



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**



**MİNİMAL İNVAZİV VE GELENEKSEL ENDODONTİK
GİRİŞ KAVİTESİ AÇILMIŞ DİŞLERDE
FARKLI EĞELERİN ŞEKİLLENDİRME ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Mehrdad KOOHNAVARD

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Berkan ÇELİKTEN**

**ANKARA
2022**

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**MİNİMAL İNVAZİV VE GELENEKSEL ENDODONTİK
GİRİŞ KAVİTESİ AÇILMIŞ DİŞLERDE
FARKLI EĞELERİN ŞEKİLLENDİRME ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Mehrdad KOOHNAVARD

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Berkan ÇELİKTEN**

**ANKARA
2022**

ETİK BEYAN

Ankara Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı'na

Uzmanlık tezi olarak hazırlayıp sunduğum “Minimal İnvaziv ve Geleneksel Endodontik Giriş Kavitesi Açılmış Dişlerde Farklı Eğelerin Şekillendirme Etkisinin Değerlendirilmesi” başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma/araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir. Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Mehrdad Koohnavard

Tarih:

İmza:



İÇİNDEKİLER

Etik Beyan	ii
Kabul ve Onay	iii
İçindekiler	iv
Önsöz	vi
Simgeler ve Kısaltmalar	vii
Şekiller	viii
Çizelgeler	x
1.GİRİŞ	1
1.1 Pulpa Odasının Anatomisi	2
1.2 Endodontik Giriş Kaviteleri	4
1.2.1 Geleneksel Giriş Kavitesi	6
1.2.2 Konservatif Giriş Kavitesi	12
1.2.3 Ultrakonservatif Giriş Kavitesi	13
1.2.4 Truss Giriş Kavitesi	13
1.2.5 Çürük Yönlendirmeli Giriş Kavitesi	14
1.2.6 Rehberli Giriş Kavitesi	14
1.4 Kavite Preparasyonunda Karşılaşılan Klinik Durumlar	15
1.4.1 Geniş Restorasyonu Bulunan Dişler	15
1.4.2 Rotasyonlu Dişler	15
1.4.3 Kalsifiye Kanallı Dişler	16
1.5 Giriş Kavitesi Preparasyonunda Kullanılan Aletler	17
1.5.1 Frezler	17
1.5.2 Ayna	18
1.5.3 Endodontik Sondlar	18
1.5.4 Mikroskop ve Loup	18
1.5.5 Ultrasonik Cihazlar ve Uçları	19
1.6 Kök Kanallarının Şekillendirilmesi	20
1.7 Nikel Titanyum Döner Alet Sistemleri	21
1.8 Çalışmamızda Kullanılan NiTi Döner Eğe Sistemleri	22
1.8.1 One Recı	22
1.8.2 Protaper Ultimate	23
1.9 Mikro Bilgisayarlı Tomografi	23
1.10 Çalışmanın Amacı	24
2.GEREÇ ve YÖNTEM	25
2.1 Örneklerin Seçilmesi ve Hazırlanması	25
2.2 Preparasyondan Önce Mikro-BT Taraması (1. Tarama)	26
2.3 Geleneksel ve Konservatif Giriş Kavitelerinin Hazırlanması ve Kök Kanallarının Preparasyonu	27
2.4 Kanal Preparasyonundan Sonra Örneklerin Mikro-BT ile Taraması (2. Tarama)	31
2.5 Mikro-BT Görüntülerinin İncelenmesi ve Kök Kanal Şekillendirmesi ile İlgili Parametrelerin Değerlendirilmesi	31
2.6 İstatistiksel Analiz	34

3.BULGULAR	35
3.1 Hacim ve Yüzey Alanındaki Değişiklere Ait Bulgular	35
3.2 Enstrümanle Edilmeyen Alanların Yüzdesine Ait Bulgular	36
3.3 Danger Zone’a Yaklaşma Miktarı Değerlerine Ait Bulgular	38
3.4 Transportasyon Değerlerine Ait Bulgular	40
4.TARTIŞMA	41
5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER	49
ÖZET	50
SUMMARY	51
KAYNAKLAR	52
ÖZGEÇMİŞ	62



ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim boyunca sabrını ve yardımlarını benden esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşarak bana yol gösteren ve her konuda destek veren değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Berkan Çelikten'e,

Uzmanlık eğitimim süresince desteğini yanımda hissettiğim değerli hocam, anabilim dalı başkanımız Sayın Prof. Dr. F. Semra Sevimay'a,

Bana verdikleri eğitim ve destekleri nedeniyle, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda görevli tüm değerli hocalarıma,

Tez çalışmamdaki yardımlarından dolayı Sayın Prof. Dr. Kaan Orhan'a ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Arda Büyüksungur' a,

Uzmanlık eğitimim süresince beraber çalışmaktan mutluluk duyduğum Dt. Ayşenur Öncü'ye , her daim destek veren ve yanımda olan Dt. İlçi Berk İçmez'e ve başta kıdem arkaşşılarım olmak üzere tüm asistan arkadaşlarıma,

Benim için çok kıymetli olan Seher Ghaebi'ye,

Beni bugünlere getiren, üzerimde sonsuz emekleri olan, desteklerini bir an olsun esirgemeyen, haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim değerli aileme,

Sonsuz teşekkürler...

SİMGELER VE KISALTMALAR

% : Yüzde

< : Küçük

> : Büyük

µm : Mikrometre

ark : Arkadaşları

CTAn : CT Analyser

ÇY GK : Çürük Yönlendirmeli Giriş Kavitesi

GGK : Geleneksel Giriş Kavitesi

kVp : Kilovolt Peak

KIBT : Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi

KGK : Konservatif Giriş Kavitesi

mA : Miliamper

MB : Mesio-bukkal

Mikro-BT : Mikro Bilgisayarlı Tomografi

ML : Mesio-lingual

mL : Mililitre

mm : Milimetre

NaOCl : Sodyum Hipoklorit

Ni-Ti : Nikel-Titanyum

OR : One Reci

PU : Protaper Ultimate

SPSS : Statistical Package for Social Sciences

TGK : Truss Giriş Kavitesi

UKGK : Ultrakonservatif Giriş Kavitesi

v : Variable

ŞEKİLLER

Şekil 2.1. Örneklerin seçilmesinde ve hazırlanmasında kullanılan dental mikroskop (Leica M320 , 2 Wetzlar, Germany)	25
Şekil 2.2. Alt molar dişin kavite ve kanal preparasyonundan önce sagittal kesitte mikro-BT görüntüsü	26
Şekil 2.3. Alt molar dişin kavite ve kanal preparasyonundan önce aksiyal kesitte mikro-BT görüntüsü	27
Şekil 2.4. a) geleneksel giriş kavitesi açılmış alt molar dişin aksiyal kesitte mikro-BT görüntüsü b) konservatif giriş kavitesi açılmış dişin aksiyal kesitte mikro-BT görüntüsü	28
Şekil 2.5. a) geleneksel yaklaşımla açılmış giriş kavitesi görüntüsü b) konservatif yaklaşımla açılmış giriş kavitesi görüntüsü	29
Şekil 2.6. One Recı (MicroMega, Besançon, France) Ni-Ti eğe sistemi	30
Şekil 2.7. Protaper Ultimate (Dentsply Sirona,2021) Ni-Ti döner alet sistemi	30
Şekil 2.8. a) konservatif yaklaşımla açılmış giriş kavitesinin aksiyal kesitte mikro-BT görüntüsü b) geleneksel yaklaşımla açılmış giriş kavitesinin aksiyal kesitte mikro-BT görüntüsü	31
Şekil 2.9. DataViewe yazılımında (m1-m2)-(d1-d2) formülü ile transportasyon miktarının hesaplanması. [a) m1 b) d1 c) m2 d) d2]	33
Şekil 3.1. Gruplar arasında MB ve ML kanallarda hacim değişimi grafiğı	35
Şekil 3.2. Gruplar arasında MB ve ML kanallarda yüzey alanı değişimi grafiğı	36
Şekil 3.3. Gruplar arasında MB ve ML kanallarda enstrümanle edilmeyen alan yüzdesi grafiğı	37
Şekil 3.4. a) GKG-OR 'de kanal preparasyonu öncesi (gri) ve sonrasının (pembe) mikro-BT görüntüsü b) GKG-OR 'de kanal preparasyonu öncesi (gri) ve sonrasının (pembe) çakıştırılmış mikro-BT görüntüsü c) GKG-PU 'da kanal preparasyonu öncesi	37

(gri) ve sonrasının (pembe) mikro-BT görüntüsü d) GGK-PU 'de kanal preparasyonu öncesi (gri) ve sonrasının (pembe) çakıştırılmış mikro-BT görüntüsü

Şekil 3.5. a) KGK-OR 'de kanal preparasyonu öncesi (gri) ve sonrasının (pembe) 38 mikro-BT görüntüsü b) KGK-OR 'de kanal preparasyonu öncesi (gri) ve sonrasının (pembe) çakıştırılmış mikro-BT görüntüsü c) KGK-PU 'da kanal preparasyonu öncesi (gri) ve sonrasının (pembe) mikro-BT görüntüsü d) KGK-PU 'de kanal preparasyonu öncesi (gri) ve sonrasının (pembe) çakıştırılmış mikro-BT görüntüsü

Şekil 3.6. Gruplar arasında MB ve ML kanallarda danger zone'a yaklaşma miktarı 39 grafiği



ÇİZELGELER

Çizelge 3.1. Grupların hacim değişimi,yüzey alanı,enstrümante edilmeyen alan ve 39
danger zone'a yaklaşma miktarına ait ortalama±standart deviyasyon değerleri

Çizelge 3.2. Mesio-bukkal kanalda grupların ortalama 'Transportasyon' değerleri 40
apikalden 2, 5 ve 8mm uzaklıkta mili-metre biriminde gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Mesio-lingual kanalda grupların ortalama 'Transportasyon' değerleri 40
apikalden 2, 5 ve 8mm uzaklıkta mili-metre biriminde gösterilmiştir.



1.GİRİŞ

Komplike bir yapıya sahip olan kök kanal sistemine ulaşmak için giriş kavitesi oluşturulması, cerrahi olmayan kök kanal tedavisi prosedürünün ilk önemli aşamasıdır. Dental pulpa dişlenme dönemi boyunca çeşitli konfigürasyon ve şekillerde bulunur. Kök kanal sisteminin karmaşıklığı hakkında bilgi edinilmesi, geleneksel ve güncel giriş kavitesi preparasyonu sırasında takip edilmesi gereken ilkelere uymak ve karşılaşılan sorunlara çözüm üretilebilmesi için zorunludur (Shabbir ve ark., 2021).

Endodontik tedavinin hedefi doğru teşhis konulmuş dişin kök kanal sisteminin yeteri kadar şekillendirilmesi, dezenfeksiyonu ve üç boyutlu bir şekilde doldurulmasıdır. Bu amaca ulaşmakta giriş kavitesi preparasyonu en önemli basamaklarından biridir (Estrela ve ark., 2014).

Son yıllarda, kök kanal tedavisi sırasında sağlam diş dokusunun daha az kaldırılmasına yönelik endodontik giriş kavitesi tasarımları önerilmiştir. Bu konseptin ulaşmaya çalıştığı hedef, dişlerin giriş kavitesi hazırlığı sırasında mümkün olduğunca pulpa odası tavanını koruma ve böylece kök kanal tedavisini takiben dişlerin kırılmaya karşı direncini arttırmaktır (Santosh ve ark., 2021). Bununla birlikte, giriş kavitesi ne kadar dar olursa, pulpa odasının görünürlüğü ve debridmanının zorlaşmasının yanı sıra kanalların yerinin belirlenmesi, şekillendirilmesi, temizlenmesi ve doldurulması o kadar zor olabilir. Aynı zamanda, dar bir giriş kavitesi, tedavi sonucunu etkileyebilecek zayıf görüş nedeniyle iyatrojenik komplikasyon riskini artırabilir (Silva ve ark., 2020).

Ek olarak, pulpa odası tavanını korumaya çalışmak; pulpa kalıntılarının, dentin artıklarının ve dolgu materyallerinin çıkarılmasını zorlaştırabilir. Ayrıca, bu durum dişte renk değişimine ve mikrobiyal çoğalmaya neden olabilir. Ayrıca kök kanal patları ve rezin kompozitler üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir (Lenherr ve ark., 2012; Marchesan ve ark., 2018; Neelakantan ve ark., 2018; Silva ve ark., 2020).

Günümüzde teknolojik gelişmeler endodonti alanında yeni nesil döner alet sistemleri, büyütme ve aydınlatma sistemleri ve konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) gibi bize tedavi sırasında kolaylık sağlayacak yenilikleri beraberinde getirmiştir. Bu teknolojiler kullanılarak yapılan tedaviler sağlam diş dokularını daha çok koruyarak endodontik prosedürlerin yapılmasına olanak sağlar (Bóveda ve Kishen, 2015) ve dişlerin kaybedilmesinin önüne geçer.

Geleneksel giriş kavitesi (GGK) preparasyonu ile kök kanallarına eğelerin düz bir şekilde giriş sağlanması hedeflenir. Bu yöntem biyomekanik etkinliğin artmasına ve çeşitli tedavi aşamalarında oluşabilecek hataları önlemede yardımcı olur (Hegde ve ark., 2018). Buna karşın, geleneksel endodontik giriş kavitesi preparasyonu sırasında kaldırılan diş dokusu, oklüzal kuvvetler altında dişlerin kırılmaya karşı direncini azaltabilmektedir (Kishen, 2006; Tang ve ark., 2010). GGK hekimin rahat çalışmasına odaklı olduğundan kaldırılan sağlam dentin miktarı fazladır ve bu sebepten dolayı endodontik tedavi sonrası dişlerin kaybedilmesine yol açabilir (Clark ve Khademi, 2010).

1.1 Pulpa Odasının Anatomisi

Kök kanal sistemi iki kısma ayrılmaktadır. Dişin anatomik kronunda bulunan pulpa odası ve anatomik kökte bulunan kök kanalı veya kanallarını içermektedir. Bu iki ana bileşen yanında pulpa boynuzları, aksesuar kanallar, lateral kanallar, furkasyon kanalları, kanal ağzları, apikal deltalar ve apikal foramen gibi yapılar da mevcuttur (Vertucci, 1984).

Dental pulpa düz bir tübüler yapıdan ziyade karmaşık yapısından dolayı kök kanal sistemi olarak değerlendirilmektedir. Pulpa odası dişlerin kronunun merkezinde yer alır ve anatomisi kron yüzeyinin sağlıklı olduğu koşullardaki halini yansıtır. Bu sistemin dış sınırları genellikle dişin dış konturları ile benzerlik taşımaktadır (Deutsch ve Musikant, 2004). Buna rağmen fizyolojik yaşlanma, travma, oklüzyon, çürük gibi

patolojik durumlar ile dişte dentin birikimi (sekonder, tersiyer, reparatif dentin) artmaktadır ve pulpanın boyutlarını değiştirebilmektedir.

Krasner ve Rankow (2004), çekilmiş 500 dişin pulpa odasını değerlendirdikten sonra, pulpa odası ve kök kanal ağzları lokalizasyonunu belirlemek için bazı kurallar ortaya koymuştur. Bu kuralların kullanımı pulpa odasının pozisyonuna ek olarak, tüm dişler için kök kanallarının lokalizasyonu ve sayısını belirlemede yardımcı olabilir.

Krasner ve Rankow ‘un belirlemiş olduğu kurallar:

Merkezlilik Kuralı: Mine sement sınırında, pulpa odasının tabanı her zaman dişin merkezindedir.

Eş merkezlilik Kuralı: Mine sement sınırında, pulpa odasının duvarları dişin dış duvarları ile eş merkezlidir. Kök yüzeyinin dış anatomisi pulpa odasının iç anatomisini yansıtmaktadır.

Mine Sement Seviyesi Kuralı: Mine sement sınırında, pulpa odasının duvarları ve dişin klinik kuronunun dış yüzeyi arasındaki mesafe her yerde eşittir.

1. Simetri Kuralı: Üst büyük azı dişleri hariç bütün dişlerde, kanal ağzları pulpa odası tabanından geçen mesiodistal yöndeki çizgiye eşit uzaklıktadır.

2. Simetri Kuralı: Üst büyük azı dişleri hariç bütün dişlerde, kanal ağzları pulpa odası tabanının merkezinden geçen mesiodistal yöndeki çizgiye dik çizilen eksen üzerindedir.

Renk Değişimi Kuralı: Pulpa odasının tabanı, pulpa odasının duvarlarından her zaman daha koyu renklidir.

Kanal Ağzı Lokalizasyonu Kuralı 1: Kök kanal ağzları her zaman pulpa odası duvarı ile tabanının birleşim yerindedir.

Kanal Ağzı Lokalizasyonu Kuralı 2: Kök kanal ağzları her zaman pulpa tabanı ve duvarı birleşim yerlerinin köşelerinde yer almaktadır.

Kanal Ağzı Lokalizasyonu Kuralı 3: Kök kanal ağzları kökün gelişimsel birleşim çizgilerinin sonlanmasında yer alır.

Bu kuralların yanı sıra, giriş kavitesi preparasyonu sırasında büyütme ve aydınlatma sistemlerinin kullanımı, pulpa odasının tüm anatomik varyasyonlarının farkına varmamıza ve ek olarak tüm kanal girişlerini görmemize yardımcı olur ve vakalarda fark edilmeyen kanal insidansını düşürür. Böylece endodontik tedavinin başarı oranı yükselir (Low ve ark., 2018).

1.2 Endodontik Giriş Kaviteleri

Endodontik giriş kavitesi tasarımları geometrik olarak altta kalan pulpa odası anatomisine uyumlu bir şekilde oluşturulmuştur. Yetersiz hazırlanmış bir giriş kavitesi, kök kanallarının yerinin tespit edilmesinde zorluklara sebep olabilir. Buna ek olarak alet kırıklarına, kök kanallarının yeterince iyi şekillendirilememesine, temizlenememesine ve doldurulamamasına neden olur ve bu da tedavinin başarısız olmasına yol açabilir (Adams ve Tomson, 2014).

Pulpa anatomisinin ilk anatomik değerlendirmesi x-ışını konisinin farklı yatay açıları ile alınmış iki veya daha fazla periapikal radyografinin dikkatli bir şekilde yorumlanmasıyla ve gerekli bazı klinik durumlarda bilgisayarlı tomografi taramalarının yapılması ile gerçekleştirilir (Fava ve Dummer, 1997).

Kök kanal tedavisi işlemi öncesinde ve tedavi sırasında her bir radyografinin ayrıntılı okunması ve yorumlanması gereklidir, çünkü farklı dişlerde farklı kök kanal konfigürasyonları görülebilir. Doğru morfolojik değerlendirme yapılması için konvansiyonel radyografilerin yorumlanması, özellikle bukkolingual görüntü alındığında her zaman yeterli değildir. Ayrıca, *in vitro* çalışmalarda çekilmiş dişlerin mikro bilgisayarlı tomografinin gelişimi ile taranması, beraberinde klinik olarak kök kanal sistemlerinde bulunan anatomik karmaşıklığı ve üç boyutlu ilişkilerin anlaşılmasında yardımcı olmuştur. Bu nedenle, büyütme ve aydınlatma gibi çok çeşitli araçların kullanılması esastır. Bu yaklaşım özellikle posterior bölgedeki dişlerin çok

çeşitli anatomik karmaşıklıklarını görmek için oldukça yararlıdır (Gutmann ve Fan, 2020).

Uygun bir endodontik giriş kavitesinde mevcut olan tüm çürük dokular uzaklaştırılmalı, geriye kalan sağlam diş dokuları korunmalı, pulpa odası tavanı kaldırılmalı, nekrotik ve vital tüm koronal pulpa dokusu uzaklaştırılmalı, tüm kök kanal ağızları bulunmalı ve kanal aletlerinin kök kanalına veya kanalda karşılaşılan ile kurvatüre kadar doğrudan bir ulaşım sağlaması gerekir (Hulsman, 2009).

Kök kanallarına doğrudan erişim sağlayan bir endodontik giriş kavitesi, kök kanal sisteminin tamamının en başarılı şekilde debridmanını sağlar ve aynı zamanda kanal aletlerinin kırılma insidansını en aza indirir (Mannan ve ark., 2001). Geleneksel giriş kavitelerinin kanal eğelerine düz bir giriş imkanı vermesi, kırık alet riskinin azalması, kanal içinde transportasyon miktarını düşürmesi gibi çeşitli avantajları vardır (Peters et al. 2009). Güncel gelişmeler, giriş kavitesi tasarımının daha fazla dentin korunması yönünde hazırlamayı ve endodontik-restoratif ilişkiyi diş yapısının korunması açısından ideal bir duruma taşımayı tavsiye etmektedir (Trope ve Serota, 2016).

