T.C.
SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
GÜLHANE DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

BİYOSERAMİK ESASLI KÖK KANAL DOLGU PATLARININ FARKLI KÖK SEVİYELERİNDEKİ DENTİN MİKROSERTLİĞİNE ETKİSİ

Dt. Furkan Alp TORUN

DANIŞMAN
Doç. Dr. Kadriye DEMİRKAYA

DOKTORA TEZİ

ANKARA 2025

BEYAN

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Mevcut tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu,
- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Mevcut tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Dt. Furkan Alp TORUN
…/…./2025

ÖZET

BİYOSERAMİK ESASLI KÖK KANAL DOLGU PATLARININ FARKLI KÖK SEVİYELERİNDEKİ DENTİN MİKROSERTLİĞİNE ETKİSİ

Amaç: Son yıllarda biyouyumluluğu ile dikkat çeken biyoseramik kök kanal patlarının kullanımı gittikçe artmaktadır. Biyoseramik esaslı simanlar kendi aralarında da alt gruplara ayrılmaktadır. Bu alt gruplar temel olarak kompozisyon farkına dayanmaktadır. Literatürde çeşitli MTA içeren kök kanal patı, biyoseramik esaslı kök kanal patı ve kalsiyum silikat esaslı kök kanal patının kendi içinde ve altın standart olarak kabul gören rezin esaslı AH Plus kök kanal patı ile kök dentininin yüzey mikro sertliğine etkisini inceleyen çalışmalar bulunmaktadır. MTA içerikli bir kök kanal dolgu patı olan MTA Fillapex (Angelus, Londrina, Brezilya) ve önceden karıştırılmış, kullanıma hazır, enjekte edilebilir kalsiyum silikat içeren biyoseramik esaslı bir pat olan Well Root ST haklarında sınırlı sayıda araştırma yapılan iki biyoseramik içerikli kanal dolgu maddesidir. Bu çalışmada biyoseramik esaslı kanal patları uygulandıktan sonra dentinin kök seviyesi boyunca gösterdiği değişikliklerin, dentin mikrosertliğini nasıl etkilediği; farklı kök seviyelerinde incelenmesi amaçlanmaktadır.

Gereç ve Yöntem: İn vitro koşullarda yürütülen çalışmamızda, daha önceden ortodontik veya periodontal nedenlerle çekilmiş olan; MTA Fill Apeks kanal patı için 15, Well Root St kanal patı için 15 toplamda 30 adet diş kullanılmıştır. Dişler mekanik preparasyonun ardından, önce kron kök birleşiminden ayrılmış, daha sonra vertikal olarak ikiye ayrılmıştır. Akrilik rezin içerisine gömülen örneklerin başlangıç kök dentininin yüzey sertlikleri ölçüldükten sonra, kök boyunca kanal patları uygulanmıştır. Kanal patlarının 72 saat boyunca sertleşmesi beklendikten sonra kök dentininin yüzey sertlikleri tekrar ölçülmüştür.

Bulgular: Well-Root ST grubunda, koronal bölgede deney ve kontrol grupları ile arasında, orta bölgede deney ve kontrol grupları arasında, apikal bölgede deney ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık mevcuttur. ($p<0,05$). MTA Fill Apex grubunda, koronal bölgede deney ve kontrol grupları ile arasında, orta bölgede deney ve kontrol grupları arasında, apikal bölgede deney ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık mevcuttur ($p<0,05$). Koronal bölgede deney ve kontrol grupları arasında, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır

($p<0,05$). Orta bölgede deney ve kontrol grupları arasında, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p<0,05$). Apikal bölgede deney ve kontrol grupları arasında, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p<0,05$).

