tanımlanmıştır (38).

Geleneksel Giriş Kavitesi tasarımı (GGK) uzun yıllar değişmeden kalmıştır ve sadece küçük değişiklikler yapılmıştır (39). GGK preparasyonu hazırlığında gerekli diş yapısının uzaklaştırılması, fonksiyonel yükler altında dişin kırılma dayanıklılığını zayıflatabilir (40, 41). Kaybedilen diş miktarı, endodontik tedavi görmüş dişlerin kırılmaya eğilimli olmasının temel nedenlerinden biridir (42). Endodontik olarak tedavi görmüş dişlerin en sık çekim nedeni dişlerin kırılmasıdır (43, 44). Bu dezavantajlı durum göz önünde bulundurularak, zamanla kavite hazırlığında bazı değişiklikler yapılmıştır.

Clark ve Khademi (45), minimal invaziv diş hekimliği konseptinden esinlenerek, kavite preparasyonuna “Minimal Invaziv Erişim” adı verilen yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Bu yaklaşımların ilki olan Konservatif Giriş Kavitesi tasarımı (KGK), son zamanlarda, pulpa tavanını ve periservikal dentinin bir kısmını korurken, diş yapısının uzaklaştırılmasını en aza indirmenin bir yolu olarak kabul edilmiştir (45, 46). Artık günümüzde, Dental operasyon mikroskobu (DOM), Konik Işınli Bilgisayarlı Tomografi (KIBT) gibi teknolojik yenilikler sayesinde endodontik tedavinin daha konservatif olması ve sağlam dentinin korunması gerçekleştirilebilmektedir (47). Ek olarak bu teknolojik ilerlemeler ile ekstra kanalların ve karmaşık anatomik varyasyonların saptanması da artmıştır (48).

### **2.2.1. Geleneksel Giriş Kavitesi (GGK)**

Crane yaklaşık 100 sene önce (1920) geleneksel giriş kavitesi tasarımının ilk tanımlarından birini yapmıştır. Ona göre “Giriş kavitesi her bir kanala doğrudan engelsiz bir giriş sağlayacak şekilde açılmalıdır ve mümkün olan her yerde pulpa odasının duvarları korunmalıdır” (49).

GGK tasarımları 1965'te John Ingle tarafından tanımlanmıştır (39). Aslında Ingle, Black (1908) tarafından önerilen, kavitenin dış hattının formu, uygun form, retansiyon formu, rezistans formu ve korumak için genişletme prensibi dahil olmak üzere bu kavite preparasyon prensiplerini endodontiye uyarlamıştır.

Uygun form; kavitenin yan duvarlarını genişleterek apikal foramene doğrudan erişim sağlamaktır, korumak için genişletme prensibi ise; kolay bir giriş sağlamak ve

komplifikasyonları önlemek için giriş kavitesini ve kök kanal sistemini tüm boyutlarda genişletmeyi amaçlamaktır (39). Retansiyon formu restorasyona ve kalan diş yapısına vertikal yönde gelen kuvvetlere karşı gösterilen direnci ifade ederken, rezistans formu da lateral ve rotasyonel kuvvetlere karşı gösterilen direnci ifade eder (50).

Genel olarak, GGK preparasyonu üç temel aşamada özetlenebilir:

1. Pulpa odasının tavanının ve servikal dentin çıkıntılarının tamamen kaldırılması,
2. Kök kanal girişlerine engelsiz bir yolun oluşturulması,
3. Dişin sağlam yapısının korunması (51, 52).

GGK hazırlığı öncesinde kök kanal morfolojilerinin bilinmesi, kanal girişlerinin sayısı, olası varyasyonların bilinmesi de kavite hazırlığını hem kolaylaştıracak hem de oluşabilecek kavite hatalarını en aza indirgeyecektir. Bu amaçla aşağıda tüm diş gruplarının geleneksel kavite hazırlığı ile beraber kök kanal anatomilerine de kısaca değinilecektir.

Geçmişten günümüze Weine ve arkadaşları (1969), Vertucci ve arkadaşları (1974) ve Weine (1982) tarafından kök kanal konfigürasyonlarını tanımlamak için sınıflamalar oluşturulmuştur (53). En sık kullanılan sınıflandırmalardan olan Vertucci sınıflaması 8 tip içermektedir (Şekil 2.7):

**Tip I:** Pulpa odasından apekse kadar devam eden tek bir kanal (1-1).

**Tip II:** Pulpa odasından çıkan iki ayrı kanal, apekse yakın bir yerde birleşerek tek bir kanal oluşturur (2-1).

**Tip III:** İkiye ayrılan ve daha sonra birleşerek tek bir kanal olarak sonlanan tek bir kanal (1-2-1).

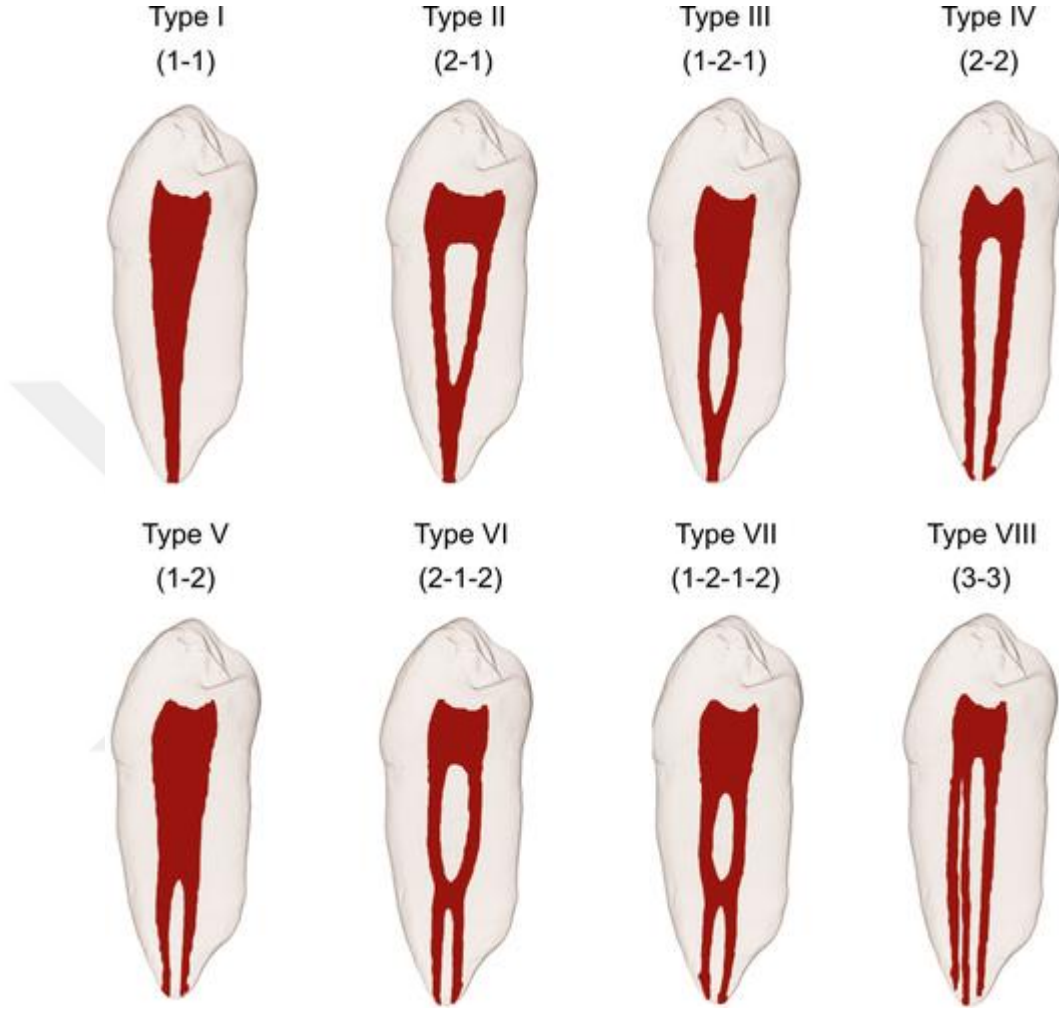
**Tip IV:** Pulpa odasından apekse kadar devam eden iki farklı kanal (2-2).

**Tip V:** Pulpa odasından çıkan ve apekte iki ayrı kanala ayrılan tek bir kanal (1-2).

**Tip VI:** Pulpa odasından çıkan, kökün ortasında birleşen ve apekte tekrar iki ayrı kanala ayrılan iki farklı kanal (2-1-2).

**Tip VII:** Kök ortasında iki ayrı kanala ayrılan, birleşen ve ayrılan tek bir kanal (1-2-1-2)

**Tip VIII:** Pulpa odasından apekse kadar devam eden üç farklı kanal (3-3).



**Şekil 2.7.** Vertucci'nin kök kanal morfolojisi sınıflandırmasının şematik gösterimi (53).

**Maksiller Santral Kesici diş;** tek köklü ve tek kanallı dişlerdir. Düz bir köke sahiptir veya kökü distale eğimlidir. Özellikle genç bireylerde bulunan pulpa boynuzu 2 veya 3 tanedir. (26). Giriş kavitesi dişin palatinal yüzeyinde ortada olacak şekilde tabanı insizal kenarda tepesi singulum hizasında olan yuvarlatılmış üçgen şeklinde açılır. Giriş kavitesine rond frez palatinal yüzeyin ortasından dişin uzun aksına 45 derecelik açıda tutularak başlanır, pulpa odasına ulaştıktan sonra frez dişin uzun eksenini boyunca paralel olarak ilerletilir. Kanal tespit edildikten sonra zayıflamış tüm yapılar

ile lingualdeki sırt kaldırılmalıdır. Giriş kavitesi singulumu ve insizal kenarı içermemelidir (54).

**Maksiller Lateral Kesici diş;** tek köke ve tek kanala sahiptir. Santral kesiciye göre daha küçük kron ve köke sahiptir. Kökün eğimi distal ya da palatinal yöndedir. Özellikle gençlerde pulpa boynuzu 2 tanedir. Giriş kavitesi santral dişteki gibidir (26). Giriş kavitesi formu yuvarlatılmış üçgen veya oval şekilli olabilir. Üst lateral kesici dişlerde gelişimsel oluk ve Dens Invaginatus, Talon Tüberkülü, Palatogingival Oluk gibi gelişim varyasyonlara sık rastlanır (55).

**Maksiller Kanin diş;** tek kök ve kanala sahiptir. Pulpa boynuzu bir tanedir. Giriş kavitesi palatinal yüzeyde ve ortada oval olacak şekilde açılır. Maksiller kanin dişinin kök boyu tüm dişlere kıyasla en uzundur (56). Kavite hazırlığı sırasında referans noktasının belirlenebilmesi için kavitede bazı değişikliklere gidilebilir.

**Mandibular Santral ve Lateral Kesici diş;** kron ve pulpa odası şekli açısından çok benzer özelliklere sahiptirler. Tek köklüdürler (26). Alt kesici dişlerin %41,4'ünde iki kanal bulunurken, sadece %1,3'ünde ayrı iki apeks bulunur; iki kanalın çoğu dişin apikal bölgesinde birleşir (57). Giriş kavitesi lingual yüzeyin ortasında oval şekilde açılır. Lingual sırt kaldırılarak ve kavitede singulumdan insizal kenara uzatılarak yapılan genişletme ise ikinci kanalın bulunmasını kolaylaştırır (58). Mandibular kesici dişlerde kök kanal tedavisi başarısızlığının en yaygın nedeni, tedavi edilmemiş kanallardır.

**Mandibular Kanin diş;** mandibulada bulunan en uzun boya sahip diştir. Tek köke ve kanala sahiptir. Üst kanin ile yapısal olarak bezerlikleri vardır ancak daha küçüktür. Giriş kavitesi lingual yüzeyin ortasında oval şekilde açılır. İki ayrı veya apikalde birleşen çift kanal bulunabilir (59). İkinci kanalın tespiti ve kanallara rahat bir giriş için lingualdeki sırt kaldırılmalıdır.

**Maksiller Birinci Premolar diş;** giriş kavitesinin başlangıç yeri santral oluğun tam ortasıdır. Pulpa odasına girince giriş kavitesi oval şekilde genişletilir (60). Bu dişlerin kök ve kanalları sayı, anatomik yapı ve lokalizasyon açısından birçok farklılığa sahiptir. %60 vakada iki kök ve iki kanala sahiptir. Bu kök kanalları palatinal

ve bukkal olarak bulunmaktadır. Bir kanal (%8,6) veya üç kanal (%1,6) olması nadirdir. Üç kanal varsa, iki bukkal kanal ve bir palatinal kanal olacaktır (61). Kök apeksleri maksiller sinüs ile ilişkili olabilir (62).

**Maksiller İkinci Premolar diş;** giriş kavitesi okluzal yüzeyin ortasında bukko-palatinal doğrultuda oval biçimde açılır ve eğer tek kanal mevcutsa kavitenin tam merkezindedir. Vertucci sınıflamasının tüm modifikasyonlarının görülebileceği tek diştir. Genellikle tek köke ve tek kanala sahiptir. Üst ikinci premolar dişler şu konfigürasyonlardan birine sahip olabilir:

- Bir kanal (%48,66)
- İki kanal (%50,64) veya
- Üç kanal (%0,66) (63).

Kök apeksi maksiller sinüs tabanına yakın olduğundan kök kanalları dikkatlice şekillendirilmeli ve doldurulmalıdır (62).

**Mandibular Birinci Premolar diş;** Kesici dişlere kıyasla daha büyük krona, fakat ince ve kısa köklere sahiptir. Kök kanal şekli ovaldir ve giriş kavitesi okluzal yüzeyin merkezinde olacak şekilde oval olarak açılır. Bu dişlerin çoğunda tek kanal bulunur; bununla birlikte, bazı dişlerde kök kanalı orta üçlü veya apikal üçlü arasında dallanabilir (61).

Trope ve arkadaşları (64), çalışmalarındaki hastaların %10,9'unda iki köklü en az bir mandibular premolar diş olduğunu göstermişlerdir. Scott ve Turner (65), birinci mandibular premolar dişin bu lingualde bulunan aksesuar kökünü “Tome kökü” olarak tanımlamaktadır. Paralaks radyografiler, bu tür kök kanal sistemlerinin anatomisini belirlemeye yardımcı olmak için önemlidir (66).

**Mandibular İkinci Premolar diş;** genellikle tek köke ve tam ortada olan tek kanala sahiptir. Okluzal yüzeyin merkezinde yuvarlak biçimde olacak şekilde giriş kavitesi hazırlanmalıdır. Kök apeksi distal yönde eğimlidir ve foramen mentale ile yakın ilişkidir. Alt ikinci premolar dişlerin kök morfolojisi ve kanal morfolojisi son derece karmaşık ve oldukça değişken olabilir (10, 67).

Genellikle pulpa dokusu içeren, mine ve dentinden oluşan aksesuar bir tüberkül varlığı ile karakterize bir gelişimsel anomali olan Dens Evaginatus sıklıkla mandibular premolar dişlerde görülür (4). Genellikle pulpa nekrozu ve periapikal enfeksiyona yol açabilen bu tüberkülün kırılması veya aşınması klinik olarak önemlidir (68).

**Maksiller Birinci Molar diş;** ikisi bukkalde ve biri palatinalde olmak üzere 3 kökü ve 3 kanalı bulunur. Fakat mesiobukkal (MB) kökte apikalde birleşebilen ya da ayrı apeks ile sonlanan iki kanal olma olasılığı yüksektir. (69, 70).

Dört tüberkülü ve dört pulpa boynuzu vardır. Giriş kavitesi kenarları eşit olmayan dörtgen (romboid) şeklindedir. Dörtgenin en kısa kenarı palatinaldedir, en uzun kenar ise mesialdir. Giriş kavitesi preparasyonuna santral oluğun merkezinden başlanır. Kavite oblik sırt korunarak okluzal yüzün mesial yarısında açılır. MB kanal MB tüberkülün altındadır. Distobukkal (DB) kanal ise MB kanalın 2-3 mm distalinde ve palatinalinde konumlanır. Giriş kavitesi ikinci kanal bulunabilecek şekilde açılmalıdır. Nadir durumlarda MB kökte üçüncü bir kanal bulunabilir.

Stropko (71) tarafından yapılan bir araştırmada MB2 kanalının yüzdesini belirlemek amacıyla geleneksel olarak tedavi edilmiş 1732 tane maksiller molar diş incelenmiştir. İncelenen dişlerin 1096'sı birinci molar, 611'i ikinci molar ve 25'i üçüncü molar diş idi. 802 (%73,2) birinci molar dişte, 310 (%50,7) ikinci molar dişte ve 5 (%20,0) üçüncü molar dişte MB2 kanalı bulunmuştur. Birinci molar dişlerin %54,9'unda, ikinci molar dişlerinin %45,6'sında kanallar ayrı bir apeks ile sonlanmıştır ve tüm üçüncü molar dişlerde MB kanallar birleşmiştir.

Operatör deneyimi ve klinikte geçen süre arttıkça, rutin olarak DOM kullanıldıkça ve mikroendodonti için tasarlanmış özel aletler kullanıldıkça, MB2 kanalı birinci molar dişlerin %93'ünde ve ikinci molar dişlerin %60.4'ünde lokalize edilmiştir (71).

**Maksiller İkinci Molar diş;** mesio-distal genişliği birinci molar diş ile karşılaştırıldığında daha küçüktür. Giriş kavitesi birinci molar diş gibi dörtgen şeklinde açılmalıdır. Pulpa odası dişin mesial yarısındadır (21).

İki bukkal ve bir palatinal kökü; her kökte ise bir kanal bulunur. MB kökte MB2 kanalının varlığı %70 olarak bildirilmiştir (71).

**Mandibular Birinci Molar diş;** en sık endodontik prosedür gerektiren dişlerdir (72). İki kanallı mesial kökü ve tek kanallı bir distal kökü vardır. Distal kökte genellikle tek kanal bulunur ancak iki kanal olan vakalar da mevcuttur. Mesial kökte bulunan mesiobukkal (MB) ve mesiolingual (ML) kanal %90 vakada 2 ayrı foramen ile sonlanır. Mesial kanallar arasında orta mesial kanal (MMC) bulunabilir (73, 74); bu sadece iki mesial kanal arasındaki geniş bir anastomoz olabilir veya ayrı apeks ile sonlanan ayrı bir kanal olabilir (75).

Giriş kavitesi yuvarlatılmış yamuk biçiminde dişin mesial kısmında açılmalıdır (52). Distal kanal en geniş kanaldır ve kolaylıkla bulunabilir. MB kanal MB tüberkülün altındadır. Mesiolingual (ML) kanal ise ML tüberkülün ya da merkezi oluğun altındadır.

Mandibular birinci molar dişlerde ekstra kökler bulunabilir: Radix Entomolaris, mandibular molar dişlerde distolingualde yer alan, Radix Paramolaris (76) ise mesiobukkalde yer alan ekstra bir köktür (77).

**Mandibular İkinci Molar diş;** kronu birinci molar dişten biraz daha küçüktür ve daha simetrik. Genellikle 2 mesial, 1 distal kanalı bulunur. Ama bir, iki, üç veya dört kök kanalına da sahip olabilir. Giriş kavitesinin şekli ve pulpa odasının anatomisi birinci molar dişine benzer.

C şekilli kanalların en çok görüldüğü dişler mandibular ikinci molar dişlerdir (78). Cooke ve arkadaşları horizontal kesitlerde kök kanal şeklini C harfine benzettikleri için “C şekilli” olarak tanımlamıştır (79). Weine yaptığı bir araştırmada 811 tane tedavi edilen mandibular ikinci molar dişin 62’sini (%7.6) C şekilli olarak belirtilmiştir (80). Genelde çenenin iki tarafında da görülürler ve en çok Çin, Kore (%31,5) gibi Asya kökenli kişilerde tespit edilmiştir (81). Manning (82) C şekilli kanal yapısının sebebinin Hertwig epitel kök kılıfının lingual veya bukkal kök yüzeyinde kaynaşmaması olduğunu veya köklerin arasında sement birikmesi ile oluşabileceğini belirtmiştir.

### 2.2.2. Minimal Invaziv Endodonti (MIE) ve Giriş Kaviteleri

Endodontik tedavinin temel amacı, apikal periodontitisi önleyerek ve/veya tedavi ederek fonksiyon gören bir dişin prognozunu uzatmaktır. Bununla birlikte, iyi bir endodontik prognoz, kök kanal preparasyonu sırasında dişlerin “yapısal bütünlüğü” ve final restorasyonunun kalitesi dahil olmak üzere çeşitli koşullara bağlıdır (83). Başarılı bir kanal tedavisi, dişin ağızda önemli bir süre normal şekilde işlevini sürdürme olasılığını artırır (84).

Endodontik tedaviden sonra bir dişin ömrü kalan doku miktarına ve dişin iyileşmesine bağlıdır (85). Kök kanal tedavisi işlemlerinin bir sonucu olarak, tedavi edilen diş, sert dokusunu kaybeder ve kırılmaya daha yatkın hale gelir (40).

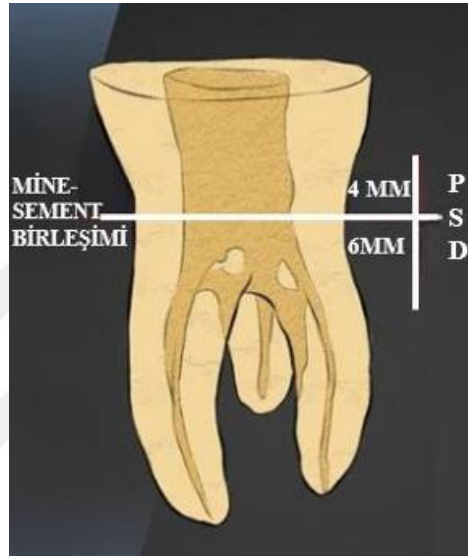
Minimum diş yapısı kaybı ile “Minimal Invaziv Endodonti (MIE)”, endodontik işlemlerin ve aletlerin uygulanması için klinik bir stratejidir. MIE olarak bilinen bu yenilikçi yöntem, tedaviden sonra yapısal değişiklikleri en aza indirmeye odaklanan farklı bir yaklaşımı benimser (86).

Dişin retansiyonu ile birlikte pulpa ve periapikal hastalığın önlenmesi MIE’nin ana hedefleridir. Bu çerçevede özellikle koronal ve radiküler dentinin korunması için diş yapısının ve destek dokularının korunması gerekmektedir (87). Pulpa hastalıklarının ve apikal periodontitisin tedavisi ve önlenmesinin yanı sıra mümkün olduğu kadar sağlam dokuyu korumak, güvenli, doğru ve zaman kazandıran MIE yönteminin bir parçasıdır (88).

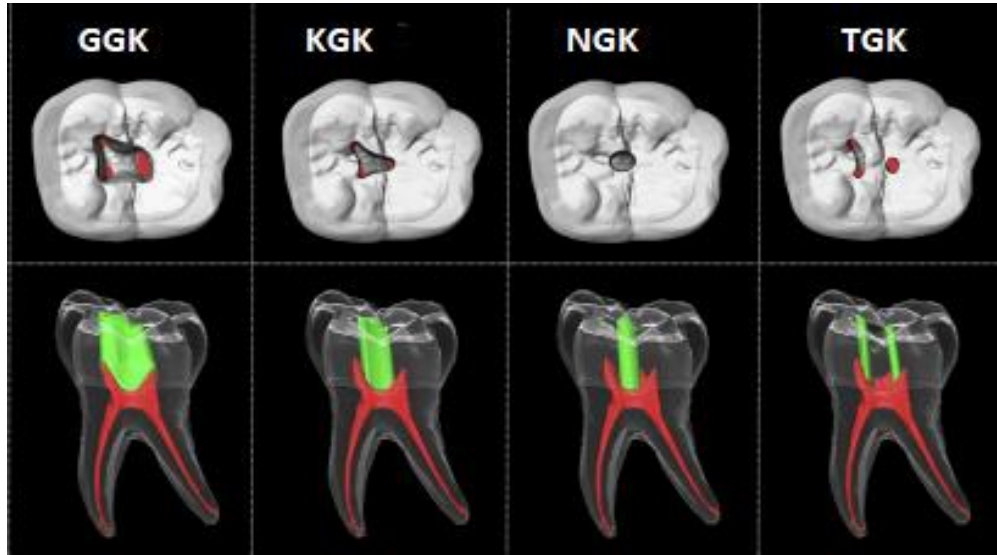
Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT) taramaları, gelişmiş mikroskoplar, benzersiz giriş tasarımları ve yaratıcı giriş kaviteleri gibi yeni materyaller ve teknolojinin gelişmesi nedeniyle endodontik işlemler daha konservatif hale gelmektedir (89). Bu endodontinin girdiği yeni dönem, dental sağlığın ilerleyici gelişimine katkı sağlamaktadır.

Güncel literatürde yerini alan MIE, diş yapısının kaybını en aza indirmek ve pulpa odası tavanının ve periservikal dentinin bir kısmını korumak için konservatif endodontik kavite preparasyonu kullanımını önermektedir.

Minimal invaziv yaklaşım ile restore edilmiş dişin kırılma direncini artırmak için GGK'lere alternatif olarak maksimum diş yapısını koruyan konservatif endodontik kaviteleri ilk olarak Clark ve Khademi ve arkadaşları tanıtmıştır (8, 9). Amaç, fonksiyonel kuvvetlerin dağılımına izin vermek için alveolar kretin üstünde 4 mm ve altında 6 mm'lik dentin bandı olan Periservikal Dentini (PSD) korumaktır (Şekil 2.8) (90). PSD okluzal stresleri kökün uzun eksenini boyunca dağıtır. PSD'nin kaybı kök yapısının zayıflamasına ve vertikal kök kırığına karşı direncin azalmasına sebep olur (91).



**Şekil 2.8.** Periservikal dentinin konumu.



**Şekil 2.9.** Geleneksel, Konservatif, Ultra konservatif (Ninja) ve Truss giriş kavitelerini gösteren bir mandibular birinci molar dişin Mikro-BT gösterimi. Yeşil alan, kavite preparasyonu sırasında uzaklaştırılan diş dokusunu temsil eder (92).

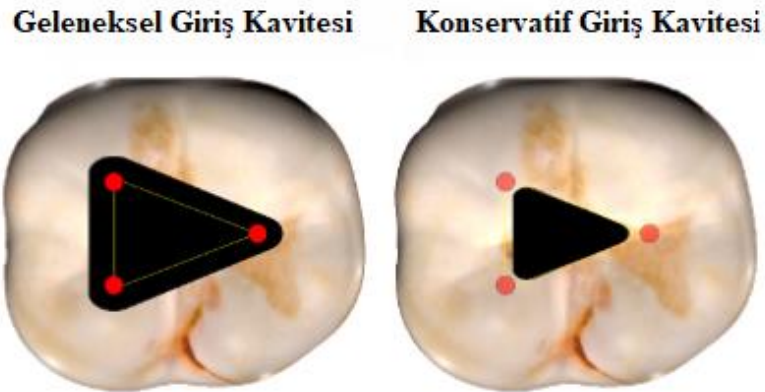
### 2.2.3. Konservatif Endodontik Giriş Kavitesi (KGK)

KGK, endodontik tedavi görmüş dişlerin mekanik direncini korumada ve dolayısıyla uzun süreli prognozda ve fonksiyonlarını devam ettirmede geleneksel kavitelere bir alternatif olarak kabul edilmektedir (8, 9). Hiçbir restoratif materyal veya kullanılan teknik, kayıp dentinin mekanik özelliklerini karşılayamayacağından, dentini korumak için gösterilen çaba, kök kanal tedavili dişleri daha dirençli hale getirmek için çok önemlidir (8). Endodontik uygulamalarda dentini korumayı mümkün hale getiren teknolojik gelişmelerden bazıları esnek döner aletler, büyütme, üstün aydınlatma, geliştirilmiş kök kanal irrigasyon sistemleri ve üç boyutlu görüntüleme yöntemi olan KIBT kullanımıdır (48, 93).

Boveda ve Kishen'e (94) göre KGK:

- Diş dokusundan önce restoratif materyalin,
- Dentinden önce minenin ve
- Periservikal dentinden önce okluzal diş dokusunun çıkarılmasını hedefler.

KGK, GGK'lerin kısıtlanmış bir şekli gibidir (Şekil 2.10). Kök kanal girişlerine erişime izin veren küçük okluzal açıklık olarak da tanımlanır (95). Giriş santral fossadan başlar ve küçük eğelerle kanal ağzlarını tespit etmek için gerektiği kadar uzatılır (96). Bu kavite tasarımı periservikal dentini ve pulpa odası tavanının bir kısmını korur ve tüm kök kanal girişlerinin farklı ayna açıları ile görülebilmesini amaçlar (88). Böylece daha az dentin kaybı sonucunda dişe yapısal destek sağlanmış olacaktır.



**Şekil 2.10.** Geleneksel ve konservatif giriş kaviteleri (92).

#### 2.2.4. Ultrakonservatif (Ninja) Giriş Kavitesi (NGK)

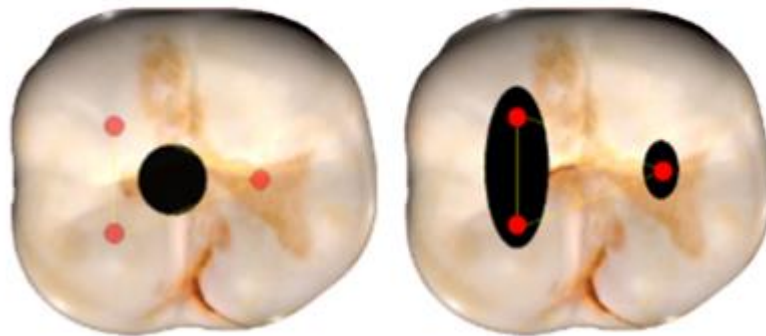
Ultrakonservatif veya ninja giriş kavitesi tüm kanal girişlerinin bulunmasını ve bunlara girişi sağlayan okluzal yüzeydeki açıklıktır (30). Kaviteye santral fossadan veya okluzal yüzeyin en derin kısmından başlanır ve minimum miktarda diş dokusu uzaklaştırılarak apikal olarak ilerletilir (97). Bu küçük açıklıktan tüm kanallara ulaşılmalıdır. Ninja kavite 90° veya daha fazla açı ile birbirine yaklaşan mine duvarlarını içerir (30).

Ultrakonservatif giriş kavitesi, görünürlük ve çalışma rahatlığı pahasına mümkün olduğu kadar çok diş yapısını korumayı ve pulpa odası tavanı ile periservikal dentini korumayı amaçlar (98). Elnaga ve arkadaşları (99), bu yaklaşımın, dişlerin kırılmaya karşı direncini arttırdığını ve karmaşık, daha pahalı restorasyonlara olan ihtiyacı azalttığını bildirmiştir.

#### 2.2.5. Truss Endodontik Giriş Kavitesi (TGK)

Truss giriş kavitesi okluzal yüzeyden tüm kanal girişlerine doğrudan giriş sağlayarak pulpa odası tavanının tamamının kaldırılmasını önler (38). Mandibular molar dişlerde mesial ve distal olarak iki ayrı, maksiller molar dişlerde ise mesiobukkal, distobukkal ve palatinal olarak üç ayrı açıklık ile kavite hazırlanır (12, 13). Böylece kanallar arasındaki dentin köprüsü korunur (Şekil 2.11) (100).