Giriş kavitesi preparasyonu dört aşamaya bölünebilir:

Tedavi öncesi öncelikle dişin ağızdaki konumu ve ulaşılabilirliğini değerlendirerek tedaviye başlanır. Dental radyografiye göre mevcut restorasyonlar, pulpa odasının konumu, derinliği, boyutu, mine-sement ilişkisi ve furkasyonun konumu incelenir.

Dişin endodontik tedavi için hazırlanmasında ise pulpa odasına ulaşmadan önce çürükler ve önceki restorasyonlar tamamen uzaklaştırılır.

Pulpa odası tavanının ve koronal pulpanın kaldırılması için pulpa odasına ilk giriş pulpa odasının ortasından olur. Pulpa odasına girdikten sonra ucu kesmeyen bir frez veya ultrasonic uçlar yardımı ile genişletme yapılması pulpa tabanına zarar vermemek için önemlidir. Kavite duvarları, pulpa boynuzlarının tamamen çıkarıldığından emin olmak için incelenmelidir.

Kök kanal sistemine doğrudan giriş sağlanması amacıyla kanal girişleri belirlendikten sonra, eğelerin kök kanalının koronal üçte birine doğrudan erişmesini ve preparasyon esnasında döner aletlerin rahat kullanımını sağlamak için kavitenin şeklini düzenlemek gerekebilir (Patel ve Rhodes, 2007).

1.2.1 Geleneksel Giriş Kavitesi

Geleneksel Giriş Kavitesi (GGK) preparasyonu her diş gurubunun anatomisine ve morfolojisine bağlı olarak belli kurallar çerçevesinde yapılmalıdır. İlk aşamada dişin klinik ve radyografik değerlendirmesini yaptıktan sonra mevcut tüm çürük dokular ve varsa restorasyonlar kaldırılmalıdır. Kavite sınırlarına desteksiz ve zayıf kısımlar dahil edilmelidir. Giriş kavitesi oklüzal yüzde pulpa boynuzlarını içermelidir ve uygun görüşü sağlayacak genişlikte olmalıdır. Kök kanal ağzları mine-sement sınırında aranmalı ve apikal foramene kadar mümkün olduğunca düz ve direkt bir giriş sağlamalıdır. Kavite tabanı tüm kanal ağzlarını kapsayacak genişlikte olmalı ve genel prensip olarak olması gerekenden bir fazla kanal aranmalıdır. Kavite duvarları pulpa tabanından oklüzal yüzeye doğru genişleyerek açılmalıdır. Pulpa tabanına özellikle kanal ağzları hizasına frez ile temas edilmemelidir. Bu bilgiler doğrultusunda farklı diş grupları için GGK tasarımları aşağıda anlatılmıştır (Castellucci, 2004).

Maksiller santral kesicinin tek kökü ve tek kanalı vardır. Genellikle kök düzdür veya hafif distal bir eğim gösterir. Pulpanın labio-palatinal genişliği mesio-distal genişliğinden fazladır. İki veya üç pulpa boynuzu vardır. Kök kanalının enine kesiti alındığında, kanalın oval şekilde başlayıp kök ucuna doğru yuvarlak şekil aldığı görülür. Standart giriş kavitesi preparasyonuna palatinal yüzeyin bukko-lingual ve insizo-gingival olarak merkezinden başlanır. Yuvarlak köşeli üçgen formunda olmalıdır. Üçgenin tabanı insizal kenar ve tepesi kök ucu tarafındadır. Üst santral , lateral, ve kanin dişlerin kanalları distale doğru hafif eğim gösterdiğinden giriş kavitesi hafif mesiale kaydırılır ya da kavitenin mesial duvarında hafif eğimlendirme uygulanır. Giriş kavitesine ucu yuvarlak fissur frezle palatinal yüzün ortasından başlanır uzun aksa 45 derecelik açıda tutularak 3-4 mm frez preparasyonu ile pulpa

odasına ulaşılır. Frez dişin uzun aksına paralel tutularak kavite preparasyonu yapılır aksı halde basamak oluşumuna ve perforasyona sebep olunabilir. Lingualde bulunan omuzcuğun kaldırılması ve giriş kavitesinde kesici kenara doğru yapılan eğimlendirme, anterior dişlerde kök kanal sistemine doğrudan girişi kolaylaştırır (Gutmann ve Fan, 2020).

Maksiller lateral kesici dişlerin tek kökü ve kanalı vardır. Kron ve kök santral dişe oranla daha küçüktür. Kök kanalı distal ya da palatinal yönde kûrvatürlü olabilir. Kök kanalı şekli hem mesio-distal hemde labio-lingual kesitte santral kesiciye benzer. İki pulpa boynuzuna sahiptir. Özellikle lateral dişlerde ve bilateral olarak dens invaginatus veya dens in dente gelişim anomalileri görülebilir. Eğer varsa, giriş kavitesi anomali göz önünde bulundurularak tasarlanmalıdır. Bu dişlere açılan giriş kaviteleri genel hatlarıyla üst santral dişe benzerdir (Gutmann ve Fan, 2020).

Maksiller kanin dişler ağız boşluğu içindeki en uzun dişlerdir. Tek kanalı ve kökü vardır. Kökün görüntüsü labialden bakıldığında yassıdır. Lateralinden bakıldığında ise geniştir. Labio-lingual kesitte pulpa odasının kesici kenar alanına kadar uzadığı görülür. Pulpa odasının mesio-distal çapı labio-lingual çapından daha dardır. Giriş kavitesi palatinal yüzün ortasında oval şekilde açılır. Üst kanin dişlerde nadiren olsada iki kök ve iki kanal anatomisi görülebilir (Gutmann ve Fan, 2020).

Alt santral dişler ağız boşluğu içindeki en küçük dişlerdir. Mandibular santral ve lateral kesici dişlerin pulpa anatomisi ve boyutları birbirine benzerdir. Kökler distal yada lingual yöde eğim gösterirler. Tek veya çift kanal formasyonu gösterebilirler. Giriş kavitesi lingual yüzün ortasında oval şekilde ve uygun kanal preparasyonu için yeterli genişlikte açılır. Linguale doğru yapılan genişletme ise ikinci kanalın bulunmasını kolaylaştırır. İki kanal bulunduğunda kanallar bukkal ve lingual olarak yerleşir (Gutmann ve Fan, 2020).

Alt kanin dişlerin morfolojisi ve kök kanal anatomisi hem üst kanine, hemde alt kesicilere benzer. Boyutu üst kaninlerden küçük, alt kesicilerden büyüktür. Vakaların büyük bir çoğunluğu tek köklü ve tek kanallıdır. Bazen iki kökleri bulunur. Tek köklü

dişlerde iki ayrı kanal veya apekte birleşen iki kanallı şekiller görülebilir. Kök kanalı üst kanin ile karşılaştırıldığında daha düzdür ve ender olarak distale eğim gösterir. Giriş kavitesi oval şekilde ve lingual yüzün ortasında açılır. Lingualdeki omuzcuğun kaldırılması hem eğenin kanala daha düz ve rahat girmesini hemde ikinci kanal varsa bulunmasını kolaylaştırır (Gutmann ve Fan, 2020).

Üst birinci premolar dişlerde şekil, konum ve sayı farklılıklarıyla sık karşılaşılır. Vakaların %60 'a yakınında palatinal ve bukkal olarak iki kök ve her kökte birer kanal vardır. Kök uçları sinüsün mesialinde olmakla birlikte bazen sinüs içinde de olabilir. Palatinal kanal ağzı, bukkal kanal ağzından biraz daha geniştir. Nadiren tek kanal ve tek kök formasyonuna sahiptir. Üç kanallı olma olasılığı birinci premolarlarda %5-6 (Carns ve Skidmore, 1973; Vertucci ve Gegauff, 1979) ve ikinci premolarlarda %1 oranındadır (Vertucci ve ark., 1974). Giriş kavitesi preparasyonuna santral oluğun ortasından başlanır. Pulpa odasına girince frez bukkal-palatinal yönde hareket ettirilerek uzun eksen bukkal-palatinal yönünde olan oval şekilde açılır. Pulpa odası bukkal-lingual olarak geniş, mesio-distal olarak dar açılmalıdır. Bukkal kanal bukkal tüberkülün, palatinal kanal palatinal tüberkülün altında yer alır (Kartal ve ark., 1998).

Üst ikinci premolar dişler genelde tek köklü ve tek kanallıdır. Çift kanallı veya apikalde ayrılma gösteren şekillere rastlanır. Dişin uzun aksı distale eğimlidir ve kök ucunun da distale kıvrık olduğu görülür. Kök ucu sinüs tabanı hizasında olabilir bu sebeple kanal preparasyonu ve dolumu sırasında dikkatli davranılması gerekir. Giriş kavitesi birinci üst premolar dişine benzerdir ve tek kanallı olduğunda kavitenin merkezinde bulunur. Eğer tek bir kanal bulunup bu kanal dişin merkezinde değil ise ayrıca karşı tarafta diğer kanal girişine bakılmalıdır (Gutmann ve Fan, 2020).

Alt birinci premolar dişler, genellikle tek kök ve tek kanallı olmasına rağmen apikalde birleşen ya da ayrı devam eden çift kanallı şekillerine de rastlanır. Bu dişlerde iki kanal bulunma sıklığı %25,5 ve alt ikinci premolar dişlerde %2-5 olarak bildirilmiştir (Vertucci, 1978). Kronları kesici dişlere oranla daha büyüktür. Bu dişlerin boyutlarına oranla kökleri zayıftır ve komşu kaninlere göre kısadır. Kök kanalının girişi oval şekil gösterir ve giriş kavitesinde oklüzal yüzeyin tam ortasından

oval şekilde açılır. kanallarda ayrılma olduğu saptanırsa giriş kavitesi bukko-lingual yönde genişletilir. Bu durumda bukkal kanala giriş doğrultusu lingual taraftan ve lingual kanala giriş bukkaldendir (Gutmann ve Fan, 2020).

Alt ikinci premolarların anatomisi alt birinci premolar dişlerden daha az anatomik varyasyon gösterir. Genelde tek kökü ve kanalı vardır. Kök ucu distale doğru kıvrım yapar ve foramen mentaleye çok yakındır. Giriş kavitesi oklüzal yüzün ortasında yuvarlak ya da hafif oval şekilde açılır. Premolar dişlerin uzun eksenini distale eğimli olduğundan giriş kavitesi açılırken kronun distalinde perforasyon oluşturma riski vardır. Bunun önüne geçebilmek için giriş kavitesi hafif mesiale eğimlendirilir. Dens evaginatus anomalisi özellikle alt ikinci premolar dişlerde görülür. Bu anomali dişlerin çığneyici yüzeylerinde bir damlacık veya silindir şeklinde gözlenir ve mine ile örtülü olan bir tüberküldür. Bu tüberkülün travmaya uğraması veya aşınması sonucu geniş durumdaki pulpa boynuzu ağız ortamına açılmakta ve pulpa enfeksiyonları gelişebilmektedir. Kök gelişiminden önce oluşan nekrozlarda kök gelişimi durabilmektedir (Gutmann ve Fan, 2020).

Üst birinci molar dişler % 97,7 oranında üç köklüdür (Cleghorn ve ark., 2006). Bunların ikisi bukkal ve bir tanesi ise palatinaldedir. Disto-bukkal ve palatinal köklerde tek bir kanal ve mesio-bukkal kökte ise tek kanal, çift kanal veya apikalde dallanma gösteren kök kanal formasyonlarından herhangi birine rastlanabilir. Hacimsel olarak ağız boşluğundaki en büyük diştir ve diğer dişlere oranla daha fazla anatomik varyasyon gösterir. Pulpa odası bukko-lingual yönde en geniştir ve mesio-bukkal, disto-bukkal, mesio-palatal ve disto-palatal olarak 4 boynuz içerir. Bu boynuzlardan mesio-bukkal olanı en uzun pulpa boynuzudur. Giriş kavitesi preparasyonuna santral fossanın ortasından başlanır ve pulpa odası içten dışa doğru kaldırılır. Palatinal kanal bukkal kanallara göre daha belirgindir ve en kolay bulunandır. Mesio-bukkal kanal ağzı mesio-bukkal tüberkülün altındadır. Disto-bukkal kanal ağzının tüberkül ile herhangi bir ilişkisi yoktur ve mesio-bukkal kanal ağzının 2-3 mm distalinde ve hafif palatinal yönde yer alır. Kanal ağzılarının konumlarına göre pulpa odasının tabanından alınan enine kesitte kenarları eşit olmayan dörtgen bir şekil ortaya çıkar. Giriş kavitesinde benzer şekilde prepare

edilmelidir. Bahsedilen dörtgen şeklin en kısa kenarı palatinaldedir. Sonraki kenar ise bukkal kenardır. Mesialde kalan kenar ise en uzun kenardır. Bu şekilde açılan giriş kavimleri mesialde olabilecek dördüncü kanal ağzının bulunmasını kolaylaştırır. Mesio-palatinal veya mesio-bukkal 2 kanalının bulunması için uygun büyütme ve ışık kaynağı gereklidir. Mesio-palatinal kanal ağzı, mesio-bukkal kanala göre daha palatinalde ve mesialde konumlanmaktadır. Mesio-palatinal kanal ağzının üstü genelde bir dentin tabakası ile kaplıdır. Bu kanalın tespiti için dentin tabakasının ultrasonik uçlar yardımı ile kaldırılması gerekmektedir. Bu işlem furkasyon alanında herhangi bir perforasyonla karşılaşmamak için 0,5-3 mm arasında ve dikkatli bir şekilde yapılması uygundur (Peters ve Koka, 2009).

Üst ikinci molar dişlerin kök ve kanal şekilleri üst birinci molar dişlerine benzerdir. Her birinde tek kanal bulunan iki bukkal ve bir palatinal köke sahiplerdir. Üç kanal ağzının birleşimi genellikle dar bir üçgen bazen de düz bir çizgi şeklindedir. Üst birinci molarlar kadar sık olmasada mesio-bukkal kökte iki kanal olabilir. Bazen iki köklü olarak karşımıza çıkabilir. Giriş kavitesi genel hatlarıyla üst birinci molar dişine benzer ancak daha mesialde ve bukkalde yer alır. Kavite kenarları eşit olmayan dörtgen gibi açılmalıdır. Pulpa odası üst birinci molara benzer şekilde kronun mesial yarısına yerleşmiştir (Gutmann ve Fan, 2020).

Alt birinci molar dişler genel olarak iki köklüdür. Bu köklerin biri distal diğeri mesialdedir. Bu diş mesio-distal olarak düz, bukkal-lingual olarak genişlemiş bir yüzeye sahip olan mesial köke sahiptir. Ayrıca çoğunlukla geniş ve tek bir oval kanala veya iki yuvarlak kanala sahip distal kökü içermektedir (de Pablo ve ark., 2010; Skidmore ve Bjorndal, 1971). Mandibular birinci molar diş sıklıkla endodontik tedavi prosedürü (vital pulpa kaplama, pulpotomi, kanal tedavisi) gerektiren dişlerden biridir. Bu nedenle morfolojisi iyi bilinmelidir (Zhang ve ark., 2011). Oklüzal görünüm beş kaspın oluşturduğu bir görüntü yansıtır. Genellikle iki kökü vardır, mesial kökte bazen iki veya üç kanalı vardır, distal kökte ise bir, iki yada üç kanal bulunabilir. Mesial kökteki kanallar mesio-bukkal ve mesio-lingual kanallardır. Mesial kanallar arasındaki gelişimsel olukta bazen bir orta mesial kanal (Middle Mesial Canal) bulunur (Navarro ve ark., 2007; Srivastava ve ark., 2018). Ancak sadece iki mesial kanal arasında geniş

bir anastomozu temsil edebilir veya bazı durumlarda orifisten apekse ayrı bir kanal olabilir (Ricucci, 1997). Bu kanalı bulmak için mesiobukkal ve mesiolingual orifisler arasındaki gelişimsel oluğu incelemek gerekir (Keleş ve Keskin, 2017). Uygun ışık kaynağı ve büyütme olmadan bu incelemeyi yapmak hem mesial hem de distalde yaygın olarak bulunan invajinasyon nedeniyle perforasyon veya kök zayıflaması ile sonuçlanabilir.

İki ayrı distal kökün varlığı nadiren olsa da endodontik tedaviler sırasında karşımıza çıkabilir. Mesial kanal ağızları genellikle pulpa odasında iyi ayrılır ve gelişimsel bir oluk ile bağlanır (Cimilli ve ark., 2006). Sadece bir distal kanal mevcut olduğunda, orifis bukkolingual olarak ovaldir ve kanal girişi genellikle bukkal oluğun distalinde yer alır. Bu giriş genellikle bir DG-16 sondu veya küçük bir K tipi eğe ile mesiodistal yönde aranabilir. Eğin ucu distobukkal veya distolingual olarak keskin bir dönüş yaparsa klinisyen ekstra bir kanal girişi aramalıdır. Mandibular birinci molar için geleneksel giriş kavitesi, mevcut kanal sayısından bağımsız olarak yamuk veya eşkenar dörtgendir (Wilcox ve ark., 1989). Dört veya daha fazla kanal mevcut olduğunda, yamuk veya eşkenar dörtgen köşeleri kanal orifislerinin konumlarına karşılık gelmelidir. Kök morfolojisindeki bir varyasyon, fazladan bir distolingual kökün varlığıdır (Sperber ve Moreau, 1998). Radix entomolaris, mandibular molarlarda distolingual olarak yerleşmiş bir süpernümerer kök iken (Calberson ve ark., 2007), radix paramolaris mesio-bukkal yerleşimli ekstra bir köktür (Souza-Flamini ve ark., 2014).

Mandibular ikinci molar dişler birinci molara göre koronal olarak biraz daha küçüktür ve daha simetrik olma eğilimindedir. Bu dişin kökleri birbirine yakındır ve 4 adet oklüzal kasp ve bunları birbirinden ayıran oluklara sahiptir. İki kök genellikle uç kısımları birbirine yakın olacak şekilde kademeli bir eğim ile distale doğru kıvrılır. Bazı dişlerde sadece bir kök bulunur. Bu diş bir, iki, üç veya dört kök kanalına sahip olabilir. İki kanallı ikinci molar diş için geleneksel giriş kavitesi dikdörtgendir, mesio-distal olarak geniş ve bukkolingual olarak dardır. Tek kanallı mandibular ikinci molar için giriş kavitesi ovaldir ve oklüzal yüzeyin ortasında yer almıştır (Gutmann ve Fan, 2020).

1.2.2 Konservatif Giriş Kavitesi

Endodontide minimal invaziv kavram, mümkün olduğu kadar az doku kaldırılarak endodontik tedavinin amaçlarına ulaşmak olarak tanımlanır. Bu hedefler sadece apikal periodontitisin önlenmesi ve tedavisini değil, aynı zamanda doğal dişlerin ömür boyu korunmasını da içerir. Özellikle son hedefle ilgili olarak, geleneksel endodontik giriş kavitesi kavramları sorgulanmış ve modifiye edilmiştir. Endodontik tedavide başarısızlığın en sık nedenlerinden biri, tedavi edilen dişlerde restore edilemeyen çürükler ve kırıkların sebep olduğu belirgin diş dokusu kaybı olduğu bildirilmiştir (Tzimpoulas ve ark., 2012). Endodontik olarak tedavi edilen dişlerin kırılmasının, kaybedilen doku miktarı ve spesifik kavite konfigürasyonları ile doğrudan ilişkili olduğu ileri sürülmüştür (Rocca ve Krejci, 2013). Diş dokuları ne kadar fazla kaldırılırsa, diş yapısı o kadar zayıflar ve diş sertliği ve kırılmaya karşı direnç o kadar azalır (Dietschi ve ark., 2007).

Boveda ve Kishen (2015), 'e göre konservatif endodontik giriş kavitesi şekilleri, (I) restoratif materyalin diş yapısından önce, (II) minenin dentinden önce ve (III) oklüzal diş yapısının servikal dentinden önce kaldırılmasına öncelik veren geometrik şekillerdir. Burada amaç, dişin mekanik stabilitesini ve kırılma direncini artırarak uzun süreli sağkalım ve fonksiyon sağlamaktır. Tüm konservatif endodontik giriş kavitelerinin ortak özellikleri, aşağıdakileri sağlayan bir şeklin oluşturulmasıdır:

Geleneksel olarak kullanılan koruma için genişletme ve kolaylık formu (convenience form) gibi kavramların gözden geçirilmesi

Kök kanallarına düz bir giriş sağlanması ve pulpa odası tavanının tamamen kaldırılması ilkelerinin gözden geçirilmesi

Posterior dişlerde periservikal dentinin korunmasının öneminin vurgulanması (periservikal dentin, mine-sement sınırının 4 mm üstünde ve 4 mm altında bulunan dentindir).