Sonuç: Bu çalışmanın bulguları, biyoseramik esaslı kök kanal patlarının, dentin sertliği ve dayanıklılığı üzerindeki etkilerini ortaya koyarak endodontik uygulamalarda biyomateryal seçiminde rehberlik edici olabilir. Elde edilen sonuçlar, özellikle Well-Root ST ve MTA Fillapex gibi biyoseramik patların kullanımının, kök kanal tedavisinin uzun dönem başarısına katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyoseramik, MTA Fill Apeks, Well Root ST, Mikrosertlik

ABSTRACT

EFFECT OF BIOCERAMIC BASED ROOT CANAL SEALERS ON DENTIN MICROHARDNESS AT DIFFERENT ROOT LEVELS

Aim: In recent years, the use of bioceramic root canal sealer, which attracts attention with its biocompatibility, has been increasing. Bioceramic-based cements are also divided into subgroups among themselves. These subgroups are basically based on composition differences. In the literature, there are studies examining the effects of various MTA-containing root canal sealer, bioceramic-based root canal sealer and calcium silicate-based root canal sealer on the surface microhardness of root dentin, both within themselves and with the resin-based AH Plus root canal sealer, which is accepted as the gold standard. MTA Fillapex [Angelus, Londrina, Brazil], an MTA-containing root canal sealer, and Well Root ST, a premixed, ready-to-use, injectable calcium silicate-containing bioceramic-based sealer, are two bioceramic-containing root canal filling materials that have been studied in limited numbers. In this study, it is aimed to examine how the changes in dentin along the root level after the application of bioceramic-based sealers affect dentin microhardness at different root levels.

Materials and Methods: In our study conducted in vitro, 15 teeth were used for MTA Fill Apex root canal sealer and 15 for Well Root St root canal sealer, a total of 30 teeth that had been previously extracted for orthodontic or periodontal reasons. After mechanical preparation, the teeth were first separated from the crown-root junction and then vertically divided into two. After measuring the surface hardness of the initial root dentin of the samples embedded in acrylic resin, root canal sealers were applied along the root. After waiting for the root canal sealer to harden for 72 hours, the surface hardness of the root dentin was measured again.

Results: In the Well-Root ST group, there is a statistically significant difference between the experimental and control groups in the coronal region, between the experimental and control groups in the middle region, and between the experimental and control groups in the apical region ($p<0.05$). In the MTA Fill Apex group, there is a statistically significant difference between the experimental and

control groups in the coronal region, between the experimental and control groups in the middle region, and between the experimental and control groups in the apical region ($p<0.05$). There is a statistically significant difference between the experimental and control groups in the coronal region ($p<0.05$). There is a statistically significant difference between the experimental and control groups in the middle region ($p<0.05$). There is a statistically significant difference between the experimental and control groups in the apical region ($p<0.05$).

Conclusion: The findings of this study may guide the selection of biomaterials in endodontic applications by revealing the effects of bioceramic-based root canal sealer on dentin hardness and durability. The results obtained show that the use of bioceramic sealers, especially Well-Root ST and MTA Fillapex, may contribute to the long-term success of root canal treatment.

Keywords: Bioceramics, MTA Fill Apex, Well Root ST, Microhardness

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca tüm sabrı neşesi güleryüzü alçakgönüllülüğü ile yanımda olan sadece bir hoca değil bir abla gibi hayatın her alanında desteğini esirgemeyen öğrencisi olmaktan onur duyduğum saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Kadriye DEMİRKAYA'ya,

Doktora eğitimim boyunca bütün bilgi birikimlerini esirgemeyen her sorumuza cevap verip yardımcı olan başta bölüm başkanımız Prof. Dr. Ömer Cumhur AYDIN'a ve saygıdeğer hocalarım Doç. Dr. Zeliha UĞUR AYDIN ve Dr. Öğr. Üyesi Sıla Nur USTA'ya,

Tez çalışmamın istatistik analizinde desteklerini esirgemeyen Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Fakütesi İstatistik Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Yüksel TERZİ'ye,

Tez çalışmamı yaparken her daim sabırla yardımcı olan Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Merkez Araştırma Laboratuvarı Sorumlusu Mustafa YEŞİL'e,

Doktora eğitim sürecini paylaştığım tanımaktan çok mutlu olduğum her konuda destek ve yardımcı olan eşkıdemlim kardeşim Dt. Emre MAÇ'a ve Dt. Hacer Bilal KURT'a,

Uzmanlık eğitimim süresince yardımlarını esirgemeyen, her zaman sevgiyle hatırlayacağım asistan arkadaşlarıma,