**Ultrakonservatif (Ninja) Giriş Kavitesi      Truss Giriş Kavitesi**



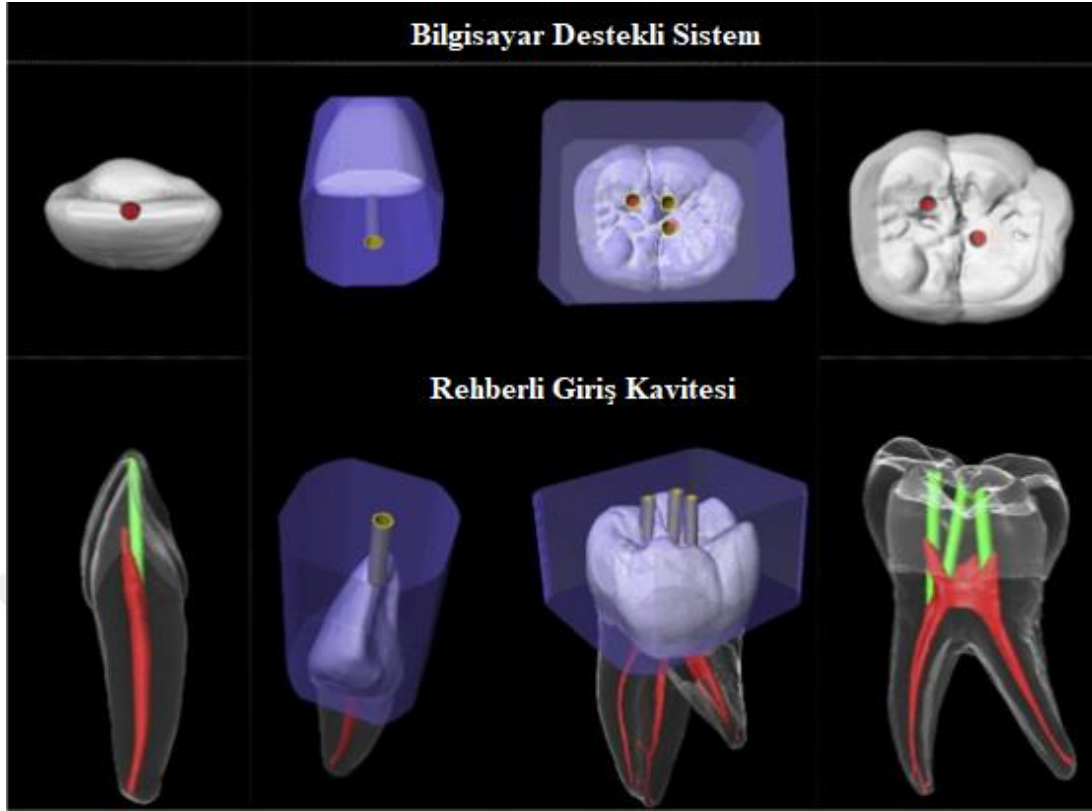
**Şekil 2.11.** Ultrakonservatif ve Truss giriş kaviteleri (92).

### 2.2.6. Bilgisayar Destekli Giriş Kaviteleri

Kalsifiye kök kanallarını tedavi etmek endodontide komplike olan vakalardır. DOM ve KIBT görüntülemenin uygulanması, birçok kalsifiye kanalın tedavisini kolaylaştırmıştır (101). Ancak, bu yeniliklere rağmen, diş önemli derecede zayıflatabilen aşırı diş dokusu kaybı veya perforasyonlar meydana gelebilir (102). Bu tür komplikasyonların üstesinden gelmek ve daha az diş dokusu kaldırılarak kök kanal girişinin doğru lokalizasyonunu belirlemek için “Bilgisayar Destekli Sistemler” sunulmuştur. Bilgisayar destekli giriş kaviteleri, diş dokusunu korurken kök kanal boşluğuna öngörülebilir bir yol oluşturmak için yazılım ve 3 boyutlu görüntüleme kullanımını içeren minimal invaziv bir yöntemdir (103). Bilgisayar destekli giriş kaviteleri 2 alt gruba ayrılır (Şekil 2.12):

1) Rehberli (guide) Giriş Kavitesi; frezi istenilen konuma yönlendiren özel olarak yapılmış bir stent oluşturmak için ağız içi tarayıcıları ve KIBT görüntülerini kullanan giriş kavitesidir. Bu yöntem amaca yöneliktir ve operatöre bağımlı değildir. Tedavi süresinin uzaması, posterior dişlerde interokluzal aralığın az olması nedeniyle erişim kısıtlılığı ve giriş sırasında aşırı ısınma gibi sınırlamaları vardır. Ayrıca kanalların lokalizasyonu KIBT’deki artifaktlardan etkilenebilir (104).

2) Dinamik Navigasyon Sistemi (DNS); Bilgisayar destekli tasarım, olarak adlandırılır. DNS, implant uygulamalarından uyarlanan alternatif bir yaklaşımdır ve endodontide cerrahi ve cerrahi olmayan tedaviler için kullanılmaktadır. DNS, özel bir yazılım tarafından kontrol edilen pasif bir optik izleme sistemi kullanarak uzamsal konumlandırma teknolojisini ve KIBT görüntülemeyi eş zamanlı olarak entegre eder. Bu gerçek zamanlı olan navigasyon sistemi, kullanıcıyı tedavi öncesi plana göre hedeflenen konuma yönlendirir (105).



**Şekil 2.12.** Maksiller santral diş ve mandibular birinci molar diş üzerinde gerçekleştirilen rehberli giriş kaviteleri. Yeşil alan, preparasyon sırasında uzaklaştırılan diş dokusunu gösterir (98).

### 2.3. Giriş Kavitesi Preparasyonunda Kullanılan Aletler

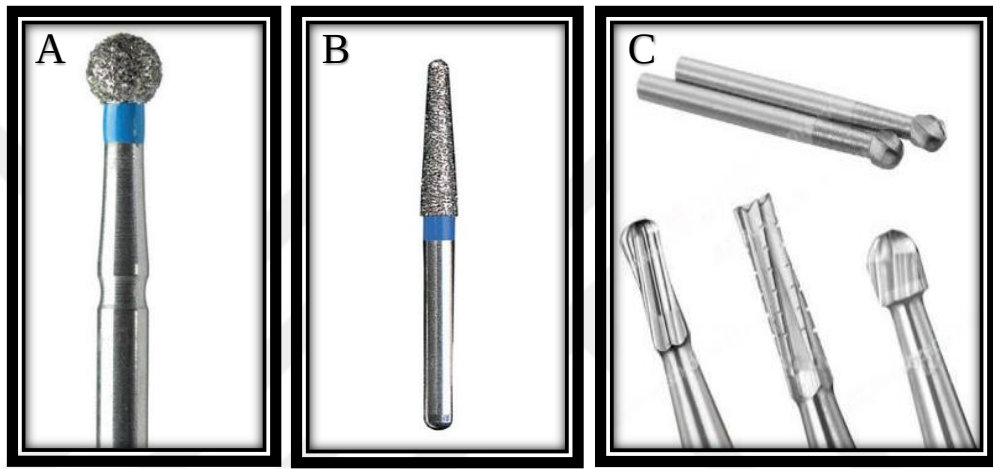
#### 2.3.1. Frezler

Elmas frezler hem klinikte ağız içinde hem de diş laboratuvarında en yaygın kullanılan aletlerdir (106). Geleneksel elmas frezler, elmas parçacıklarının bir galvanik işlemle paslanmaz çelik gövdeler üzerine kaplanmasıyla üretilir. Tanecik şekillerinin homojen olmaması, kısa kullanım ömrü, sterilizasyon sonrası azalan kesme etkinlikleri gibi dezavantajları vardır (107).

Giriş kavitesi preparasyonu için özel olarak çok sayıda frez geliştirilmiştir (Şekil 2.13):

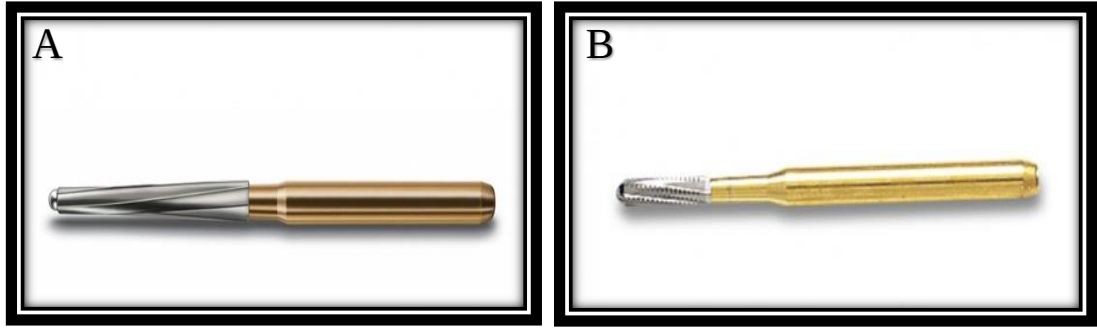
- *Elmas rond frezler*; dişi kesmek, restorasyonları uzaklaştırmak ve porselen kron gibi materyallere giriş açmak amacıyla su soğutması altında kullanılır.

- *Konik elmas frezler*; pulpa odasının duvarlarını genişletmek, giriş kavitesini düzeltmek için kullanılabilir. Gelişimsel olukları takip ederek bulunamayan kanal ağzlarını tespit etmekte yararlanılabilir. Böylece tüm kanal ağzları, kavite içinde görünür bir şekilde yer alabilir (21).
- *Karbit Frezler*; Giriş kavitesi preparasyonu sırasında çürüğü temizlemek ve kavitenin formunu oluşturmak ve pulpa odasının tavanını kaldırmak için kullanılırlar. Frezin uzun şaftı sayesinde klinisyene artmış bir görüş sağlar (108).



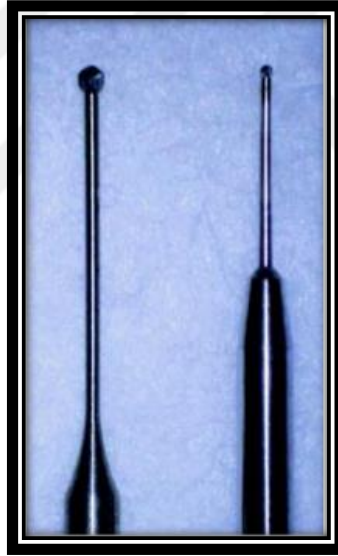
**Şekil 2.13.** A) Elmas rond frez B) Konik elmas frez C) Karbit frezler.

- *Endo Z frez*; konik ve güvenli bir uca sahip karbit frezdir. Endo Z frezi kesici olmayan ucu sayesinde perforasyon riski olmadan pulpa odası tabanında güvenli bir şekilde kullanılabilir. Frezin kesici yan kenarları ise kavitenin iç duvarlarını genişletmek ve düzeltmek amacıyla işlev görür (Şekil 2.14 A) (108, 109).
- *Transmetal frezler*; her türlü metali kesmek için özel olarak üretilmiştir. Amalgam, metal döküm veya porselen gibi restorasyonlara sahip dişlerde kullanılırlar. Transmetal frez özellikle irreversible pulpitis vakalarında, istenmeyen titreşimi azaltarak daha rahat bir girişe izin verir (Şekil 2.14 B) (109, 110).



**Şekil 2.14.** A) Endo Z Frez B) Transmetal Frez.

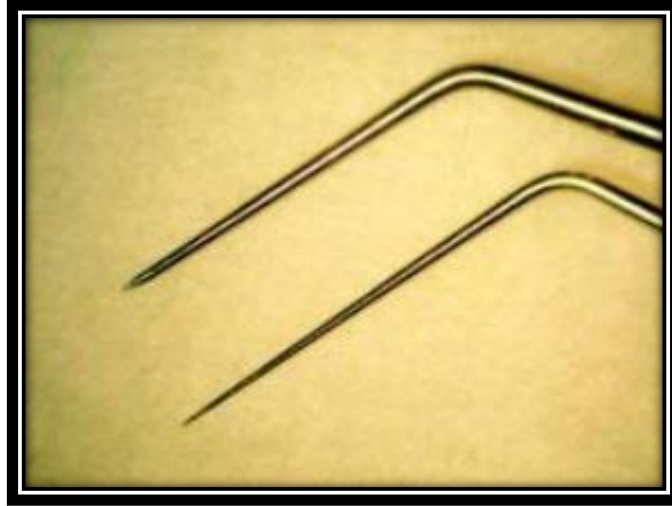
- *Mueller ve LN (Long neck/uzun boyun) frezi*; çekilmiş pulpa odasına sahip veya kalsifiye kanallı dişlerde kanal girişlerini bulmak ve kökün içine doğru girmek için kullanılır. Uzun bir shafta sahip olduğundan frez görüşü engellemez ve kanalların tespiti sırasında görüş artar (Şekil 2.15) (110).



**Şekil 2.15.** Mueller ve LN frezi (21).

### 2.3.2. Endodontik Sondlar

Endodontik sondlar, kanal girişlerini belirlemek ve kanal açısını saptamak için kullanılır. DG-16 ve JW-17 gibi alt tipleri mevcuttur. JW-17 endodontik sond DG-16 gibi aynı amaçla kullanılır ama ona göre daha ince ve ucunun daha sert olması nedeniyle kalsifiye bir kanalın olası yerini belirlemede daha işlevsel olabilir (Şekil 2.16) (21).



**Şekil 2.16.** DG-16 ve JW-17 endodontik sond (34).

### 2.3.3. Ultrasonik Cihazlar ve Uçları

Endodontik tedavi için özel olarak tasarlanmış ultrasonik cihazlar ve uçlar son derece önemlidir ve giderek kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu ultrasonik uçlar, gelişimsel olukları açmak ve derinleştirmek, pulpa taşlarını ortadan kaldırmak, kanalda kırılan aletleri çıkarmak ve kalsifiye kanalları tespit etmek için kullanılabilir.

Ultrasonik aletler, değişen uzunluklara ve çaplara, farklı konikliğe, su girişine ve çeşitli aşındırıcı yüzeylere sahip olabilir (111). Bu sistemler, klinisyenin görüşünü engelleyen piyasemen başlıklarına kıyasla daha iyi bir görüş açısı sağlar (108).

Giriş kavitesi preparasyonunu düzeltmek ve tamamlamak için ultrasonik enstrümanlardan yararlanır. Ultrasonik uçlarla dentin dokusunun kesilmesi, dentinin akla gelebilecek en ince frez ile kesilmesine benzer. Çalışma alanı çok kısıtlı olduğu için bu aletlerin kullanımı sırasında yüksek büyütme ve aydınlatma çok önemlidir (112).

### 2.3.4. Mikroskop ve Loupeler

Apotheker dental operasyon mikroskobunu 1981'de piyasaya ilk süren kişidir (113). Üretilen ilk DOM kötü yapılandırılmıştı ve ergonomik olarak kullanımı zordu. Ayrıca sadece tek bir büyütme (x8) kapasitesine sahipti.

DOM'un diş hekimliği uygulamalarına dahil olması endodontik tedavinin teşhisinde ve uygulanmasında devrim gibi bir ilerleme olarak kabul edilmiştir (114). Büyütme araçları kullanılmadan önce uygulanan tedaviler çalışma alanının net bir şekilde görülemediği ve el hassasiyeti ile sınırlı olan tedavilerdir.

Artık diş hekimleri daha estetik, daha minimal invaziv, daha kısa işlem süresi gerektiren ve daha yüksek başarı oranı sağlayan tedavileri tercih etmektedir. Büyütme ve iyi bir aydınlatma kullanılmadan bunları sağlamak zordur. 1970'lerden itibaren diş hekimleri tedavilerini büyütme ile gerçekleştirmeye başlamışlardır (115). Hem mikroskoplar hem de loupelar diş hekimleri tarafından yaygın olarak kullanılan büyütme araçlarıdır.

Minimal invaziv diş hekimliği ilkelerinin diş hekimliği uygulamalarında geniş çapta desteklenmeye başlaması mikroskop ve loupe kullanımı için büyük bir itici güç oluşturmaktadır. Büyütme altında çalışmak, hekimlerin daha konservatif olan işlemleri gerçekleştirmesine yardımcı olmaktadır (116).

Diş hekimleri gözün görüş sınırının çok ötesinde çözünürlük gerektiren tedavi işlemlerini rutin olarak uygularlar. Kron preparasyonu, dental ölçüler, cerrahi insizyonlar, kök kanal ağzı lokalizasyonu, çürüğü uzaklaştırma, perforasyon tamiri, post yerleştirilmesi, kemik ve yumuşak doku greft işlemleri gözün görüş sınırının çok ötesinde çözünürlük gerektiren prosedürlere örnektir (117).

Büyütme; düşük (x2-x8), orta (x8-x16) ve yüksek büyütme (x16-x25) olarak 3 gruba ayrılır. Mikroskoplar ayarlanabilir büyütmeye (büyütme aralığı 4x-25x) sahipken, çoğu loupe sabit büyütme sağlar (büyütme aralığı 2,5x-6x) (118). Fiber optik aydınlatma, mikroskop tarafından sunulan büyütmeyi tamamlayan temel faktördür, böylece tedaviler artık daha yüksek güvenlik koşullarında ve kalitede gerçekleştirilebilir (115).

Dental loupelar, daha uygun fiyatları ve çalışma protokolünde ve ergonomide büyük değişiklikler olmadan kullanım kolaylığı nedeniyle büyütme için en yaygın kullanılan araçlardandır (119). Loupe kullanımının; diş hekiminin hareketlerine bağlı olarak çalışılan alanın büyütülmüş görüntüsünü bozması ve farklı büyütme elde etmek için loupe değişikliği gerekmesi gibi dezavantajları mevcuttur (120).

Loupelara kıyasla mikroskop kullanımı direkt ve indirekt görüşü artırır ve görüş hassasiyetini iyileştirir (121). DOM kullanımı, işlem sırasında hekimin duruş değişikliğini azaltmak için minimum ayar gerektirir. Fakat yüksek maliyeti, klinikteki alan kısıtlaması ve operatörün eğitim eksikliği gibi sınırlamaları mevcuttur (122, 123).

#### **2.4. Kök Kanallarının Temizlenmesi ve Şekillendirilmesi**

Kök kanallarını temizleme ve şekillendirmedeki temel hedefler:

- Enfekte dokuları uzaklaştırmak,
- İrrigantların apikal foramene ulaşmasını sağlamak,
- Kullanılan kanal içi ilaçların etki etmesi ve kanalın ideal dolgusu için yeterli genişletmeyi sağlamak,
- Kalan sağlıklı yapıların bütünlüğünü korumaktır (21, 124).

Schilder (125) kök kanal preparasyonunun temel amaçları ile mekanik ve biyolojik hedeflerini ana hatları ile belirlemiştir.

Mekanik hedefler:

1. Kök kanalına apikalden koronale doğru artan konik form verilmelidir.
2. Kanal çapı apikalde her noktada daha dar olmalıdır.
3. Preparasyon, kanalın asıl şekline uyarak yapılmalıdır.
4. Apikal foramenin yeri sabit kalmalıdır.
5. Apikal foramen aşırı miktarda genişletilmemelidir.

Biyolojik hedefler:

1. Enstrümantasyon kök kanal sınırlarını aşmamalıdır.
2. Nekrotik kalıntılar apikal foramenin ilerisine taşırılmamalıdır.

3. Kök kanal boşluğundan tüm dokular ve debris uzaklaştırılmalıdır.
4. Kanal içi ilaçların ve irrigantların etki etmesi için yeterli genişletme yapılmalıdır.
5. Kök kanal tedavisi tek randevuda tamamlanmalıdır.

#### **2.4.1. Kök Kanal Preparasyonunda Kullanılan Aletler**

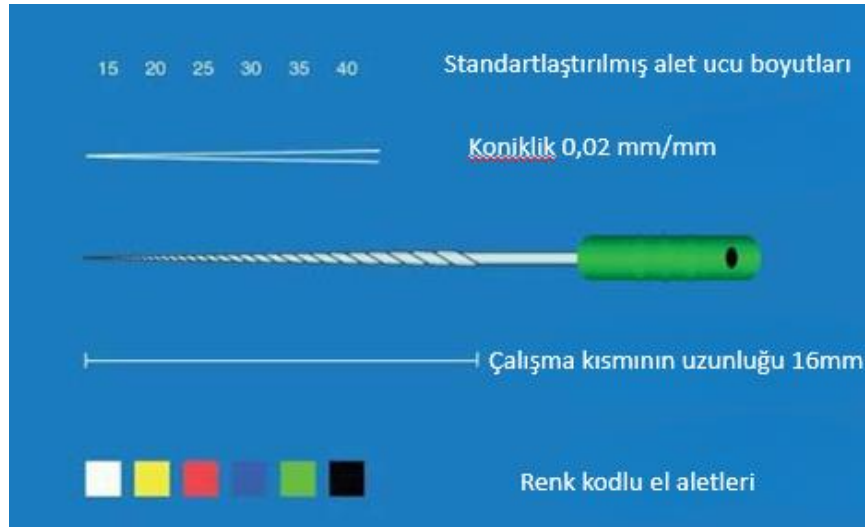
Endodontik işlemlerde kullanılmak için üretilen birçok farklı alet türü vardır. Temel olarak kök kanal aletleri elle kullanılan aletler ve motor ile çalıştırılan aletler olarak iki gruba ayrılır (126).

Çoğu endodontik alet, tedavi kalitesini artırmak ve endodontik başarısızlığı azaltmak için standardize edilmiştir. Federation Dentaire Internationale (FDI) ile birlikte çalışan Uluslararası Standartlar Organizasyonu (68), endodontik aletler için uluslararası standartları oluşturmuştur. Bu özellikler, farklı alet türlerinin tasarım tanımlamalarını, boyutlarını, şeklini ve konikliğini, kırılma ve eğilmeye karşı olan direncini, renk kodlamasını, alaşım özelliklerini ve sembollerini kapsar (127).

Belirlenen standartlar bir ISO numarası ile belirlenmiştir. ISO standartlarında K- ve Hedström eğeleri 21, 25 ve 31 mm olarak farklı uzunluklarda mevcuttur, ancak hepsinin 16 mm uzunluğunda kesici gövdesi bulunur (Şekil 2.17) (128).

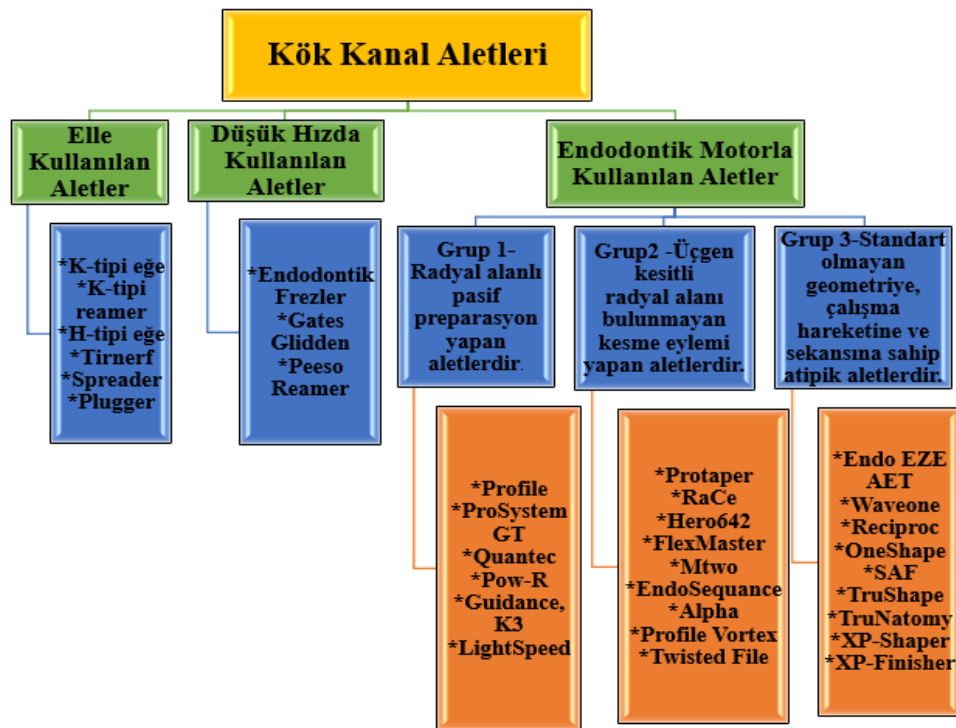
Herhangi bir eğenin ilk açısındaki enine kesit çapı D0 olarak belirlenir. D0'a 1 mm koronaldeki nokta D1'dir, D0'a 2 mm koronaldeki nokta D2'dir ve D16'ya kadar böyle devam eder. D16 noktası, ISO standartlarında bir aletin en büyük çapını ifade eder. Her alet, onu tanımlayan numarasını ve renk kodunu D0'daki çaptan alır (129).

ISO standartlarında kullanılan kök kanal aletleri her 1 mm'de 0.02 mm çap artışı ile konik bir forma sahiptir. Yani standart bir kanal aletinin koniklik açısı (taperi) %2 'dir (21).



**Şekil 2.17.** #35 boyutunda ISO standartlarında bir el eğesinin şematik çizimi. Aletin ucunun çapı, konikliği ve renkleri ISO/ANSI/ADA standartlarına göre düzenlenir (21).

Endodontik tedavide kullanılan aletler; elle kullanılan, düşük hızda mikromotor/anguldurva ile kullanılan ve endodontik motorla kullanılan aletler olmak üzere üç grupta sınıflandırılır (Şekil 2.18) (21).



**Şekil 2.18.** Kök kanalının temizleme ve şekillendirilmesinde kullanılan aletler (21).

Diş hekimliğinde ortodontik ark telleri ve endodontik aletlerin üretiminde yaygın olarak kullanılan biyomedikal alaşım olan Nitinol alaşımlar; ağırlıkça %55 nikel ve %45 titanyumdan oluşur (130, 131).

Walia ve arkadaşları (132) Nitinolün paslanmaz çelik aletlerden daha üstün olan elastik özelliklerini endodontide ilk tanıtan kişilerdir. Araştırmalarının sonuçlarına göre #15 boyutunda Ni-Ti aletlerin paslanmaz çelik aletlerden iki ila üç kat daha esnek olduğu; aletlerin açısal sapmaya karşı üstün direnç gösterdiği ve eğimli kök kanallarında daha avantajlı olduğu bulunmuştur (132). Nitinol alaşımların östenitik ve martensitik olarak iki kararlı atomik faza sahip özel moleküler yapıları vardır. Ni-Ti, şekil hafızalı ve psödoelastik bir alaşımdır (133). Bu özellikler östenitik ve martensitik fazlar arasındaki dönüşümün bir sonucudur. Psödoelastikiyet diğer adıyla dönüşümsel esneklik deforme olduktan sonra orijinal şekline geri dönebilme yeteneğidir (134).

Östenitik ve martensitik fazlar arasındaki dönüşümü indükleyen etkenler stres ve sıcaklıktır. Özellikle psödoelastikiyet ve şekil hafızası, ısı işleminden güçlü bir şekilde etkilenir (135, 136).

Nitinol alaşımlar stress altında değilken östenitik fazdadır. Stres ve sıcaklık etkisi ile östenitik fazdan daha fazla stresi taşıyabilen martensitik faza dönüşüm gerçekleşir. Nitinol alaşımların moleküler yapısının ısı ve stres ile değişmesi, aletin gerilim artmadan daha fazla stresi tolere edebilmesini sağlar (135, 137).

## **2.4.2. Kök Kanal Preparasyonu Sırasında Karşılaşılan İşlemsel Hatalar**

### **2.4.2.1. Perforasyon**

Perforasyon, kök kanal sistemi ile periodonsiyum arasında oluşan mekanik veya patolojik bağlantıdır (138).

Amerikan Endodonti Birliği'nin (AAE) sınıflamasına göre perforasyonlar 3'e ayrılır (31):

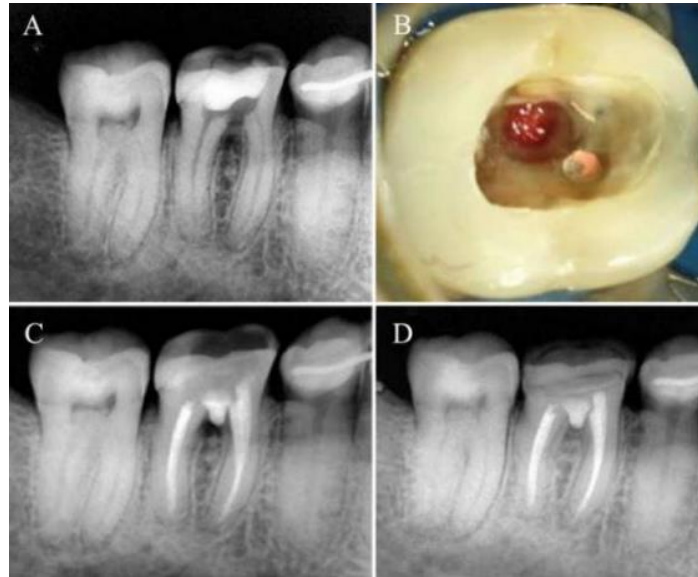
1. Apikal Perforasyon: Kökün apikal 1/3 kısmındaki perforasyon
2. Furkasyon Perforasyonu: Dişin furkal bölgesindeki perforasyon
3. Strip Perforasyon: Kök kanal preparasyonu sırasında özellikle eğimli

köklerin ince lateral duvarından dentin dokusunun daha çok uzaklaştırılması sonucunda meydana gelen perforasyon.

Furkasyon perforasyonları giriş kavitesi preparasyonu sırasında strip ve apikal perforasyonlar ise enstrümantasyon sırasında oluşan komplikasyonlardır. Perforasyonlarda prognoz ana belirleyicileri; perforasyon boyutu, seviyesi, konumu, tamir süresi ve tamir materyalinin seçimidir (Şekil 2.19) (139, 140).

İyatrojenik perforasyonlar genellikle kök kanal sisteminin anatomisinin detaylarına dikkat edilmemesinden ve anatomik varyasyonların tespit edilememesinden kaynaklanır (141). Transportasyon ve basamak oluşumu, kalsifiye kanalların aranması, post boşluğu hazırlığı, eğimli kanallarda eğelere ön eğim verilmemesi ve kalın eğelerin kullanılması, kırık alet çıkarılması sırasında perforasyon meydana gelebilir (21, 142).

Tedavi sırasında mikrobiyal kontaminasyonu önlemek için her türlü çaba gösterilmelidir ve perforasyon alanı en kısa sürede tamir edilerek kapatılmalıdır. Perforasyon materyali olarak MTA ve Biodentin gibi doku dostu malzemeler kullanılmalıdır (143, 144). Siev ve arkadaşlarının yaptığı sistematik bir incelemede, MTA ile perforasyon onarımının başarı oranını %80,9 olarak göstermiştir (145).



**Şekil 2.19.** A) Başlangıç radyografik görüntüsü; B) Furkal perforasyonun klinik görüntüsü; C) Perforasyon tamirinden sonra alınan radyografik görüntü; D) 6 ay sonraki takip radyografik görüntüsü (146).

#### 2.4.2.2. Basamak Oluşumu ve Kanal Sisteminin Tıkanması

Basamak oluşumu, aletlerin ve irrigasyon ajanlarının apekse ulaşmasını engelleyen, kök kanalında iyatrojenik olarak oluşturulmuş yapay bir düzensizliktir (Şekil 2.20). Bu durum yetersiz enstrümantasyon, dezenfeksiyon ve eksik bir kanal dolgusuna neden olur (147).