Ön dişlerde perisingulum dentininin korunmasının öneminin vurgulanması

Konservatif giriş kavitesi (KGK) preparasyonu için, işlemin başından itibaren daha önceden belirlenmiş bir giriş kavitesi formu yerine yeterli görüş sağlanana kadar açılan ve konservatif bir diş dokusu kaldırma prosedürü izleyen dinamik bir yaklaşıma ihtiyaç vardır. Bu yaklaşım pulpa odası tavanının, pulpa boynuzlarını koruyacak şekilde kısmen kaldırılmasını ve beraberinde hafifçe içbükeyleştirilmiş ve oklüzal yüzeye doğru bizote edilmiş kavite duvarlarına sahiptir. Bu tasarım pulpa odası tabanının ve tüm kök kanal ağzlarının farklı açılardan görselleştirilebilmesini amaçlar (Plotino ve ark., 2017) ve klinisyenlerin aynı açıyla olmasa da aynanın açısını değiştirerek pulpa odasını ve tabanını görselleştirebileceği anlamına gelir (Clark ve Khademi, 2010).

1.2.3 Ultrakonservatif Giriş Kavitesi

Ultrakonservatif veya ninja giriş kavitesi (UKGK) sadece kanal ağzlarının tespit edilip genişletilmesine yetecek kadar açılan ve aşırı derecede birbirine yaklaşan duvarlar içerip oklüzal yüzeydeki minenin maksimum düzeyde korunmasını hedefleyen giriş kavitesi tasarımıdır (Plotino ve ark., 2017).

1.2.4 Truss Giriş Kavitesi

Truss giriş kavitesinin (TGK) amacı diğer minimal invaziv endodontik giriş kaviteleri gibi dentini mümkün olduğu kadar korumaktır. Birbirinden bağımsız kaviteler olarak mandibular molar dişlerde mesial ve distal olarak iki farklı, maksiller molar dişlerde ise mesiobukkal, distobukkal ve palatinal olarak üç farklı giriş kavitesi hazırlanır. Hazırlanan kaviteler arasında sağlam kalan dentin dokusunu kaldırılmaz ve korunmaya çalışılır. Böylece pulpa odasının orta kısmının tavanı kaldırılmamış ve korunmuş olur (Auswin ve Ramesh, 2017; Corsentino ve ark., 2018).

1.2.5 Çürük Yönlendirmeli Giriş Kavitesi

Çürük yönlendirmeli giriş kavitesi (ÇYGK) tasarımı daha önceden tanımlanmış geometrik şekiller yerine her diş için özel olarak tasarlanır. Tüm çürük dokuları ve eski restorasyonları kaldırmayı amaçlayan, interproksimal veya bukkal yüzden açılan bu giriş kavitesi diş yapısının kaybindan yararlanarak önceden var olan kaviteden kök kanal sistemine ulaşmayı hedefler (Silva ve ark., 2020).

1.2.6 Rehberli Giriş Kavitesi

Rehberli giriş kavitesi, kalsifiye kök kanallarına sahip dişlerde karşılaşılan giriş kavitesi açılması ve kök kanallarına ulaşım gibi sorunların üstesinden gelmek için tanıtılmıştır. Konvansiyonel tekniklerle kalsifiye kök kanallarına sahip dişlerde yapılan tedavi girişimleri, bu dişleri önemli ölçüde zayıflatarak madde kaybına ve kök perforasyonlarına sebep olabilir (Connert ve ark., 2019). Bu sorunların üstesinden gelmek için hastanın intraoral tarayıcı ile bir konik ışınli bilgisayarlı tomografi taramasının üst üste bindirilmesi yoluya tasarlanan kişiselleştirilmiş bir üç boyutlu rehber kullanımı gereklidir. Bu üç boyutlu rehber yardımı ile klinisyenler kalsifiye kök kanalına doğrudan erişim sağlayabilirler (Llaquet Pujol ve ark., 2021). Bu tür rehberlerin kullanımının birçok çalışmada iyi sonuçlar göstermesine rağmen, posterior bölgede interoklüzal boşluğun kısıtlaması nedeni ile kullanımı sınırlıdır veya zorlayıcıdır. Dinamik navigasyon sistemleri, implantolojide benimsenen alternatif bir yaklaşımdır. Bu sistem cerrahi ve cerrahi olmayan endodontik tedavilerde kullanılmıştır. Dinamik navigasyon sistemi, özel bir bilgisayarlı arabirim tarafından kontrol edilen bir optik izleme sistemi kullanarak, nesnelerin ve hastanın uzaysal konumlarını ve konik ışınli bilgisayarlı tomografiyi entegre eder. Bu sistemin yardımı ile klinisyen işlem öncesi planın çıktısına göre hedeflenen pozisyona frezi yerleştirerek kaviteyi açabilir (Dianat ve ark., 2021).

1.4 Kavite Preparasyonunda Karşılaşılan Klinik Durumlar

1.4.1 Geniş Restorasyonu Bulunan Dişler

Geniş restorasyon veya tam krona sahip dişlerde çürük yoksa ve marjinal uyum bozuk değil ise, kron veya restorasyonun tamamı uzaklaştırılmadan giriş kavitesi açılabilir. Geniş restorasyonlu dişlerde genellikle anatomik noktalar değişmiş olur ve bu da giriş kavitesi preparasyonunu zorlaştırabilir. Mümkün olduğunca geniş restorasyon ve kronların tamamen kaldırılması kök kanallarına en uygun erişimi sağlayacaktır (Ruddle, 2007).

Restorasyon kaldırılmadığında ve giriş kavitesi restorasyonun üzerinde hazırlandığında aşağıdaki sorunlar oluşabilir:

1. Kavite hazırlığı sırasında oluşan titreşimlerden dolayı dolguların diş ile uyumunun bozulması nedeniyle koronal sızıntı,
2. Yetersiz görüş alanı ve erişilebilirlik,
3. Kırılan dolgu materyallerinin kök kanal sistemi içerisine giriş yaparak kanalı tıkaması,
4. Frezin yanlış şekilde açlandırılması

1.4.2 Rotasyonlu Dişler

Dişlerinde çapraşıklık veya rotasyon olan hastalarda geleneksel veya minimal invaziv giriş kavitesi hazırlıkları mümkün olmayabilir. Alternatif bir yaklaşımla ilgili verilecek karar, kök kanal sistemine düz bir hat şeklinde ulaşılması ve diş yapısının korunmasına dayanmalıdır (Lara-Mendes ve ark., 2018). Bazı durumlarda bukkal veya insizal'den giriş kavitesi preparasyonu endike olabilir veya rotasyon derecesine göre standart şekil geliştirilebilir (Gutmann ve Lovdahl, 2010).

Rotasyonlu dişlerde giriş kavitesi açılırken oluşabilecek kanallarının yerlerinin belirlenememesi, perforasyonların meydana gelmesi gibi sorunların önüne geçebilmek için radyografiler iyi değerlendirilmeli, klinisyen anatomik tecrübe ve bilgisini ortaya koymalıdır.

Giriş kavitesi preparasyonu sırasında dişlerin açıları dikkate alınmadığında yukarıda bahsedilen problemler dışında aşağıdaki problemlerde klinisyenlerin karşısına çıkabilir:

1. Bulunmuş bir kanalın yanlış tanımlanması, bunun sonucunda ekstra kanallar için yanlış yönde arama yapılması
2. Ekstra kanal veya kanalların bulunamaması
3. Koronal veya radiküler diş yapısının korunamaması
4. Kanal girişlerini bulmaya çalışırken alet kırılmaları
5. Pulpa odasının debridmanının tam ve eksiksiz bir şekilde yapılamaması

1.4.3 Kalsifiye Kanallı Dişler

Aşırı derecede kalsifikasyon gözlenen dişlerde, kök kanallarını bulmak, kanallara giriş ve genişletilmesi ile ilgili problemler ortaya çıkabilir. Büyütme ve transillüminasyon kullanımının yanı sıra renk değişikliklerinin ve pulpa odası şekillerinin dikkatli bir şekilde incelenmesi kanalların bulunmasına yardımcı olabilir. Klinisyen, pulpa odasını tamamen hazırladıktan, kavite zeminini temizledikten ve kuruttuktan sonra kök kanal girişlerini aramalıdır.

Mine sement birleşim hattından dişe uygulanan fiber optik bir ışık, göz ile fark edilmeyecek küçük yer işaretleri ve renk değişikliklerini ortaya çıkarabilir. Pulpa odası tabanı, kavite duvarlarından daha koyu renklidir. Kanal ağzlarını birbirine bağlayan gelişimsel oluklar, pulpa odası tabanından daha açık renklidir. Klinisyen, kalsifiye kanal ağzlarını ararken bu renk farklılıklarını göz önünde bulundurmalı ve kök kanal ağzlarının, zemin ve duvarların oluşturduğu açılarda ve gelişim oluklarının terminal noktalarında bulunduğunu unutmamalıdır. Kalsifiye kök kanallarının yerini tespit etmek için kullanılan yöntemler arasında pulpa odası tabanının %1 metilen mavisi boya ile boyanması, sodyum hipoklorit ile “şampanya köpüğü testi” nin yapılması ve kanama odaklarının bulunmasıdır. Kalsifikasyonun yoğun olduğu dişlerde, kalsifiye dentin kök kanalından dikkatlice uzaklaştırılmalıdır. Klinisyenlerin çok fazla diş yapısının kaldırılmasını önlemek amacıyla dental operasyon mikroskobu ile ve ince

uçlu ultrasonik aletlerle çalışması önerilmektedir (Gutmann ve Lovdahl, 2010; Gutmann ve Fan, 2020).

1.5 Giriş Kavitesi Preparasyonunda Kullanılan Aletler

1.5.1 Frezler

Elmas rond frezler, dişteki restorasyonları uzaklaştıran, porselen kronda kavite açmaya yarayan ve su soğutması ile kullanılan frezlerdir. Pulpa odasının aksiyal duvarlarını genişletmek, düzeltmek ve bitim yapabilmek için yüksek hızlarda konik elmas frezler kullanılabilir. Böylece tüm kanal ağzları, kavite içinde rahatça görülebilir. Giriş kavitelerinin hazırlanmasında karbid rond frezler de yaygın olarak kullanılmaktadır. Çürüğü temizlemek ve kavitenin 'outline form'unu oluşturmak için kullanılırlar. Ayrıca, pulpa odası tavanını kaldırmak için de yararlılardır. Bazı klinisyenler, bu işlemleri gerçekleştirmek için fissür karbid frez veya üç kısmı rond olan bir konik elmas frez kullanmayı tercih eder. Fissür karbid ve elmas rond uçlu frezlerin avantajı, giriş kavitesi preparasyonu sırasında bazı aksiyal duvar uzantıları için de kullanılabilmesidir (Haselton ve ark., 2000). Bununla birlikte, bu frezler deneyimsiz klinisyenler tarafından bu amaç için kullanıldığında, kesici uçları pulpa odası zeminini ve aksiyal duvarları perforate edebilir. Bir dişin geri çekilmiş bir pulpa odası ve kalsifiye kanalları varsa, Mueller frezi gibi uzun şafta sahip rond frezler ve LN frezlerinin kullanımı ile birlikte bu sorunların üstesinden gelinmekte yardımcıdır. Bu frezlerin ekstra uzun sapı, kanal ağzlarına giriş sırasında görüşü artırır. Transmetal frez, her türlü metalin kesilmesi için özel olarak tasarlanmıştır. Endodontik tedavi gerektiren dişler amalgam, metal döküm restorasyonlar veya porselen gibi çeşitli restorasyonlara sahip olabilirler. Transmetal frez, istenmeyen titreşimi azaltır, özellikle irreversible pulpitisli dişlere giriş kavitesi hazırlanması sırasında hasta ve hekim rahatlığı sağlar. Transmetal frezler ile su soğutması altında yüksek hızda işlem gerçekleştirilebilir (Gutmann ve Fan, 2020).

1.5.2 Ayna

Rodyum kaplama aynalar, özellikle küçük giriş kavitelerinde en iyi görünürlüğü ve ışık iletimini sağlar, çift görüntü ve ışık kırılmasını önler. Büyüteçli aynalar, distorsiyonu artırdıkları için önerilmez. Büyütme gerekiyorsa, loupe veya mikroskop kullanmak daha iyidir. İyi bir görüntü için yüksek kaliteli temiz bir aynadan büyütme, aydınlatma ve yansıma anahtar role sahiptir (Gutmann, 2013).

1.5.3 Endodontik Sondlar

Endodontik sondlar, kanalların yerini ve yönünü belirlemek için kök kanal tedavisinin başlangıcında kullanılır. Rutin klinik uygulamada standart düz sondlar yeterince etkilidir, ancak yararlı olabilecek özel endodontik sondlarda (DG-16 ve JW-17) mevcuttur (Chaniotis A. ve Plotino G, 2021).

1.5.4 Mikroskop ve Loup

Diş hekimliği pratiğinde küçük boyutlu biyolojik ve biyolojik olmayan yapılarla etkileşim gerektiren, görsel olarak zorlayıcı bir meslektir. Bu zorlukların üstesinden gelebilmek için loup ve dental operasyon mikroskobu gibi büyütme araçlarının kullanımı önerilmektedir. Louplar, lens sistemlerinin tasarım ve yapım tekniklerine göre Galilean louplar ve Keplerian (prizmatik) louplar olarak sınıflandırılır. Galilean louplar tipik olarak iki mercek kullanır, bir objektif dışbükey mercek ve bir içbükey mercek. Galilean louplar 2.0x ve 3.5x arasında büyütme sağlarlar, bu nedenle yeni kullanıcılar için başlangıç loupları olarak uygundur. Prizmalar, ışık yolunu uzatarak büyütme derinliğini artırır ve daha uzun bir çalışma mesafesi sağlar. Keplerian louplar ile karşılaştırıldığında, Galilean louplar boyut olarak daha küçük ve ağırlık olarak daha hafiftir ancak daha sınırlı bir görüş alanı ve daha kısa çalışma mesafesi sağlar. Ayrıca basit tasarımları nedeniyle daha ucuzdurlar. 4.0x ve üzeri büyütme yüksek olarak kabul edilir ve bazı deneyimli operatörler bu yüksek büyütme endodontik

tedaviler, periodontal mikro-cerrahiler ve çok yüksek detay ayrımı gerektiren diğer kullanımlar için tercih eder.

Kök kanallarının görselleştirilmesi ve preparasyonu, özellikle geniş restorasyonu bulunan, rotasyonlu, geniş çürüklü, önceki tedaviler sırasında hatalı uygulanmış giriş kavitelerinden dolayı büyük hasar görmüş veya kalsifiye kök kanallarına sahip dişlerde zor olabilir. Bu zorlukların üstesinden gelebilmek için louplara ek olarak dental operasyon mikroskobu iyi bir alternatiftir. Dental operasyon mikroskobu cerrahi ve cerrahi olmayan tedavilerde klinisyenlerin çalıştıkları sınırlı alanı görselleştirmeye yardımcı olan bir araçtır. Mikroskobun yüksek büyütme oranı, aletlerin daha dikkatli bir şekilde uygulanmasına izin verdiği için daha güvenli bir tedavi prosedürü sağlar (Del Fabbro ve ark., 2015; Gondim Jr ve Setzer, 2010).

1.5.5 Ultrasonik Cihazlar ve Uçları

Ultrasonik cihazların kullanımı, endodonti alanında giderek daha yaygın hale gelmektedir. Ultrasonik uçlar farklı uzunluk, çap, koniklik ve aşındırıcı çeşitlerine sahip olabilirler. Ayrıca, çeşitli uç konfigürasyonlarına göre su ile veya susuz çalışılabilirler. Genel olarak, seçilen alet spesifik bir görevi gerçekleştirmek amacıyla kullanılmaktadır. Ultrasonik aletler, pulpa taşlarını elimine etmek, gizli kanal ağzılarını pulpa odasındaki gelişim olukları boyunca takip ederek bulmak ve kalsifiye kanallara ulaşmak için kullanılabilirler. İnce ultrasonik uçlar geleneksel rond frezlerden daha küçüktür ve aşındırıcı kaplamaları, kanal ağzıları aranırken dentini ve kalsifikasyonları konservatif olarak kaldırmayı sağlar (Plotino ve ark., 2007).

1.6 Kök Kanallarının Şekillendirilmesi

Endodontik tedavinin amacı apikal perodontitisin tedavi veya önlenmesidir (Orstavik, 2020). Kök kanal tedavisinin bir parçası olarak dezenfeksiyon ve şekillendirme prosedürleri, pulpal ve periapikal hastalıklarda karşılaşılan mikrobiyal zorlukların üstesinden gelmek için önemli bir basamaktır. İdeal bir kök kanal enstrümantasyonunun amacı, şekillendirme yapılan kanalın orijinal formuna uyumlu ve merkezlenmiş olarak tüm kök kanal yüzeylerinin prepare edilmesidir. Kök kanal anatomisine dikkat edilmeden yapılan şekillendirme sonucunda transportasyon, kök kanalında perforasyon, alet kırılması, basamak ve tıkanıklık oluşumu gibi komplikasyonlarla karşılaşmak olasıdır. Bu tür komplikasyonların oluşumu kök kanal sisteminin bazı kısımlarının dezenfekte edilememesine sebep olarak apikal peridontitis gelişmesine zemin hazırlar. Buna ek olarak dişler mekanik olarak zayıflar.

Herbst Schilder (1974), yayınladığı makalesinde kök kanal preparasyonunun mekanik ve biyolojik hedeflerini ortaya koymuştur.

Mekanik Hedefler

1. Dişin apikalinden giriş kavitesine doğru, artan koniklik derecesiyle devamlı bir huni formu verilmelidir.
2. Kök ucuna doğru gidildikçe çapraz kesitte kanal çapı giderek azalmalıdır.
3. Kök kanal şekillendirmesi kanalın orijinal morfolojisi ile aynı şekilde ilerlemelidir.
4. Apikal foramen orijinal pozisyonunda tutulmalıdır.
5. Apikal foramen gereğinden fazla genişletilmemelidir.

Biyolojik Hedefler

1. Kök kanal şekillendirmesi kök kanalı ile sınırlı kalmalıdır.
2. Apikal foramenin dışına nekrotik debris taşırılmamalıdır.
3. Bütün doku artıkları ve debris kök kanal boşluğundan çıkartılmalıdır.
4. Kök kanalında medikamanlar için uygun boşluk hazırlanmalıdır.
5. Kök kanal şekillendirmesi tek seansta tamamlanmalıdır.

Bu hedeflerden birçoğu makalenin yayınlanmasının üzerinden 45 yıldan fazla süre geçse de geçerliliğini korumaktadır.

1.7 Nikel Titanyum Döner Alet Sistemleri

Endodontide kullanılan ilk Ni-Ti eğe, Walia ve ark. (1988), tarafından nikel titanyum ark telinden üretilmiştir ve kök kanal tedavisinde büyük bir yenilik oluşturmuştur. 1990'ların başlarından itibaren döner eğe sistemlerinin üretimleri ivme kazanmıştır. Bu sistemler tasarımları, üretiminde kullanılan alaşımlar ve tavsiye edilen kesme hareketleri ile birbirlerinden ayrılmaktadır. Farklı eğe sistemlerinin tasarım ve üretimindeki gelişmeler mekanik preparasyonun etkinliğinin artırılmasının yanı sıra, daha koruyucu kanal preparasyonu ve endodontik tedavi görmüş dişlerin sağkalım oranını arttırmak yönündedir. Ni-Ti alaşımın, kök kanal aletlerinin üretiminde kullanılması endodontik tedaviyi yeni bir seviyeye yükselterek kavramsal, pratik ve ekonomik açıdan devrim yaratmıştır. Ni-Ti teknolojisinin güncel gelişmeleri ile birlikte, kök kanal şekillendirme, kök kanalının merkezine ve anatomisine daha uyumlu ve hassas bir yaklaşım sağlamıştır (Haapasalo ve Shen, 2013; Pasqualini ve ark., 2015). Ek olarak, Ni-Ti alaşımının sunduğu mekanik ve içsel özellikler, daha kısa öğrenme eğrisi ile daha kısa tedavi süresinde güvenli bir şekilde kanal şekillendirmeyi mümkün kılmıştır (De-Deus ve ark., 2010; You ve ark., 2010).

Ni-Ti alaşımlar; %56 Nikel ve %44 Titanyumdan oluşurlar. Endodontik aletlerin üretiminde kullanılan Ni-Ti alaşımları neredeyse eş atomlu (equiatomik) olan nikel ve titanyum oranlarına sahiptir (Walia ve ark., 1988). Ni-Ti alaşımları östenit, martensit ve R-fazı olarak adlandırılan üç mikroyapısal faz içerir ve bu fazların miktarları alaşımın genel mekanik özelliklerini belirler (Lopes ve ark., 2013). Östenit fazdan martensite faza dönüşüm (klasik martensitik dönüşüm), alaşımın atomik düzenini değiştirme yeteneğinden kaynaklanır. Düşük sıcaklık fazı olan martensit, nispeten yumuşak, kolayca deforme olabilir, şekil hafızası özelliğine ve süperelastisiteye sahiptir (Zupanc ve ark., 2018). Buna karşılık, yüksek sıcaklık fazı olan östenit, nispeten serttir ve daha rijittir (Lopes ve ark., 2013; Zhou ve ark., 2013). Ni-Ti alaşımının faz bileşimi, ortam sıcaklığına ve alaşımın bu sıcaklığa ısıtılıp ısıtılmadığına veya soğutulup soğutulmadığına bağlıdır. Sıcaklık östenit bitiş sıcaklığının üzerindeyse Ni-Ti alaşımı östenitik durumdadır. Sıcaklık martensit bitiş sıcaklığının altındaysa Ni-Ti alaşım martensitik durumdadır.