Lise ve üniversite hayatımda yanımda olan preklinik ve klinik eğitim süreçlerini paylaştığım kardeşim meslektaşım Dt. İrfan Kasım Ümütlü'ye

Beni oğulları kabul eden Prof. Dr. Hasan KORKMAZ ve Fatma KORKMAZ'a,

Kıymetli abim ve ablam Mehmet Can Korkmaz ve Uzm. Dt. Elif KORKMAZ'a, çok kıymetli ve sevimli yeğenlerim Uygar ve Çınar'a,

Bu günlere gelirken çok şey paylaştığım arkadaş demenin bile az kalacağı kardeşlerim Reha SARHUŞ'a Emre SEVCAN'a Mehmet Mert TARHAN'a Melih Mert KILIÇ'a Ömer Buğra ÖZ'e ve Ümit ÖZ'e,

Beni bugüne getiren, her daim ellerini omzunda hissettiğim, ideallerimin mimarları babam Mahmut TORUN, annem Gülay TORUN'a ve kardeşim Taha Eren TORUN'a,

Hayattaki her zorlukta yanımda olan ve daima olacağına emin olduğum, hayat yolunu beraber yürüdüğüm, elinden geleni esirgemeyen ve bir gülüşüyle tüm zorlukları kolay eden eşim Uzm. Dt Çiçek Korkmaz Torun'a,

Sürece sonradan dahil olan gelişiyle her şeyi güzelleştiren canım kızım Ece Torun'a

Teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET iv
ABSTRACT vi
TEŞEKKÜR viii
İÇİNDEKİLER x
ÇİZELGELER LİSTESİ xii
ŞEKİLLER LİSTESİ xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR xiv
1. GİRİŞ VE AMAÇ 1
2. GENEL BİLGİLER 3
2.1. DENTİN YAPISI 3
2.2. KÖK KANAL DOLGU MATERYALLERİ 4
2.3. KÖK KANAL DOLGU PATLARININ SINIFLANDIRILMASI 5
2.3.1. Çinko Oksit Ojenol İçerikli Patlar 6
2.3.2. Cam İyonomer İçerikli Patlar 7
2.3.3. Rezin İçerikli Kanal Patları 7
2.3.3.1. Epoksi Rezin İçerikli Patlar 7
2.3.3.2. Metakrilat Rezin İçerikli Patlar 8
2.3.3.3. Polivinil [Poliketon] Rezin İçerikli Patlar 9
2.3.3.4. Silikon Polimerler 9
2.3.4. Kalsiyum Hidroksit İçerikli Patlar 9
2.3.5. Biyoseramik İçerikli Patlar 9
2.3.5.1. MTA İçerenler 10
2.3.5.2. Kalsiyum Silikat Fosfat İçerenler 11
2.4. Çalışmamızda Kullandığımız Kanal Patları 11
2.4.1. Well Root ST 11
2.4.2. MTA Fillapex 12
2.5. SERTLİK TESTLERİ 13
2.5.1. Brinell Sertlik Deneyi 13
2.5.2. Vickers Sertlik Deneyi 14
2.5.3. Rockwell Sertlik Deneyi 15

2.5.4. Knoop Sertlik Deneyi 16
3. GEREÇ VE YÖNTEM 17
3.1. ETİK KURUL ONAYI 17
3.2. DİŞ SEÇİMİ 17
3.3. ÖRNEKLERİN HAZIRLANMASI 17
3.4. BAŞLANGIÇ YÜZEY SERTLİKLERİNİN ÖLÇÜLMESİ 18
3.5. KANAL PATLARININ UYGULANMASI 20
3.6. FİNAL YÜZEY SERTLİKLERİNİN ÖLÇÜLMESİ 21
3.7. İSTATİSTİKSEL ANALİZ 22
4. BULGULAR 23
5. TARTIŞMA 29
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 37
KAYNAKÇA 39
ÖZGEÇMİŞ 49