Eğimli kanallarda aletlere ön eğim verilmemesi, kanallara düz bir girişin olmaması, yetersiz irrigasyon ve sert aletlerin agresif kullanılması basamak oluşumunun en yaygın sebepleridir (148).

Jafarzadeh ve Abbott'a göre basamak oluşumuna neden olan olası faktörler (149):

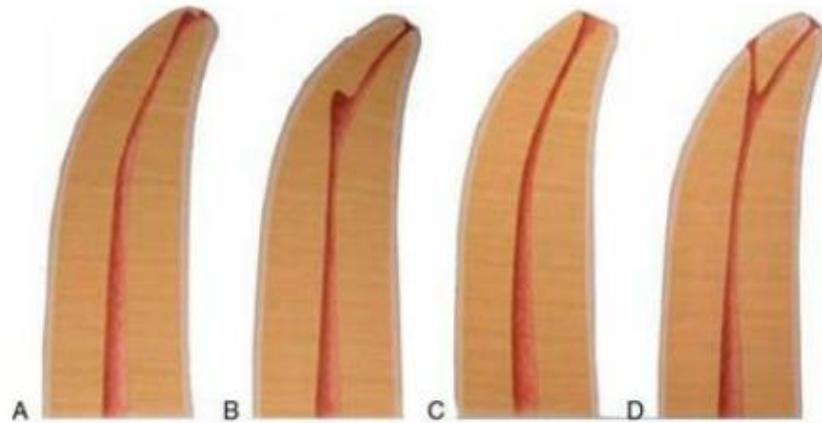
1. Giriş kavitesini yeterince genişletmemek,
2. Kök kanal yönünün yanlış değerlendirilmesi,
3. Yanlış kök kanal uzunluğu tespiti,
4. Aleti kanal duvarına zorlamak,
5. Eğimli bir kanalda çok büyük, ön eğim verilmeden paslanmaz çelik bir alet kullanmak,
6. Aletleri sırasıyla kullanmamak,
7. Eğeyi çalışma uzunluğunda aşırı rotasyon hareketi ile kullanma,
8. Enstrümantasyon sırasında yetersiz irrigasyon,
9. Endodontik tedavinin yenilenmesi sırasında kök kanal dolgu malzemelerinin çıkarılması,
10. Kalsifiye kök kanallarına ulaşmaya çalışmak,
11. Enstrümantasyon sırasında kanalın apikalinde debrisin tıkanması.

Kanal eğimi ne kadar fazlaysa basamak oluşumu riski de o kadar fazladır. Greene ve arkadaşlarının yaptığı çalışmadaki kanalların %50'sinden fazlasında, kanal eğriliği 30°'den fazla olduğunda basamak oluşumu meydana gelmiştir. Kök kanalı eğimi 20°'den fazla olduğunda basamak oluşumu insidansının önemli ölçüde arttığı bildirilmiştir (150).

Basamak oluşumunun yönetiminin ilk adımı oluşmadan önlenmesidir. Yüksek kaliteli radyografler veya KIBT kullanarak dikkatli değerlendirme ve planlama, bu iyatrogenik komplikasyonu azaltmak için çok önemlidir (138). Basamağı atlamak için, küçük bir eğenin ucunda (#8 veya #10) belirgin bir eğrilik oluşturulmalıdır. Eğe dışbükey olan duvara karşı basamaktan uzak tutularak apekse doğru orijinal kanal yolu bulunmalıdır (21, 148).

Kök kanal sisteminin tıkanması debris ve pulpa dokusu artıkları ile daha önce açık olan kök kanal sisteminin apikaline erişilememesidir ve çalışma uzunluğundaki kayıpla sonuçlanır (151). Tıkanmış olan kanal enfekte debris, artık pulpa dokusunu ve/veya kanal tedavisinin yenilenmesi durumunda kök kanal dolgu malzemelerinin kalıntılarını içerebilir (147). Bu komplikasyonun dar kanallarda ve bol miktarda pulpa dokusu bulunan vital dişlerde ortaya çıkma olasılığı daha fazladır.

Kök kanal sisteminin tıkanmasına sebep olan faktörler; yeterli irrigasyonun yapılmaması, kuru kanalda aşırı enstrümantasyon yapılması ve rekapitülasyonun uygulanmamasıdır. Tedavi boyunca NAOCl ve/veya EDTA ile bol miktarda irrigasyon yapılması, ön eğim verilen küçük paslanmaz çelik el eğelerinin (#8 veya #10) kullanılması ve rekapitülasyonun uygulanması kanalın temizleme ve şekillendirme boyunca korunmasını sağlayarak tıkanma riskini en aza indirecektir (21).



**Şekil 2.20.** Yaygın olarak görülen işlemsel hatalar (21) A) Radiküler zip oluşumu; B) Basamak; C) Perforasyona sebep olmuş radiküler zip; D) Strip perforasyona sebep olmuş basamak oluşumu.

#### 2.4.2.3. Aşırı Preparasyon (Overpreparasyon)

Kanallarının herhangi bir yönde aşırı derecede prepare edilmesidir. Aşırı preparasyon sonucunda meydana gelen fazla madde kaybı sebebi ile kök yapısı zayıflar, perforasyonlar ve vertikal kök kırıkları oluşabilir (21).

Apikal foramen bölgesinde uygulanan aşırı enstrümantasyonun bir sonucu olarak kök kanallarını taşkın doldurma riski ortaya çıkar ve dişin yapısal bütünlüğü tehlikeye girer (39).

#### 2.4.2.4. Yetersiz Preparasyon (Underpreparasyon)

Yetersiz preparasyon pulpa dokularının, debrisin ve mikroorganizmaların yeterince uzaklaştırılmadığı kanalın yeterince şekillendirilemediği işlemsel bir hatadır. Yetersiz enstrümantasyon veya enstrümantasyon sırasında basamak oluşumu gibi sorunların sonucu olarak kök kanalları eksik ve yetersiz şekillendirilip doldurulur (141).

Yetersiz preparasyon genellikle çalışma uzunluğunun yanlış ölçülmesinden, yetersiz irrigasyondan ve enstrümantasyon sırasında rekaptülasyonun düzenli yapılmaması sonucunda meydana gelen kanal tıkanıklığı nedeniyle oluşur. Yetersiz preparasyon sonucu kök kanalının apikalindeki enfekte nekrotik doku tam olarak uzaklaştırılmaz (21, 39).

Birçok çalışma, yetersiz şekillendirilen ve yetersiz doldurulan dişlerde (%68 başarı oranı), özellikle nekrotik pulpalı ve periradiküler lezyonu olan dişlerde, tam ve düzgün doldurulmuş (başarı oranı %94) ve apekten taşkın şekilde doldurulmuş (%76 başarı oranı) dişlere kıyasla daha kötü bir prognoz göstermiştir (152, 153).

Chugal ve arkadaşlarının (154) yaptıkları bir çalışmada, olması gerekenden 1 mm kısa şekilde çalışma sonucunda, özellikle nekrotik pulpalı dişlerde tedavi başarısızlığı %14 artmıştır. Ancak yeteriz şekillendirilmiş ve tam olarak doldurulmamış kök kanalları steril durumdaysa ve bakteri ürünleri içermiyorsa, bu durumun sadece kendisi periradiküler inflamasyona neden olmaz.

#### 2.4.2.5. Taşkın Preparasyon (Overenstrümantasyon)

Taşkın preparasyon kanal aletlerinin ve malzemelerinin apikal foramenin ötesinde kullanılmasıdır. Kök kanallarının taşkın preparasyonu ve bunun sonucunda taşkın doldurulması genellikle inflamatuvar apikal kök rezorpsiyonu, immatür bir dişin kök ucu veya çalışma uzunluğunun yanlış ölçülmesinden kaynaklanan apikal foramen yoluyla (radyografik apeksin 2 mm'den fazla ötesinde) yapılan taşkın enstrümantasyonun bir sonucu olarak ortaya çıkar. Böyle durumlarda apikal stop oluşturulamaz ve sonucunda taşkın kök kanalı meydana gelir (141).

Taşkın preparasyon ve kök kanal dolgu malzemelerinin apikal bölgeden dışarıya çıkması işlem sonrası ağrıya neden olabilir. Bu durum doku hasarına ve inflamasyona neden olur (155). Gesi ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, taşkın kök kanal dolumunun, taşkın dolum yapılmayan dişlere kıyasla 1 haftalık takip muayenelerinde önemli ölçüde artan ağrı oranı ve perküsyon hassasiyeti ile ilişkili olduğu bulunmuştur (156).

Birçok klinik çalışma, taşkın kök kanal dolgu malzemelerinin yabancı cisim reaksiyonu ile periradiküler dokularda irritasyona sebep olarak endodontik tedavinin prognozunu olumsuz etkilediğini göstermiştir (157, 158). Ancak bazı çalışmalarda da taşkın doldurulmuş dişlerin yaklaşık %76'sının uygun endodontik tedaviden sonra klinik belirtiler ve semptomlar olmaksızın iyileştiği gösterilmiştir (159, 160).

Periradiküler dokuların kök kanal aletlerine ve dolgu malzemelerine verdiği yanıt, materyallerin sitotoksitesine, konakçının immün sistemine ve bu ikisi arasındaki karmaşık etkileşime bağlıdır.

Bergenholtz ve arkadaşları yaptıkları bir klinik çalışmada (161) kök kanal dolgu malzemelerinin başarısız tedavinin asıl nedeni olmadığını bildirmişlerdir. Tedavi başarısızlıklarının sebepleri inatçı bir kök kanalı enfeksiyonu veya aşırı enstrümantasyondan kaynaklanan apikal bölgedeki inflamasyondur.

#### 2.4.2.6. Alet Kırılması

Alet kırılması, bir kök kanal aletinin kırılıp kanalın içinde kaldığı; temizlemeyi, şekillendirmeyi ve doldurmayı engelleyen işlemsel bir hata ve tedavi komplikasyonudur. Alet kırılmaları genellikle aletlerin yanlış veya aşırı kullanımında, ayrıca eğimli ve kalsifiye kanallarda aletlere uygulanan aşırı kuvvet sonucu meydana gelir (162).

El aletlerinde veya motorla çalışan aletlerde kırılmalar döngüsel yorgunluk veya torsiyonel kırılma nedeniyle meydana gelebilir.

- Döngüsel yorgunluk, aletin eğimli bir kanalda uzun süreli rotasyonu sonucunda oluşan birden çok sıkışma ve gerilme döngülerine maruz kaldığında meydana gelir.
- Aletin dönmeye devam ederken uç kısmı kanal içerisinde sıkıştığında ise torsiyonel kırılma meydana gelir (163).

Endodontik aletin kırılmasına neden olan faktörler (164, 165):

- Giriş kavitesinin hatalı açılması sonucu kanala direkt girişin sağlanamaması,
- Kök kanal anatomisi,
- Aşırı eğimli kanallar,
- Kök kanallarının enine kesit özellikleri, kurvatür çapı ve açısı,
- Döner aletlerin tasarım özellikleri,
- Döner aletlerin metalurjik özellikleri,
- Aletin üretim kusurları,
- Deforme olmuş alet kullanımı,
- Aletlerin kuru kanalda kullanımı,
- Şekillendirme tekniği,
- Aletin sterilizasyon döngüleri ve kullanım sayısı,
- Klinisyenin deneyimi.

Paslanmaz çelik el aletlerinin kırılma insidansı %0,7 - %7,4; Ni-Ti döner aletlerin kırılma insidansı ise %0,4 - 5 olarak bildirilmiştir (166). Alet kırılması vakalarının çoğu hem maksiller hem de mandibular molar dişlerde ve özellikle bu dişlerin mesiobukkal kök kanallarında meydana gelir (167, 168).

Alet kırılan bir dişin prognozunu, büyük ölçüde kök kanal boşluğunda enfeksiyon olup olmaması etkiler. Bu durumun prognoz üzerindeki etkisi değerlendirilirken hem dişin kanal tedavisi öncesi teşhisi (vital/ nekrotik) hem de alet kırığının meydana geldiği aşama dikkate alınmalıdır. Kanal tamamen dezenfekte edildikten sonra apikal bölgede alet kırığı meydana gelirse ve diş vital ise, tedavinin prognozunun etkilenmesi daha az olasıdır. Ancak, kanal enfekte olmuşsa ve aletin kırılmasından önce yeterince temizlenmemişse, kırılan alet başarısızlığa yol açabilir (138, 163, 169).

Alet kırığının tedavi sonucu üzerindeki etkisiyle ilgili literatürde çok değişik çalışmalar mevcuttur. Bazı klinik çalışmalar, kırık aletlerin çıkarılmadan bırakıldığı dişlerin başarı oranında önemli bir fark olmadığını göstermiştir (169, 170).

Alet kırığı olan dişlerdeki tedavi seçenekleri; aleti çıkarma, bypass etme, yerinde bırakma ve takip etme veya cerrahi tedavidir. Hangi tedavi yaklaşımının seçileceği dişin tedavi öncesi durumuna, kırığın olduğu tedavi aşamasına, kırılan aletin konumuna ve uzunluğa, aletin tipine ve materyaline bağlıdır (165, 171). Aletin başarılı bir şekilde çıkarılması için, bir operasyon mikroskobu veya yüksek büyütme oranlı ve aydınlatmalı loupelar kullanılmalıdır. Enstrümanın çıkarılması çoğu zaman ultrasonik uçların kullanılmasıyla gerçekleştirilir (172).

Kırılan bir aleti çıkarırken, ne kadar dentin uzaklaştırılması gerekeceği dikkate alınmalıdır. Aşırı dentin uzaklaştırılması, dişin perforasyonuna veya köklerin aşırı derecede zayıflamasına neden olabilir. Özellikle kök dentininin ince olduğu ve kırılan aletin kanal eğiminin ilerisinde olduğu durumlarda, eğeyi bypass etmek veya bırakıp düzenli takip etmek düşünülmelidir (169, 170).

Alet kırılması, endodontik tedavi başarısızlığının doğrudan nedeni değildir. Kırılan alet, enfekte olmuş kök kanalının apikal kısmındaki mekanik enstrümantasyonu engeller. Asıl bu durum tedavi başarısızlığının temel nedenidir.

#### 2.4.2.7. Transportasyon

Transportasyon; eğelerin eski şekillerini geri alma yatkınlıkları sebebiyle kök kanal şekillendirmesi sırasında kanalın apikal kısmındaki dış duvardan daha fazla dentin dokusu uzaklaştırılmasıdır (Şekil 2.21) (31).

Eğimli kök kanallarının tedavisi, transportasyon, basamak veya perforasyon gibi işlemsel hataların oluşma riskinden dolayı zorlu bir tedavidir (141). Bu eğimin mevcudiyeti kanal aletlerinin tüm kök kanallarının şekillendirilmesini ve temizlenmesini etkileyen bir zorluk sebebi olabilir (173, 174). Preparasyondaki bu zorluklar tedavinin sonucunu olumsuz etkileyebilir ve kalıcı kök kanal enfeksiyonuna zemin hazırlayabilir (175).

Eğimli kanallardaki preparasyonun bir başka olumsuz etkisi, dentin dokusunun aşırı miktarda uzaklaştırılmasıdır. Bu durum diş fazla bir yüke maruz kaldığında kökleri kırılmaya daha yatkın hale getirebilir (176, 177).

Wilcox (176) ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada kanal genişliğinin kök genişliğinin %40' ından fazla olduğu durumlarda kök kırılma riskinin arttığı gösterilmiştir. Lertchirakarn (178) ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada mandibular molar dişlerin mesial köklerinin mesio-distal çapının bukkal-lingual çapından daha küçük olması sebebiyle kırılma riskine karşı daha hassas olduğunu göstermiştir.

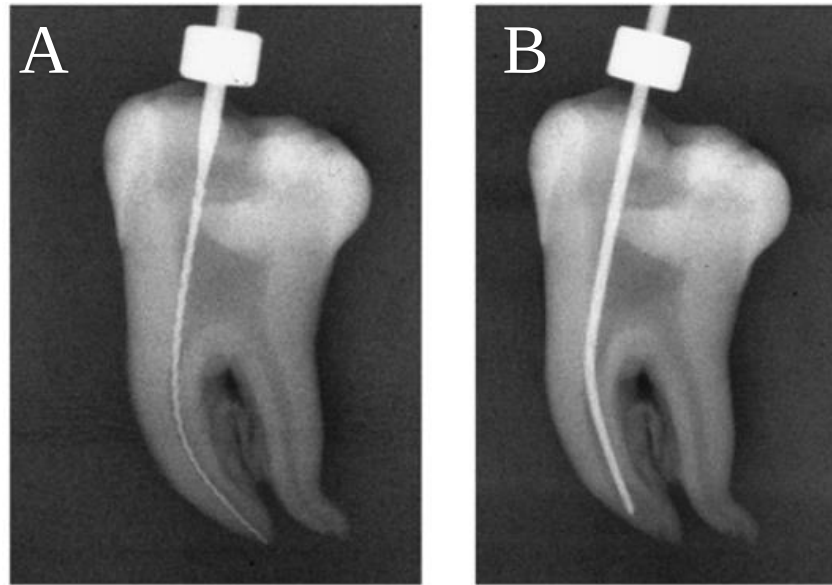
Apikal preparasyon; enfeksiyonu kontrol altına alacak kadar geniş olmalıdır ama, kökün zayıflamasını önlemek için de koronal genişletme dikkatli bir şekilde yapılmalıdır (179).

Hangi enstrümantasyon tekniğinin kullanıldığının bir farkı olmadan, temizleme ve şekillendirme işlemleri her zaman kök kanal duvarından dentin dokusunun uzaklaştırılmasına neden olur. Ancak, kök kanalının eşit uzaklıkta tüm yönlerinde değil de, kanal içinde tek bir yönde aşırı dentin dokusunun uzaklaştırılması,

transportasyon olarak bilinen komplikasyona neden olur (180). Çoğu çalışmaya göre, bu komplikasyon ile; kök kanalının orijinal yoluna uymayan, kullanım öncesi şekline geri dönen metalurjik özelliklerinden dolayı paslanmaz çelik aletler kullanıldığında daha çok karşılaşılmaktadır.

Paslanmaz çelik eğeler kalıcı deformasyona uğrar ve sertlikleri onların kök kanalına doğru kuvvet uygulamasına neden olur. Bu nedenle boyutları arttıkça kök kanalına kendi şeklini vermeye ve kök kanalının orijinal yolunu değiştirmeye eğilimlidirler (181).

Nikel-titanyum (Ni-Ti) aletlerin üretilmesi, karmaşık anatomiye sahip kanalların daha güvenli şekilde tedavisini sağlamıştır (132). Nikel-titanyum aletler kanalın şekline daha kolay uyum sağlar ve daha kolay bükülebilir. Endodontik döner aletlerin kalitesindeki ve özelliklerindeki gelişmeler, bunların orijinal kanal anatomisinden sapmadan önemli gerilimlere dayanmalarına da olanak sağlamıştır (182). Ayrıca irrigasyon aktivasyonu, kök kanallarını aşırı genişletmeye gerek kalmadan kök kanal sisteminin ulaşılamayan alanlarının debridmanını ve dezenfeksiyonunu sağlamıştır (183).



**Şekil 2.21.** Eğimli köklere sahip bir molar dişte meydana gelen transportasyon (184).

A) #15 numaralı eğe ile alınan ilk radyograf; kök kurvatürü 35° olarak belirlenmiştir. B) Kanal şekillendirilmesinden sonra #40 numaralı eğe ile alınan radyograf; kök kurvatürü 13° olarak belirlenmiştir. Enstrümantasyon sonucunda kök kanalı belirgin şekilde düzleşmiş ve transporte olmuştur, çalışma uzunluğunda kayıp meydana gelmiştir.

## 2.5. Kök Kanal Preparasyonunu Değerlendirme Yöntemleri

Kök kanalının preparasyonu, kanal sisteminin genişletilmesi ve şekillendirilmesi ile birlikte dezenfeksiyonunu da içermektedir. İrrigasyon ajanları ile dezenfeksiyonu sağlamak için kanal sistemini şekillendirmek gereklidir. Bundan dolayı kök kanal preparasyonu, enfeksiyonu ortadan kaldıran temel aşamadır (185).

Schilder'in "kök kanal sisteminde içeriye giren kadar çıkan da önemlidir" diye ortaya attığı önermesi tüm kök kanal boşluğundaki inorganik ve organik içeriğin aletlerle ve irrigasyonla uzaklaştırılması gerektiğini vurgular (125). Bu durum, kök kanal şekillendirmesini değerlendiren çalışmalara ilgiyi arttırmıştır.

Kök kanal preparasyonunun değerlendirilmesinde; merkezleme oranı, transportasyon oluşumu ve kanal eğimindeki değişim, uzaklaştırılan dentin miktarı, kök kanallarının hacim ve yüzey alanındaki değişiklikler gibi yöntemler kullanılır (186).

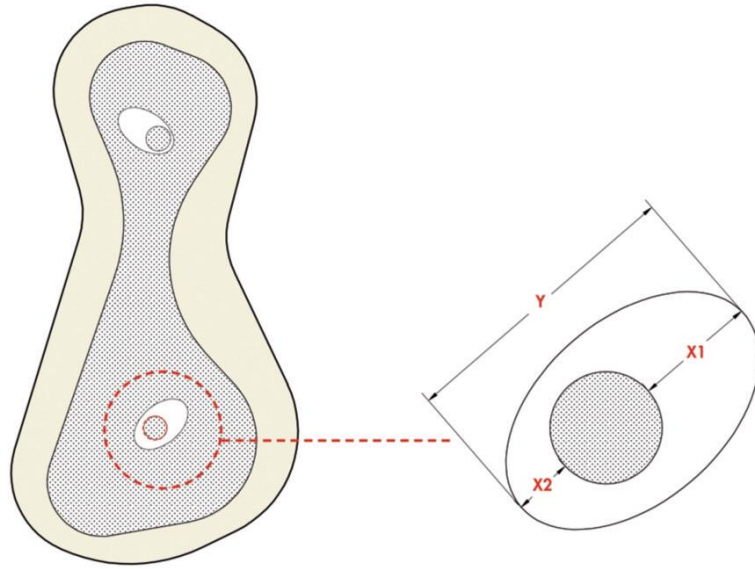
➤ **Merkezleme oranı:** Aletin preparasyon sırasında kanal içinde merkezde kalma yeteneğinin bir ölçüsü olarak tanımlanmıştır. Bu oran ne kadar küçük olursa alet kanal içinde o kadar çok merkezde kalır (187). Merkezleme oranını hesaplamak

için;  $\frac{X1-X2}{Y}$  formülünü geliştirilmiştir (188).

Formüldeki;

- X1: Bir yöndeki maksimum hareket alanı
- X2: Y hattı boyunca ters yöndeki kanal hareketi
- Y: Prepare edilen kanalın en büyük çapını gösterir (Şekil 2.22) (188).

Formüldeki X1 ve X2 birbirine ne kadar yakın olursa merkezleme oranı 0'a yaklaşır ve bu sonuç kanal aletinin kanal içinde merkezde kaldığını belirtir (186).



**Şekil 2.22.** Kök kanalı kesitindeki merkezleme oranının ölçülmesi. Gri alan kanalın şekillendirilmesinden önceki kök kanal şeklini; beyaz alan kanalın şekillendirilmesinden sonraki kök kanal şeklini göstermektedir (186).

➤ **Transportasyon oluşumu;** preparasyon sonrası kök kanalının orijinal kanal yolundan sapması olarak tanımlanmaktadır. Transportasyon aynı zamanda kanal eğiminin değişmesine ve kanalın düzleşmesine sebep olmaktadır (21). Bu durum kök kanal kesitlerinde ağırlık merkezi olarak belirlenen kanal eksenini kaydıracaktır (124). Kanal aletleri kök kanal duvarının her yönünden eşit miktarda madde kaldırırsa transportasyon riski en aza inmektedir. Kök kanalının merkezinde kalarak preparasyon yapan bir enstrümanın transportasyon oluşturma ihtimali daha azdır (186).

Kök kanal preparasyonundan önce ve preparasyondan sonra elde edilen veriler bilgisayar ortamında karşılaştırılarak transportasyonun derecesi ve hangi yönde olduğu hesaplanabilmektedir (189, 190). Rover ve arkadaşları (34), 2017 yılında yaptıkları çalışmalarında kök kanal transportasyonunu Mikro-BT görüntülerini kullanarak şu formül ile değerlendirmişlerdir:

$$\text{Kök kanalı transportasyon derecesi} = (m1 - m2) - (d1 - d2)$$

- m1: Kökün mesial kenarından şekillendirilmemiş kök kanalının mesial sınırına olan en kısa mesafe,
- m2: Şekillendirilmiş kök kanalının mesial sınırına olan en kısa mesafe,

- d1: Kökün distal kenarından şekillendirilmemiş kök kanalının distal sınırına olan en kısa mesafe,
- d2: Şekillendirilmiş kök kanalının distal sınırına olan en kısa mesafe (34).

Bu formülün sonucunun “0” olması transportasyonun meydana gelmediğini, negatif sonuçların çıkması transportasyonunu distal yönde gerçekleştiğini, pozitif sonuçların çıkması ise transportasyonun mesial yönde oluştuğunu göstermektedir (34).

➤ **Kanal Eğimindeki Değişim:** Kök kanallarında transportasyonun oluşması sonucunda orijinal kanal eğimi düzleşir, basamak oluşumu meydana gelir ve kanal duvarından aşırı miktarda dentin uzaklaştırılır (149). Berutti ve arkadaşları rezin blok modellerde resiprokal ve rotasyon hareketlerinin kök kanal eğiminde sebep oldukları etkileri araştırmışlardır. Çalışmalarında kök kanal şekillendirmesi öncesinde ve sonrasında aldıkları dijital fotoğrafları bilgisayarda bir program yardımı ile üst üste çakıştırma ile değerlendirmişlerdir (191).

➤ **Uzaklaştırılan Dentin Miktarı:** Preparasyon sırasında kök kanal duvarından uzaklaştırılan dentin miktarı perforasyon ve uzun dönem kök kırıkları oluşumu açısından oldukça önemlidir (192). Veltri ve arkadaşları mandibular molar dişlerde kök kanal şekillendirmesi öncesi ve sonrası aldıkları radyograflar ile belirledikleri 5 noktada uzaklaştırılan dentin miktarını bilgisayar programı ile ölçmüş ve kanaldaki sapmaları tespit etmişlerdir (193).

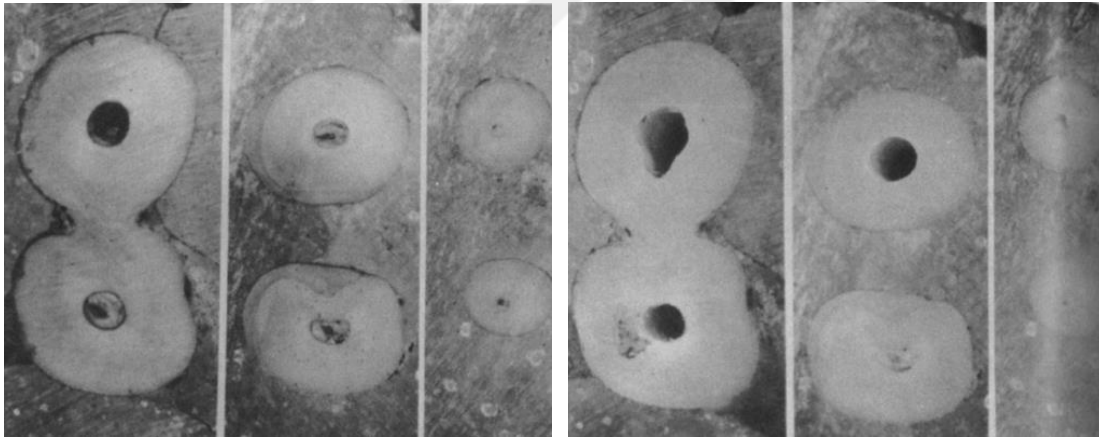
Kök kanal preparasyonu sonrası hacim değişiklikleri için ilgilenilen bölge çok köklü dişlerde furkasyondan tek köklü dişlerde kanal girişinden kök apeksine kadar olan alandır (194).

➤ **Kök Kanallarının Hacim ve Yüzey Alanındaki Değişiklikler:** Lorensen ve Cline’in ürettikleri “Marching Cubes” algoritması ile görüntülerin üst üste çakıştırılması sonucu hesaplanır (195). Hacim artışının ve prepare edilen yüzeyin görselleştirilmesi ve değerlendirilmesi preparasyon sonrası kök kanalının verileri ile prepare edilmemiş halinin verileri arasındaki fark ile hesaplanır (196).

### 2.5.1. Seri Kesit Alma Yöntemi (Kapalı Mufla Tekniği)

“Bramante yöntemi” olarak da bilinen 1987 yılında Bramante ve arkadaşları (197) tarafından üretilen seri kesit alma yönteminde akrilik rezine gömülen dişlerden yatay yönde kesitler alınarak inceleme yapılmıştır (Şekil 2.23). Mufla içine yerleştirilen bu akrilik model istenilen zamanlarda çıkarılıp aynı konumuna tekrar yerleştirilebilir. Akrilik modelden bir separe yardımı ile apikal, orta ve servikal olmak üzere 3 seviyede kesitler alınır. Kök kanal şekillendirmesi öncesinde belirli bir odak noktasından fotoğraflar alınır ve kesitler orijinal pozisyonuna yerleştirildikten sonra da şekillendirme aşamasına geçilir. Kök kanal şekillendirilmesi sonrası tekrardan fotoğraflar çekilir ve öncekiler ile karşılaştırılır (197).

Tekniğin en büyük avantajı her örneğin aynı zamanda kendi kontrol grubunu temsil etmesidir (186). Kök kanallarının çapı, şekli, merkezleme oranı, uzaklaştırılan dentin miktarı seri kesit alma yöntemi ile ölçülebilir. Tekniğin dezavantajı ise dişin sert dokusunda kayba yol açan invaziv bir yöntem olmasıdır (188).



A

B

**Şekil 2.23.** A) Kök kanal şekillendirmesinden önce, B) Kök kanal şekillendirmesi sonrası kanalın servikal, orta ve apikal kısımlarından alınan kesitler (197).

### 2.5.2. İki Boyutlu Radyograflar ve Fotoğraflama Yöntemleri

Radyograf yöntemi ile kök kanal preparasyonu öncesi ve sonrası dişin iki yönünden alınan periapikal radyograflar üst üste bindirilerek çeşitli analiz programları ile transportasyon, merkezleme oranı, uzaklaştırılan dentin miktarı gibi bilgiler elde

edilebilmektedir. Tekniğin standardizasyonunu sağlamak zordur; diş ve radyografinin hep aynı konumda bulunması gereklidir (198).

Bir başka yöntem olan fotoğraflama yöntemi ile şeffaf akrilik blokların kök kanallarından preparasyon öncesi ve sonrasında görüntüler alınır. Elde edilen bu görüntüler çakıştırılarak bilgisayarda bulunan analiz programları ile kök kanallarında meydana gelen değişiklikler tespit edilebilmektedir (199). Bu iki yöntemde de veriler sadece iki boyuttadır ve kısıtlı bir analiz imkânı vardır. Ayrıca preparasyon öncesi ve sonrasında aynı görüntüleri elde etmek zordur (200).