Ni-Ti alaşımlarda bulunan başka bir faz ise R-fazıdır. Bu faz çok dar sıcaklık aralığında meydana gelen bir arafazdır. R- fazında üretilmiş eğelerin elastik modülü östenit fazdan daha düşük olduğu için daha esnek ve şekil hafıza özelliğine sahiplerdir (Shen ve ark., 2013).

Son yıllarda üreticiler, klinik performanslarını iyileştirmek için aletlerin NiTi alaşımları üzerinde ek metalurojik işlemler gerçekleştirmektedir. En çok kullanılan ek metalurojik prosedürler arasında elektro-parlatma (electropolishing) ve ısıl işlem teknolojileri yer almaktadır. Elektro-parlatma, harici bir elektrik akımı kaynağı kullanarak yüksek düzeyde iyonik bir çözelti içinde metal parçalardan bileşenlerin elektrolitik olarak çıkarılması işlemidir. NiTi döner aletlerin elektro-parlatılması, metalik yüzeyin cilasını iyileştirmenin yanı sıra, onu daha rijit hale getirir (Lee ve ark., 1996; Rapisardaa ve ark., 2000). NiTi alaşımının 450-550 °C civarında bir sıcaklık aralığında ısıl işlemi, atomlara kendilerini yeniden düzenlemeleri için yeterli termal enerji vererek iç gerilimleri serbest bırakabilir ve kristal kafesin kusurlarını azaltabilir. Sonuç olarak, ısıl işlem görmüş NiTi alaşımı, ısıl işlem görmemiş NiTi alaşımından önemli ölçüde artan döngüsel yorgunluk direncine ve daha yüksek dönüşüm sıcaklıklarına sahiptir (Zinelis ve ark., 2007).

1.8 Çalışmamızda Kullanılan NiTi Döner Eğe Sistemleri

1.8.1 One Recı

One Recı (OR) (MicroMega, Besançon, France), yakın zamanda piyasaya sürülen, resiprokasyon hareketi ile çalışan bir tek eğe sistemidir. OR eğeleri, enstrümanın esnekliğini ve merkezde kalma kabiliyetini artırmayı amaçlayan bir ısıl işlem (C-wire) geçmiştir. Üçlü bir sarmal olarak başlayan ve kademeli olarak gövdeye doğru bir S-şekline dönüşen değişken merkez dışı kesiti, derin oluk ile beraber, koronal yönde debrislerin çıkarılması için daha fazla alan sunarak, ona iyi bir kesme etkinliği sağlar. Bu sistem 170° saat yönünün tersine ve 60° saat yönünde

dönerek kesme hareketini tamamlar (Kharouf ve ark., 2022). Bu sistemin eğeleri 20.04, 25.04, 25.06, 35.04 ve 45.04 ‘den oluşur.

1.8.2 ProTaper Ultimate

ProTaper döner ege sistemi 2001'de piyasaya sürülmüştür, 2006'da ProTaper Universal'a (PTU) dönüşmüştür ve ardından 2014'te endüstri tarafından tanınan ProTaper Gold'a (PTG) ilerlemiştir. Bu dönüşümün en son ürünü Protaper Ultimate (PU)'tir. ProTaper sistemi, basit bir iş akışı sunarken hem anatomik olarak karmaşık hem de basit kanalları hassas bir şekilde prepare etme yeteneği ile bilinmektedir. Dentsply Sironanın ürettiği PU, PTU ve PTG'un daha gelişmiş bir versiyonudur ve önceki ProTaper nesilleriyle benzer bir çalışma prensibine sahiptir. Üretici firma PU'in arttırılmış esneklik ve döngüsel yorgunluğa karşı daha fazla direnç göstererek ek avantajlar sunduğunu öne sürmektedir. Üretici talimatlarına göre bu sistemin eğeleri sabit 400 rpm hızda ve 4-5.2 Ncm tork değerlerini kullanarak çalıştırılmalıdır (Dentsply Sirona,2021). Bu sistemde SX(020.003v), S1(016.002v), S2(020.004v), F1(020.007v), F2(025.008v), F3(030.009v), FX(035.012v), FXL(050.010v) eğeleri mevcuttur. SX, FX ve FXL eğeleri bu sistemde şekillendirmeye yardımcı eğelerdir ve çalışmamızda kullanılmamıştır.

1.9 Mikro Bilgisayarlı Tomografi

Mikro bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) 1980'lerin başında jim elliot tarafından geliştirildi. Piksel boyutlarının mikrometre aralığında olduğunu belirtmek için ‘‘Mikro’’ terimi kullanılmıştır. Bilgisayarlı tomografilere göre mikro-BT'nin çözünürlüğü çok daha yüksektir. Mikrofokal nokta X-ışını kaynakları ve yüksek çözünürlüklü dedektörler kullanan mikro-BT sistemi, örneklerin 3 boyutlu yeniden oluşturulmuş görüntülerini üretmek için birden fazla anatomik eksen boyunca döndürülen projeksiyonlara izin verir. Bilgisayarlı tomografilere tipik olarak 1 mm³ hacimli voksellerden oluşan görüntüler incelenirken mikro-BT ‘de 5-50 mikro metre

aralığında vokseller incelenmektedir (Swain ve Xue, 2009). Mikro-BT cihazında sabit bir x ışını kaynağı olup, incelenmek istenen obje kendi vertikal eksenini etrafında döndürülerek taranır. Bu görüntüleme prosedürü örneklerle zarar vermeden taramayı tamamlar, böylece örnekler farklı bir görüntüleme veya analiz yöntemi için tekrar kullanılabilir. Buna karşın tarama sürelerinin uzun olması, yüksek radyasyon dozu, klinik kullanım için uygun olmaması, mikro-BT cihazının pahalı olması, mikro-BT görüntülerinin alınmasının pahalı olması, çalışmalarda kullanılacak örnek sayılarını azaltan dezavantajlardır (Grande ve ark., 2012).

1995 yılında Nielsen ve ark. (1995), Endodontide kök kanal morfolojisinin değerlendirilmesi amacıyla ilk defa mikro-BT cihazını kullanmıştır. Daha sonra farklı çalışmalarda kök kanal preparasyonunun değerlendirilmesi, kök kanal dolgusunun ve retreatment sonrası kalan dolgu materyalinin incelenmesi gibi amaçlarla kullanılmıştır.

Endodonti ile ilgili çalışmalarda mikro-BT kullanılarak kök kanal preparasyonu öncesi ve sonrası kök kanalının yüzey alanı ve hacmi, uzaklaştırılan dentin hacmi, kanal çapı, kanal kurvatürü derecesi, kanal transportasyonu, yapı modeli indeksi (Structure Model Index), kütle merkezinin transportasyonu, kanal düzleştirme oranı gibi parametreler değerlendirilebilmektedir (Grande ve ark., 2012).

1.10 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, çekilmiş mandibular molar dişlerde geleneksel yöntemle ve konservatif yaklaşımla açılmış endodontik giriş kavitelerinde Protaper Ultimate ve One Recı Ni-Ti döner alet sistemlerinin mikro-BT kullanılarak şekillendirme etkinliklerinin karşılaştırılmasıdır.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

2.1 Örneklerin Seçilmesi ve Hazırlanması

Bu çalışma, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Etik Kurulu'nun 01.12.2021 tarihli 18/02 sayılı onayı ile yapıldı. Şekil 2.1.'de görseli sunulan dental mikroskop (Leica M320 , Wetzlar, Germany) ile 10x büyütme altında yapılan incelemede kök yüzeyinde kırık veya çatlak gözlenen dişler çalışma dışı bırakıldı. Kök eğimi schilder tekniğine göre 35° 'den fazla olan, kavite ve kanal preparasyonunu etkileyecek derecede çürük içeren, kök ucu açık olan dişler çalışmaya dahil edilmedi. Örnekler 24 saat %2,5'lik sodyum hipoklorit (NaOCl) solüsyonunda bekletildikten sonra kök yüzeylerindeki sert ve yumuşak doku artıkları periodontal küret yardımıyla uzaklaştırıldı. Dişler, çalışma gruplarına göre numaralandırılıp deney aşamasına kadar 4° C ' de ve % 0.1 timol çözeltisi içinde saklandı. Daha sonra internal rezorpsiyon ve kalsifikasyon bulunan dişleri elimine etmek amacıyla periapikal radyografiler alındı. Sonuç olarak çalışmamızda periodontal sebeplerle 60 adet çekilmiş mandibular molar diş kullanıldı.

Şekil 2.1. Örneklerin seçilmesinde ve hazırlanmasında kullanılan dental mikroskop (Leica M320 , Wetzlar, Germany)

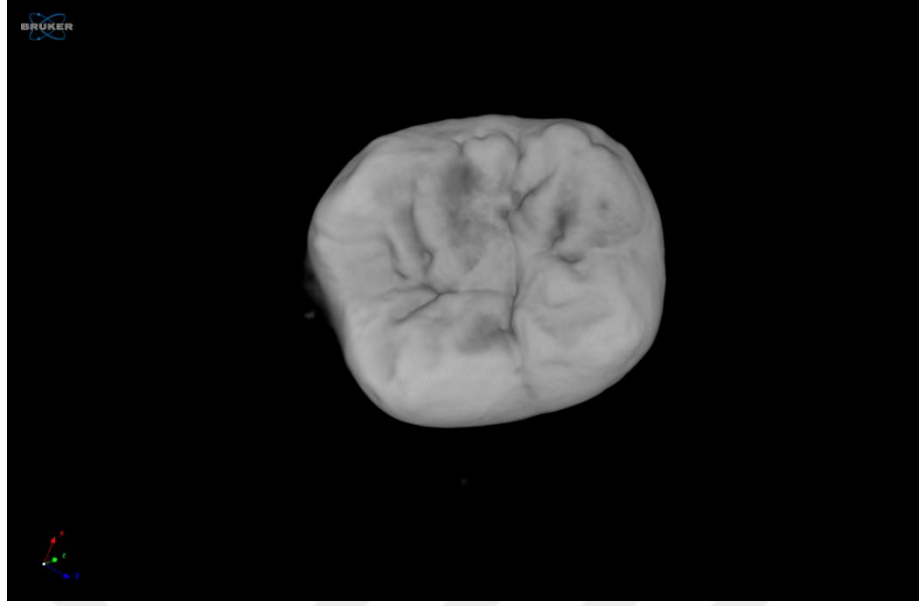


2.2 Preparasyondan Önce Mikro-BT Taraması (1. Tarama)

Tüm örnekler numaralarına dikkat edilerek mikro-BT cihazı (Bruker Micro-CT SkyScan 1173, Kontich, Belgium) ile tarandı. Örnekler mikro-BT cihazının döner platformu üzerine sabitlendi ve cihazın X ışını kaynağı 80 kVp, 125 mA ışın akımı, 26,7 µm piksel boyutu, 0,2 rotasyonla ışınlandı. Halka artefaktlarını en aza indirmek için, her taramadan önce dedektörün hava kalibrasyonu yapıldı. Her örnek için tarama süresi ortalama 1 saat olarak ayarlandı. Cihazın diğer ayar ve parametreleri üretici firmanın önerisi doğrultusunda yapıldı. Şekil 2.2. ve 2.3’de kavite ve kök kanal preparasyonundan önce mikro-BT taraması ile elde edilen görüntülere örnekler verilmiştir.

Şekil 2.2. Alt molar dişin kavite ve kanal preparasyonundan önce sagittal kesitte mikro-BT görüntüsü





Şekil 2.3. Alt molar dişin kavite ve kanal preparasyonundan önce aksiyal kesitte mikro-BT görüntüsü

2.3 Geleneksel ve Konservatif Giriş Kavitelerinin Hazırlanması ve Kök Kanal Preparasyonu

Mikro-BT taramasından gelen örnekler giriş kavitesi preparasyonu aşamasında stabilizasyonu sağlamak ve çevreden izole etmek için kök uçları gözükecek şekilde silikon (Express XT, 3M ESPE, Neuss, Germany) kalıplara yerleştirildi. Deney grupları giriş kavitesi şekline ve kullanılacak döner eğe sistemlerine göre aşağıdaki şekilde oluşturuldu:

Grup 1: Geleneksel Giriş Kavitesi açılmış dişlerin One Recı ile preparasyonu (GGK-OR) (n=15)

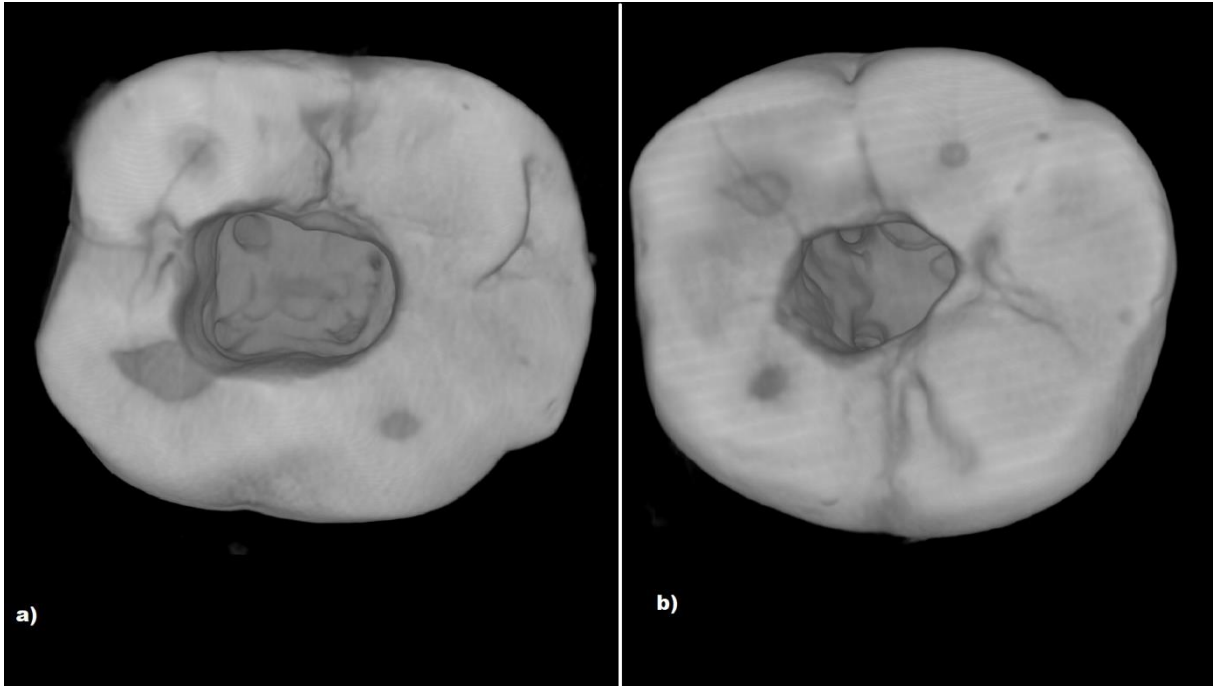
Grup 2: Geleneksel Giriş Kavitesi açılmış dişlerin Protaper Ultimate ile preparasyonu (GGK-PU) (n=15)

Grup 3: Konservatif Giriş Kavitesi açılmış dişlerin One Recı ile preparasyonu (KGK-OR) (n=15)

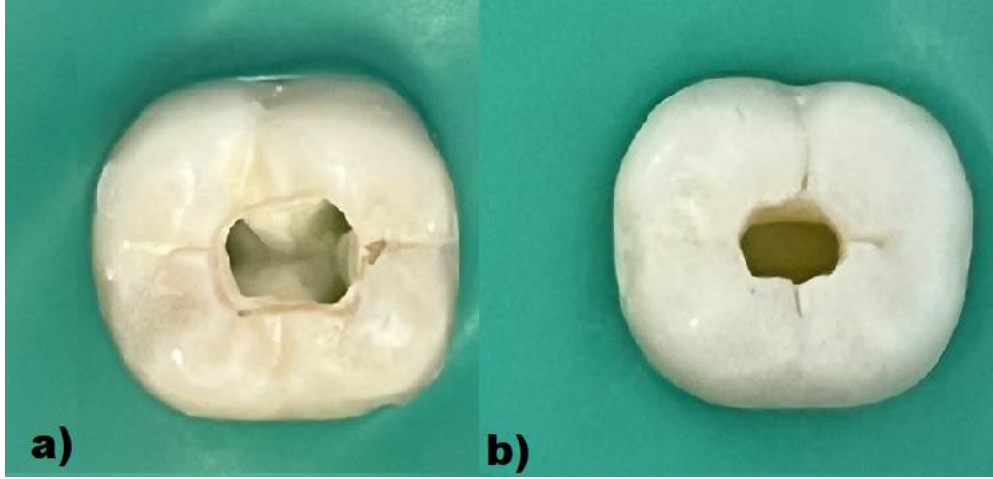
Grup 4: Konservatif Giriş Kavitesi açılmış dişlerin Protaper Ultimate ile preparasyonu (KGK-PU) (n=15)

Giriş kavitesi preparasyonları dental mikroskop (Leica M320 , Wetzlar, Germany) ile ve 6.4 x büyütme altında yapıldı. Geleneksel giriş kaviteleri açılmasına yönelik prensiplere uyularak (Patel ve Rhodes, 2007) grup 1 ve grup 2 ‘deki örneklerle 14 numaralı elmas rond frez ile santral fossadan giriş yapıldı ve pulpa odasının tavanı kaldırıldı. Daha sonra 12 numaralı elmas fissür frez ile kavite duvarları paralel hale getirildi, böylece kök kanallarının koronal üçte birine düz bir çizgide direkt bir giriş sağlandı.

Konservatif giriş kavitesi preparasyonu ise daha önceden Clark ve Khademi’nin (2010), çalışmalarında anlatılan prensiplere uygun olarak gerçekleştirildi. Grup 3 ve grup 4 ‘teki örneklerin kavite preparasyonuna 12 numaralı ront frez kullanılarak santral fossanın hafifçe mesialinden başlandı. 11 numaralı fissür frez ile kavite duvarları paralel hale getirildi. Pulpa odasındaki organik doku artıkları ve kalsifikasyonlar ultrasonik uçlar yardımı ile uzaklaştırıldı. Şekil 2.4.’ de geleneksel ve konservatif giriş kavitelerinin mikro-BT taraması sonrası elde edilen görüntüleri izlenmektedir. Şekil 2.5. ‘de ise çalışmamızda yer alan her iki giriş kavitesi tipinin görüntüsü sunulmuştur.



Şekil 2.4. a) geleneksel giriş kavitesi açılmış alt molar dişin aksiyal kesitte mikro-BT görüntüsü
b)konservatif giriş kavitesi açılmış dişin aksiyal kesitte mikro-BT görüntüsü



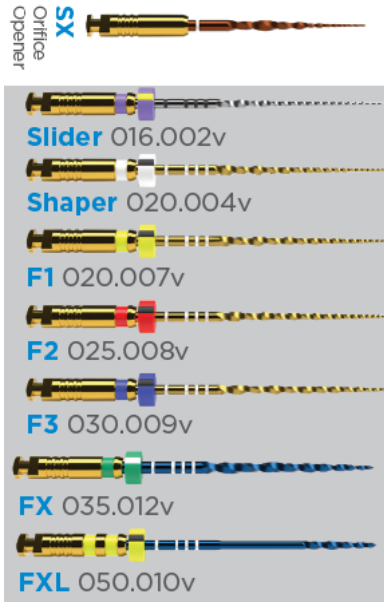
Şekil 2.5. a) geleneksel yaklaşımla açılmış giriş kavitesi görüntüsü b) konservatif yaklaşımla açılmış giriş kavitesi görüntüsü

Tüm örneklerin kavite preparasyonlarından sonra mesio-bukkal ve mesio-lingual kanallarda çalışma boyunu belirlemek için 10 numaralı K tipi eğe (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) yerleştirildi ve apikal foramenden görülünceye kadar ilerletildi. Bu boy ölçülüp 1mm çıkarılarak her kanal için çalışma boyu belirlendi ve kaydedildi. Daha sonra kanal preparasyonu işlemine geçildi. Kanal preparasyonu işlemi için endodontik motor (Changzhou Eighteenth Medcial Technology Co., Ltd,China) kullanıldı. Grup 1 ve grup 3'e ait örnekler belirlenen çalışma boylarına göre One G (MicroMega, Besançon, France) eğesi ile 300 rpm hız ve 1.2 Ncm tork değeri kullanılarak rehber yol oluşturuldu. Daha sonra her kanal 2 ml %2,5'lik NaOCl solüsyonu ve 30 gauge irrigasyon iğnesi kullanılarak yıkandı. Bu aşamadan sonra OR 25/06 eğesi kullanılarak 170° saat yönünün tersinde ve 60° saat yönünde çalışma boyuna kadar üreticinin talimatlarına göre preparasyon yapıldı. Grup 2 ve grup 4'te ise örnekler PU sistemi kullanılarak belirlenen çalışma boylarında sırası ile S1, S2, F1, F2 eğeleri ile üreticinin talimatlarına göre preparasyon yapıldı. Preparasyon işlemleri sırasında her eğe değişiminde kök kanalları, 2 ml %2,5'lik NaOCl solüsyonu ile 30 gauge irrigasyon iğnesi kullanılarak yıkandı. Bütün gruplarda standardizasyonu sağlamak için irrigasyonda toplam 15 ml %2,5'lik NaOCl kullanıldı. Final irrigasyonu ise 5 ml distile su ile yapıldı. Tüm şekillendirme prosedürleri tek bir operatör

tarafından gerçekleştirildi. Şekil 2.6. ve 2.7. 'de çalışmamızda kullanılan Ni-Ti döner alet sistemlerinin görüntüsü izlenmektedir.