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 4.1. MTA Fill Apeks Mikrosertlik Ölçüm Değerleri 23
Çizelge 4.2. Well-Root ST Mikrosertlik Ölçüm Değerleri 24
Çizelge 4.3. Well Root ST uygulanan grubun istatistiksel analizi 24
Çizelge 4.4. MTA Fill Apeks uygulana grubun istatistiksel analizi 25
Çizelge 4.5. Koronal üçlünün istatistiksel analizi 26
Çizelge 4.6. Orta üçlünün istatistiksel analizi 27
Çizelge 4.7. Apikal üçlünün istatistiksel analizi 27

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Brinell Sertlik Deneyi 14
Şekil 2.2. Vickers Sertlik Deneyi 15
Şekil 2.3. Rockwell Sertlik Deneyi 16
Şekil 2.4. Knoop Sertlik Deneyi 16
Şekil 3.1. Çalışma öncesi çekilmiş olan dişler su soğutması altında elmas separe ile kron ve kökleri birbirinden ayrılmıştır. Ayrılan kök kısmı kanal boşluğu yukarıda olacak şekilde akrilik rezin içerisine gömülmüştür. 18
Şekil 3.2. Vickers mikrosertlik ölçüm cihazı 19
Şekil 3.3. Mikrosertlik ölçüm cihazının ekran ayarları 19
Şekil 3.4. Vickers mikrosertlik ölçüm cihazının meydana getirdiği iz. 20
Şekil 3.5. Birinci deney gurubuna MTA fill apeks [Angelus, Brasil] kanal patı, baz ve katalizör olmak üzere iki ayrı tüpteki patlar karıştırma kağıdı üzerinde üreticinin talimatları doğrultusundan karıştırılarak hazırlanmıştır. 15 adet örneğe kanal boyunca eşit miktarda uygulanmıştır. 20
Şekil 3.6. Etüv cihazı 21
Şekil 3.7. Well-Root ST kanal patının örneklere uygulanması 21
Şekil 4.1. Well Root ST uygulanan grubun istatistiksel analiz grafiği 25
Şekil 4.2. MTAFill Apeks uygulanan grubun istatistiksel analiz grafiği 26
Şekil 4.3. İstatistiksel analizin grafiği 28

SİMGELER VE KISALTMALAR

% : Yüzde

& : Ve

< : Küçüktür

> : Büyüktür

µm : Mikrometre

A : Alan

C° : Santigrat Derece

$Ca[OH]_2$: Kalsiyum Hidroksit

D : Bilye Çapı

d : İzin Çapı

F : Kuvvet

Gr : Gram

Kg : Kilogram

mm^2 : Milimetrekare

MTA : Mineral Trioxide Aggregate

N : Newton

nm : Nanometre

P : Yük

ph : Power of Hydrogen

Sn : Saniye

SPSS : Statistical Package for the Social Science

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Dentin hem mine sement bağlantısını oluşturan bu dokulara fiziksel olarak destekleyen, hem de mine dentin sınırından, pulpaya doğru uzanan milyonlarca dentin tübüleriyle pulpa sağlığını korunması için bir difüzyon bariyeri sağlayan, dişin en geniş dokusudur [1, 2]. Dentin tübüllerinin sayıları ve tübül çapları apikalden koronele doğru artar [3]. Tübül alanlarının genişliğinin artması, dentin geçirgenliğinin artmasına ve bu sebeple dentin mikrosertliğinin azalmasına neden olmaktadır. [4]. Dentin sertliği dişlerden dişlere farklılık gösterdiği gibi, aynı dişte kron ve kök dentini arasında da farklılık gösterir [5].

Dentin mikrosertliği ile ilgili araştırma sonuçlarında ise dentin mikrosertliğinin azalması ile dişlerde kök kırıklarının oluşumu arasında bir korelasyon olduğu da gösterilmiştir [6]. Kök kanal tedavisi sonrasında da dişlerin, kırılma direncinde azalma sertlik değerlerinin düşmesi ve sonucunda dentin mikro çatlakları veya vertikal kök kırıkları görülebilir [7]. Endodontik tedavi görmüş dişlerde vertikal kök kırığı görülme sıklığı artan önemli bir klinik problemdir. Bu problemin teşhis edilmesi ve özellikle tedavisi zordur [8] ve eğer dişler sabit protezlere dayanak ise daha ciddi hale gelir, çünkü bu dişlerin çekimi veya en azından çok köklü bir dişin ilgili kökünün kaybı çoğu durumda tek çözümdür [9]. Kök kanal patları ve kök ucu tamir materyallerinin endodontik tedavi görmüş diş yapısını desteklemede ve endodontik tedavili dişlerin güçlendirilmesindeki etkileri hakkında yapılan çalışmalarda çelişkili sonuçlar mevcuttur.