### **2.5.3. Bilgisayarlı Tomografi (BT)**

Bilgisayarlı tomografi iyonize radyasyonun objenin içinden geçerek ve farklı bölgelerdeki tutulumuna göre elde edilen çeşitli görüntülerin bilgisayar algoritmaları ile birleştirilerek objenin 3 boyutlu görüntüsünün elde edilmesini sağlayan bir tekniktir (201). Dişlerin ilk kez üç boyutlu incelenmesi BT kullanılarak Tachibana ve Matsumoto tarafından 1990 yılında yapılmıştır (11). Görüntüleme sırasında örneklere zarar verilmemesi ve tekrarlanabilen ölçümlerin yapılmasına olanak sağlaması bu tekniğin en önemli avantajlarından (180). BT kullanılarak kök kanal preparasyonu sonrasındaki hacim değişiklikleri, uzaklaştırılan dentin miktarı, transportasyon oluşumu gibi özellikler değerlendirilebilmektedir (202). Ancak incelenen kesitlerin kalın olması ve bunun sonucunda oluşan düşük çözünürlük tekniğin dezavantajlarından (203).

### **2.5.4. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT)**

KIBT koni şeklindeki radyografi dağılımı ile geleneksel BT'ye göre daha az radyasyonla daha hızlı görüntü işleyebilmektedir (204). Üç boyutlu görüntüleme sunan ve kök kanal geometrisindeki değişimlerin hesaplanabildiği uygulama kolaylığı olan ve invaziv olmayan bir klinik araçtır (205).

KIBT ile minimal distorsiyon sonucu yüksek çözünürlüklü taramalar elde edildiği için endodontik veya diş kaynaklı olmayan lezyonların teşhisinde, kök kanal anatomisinin tanımlanmasında, rezorpsiyonların, çatlak ve kırık hatlarının teşhisinde,

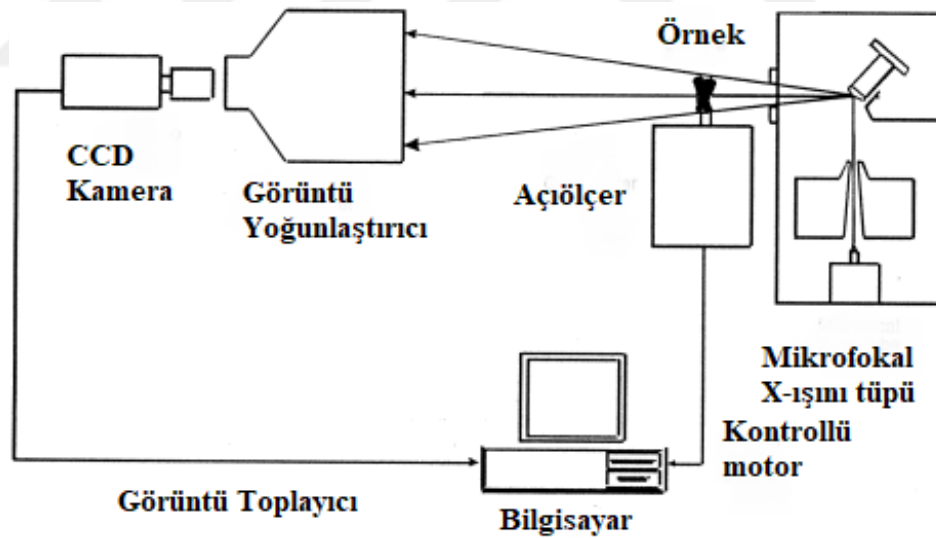
cerrahi müdahaleler öncesi planlamada, bulunamayan kanalların ve kırık aletlerin tespitinde kullanılmaktadır (206).

Ancak görüntüleme sırasında oluşan çeşitli artifaktlar kök kanallarının net bir şekilde görüntülenmesini zorlaştırmaktadır (205).

### 2.5.5. Mikro Bilgisayarlı Tomografi (Mikro-BT, $\mu$ BT)

Mikro-bilgisayarlı tomografi (Mikro-BT), iki boyutlu (2D) ve üç boyutlu (3D) görüntüler elde edilebilen, numunelere zarar vermeyen, seri kesit alma tekniğindeki gibi invaziv olmayan bir araştırma yöntemidir (207).

Mikro-BT cihazı, yüksek çözünürlüklü bir x ışını ünitesi, otomatik odaklama özelliği, nesnenin yerleştirildiği bilgisayarın kontrolünde olan bir motor, görüntüyü ve ışınları yoğunlaştırma işlemini sağlayan yoğunlaştırıcı, görüntüyü x ışınlarını çevirerek bilgisayara aktaran bir CCD (Charge-Coupled Devices) kamera ve verileri toplayıp hesaplamalar yapan bir bilgisayardan oluşmaktadır (Şekil 2.24) (208).



Şekil 2.24. Mikro Bilgisayarlı Tomografi (208).

Mikro-BT' nin tekrarlanabilen tarama ve görüntüyü bir yazılımla değerlendirme imkânı en önemli avantajlarındanıdır. Ancak dezavantajı olarak yüksek radyasyon dozuna sahip olması ve maliyetinin yüksek olması çalışmaları *in-vitro* olarak sınırlamıştır (209).

Mikro-BT ile geleneksel BT cihazı arasındaki temel fark x-ışını kaynağı ve dedektörün konumudur. BT’de x-ışını kaynağı ve dedektör objenin/ hastanın çevresinde dönmektedir ve bunun sonucunda vibrasyon oluşmaktadır. Ancak  $\mu$ BT sabit bir x-ışını kaynağına ve detektöre sahiptir ve obje kendi vertikal ekseninde döndürülmektedir. Bunun sonucunda vibrasyon azalmaktadır ve çözünürlük artmaktadır (203).

Geleneksel BT’nin klinik uygulamalarında x-ışını kaynağı boyutu 1 mm iken Mikro-BT’de 5-10  $\mu$ m’dir. Kesitin ince ve kesit sayısının çok olması sonucunda çok küçük detaylara kadar görüntü oluşturmak mümkündür (210).

Literatürde Mikro-BT’nin trabeküler kemik yapısının (211) ve implant çevresi kemik dokusunun (212) değerlendirildiği, periapikal yıkımın ve kemik defektlerinin iyileşme modellerinin (213) değerlendirildiği çeşitli çalışmalar mevcuttur. Endodonti alanında ise Mikro-BT kök kanalı, dentin, mine, kökün iç ve dış anatomisi ve demineralize dokuları inceleme olanağı sunmaktadır. 3 boyutlu görüntüleri elde etmek için yüksek çözünürlüklü görüntüleri sağlayarak kök kanal sisteminin değerlendirilmesi ve preparasyon sonrası kök kanal geometrisindeki değişimleri karşılaştırmak için kullanılabilir. Ayrıca niceliksel ve niteliksel analizler yapılabilmektedir (214, 215).

Dişin mekanik özelliklerini ve kırılmaya karşı olan direncini korumak için GGK’ne alternatif olarak tasarlanan KGK’leri daha fazla dentin dokusunu korumasına rağmen kök kanalının geometrik şekillendirme parametrelerini etkileyebilir. Kök kanal tedavili dişlerde meydana gelen dentin dokusu kaybı dişin prognozunun önemli ölçüde etkilediğinden, kavite preparasyon türlerinin dentin hacmine ve kanaldaki geometrik değişikliklere etkisi prognoz için önemlidir. Bu Mikro-BT çalışmasının amacı KGK, NGK ve GGK ile açılan mandibular molar dişlerin mesial kök kanallarındaki hacim ve yüzey alanındaki değişiklikleri değerlendirmek ve apikal foramenden 3 mm uzaklıktaki transportasyon oluşumunu incelemektir.

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu *in-vitro* çalışma için, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 21-02-2023 tarihli ve GO 22/1207 numaralı etik kurul izni (Ek-1) alınmıştır. Ayrıca bu çalışma Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi tarafından THD-2023-20544 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Çalışmada kullanılan dişlerin preparasyon öncesi ve sonrası anatomik yapılarını incelemek için kullanılan Mikro Bilgisayarlı Tomografi (Mikro-BT) ile tarama ve enstrümantasyon sonrasındaki analiz işlemleri Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Temel Tıp Bilimleri Anabilim Dalı'nda; Dental Operasyon Mikroskobu (DOM) altında giriş kavitelerinin açılması ve kök kanal preparasyonu işlemleri Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın hipotezleri;

➤ H0: Konservatif (KGK) ve Ultrakonservatif (Ninja) (NGK) giriş kaviteleri uygulanan örneklerde enstrümantasyon sonrası toplam kök kanal hacmi değişimi, geleneksel giriş kavitesi (GGK) uygulanan örneklere göre farklılık göstermez.

➤ H1: Konservatif ve Ultrakonservatif (Ninja) giriş kaviteleri GGK'ye göre preparasyon sonucunu olumsuz etkiler; prepare edilmeyen yüzey alanının oranını artırır ve orijinal kök kanal anatomisini tehlikeye atar.

#### 3.1. Örneklerin Seçimi ve Gruplandırılması

Çalışmamız için gerekli örneklem büyüklüğü, geçmiş çalışmaların sonuçları referans alınarak, G\* Power 3.1 yazılımı (Heinrich Heine Üniversitesi, Düsseldorf, Almanya) yardımı ile hesaplandı. %80 güç ve %5 tip I hataya sahip analize göre grup başına en az 13 örnek ile çalışmada toplam 39 örnek gerekiyordu.

Bu çalışmada, 30 adet çekilmiş kök gelişimini tamamlamış, çürüksüz, kök rezorpsiyonu, kırık veya çatlağı bulunmayan, benzer uzunluk ve çapa sahip Vertucci

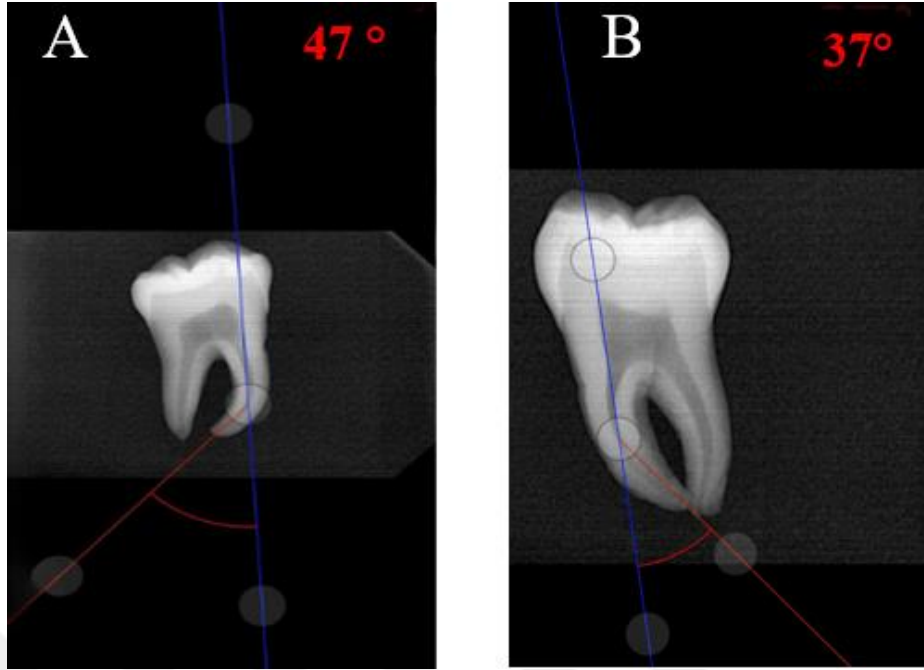
tip IV sınıflamasına uyan insan mandibular molar dişlerinin mesial kökleri kullanılmıştır (Şekil 3.1).

Özellikle bu araştırma için diş çekimi yapılmamıştır; hastalardan aydınlatılmış onam formları alınarak protetik, periodontal veya ortodontik nedenlerle çekilen dişler çalışmaya dahil edilmiştir. Alınan periapikal radyografilerde ileri derecede kalsifikasyonu bulunan, internal rezorpsiyona sahip, birleşik kanallı, aşırı kurvatürlü ve apeksi oluşumu tamamlanmamış dişler çalışma dışı bırakılmıştır. Örneklerin yüzeylerindeki doku artıkları kürete edilip 24 saat %2,5'lik NaOCL solüsyonunda bekletilmiştir. Numaralandırılıp gruplara ayrılan örnekler deney aşamasına kadar %0,1 timol çözeltisi içinde 4°'de saklanmıştır.

Köklerin kurvatürlerini tespit edebilmek için mesio-distal ve bukko-lingual olmak üzere iki farklı açıdan periapikal radyografiler alınmıştır ve kök kurvatürleri Schneider'in (20) yöntemine göre 25-40 ° olan dişler çalışmaya dahil edilmiştir (Şekil 3.2).



**Şekil 3.1.** Dişlerin seçimi.



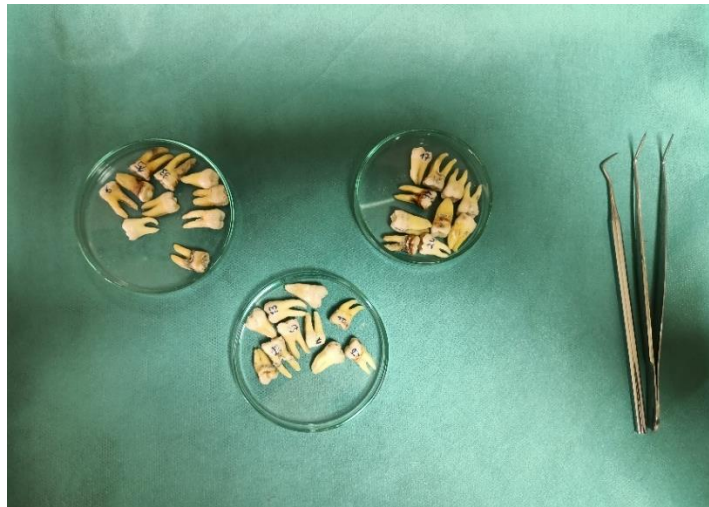
**Şekil 3.2.** Kök kurvatür açısının ölçümü. A) Çalışmaya dahil edilmeyen bir diş; B) Çalışmaya dahil edilen bir diş.

Seçilen dişler her grupta 10 diş olacak şekilde rastgele 3 gruba ayrılmıştır (Şekil 3.3):

Grup 1 (n=10): Geleneksel Giriş Kavitesi (GGK)

Grup 2 (n=10): Konservatif Giriş Kavitesi (KGK)

Grup 3 (n=10): Ultrakonservatif “Ninja” Giriş Kavitesi (NGK)



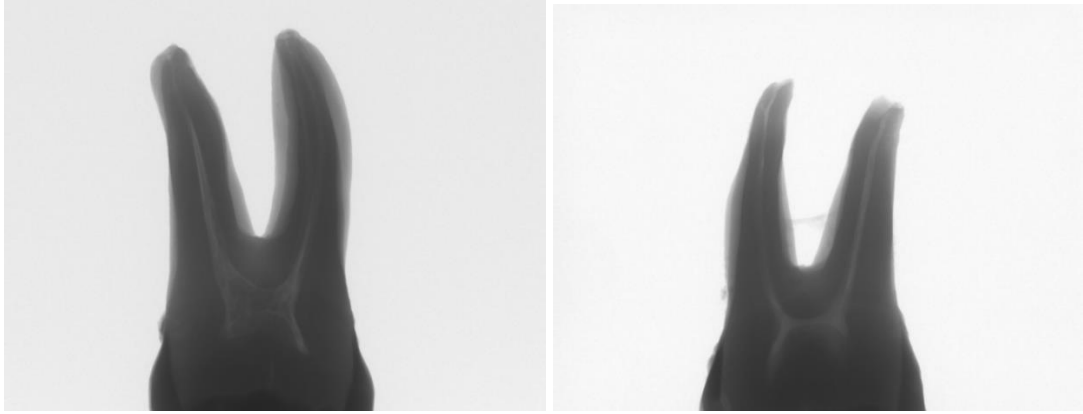
**Şekil 3.3.** Seçilen dişlerin gruplara ayrılması.

### 3.2. Örneklerin Preparasyon Öncesi Mikro-BT ile Taranması

GGK, KGK ve NGK gruplarındaki dişlere giriş kavitesi preparasyonu ve kök kanallarının enstrümantasyonu işlemleri öncesinde örneklerden görüntü elde etmek için yüksek çözünürlüklü, masaüstü Mikro Bilgisayarlı Tomografi cihazı (Şekil 3.4) (Bruker Skyscan 1275, Kontich, Belçika) kullanılarak tarama yapılmıştır (Şekil 3.5). Cihaz farklı yoğunluktaki objeler için ayarlanabilir voltaja ve çeşitli filtrelere sahip olan bir X-ışını kaynağına sahiptir. Örnekler her taramada aynı pozisyonda görüntü alınabilmesi için Mikro-BT cihazının tutucu kısmına sabitlenmiştir. Tarama yapılırken Mikro-BT sistemi 80 kVp (kilovoltpeak), 125 mA (mili amper), 49 ms maruziyet süresi ve 0.5 mm Al/Cu filtre; voxel boyutları 18 µm ve 0.2 rotasyon parametrelerine göre çalıştırılmıştır. Ring artifaktlarını en aza indirmek için, her taramadan önce detektörün hava kalibrasyonu yapılmıştır. Her numune, tarama esnasında 360° döndürülmüştür. Her mandibular molar diş için tarama süresi ortalama 1 saat sürmüştür. Cihazın diğer ayarları ve kullanılan parametreleri üretici firmanın önerisi doğrultusunda yapılmıştır.



**Şekil 3.4.** Dişlerin giriş kavitesi preparasyonu öncesi Mikro-BT cihazında taranması.



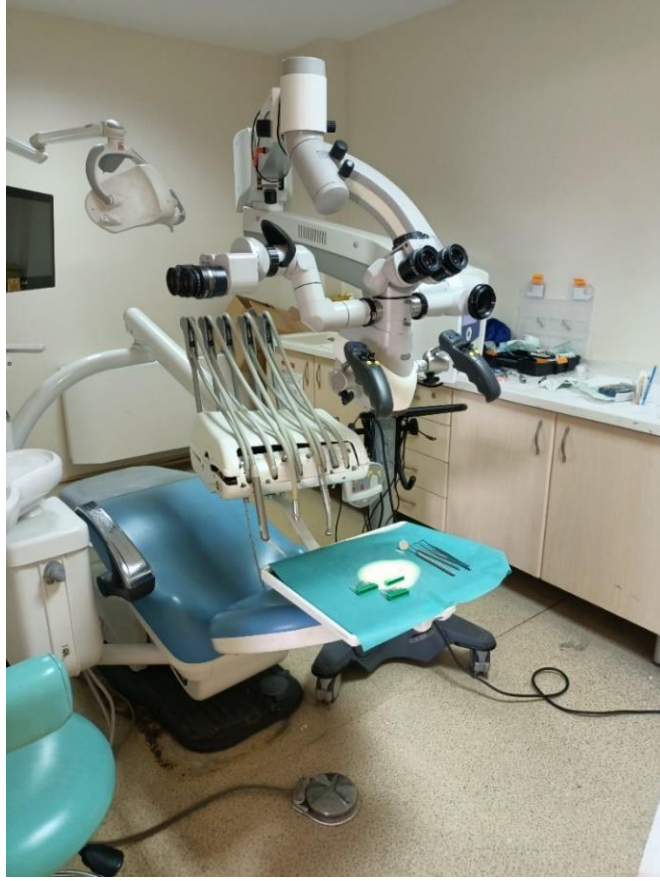
**Şekil 3.5.** Mikro-BT cihazı ile enstrümantasyon öncesi örneklerin taranması.

### 3.3. Dental Operasyon Mikroskobu (DOM) Altında Giriş Kavitelerinin Hazırlanması

Tüm dişlerin giriş kaviteleri, su soğutmalı yüksek turda çalışan bir aerotor ile (W&H Alegria, Austria) 12 ve 14 numaralı elmas rond frezlerle (Hi-Care, Guangzhou, Çin) (Şekil 3.6) tek bir operatör tarafından Dental Operasyon Mikroskobu (Zeiss, Almanya) altında hazırlanmıştır (Şekil 3.7).

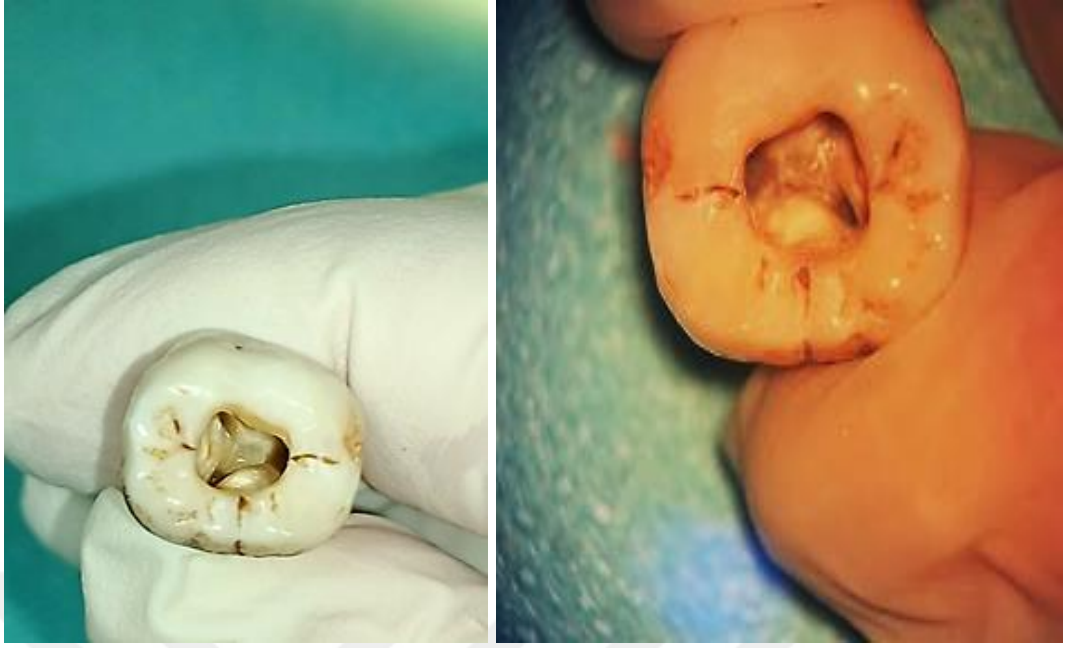


**Şekil 3.6.** Giriş kavitesi preparasyonu sırasında kullanılan elmas frezler.

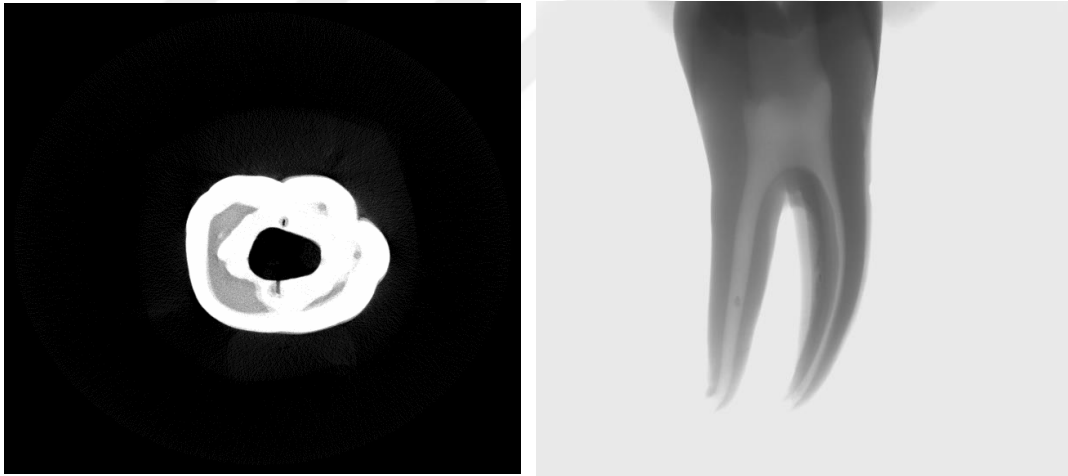


**Şekil 3.7.** Giriş kavitelerinin açılması sırasında kullanılan DOM.

*GGK grubundaki dişler;* geleneksel endodontik giriş kavitesi ilkelerine göre hazırlanmıştır (37). Santral fossadan 14 numaralı elmas rond frez ile giriş yapıp pulpa odasının tavanı tamamen kaldırılmıştır. Mesio-distal, bukko-lingual ve çevresel periservikal dentin uzaklaştırılmıştır. Fissür frez yardımı ile kavite duvarları paralel hale getirilerek kök kanallarının koronal kısmına direkt bir giriş sağlanmıştır. Kavitenin duvarları tüm kök kanal girişlerine ve apikal foramene engelsiz, doğrudan bir erişim sağlayacak şekilde genişletilmiştir. Tüm kök kanal girişleri okluzalden bakışta tek bir görüş açısından görülebilecek şekilde koronal genişletme yapılmıştır (Şekil 3.8). Geleneksel giriş kavitesinin Mikro-BT ile aksiyel ve sagittal eksenlerdeki görüntüsü de elde edilmiştir (Şekil 3.9).



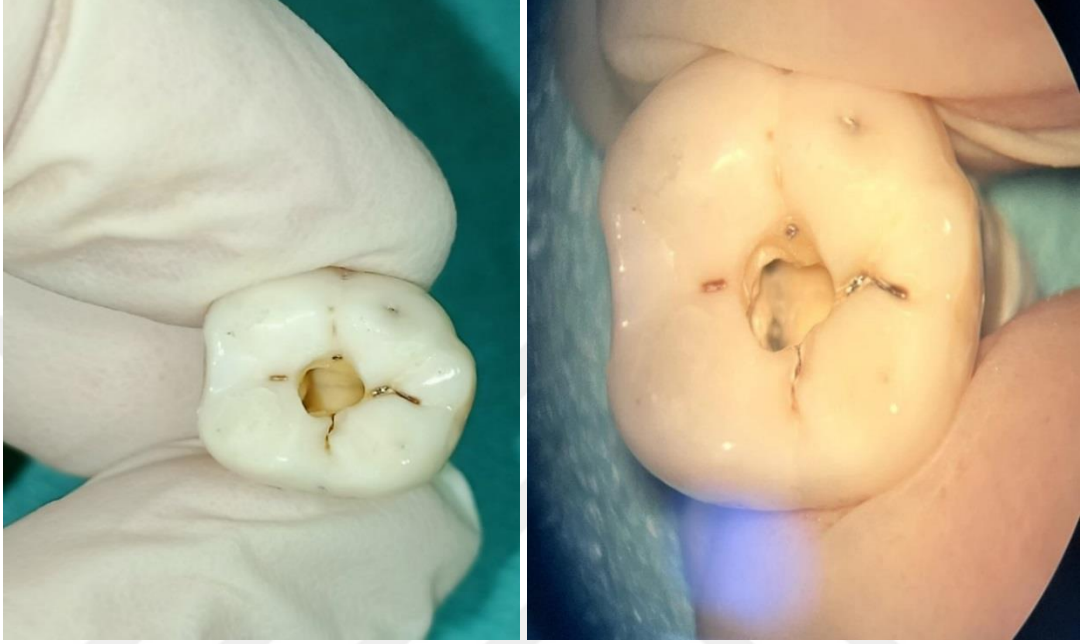
**Şekil 3.8.** Geleneksel giriş kavitesi ve mikroskop görüntüsü.



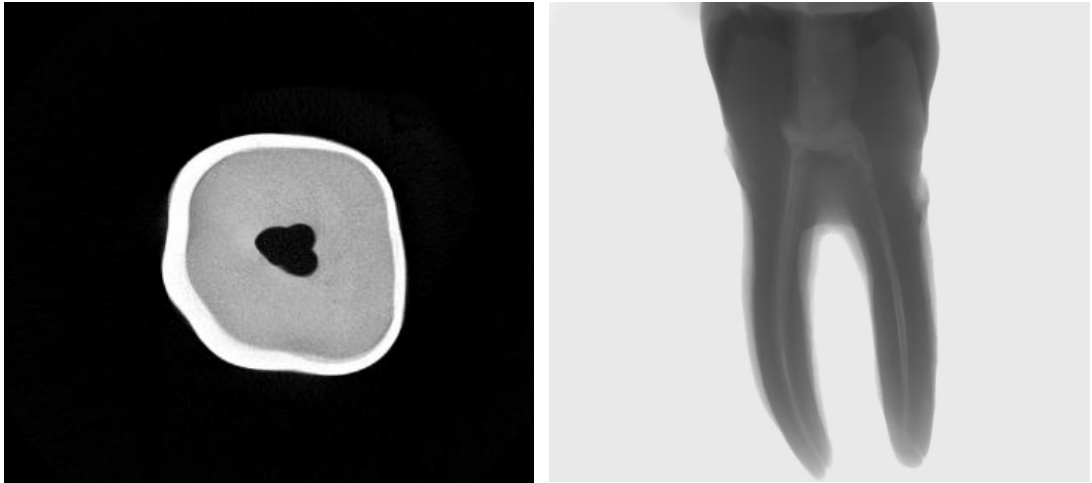
**Şekil 3.9.** Geleneksel giriş kavitesinin Mikro-BT ile aksiyel ve sagital eksenlerdeki görüntüsü.

*KGK grubundaki dişler;* giriş kavitesi preparasyonu Clark ve Khademi'nin ilkelerine uygun olarak gerçekleştirilmiştir (8). Giriş kaviteleri santral fossanın en derin yerinden 12 numaralı rond frez ile giriş yapılarak açılmıştır ve kavite tüm kök kanal girişleri lokalize edilene kadar gereken miktarda genişletilmiştir. Pulpa odasının tavanı kaldırılmıştır. Mesio-distal, bukkal-lingual ve çevresel periservikal dentin

kısmen uzaklaştırılmıştır. Konservatif giriş kaviteleri geleneksel endodontik giriş kavitelerin kısıtlanmış bir şekli gibi açılmıştır (Şekil 3.10). Konservatif giriş kavitesinin Mikro-BT ile aksiyel ve sagittal eksenlerdeki görüntüsü de Şekil 3.11’de gösterilmektedir.