Şekil 2.6. One Reciprocal (MicroMega, Besançon, France) Ni-Ti eğe sistemi



Şekil 2.7. Protaper Ultimate (Dentsply Sirona,2021) Ni-Ti döner alet sistemi

2.4 Kanal Preparasyonundan Sonra Örneklerin Mikro-BT ile Taraması (2. Tarama)

Tüm örnekler kavite ve kök kanal preparasyonlarından sonra silikon kalıplardan çıkarıldı ve mikro-BT cihazının tutucusuna yerleştirildi. 1.taramada kullanılan aynı parametreler ile 2.tarama tekrar yapıldı. Şekil 2.8. 'de ise 2.tarama sonrası elde edilen görüntülere bir örnek verilmiştir.



Şekil 2.8. a) konservatif yaklaşımla açılmış giriş kavitesinin aksiyal kesitte mikro-BT görüntüsü b) geleneksel yaklaşımla açılmış giriş kavitesinin aksiyal kesitte mikro-BT görüntüsü

2.5 Mikro-BT Görüntülerinin İncelenmesi ve Kök Kanal Şekillendirmesi ile İlgili Parametrelerin Değerlendirilmesi

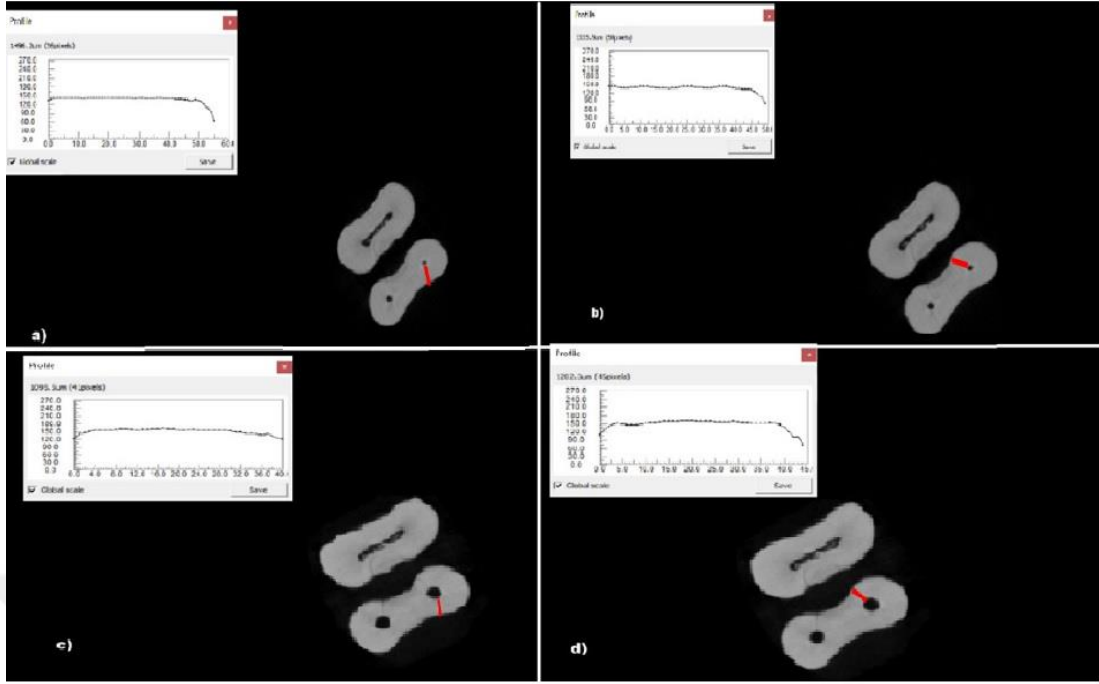
2. tarama sonrası elde edilen ham görüntüler NRecon yazılımına (ver. 1.6.10.4, SkyScan, Kontich, Belgium) aktarıldı. Her bir örnekten 2 boyutlu 1800 kesit elde edildi. NRecon yazılımı ham mikro-BT görüntülerini birleştirerek her örneğin iç yapısının incelenmesine ve görselleştirilmesine olanak sağlayan bir programdır. Çalışmamızda nicelik ölçümlerinin ve görüntülerin yapılandırılmasında daha önceden

Feldkamp ve ark. (1989), tanımladığı algoritma kullanıldı. Rekonstrüksiyon için, halka artefaktı düzeltmesi 7 ve düzleştirme parametresi 3'e sabitlendi. Işın artefaktı düzeltmesi %38'e ayarlandı. Kontrast ayarları SkyScan firmasının önerilerine göre 0 ile 0,05 arasında tutuldu. Enstrümantasyon öncesi ve sonrası görüntüler DataViewer programı (ver. 1.5.6.2; Bruker) kullanılarak uzayın her üç düzleminde yeniden konumlandırıldı. Bu görüntüler; kanal hacmini, yüzey alanını, enstrümente edilmeyen alanı, transportasyon ve danger zone'a yaklaşma miktarını hesaplamak için CTAn yazılımına (ver. 1.20.3.0; Bruker) aktarıldı.

Hacim ve yüzey alanındaki değişiklikler, CTAn programı kullanılarak enstrümantasyon öncesi ve sonrası değerlerin birbirinden çıkarılmasıyla belirlendi. Yazılım, kullanıcının 3 boyutlu görüntüden istenilen kesitlerin elde etmesine olanak tanır. Buna ek olarak, parlaklık ve opaklık değerlerini ayarlayarak, nihai pulpa ve kök kanal boşluğu hacmini hesaplamadan önce "istenmeyen" voksellerin çıkarılmasına imkan sunar.

Enstrümente edilmeyen alanların yüzdesi, Arias ve ark. (2018), çalışmasına göre statik voksellerin, toplam yüzey alanının voksel sayısına olan oranına göre hesaplandı.

Tüm örneklerde kanal ağzından kök ucuna kadar enstrümantasyon öncesi ve sonrası en kısa mesafeler DataViewer yazılımı kullanılarak mesial ve distal yönlerde ölçüldü. Daha sonra bu veriler kullanılarak transportasyon miktarı $(m1-m2)-(d1-d2)$ formülü ile her kanal için elde edildi. Bu formül daha önce Rover ve arkadaşlarının (2017), yapmış olduğu çalışmada kullanılmıştır. Burada m1 kökün mesial sınırından enstrümente edilmeyen mesial kenarına olan en kısa mesafedir, m2 kökün mesial sınırından enstrümente edilen kanalın mesial kenarına olan en kısa mesafedir, d1 kökün distal sınırından enstrümente edilmeyen distal kenarına olan en kısa mesafedir ve d2 ise kökün distal sınırından enstrümente edilen kanalın distal kenarına olan en kısa mesafedir. 0 'a eşit kanal transportasyonu, transportasyon olmadığı anlamına gelir. Transportasyon değeri negatif ise distal yönde, pozitif ise mesial yönde transportasyon olduğunu gösterir. Şekil 2.9.'da transportasyon miktarının ölçümünün yapıldığı DataViewer yazılımının ekran görüntüleri izlenmektedir.



Şekil 2.9. DataViewer yazılımında (m1-m2)-(d1-d2) formülü ile transportasyon miktarının hesaplanması. [a) m1 b) d1 c) m2 d) d2]

Shantiaee ve ark. (2015), yönteminden örnek alınarak danger zone'a yaklaşım miktarını ölçmek amacıyla DataViewer yazılımı kullanılarak elde edilen görüntülerden kesitler oluşturuldu. Bu kesitlerde kanal duvarının kalınlığı aksiyal düzlemde (DataViewer'ın xy eksen) ölçüldü. Dentin kalınlığındaki değişiklikleri değerlendirmek için enstrümente edilen ve edilmeyen kanal iç duvarından kanalın karşılık gelen dış duvarına olan en kısa mesafe ölçüldü.

Tüm görüntüler, 12 yıllık Micro-BT deneyimine sahip tek bir gözlemci tarafından değerlendirildi ve ölçüldü. Tüm ölçümler aynı gözlemci tarafından iki kez yapılmıştır.

2.6 İstatistiksel Analiz

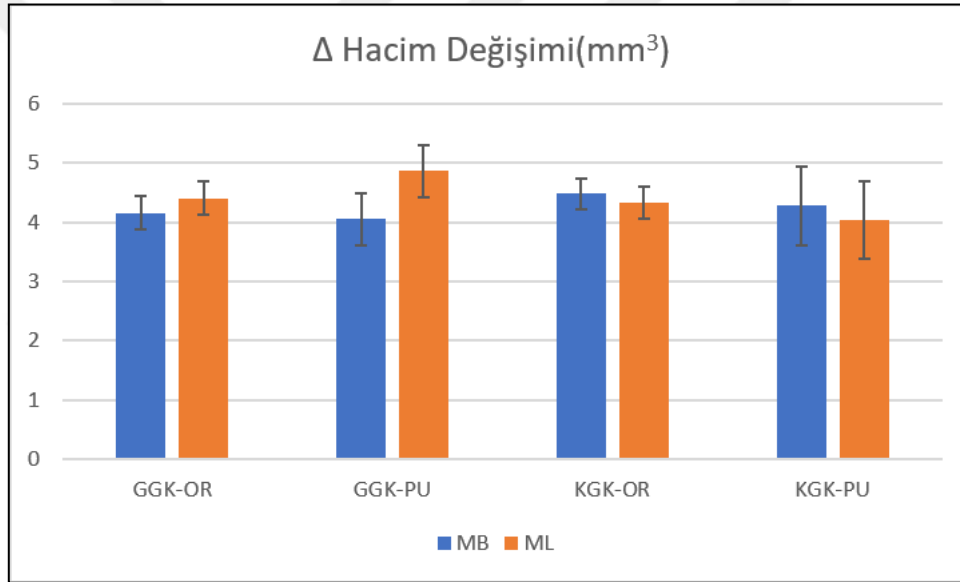
İstatistiksel analizler SPSS yazılımı (ver. 20.0.1; SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) kullanılarak yapıldı. Veri dağılımının normalliği Kolmogorov-Smirnov testi ile, homojenitesini ise levene testi ile elde edildi. Veriler normal bir dağılım gösterdi. Grupların kanal hacmindeki ve yüzey alanındaki değişiklikler, danger zone, transportasyon, enstrümante edilmeyen alan değerlerinin ortalamalarının istatistiksel olarak karşılaştırılması için iki yönlü ANOVA kullanıldı. Tukey ve Bonferroni testleri ile post-hoc analizler yapıldı. Tüm analizlerde, istatistiksel anlamlılığı belirtmek için $P \leq 0,05$ alınmıştır.



3. BULGULAR

3.1 Hacim ve Yüzey Alanındaki Değişiklere Ait Bulgular

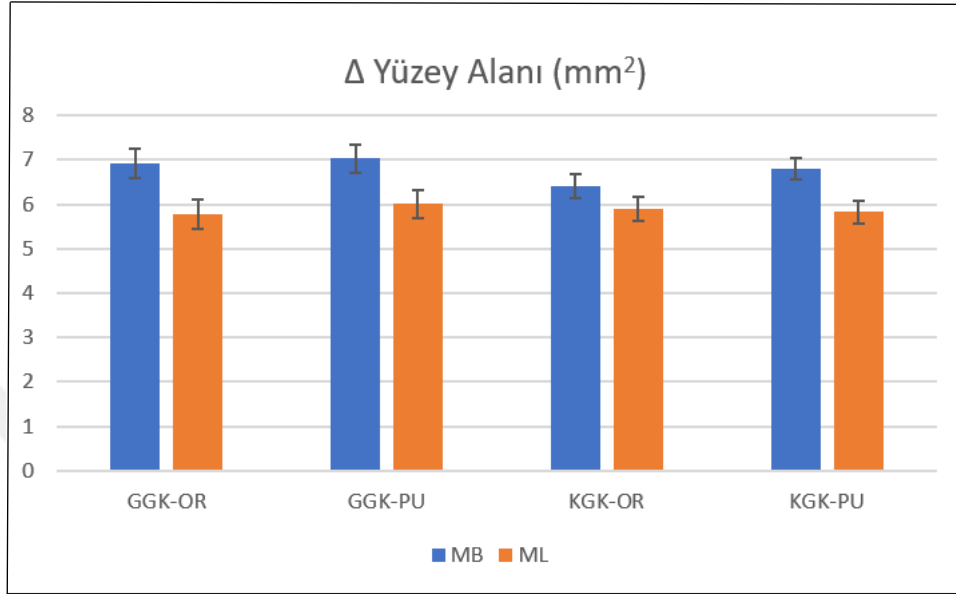
Gruplar arasında mesio-bukkal ve mesio-lingual kanallarda kök kanal preparasyonu sonrası hacim değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$). OR veya PU kullanımının ise hacim değişikliği üzerine herhangi bir etkisi bulunmamıştır ($p>0,05$). Çizelge 3.1 ‘de mesio-bukkal ve mesio-lingual kanallara ait kök kanal preparasyonu sonrası hacim değişikliklerine ait değerler mevcuttur. Şekil 3.1’de bu değerler grafik olarak sunulmuştur.



Şekil 3.1. Gruplar arasında MB ve ML kanallarda hacim değişimi grafiği

Gruplar arasında mesio-bukkal ve mesio-lingual kanallarda kök kanal preparasyonu sonrası yüzey alanındaki değişimlere bakıldığında herhangi bir istatistiksel fark bulunmamıştır ($p>0,05$). OR veya PU kullanımının ise yüzey alanındaki değişim üzerine herhangi bir etkisi yoktur ($p>0,05$).

Çizelge 3.1 ‘de mesio-bukkal ve mesio-lingual kanallara ait kök kanal preparasyonu sonrası yüzey alanı değişimine ait değerler mevcuttur. Şekil 3.2’de ise bu değerler grafik olarak sunulmuştur.

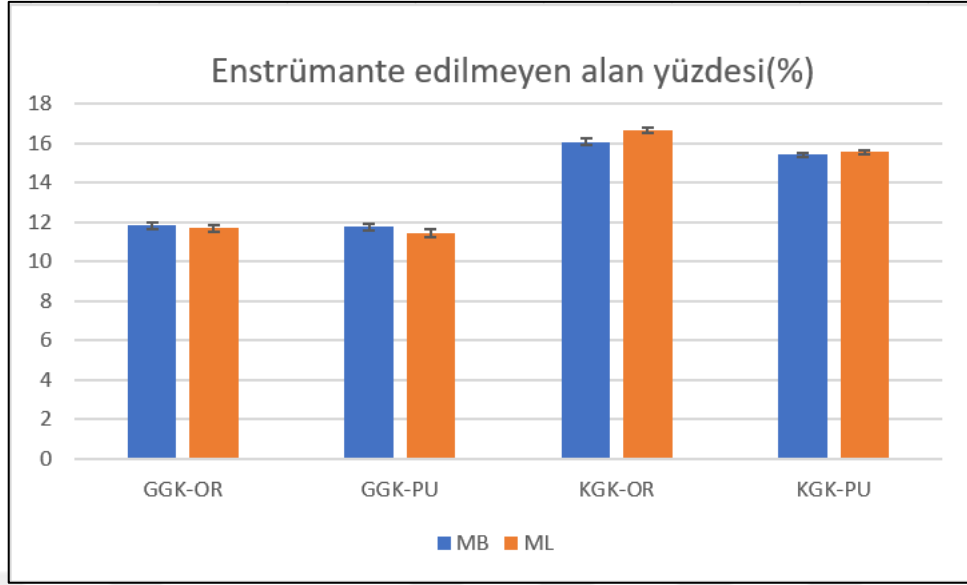


Şekil 3.2. Gruplar arasında MB ve ML kanallarda yüzey alanı değişimi grafiği

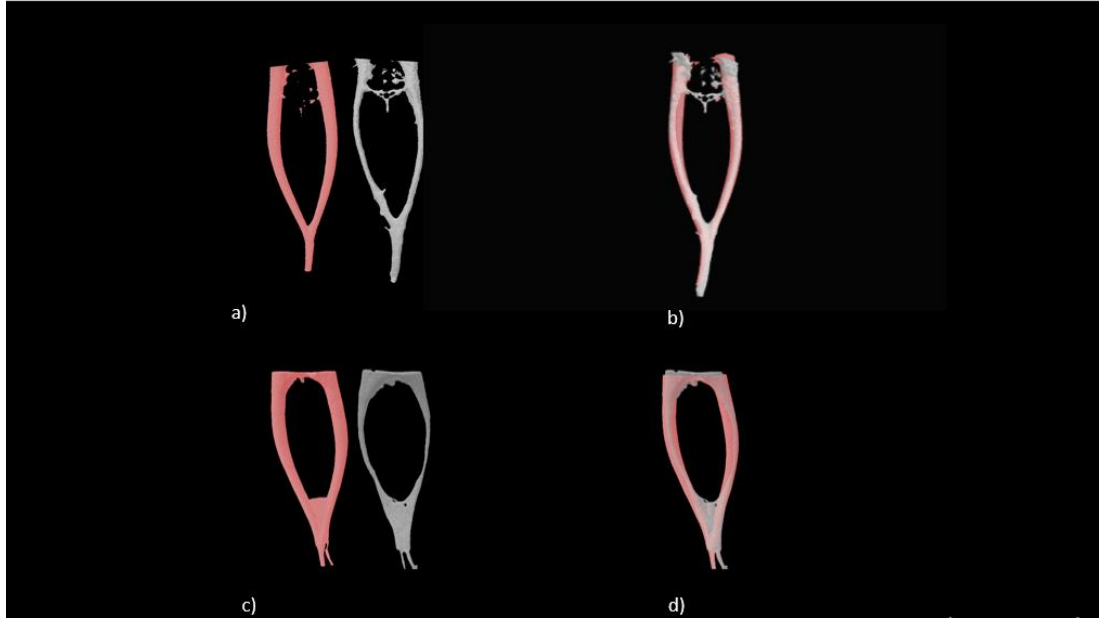
3.2 Enstrümente Edilmeyen Alanların Yüzdesine Ait Bulgular

Gruplar arasında mesio-bukkal ve mesio-lingual kanallarda kök kanal preparasyonu sonrası enstrümente edilmeyen alanların yüzdesinin karşılaştırılmasında geleneksel giriş kavitesi gruplarına kıyasla konservatif giriş kavitesi açılmış örneklerde enstrümente edilmeyen alan yüzdesi istatistiksel olarak daha yüksekti ($p<0,05$). OR veya PU kullanımı enstrümente edilmeyen alan yüzdesini etkilememiştir ($p>0,05$).