**Şekil 3.10.** Konservatif giriş kavitesi ve mikroskop görüntüsü.

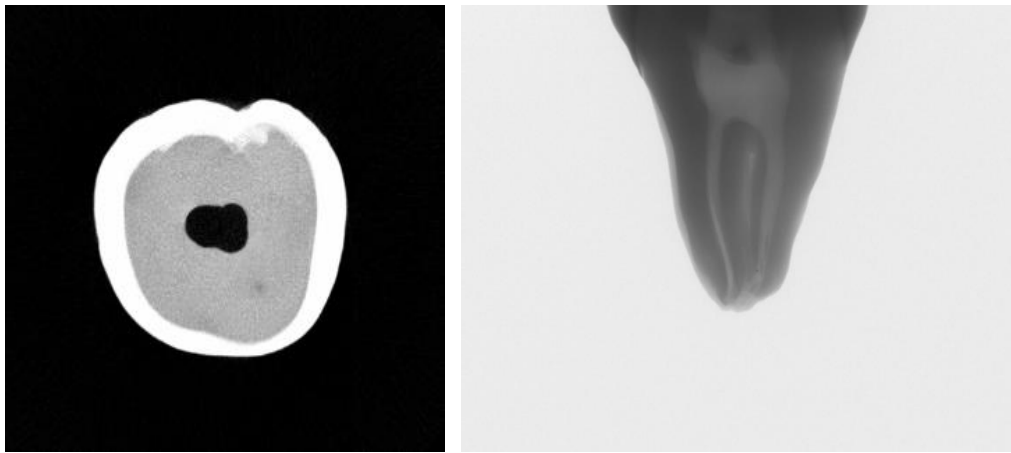


**Şekil 3.11.** Konservatif giriş kavitesinin Mikro-BT ile aksiyel ve sagittal eksenlerdeki görüntüsü.

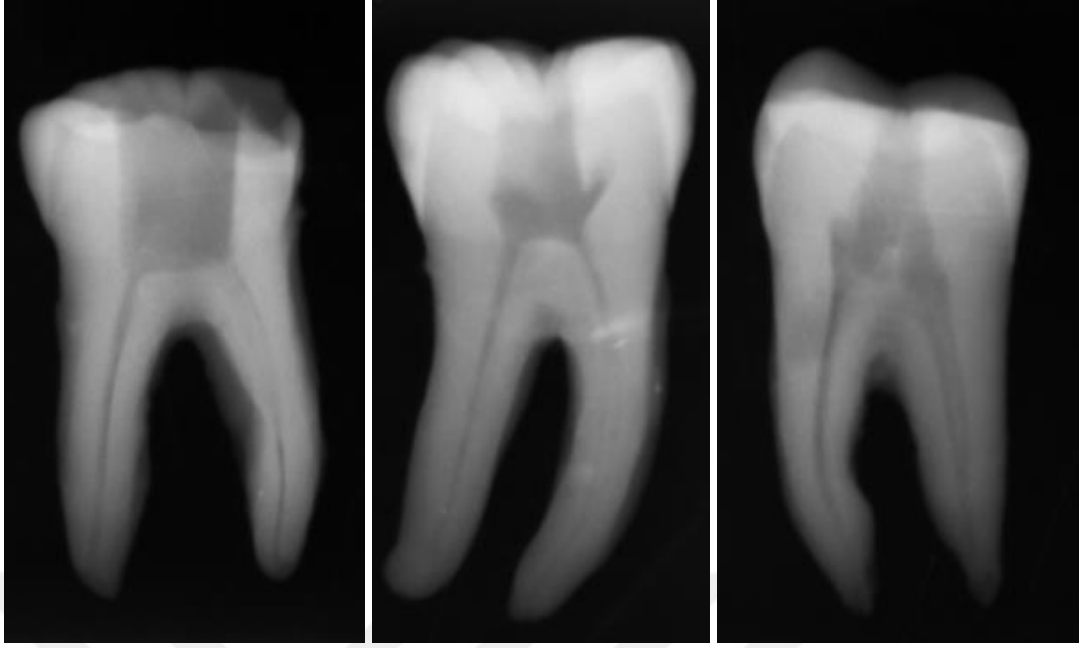
NGK grubundaki dişler; giriş kavitesi santral fossanın en derin yerinden ve dişin mesialinden 12 numaralı rond frez ile giriş yapılarak açılmıştır ve mümkün olduğu kadar pulpa odasının tavanı ve periservikal dentin korunmuştur (30). DOM altında kanalları lokalize ettikten sonra kavite sınırları korunmuştur, genişletme daha fazla uygulanmamıştır. Kök kanal girişleri okluzal düzleme  $90^\circ$  veya daha fazla açıyla eğimli olacak şekilde kesilen mine sonucunda lokalize edilmiştir (Şekil 3.12). Şekil 3.13'te Ninja giriş kavitesinin Mikro-BT ile aksiyel ve sagittal eksenlerdeki görüntü gösterilmektedir. Sırası ile G GK, KGK ve NGK ile açılmış dişlerin radyografik görüntüleri Şekil 3.14'de verilmiştir.



**Şekil 3.12.** Ninja giriş kavitesi ve mikroskop görüntüsü.



**Şekil 3.13.** Ninja giriş kavitesinin Mikro-BT ile aksiyel ve sagittal eksenlerdeki görüntüsü.



**Şekil 3.14.** Sırası ile GGK, KGK ve NGK ile açılmış dişlerin radyografik görüntüleri.

### 3.4. Kök Kanallarının Temizleme ve Şekillendirme İşlemleri

Tüm örneklerin giriş kavitesi preparasyonlarından sonra mesiobukkal (MB) ve mesiolingual (ML) kanallarda çalışma boyu ve kanal yolu devamlılığı 10 numaralı K-tipi eğe (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile apikal foramenden çıkış noktası tespit edilerek belirlenmiştir. Bu uzunluktan 1 mm eksik olacak şekilde her kanal için çalışma boyu belirlenip kaydedilmiştir. Tüm dişlerin mesial kökleri Woodpecker Ai-Endomotor (Woodpecker, China) kullanılarak, EndoArt Action Gold Kit (İnci Dental, İstanbul, Türkiye) F2 eğeye kadar sırasıyla SX, S1, S2, F1, F2 eğeleri kullanarak rotasyon hareketi ile şekillendirilmiştir. Enstrümantasyon işlemi üreticinin talimatına uygun olarak yapılmıştır (Şekil 3.15).

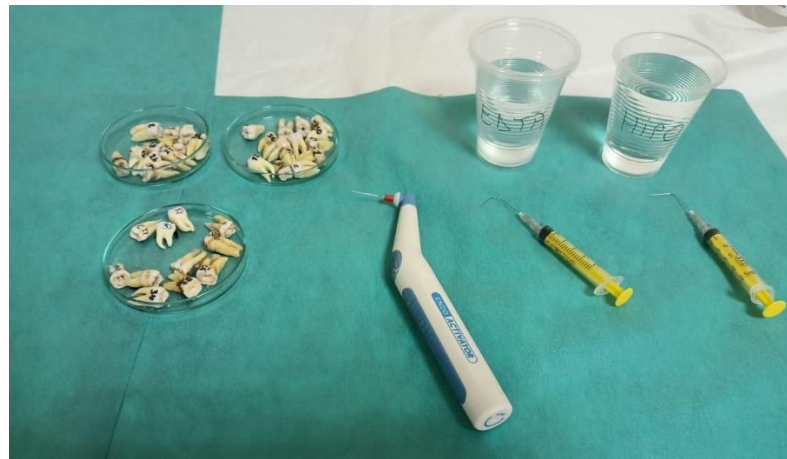
Her örnek için yeni kanal aleti kullanılmıştır ve çalışma boyuna ulaşana kadar 3 gagalama hareketinden sonra kanal aleti temizlenerek ve kök kanalı irrije edilerek kullanılmaya devam edilmiştir. Her kanal aleti arasında #10 numaralı K tipi eğe ile rekapitülasyon yapılmıştır.



**Şekil 3.15.** Giriş kavitesi preparasyonundan sonra kök kanalların şekillendirilmesi.

Mekanik şekillendirme sırasında her eğe arasında kanallar 2 ml %2,5'lik NaOCl kullanılarak irriye edilmiştir. Final irrigasyonu 2 ml %17'lik EDTA ve distile su ile yapılmıştır.

Kanal şekillendirmesi sırasında yapılan irigasyonu aktive etmek için Endo Activator cihazı (Şekil 3.16) (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK) kullanılmıştır. Kök kanalları steril kâğıt koniler ile kurutulmuştur. Tüm kök kanal şekillendirilmesi ve irrigasyon prosedürleri tek bir operatör tarafından gerçekleştirilmiştir. Temizleme ve şekillendirme işleminden sonra, dişler ikinci bir kez Mikro-BT'de tekrar taranıp analiz edilmiştir.



**Şekil 3.16.** Dişlerin final irrigasyonu ve irrigasyon aktivasyonu.

### 3.5. Kök Kanallarının Enstrümantasyon Sonrası Mikro-BT ile Taranması ve Analizi

Örneklerin giriş kavitesi preparasyonu ve kök kanal enstrümantasyonu sonrasında Mikro-BT taraması için Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'ndeki Mikro-BT cihazı kullanılmıştır. 1. taramada kullanılan parametreler 2. taramada tekrar yapılmıştır. Cihaz farklı yoğunluktaki objeler için ayarlanabilir voltaja ve çeşitli filtrelerle sahip olan bir X-ışını kaynağına sahiptir. NRecon (ver. 1.6.7.2, SkyScan, Kontich, Belçika) ve CTAn (CT analyzer) (ver. 1.17.7.2, SkyScan) yazılımı örneklerin görselleştirilmesi ve nicel ölçümleri için kullanılmıştır. Aksiyal kesitte 1000x1000 piksellik iki boyutlu görüntüler elde edilmiştir. NRecon yazılımı ise görüntü rekonstrüksiyonu esnasında radyolojik artefaktları en aza indirmek için ring artefaktı düzeltilmesi ve yumuşatma sıfıra sabitlenmiş ve ışın artefaktı düzeltilmesi %40 olacak şekilde ayarlanmıştır. SkyScan'ın talimatları izlenerek kontrast limitleri uygulanmıştır. NRecon yazılımı (Skyscan, Kontich, Belçika) kullanılarak tarayıcı tarafından elde edilen görüntüler köklerin 2 boyutlu dilimlerini gösterecek şekilde yeniden yapılandırılmıştır. Tüm taramalardan toplam 1023 kesit görüntüsü elde edilmiştir. Ayrıca kök kanal ölçümünün 3 boyutlu hacimsel görselleştirilmesi, analizi ve hacminin hesaplanması için CTAn (Skyscan, Aartselaar, Belçika) yazılımı kullanılmıştır. Her bir mandibular dişin taraması ve analizi yaklaşık 1 saat sürmüştür. Yapılandırılmış olan görüntüler DataViewer yazılımında üç boyutlu olarak çakıştırılmıştır. Böylece preparasyon öncesi ve sonrası elde edilen veriler üç boyutlu ekseninde aynı düzlemlere sahip olmuşlardır.

Ölçümlerin yapılabilmesi amacıyla CTAn (v.1.13, Bruker-microCT) yazılımına aktarılan görüntülerden kök kanalının hacim değişimi hesaplanmıştır. Kök kanal hacmindeki artış miktarı, prepare edilen kök kanalının değerinden prepare edilmemiş kök kanalının kaydedilen değerinin çıkarılmasıyla hesaplanmıştır. Ayrıca prepare edilmeyen yüzey alanı her bir kanal için ayrı ayrı hesaplanmıştır (76). Bu prepare edilmeyen alanların yüzdesi Arias ve arkadaşlarının yaptıkları çalışma (76) referans alınarak enstrümantasyon öncesi ve sonrası eşleştirilen modellerden alınan statik voksel yüzey sayısının, toplam yüzey voksel sayısına olan oranına göre hesaplanmıştır.

Tüm kök kanallarının apikalden 3 mm uzakta olan kesitlerindeki mesio-distal yöndeki transportasyon miktarı 2 boyutlu olarak DataViewer yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır. Rover ve arkadaşlarının (34) çalışmalarında kök kanal

transportasyonunu Mikro-BT görüntülerini kullanarak belirledikleri  $(m1-m2) - (d1-d2)$  formülü kullanılarak her bir kanal için hesaplamalar yapılmıştır (Şekil 3.17).

Kökün mesial kenarından şekillendirilmemiş kök kanalının mesial sınırına olan en kısa mesafe m1, şekillendirilmiş kök kanalının mesial sınırına olan en kısa mesafe m2'dir. Kökün distal kenarından şekillendirilmemiş kök kanalının distal sınırına olan en kısa mesafe d1, şekillendirilmiş kök kanalının distal sınırına olan en kısa mesafe d2'dir. Sonucun 0 olması transportasyonun meydana gelmediğini, negatif sonuçların çıkması transportasyonunu distal yönde gerçekleştiğini, pozitif sonuçların çıkması ise transportasyonun mesial yönde oluştuğunu göstermektedir (34).



**Şekil 3.17.** Data Viewer yazılımında  $(m1-m2) - (d1-d2)$  formülü ile transportasyon miktarının hesaplanması [A) m1 B) m2 C) d1 D) d2].

### 3.6. Verilerin İstatistiksel Analizi

Verilerin İstatistiksel analizleri için SPSS programı (IBM SPSS 23.0 Statistics, ABD) kullanılmıştır. Veri dağılımının normalliği Shapiro-Wilk testi ile, homojenitesi ise Levene testi ile elde edilmiştir. Kanal hacmindeki değişikliklerin ortalamalarının istatistiksel olarak karşılaştırılması için tekrarlı ölçümlerde varyans analizi kullanılmıştır. Transportasyon oluşumuna ait verilerin ortalamalarının istatistiksel olarak karşılaştırılması için ise tek yönlü varyans analizi kullanılmıştır. Kök kanalında prepare edilmeyen yüzey alanına ait veriler normal dağılıma uymadığı için bu grupta Non-parametrik test olan Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. Gruplar arası farklılıkları belirlemek için Tukey ve Bonferroni testleri ile post-hoc analizler yapılmıştır. Tüm analizlerde, istatistiksel anlamlılığı belirtmek için  $p \leq 0,05$  alınmıştır.

## 4. BULGULAR

### 4.1. Kök Kanal Hacmindeki Değişiklere Ait Bulgular

#### Mesio-Bukkal Kanalda Hacimsel Değişiklikler:

GGK, KGK ve NGK preparasyonu uygulanan dişlerde MB kanalın kök kanal preparasyonu öncesi ve sonrası Mikro-BT taraması sonucunda elde edilen ortalama kök kanal hacim değerlerine ait tanımlayıcı veriler Tablo 4.1’de gösterilmiştir. Her 3 kavite tipinde de kök kanal preparasyonu öncesi ortalama değerler ile sonrasında ölçülen değerler arasında MB kök kanalında meydana gelen hacimsel değişiklikler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

**Tablo 4.1.** MB kanalın preparasyon öncesi ve sonrasındaki hacimsel değişikliğe ait Ortalama ve Standart Sapma değerleri ( $\text{mm}^3$ ).

|                                             | Grup               | Ortalama        | Std Sapma        |
|---------------------------------------------|--------------------|-----------------|------------------|
| <i>Preparasyon öncesi kanal hacmi (MB)</i>  | <b>Geleneksel</b>  | <b>2,282380</b> | <b>1,4090566</b> |
|                                             | <b>Konservatif</b> | <b>2,208940</b> | <b>1,0019937</b> |
|                                             | <b>Ninja</b>       | <b>2,678390</b> | <b>1,2890790</b> |
|                                             | <b>Total</b>       | <b>2,389903</b> | <b>1,2196063</b> |
| <i>Preparasyon sonrası kanal hacmi (MB)</i> | <b>Geleneksel</b>  | <b>4,298300</b> | <b>1,9009553</b> |
|                                             | <b>Konservatif</b> | <b>4,999770</b> | <b>1,4520069</b> |
|                                             | <b>Ninja</b>       | <b>4,269500</b> | <b>1,4844055</b> |
|                                             | <b>Total</b>       | <b>4,522523</b> | <b>1,6054793</b> |

Tüm kavitelerin önceki değerleri kendi içerisinde karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ( $p > 0,05$ ). Yine tüm kavitelerin sonraki değerleri kendi içerisinde karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ( $p > 0,05$ ). Öncesi ve sonrası değerler düşünülmeden, her üç kavite toplam hacim değişikliği açısından değerlendirildiğinde; kavite tipleri arasında da hacimsel değişiklik açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p > 0,05$ ). Kavite tipinden bağımsız olarak önceki değerler ile sonraki değerler karşılaştırıldığında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır. KGK ile hazırlanan

dişlerde enstrümantasyon öncesi ve sonrası hacimsel değişiklik daha belirgin olmasına karşın istatistiksel olarak anlamlı değildi ( $p > 0,05$ ).

### **Mesio-Lingual Kanalda Hacimsel Değişiklikler:**

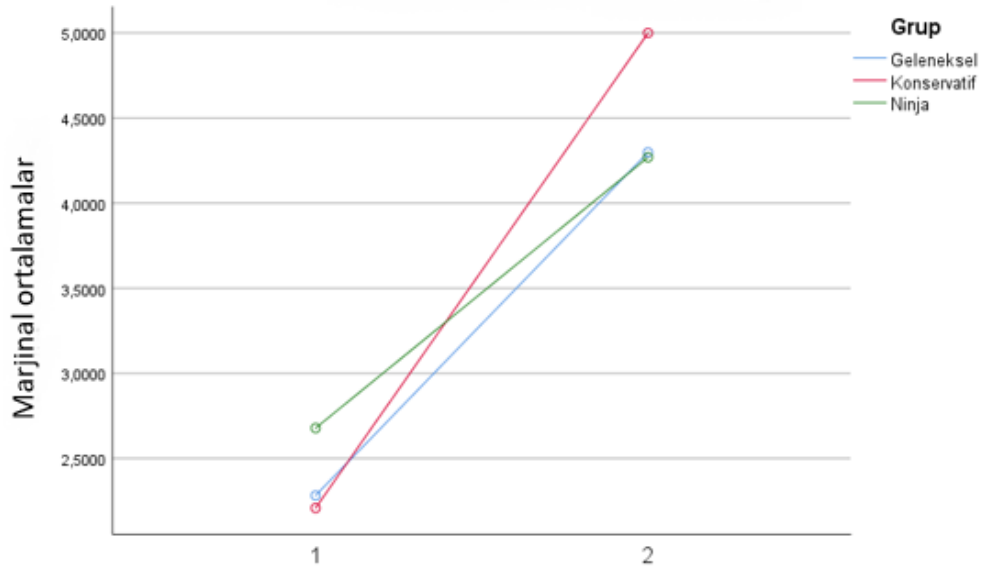
GGK, KGK ve NGK preparasyonu uygulanan dişlerde ML kanalın enstrümantasyon öncesi ve sonrası Mikro-BT taraması sonucunda elde edilen ortalama kök kanal hacim değerlerine ait tanımlayıcı veriler Tablo 4.2’de gösterilmiştir.

**Tablo 4.2.** ML kanalın preparasyon öncesi ve sonrasındaki hacimsel değişikliğe ait Ortalama ve Standart Sapma değerleri ( $\text{mm}^3$ ).

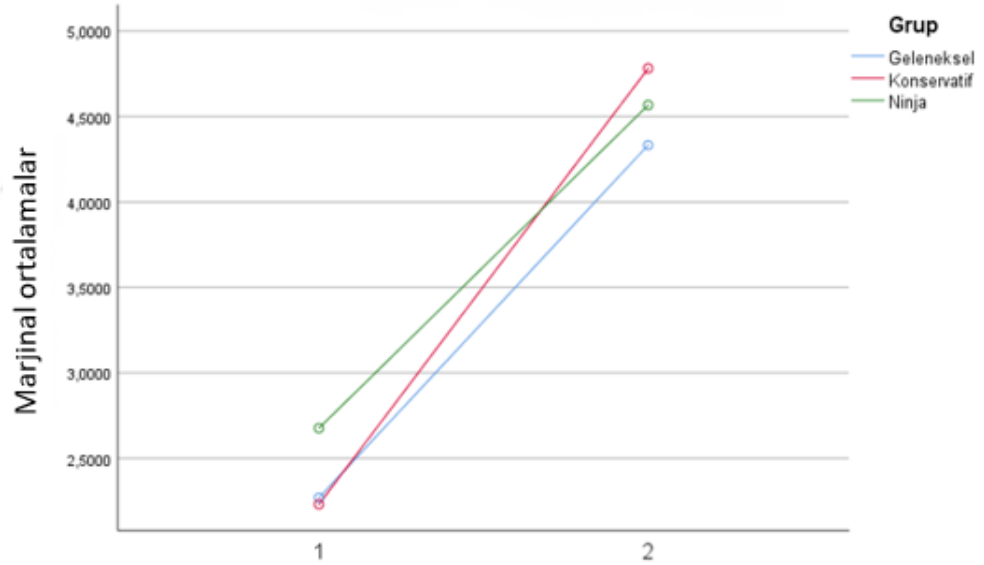
| <i>Grup</i>                                 |                    | <b>Ortalama</b> | <b>Std Sapma</b> |
|---------------------------------------------|--------------------|-----------------|------------------|
| <i>Preparasyon öncesi kanal hacmi (ML)</i>  | <b>Geleneksel</b>  | <b>2,269170</b> | <b>1,4814397</b> |
|                                             | <b>Konservatif</b> | <b>2,230660</b> | <b>0,8376912</b> |
|                                             | <b>Ninja</b>       | <b>2,675950</b> | <b>1,5586109</b> |
|                                             | <b>Total</b>       | <b>2,391927</b> | <b>1,3018339</b> |
| <i>Preparasyon sonrası kanal hacmi (ML)</i> | <b>Geleneksel</b>  | <b>4,332200</b> | <b>1,5660087</b> |
|                                             | <b>Konservatif</b> | <b>4,781150</b> | <b>1,0161427</b> |
|                                             | <b>Ninja</b>       | <b>4,566150</b> | <b>1,5503926</b> |
|                                             | <b>Total</b>       | <b>4,559833</b> | <b>1,3646548</b> |

Her 3 kavite tipinde de ML kök kanalında; preparasyon öncesi değerler kendi arasında, preparasyon sonrası değerler de kendi arasında hacimsel olarak elde edilen değişiklikler açısından istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p=0,479$ ). Her kavite tipinde Preparasyon öncesi değerler ile preparasyon sonrası değerler karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ( $p=0,067$ ).

MB ve ML kanallarda enstrümantasyon öncesi ve sonrası değerlerde farklılıklar mevcuttur. Şekil 4.1. ve 4.2.’de sunulan çizgi grafiklerindeki çizgilerin paralelliği karşılaştırıldığında ML kanala ait çizgiler daha çok paralellik göstermektedir. Ancak gruplar arasında MB ve ML kanallarda kök kanal preparasyonu sonrası hacim değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p>0,05$ ).



**Şekil 4.1.** MB kanala ait preparasyon öncesi ve sonrası kök kanal hacim değerleri. 1→ enstrümantasyon öncesi değer, 2→ enstrümantasyon sonrası değer



**Şekil 4.2.** ML kanala ait preparasyon öncesi ve sonrası kök kanal hacim değerleri. 1→ enstrümantasyon öncesi değer, 2→ enstrümantasyon sonrası değer

#### 4.2. Enstrümante Edilmeyen Alanlara Ait Bulgular

GGK, KGK ve NGK uygulanan dişlerin kök kanal preparasyonundan önce ve sonra Mikro-BT taraması sonucu elde edilen her iki kök kanalının (MB ve ML)

enstrümante enstrümante edilmeyen yüzey alanlarına ait verileri Tablo 4.3'te gösterilmiştir.

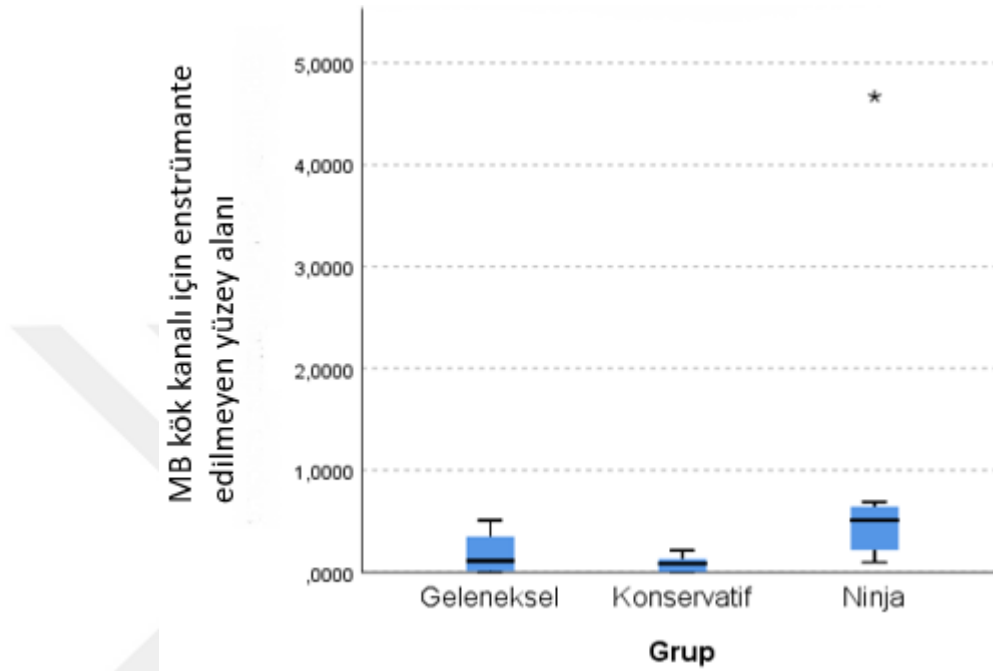
**Tablo 4.3.** MB ve ML kök kanallarının her üç kavite tipindeki enstrümante edilmeyen yüzey alanlarına ait veriler (mm<sup>2</sup>).

| <i>Grup</i>               |                |     | <b>Enstrümante edilmeyen yüzey alanı (MB)</b> | <b>Enstrümante edilmeyen yüzey alanı (ML)</b> |
|---------------------------|----------------|-----|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <b><i>Geleneksel</i></b>  | n              |     | 10                                            | 10                                            |
|                           | Mean           |     | 0,172010                                      | 0,325620                                      |
|                           | Median         |     | 0,110800                                      | 0,224200                                      |
|                           | Std. Deviation |     | 0,1783393                                     | 0,4262239                                     |
|                           | Minimum        |     | 0,0000                                        | 0,0000                                        |
|                           | Maximum        |     | 0,5079                                        | 1,4250                                        |
|                           | Yüzde          | %25 | 0,008250                                      | 0,040200                                      |
|                           |                | %75 | 0,353425                                      | 0,448275                                      |
| <b><i>Konservatif</i></b> | n              |     | 10                                            | 10                                            |
|                           | Mean           |     | 0,080230                                      | 0,099070                                      |
|                           | Median         |     | 0,083200                                      | 0,047000                                      |
|                           | Std. Deviation |     | 0,0783013                                     | 0,1138134                                     |
|                           | Minimum        |     | 0,0000                                        | 0,0000                                        |
|                           | Maximum        |     | 0,2132                                        | 0,3296                                        |
|                           | Yüzde          | %25 | 0,001500                                      | 0,001950                                      |
|                           |                | %75 | 0,136175                                      | 0,189125                                      |
| <b><i>Ninja</i></b>       | n              |     | 10                                            | 10                                            |
|                           | Mean           |     | 0,835010                                      | 0,787800                                      |
|                           | Median         |     | 0,510450                                      | 0,443550                                      |
|                           | Std. Deviation |     | 1,3656009                                     | 0,9786665                                     |
|                           | Minimum        |     | 0,0958                                        | 0,1414                                        |
|                           | Maximum        |     | 4,6718                                        | 3,2033                                        |
|                           | Yüzde          | %25 | 0,199600                                      | 0,191500                                      |
|                           |                | %75 | 0,655225                                      | 1,011400                                      |

#### **Mesio-Bukkal Kanala Ait Bulgular:**

Gruplar arasında MB kök kanallarında preparasyon sonrası enstrümante edilmeyen alanların yüzdesi karşılaştırıldığında üç grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

İkili karşılaştırmalarda GKG ve KGK'ye kıyasla NGK ile hazırlanmış örneklerde prepare edilmeyen alan yüzdesi istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur ( $p<0,05$ ). KGK ve GKG arasında ikili karşılaştırmada anlamlı fark bulunmamıştır ( $p= 0,965$ ) (Şekil 4.3).

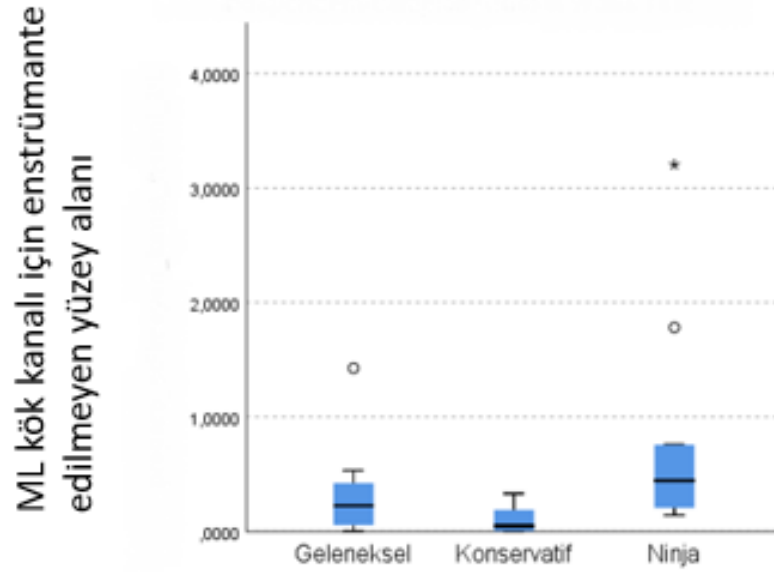


**Şekil 4.3.** MB kök kanalı için enstrümanle edilmeyen yüzey alanı verilerinin kutu grafiği

### Mesio-Lingual Kanala Ait Bulgular:

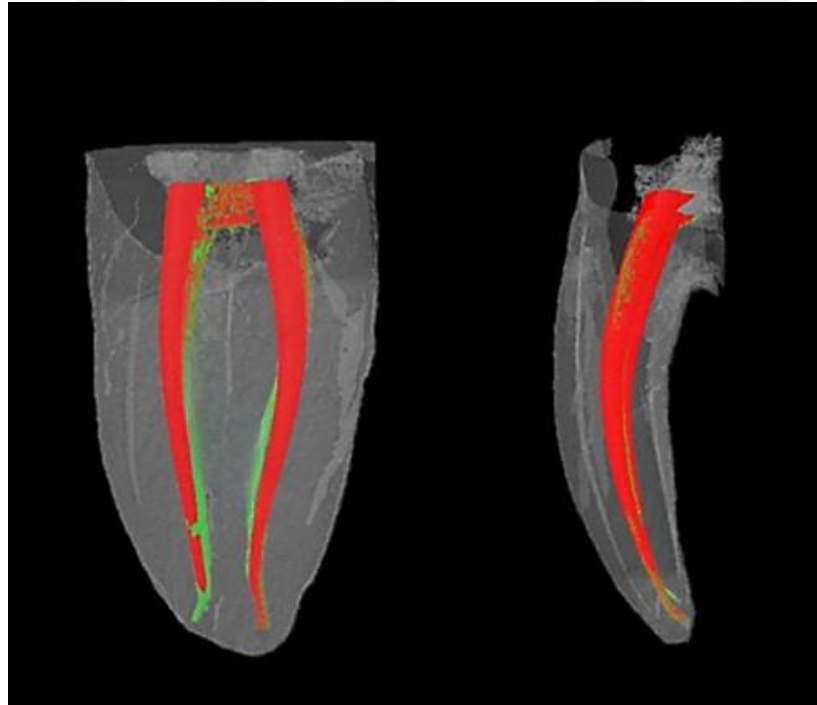
Gruplar arasında ML kök kanallarında preparasyon sonrası enstrümanle edilmeyen alanların yüzdesi karşılaştırıldığında üç grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

İkili karşılaştırmalarda enstrümanle edilmeyen yüzey alanı açısından KGK ve NGK ile açılmış örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ( $p=0,006$ ). KGK-GKG arasında ve GKG-NGK arasında ikili karşılaştırmada anlamlı fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ) (Şekil 4.4).

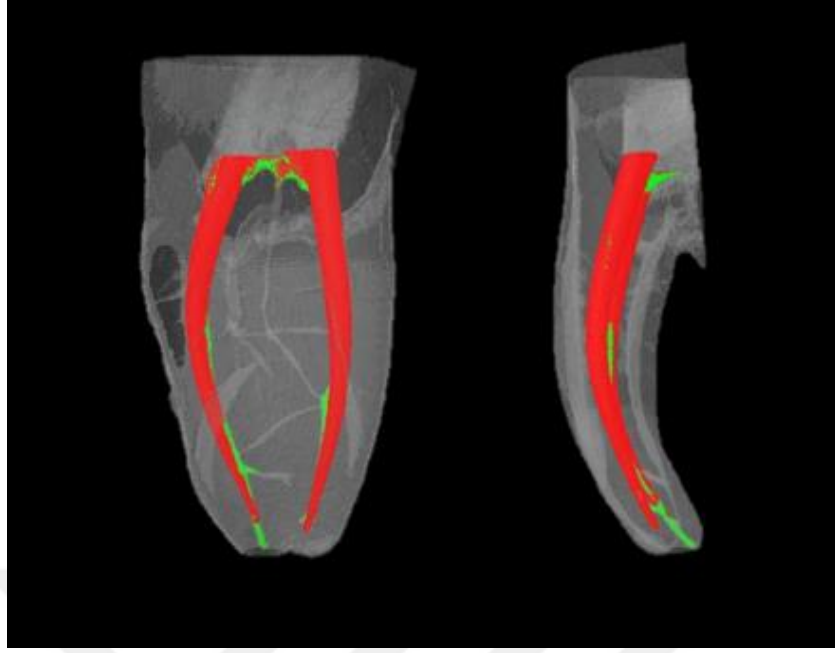


**Şekil 4.4.** ML kök kanalı için enstrümante edilmeyen yüzey alanı verilerinin grafiği.

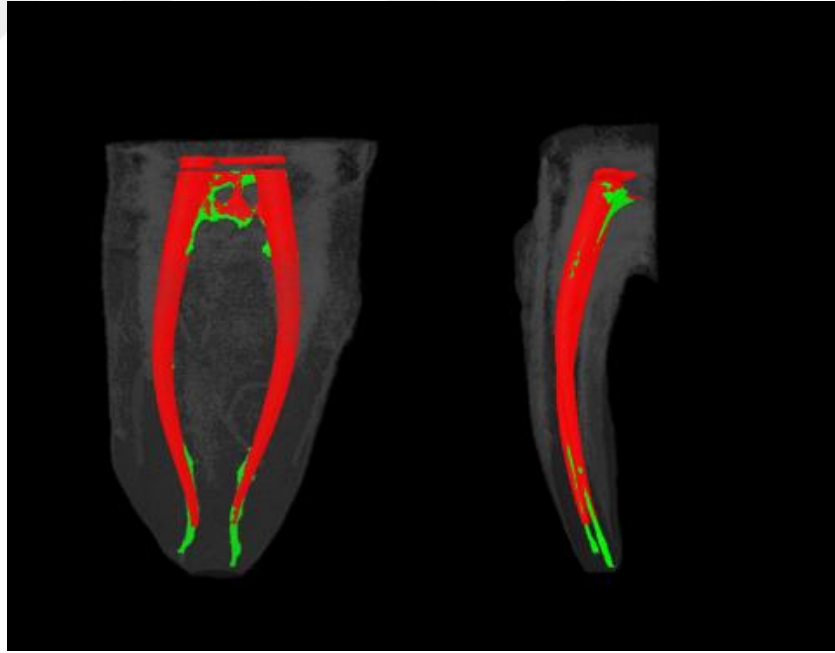
İşlem sonrası enstrümante edilmeyen alanlara ait Mikro-BT görüntüleri Şekil 4.5, 4.6 ve 4.7’de sunulmuştur:



**Şekil 4.5.** GGK uygulanmış dişte kök kanallarının mikro-BT görüntüsü (Kırmızı alanlar prepare edilen yüzeyleri, yeşil alanlar prepare edilmeyen yüzeyleri göstermektedir).



**Şekil 4.6.** KGK uygulanmış dişte kök kanallarının mikro-BT görüntüsü (Kırmızı alanlar prepare edilen yüzeyleri, yeşil alanlar prepare edilmeyen yüzeyleri göstermektedir).



**Şekil 4.7.** NGK uygulanmış dişte kök kanallarının mikro-BT görüntüsü (Kırmızı alanlar prepare edilen yüzeyleri, yeşil alanlar prepare edilmeyen yüzeyleri göstermektedir).

### 4.3. Transportasyon Değerlerine Ait Bulgular

#### Mesio-Bukkal Kanala Ait Bulgular:

GGK, KGK ve NGK uygulanan dişlerde MB kökte meydana gelen transportasyon değerleri Tablo 4.4'te gösterilmiştir.

**Tablo 4.4.** GGK, KGK ve NGK tasarımı uygulanan örneklerin MB kanallarına ait transportasyon değerleri ( $\mu\text{m}$ ).

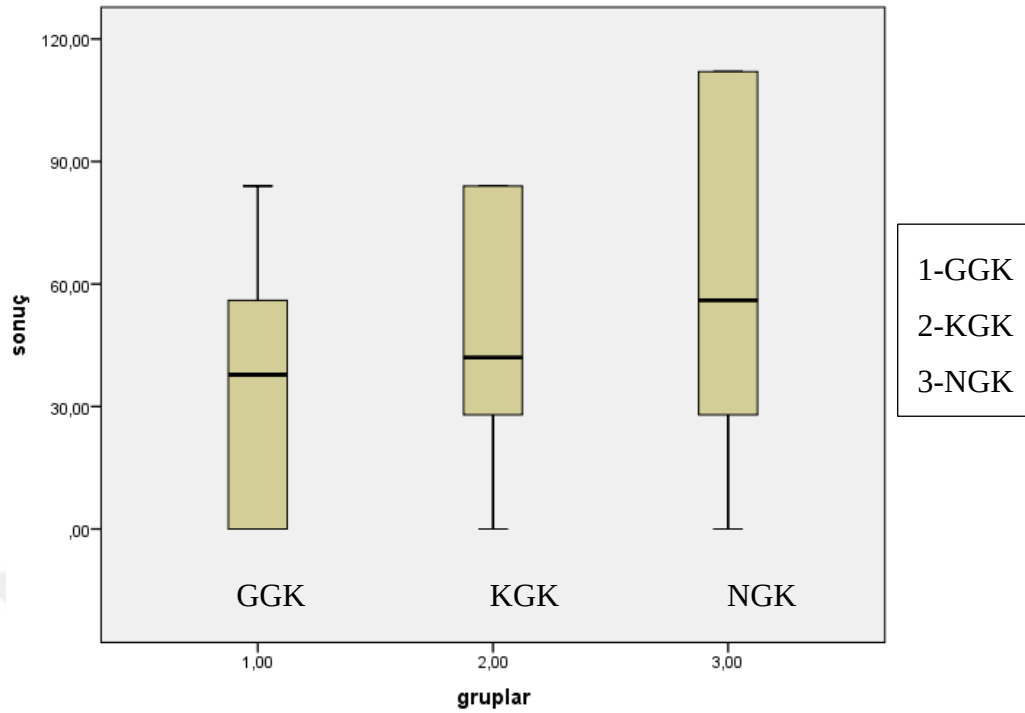
| Geleneksel (GGK) |                        | Konservatif (KGK) |                        | Ninja (NGK) |                        |
|------------------|------------------------|-------------------|------------------------|-------------|------------------------|
| Diş No           | Transportasyon miktarı | Diş No            | Transportasyon miktarı | Diş No      | Transportasyon miktarı |
| 1                | -28                    | 11                | 84,002                 | 21          | -28,001                |
| 2                | 0,001                  | 12                | 84                     | 22          | 112,001                |
| 3                | 0,001                  | 13                | 84,001                 | 23          | -112,001               |
| 4                | 56                     | 14                | 56,001                 | 24          | 56,001                 |
| 5                | 0,001                  | 15                | 56,001                 | 25          | -28                    |
| 6                | 47,6                   | 16                | 28,001                 | 26          | -56,001                |
| 7                | -84,001                | 17                | 27,999                 | 27          | 0                      |
| 8                | -28                    | 18                | -0,001                 | 28          | 56,001                 |
| 9                | -84                    | 19                | 28,001                 | 29          | 84,001                 |
| 10               | 56                     | 20                | -28,001                | 30          | 112,002                |

Tablo 4.5'te ise GGK, KGK, NGK uygulanan dişlerin ortalama transportasyon değerleri ve standart sapmaları belirtilmiştir.

**Tablo 4.5.** Üç kavite tipinin ortalama transportasyon ve standart sapma değerleri ( $\mu\text{m}$ ).

|                    | MB       |            | ML       |            |
|--------------------|----------|------------|----------|------------|
|                    | Ortalama | Std. Sapma | Ortalama | Std. Sapma |
| <b>GELENEKSEL</b>  | 38,3604  | 10,27550   | 41,4476  | 8,50997    |
| <b>KONSERVATİF</b> | 47,6006  | 9,38004    | 25,2010  | 6,53300    |
| <b>NİNJA</b>       | 64,4009  | 12,55685   | 75,6004  | 9,37992    |

MB kanalda apikal bölgeden 3 mm uzaklıktaki kesitlerde hesaplanan transportasyon değerleri için üç kavite tipi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ) (Şekil 4.8).



**Şekil 4.8.** MB kanalın transportasyon verilerine ait kutu grafiği

#### Mesio-Lingual Kanala Ait Bulgular:

GGK, KGK ve NGK uygulanan dişlerde ML kökte meydana gelen transportasyon değerleri Tablo 4.6’da gösterilmiştir.

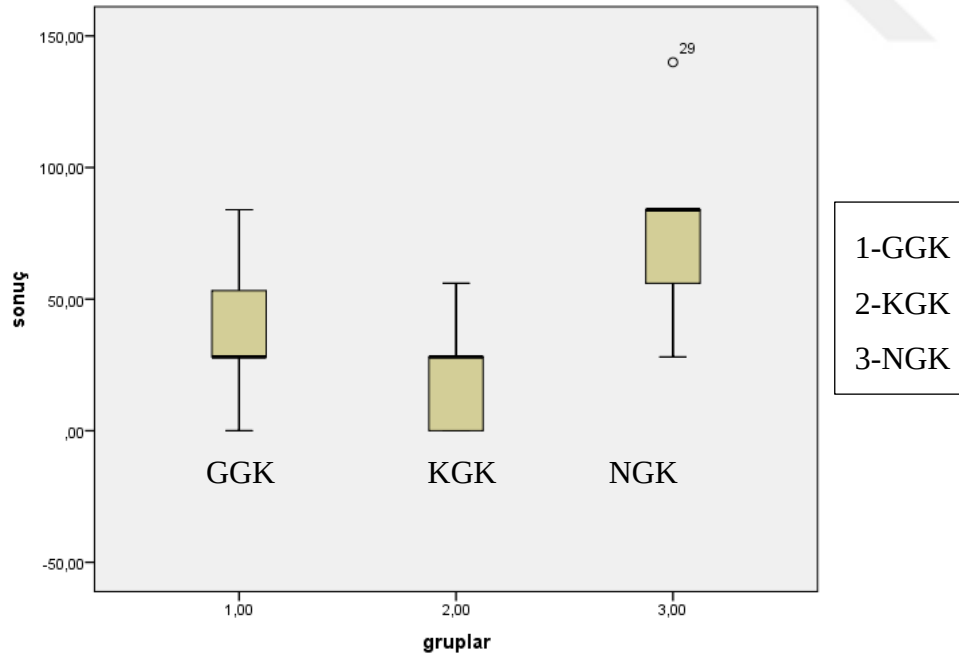
**Tablo 4.6.** GGK, KGK ve NGK tasarımı uygulanan örneklerin ML kanallarına ait transportasyon değerleri ( $\mu\text{m}$ ).

| Geleneksel (GGK) |                        | Konservatif (KGK) |                        | Ninja (NGK) |                        |
|------------------|------------------------|-------------------|------------------------|-------------|------------------------|
| Diş No           | Transportasyon miktarı | Diş No            | Transportasyon miktarı | Diş No      | Transportasyon miktarı |
| 1                | -28,072                | 11                | 28                     | 21          | -56,001                |
| 2                | 28,001                 | 12                | 56,001                 | 22          | 84,001                 |
| 3                | 0,001                  | 13                | 28                     | 23          | -84                    |
| 4                | 53,2                   | 14                | 28                     | 24          | 84                     |
| 5                | 84,001                 | 15                | 56                     | 25          | 56,001                 |
| 6                | 84                     | 16                | -0,001                 | 26          | -84                    |
| 7                | 53,2                   | 17                | 28                     | 27          | 56                     |
| 8                | -28                    | 18                | -0,01                  | 28          | 84                     |
| 9                | -28,001                | 19                | 0                      | 29          | 140,001                |
| 10               | -28                    | 20                | -28                    | 30          | 28                     |

ML kanalda apikal bölgeden 3 mm uzaklıkta NGK gruplarında daha fazla kanal transportasyonu gözlenmiştir. İkili karşılaştırmalarda GKG-NGK ve KGK-NGK grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ( $p \leq 0,05$ ). (Tablo 4.7) Ancak GKG ve KGK grupları arasında transportasyon değerlerinde istatistiksel olarak bir fark yoktur ( $p > 0,05$ ) (Şekil 4.9).

**Tablo 4.7.** İkili karşılaştırmalarda ortalama transportasyon ve standart sapma değerleri.

| Gruplar |     | Ortalama   | Std. Sapma | Anlamlılık |
|---------|-----|------------|------------|------------|
| GGK     | KGK | 16,24660   | 11,63565   | 0,357      |
|         | NGK | -34,15280* | 11,63565   | 0,018      |
| KGK     | GGK | -16,24660  | 11,63565   | 0,357      |
|         | NGK | -50,39940* | 11,63565   | 0,001      |
| NGK     | GGK | 34,15280*  | 11,63565   | 0,018      |
|         | KGK | 50,39940*  | 11,63565   | 0,001      |



**Şekil 4.9.** ML kanalın transportasyon verilerine ait kutu grafiği

## 5. TARTIŞMA

Kök kanal tedavisinin ilk ve önemli bir adımı giriş kavitesinin hazırlanmasıdır (33). Yeterli derecede hazırlanmış olan bir giriş kavitesi, kök kanal tedavisinde etkili bir preparasyona ve dezenfeksiyona izin verir. Ayrıca işlemsel hataların önlenmesine de yardımcı olur (216). Uygun bir giriş kavitesi açılmadığında ise endodontik tedavinin diğer aşamaları olan kök kanallarının lokalizasyonu, şekillendirilmesi, dezenfeksiyonu ve dolumu zorlaşabilir (37). Alet kırılması, perforasyon ve transportasyon gibi işlemsel hatalara sebep olarak endodontik tedavinin başarısız olmasına yol açabilir (217). Aynı zamanda, endodontik olarak tedavi edilen dişlerde istenmeyen durumlardan birisi de dişte kırık meydana gelmesidir ve bu durum genellikle dişin çekimi ile sonuçlanır (218). Al Amri ve arkadaşları kök kanal tedavili dişlerin kırılmaya yatkınlığının esas olarak giriş kavitesi ve kök kanal preparasyonu gibi endodontik işlemler sonucu oluşan diş yapısının kaybıyla ilişkili olduğunu bildirmiştir (219). Güncel bir yaklaşım olan minimal invaziv diş hekimliği endodonti alanında da bu açıdan gündeme gelmiş ve yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu yaklaşımın temel amacı mümkün olduğu kadar diş dokusunu koruyarak dentinin aşırı uzaklaştırılmasını önlemek ve dişin kırılmadan ağızda uzun süre fonksiyon görmesini sağlamaktır (45, 88). Görüntüleme ve klinik mikroskop alanındaki ilerlemeler ve endodontik kanal aletlerindeki gelişmeler geleneksel tedavi yöntemlerinden minimal invaziv yaklaşıma geçişi hızlandırmıştır (217).

Dişin mekanik özelliklerini ve kırılmaya karşı olan direncini korumak için geleneksel giriş kavitelerine alternatif olarak tasarlanan konservatif giriş kaviteleri; daha fazla dentin dokusunu korumasına rağmen kök kanalının geometrik şekillendirme parametrelerini etkileyebilir. Son yıllarda konservatif giriş kavitelerini geleneksel yöntemler ile karşılaştırmak için yapılan çalışmalarda özellikle dişlerin kırılma direnci üzerine testler yapılmıştır. Ancak KGK, NGK ve GGK tasarımlarının kök kanalının geometrik şekillendirme parametrelerine olan etkisine ve preparasyon etkinliğine dair literatürde çok az veri mevcuttur. Bu Mikro-BT çalışmasının amacı KGK, NGK ve GGK ile açılan dişlerdeki hacim ve yüzey alanındaki değişiklikleri

değerlendirmek ve apikal foramenden 3 mm uzaklıktaki transportasyon oluşumunu incelemektir.

GGK; enstrümantasyon etkinliğini arttırmak ve işlemsel hata riskini en aza indirmek için pulpa odasının tavanının tamamen kaldırılmasını, koronal engellerin önlenmesini ve kök kanallarına düz bir hatla ulaşılmasını içerir (220, 221). Bu durum genellikle diş yapısının daha fazla kaybı ile sonuçlanır (102). Minimal invaziv diş hekimliğinden kaynak alan Konservatif ve Ultrakonservatif (Ninja) endodontik giriş kaviteleri ise sağlıklı diş dokusunun korunmasını ve pulpa odası tavanının ve periservikal dentinin uzaklaştırılmasını en aza indirmeyi amaçlar (88, 222). Krishan ve arkadaşlarının (223) yaptıkları çalışmada KGK'nin koronal dentin dokusunu koruduğu ayrıca molar ve premolar dişlerde geleneksel giriş kavitesi ile açılan dişlere göre kırılma direncini arttırdığı gözlemlenmiştir.

Minimal invaziv kaviteler daha fazla diş dokusu koruyarak dişin mekanik stabilitesini korumak için tasarlanmıştır; ancak bu minimal invaziv giriş kaviteleri daha fazla diş dokusu korumasına rağmen kök kanalının geometrik şekillendirme parametrelerini etkileyebilir. Son yıllarda yapılan çalışmalara bakıldığında daha çok minimal invaziv endodontik giriş kavitesi tiplerinin dişin kırılma dayanımı üzerindeki etkilerinin araştırıldığı görülmektedir (30, 34, 217, 222, 223). Ancak bu kavite tiplerinin kök kanallarının preparasyon etkinliğine ve kanal geometrisinde meydana gelen değişikliklere etkileri hakkında yeterli çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle biz de bu çalışmada; kök kanalındaki hacim değişimini, prepare edilmeyen alanların yüzdesini ve transportasyon oluşumunu geleneksel kaviteler ile minimal invaziv kaviteleri karşılaştırarak değerlendirmeyi hedeflemekteyiz.

Geçmişten günümüze kadar kök kanallarını genişletme tekniklerinin ve aletlerinin preparasyon etkinliklerini değerlendirmek için farklı yöntemler kullanılmıştır. Bramante tekniği (197) olarak bilinen ve *in-vitro* olan bir yöntemde muflaya sabitlenen çekilmiş dişlerden seri kesit alarak ve fotoğraflayarak kök kanalları kesitsel olarak değerlendirilebilir ve preparasyon öncesi şekli ile karşılaştırılabilir. En büyük avantajı preparasyon öncesi ve sonrası kanalın şekli kaydedildiğinden karşılaştırma aşamasında kanalın kendi kontrol görevini üstlenmesidir. Ancak bu kesit

alma yönteminde diş sert dokusunda kayıp meydana gelmektedir ve dişler geri dönüşümsüz bir şekilde zarar görmektedir (194).

Bir diğer yöntem olan iki boyutlu radyografi ve fotoğraflama yöntemi ile diş sert dokusuna zarar verilmemektedir ve enstrümantasyon öncesi ve sonrası görüntüleri kaydetmek mümkündür (199). Ancak veriler sadece iki boyutta olduğundan ve kök kanalının yalnızca bir yönü değerlendirilebildiğinden kısıtlı bir analiz imkânı bulunmaktadır (200).

BT ile ilk girişimlerden biri Gambill ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiştir (224). Örneklere zarar verilmemesi ve tekrarlanabilen ölçümlerin yapılması tekniğin avantajı iken incelenen kesitlerin kalın olması sonucunda oluşan düşük çözünürlük ise dezavantajıdır (203).

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografinin (KIBT) piyasaya sürülmesi ile diş dokusuna zarar vermeden kök kanal morfolojisini araştırmak mümkün olmuştur. KIBT ile alınan görüntüler üzerinde transportasyon, kalan dentin miktarı gibi birçok özellik kolaylıkla hesaplanabilir (225). Ancak bu yöntemin dezavantajı da oluşan farklı türdeki artifaktların kök kanallarının net bir şekilde görüntülenmesini kısıtlamasıdır (203).

Mikro-BT sistemlerinin diş hekimliğinde kullanılmasıyla diş dokusuna zarar vermeden kök kanal morfolojisi eksiksiz bir şekilde incelenebilmiştir. Mikro-BT taramaları ile kesitler herhangi bir düzlemde görüntülenebilir, 2 veya 3 boyutlu görüntüler oluşturulabilir; görüntüler nicelik açısından karşılaştırılabilir (200). Ancak, tekniğin maliyetinin yüksek olması, örneklerin taranması ve üç boyutlu modellemeleri için gereken sürenin uzun olması çalışmalarda örnek sayısının az olmasına sebep olmuştur (203). Mikro-BT ile kök kanalının yüzey alanı ve hacmi, uzaklaştırılan dentin hacmi, kanal çapı, enstrümante edilmemiş yüzey alanı, transportasyon miktarı gibi pek çok değişikliği ölçmek mümkün hale gelmiştir (226, 227). Bu yöntem ile şekillendirmeden önce ve sonra alınan veriler karşılaştırılarak yapılan detaylı analizler ile preparasyon etkinliği değerlendirilebilmektedir. Bu nedenle, literatürde mevcut olan çalışmalarda olduğu gibi (12, 223, 228-233) biz de çalışmamızda enstrümante edilemeyen yüzey alanlarını ve kalan kanal hacmini

ölçmek ve alınan kesitlerdeki transportasyon oluşumunu incelemek amacıyla Mikro-BT tekniğini kullandık.

Üç boyutlu görüntüleme, analiz imkânı, tekrarlanabilme, örneklerle zarar vermeme gibi tüm avantajlarına rağmen Mikro-BT'nin de zaman, maliyet, radyasyon, deneyim gibi dezavantajları vardır. Özellikle maliyet konusundaki kısıtlamaları çalışmamızdaki örnek sayısının az olmasına sebep olmuştur.

Endodontik tedavi görmüş dişlerde meydana gelen dentin dokusu kaybı ağızda dişin uzun süre fonksiyon görmesini önemli ölçüde etkilediğinden, kavite preparasyon türlerinin dentin hacmine ve kanaldaki geometrik değişikliklere etkisi hekimler için önemlidir. Literatürde KGK preparasyonları ile ilgili bazı çalışmalar mevcuttur (12, 13, 30, 34, 88, 216, 223, 234, 235). Mandibular molar dişlerin en çok endodontik tedavi gerektirmesi (236) ve çoğu çalışmada bu dişlerle ilgili farklı giriş kavitesi yaklaşımlarının uygulanması sebebiyle çalışmamızda mandibular molar dişleri kullanmayı tercih ettik. Çalışmamızdaki amaç GGK, KGK ve NGK tasarımlarının mandibular birinci molar dişlerin mesial kök kanallarının hacmi ve geometrisine olan etkilerini karşılaştırarak değerlendirdiğimiz bulguları literatüre kazandırmaktır.

Çekilmiş insan dişleri veya şeffaf rezin bloklar farklı eğe ve şekillendirme sistemlerinin preparasyon etkinliklerinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Şeffaf rezin bloklar üzerinde yapılan çalışmalar kanal sisteminin her alanının üç boyutlu olarak görülmesine olanak sağlar (237, 238). Resin bloklarda simüle edilmiş kanallar çap, uzunluk, eğim, aşınma ve sertlik açısından standardize edilmiş olup kök kanallarında mevcut olan değişkenleri ortadan kaldırır (239). Böylece tekrarlanabilirlik, net bir karşılaştırma ve değerlendirme sağlar (238). Ancak kök kanal preparasyonu sırasında meydana gelen sürtünme ve ısı aletin yüzeyinde resin yapının birikmesine sebep olabilir ve alet kırılması meydana gelebilir (208). Dentinin yapısını ve sertliğini yansıtmayan bu rezin bloklar klinik gerçeklikle tutarlı değildir ve klinik koşulları temsil edemezler (240, 241). Bu yüzden çalışmamızda klinik koşulları temsil edebilmesi için çekilmiş diş kullanmayı tercih ettik.

Çalışmamızın sonuçlarına göre MB kanalda KGK ile hazırlanan dişlerde enstrümantasyon öncesi ve sonrası hacimsel değişiklik daha belirgin olmasına karşın

GGK, KGK ve NGK tasarımları uygulanan örneklerde her iki kök kanalında da hacimsel değişiklik açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ). Barbosa ve arkadaşları (12) mandibular molar dişlerde yaptıkları çalışmalarında TGK, KGK, GGK tasarımlarının kök kanalının hacim değişimine etkisi açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu sonuçlar çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlarla uyum içerisindedir. Ancak Krishan ve arkadaşlarının (223) kesici, premolar, molar dişlerdeki preparasyon etkinliğini ve kırılma direncini araştırdığı çalışmalarında hacim değişimi 3 diş tipinde de KGK için GGK'ye göre daha düşük bulunmuştur. Bu sonuç bizim sonuçlarımızla paralellik göstermemektedir. Çalışmalar arasındaki farklılıklar kullanılan dişlerin tipi ve örnek sayısı, döner aletlerin metalurjik yapılarındaki farklılıklar ile ilgili olabilir. Ayrıca yine bu çalışmanın sonucuna göre KGK için ortalama kırılma direnci, premolar ve molar dişlerde GGK'den önemli ölçüde daha yüksektir. GGK'nin uygulaması içinde yer alan periservikal dentinin çıkarılmasının dişin kırılma direncinin düşmesinde etkili olduğu düşünülmektedir (223).

Kök kanallarının enstrümente edilmeyen alanlarında biyofilmler kolonize olabilir ve kalıcı enfeksiyona sebep olabilirler; bu da endodontik tedavinin sonucunu tehlikeye atabilir (175). Çalışmamızda enstrümente edilmeyen yüzey alanı açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). MB kanalda GGK ve KGK'ne kıyasla NGK ile açılmış örneklerde enstrümente edilmeyen alan yüzdesi istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). KGK ve GGK arasında ikili karşılaştırmada anlamlı fark bulunmamıştır ( $p = 0,965$ ). ML kanalda ise KGK ve NGK ile açılmış örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ( $p = 0,006$ ). Krishan ve arkadaşlarının çalışmalarında enstrümente edilmemiş alan KGK'li molar dişlerin distal kanalında GGK'lilere göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur (223). Bu durum KGK ile açılan molar dişlerin oval distal kanallarında enstrümantasyon etkinliğini tehlikeye sokabilir. Barbosa ve arkadaşlarının mandibular molar dişler üzerindeki çalışmalarında prepare edilmemiş yüzey alanı KGK'de GGK ve TGK'ye göre daha yüksek bulunmuştur (12). GGK ve TGK grupları, muhtemelen TGK tasarımının, enstrümantasyon sırasında daha fazla koronal müdahale oluşturan KGK'ye kıyasla, iki ayrı kavite tasarımı şeklinde açılıp mesial ve distal kanallara daha doğrudan giriş sağlaması nedeniyle istatistiksel

olarak benzer sonuçlara sahiptir. Bu durum minimal invaziv giriş kavitelerinin, kök kanallarının enstrümantasyonunda ve potansiyel olarak kök kanal tedavisinin başarısında olumsuz bir etkiye sahip olabileceğini düşündürmektedir. Bu sonuçlar çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlarla uyum içerisindedir.

Elde ettiğimiz sonuçlarla uyumlu olarak yine Lima ve arkadaşlarının mandibular molar dişler üzerinde yaptıkları çalışmalarında enstrümante edilmemiş yüzey alanı, kullanılan alete bakılmaksızın, NGK grupları ile karşılaştırıldığında GKG gruplarında anlamlı derecede düşük bulunmuştur (234).

Ancak sonuçlarımızın aksine Moore ve arkadaşlarının maksiller molar dişlerde yaptığı *in-vitro* çalışmada ise KKG'leri, GKG'lerle karşılaştırıldığında KKG'ler ve GKG'ler için enstrümantasyon etkinliği genel olarak zayıf bulunmuştur ve enstrümante edilmemiş kanal duvarı yüzeyi ölçümünde anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (222). Bu çalışmanın koşullarına bağlı olarak, KKG'nin maksiller molar dişlerde enstrümantasyon etkinliğini tehlikeye atmadığı yönünde bir bulguya erişilmiştir. Ancak bu çalışmada kullanılan döner aletlerin boyutu mevcut olan bazı kanalların boyutlarına göre daha küçük olduğundan bu durum enstrümantasyon etkinliği sonucunu zayıflatmış olabilir.

Rover ve arkadaşlarının maksiller molar dişlerde enstrümantasyon etkinliğini değerlendirdikleri çalışmalarında kanaldaki enstrümante edilmeyen alanlarının yüzdesi, KKG ve GKG grupları arasında anlamlı farklılık göstermemiştir (34). Bu sonuçlar, enstrümante edilmeyen kanal alanı yüzdesinin giriş kavitesinin tipinden etkilenmediğini gösteren Moore ve ark. (222) tarafından elde edilen sonuçlarla uyumludur. Ancak bizim sonuçlarımızla paralellik göstermemektedir.

Gambill ve arkadaşlarına (224) göre kök kanal transportasyonu, kök kanalının enstrümantasyon öncesi ölçümlerle karşılaştırıldığında doğal ekseninden sapmasına karşılık gelmektedir. Merkezleme yeteneği ise, aletin kanal içinde merkezde kalma yeteneğini göstermektedir. Wu ve arkadaşlarının (242) yaptığı çalışmaya göre 0,3 mm'den daha büyük olan kanal transportasyonunun kök kanal dolgusunda sızıntılara sebep olabileceği gösterilmiştir. Bu doğrultuda çalışmamızdaki grupların tamamında elde edilen transportasyon değerleri 0,3 mm' den küçüktür.

Çalışmamızda transportasyon değerleri apikal foramenden 3 mm uzaklıktaki mesafede ölçülmüştür. Jafarzadeh ve arkadaşlarına (149) göre kök kanalının apikal 3 mm'lik alanının kritik şekillendirme alanını temsil etmesi ve Simon'un (243) enfekte kök kanallarında apikal 3 mm'lik kısmın tedavide kritik bölge olduğunu belirtmesi nedeniyle 3 mm uzaklıktaki kesitte transportasyon ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler sonucunda gruplar arasında kanal transportasyonu yönünden istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Çalışmamızın sonuçlarına göre MB kanalda 3 kavite tipi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamışken ( $p > 0,05$ ); ML kanalda NGK gruplarında daha fazla kanal transportasyonu gözlenmiştir. İkili grupların karşılaştırılmasında GGK-NGK ve KGK-NGK grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ( $p \leq 0,05$ ). Çalışma sonuçlarımızla uyumlu olarak Gambill ve arkadaşlarının çalışmalarında palatinal kanalda apikal foramenden 7 mm uzaklıktaki kanal transportasyonu KGK grubunda anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Bunun muhtemel sebebi GGK grubunun düz bir girişe sahip olmasıdır. GGK grubu palatinal kanalda kök kanal preparasyonunu apikal foramenden 5 mm ve 7 mm uzakta ve KGK grubu ise distal kanalda apikal foramenden 5 mm uzakta daha merkezde tutmuştur (224).