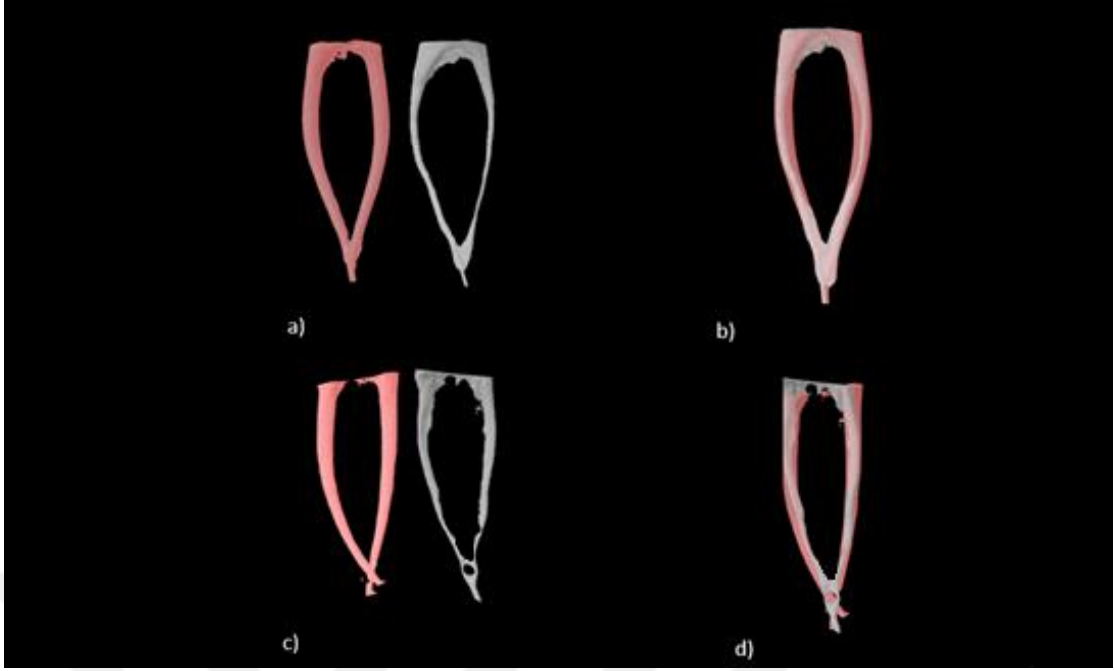
Çizelge 3.1 ‘de mesio-bukkal ve mesio-lingual kanallara ait kök kanal preparasyonu sonrası enstrümente edilmeyen alanların yüzdelik değerleri mevcuttur. Şekil 3.3 ‘de ise bu değerler grafik olarak sunulmuştur. Şekil 3.4. ve 3.5.’de çalışmadaki tüm gruplara yapılan mikro-BT taramaları ile elde edilen kök kanal preparasyonu öncesi ve sonrası görüntüleri ve ek olarak bu görüntülerin karşılaştırılması ile elde edilen görseller sunulmuştur.



Şekil 3.3. Gruplar arasında MB ve ML kanallarda enstrümante edilmeyen alan yüzdesi grafiği



Şekil 3.4. a) GGK-OR 'de kanal preparasyonu öncesi (gri) ve sonrasının (pembe) mikro-BT görüntüsü b) GGK-OR 'de kanal preparasyonu öncesi (gri) ve sonrasının (pembe) çakıştırılmış mikro-BT görüntüsü c) GGK-PU 'da kanal preparasyonu öncesi (gri) ve sonrasının (pembe) mikro-BT görüntüsü d) GGK-PU 'de kanal preparasyonu öncesi (gri) ve sonrasının (pembe) çakıştırılmış mikro-BT görüntüsü

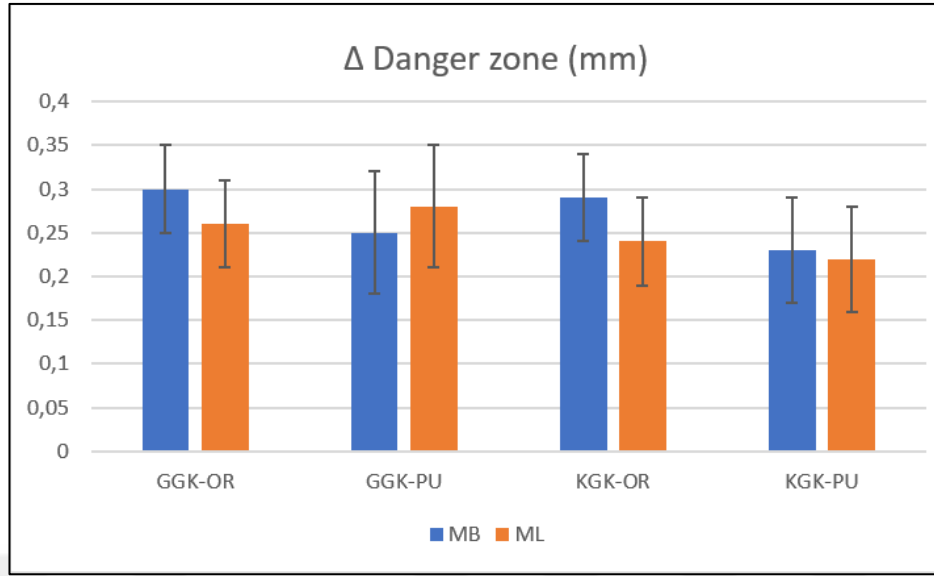


Şekil 3.5. a) K GK-OR 'de kanal preparasyonu öncesi (gri) ve sonrasının (pembe) mikro-BT görüntüsü b) K GK-OR 'de kanal preparasyonu öncesi (gri) ve sonrasının (pembe) çakıştırılmış mikro-BT görüntüsü c) K GK-PU 'da kanal preparasyonu öncesi (gri) ve sonrasının (pembe) mikro-BT görüntüsü d) K GK-PU 'de kanal preparasyonu öncesi (gri) ve sonrasının (pembe) çakıştırılmış mikro-BT görüntüsü

3.3 Danger Zone'a Yaklaşma Miktarı Değerlerine Ait Bulgular

Gruplar arasında mesio-bukkal ve mesio-lingual kanallarda kök kanal preparasyonu sonrası danger zone'a yaklaşma miktarı açısından herhangi bir istatistiksel fark bulunmamıştır ($p>0,05$). OR veya PU kullanımının danger zone'a yaklaşma miktarına bir etkisi bulunmamıştır ($p>0,05$).

Çizelge 3.1 'de mesio-bukkal ve mesio-lingual kanallara ait kök kanal preparasyonu sonrası danger zone'a yaklaşma miktarına ait sayısal değerler bulunmaktadır. Şekil 3.6 'de ise bu değerler grafik olarak sunulmuştur.



Şekil 3.6. Gruplar arasında MB ve ML kanallarda danger zone'a yaklaşma miktarı grafiği

Çizelge 3.1. Grupların hacim değişimi, yüzey alanı, enstrümente edilmeyen alan ve danger zone'a yaklaşma miktarına ait ortalama±standart deviasyon değerleri

parametre↓	grup→	GGK-OR (N=15)	GGK-PU (N=15)	KGK-OR (N=15)	KGK-PU (N=15)
Δ Hacim Değişimi(mm³)		MB 4.16±0.28 ML 4.41±0.52	MB 4.06±0.44 ML 4.87±0.48	MB 4.48±0.27 ML 4.33±0.33	MB 4.28±0.66 ML 4.04±0.42
Δ Yüzey Alanı (mm²)		MB 6.93±0.31 ML 5.79±0.33	MB 7.03±0.25 ML 6.01±0.31	MB 6.40±0.4 ML 5.89±0.27	MB 6.80±0.41 ML 5.83±0.25
Enstrümente edilmeyen alan (%)		MB 11.82±0.25 ML 11.69±0.15	MB 11.76±0.17 ML 11.44±0.18	MB 16.08±0.46* ML 16.76±0.14*	MB 15.41±0.31* ML 15.55±0.08*
Δ Danger zone(mm)		MB 0.30±0.05 ML 0.26±0.04	MB 0.25±0.07 ML 0.28±0.05	MB 0.29±0.05 ML 0.24±0.08	MB 0.23±0.06 ML 0.22±0.04

* işareti istatistiksel olarak anlamlı farkı göstermektedir (P<0,05).

3.4 Transportasyon Değerlerine Ait Bulgular

MB ve ML kanallarda kullanılan eğe tipinden bağımsız olarak apikal bölgeden 2 mm, 5 mm ve 8 mm uzaklıkta KGK gruplarında GGK gruplarından daha fazla kanal transportasyonu gözlenmiştir ($p<0,05$). OR veya PU kullanımı kanal transportasyonunu etkilememiştir ($p>0,05$). Çizelge 3.2 'de mesio-bukkal kanala ait kök kanal preparasyonu sonrası apikalden 2 mm, 5 mm ve 8 mm uzaklıkta ortalama transportasyon değerleri verilmiştir. Çizelge 3.3'de mesio-lingual kanala ait kök kanal preparasyonu sonrası apikalden 2 mm, 5 mm ve 8 mm uzaklıkta ortalama transportasyon değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.2. Mesio-bukkal kanalda grupların ortalama 'Transportasyon' değerleri apikalden 2mm, 5mm ve 8mm uzaklıkta mili-metre biriminde gösterilmiştir.

	N	2mm	5mm	8mm
GGK-OR	15	0,100±0,001	0,134±0,002	0,156±0,004
GGK-PU	15	0,099±0,002	0,132±0,002	0,154±0,004
KGK-OR	15	0,121±0,001*	0,144±0,003*	0,172±0,004*
KGK-PU	15	0,123±0,001*	0,146±0,003*	0,175±0,001*

* işareti istatistiksel olarak anlamlı farkı göstermektedir ($P<0,05$).

Çizelge 3.3. Mesio-lingual kanalda grupların ortalama 'Transportasyon' değerleri apikalden 2, 5 ve 8mm uzaklıkta mili-metre biriminde gösterilmiştir.

	N	2mm	5mm	8mm
GGK-OR	15	0,101±0,002	0,128±0,002	0,162±0,004
GGK-PU	15	0,103±0,001	0,131±0,002	0,167±0,004
KGK-OR	15	0,125±0,001*	0,142±0,004*	0,182±0,003*
KGK-PU	15	0,122±0,001*	0,143±0,002*	0,184±0,004*

* işareti istatistiksel olarak anlamlı farkı göstermektedir ($P<0,05$).

4. TARTIŞMA

Kök kanal tedavisinin amacı pulpa ve periapikal hastalıkların önlenmesi ve tedavisinin yanısıra fonksiyonunu kaybetmiş dişlerin fonksiyonunu geri kazandırmak ve uzun dönemde ağız boşluğunda tutulmalarını sağlamaktır. Minimal invaziv endodonti kavramı, endodontik tedavi görmüş dişlerin sağkalımı için dentin dokusunun korunmasının önemini vurgular (Gutmann, 2013). Endodontik prosedürlerde; konservatif giriş kavitesi, minimal enstrümantasyon ve şekillendirme, irrigasyon solüsyonunun farklı yöntemlerle aktivasyonu ve basınçsız kanal dolum yöntemlerinin tümü minimal invaziv tedavi amaçlarına yöneliktir (Smoljan ve ark., 2021; Zhong ve ark., 2019). Literatürdeki birçok çalışma konservatif endodontik kaviteler kullanılarak sağlam diş yapısının, özellikle periservikal dentinin, korunabileceğini ve bunun önemini vurgulanmıştır (Clark ve Khademi, 2010; Eaton ve ark., 2015; Gluskin ve ark., 2014). Periservikal dentin, mine-sement sınırının 4 mm koronalinde ve 4 mm apikalinde bulunan dentin halkasıdır. Periservikal dentinin, özellikle molar dişlerde korunması dişlerin uzun süreli optimum işlev göstermeleri için kritik rol oynamaktadır (Gluskin ve ark., 2014).

Endodontik tedavi görmüş dişlerde geriye kalan sağlam diş yapısı miktarının ağız boşluğunda fonksiyonel olarak uzun süreli kalmasına katkıda bulunduğu düşünüldüğünde, giriş kavitesi hazırlığı sırasında dentin hacminin ve kalınlığının geometrik değişimleri hakkında bilgiler klinisyenler için yararlıdır.

Literatürde minimal invaziv yaklaşımla açılmış giriş kaviteleri konulu bazı çalışmalar mevcuttur (Barbosa ve ark., 2020; Lima ve ark., 2021; Marchesan ve ark., 2018; Plotino ve ark., 2019; Rover ve ark., 2017). Bu çalışmalarda farklı dişlerde farklı giriş kavitesi yaklaşımları tavsiye edilmiştir. Çalışmamızda mandibular molar dişler kullanılmıştır. Bunun sebebi mandibular molar dişlerin sıklıkla endodontik tedavi gerektirmesi ve birçok çalışmada bu dişlerle ilgili farklı giriş kavitesi yaklaşımlarının önerilmesidir.

Şekillendirme etkinliğini arttıran ve çalışma süresini kısaltan Ni-Ti döner alet sistemleri, endodontik tedavileri yeni bir düzeye yükselterek devrim niteliğinde bir değişim yaratmıştır. Bu sistemlerin endodontik prensiplere uyularak kullanılması avantaj yaratırken uygun olmayan şekilde kullanımları yapılan tedavide iyatrojenik hatalara sebep olarak tedaviyi ve dişlerin ağız boşluğunda sağlıklı bir şekilde fonksiyon görmesini riske atar. Kök kanalında strip perforasyon oluşumu, aletlerin kırılması, dişlerde çatlaklar oluşması gibi komplikasyonlar eğe sistemleri ile yapılan genişletme sonucunda klinisyenlerin karşısına çıkabilir. Bahsi geçen komplikasyonları en aza indirmek için Ni-Ti döner alet sistemlerinin çalışma prensiblerine uygun olarak kullanılması gerekmektedir. Buna ek olarak yeni nesil Ni-Ti döner alet sistemlerinin geliştirilmesi ve piyasaya sürülmesi ile birlikte bu sorunların üstesinden gelinmeye çalışılmaktadır. Çalışmamızda iki farklı Ni-Ti döner sistemi kullanılmıştır. Çalışmalarda kök kanal preparasyonu sonrası morfo-geometrik değişiklikleri karşılaştırmak için kullanılan eğelerin apikal preparasyon çapına ve benzer genişleme açısına sahip olması önemlidir (Bergmans ve ark., 2003). Buna paralel olarak çalışmamızda OR ve PU ile yapılan preparasyonlar 25 apikal çap ve benzer genişleme açısına sahip eğeler seçilerek yapılmıştır. OR ve PU minimal invaziv şekillendirme amacıyla üretici firmalar tarafından piyasaya yeni sürülmüş ürünlerdir ve bu sebeple çalışmamızda kullanılmıştır.

Literatür taramasında OR ile ilgili tek bir çalışmaya rastlanmıştır. Kharouf ve ark. (2022), yapmış olduğu bu çalışmada eğimli kanallarda OR ile yapılan kök kanal preparasyonu sonrası apikalden taşan debris miktarına bakılmıştır. Değerlendirdiğimiz PU ile ilgili ise herhangi bir araştırmaya rastlanmamıştır.

Günümüzde resiprokasyon, geleneksel sürekli rotasyon hareketine güvenilir ve uygulanabilir bir alternatif olarak sunulmaktadır. Resiprokasyon hareketi, 1960'lardan beri paslanmaz çelik eğeler için mekanik endodontik prosedürlerde kapsamlı bir şekilde tanımlanmış ve test edilmiştir. Resiprokal hareketin ilk modu, ileri kesme açısının geri bırakma açısıyla aynı olduğu simetrik salınım üzerine kurulmuştur. Daha sonra Yared (2008), geleneksel sürekli rotasyona bir alternatif olarak ProTaper F2 eğesinin resiprokal harekette kullanımına yönelik bir yaklaşım önermiştir. Bu

harekette saat yönünde olan açı, saat yönünün tersine olan açıdan büyüktür ve asimetrik veya kısmi resiprokasyon olarak geçer. Böylece aletin üzerindeki stres oranı genel olarak azalır (Grande ve ark., 2015) ve aletin ömrü sürekli rotasyon hareketine oranda uzar (Pedullà ve ark., 2013). Buna ek olarak önceki çalışmalar, resiprokal hareketle çalışan sistemlerin rotasyon yapan sistemlere göre %0.13-%0.26 oranında daha düşük bir kırılma insidansı olduğunu bildirmiştir (Bueno ve ark., 2017; Cunha ve ark., 2014; Plotino ve ark., 2015). Buna karşın resiprokal hareketin eleştirildiği iki ana başlık mevcuttur. Bunlardan ilki resiprokasyon hareketi yapan enstrümanların, geleneksel tam rotasyon yapan döner sistemlere göre dentin mikro çatlaklarının ve dentin hasarının gelişimini veya yayılmasını teşvik etmeye daha yatkın olmasıyken diğeri ise preparasyon sırasında debris birikimine neden olması ve apikalden debrisin taşma olasılığıdır (Plotino, 2020).

Çalışmamızda geleneksel ve konservatif giriş kavitesi açılmış dişlerde OR ve PU ile yapılan preparasyon sonucu örneklerde hacim değişimi açısından anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$). Bu sonuca göre giriş kavitesi tipinin Barbosa ve ark.(2020), çalışmasında olduğu gibi hacim değişimi üzerine herhangi bir etkisi yoktur. Rover ve ark. (2017) üst molar dişlerde yapmış olduğu benzer bir çalışmada da geleneksel ve konservatif giriş kavitesinin kanal preparasyonu sonrası hacim değişimi üzerinde bir etkisini bulamamışlardır. Bu sonuçlara göre, giriş kavitesinin geleneksel veya konservatif olmasının kök kanal preparasyonunun sonucunda kanalda hacim değişimi üzerine bir etkisi yoktur ve çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlarla uyum içersindedir. Kullanılan iki farklı Ni-Ti döner alet sisteminin preparasyon sonrası hacim değişimi üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmadığı bulunmuştur ($p>0,05$).

Çalışmamızda gruplar arasında yüzey alanındaki değişim bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$). Prepare edilen iki farklı giriş kavitesi tipi açısından bakıldığında bu sonuç Dos Santos Miranda ve ark. (2022), alt santral dişlerde geleneksel ve ultrakonservatif yöntemle açılmış giriş kavitelerinin şekillendirme üzerine etkilerini araştıran çalışmanın sonuçları ile paraleldir. Benzer başka bir çalışmada ise Lima ve ark. (2021) alt molar dişlerde ultrakonservatif ve geleneksel kavitelerde, rotasyon ve resiprokasyon yapan iki farklı eğenin

şekillendirme etkinliğini araştırmıştır. Bizim çalışmamıza benzer şekilde bu çalışmada da farklı kavite tiplerinin ve eğelerin yüzey alanı değişimine herhangi bir etkisi bulunamamıştır.

OR ve PU ile yapılan kök kanal şekillendirmeleri sonucunda, kullanılan Ni-Ti eğe sisteminin giriş kavitesi tipinden bağımsız olarak yüzey alanı değişimi üzerine herhangi bir etkisi bulunamamıştır ($p>0,05$). Preparasyon her iki sistemde de benzer apikal çap ve benzer genişleme açısına sahip olan eğeler seçilerek gerçekleştirilmiştir. Bundan dolayı kök kanallarındaki morfolojik ve geometrik değişiklikler benzerlik göstermiştir.

Çalışmamızda gruplar arasında enstrümente edilmeyen alan bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0,05$). Bu fark kullanılan Ni-Ti döner alet sisteminden bağımsız olarak ortaya çıkmıştır. Grup GGK-OR'de sırasıyla mesio-bukkal kanalda % 11.82 ± 0.25 ve mesio-lingual kanalda % 11.69 ± 0.15 ve grup GGK-PU'da ise sırasıyla mesio-bukkal kanalda % 11.76 ± 0.17 ve mesio-lingual kanalda % 11.44 ± 0.18 enstrümente edilmeyen alan bulunmuştur. KGK-OR grubunda ise mesio-bukkal kanalda % 16.08 ± 0.46 ve mesio-lingual kanalda % 16.76 ± 0.14 ve KGK-PU grubunda mesio-bukkal kanalda 15.41 ± 0.31 , mesio-lingual kanalda ise 15.55 ± 0.08 oranında enstrümente edilmeyen alan bulunmuştur. Elde edilen bu sonuç Lima ve ark. (2021), yaptığı çalışmanın sonuçları ile uyum içersindedir. Benzer başka bir çalışmada Krishan ve ark. (2014), konservatif giriş kavitelerinde geleneksel giriş kavitelerine göre daha çok enstrümente edilmemiş alan kaldığını vurgulamıştır. Bu sonucun elde edilmesinin sebebi KGK gruplarında eğelerin kök kanallarına tam olarak düz bir giriş sağlayamaması ve apekse ulaşana kadar daha fazla kavite ve kanal duvarlarına temas etmesi olabilir. Bahsi geçen çalışmalarda bizim çalışmamıza benzer olarak kullanılan Ni-Ti döner alet sisteminin enstrümente edilmeyen alan üzerine bir etkisi bulunmamıştır.

Mikro-BT analizi ile elde edilen kanal duvarlarının enstrümente edilmeyen alanları, özellikle kökün apikal alanında ve istmuslarda gözlenmiştir. Bununla birlikte bu alanlar pulpa dokusu, bakteri ve dentin kalıntıları içerebilir. Bu veriler, irrigasyon

ve şekillendirme protokollerinin daha etkin hale getirilebilmesi için çalışmaların devam etmesi gerektiğini göstermektedir (Siqueira Jr ve ark., 2018). Minimal invaziv yaklaşımla yapılan bir tedavide enstrümente edilmeyen alan miktarı, kullanılan Ni-Ti döner alet sisteminin taper'ını artırarak değil, tamamlayıcı temizleme yöntemleri kullanılarak, kök kanal dezenfeksiyonu sağlanmalıdır (Arvaniti ve Khabbaz, 2011). Böylece kök kanalının orta ve koronal bölümlerinden gereksiz dentin kaldırılmaz ve tedavi edilen dişlerin kök fraktürlerine karşı direnci artar (Krikeli ve ark., 2018).