Alovisi ve arkadaşlarının mandibular molar dişlerde konservatif giriş kavitelerinin kök kanal geometrisine etkisinin araştırıldığı çalışmalarında apikal foramenden 1 mm ve 3 mm uzaklıktaki noktalar kritik şekillendirme noktaları olarak seçilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre özellikle apikal 1 mm'lik seviyede GGK'lerin KGK'ye göre orijinal kök kanal anatomisini daha fazla koruduğu gösterilmiştir (228). Bu durumun muhtemel sebebi GGK'lerde kanal eğesine koronal müdahalelerin olmaması ve bunun sonucunda çalışma boyuna kadar enstrümantasyonu tamamlamak için daha az gagalama hareketi gerektirmesidir. Benzer başka bir çalışmada ise Lima ve arkadaşları (234) mandibular molar dişlerde MB ve ML kanallarda NGK'nin GGK'ye göre daha fazla transportasyona sebep olduğunu bildirmiştir.

Mevcut sonuçların aksine, Peng ve arkadaşları (244) çalışmalarında GGK ve KGK uygulanan maksiller ve mandibular dişlerde transportasyon oluşumu açısından gruplar arasında anlamlı bir fark tespit edememişlerdir. Çalışmalar arasındaki

farklılıklar kullanılan dişlerin tipi ve örnek sayısı, döner aletlerin metalurjik yapılarındaki ve boyutlarındaki farklılıklar ile ilgili olabilir.

Literatürde molar dişlerin kök kurvatürlerinin değerlendirildiği çalışmalarda kurvatürün en fazla apikal bölgede bulunduğu saptanmıştır (245, 246). Bunu sırası ile kökün koronal ve orta kısmı takip etmektedir. Lee ve arkadaşlarının 37 adet mandibular birinci molar dişlerin mesial köklerinde kök kanal anatomisini değerlendirdikleri Mikro-BT çalışmasında kanal kurvatürü ML kök kanalına kıyasla MB kanalda daha büyük bulunmuştur (246).

Gu ve arkadaşlarının 45 mandibular molar dişte yaptıkları çalışmalarında ise ortalama eğim MB kök kanalı için  $24,34^{\circ}$ , ML için  $22,39^{\circ}$  olarak bulunmuştur. Mesial köklerdeki kanal kurvatürleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (245). Fu ve arkadaşlarının 136 adet mandibular birinci molar dişte kök kanal morfolojisini Mikro-BT ile değerlendirdikleri çalışmalarında ise aksiyal yönde koronal kök kanalı eğiminin ortalama derecesi iki köklü, üç kanallı ve üç köklü, dört kanallı dişlerde; MB için  $23^{\circ}$ , ML için  $25^{\circ}$  idi. Horizontal yöndeki eğim ise iki köklü, üç kanallı molar dişte MB için  $-1^{\circ}$ , ML için  $47^{\circ}$ ; dört kanallı molar dişte ise MB için  $-4^{\circ}$ , ML için  $41^{\circ}$  olarak hesaplanmıştır (247).

Mevcut olan bu farklılıklar ve çalışmamızda çıkan sonuçların farklılığı kök kanal kurvatürünü ölçme yöntemi farklılığından, diş tiplerindeki ve örneklem büyüklüğündeki farklılıklardan kaynaklanıyor olabilir. Bu kök kanal eğimleri dikkate alınarak mesial kanalların preparasyonu sırasında, özellikle apikal bölgede dikkatli ve kontrollü olunmalıdır.

Bu *in-vitro* çalışmanın sınırları dahilinde, GGK, KGK ve NGK tasarımları uygulanan mandibular molar dişlerin mesial kök kanallarındaki hacim değişimi, enstrümente edilmeyen yüzey alanı ölçümü ve transportasyon oluşumu Mikro-BT kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu konunun uzun dönem başarı oranları incelenerek daha fazla örneklem büyüklükleri, farklı irrigasyon aktivasyon yöntemleri ile birlikte, daha az genişleme açısına sahip farklı kök kanal aletleri kullanılarak yapılan çalışmalar arttırılmalıdır.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre MB ve ML kanallarda kök kanal preparasyonu sonrası hacim değişimlerinde GKG, KGK, NGK grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p>0,05$ ). Bu sebeple birinci hipotezimiz reddedilmiştir.

NGK ile açılmış örneklerde enstrümente edilmeyen yüzey alanı istatistiksel olarak diğer gruplarla karşılaştırıldığında her iki kök kanalında da daha yüksek bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Apikal foramenden 3 mm uzaklıktaki kesitlerde hesaplanan transportasyon değerleri için MB kök kanalında 3 kavite tipi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamışken ( $p>0,05$ ); ML kök kanalı için NGK gruplarında daha fazla kanal transportasyonu gözlenmiştir ( $p \leq 0,05$ ). Bu sebeple ikinci hipotezimiz kabul edilmiştir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

- 1- GGK, KGK ve NGK tasarımlarının kök kanal preparasyonu sonrası hacim değişimlerinde gruplar arasında belirgin bir fark bulunamamıştır. Ancak KGK ile hazırlanan dişlerde enstrümantasyon öncesi ve sonrası hacimsel değişiklik daha belirgindi.
- 2- NGK ile açılmış örneklerde prepare edilmeyen yüzey alanı her iki kök kanalında da daha yüksek bulunmuştur.
- 3- Apikal foramenden 3 mm uzaklıktaki kesitlerde hesaplanan transportasyon değerleri için MB kök kanalında gruplar arasında bir fark bulunmamışken, ML kök kanalı için NGK gruplarında daha fazla kanal transportasyonu gözlenmiştir.
- 4- Bu çalışmanın sınırlamaları dahilinde elde ettiğimiz sonuçlarına, gelecekte yapılacak olan çalışmalarda farklı kök kanal aletleri kullanılarak ve örneklem büyüklüğü artırılarak yön verilebilir.
- 5- Kök kanalının farklı bölgelerindeki kesitlerden transportasyon ölçümü yapılarak farklı sonuçlar elde edilebilir.

## 7. KAYNAKLAR

1. Dioguardi M, Di Gioia G, Illuzzi G, Arena C, Caponio VCA, Caloro GA, ve ark. Inspection of the Microbiota in Endodontic Lesions. *Dent J (Basel)*. 2019;7(2).
2. Sakko M, Tjäderhane L, Rautemaa-Richardson R. Microbiology of Root Canal Infections. *Prim Dent J*. 2016;5(2):84-9.
3. Wang D, Wang W, Li YJ, Wang YR, Hong T, Bai SZ, ve ark. The effects of endodontic access cavity design on dentine removal and effectiveness of canal instrumentation in maxillary molars. *Int Endod J*. 2021;54(12):2290-9.
4. Stecker S, DiAngelis AJ. Dens evaginatus: a diagnostic and treatment challenge. *J Am Dent Assoc*. 2002;133(2):190-3.
5. Patel S, Rhodes J. A practical guide to endodontic access cavity preparation in molar teeth. *Br Dent J*. 2007;203(3):133-40.
6. Lin CY, Lin D, He WH. Impacts of 3 Different Endodontic Access Cavity Designs on Dentin Removal and Point of Entry in 3-dimensional Digital Models. *J Endod*. 2020;46(4):524-30.
7. Buchgreitz J, Buchgreitz M, Mortensen D, Bjorndal L. Guided access cavity preparation using cone-beam computed tomography and optical surface scans - an ex vivo study. *Int Endod J*. 2016;49(8):790-5.
8. Clark D, Khademi J. Modern molar endodontic access and directed dentin conservation. *Dent Clin North Am*. 2010;54(2):249-73.
9. Clark D, Khademi JA. Case studies in modern molar endodontic access and directed dentin conservation. *Dent Clin North Am*. 2010;54(2):275-89.
10. Cleghorn BM, Christie WH, Dong CCS. Root and Root Canal Morphology of the Human Permanent Maxillary First Molar: A Literature Review. *J Endod*. 2006;32(9):813-21.
11. Tachibana H, Matsumoto K. Applicability of X-ray computerized tomography in endodontics. *Endod Dent Traumatol*. 1990;6(1):16-20.
12. Barbosa AFA, Silva E, Coelho BP, Ferreira CMA, Lima CO, Sassone LM. The influence of endodontic access cavity design on the efficacy of canal instrumentation, microbial reduction, root canal filling and fracture resistance in mandibular molars. *Int Endod J*. 2020;53(12):1666-79.
13. Neelakantan P, Khan K, Hei Ng GP, Yip CY, Zhang C, Pan Cheung GS. Does the Orifice-directed Dentin Conservation Access Design Debride Pulp Chamber and Mesial Root Canal Systems of Mandibular Molars Similar to a Traditional Access Design? *J Endod*. 2018;44(2):274-9.

14. Wei Z, Cui Z, Yan P, Jiang H. A comparison of the shaping ability of three nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomography study via a contrast radiopaque technique in vitro. *BMC Oral Health*. 2017;17(1):39.
15. Yousuf W, Khan M, Mehdi H. Endodontic Procedural Errors: Frequency, Type of Error, and the Most Frequently Treated Tooth. *Int J Dent*. 2015;2015:673914.
16. Nagmode PS, Chavan KM, Rathi RS, Tambe VH, Lokhande N, Kapse BS. Radiographic evaluation of root canal curvature in mesiobuccal canals of mandibular molars by different methods and its correlation with canal access angle in curved canals: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2019;22(5):425-9.
17. Karkehabadi H, Siahvashi Z, Shokri A, Haji Hasani N. Cone-beam computed tomographic analysis of apical transportation and centering ratio of ProTaper and XP-endo Shaper NiTi rotary systems in curved canals: an in vitro study. *BMC Oral Health*. 2021;21(1):277.
18. Jain A, Asrani H, Singhal AC, Bhatia TK, Sharma V, Jaiswal P. Comparative evaluation of canal transportation, centering ability, and remaining dentin thickness between WaveOne and ProTaper rotary by using cone beam computed tomography: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2016;19(5):440-4.
19. Günday M, Sazak H, Garip Y. A comparative study of three different root canal curvature measurement techniques and measuring the canal access angle in curved canals. *J Endod*. 2005;31(11):796-8.
20. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1971;32(2):271-5.
21. Berman LH, Hargreaves KM. *Cohen's Pathways of the Pulp: Cohen's Pathways of the Pulp-E-Book*: Elsevier Health Sciences; 2020.
22. Antony DP, Thomas T, Nivedhitha MS. Two-dimensional Periapical, Panoramic Radiography Versus Three-dimensional Cone-beam Computed Tomography in the Detection of Periapical Lesion After Endodontic Treatment: A Systematic Review. *Cureus*. 2020;12(4):e7736.
23. Keles A, Keskin C, Alqawasmi R, Versiani MA. Evaluation of dentine thickness of middle mesial canals of mandibular molars prepared with rotary instruments: a micro-CT study. *Int Endod J*. 2020;53(4):519-28.
24. Baratto-Filho F, Fariniuk LF, Ferreira EL, Pecora JD, Cruz-Filho AM, Sousa-Neto MD. Clinical and macroscopic study of maxillary molars with two palatal roots. *Int Endod J*. 2002;35(9):796-801.
25. Bjørndal L, Carlsen O, Thuesen G, Darvann T, Kreiborg S. External and internal macromorphology in 3D-reconstructed maxillary molars using computerized X-ray microtomography. *Int Endod J*. 1999;32(1):3-9.

26. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1984;58(5):589-99.
27. Vertucci FJ. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endodontic Topics.* 2005;10(1):3-29.
28. Krasner P, Rankow H. Anatomy of the Pulp-Chamber Floor. *J Endod.* 2004;30(1):5-16.
29. Vieira GCS, Pérez AR, Alves FRF, Provenzano JC, Mdala I, Siqueira JF, ve ark. Impact of Contracted Endodontic Cavities on Root Canal Disinfection and Shaping. *J Endod.* 2020;46(5):655-61.
30. Plotino G, Grande NM, Isufi A, Ioppolo P, Pedullà E, Bedini R, ve ark. Fracture Strength of Endodontically Treated Teeth with Different Access Cavity Designs. *J Endod.* 2017;43(6):995-1000.
31. American Association of Endodontists. 10 ed. Chicago 2020.
32. Xia J, Wang W, Li Z, Lin B, Zhang Q, Jiang Q, ve ark. Impacts of contracted endodontic cavities compared to traditional endodontic cavities in premolars. *BMC Oral Health.* 2020;20(1).
33. Christie WH, Thompson GK. The importance of endodontic access in locating maxillary and mandibular molar canals. *J Can Dent Assoc.* 1994;60(6):527-32, 35-6.
34. Rover G, Belladonna FG, Bortoluzzi EA, De-Deus G, Silva EJNL, Teixeira CS. Influence of Access Cavity Design on Root Canal Detection, Instrumentation Efficacy, and Fracture Resistance Assessed in Maxillary Molars. *J Endod.* 2017;43(10):1657-62.
35. Costa FFNP, Pacheco-Yanes J, Siqueira JF, Oliveira ACS, Gazzaneo I, Amorim CA, ve ark. Association between missed canals and apical periodontitis. *Int Endod J.* 2019;52(4):400-6.
36. Rudolph CE, Jr., Snyder JH, Shaw JD. Obtaining access for effective root canal therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1957;10(11):1227-31.
37. Patel S, Rhodes J. A practical guide to endodontic access cavity preparation in molar teeth. *Br Dent J.* 2007;203(3):133-40.
38. Ballester B, Giraud T, Ahmed HMA, Nabhan MS, Bukiet F, Guivarc'h M. Current strategies for conservative endodontic access cavity preparation techniques-systematic review, meta-analysis, and decision-making protocol. *Clin Oral Investig.* 2021;25(11):6027-44.
39. Rotstein I, Ingle JJ. Ingle's endodontics: PMPH USA; 2019.

40. Kishen A. Mechanisms and risk factors for fracture predilection in endodontically treated teeth. *Endodontic Topics*. 2006;13(1):57-83.
41. Tang W, Wu Y, Smales RJ. Identifying and Reducing Risks for Potential Fractures in Endodontically Treated Teeth. *J Endod*. 2010;36(4):609-17.
42. Asundi A, Kishen A. Advanced digital photoelastic investigations on the tooth–bone interface. *J Biomed Opt*. 2001;6(2).
43. Vire DE. Failure of endodontically treated teeth: classification and evaluation. *J Endod*. 1991;17(7):338-42.
44. Tzimpoulas NE, Alisafis MG, Tzanetakakis GN, Kontakiotis EG. A Prospective Study of the Extraction and Retention Incidence of Endodontically Treated Teeth with Uncertain Prognosis after Endodontic Referral. *J Endod*. 2012;38(10):1326-9.
45. Clark D, Khademi J. Modern Molar Endodontic Access and Directed Dentin Conservation. *Dent Clin North Am*. 2010;54(2):249-73.
46. Clark D, Khademi JA. Case Studies in Modern Molar Endodontic Access and Directed Dentin Conservation. *Dent Clin North Am*. 2010;54(2):275-89.
47. Patel S, Brown J, Semper M, Abella F, Mannocci F. European Society of Endodontology position statement: Use of cone beam computed tomography in Endodontics. *Int Endod J*. 2019;52(12):1675-8.
48. Manigandan K, Ravishankar P, Sridevi K, Keerthi V, Prashanth P, Pradeep Kumar AR. Impact of dental operating microscope, selective dentin removal and cone beam computed tomography on detection of second mesiobuccal canal in maxillary molars: A clinical study. *Indian J Dent Res*. 2020;31(4):526-30.
49. Crane, A. B. A practicable root-canal technic. 1 ed: Philadelphia and New York: Lea & Febiger; 1920.
50. Schwartz RS, Robbins JW. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. *J Endod*. 2004;30(5):289-301.
51. Korzen BH, Pulver WH. Endodontic access cavities--the first step to success. *Ont Dent*. 1978;55(8):19-22.
52. Wilcox LR, Walton RE, Case WB. Molar access: shape and outline according to orifice locations. *J Endod*. 1989;15(7):315-8.
53. Ahmed HMA, Versiani MA, De-Deus G, Dummer PMH. A new system for classifying root and root canal morphology. *Int Endod J*. 2017;50(8):761-70.
54. Mizutani T. [Anatomical study on the root apex in the maxillary anterior teeth]. *Aichi Gakuin Daigaku Shigakkai Shi*. 1989;27(1):169-84.

55. Mupparapu M, Singer SR. A review of dens invaginatus (dens in dente) in permanent and primary teeth: report of a case in a microdontic maxillary lateral incisor. *Quintessence Int.* 2006;37(2):125-9.
56. Uchiyama M, Anzai M, Yamamoto A, Uchida K, Utsuno H, Kawase Y, ve ark. Root canal system of the maxillary canine. *Okajimas Folia Anat Jpn.* 2011;87(4):189-93.
57. Benjamin KA, Dowson J. Incidence of two root canals in human mandibular incisor teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1974;38(1):122-6.
58. Mauger MJ, Waite RM, Alexander JB, Schindler WG. Ideal endodontic access in mandibular incisors. *J Endod.* 1999;25(3):206-7.
59. Gellis JJ, Foley RA. Patterns of variation in canal and root number in human post-canine teeth. *J Anat.* 2022;241(4):896-918.
60. Sulaiman AO, Dosumu OO, Amedari M. Maxillary first premolar with three root canals: a case report. *Ann Ib Postgrad Med.* 2013;11(2):105-8.
61. Adams N, Tomson PL. Access cavity preparation. *Br Dent J.* 2014;216(6):333-9.
62. Olczak K, Pawlicka H, Szymański W. Root form and canal anatomy of maxillary first premolars: a cone-beam computed tomography study. *Odontology.* 2021;110(2):365-75.
63. Kartal N, Özçelik B, Cimilli H. Root canal morphology of maxillary premolars. *J Endod.* 1998;24(6):417-9.
64. Trope M, Elfenbein L, Tronstad L. Mandibular premolars with more than one root canal in different race groups. *J Endod.* 1986;12(8):343-5.
65. R. S, C. T. *The Anthropology of Modern Human Teeth.* 2 ed. Cambridge: Cambridge University Press; 2018.
66. Yusof Z, P N. *Radiographic Considerations in Endodontics.* Dent J. Malays. 2007.
67. P. B, E. H. *Dental Anatomy & 3D Interactive Tooth Atlas: Version 3.0.* 2 ed. Chicago: Quintessence; 2005.
68. Tsurumachi T, Suguro H, Ogata H, Hatori K, Kobayashi C, Ogiso B. Endodontic treatment of bilateral dens evaginatus premolars with large periapical lesions. *J Oral Sci.* 2009;51(3):475-9.
69. Gilles J, Reader A. An SEM investigation of the mesiolingual canal in human maxillary first and second molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1990;70(5):638-43.

70. Weine FS, Healey HJ, Gerstein H, Evanson L. Canal configuration in the mesiobuccal root of the maxillary first molar and its endodontic significance. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1969;28(3):419-25.
71. Stropko JJ. Canal morphology of maxillary molars: clinical observations of canal configurations. *J Endod.* 1999;25(6):446-50.
72. Zhang R, Wang H, Tian YY, Yu X, Hu T, Dummer PM. Use of cone-beam computed tomography to evaluate root and canal morphology of mandibular molars in Chinese individuals. *Int Endod J.* 2011;44(11):990-9.
73. Bansal R, Hegde S, Astekar M. Morphology and prevalence of middle canals in the mandibular molars: A systematic review. *J Oral Maxillofac Pathol.* 2018;22(2):216-26.
74. Nosrat A, Deschenes RJ, Tordik PA, Hicks ML, Fouad AF. Middle Mesial Canals in Mandibular Molars: Incidence and Related Factors. *J Endod.* 2015;41(1):28-32.
75. Keleş A, Keskin C. Detectability of Middle Mesial Root Canal Orifices by Troughing Technique in Mandibular Molars: A Micro-computed Tomographic Study. *J Endod.* 2017;43(8):1329-31.
76. Arias A, Paqué F, Shyn S, Murphy S, Peters OA. Effect of canal preparation with TRUShape and Vortex rotary instruments on three-dimensional geometry of oval root canals. *Aust Endod J.* 2018;44(1):32-9.
77. Souza-Flamini LE, Leoni GB, Chaves JFM, Versiani MA, Cruz-Filho AM, Pécora JD, et al. The Radix Entomolaris and Paramolaris: A Micro-Computed Tomographic Study of 3-rooted Mandibular First Molars. *J Endod.* 2014;40(10):1616-21.
78. Sidow SJ, West LA, Liewehr FR, Loushine RJ. Root canal morphology of human maxillary and mandibular third molars. *J Endod.* 2000;26(11):675-8.
79. Cooke HG, Cox FL. C-shaped canal configurations in mandibular molars. *J Am Dent Assoc.* 1979;99(5):836-9.
80. Weine FS. The C-shaped mandibular second molar: incidence and other considerations. Members of the Arizona Endodontic Association. *J Endod.* 1998;24(5):372-5.
81. Yang ZP, Yang SF, Lin YC, Shay JC, Chi CY. C-shaped root canals in mandibular second molars in a Chinese population. *Endod Dent Traumatol.* 1988;4(4):160-3.
82. Manning SA. Root canal anatomy of mandibular second molars. Part II. C-shaped canals. *Int Endod J.* 1990;23(1):40-5.

83. Marvaniya J, Agarwal K, Mehta DN, Parmar N, Shyamal R, Patel J. Minimal Invasive Endodontics: A Comprehensive Narrative Review. *Cureus*. 2022;14(6):e25984.
84. Taneja S. Minimally invasive endodontics: Saving the precious dentin. *J Dent Spec*. 2021;9:44-5.
85. Plotino G, Özyürek T, Grande NM, Gündoğar M. Influence of size and taper of basic root canal preparation on root canal cleanliness: a scanning electron microscopy study. *Int Endod J*. 2018;52(3):343-51.
86. Silva EJNL, Pinto KP, Ajuz NC, Sassone LM. Ten years of minimally invasive access cavities in Endodontics: a bibliometric analysis of the 25 most-cited studies. *Restor Dent Endod*. 2021;46(3).
87. Gutmann JL. Minimally invasive dentistry (Endodontics). *J Conserv Dent*. 2013;16(4):282-3.
88. Gluskin AH, Peters CI, Peters OA. Minimally invasive endodontics: challenging prevailing paradigms. *Br Dent J*. 2014;216(6):347-53.
89. Celikten B, Koohnavard M, Oncu A, Sevimay FS, Orhan AI, Orhan K. A new perspective on minimally invasive endodontics: a systematic review. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 2022;35(1):1758-67.
90. Chlup Z, Žižka R, Kania J, Přibyl M. Fracture behaviour of teeth with conventional and mini-invasive access cavity designs. *J. Eur Ceram Soc*. 2017;37(14):4423-9.
91. Clark D, Khademi J, Herbranson E. Fracture resistant endodontic and restorative preparations. *Dent Today*. 2013;32(2):118, 20-3.
92. Silva E, De-Deus G, Souza EM, Belladonna FG, Cavalcante DM, Simões-Carvalho M, ve ark. Present status and future directions - Minimal endodontic access cavities. *Int Endod J*. 2022;55 Suppl 3:531-87.
93. Silva E, Oliveira VB, Silva AA, Belladonna FG, Prado M, Antunes HS, ve ark. Effect of access cavity design on gaps and void formation in resin composite restorations following root canal treatment on extracted teeth. *Int Endod J*. 2020;53(11):1540-8.
94. Bóveda C, Kishen A. Contracted endodontic cavities: the foundation for less invasive alternatives in the management of apical periodontitis. *Endodontic Topics*. 2015;33:169-86.
95. Motiwala MA, Gul M, Ghafoor R. Effect of different access cavity designs on fracture toughness of endodontically treated teeth: a systematic review and network meta-analysis. *Evid Based Dent*. 2022.

96. Zhang Y, Liu Y, She Y, Liang Y, Xu F, Fang C. The Effect of Endodontic Access Cavities on Fracture Resistance of First Maxillary Molar Using the Extended Finite Element Method. *J Endod.* 2019;45(3):316-21.
97. Silva AA, Belladonna FG, Rover G, Lopes RT, Moreira E JL, De-Deus G, ve ark. Does ultraconservative access affect the efficacy of root canal treatment and the fracture resistance of two-rooted maxillary premolars? *Int Endod J.* 2020;53(2):265-75.
98. Shabbir J, Zehra T, Najmi N, Hasan A, Naz M, Piasecki L, ve ark. Access Cavity Preparations: Classification and Literature Review of Traditional and Minimally Invasive Endodontic Access Cavity Designs. *J Endod.* 2021;47(8):1229-44.
99. Abou-Elnaga MY, Alkhawas MAM, Kim HC, Refai AS. Effect of Truss Access and Artificial Truss Restoration on the Fracture Resistance of Endodontically Treated Mandibular First Molars. *J Endod.* 2019;45(6):813-7.
100. Corsentino G, Pedullà E, Castelli L, Liguori M, Spicciarelli V, Martignoni M, ve ark. Influence of Access Cavity Preparation and Remaining Tooth Substance on Fracture Strength of Endodontically Treated Teeth. *J Endod.* 2018;44(9):1416-21.
101. Johnstone M, Parashos P. Endodontics and the ageing patient. *Aust Dent J.* 2015;60 Suppl 1:20-7.
102. Lang H, Korkmaz Y, Schneider K, Raab WH. Impact of endodontic treatments on the rigidity of the root. *J Dent Res.* 2006;85(4):364-8.
103. Llaquet Pujol M, Vidal C, Mercadé M, Muñoz M, Ortolani-Seltenerich S. Guided Endodontics for Managing Severely Calcified Canals. *J Endod.* 2021;47(2):315-21.
104. Connert T, Krug R, Eggmann F, Emsermann I, ElAyouti A, Weiger R, ve ark. Guided Endodontics versus Conventional Access Cavity Preparation: A Comparative Study on Substance Loss Using 3-dimensional-printed Teeth. *J Endod.* 2019;45(3):327-31.
105. Dianat O, Gupta S, Price JB, Mostoufi B. Guided Endodontic Access in a Maxillary Molar Using a Dynamic Navigation System. *J Endod.* 2021;47(4):658-62.
106. Borges CF, Magne P, Pfender E, Heberlein J. Dental diamond burs made with a new technology. *J Prosthet Dent.* 1999;82(1):73-9.
107. Hartley JL, Hudson DC, Sweeney WT, Dickson G. Methods for evaluation of rotating diamond-abrasive dental instruments. *J Am Dent Assoc.* 1957;54(5):637-44.
108. Ruddle CJ. Access preparation endodontic: an opening for success. *Dent Today.* 2007;26(2):114, 6-9.

109. Gutmann JL. Problem Solving in Endodontics 2011. 150-76 p.
110. West J. The Three Fs of Predictable Endodontics: "Finding, Following, and Finishing". *Dent Today*. 2016;35(3):90, 2-6.
111. Plotino G, Pameijer CH, Grande NM, Somma F. Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. *J Endod*. 2007;33(2):81-95.
112. Iqbal MK. Nonsurgical ultrasonic endodontic instruments. *Dent Clin North Am*. 2004;48(1):19-34.
113. Apotheker H, Jako GJ. A microscope for use in dentistry. *J Microsurg*. 1981;3(1):7-10.
114. Carr GB. Microscopes in endodontics. *J Calif Dent Assoc*. 1992;20(11):55-61.
115. Bud M, Jitaru S, Lucaciu O, Korkut B, Dumitrascu-Timis L, Ionescu C, et al. The advantages of the dental operative microscope in restorative dentistry. *Med Pharm Rep*. 2021;94(1):22-7.
116. Perrin P, Jacky D, Hotz P. [The operating microscope in dental practice: minimally invasive restorations]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*. 2002;112(7):722-32.
117. Carr GB, Murgel CA. The use of the operating microscope in endodontics. *Dent Clin North Am*. 2010;54(2):191-214.
118. F. S. AAE Colleagues for Excellence 2016.
119. Hayes MJ, Rogers AA, Chuanon J, Tan T, Lai I, Yong E. Dental and oral health students' perceptions of loupes. *Int J Occup Saf Ergon*. 2021;27(1):136-43.
120. Farook SA, Stokes RJ, Davis AK, Sneddon K, Collyer J. Use of dental loupes among dental trainers and trainees in the UK. *J Investig Clin Dent*. 2013;4(2):120-3.
121. Eichenberger M, Biner N, Amato M, Lussi A, Perrin P. Effect of Magnification on the Precision of Tooth Preparation in Dentistry. *Oper Dent*. 2018;43(5):501-7.
122. Selden HS. The dental-operating microscope and its slow acceptance. *J Endod*. 2002;28(3):206-7.
123. Al Shaikhly B, Harrel SK, Umorin M, Augsburger RA, Jalali P. Comparison of a Dental Operating Microscope and High-resolution Videoscope for Endodontic Procedures. *J Endod*. 2020;46(5):688-93.
124. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod*. 2004;30(8):559-67.

125. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am.* 1974;18(2):269-96.
126. Lyon KF. Endodontic instruments for root canal therapy. *Clin Tech Small Anim Pract.* 2001;16(3):139-50.
127. Ingle JJ. A standardized endodontic technique utilizing newly designed instruments and filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1961;14:83-91.
128. Zinelis S, Magnissalis EA, Margelos J, Lambrianidis T. Clinical relevance of standardization of endodontic files dimensions according to the ISO 3630-1 specification. *J Endod.* 2002;28(5):367-70.
129. Keate KC, Wong M. Comparison of endodontic file tip quality. *J Endod.* 1990;16(10):486-91.
130. Zinelis S, Eliades T, Eliades G. A metallurgical characterization of ten endodontic Ni-Ti instruments: assessing the clinical relevance of shape memory and superelastic properties of Ni-Ti endodontic instruments. *Int Endod J.* 2010;43(2):125-34.
131. Otsuka K, Ren X. Physical metallurgy of Ti-Ni-based shape memory alloys. *Prog. Mater. Sci.* 2005;50:511-678.
132. Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod.* 1988;14(7):346-51.
133. Thompson SA. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J.* 2000;33(4):297-310.
134. Young JM, Van Vliet KJ. Predicting in vivo failure of pseudoelastic NiTi devices under low cycle, high amplitude fatigue. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2005;72(1):17-26.
135. Hayashi Y, Yoneyama T, Yahata Y, Miyai K, Doi H, Hanawa T, et al. Phase transformation behaviour and bending properties of hybrid nickel-titanium rotary endodontic instruments. *Int Endod J.* 2007;40(4):247-53.
136. Miyai K, Ebihara A, Hayashi Y, Doi H, Suda H, Yoneyama T. Influence of phase transformation on the torsional and bending properties of nickel-titanium rotary endodontic instruments. *Int Endod J.* 2006;39(2):119-26.
137. Peters OA, Gluskin AK, Weiss RA, Han JT. An in vitro assessment of the physical properties of novel Hyflex nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J.* 2012;45(11):1027-34.
138. Bhuva B, Ikram O. Complications in Endodontics. *Prim Dent J.* 2020;9(4):52-8.