Kök kanal preparasyonu, endodontik tedavinin en önemli adımlardan biridir. Kök kanallarına direkt ve düz bir girişin sağlanamadığı durumlarda, KGK'leri enstrümantasyon etkinliğini azaltabilir. Sınırlı operasyon alanı ve bu alanın görselleştirilmesinin zorluğu nedeniyle endodontik prosedürler sırasında transportasyon ve perforasyon gibi iyatrojenik komplikasyonların prevalansını arttırabilir (Alovisi ve ark., 2018). Strip perforasyonlar genellikle zaten ince olan dentin duvarındaki aşırı preparasyondan kaynaklanır. Bu tür bir hasar maksiller molarların mesio-bukkal kökünün distal duvarı ve furkasyon seviyesinin altındaki kök kanal duvarının nispeten ince olduğu mandibular molarların mesial kökünün distal duvarı ile ilişkilidir. Bergmans ve ark. (2003), periservikal dentinin büyük kısmının aleti furkasyona doğru zorlayabileceğini ve kök kanalının iç yüzeyinden daha fazla dentini kaldırabileceğini bildirmiştir.

Normal koşullarda zaten ince olan bir dentin duvarında aşırı enstrümantasyonun neden olduğu mekanik hasarın kritik noktalarından biri, kök kanal tedavisinin başarısızlığına neden olabilmesidir (Estrela ve ark., 2018). Abou-Rass ve ark (1980), yapmış olduğu çalışmada bu tür bir hasarın, kökün orta üçlüsünde perforasyonlara sebep olabileceğini belirtmiştir. Bu bölge mandibular molar dişlerin mesial köklerinin distal alanında yer alan 'Danger Zone' olarak bilinmektedir. Öte yandan, Safety Zone daha kalın bir dentin tabakasına sahip mesial kökün mesial alanı olarak tanımlanmıştır. Safety zone genellikle endodontik aletlerle minimal olarak enstrümente edilir. Çalışmamızda gruplar arasında danger zone bölgesine yaklaşma açısından anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$). Bu sonuç Peng ve ark. (2022), yaptığı çalışmanın danger zone ile ilgili elde ettiği sonuçları ile uyumludur. Başka bir deyişle, bu sonuçlar

alt molar dişlerin mesial kök kanallarının preparasyonu sırasında her iki sistemin de güvenilirliğini göstermektedir çünkü hiçbir sistem furkasyon bölgesindeki dentini aşırı derecede kaldırmamıştır.

Kanal transportasyonu kök kanal preparasyonundan sonra, preparasyondan önceki ile karşılaştırıldığında, kök kanalının doğal ekseninden (milimetre cinsinden) sapmasına karşılık gelir (Gambill ve ark., 1996). Wu ve ark. (2000), yaptığı çalışmada >0.3 mm'lik kanal transportasyonunun kök kanal dolgusu üzerinde olumsuz etkilere neden olduğu gösterilmiştir. Buna paralel olarak çalışmamızda grupların tamamı için tüm kesitlerde elde ettiğimiz kanal transportasyon değerleri <0.3 olarak elde edilmiştir. Çalışmamızda kanal transportasyon değerleri apikal foramenden 2, 5 ve 8 mm uzaklıktaki mesafelerde tüm gruplar için ölçüldü. Bu ölçümler sonucunda gruplar arasında kanal transportasyonu yönünden istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p < 0,05$). Bu sonuçlara göre kullanılan Ni-Ti döner alet sisteminden bağımsız olarak KGK-OR ve KGK-PU gruplarında GGK-OR ve GGK-PU gruplarına göre kanal transportasyon değerinin ölçüldüğü tüm seviyelerde daha fazla transportasyon gözlenmiştir. Elde edilen bu sonuç Rover ve ark. (2017), üst molar dişlerde geleneksel ve konservatif giriş kavitelerinin şekillendirme etkinliği ve transportasyon üzerine etkisini karşılaştırdığı çalışmanın sonuçları ile benzerdir. Benzer başka bir çalışmada ise Lima ve ark.(2021) alt molar dişlerde ultrakonservatif yaklaşımla açılmış giriş kavitelerinin geleneksel kavitelere göre daha fazla transportasyon yaptığını bildirmiştir. Bu sonuçların elde edilmesinin sebebi konservatif ve ultrakonservatif yaklaşımlarla açılmış giriş kavitelerinde koronal bölgede eğelerin takılabileceği alanların varlığından kaynaklanmaktadır, bu da aletlerin kanallara düz bir giriş sağlayamamasına ve düzensiz bir kuvvet dağılımına neden olur (Alovisi ve ark., 2018; Eaton ve ark., 2015). Buna karşın Peng ve ark. (2022), alt ve üst molar dişlerde geleneksel ve konservatif giriş kavitelerinin şekillendirme etkinliği ve dentin dokusunun korunması üzerine yaptığı çalışmada, kullanılan iki farklı giriş kavitesinde WaveOne Gold ile kök kanal preparasyonu sonrası transportasyon açısından anlamlı bir fark bulamamıştır.

Minimal invaziv endodonti kavramı sağlam dentinin daha fazla korunmasının yanı sıra kanal tedavisi uygulanan dişlerin oklüzal kuvvetlere maruz kaldığında zarar görmemesini sağlamak için ortaya çıkmıştır. Minimal invaziv kavitelerle ilgili yapılan çalışmalar genelde iki ana başlıktan oluşur. Bunlardan ilki bizim çalışmamızda olduğu gibi minimal invaziv kavitelerin şekillendirme etkinliğine etkisidir. Diğeri ise bu kavitelerin dişinlerin kırılma direncine etkisini değerlendirmektedir. Giriş kavitesi açılması ve kök kanal preparasyonu sırasında sağlam diş dokularının aşırı derecede kaldırılması sonucu vertikal kök kırıkları karşımıza çıkabilir (Wang ve ark., 2021). Modern operatif yaklaşımları koruyucu bir felsefeye kaydırmak çok önemlidir, ancak optimal şekillendirmeyi sağlamak için yeterli endodontik kavitenin oluşturulması da zorunludur (Gutmann, 2013). KGK'leri diş sert dokusunu daha fazla korur; ancak böyle bir giriş kavitesi yaklaşımıyla kök kanallarını bulmak, temizlemek ve şekillendirmek zor olabilir. Pulpa odasının dezenfeksiyonunu tehlikeye atması, gözden kaçan kanal riskini artırması, dokunulmamış kanal duvarlarını artırması, kullanılan eğeler üzerinde daha fazla stress oluşturması, irrigasyon solüsyonunun penetrasyonunun belirsiz olması ve “vapor lock” etkisi oluşturabilmesi, kanal dolgusu ve restorasyonun yapılmasının zor olması ve tedavi süresini uzatması gibi komplikasyonlar KGK 'lerinin tercih edilmesiyle birlikte karşımıza çıkabilir (Alovisi ve ark., 2018; Bóveda ve Kishen, 2015; Krishan ve ark., 2014; Marchesan ve ark., 2018; Neelakantan ve ark., 2018; Rover ve ark., 2017). Buna karşın sağlam dentinin koruması, oklüzal ve servikal bölgelerdeki stres konsantrasyonunu etkili bir şekilde azaltarak endodontik tedavi edilen dişlerin kırılmaya karşı direncini artırmaya yardımcı olabilir (Peng ve ark., 2022).

Uyumsuz restorasyonlar ve kompozit/amalgam dolgular üzerinde KGK uygulanması doğru değildir, çünkü minimal invaziv endodontinin değeri, değiştirilebilecek veya değiştirilmesi planlanan mevcut restorasyonlar değil, sağlam dentini korumaktır. Endodontik tedavi yapılacak dişlere KGK uygulamanın daha uygun bir yolu, Clark ve Khademi (2010), tarafından önerilen dolgu ve çürük yönlendirmeli giriş kavitesi olabilir. Bazı çalışmalar ayrıca, kanal tedavisi gerektiren dişlerin çoğunun yapısal olarak zayıf olduğundan protetik olarak restore edilmeleri gerektiğinden, KGK mantığına karşı çıkmıştır (Aquilino ve Caplan, 2002; Salehrabi

ve Rotstein, 2004). Bununla birlikte, giriş kavitesinin boyutu ve servikal bölgedeki sağlam dentinin korunması, protetik olarak tedavi edilecek dişlerin uzun dönem başarısı için önemli bir klinik parametredir. Aynı şekilde, pulpa boynuzlarının kısmen korunmasının ana nedeni, pulpa odasının iç duvarındaki dentinin gereksiz yere kaldırılmasının veya kaybının önlenmesi ile dişin kırıklara ve çatlaklara karşı direncini arttırmaktır (Kishen ve ark., 2004).

Bu *in vitro* çalışmanın sınırları dahilinde, GGK'leri ve KGK'lerinin iki farklı Ni-Ti döner alet sistemi kullanak şekillendirme etkinlikleri mikro-BT kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu konuda daha yüksek örneklem büyüklükleri, irrigasyon aktivasyon yöntemleri ile birlikte, daha az genişleme açısına sahip farklı şekillendirme aletleri kullanılarak ve uzun vadeli klinik çalışmalar ile gelecekteki deneyler teşvik edilmelidir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmamızda geleneksel yöntemle ve konservatif yaklaşımla açılmış endodontik giriş kavitelerinde One Recı ve Protaper Ultimate Ni-Ti döner alet sistemlerinin şekillendirme etkinlikleri mikro-BT kullanılarak değerlendirilmiştir.

Sonuçlarımıza göre geleneksel ve konservatif giriş kavitesi yaklaşımları arasında kök kanal hacim değişimi, yüzey alanı değişimi ve danger zone bölgesine yaklaşma miktarı açısından anlamlı fark bulunamamıştır. Ancak, OR ve PU kullanımından bağımsız olarak konservatif giriş kavitesi grupları daha fazla enstrümente edilmeyen alan ve tüm kesitlerde daha fazla transportasyon değerleri göstermiştir. Konservatif giriş kavitesi kullanıldığında enstrümente edilmeyen alanlarda kalan pulpa dokusu, bakteri ve dentin kalıntılarını en aza indirmek için irrigasyon aktivasyon yöntemleri kullanılabilir.

Minimal invaziv yaklaşımla yapılan tedaviler son yıllarda endodontide yeni bir bakış açısı olarak ortaya çıkmıştır. Genel olarak bu tip tedaviler dişlerin sağlam doku kaybını azaltmaya yöneliktir. Minimal invaziv yaklaşımların her vakada uygulanması mümkün olamamaktadır, ancak uygun vaka seçimi ile birlikte minimal invaziv tedavi dişlerin sert dokularını korurken iyi bir prognoz sağlayabilir.

Konservatif giriş kavitesi uygulanması, 3 boyutlu görüntüleme teknolojisinin kullanımı, operasyon mikroskobu, iyi bir ışık kaynağı ve aydınlatma, ultrasonik uçlar, irrigasyon aktivasyon yöntemleri ve yeni nesil Ni-Ti döner alet sistemlerinin kullanımı ile birlikte yapıldığında kök kanal tedavisi ile ilgili klinik prosedürler üzerine olumsuz etkisinin en aza indirildiği bulunmuştur.

ÖZET

Minimal İnvaziv ve Geleneksel Endodontik Giriş Kavitesi Açılmış Dişlerde Farklı Eğelerin Şekillendirme Etkisinin Değerlendirmesi

Endodontik tedavinin hedefi doğru teşhis konulmuş dişin kök kanal sisteminin yeteri kadar şekillendirilmesi,dezenfeksiyonu ve üç boyutlu bir şekilde doldurulmasıdır. Bu amaca ulaşmak için giriş kavitesi ve kök kanal preparasyonu en önemli basamaklarından. Bu çalışmanın amacı çekilmiş insan dişlerinde geleneksel yöntemle ve konservatif yaklaşımla açılmış endodontik giriş kavitelerinde Protaper Ultimate ve One Recı Ni-Ti döner alet sistemlerinin mikro-BT kullanılarak şekillendirme etkinliklerinin karşılaştırmasıdır. Çalışmamızda 60 adet periodontal hastalık sebebiyle çekilmiş mandibular molar diş kullanılmıştır. Örnekler 4 farklı gruba ayrıldı. Grup 1: Geleneksel Giriş Kavitesi - One Recı (GGK-OR) Grup 2: Geleneksel Giriş Kavitesi - Protaper Ultimate (GGK-PU) Grup 3: Konservatif Giriş Kavitesi - One Recı ile preparasyonu (KGK-OR) Grup 4: Konservatif Giriş Kavitesi - Protaper Ultimate ile preparasyonu (KGK-PU). Preparasyon işlemlerinden önce ve sonra tüm örnekler mikro-BT ile tarandı. Bu tarama sonrası elde edilen ham görüntüler NRecon yazılımına (ver. 1.6.10.4, SkyScan, Kontich, Belgium) aktarıldı. Her bir örnekten 2 boyutlu 1800 kesit elde edildi. Grupların kanal hacmi, yüzey alanı değişimleri, danger zone, transportasyon, enstrümante edilmeyen alan değerlerinin ortalamalarının istatistiksel olarak karşılaştırılması için iki yönlü ANOVA analizi kullanıldı. Gruplar arasında mesio-bukkal ve mesio-lingual kanallarda kök kanal preparasyonu sonrası hacim ve yüzey alanı değişimi parametreleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). OR veya PU kullanımının ise hacim ve yüzey alanı değişimi üzerine herhangi bir etkisi bulunmamıştır ($p>0,05$). Gruplar arasında mesio-bukkal ve mesio-lingual kanallarda kök kanal preparasyonu sonrası enstrümante edilmeyen alanların yüzdesinin karşılaştırılmasında geleneksel giriş kavitesi gruplarına kıyasla konservatif giriş kavitesi açılmış örneklerde enstrümante edilmeyen alan yüzdesi istatistiksel olarak daha yüksekti ($p<0,05$). OR veya PU kullanımı enstrümante edilmeyen alan yüzdesini etkilememiştir ($p>0,05$). Gruplar arasında mesio-bukkal ve mesio-lingual kanallarda kök kanal preparasyonu sonrası danger zone'a yaklaşma miktarı açısından herhangi bir istatistiksel fark bulunmamıştır ($p>0,05$). OR veya PU kullanımının danger zone bölgesine yaklaşma miktarına bir etkisi bulunmamıştır ($p>0,05$). Mesio-bukkal ve mesio-lingual kanallarda kullanılan eğe tipinden bağımsız olarak apikal bölgeden 2 mm, 5 mm ve 8 mm uzaklıkta KGK gruplarında GGK gruplarından daha fazla kanal transportasyonu gözlenmiştir ($p<0,05$). OR veya PU kullanımının kanal transportasyonunu etkilememiştir ($p>0,05$). Sonuçlarımıza göre geleneksel ve konservatif giriş kavitesi yaklaşımları arasında kök kanal hacim değişimi, yüzey alanı değişimi ve danger zone bölgesine yaklaşma miktarı açısından anlamlı fark bulunmamıştır. Ancak, OR ve PU kullanımından bağımsız olarak konservatif giriş kavitesi grupları daha fazla enstrümante edilmeyen alan ve tüm kesitlerde daha fazla transportasyon değerleri göstermiştir.

Anahtar Sözcükler: Geleneksel Giriş Kavitesi, Konservatif Giriş Kavitesi, Mikro-BT, One Recı, Protaper Ultimate

SUMMARY

Effect of Traditional and Conservative Access Cavity Design on Instrumentation Efficiency of Two Different Ni-Ti File Systems Using Micro-CT

The main goal of endodontic treatment is to adequately shape, disinfect and obturate the root canal system. Access cavity and root canal preparation are the most important steps to achieve this goal. The aim of this study is to compare the shaping efficiency of Protaper Ultimate and One Reciprocal Ni-Ti rotary instrument systems using micro-CT in conventional and conservative endodontic access cavities using extracted human teeth. In our study, 60 mandibular molar teeth extracted due to periodontal disease were used. The samples were divided into 4 different groups. Group 1: Traditional Access Cavity - One Reciprocal (TAC-OR) Group 2: Traditional Access Cavity - Protaper Ultimate (TAC-PU) Group 3: Conservative Access Cavity - One Reciprocal (CAC-OR)) Group 4: Conservative Access Cavity - Protaper Ultimate (CAC-PU). All samples were scanned with micro-CT before and after the preparation procedures. The images obtained after this scan were transferred to the NRecon software (ver. 1.6.10.4, SkyScan, Kontich, Belgium). Two-dimensional 1800 slices were obtained from each sample. Two-way analysis of ANOVA was used to statistically compare the means of the canal volume, surface area changes, danger zone, transportation, non-instrumented area values of the groups. There was no statistically significant difference between the groups in terms of volume and surface area change parameters after root canal preparation in the mesio-buccal and mesio-lingual canals ($p>0.05$). The use of OR or PU did not have any effect on the volume and surface area change ($p>0.05$). When comparing the percentage of non-instrumented areas after root canal preparation in the mesio-buccal and mesio-lingual canals between the groups, the percentage of non-instrumented areas was statistically higher in specimens with conservative access cavity compared to conventional access cavity groups ($p<0.05$). The use of OR or PU did not affect the percentage of non-instrumented area ($p>0.05$). There was no statistical difference between the groups in terms of proximity to the danger zone area after root canal preparation in the mesio-buccal and mesio-lingual canals ($p>0.05$). The use of OR or PU had no effect on the proximity to the danger zone ($p>0.05$). Regardless of the file type used in the mesio-buccal and mesio-lingual canals, more canal transportation was observed in the CAC groups at a distance of 2 mm, 5 mm and 8 mm from the apical region ($p<0.05$). The use of OR or PU did not affect canal transportation ($p>0.05$). According to our results, no significant difference was found between the conventional and conservative access cavity approaches in terms of root canal volume change, surface area change and the amount of approach to the danger zone. However, regardless of the use of OR and PU, the CAC groups showed more uninstrumented areas and higher transportation values in all sections.

Keywords: Conservative Access Cavity, Micro-CT, One Reciprocal, Protaper Ultimate, Traditional Access Cavity

KAYNAKÇA

- Dentsply sirona protaper ultimate Dentsply Sirona,2021 [Available from: <https://www.dentsplysirona.com/en-us/categories/endodontics/protaper-ultimate.html>.]
- ABOU-RASS M, FRANK AL, GLICK DH (1980). The anticurvature filing method to prepare the curved root canal. *Journal of the American Dental Association* (1939),101: 792-794.
- ADAMS N, TOMSON P (2014). Access cavity preparation. *British dental journal*,216: 333-339.
- ALOVISI M, PASQUALINI D, MUSSO E, BOBBIO E, GIULIANO C, MANCINO D, SCOTTI N, BERUTTI E (2018). Influence of contracted endodontic access on root canal geometry: An in vitro study. *Journal of endodontics*,44: 614-620.
- AQUILINO SA, CAPLAN DJ (2002). Relationship between crown placement and the survival of endodontically treated teeth. *The Journal of prosthetic dentistry*,87: 256-263.
- ARIAS A, PAQUÉ F, SHYN S, MURPHY S, PETERS OA (2018). Effect of canal preparation with trushape and vortex rotary instruments on three-dimensional geometry of oval root canals. *Australian Endodontic Journal*,44: 32-39.
- ARVANITI IS, KHABBAZ MG (2011). Influence of root canal taper on its cleanliness: A scanning electron microscopic study. *Journal of endodontics*,37: 871-874.
- AUSWIN MK, RAMESH S (2017). Truss access new conservative approach on access opening of a lower molar: A case report. *Journal of Advanced Pharmacy Education and Research*,7: 344-347.
- BARBOSA A, SILVA E, COELHO B, FERREIRA C, LIMA C, SASSONE L (2020). The influence of endodontic access cavity design on the efficacy of canal instrumentation, microbial reduction, root canal filling and fracture resistance in mandibular molars. *International Endodontic Journal*,53: 1666-1679.
- BERGMANS L, VAN CLEYNENBREUGEL J, BEULLENS M, WEVERS M, VAN MEERBEEK B, LAMBRECHTS P (2003). Progressive versus constant tapered shaft design using niti rotary instruments. *International Endodontic Journal*,36: 288-295.
- BÓVEDA C, KISHEN A (2015). Contracted endodontic cavities: The foundation for less invasive alternatives in the management of apical periodontitis. *Endodontic Topics*,33: 169-186.

- BUENO CSP, OLIVEIRA DP, PELEGRINE RA, FONTANA CE, ROCHA DGP, BUENO C (2017). Fracture incidence of waveone and reciproc files during root canal preparation of up to 3 posterior teeth: A prospective clinical study. *J Endod*,43: 705-708.
- CALBERSON FL, DE MOOR RJ, DEROOSE CA (2007). The radix entomolaris and paramolaris: Clinical approach in endodontics. *J Endod*,33: 58-63.
- CARNS EJ, SKIDMORE A (1973). Configurations and deviations of root canals of maxillary first premolars. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*,36: 880-886.
- CASTELLUCCI A (2004). Access cavity and endodontic anatomy. *Endodontics*,1: 245-329.
- CHANİOTİS A., PLOTİNO G (2021). Minimally invasive access to the root canal system. In *Minimally Invasive Approaches in Endodontic Practice* (pp. 45-65). Springer, Cham.
- CIMILLI H, MUMCU G, CIMILLI T, KARTAL N, WESSELINK P (2006). The correlation between root canal patterns and interorificial distance in mandibular first molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*,102: e16-21.
- CLARK D, KHADEMI J (2010). Modern molar endodontic access and directed dentin conservation. *Dent Clin North Am*,54: 249-273.
- CLEGHORN BM, CHRISTIE WH, DONG CC (2006). Root and root canal morphology of the human permanent maxillary first molar: A literature review. *J Endod*,32: 813-821.
- CONNERT T, KRUG R, EGGMANN F, EMSERMANN I, ELAYOUTI A, WEIGER R, KÜHL S, KRASTL G (2019). Guided endodontics versus conventional access cavity preparation: A comparative study on substance loss using 3-dimensional-printed teeth. *J Endod*,45: 327-331.
- CORSENTINO G, PEDULLÀ E, CASTELLI L, LIGUORI M, SPICCIARELLI V, MARTIGNONI M, FERRARI M, GRANDINI S (2018). Influence of access cavity preparation and remaining tooth substance on fracture strength of endodontically treated teeth. *J Endod*,44: 1416-1421.
- CUNHA RS, JUNAID A, ENSINAS P, NUDERA W, BUENO CE (2014). Assessment of the separation incidence of reciprocating waveone files: A prospective clinical study. *J Endod*,40: 922-924.
- DE-DEUS G, MOREIRA E, LOPES H, ELIAS C (2010). Extended cyclic fatigue life of f2 protaper instruments used in reciprocating movement. *International endodontic journal*,43: 1063-1068.

- DE PABLO ÓV, ESTEVEZ R, SÁNCHEZ MP, HEILBORN C, COHENCA N (2010). Root anatomy and canal configuration of the permanent mandibular first molar: A systematic review. *Journal of endodontics*,36: 1919-1931.
- DEL FABBRO M, TASCHIERI S, LODI G, BANFI G, WEINSTEIN RL (2015). Magnification devices for endodontic therapy. *Cochrane Database Syst Rev*,2015: Cd005969.
- DEUTSCH AS, MUSIKANT BL (2004). Morphological measurements of anatomic landmarks in human maxillary and mandibular molar pulp chambers. *J Endod*,30: 388-390.
- DIANAT O, GUPTA S, PRICE JB, MOSTOUFI B (2021). Guided endodontic access in a maxillary molar using a dynamic navigation system. *J Endod*,47: 658-662.
- DIETSCHI D, DUC O, KREJCI I, SADAN A (2007). Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: A systematic review of the literature--part 1. Composition and micro- and macrostructure alterations. *Quintessence Int*,38: 733-743.
- DOS SANTOS MIRANDA ARL, DE MOURA JDM, CALEFI PHS, AMOROSO SILVA PA, MARCELIANO-ALVES MFV, LOPES RT, VIVAN RR, RODRIGUES PA (2022). Influence of conservative endodontic access cavities on instrumentation of oval-shaped straight root canals. *Int Endod J*,55: 103-112.
- EATON JA, CLEMENT DJ, LLOYD A, MARCHESAN MA (2015). Micro-computed tomographic evaluation of the influence of root canal system landmarks on access outline forms and canal curvatures in mandibular molars. *J Endod*,41: 1888-1891.
- ESTRELA C, DECURCIO DDA, ROSSI-FEDELE G, SILVA JA, GUEDES OA, BORGES ÁH (2018). Root perforations: A review of diagnosis, prognosis and materials. *Brazilian oral research*,32.
- ESTRELA C, HOLLAND R, ESTRELA CRDA, ALENCAR AHG, SOUSA-NETO MD, PÉCORA JD (2014). Characterization of successful root canal treatment. *Brazilian dental journal*,25: 3-11.
- FAVA L, DUMMER P (1997). Periapical radiographic techniques during endodontic diagnosis and treatment. *International Endodontic Journal*,30: 250-261.
- FELDKAMP LA, GOLDSTEIN SA, PARFITT MA, JESION G, KLEEREKOPER M (1989). The direct examination of three-dimensional bone architecture in vitro by computed tomography. *Journal of bone and mineral research*,4: 3-11.
- GAMBILL JM, ALDER M, CARLOS E (1996). Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *Journal of endodontics*,22: 369-375.

- GLUSKIN AH, PETERS CI, PETERS OA (2014). Minimally invasive endodontics: Challenging prevailing paradigms. *Br Dent J*,216: 347-353.
- GONDIM JR E, SETZER F (2010). The dental operating microscope in endodontics. *Int J Microdent*,2: 20-27.
- GRANDE NM, AHMED HM, COHEN S, BUKIET F, PLOTINO G (2015). Current assessment of reciprocation in endodontic preparation: A comprehensive review-part i: Historic perspectives and current applications. *J Endod*,41: 1778-1783.
- GRANDE NM, PLOTINO G, GAMBARINI G, TESTARELLI L, D'AMBROSIO F, PECCI R, BEDINI R (2012). Present and future in the use of micro-ct scanner 3d analysis for the study of dental and root canal morphology. *Annali dell'Istituto superiore di sanita*,48: 26-34.
- GUTMANN JL (2013). Minimally invasive dentistry (endodontics). *J Conserv Dent*,16: 282-283.
- GUTMANN JL, LOVDAHL PE. Problem solving in endodontics: Prevention, identification and management: Elsevier Health Sciences; 2010.
- HAAPASALO M, SHEN Y (2013). Evolution of nickel–titanium instruments: From past to future. *Endodontic topics*,29: 3-17.
- HASELTON DR, LLOYD PM, JOHNSON WT (2000). A comparison of the effects of two burs on endodontic access in all-ceramic high lucite crowns. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*,89: 486-492.
- HEGDE K, GAIKWAD A, JADHAV S, PATIL R, BHATIA S (2018). Unusual ways usual destination. *International Journal of Current Medical and Pharmaceutical Research févr*,4: 2969-2971.
- HULSMANN M, E. SCHAFER "Problems in gaining access to the root canal system." Problems in endodontics: Etiology, diagnosis and treatment2009.
- JAMES L. GUTMANN BF. Tooth morphology and pulpal access cavities. In: LOUIS H. BERMAN KMH, ed. Cohen's pathways of the pulp 122020.
- KARTAL N, OZÇELIK B, CIMILLI H (1998). Root canal morphology of maxillary premolars. *J Endod*,24: 417-419.
- KELEŞ A, KESKIN C (2017). Detectability of middle mesial root canal orifices by troughing technique in mandibular molars: A micro-computed tomographic study. *J Endod*,43: 1329-1331.
- KHAROUF N, PEDULLÀ E, NEHME W, AKARMA K, MERCEY A, GROS CI, HAIKEL Y, MANCINO D (2022). Apically extruded debris in curved root

- canals using a new reciprocating single-file shaping system. *Journal of Endodontics*,48: 117-122.
- KISHEN A (2006). Mechanisms and risk factors for fracture predilection in endodontically treated teeth. *Endodontic Topics*,13: 57-83.
- KISHEN A, KUMAR GV, CHEN NN (2004). Stress–strain response in human dentine: Rethinking fracture predilection in postcore restored teeth. *Dental Traumatology*,20: 90-100.
- KRASNER P, RANKOW HJ (2004). Anatomy of the pulp-chamber floor. *J Endod*,30: 5-16.
- KRIKELI E, MIKROGEORGIS G, LYROUDIA K (2018). In vitro comparative study of the influence of instrument taper on the fracture resistance of endodontically treated teeth: An integrative approach–based analysis. *Journal of endodontics*,44: 1407-1411.
- KRISHAN R, PAQUÉ F, OSSAREH A, KISHEN A, DAO T, FRIEDMAN S (2014). Impacts of conservative endodontic cavity on root canal instrumentation efficacy and resistance to fracture assessed in incisors, premolars, and molars. *Journal of endodontics*,40: 1160-1166.
- LARA-MENDES STO, BARBOSA CFM, MACHADO VC, SANTA-ROSA CC (2018). A new approach for minimally invasive access to severely calcified anterior teeth using the guided endodontics technique. *J Endod*,44: 1578-1582.
- LEE D-H, PARK B, SAXENA A, SERENE TP (1996). Enhanced surface hardness by boron implantation in nitinol alloy. *Journal of endodontics*,22: 543-546.
- LENHERR P, ALLGAYER N, WEIGER R, FILIPPI A, ATTIN T, KRASTL G (2012). Tooth discoloration induced by endodontic materials: A laboratory study. *Int Endod J*,45: 942-949.
- LIMA CO, BARBOSA AFA, FERREIRA CM, FERRETTI MA, AGUIAR FHB, LOPES RT, FIDEL SR, SILVA E (2021). 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*,54: 1383-1393.
- LLAQUET PUJOL M, VIDAL C, MERCADÉ M, MUÑOZ M, ORTOLANI-SELTENERICH S (2021). Guided endodontics for managing severely calcified canals. *J Endod*,47: 315-321.
- LOPES HP, GAMBARRA-SOARES T, ELIAS CN, SIQUEIRA JR JF, INOJOSA IF, LOPES WS, VIEIRA VT (2013). Comparison of the mechanical properties of rotary instruments made of conventional nickel-titanium wire, m-wire, or nickel-titanium alloy in r-phase. *Journal of endodontics*,39: 516-520.

- LOW JF, DOM TNM, BAHARIN SA (2018). Magnification in endodontics: A review of its application and acceptance among dental practitioners. *European journal of dentistry*,12: 610-616.
- MANNAN G, SMALLWOOD ER, GULABIVALA K (2001). Effect of access cavity location and design on degree and distribution of instrumented root canal surface in maxillary anterior teeth. *International endodontic journal*,34: 176-183.
- MARCHESAN MA, JAMES CM, LLOYD A, MORROW BR, GARCÍA-GODOY F (2018). Effect of access design on intracoronary bleaching of endodontically treated teeth: An ex vivo study. *J Esthet Restor Dent*,30: E61-e67.
- MARCHESAN MA, LLOYD A, CLEMENT DJ, MCFARLAND JD, FRIEDMAN S (2018). Impacts of contracted endodontic cavities on primary root canal curvature parameters in mandibular molars. *Journal of Endodontics*,44: 1558-1562.
- NAVARRO LF, LUZI A, GARCÍA AA, GARCÍA AH (2007). Third canal in the mesial root of permanent mandibular first molars: Review of the literature and presentation of 3 clinical reports and 2 in vitro studies. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*,12: E605-609.
- NEELAKANTAN P, KHAN K, NG GPH, YIP CY, ZHANG C, CHEUNG GSP (2018). 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? *Journal of endodontics*,44: 274-279.
- NIELSEN RB, ALYASSIN AM, PETERS DD, CARNES DL, LANCASTER J (1995). Microcomputed tomography: An advanced system for detailed endodontic research. *Journal of endodontics*,21: 561-568.
- ORSTAVIK D. Essential endodontology: Prevention and treatment of apical periodontitis: John Wiley & Sons; 2020.
- PASQUALINI D, ALOVISI M, CEMENASCO A, MANCINI L, PAOLINO DS, BIANCHI CC, ROGGIA A, SCOTTI N, BERUTTI E (2015). Micro-computed tomography evaluation of protaper next and biorace shaping outcomes in maxillary first molar curved canals. *Journal of endodontics*,41: 1706-1710.
- PATEL S, RHODES J (2007). A practical guide to endodontic access cavity preparation in molar teeth. *Br Dent J*,203: 133-140.
- PEDULLÀ E, GRANDE NM, PLOTINO G, GAMBARINI G, RAPISARDA E (2013). Influence of continuous or reciprocating motion on cyclic fatigue resistance of 4 different nickel-titanium rotary instruments. *J Endod*,39: 258-261.
- PENG W, ZHOU X, GAO Y, XU X (2022). Effect of access cavity preparation on dentin preservation, biomechanical property, and instrumentation efficacy: A micro-computed tomographic study. *Journal of Endodontics*,48: 659-668.

- PETERS OA, KOKA RS (2009). Preparation of coronal and radicular spaces.
- PLOTINO G. Minimally invasive approaches in endodontic practice: Springer Nature; 2020.
- PLOTINO G, GRANDE NM, ISUFI A, IOPPOLO P, PEDULLÀ E, BEDINI R, GAMBARINI G, TESTARELLI L (2017). Fracture strength of endodontically treated teeth with different access cavity designs. *J Endod*,43: 995-1000.
- PLOTINO G, GRANDE NM, PORCIANI PF (2015). Deformation and fracture incidence of reciproc instruments: A clinical evaluation. *Int Endod J*,48: 199-205.
- PLOTINO G, ÖZYÜREK T, GRANDE NM, GÜNDOĞAR M (2019). Influence of size and taper of basic root canal preparation on root canal cleanliness: A scanning electron microscopy study. *Int Endod J*,52: 343-351.
- PLOTINO G, PAMEIJER CH, GRANDE NM, SOMMA F (2007). Ultrasonics in endodontics: A review of the literature. *Journal of endodontics*,33: 81-95.
- RAPISARDAA E, BONACCORSOB A, TRIPIB TR, FRAGALKC I, CONDORELLID GG (2000). The effect of surface treatments of nickel-titanium files on wear and cutting efficiency. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*,89: 363-368.
- RICUCCID (1997). Three independent canals in the mesial root of a mandibular first molar. *Endod Dent Traumatol*,13: 47-49.
- ROCCA GT, KREJCI I (2013). Crown and post-free adhesive restorations for endodontically treated posterior teeth: From direct composite to endocrowns. *Eur J Esthet Dent*,8: 156-179.
- ROVER G, BELLADONNA FG, BORTOLUZZI EA, DE-DEUS G, SILVA EJNL, TEIXEIRA CS (2017). Influence of access cavity design on root canal detection, instrumentation efficacy, and fracture resistance assessed in maxillary molars. *Journal of Endodontics*,43: 1657-1662.
- RUDDLE CJ (2007). Endodontic access preparation: An opening for success. *Dentistry Today*,26: 114.
- SALEHRABI R, ROTSTEIN I (2004). Endodontic treatment outcomes in a large patient population in the USA: An epidemiological study. *Journal of endodontics*,30: 846-850.
- SANTOSH SS, BALLAL S, NATANASABAPATHY V (2021). Influence of minimally invasive access cavity designs on the fracture resistance of endodontically treated mandibular molars subjected to thermocycling and dynamic loading. *J Endod*,47: 1496-1500.

- SHABBIR J, ZEHRA T, NAJMI N, HASAN A, NAZ M, PIASECKI L, AZIM AA (2021). Access cavity preparations: Classification and literature review of traditional and minimally invasive endodontic access cavity designs. *Journal of Endodontics*,47: 1229-1244.
- SHANTIAEE Y, DIANAT O, PAYMANPOUR P, NAHVI G, KETABI MA, KOLAH AHARI G (2015). Alterations of the danger zone after preparation of curved root canals using waveone with reverse rotation or reciprocation movements. *Iran Endod J*,10: 156-161.
- SCHILDER H. (1974). Cleaning and shaping the root canal. *Dental clinics of North America*, 18(2), 269–296.
- SHEN Y, ZHOU HM, ZHENG YF, PENG B, HAAPASALO M (2013). Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. *J Endod*,39: 163-172.
- SILVA E, PINTO KP, FERREIRA CM, BELLADONNA FG, DE-DEUS G, DUMMER PMH, VERSIANI MA (2020). Current status on minimal access cavity preparations: A critical analysis and a proposal for a universal nomenclature. *Int Endod J*,53: 1618-1635.
- SIQUEIRA JR J, PÉREZ A, MARCELIANO-ALVES M, PROVENZANO J, SILVA S, PIRES F, VIEIRA G, RÔÇAS I, ALVES F (2018). What happens to unprepared root canal walls: A correlative analysis using micro-computed tomography and histology/scanning electron microscopy. *International endodontic journal*,51: 501-508.
- SKIDMORE AE, BJORN DAL AM (1971). Root canal morphology of the human mandibular first molar. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*,32: 778-784.
- SMOLJAN M, HUSSEIN MO, GUENTSCH A, IBRAHIM M (2021). Influence of progressive versus minimal canal preparations on the fracture resistance of mandibular molars: A 3-dimensional finite element analysis. *J Endod*,47: 932-938.
- SOUZA-FLAMINI LE, LEONI GB, CHAVES JF, VERSIANI MA, CRUZ-FILHO AM, PÉCORA JD, SOUSA-NETO MD (2014). The radix entomolaris and paramolaris: A micro-computed tomographic study of 3-rooted mandibular first molars. *J Endod*,40: 1616-1621.
- SPERBER GH, MOREAU JL (1998). Study of the number of roots and canals in senegalese first permanent mandibular molars. *Int Endod J*,31: 117-122.
- SRIVASTAVA S, ALROGAIBAH NA, ALJARBOU G (2018). Cone-beam computed tomographic analysis of middle mesial canals and isthmus in mesial roots of mandibular first molars-prevalence and related factors. *J Conserv Dent*,21: 526-530.

- SWAIN MV, XUE J (2009). State of the art of micro-ct applications in dental research. *Int J Oral Sci*,1: 177-188.
- TANG W, WU Y, SMALES RJ (2010). Identifying and reducing risks for potential fractures in endodontically treated teeth. *J Endod*,36: 609-617.
- TROPE M, SEROTA K (2016). Bio-minimalism: Trends and transitions in endodontics. *Provider*,501: 304396.
- TZIMPOULAS NE, ALISAFIS MG, TZANETAKIS GN, KONTAKIOTIS EG (2012). A prospective study of the extraction and retention incidence of endodontically treated teeth with uncertain prognosis after endodontic referral. *J Endod*,38: 1326-1329.
- VERTUCCI F, SEELIG A, GILLIS R (1974). Root canal morphology of the human maxillary second premolar. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*,38: 456-464.
- VERTUCCI FJ (1984). Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*,58: 589-599.
- VERTUCCI FJ (1978). Root canal morphology of mandibular premolars. *J Am Dent Assoc*,97: 47-50.
- VERTUCCI FJ, GEGAUFF A (1979). Root canal morphology of the maxillary first premolar. *J Am Dent Assoc*,99: 194-198.
- WALIA H, BRANTLEY WA, GERSTEIN H (1988). An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files. *Journal of endodontics*,14: 346-351.
- WANG D, WANG W, LI YJ, WANG YR, HONG T, BAI SZ, TIAN Y (2021). The effects of endodontic access cavity design on dentine removal and effectiveness of canal instrumentation in maxillary molars. *International Endodontic Journal*,54: 2290-2299.
- WILCOX LR, WALTON RE, CASE WB (1989). Molar access: Shape and outline according to orifice locations. *J Endod*,15: 315-318.
- WU M-K, FAN B, WESSELINK PR (2000). Leakage along apical root fillings in curved root canals. Part i: Effects of apical transportation on seal of root fillings. *Journal of endodontics*,26: 210-216.
- YARED G (2008). Canal preparation using only one ni-ti rotary instrument: Preliminary observations. *Int Endod J*,41: 339-344.
- YOU S-Y, BAE K-S, BAEK S-H, KUM K-Y, SHON W-J, LEE W (2010). Lifespan of one nickel-titanium rotary file with reciprocating motion in curved root canals. *Journal of Endodontics*,36: 1991-1994.

- ZHANG R, WANG H, TIAN YY, YU X, HU T, DUMMER PM (2011). Use of cone-beam computed tomography to evaluate root and canal morphology of mandibular molars in chinese individuals. *Int Endod J*,44: 990-999.
- ZHONG X, SHEN Y, MA J, CHEN WX, HAAPASALO M (2019). Quality of root filling after obturation with gutta-percha and 3 different sealers of minimally instrumented root canals of the maxillary first molar. *J Endod*,45: 1030-1035.
- ZHOU H, PENG B, ZHENG YF (2013). An overview of the mechanical properties of nickel–titanium endodontic instruments. *Endodontic topics*,29: 42-54.
- ZINELIS S, DARABARA M, TAKASE T, OGANE K, PAPADIMITRIOU GD (2007). The effect of thermal treatment on the resistance of nickel-titanium rotary files in cyclic fatigue. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*,103: 843-847.
- ZUPANC J, VAHDAT-PAJOUH N, SCHÄFER E (2018). New thermomechanically treated niti alloys—a review. *International endodontic journal*,51: 1088-1103.