139. Fuss Z, Trope M. Root perforations: classification and treatment choices based on prognostic factors. *Endod Dent Traumatol.* 1996;12(6):255-64.
140. Alhadainy HA. Root perforations. A review of literature. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1994;78(3):368-74.
141. Lin LM, Rosenberg PA, Lin J. Do procedural errors cause endodontic treatment failure? *J Am Dent Assoc.* 2005;136(2):187-93; quiz 231.
142. Abou-Rass M, Frank AL, Glick DH. The anticurvature filing method to prepare the curved root canal. *J Am Dent Assoc.* 1980;101(5):792-4.
143. Ford TR, Torabinejad M, McKendry DJ, Hong CU, Kariyawasam SP. Use of mineral trioxide aggregate for repair of furcal perforations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995;79(6):756-63.
144. Torabinejad M, Parirokh M, Dummer PMH. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview - part II: other clinical applications and complications. *Int Endod J.* 2018;51(3):284-317.
145. Siew K, Lee AH, Cheung GS. Treatment Outcome of Repaired Root Perforation: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Endod.* 2015;41(11):1795-804.
146. Camilo do Carmo Monteiro J, Rodrigues Tonetto M, Coêlho Bandeca M, Henrique Borges A, Cláudio Martins Segalla J, Cristina Fagundes Jordão-Basso K, et al. Repair of Iatrogenic Furcal Perforation with Mineral Trioxide Aggregate: A Seven-Year Follow-up. *Iran Endod J.* 2017;12(4):516-20.
147. Lambrianidis T. Ledging and blockage of root canals during canal preparation: causes, recognition, prevention, management, and outcomes. *Endodontic Topics.* 2006;15:56-74.
148. Torabinejad M, Lemon R. Principles and practice of endodontic 3ed2002. 310-35 p.
149. Jafarzadeh H, Abbott PV. Ledge formation: review of a great challenge in endodontics. *J Endod.* 2007;33(10):1155-62.
150. Greene KJ, Krell KV. Clinical factors associated with ledged canals in maxillary and mandibular molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1990;70(4):490-7.
151. Duigou C. Discuss the prevention and management of procedural errors during endodontic treatment. *Aust Endod J.* 2004;30(2):74-8.
152. Imura N, Pinheiro ET, Gomes BP, Zaia AA, Ferraz CC, Souza-Filho FJ. The outcome of endodontic treatment: a retrospective study of 2000 cases performed by a specialist. *J Endod.* 2007;33(11):1278-82.
153. Kerekes K, Tronstad L. Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. *J Endod.* 1979;5(3):83-90.

154. Chugal NM, Clive JM, Spångberg LS. Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;96(1):81-90.
155. Siqueira JF. Reaction of periradicular tissues to root canal treatment: benefits and drawbacks. *Endodontic Topics.* 2005;10:123-47.
156. Gesi A, Hakeberg M, Warfvinge J, Bergenholtz G. Incidence of periapical lesions and clinical symptoms after pulpectomy--a clinical and radiographic evaluation of 1- versus 2-session treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;101(3):379-88.
157. Yusuf H. The significance of the presence of foreign material periapically as a cause of failure of root treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1982;54(5):566-74.
158. Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod.* 1990;16(10):498-504.
159. Bergenholtz G, Lekholm U, Milthorpe R, Heden G, Odesjö B, Engström B. Retreatment of endodontic fillings. *Scand J Dent Res.* 1979;87(3):217-24.
160. Halse A, Molven O. Overextended gutta-percha and Kloroperka N-O root canal fillings. Radiographic findings after 10-17 years. *Acta Odontol Scand.* 1987;45(3):171-7.
161. Bergenholtz G, Lekholm U, Milthorpe R, Engstrom B. Influence of apical overinstrumentation and overfilling on re-treated root canals. *J Endod.* 1979;5(10):310-4.
162. Amza O, Dimitriu B, Suciu I, Bartok R, Chirila M. Etiology and Prevention of an Endodontic Iatrogenic Event: Instrument Fracture. *J Med Life.* 2020;13(3):378-81.
163. Bahcall JK. Remedying and preventing endodontic rotary nickel-titanium (NiTi) file breakage. *Compend Contin Educ Dent.* 2013;34(5):324-7; quiz 8.
164. Khasnis SA, Kar PP, Kamal A, Patil JD. Rotary science and its impact on instrument separation: A focused review. *J Conserv Dent.* 2018;21(2):116-24.
165. Lambrianidis T. Management of fractured endodontic instruments: a clinical guide: Springer; 2017.
166. Parashos P, Messer HH. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. *J Endod.* 2006;32(11):1031-43.
167. Vouzara T, Chares Me, Lyroudia K. Separated Instrument in Endodontics: Frequency, Treatment and Prognosis. *Balk. J. Dent Med.* 2018;22:123 - 32.

168. Eaton JA, Clement DJ, Lloyd A, Marchesan MA. Micro-Computed Tomographic Evaluation of the Influence of Root Canal System Landmarks on Access Outline Forms and Canal Curvatures in Mandibular Molars. *J Endod.* 2015;41(11):1888-91.
169. Spili P, Parashos P, Messer HH. The impact of instrument fracture on outcome of endodontic treatment. *J Endod.* 2005;31(12):845-50.
170. Crump MC, Natkin E. Relationship of broken root canal instruments to endodontic case prognosis: a clinical investigation. *J Am Dent Assoc.* 1970;80(6):1341-7.
171. Mullane EM. Tips to avoid instrument separation in endodontics. *J Ir Dent Assoc.* 2015;61(4):192-4.
172. Suter B, Lussi A, Sequeira P. Probability of removing fractured instruments from root canals. *Int Endod J.* 2005;38(2):112-23.
173. Charles TJ, Charles JE. The 'balanced force' concept for instrumentation of curved canals revisited. *Int Endod J.* 1998;31(3):166-72.
174. Brasil SC, Marceliano-Alves MF, Marques ML, Grillo JP, Lacerda M, Alves FRF, et al. Canal Transportation, Unprepared Areas, and Dentin Removal after Preparation with BT-RaCe and ProTaper Next Systems. *J Endod.* 2017;43(10):1683-7.
175. Siqueira Junior JF, Rôças IDN, Marceliano-Alves MF, Pérez AR, Ricucci D. Unprepared root canal surface areas: causes, clinical implications, and therapeutic strategies. *Braz Oral Res.* 2018;32(suppl 1):e65.
176. Wilcox LR, Roskelley C, Sutton T. The relationship of root canal enlargement to finger-spreader induced vertical root fracture. *J Endod.* 1997;23(8):533-4.
177. Rundquist BD, Versluis A. How does canal taper affect root stresses? *Int Endod J.* 2006;39(3):226-37.
178. Lertchirakarn V, Palamara JE, Messer HH. Patterns of vertical root fracture: factors affecting stress distribution in the root canal. *J Endod.* 2003;29(8):523-8.
179. Rodrigues RCV, Zandi H, Kristoffersen AK, Enersen M, Mdala I, Ørstavik D, et al. Influence of the Apical Preparation Size and the Irrigant Type on Bacterial Reduction in Root Canal-treated Teeth with Apical Periodontitis. *J Endod.* 2017;43(7):1058-63.
180. Hartmann MS, Barletta FB, Camargo Fontanella VR, Vanni JR. Canal transportation after root canal instrumentation: a comparative study with computed tomography. *J Endod.* 2007;33(8):962-5.

181. Elias W, Kubiak K, Poncyljusz W, Surdacka A. Root Canal Transportation after Root Canal Preparation with ProTaper Next, WaveOne Gold, and Twisted Files. *J Clin Med*. 2020;9(11).
182. Webber M, Piasecki L, Jussiani EI, Andrello AC, dos Reis PJ, Azim KA, ve ark. Higher Speed and No Glide Path: A New Protocol to Increase the Efficiency of XP Shaper in Curved Canals—An In Vitro Study. *J Endod*. 2020;46(1):103-9.
183. Azim AA, Aksel H, Zhuang T, Mashtare T, Babu JP, Huang GTJ. Efficacy of 4 Irrigation Protocols in Killing Bacteria Colonized in Dentinal Tubules Examined by a Novel Confocal Laser Scanning Microscope Analysis. *J Endod*. 2016;42(6):928-34.
184. Schäfer E, Dammaschke T. Development and sequelae of canal transportation. *Endodontic Topics*. 2006;15:75-90.
185. Hülsmann M, Peters OA, Dummer PMH. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic Topics*. 2005;10(1):30-76.
186. GÜNEŞER MB, DİNÇER AN, ARSLAN D. Kök Kanallarının Şekillendirilmesinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Araştırma Yöntemleri. 2017.
187. Glossen CR, Haller RH, Dove SB, del Rio CE. A comparison of root canal preparations using Ni-Ti hand, Ni-Ti engine-driven, and K-Flex endodontic instruments. *J Endod*. 1995;21(3):146-51.
188. Calhoun G, Montgomery S. The effects of four instrumentation techniques on root canal shape. *J Endod*. 1988;14(6):273-7.
189. Saberi N, Patel S, Mannocci F. Comparison of centring ability and transportation between four nickel titanium instrumentation techniques by micro-computed tomography. *Int Endod J*. 2017;50(6):595-603.
190. Silva E, Pacheco PT, Pires F, Belladonna FG, De-Deus G. Microcomputed tomographic evaluation of canal transportation and centring ability of ProTaper Next and Twisted File Adaptive systems. *Int Endod J*. 2017;50(7):694-9.
191. Berutti E, Chiandussi G, Paolino DS, Scotti N, Cantatore G, Castellucci A, ve ark. Canal shaping with WaveOne Primary reciprocating files and ProTaper system: a comparative study. *J Endod*. 2012;38(4):505-9.
192. Patel S, Bhuva B, Bose R. Present status and future directions: vertical root fractures in root filled teeth. *Int Endod J*. 2022;55 Suppl 3(Suppl 3):804-26.
193. Veltri M, Mollo A, Pini PP, Ghelli LF, Balleri P. In vitro comparison of shaping abilities of ProTaper and GT rotary files. *J Endod*. 2004;30(3):163-6.
194. Shen Y, Cheung GS. Methods and models to study nickel–titanium instruments. *Endodontic topics*. 2013;29(1):18-41.

195. Lorensen WE, Cline HE. Marching cubes: A high resolution 3D surface construction algorithm. *Seminal graphics: pioneering efforts that shaped the field* 1998. p. 347-53.
196. Paqué F, Balmer M, Attin T, Peters OA. Preparation of oval-shaped root canals in mandibular molars using nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomography study. *J Endod.* 2010;36(4):703-7.
197. Bramante CM, Berbert A, Borges RP. A methodology for evaluation of root canal instrumentation. *J Endod.* 1987;13(5):243-5.
198. Karabucak B, Gatan AJ, Hsiao C, Iqbal MK. A comparison of apical transportation and length control between EndoSequence and Guidance rotary instruments. *J Endod.* 2010;36(1):123-5.
199. Barthel CR, Gruber S, Roulet JF. A new method to assess the results of instrumentation techniques in the root canal. *J Endod.* 1999;25(8):535-8.
200. Grande NM, Plotino G, Gambarini G, Testarelli L, D'Ambrosio F, Pecci R, ve ark. Present and future in the use of micro-CT scanner 3D analysis for the study of dental and root canal morphology. *Ann Ist Super Sanita.* 2012;48(1):26-34.
201. Seeram E. Computed Tomography: A Technical Review. *Radiol Technol.* 2018;89(3):279ct-302ct.
202. Ozgur Uyanik M, Cehreli ZC, Ozgen Mocan B, Tasman Dagli F. Comparative evaluation of three nickel-titanium instrumentation systems in human teeth using computed tomography. *J Endod.* 2006;32(7):668-71.
203. Keleş A, Alçin H. Mikro Bilgisayarlı Tomografi ve Endodontik Araştırmalardaki Yeri. *Türkiye Klinikleri. J Endod.* 2015;1:32-9.
204. Patel S, Brown J, Pimentel T, Kelly RD, Abella F, Durack C. Cone beam computed tomography in Endodontics - a review of the literature. *Int Endod J.* 2019;52(8):1138-52.
205. Akbulut MB, Akman M, Terlemez A, Magat G, Sener S, Shetty H. Efficacy of Twisted File Adaptive, Reciproc and ProTaper Universal Retreatment instruments for root-canal-filling removal: A cone-beam computed tomography study. *Dent Mater J.* 2016;35(1):126-31.
206. Setzer FC, Lee SM. Radiology in Endodontics. *Dent Clin North Am.* 2021;65(3):475-86.
207. Metzger Z, Solomonov M, Kfir A. The role of mechanical instrumentation in the cleaning of root canals. *Endodontic Topics.* 2013;29(1):87-109.
208. Rhodes JS, Ford TR, Lynch JA, Liepins PJ, Curtis RV. Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. *Int Endod J.* 1999;32(3):165-70.

209. Crăciunescu EL, Boariu M, Ioniță C, Pop DM, Sinescu C, Romînu M, ve ark. Micro-CT and optical microscopy imagistic investigations of root canal morphology. *Rom J Morphol Embryol*. 2016;57(3):1069-73.
210. Sasov A, Van Dyck D. Desktop X-ray microscopy and microtomography. *J Microsc*. 1998;191(Pt 2):151-8.
211. Müller R, Van Campenhout H, Van Damme B, Van Der Perre G, Dequeker J, Hildebrand T, ve ark. Morphometric analysis of human bone biopsies: a quantitative structural comparison of histological sections and micro-computed tomography. *Bone*. 1998;23(1):59-66.
212. Van Oosterwyck H, Duyck J, Vander Sloten J, Van der Perre G, Jansen J, Wevers M, ve ark. Use of microfocus computerized tomography as a new technique for characterizing bone tissue around oral implants. *J Oral Implantol*. 2000;26(1):5-12.
213. Verna C, Dalstra M, Wikesjö UM, Trombelli L. Healing patterns in calvarial bone defects following guided bone regeneration in rats. A micro-CT scan analysis. *J Clin Periodontol*. 2002;29(9):865-70.
214. Nielsen RB, Alyassin AM, Peters DD, Carnes DL, Lancaster J. Microcomputed tomography: an advanced system for detailed endodontic research. *J Endod*. 1995;21(11):561-8.
215. Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J*. 2001;34(3):221-30.
216. Bóveda C, Kishen A. Contracted endodontic cavities: the foundation for less invasive alternatives in the management of apical periodontitis. *Endodontic Topics*. 2015;33(1):169-86.
217. Sabeti M, Kazem M, Dianat O, Bahrololumi N, Beglou A, Rahimpour K, ve ark. Impact of Access Cavity Design and Root Canal Taper on Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth: An Ex Vivo Investigation. *J Endod*. 2018;44(9):1402-6.
218. Lam PP, Palamara JE, Messer HH. Fracture strength of tooth roots following canal preparation by hand and rotary instrumentation. *J Endod*. 2005;31(7):529-32.
219. Al Amri MD, Al-Johany S, Sherfudhin H, Al Shammari B, Al Mohefer S, Al Saloum M, ve ark. Fracture resistance of endodontically treated mandibular first molars with conservative access cavity and different restorative techniques: An in vitro study. *Aust Endod J*. 2016;42(3):124-31.
220. Schroeder KP, Walton RE, Rivera EM. Straight line access and coronal flaring: effect on canal length. *J Endod*. 2002;28(6):474-6.

221. Freitas GR, Ribeiro TM, Vilella FSG, de Melo TAF. Influence of endodontic cavity access on curved root canal preparation with ProDesign Logic rotary instruments. *Clin Oral Investig*. 2021;25(2):469-75.
222. Moore B, Verdelis K, Kishen A, Dao T, Friedman S. Impacts of Contracted Endodontic Cavities on Instrumentation Efficacy and Biomechanical Responses in Maxillary Molars. *J Endod*. 2016;42(12):1779-83.
223. Krishan R, Paqué F, Ossareh A, Kishen A, Dao T, Friedman S. Impacts of conservative endodontic cavity on root canal instrumentation efficacy and resistance to fracture assessed in incisors, premolars, and molars. *J Endod*. 2014;40(8):1160-6.
224. Gambill JM, Alder M, del Rio CE. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *J Endod*. 1996;22(7):369-75.
225. Marzouk AM, Ghoneim AG. Computed tomographic evaluation of canal shape instrumented by different kinematics rotary nickel-titanium systems. *J Endod*. 2013;39(7):906-9.
226. Ahmetoglu F, Keles A, Simsek N, Ocak MS, Yologlu S. Comparative evaluation of root canal preparations of maxillary first molars with self-adjusting file, reciproc single file, and revo-s rotary file: A micro-computed tomography study. *Scanning*. 2015;37(3):218-25.
227. Stern S, Patel S, Foschi F, Sherriff M, Mannocci F. Changes in centring and shaping ability using three nickel–titanium instrumentation techniques analysed by micro-computed tomography ( $\mu$ CT). *Int Endod J*. 2012;45(6):514-23.
228. Alovisi M, Pasqualini D, Musso E, Bobbio E, Giuliano C, Mancino D, et al. Influence of Contracted Endodontic Access on Root Canal Geometry: An In Vitro Study. *J Endod*. 2018;44(4):614-20.
229. Zhao D, Shen Y, Peng B, Haapasalo M. Micro-computed tomography evaluation of the preparation of mesiobuccal root canals in maxillary first molars with Hyflex CM, Twisted Files, and K3 instruments. *J Endod*. 2013;39(3):385-8.
230. van der Vyver PJ, Paleker F, Vorster M, de Wet FA. Root Canal Shaping Using Nickel Titanium, M-Wire, and Gold Wire: A Micro-computed Tomographic Comparative Study of One Shape, ProTaper Next, and WaveOne Gold Instruments in Maxillary First Molars. *J Endod*. 2019;45(1):62-7.
231. Stringheta CP, Bueno CES, Kato AS, Freire LG, Iglecias EF, Santos M, et al. Micro-computed tomographic evaluation of the shaping ability of four instrumentation systems in curved root canals. *Int Endod J*. 2019;52(6):908-16.
232. Filizola de Oliveira DJ, Leoni GB, da Silva Goulart R, Sousa-Neto MD, Silva Sousa YTC, Silva RG. Changes in Geometry and Transportation of Root Canals with Severe Curvature Prepared by Different Heat-treated Nickel-titanium

- Instruments: A Micro-computed Tomographic Study. *J Endod.* 2019;45(6):768-73.
233. Pinheiro SR, Alcalde MP, Vivacqua-Gomes N, Bramante CM, Vivan RR, Duarte MAH, ve ark. Evaluation of apical transportation and centring ability of five thermally treated NiTi rotary systems. *Int Endod J.* 2018;51(6):705-13.
  234. Lima CO, Barbosa AFA, Ferreira CM, Ferretti MA, Aguiar FHB, Lopes RT, ve ark. Influence of ultraconservative access cavities on instrumentation efficacy with XP-endo Shaper and Reciproc, filling ability and load capacity of mandibular molars subjected to thermomechanical cycling. *Int Endod J.* 2021;54(8):1383-93.
  235. Özyürek T, Ülker Ö, Demiryürek E, Yılmaz F. The Effects of Endodontic Access Cavity Preparation Design on the Fracture Strength of Endodontically Treated Teeth: Traditional Versus Conservative Preparation. *J Endod.* 2018;44(5):800-5.
  236. Wayman BE, Patten JA, Dazey SE. Relative frequency of teeth needing endodontic treatment in 3350 consecutive endodontic patients. *J Endod.* 1994;20(8):399-401.
  237. Bryant ST, Thompson SA, al-Omari MA, Dummer PM. Shaping ability of ProFile rotary nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals: Part 2. *Int Endod J.* 1998;31(4):282-9.
  238. Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of Quantec Series 2000 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals: Part 2. *Int Endod J.* 1998;31(4):268-74.
  239. Alrahabi M, Zafar MS. Assessment of apical transportation caused by nickel-titanium rotary systems with full rotation and reciprocating movements using extracted teeth and resin blocks with simulated root canals: A comparative study. *Niger J Clin Pract.* 2018;21(6):772-7.
  240. Bertrand MF, Lupi-Pégurier L, Médioni E, Muller M, Bolla M. Curved molar root canal preparations using Hero 642 rotary nickel-titanium instruments. *Int Endod J.* 2001;34(8):631-6.
  241. Lim KC, Webber J. The validity of simulated root canals for the investigation of the prepared root canal shape. *Int Endod J.* 1985;18(4):240-6.
  242. Wu MK, Fan B, Wesselink PR. Leakage along apical root fillings in curved root canals. Part I: effects of apical transportation on seal of root fillings. *J Endod.* 2000;26(4):210-6.
  243. Simon JH. The apex: how critical is it? *Gen Dent.* 1994;42(4):330-4.
  244. Peng W, Zhou X, Gao Y, Xu X. Effect of Access Cavity Preparation on Dentin Preservation, Biomechanical Property, and Instrumentation Efficacy: A Micro-Computed Tomographic Study. *J Endod.* 2022;48(5):659-68.

245. Gu Y, Lu Q, Wang P, Ni L. Root canal morphology of permanent three-rooted mandibular first molars: Part II--measurement of root canal curvatures. *J Endod.* 2010;36(8):1341-6.
246. Lee JK, Yoo YJ, Perinpanayagam H, Ha BH, Lim SM, Oh SR, ve ark. Three-dimensional modelling and concurrent measurements of root anatomy in mandibular first molar mesial roots using micro-computed tomography. *Int Endod J.* 2015;48(4):380-9.
247. Fu Y, Gao Y, Gao Y, Tan X, Zhang L, Huang D. Three-dimensional analysis of coronal root canal morphology of 136 permanent mandibular first molars by micro-computed tomography. *J Dent Sci.* 2022;17(1):482-9.



## 8. EKLER

### EK-1: Etik Kurul Onayı



**T.C.**  
**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ**  
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : 16969557-2497

Konu : **ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU**

**Toplantı Tarihi** : 29 KASIM 2022 SALI  
**Toplantı No** : 2022/20  
**Proje No** : GO 22/1207 (Değerlendirme Tarihi: 29.11.2022)  
**Karar No** : 2022/20-13

Üniversitemiz Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Prof. Dr. Zeliha YILMAZ'ın sorumlu araştırmacı olduğu, Dr. Öğr. Üyesi Mert OCAK ile birlikte çalışacakları ve Dr. Berfu Aydanur POLAT'ın uzmanlık tezi olan, GO 22/1207 kayıt numaralı "*Farklı Giriş Kavitesi Tasarımlarının Preparasyon Etkinliği ve Transportasyon Oluşumu Üzerine Etkisinin Bilgisayarlı Mikrotomografi (Micro CT) ile Değerlendirilmesi*" başlıklı proje önerisi araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup, 30 Kasım 2022 – 30 Haziran 2023 tarihleri arasında geçerli olmak üzere etik açıdan **uygun bulunmuştur**. Çalışma tamamlandığında sonuçlarını içeren bir rapor örneğinin Etik Kurulumuza gönderilmesi gerekmektedir.

#### İZİNLİ

- |                                             |                                           |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1. Prof. Dr. Nüket Paksoy ERBAYDAR (Başkan) | 8. Prof. Dr. Hande Güney DENİZ (Üye)      |
| 2. Prof. Dr. G. Burça AYDIN (Üye)           | 9. Doç. Dr. Betül Çelebi SALTIK (Üye)     |
| 3. Prof. Dr. M. Özgür UYANIK (Üye)          | 10. Doç. Dr. Merve BATUK (Üye)            |
| <b>İZİNLİ</b>                               |                                           |
| 4. Prof. Dr. Ayşe Kin İŞLER (Üye)           | 11. Doç. Dr. Gülten KOÇ (Üye)             |
| 5. Prof. Dr. Sibel PEHLİVAN (Üye)           | 12. Dr. Öğr. Üyesi Müge DEMİR (Üye)       |
| 6. Prof. Dr. Burcu Balam DOĞU (Üye)         | 13. Dr. Öğr. Üyesi Burcu Ersöz ALAN (Üye) |
|                                             | <b>İZİNLİ</b>                             |
| 7. Prof. Dr. Tolga YILDIRIM (Üye)           | 14. Av. Buket ÇINAR (Üye)                 |



**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**GİRİŞİMSSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU**

**KURUL KARARI**

| <u>OTURUM TARİHİ</u>            | <u>OTURUM SAYISI</u> | <u>KARAR SAYISI</u>      |
|---------------------------------|----------------------|--------------------------|
| 21.02.2023                      | 2023/03              | 2023/03-37               |
| Araştırma Numarası : GO 22/1207 |                      | Onay Tarihi : 29.11.2022 |

Kurulumuzun 29.11.2022 tarihli toplantısında GO 22/1207 kayıt numarası ile onaylanmış olan, Üniversitemiz Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Prof. Dr. Zeliha YILMAZ'ın sorumlu araştırmacı olduğu, Dr. Öğr. Üyesi Mert OCAK ile birlikte çalışacakları ve Dr. Berfu Aydanur POLAT'ın uzmanlık tezi olan, GO 22/1207 kayıt numaralı "*Farklı Giriş Kavitesi Tasarımlarının Preparasyon Etkinliği ve Transportasyon Oluşumu Üzerine Etkisinin Bilgisayarlı Mikrotomografi (Micro CT) ile Değerlendirilmesi*" başlıklı proje için vermiş olduğumuz araştırmacı çıkarılması talebi dilekçeniz Kurulumuzun 21.02.2023 tarihli toplantısında görüşülmüş ve uygun bulunmuştur. Proje ekibinden Dr. Öğr. Üyesi Mert OCAK çıkarılmış ve kayıtlarımıza eklenmiştir.

Çalışma tamamlandığında sonuçlarını içeren bir rapor örneğinin Etik Kurulumuza gönderilmesi gerekmektedir.

Prof. Dr. Nüket  
PAKSOY ERBAYDAR  
Kurul Başkanı

Prof. Dr. Güzide Burça  
AYDIN  
Kurul Üyesi

Prof. Dr. Mehmet Özgür  
UYANIK  
Kurul Üyesi

Prof. Dr. Ayşe KİN  
İŞLER  
Kurul Üyesi

Prof. Dr. Sibel  
PEHLİVAN  
Kurul Üyesi

Prof. Dr. Burcu Balam  
DOĞU  
Kurul Üyesi

Prof. Dr. Tolga  
YILDIRIM  
Kurul Üyesi

Prof. Dr. Hande GÜNEY  
DENİZ  
Kurul Üyesi

Doç. Dr. Betül ÇELEBİ  
SALTIK  
Kurul Üyesi

Doç. Dr. Merve BATUK  
Kurul Üyesi

Doç. Dr. Gülten IŞIK  
KOÇ  
Kurul Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Müge  
DEMİR  
Kurul Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Burcu  
Ersöz ALAN  
Kurul Üyesi

**İZİNLI**  
Av. Buket ÇINAR  
Kurul Üyesi

## EK-2: Orjinallik Raporu

### Berfu Aydanur Polat Uzmanlık Tezi

#### ORJİNALLİK RAPORU

%**4**

BENZERLİK ENDEKSİ

%**3**

İNTERNET KAYNAKLARI

%**2**

YAYINLAR

%**1**

ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

#### BİRİNCİL KAYNAKLAR

**1**

[acikbilim.yok.gov.tr](http://acikbilim.yok.gov.tr)

İnternet Kaynağı

%**1**

**2**

[www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080](http://www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080)

İnternet Kaynağı

<%**1**

**3**

[www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)

İnternet Kaynağı

<%**1**

**4**

Submitted to Istanbul Aydin University

Öğrenci Ödevi

<%**1**

**5**

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

İnternet Kaynağı

<%**1**

**6**

[docplayer.biz.tr](http://docplayer.biz.tr)

İnternet Kaynağı

<%**1**

**7**

[dergipark.org.tr](http://dergipark.org.tr)

İnternet Kaynağı

<%**1**

**8**

[acikerisim.ege.edu.tr:8081](http://acikerisim.ege.edu.tr:8081)

İnternet Kaynağı

<%**1**

**9**

Submitted to Ankara University

Öğrenci Ödevi

<%**1**

|    |                                                                                                                                                                                   |      |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 10 | <a href="http://acikerisim.antalya.edu.tr">acikerisim.antalya.edu.tr</a><br>İnternet Kaynağı                                                                                      | <% 1 |
| 11 | <a href="http://acikerisim.pau.edu.tr:8080">acikerisim.pau.edu.tr:8080</a><br>İnternet Kaynağı                                                                                    | <% 1 |
| 12 | <a href="http://nek.istanbul.edu.tr:4444">nek.istanbul.edu.tr:4444</a><br>İnternet Kaynağı                                                                                        | <% 1 |
| 13 | <a href="http://issuu.com">issuu.com</a><br>İnternet Kaynağı                                                                                                                      | <% 1 |
| 14 | <a href="http://sporbilim.com">sporbilim.com</a><br>İnternet Kaynağı                                                                                                              | <% 1 |
| 15 | <a href="http://acikerisim.baskent.edu.tr">acikerisim.baskent.edu.tr</a><br>İnternet Kaynağı                                                                                      | <% 1 |
| 16 | <a href="http://www.sporbilimleri.org.tr">www.sporbilimleri.org.tr</a><br>İnternet Kaynağı                                                                                        | <% 1 |
| 17 | <a href="http://istanbulsaglik.gov.tr">istanbulsaglik.gov.tr</a><br>İnternet Kaynağı                                                                                              | <% 1 |
| 18 | <a href="http://acikerisim.karatay.edu.tr:8080">acikerisim.karatay.edu.tr:8080</a><br>İnternet Kaynağı                                                                            | <% 1 |
| 19 | <a href="http://cdn.comu.edu.tr">cdn.comu.edu.tr</a><br>İnternet Kaynağı                                                                                                          | <% 1 |
| 20 | Özgür ATMACA, Pınar ZARAKOLU KÖŞKER,<br>Ceren KARAHAN, Banu ÇAKIR, Serhat ÜNAL.<br>"Risk Factors and Antibiotic Use in Methicillin-<br>Resistant Staphylococcus aureus Bacteremia | <% 1 |

in Hospitalized Patients at Hacettepe  
University Adult and Oncology Hospitals  
(2004-2011) and Antimicrobial Susceptibilities  
of the Isolates: A Nested Case-Control Study",  
Mikrobiyoloji Bulteni, 2014

Yayın

### EK-3: Dijital Makbuz



## Dijital Makbuz

Bu makbuz ödevinizin Turnitin'e ulaştığını bildirmektedir. Gönderiminize dair bilgiler şöyledir:

Gönderinizin ilk sayfası aşağıda gönderilmektedir.

|                    |                                   |
|--------------------|-----------------------------------|
| Gönderen:          | Berfu Aydanur Polat               |
| Ödev başlığı:      | Berfu Aydanur Polat Uzmanlık Tezi |
| Gönderi Başlığı:   | Berfu Aydanur Polat Uzmanlık Tezi |
| Dosya adı:         | turntine_y_klenecek.docx          |
| Dosya boyutu:      | 7.04M                             |
| Sayfa sayısı:      | 77                                |
| Kelime sayısı:     | 13,256                            |
| Karakter sayısı:   | 91,890                            |
| Gönderim Tarihi:   | 04-Ara-2023 01:11ÖÖ (UTC+0300)    |
| Gönderim Numarası: | 2246349738                        |

E.E.  
KACIYETİ ENERJİSİZ  
H) KROMİYUM İZOTOPU  
ENERJİLİ ANARONİKAL

FARKLI GİRİŞ KATILIM TAYANIRLARIN PREPARATON  
ETKİMLİ VE TRANSPORTATON BAĞLARI ÇÖZÜMÜ  
ETKİLERİN BELGELERİ ARABOTROFİKATİ (NİTROGEN) İLE  
DÜŞÜRLERİNİN

Environ Biol Fish (2015) 98:431–437

Endreketil, Inc./Eli Lilly and Co.  
E27649-1.BC.T123

© 2014 The Authors. Educational Researcher. Published by Sage Publications, Inc.  
10.1177/0013161914563914  
http://erx.sagepub.com at UNIV OF CALIF SAN DIEGO on May 12, 2014

2003