Kök kanal tedavisinin başarılı olması enfekte olmuş kök kanallarının kemomekanik olarak hazırlanmasıyla oluşturulan kök kanal sisteminin sızdırmaz bir şekilde dolgu malzemesiyle ile hermetik olarak tıkanabilmesine bağlıdır [10]. Grossmann ideal bir kök kanal patının mükemmel sızdırmazlığı, boyutsal stabiliteye, sertleşme zamanının uzun olması, oral sıvılar nedeniyle çözünmemesi ve biyouyumlu olması gerektiğini bildirmiştir. [11]. İdeal bir kök kanal patının bu şartları en üst düzeyde yerine getirmesi beklenir. Ancak günümüzde ideal pat halihazırda mevcut olmayıp, arayışı hala devam etmektedir [12].

Son yıllarda biyouyumluluğu ile dikkat çeken biyoseramik kök kanal patlarının kullanımı gittikçe artmaktadır [13]. Biyoseramik içerikli malzemelerin yüksek pH ve

kimyasal özellikleri nedeniyle dentin üzerinde birtakım fiziksel değişikliklere yol açtığı bilinmektedir. Özellikle sertleşmesi sırasında kök dentininden materyale olan su geçişi ve karşılıklı iyon alışverişinin dentinin sertliği üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir [14].

Biyoseramik esaslı simanlar kendi aralarında da alt gruplara ayrılmaktadır. Bu alt gruplar temel olarak kompozisyon farkına dayanmaktadır. Literatürde çeşitli MTA içeren kanal patı, biyoseramik esaslı kök kanal patı ve kalsiyum silikat esaslı kök kanal patının kendi içinde ve altın standart olarak kabul gören rezin esaslı AH Plus kök kanal patı ile kök dentininin yüzey mikro sertliğine etkisini inceleyen çalışmalar bulunmaktadır [13, 15, 16]. MTA içerikli kök kanal dolgu patı olan MTA Fillapex (Angelus, Londrina, Brezilya) ve önceden karıştırılmış, kullanıma hazır, enjektabıl kalsiyum silikat içeren biyoseramik esaslı bir pat olan Well Root ST haklarında sınırlı sayıda araştırma yapılan iki biyoseramik içerikli kanal dolgu maddesidir.

Bu çalışmada biyoseramik esaslı kanal patları uygulandıktan sonra dentinin kök seviyesi boyunca gösterdiği değişikliklerin, dentin mikrosertliğini nasıl etkilediği; farklı kök seviyelerinde incelenmesi amaçlanmaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. DENTİN YAPISI

Dentin dişin çok büyük bir kısmını kaplayan en geniş diş dokusudur. Dış kısmı kronda mine ile, kökte sement ile kaplıdır. İç kısmında ise, dentin pulpa boşluğunun [pulpa odası ve pulpa kanalları] şeklini oluşturur [1]. Dentin tübüler yapıdadır ve dentin tübüllerinin çapları değişiklik göstermektedir. Ancak pulpaya yaklaştıkça tübüller birleşirler ve çapları genişleyebilir. Dentin tübül çapları aynı zamanda koronalden apikale doğru da değişir. Koronalden apikale doğru dentin tübül sayısı ve çapları azalır [3]. Dentin hem mine sement bağlantısını sağlayarak bu dokulara mekanik olarak destek sağlar, hem de mine dentin sınırından pulpaya uzanan milyonlarca dentin tübülleriyle pulpa sağlığının korunmasını sağlayan bir difüzyon bariyeri olarak görev yapar [2].

Mine-dentin birleşiminden ve dentin-sement birleşiminden pulpaya uzanan dentin tübüllerinin sayısı mm²'de 40.000-70.000 arasında değişiklik göstermektedir. Tübüllerin çapı, mine-dentin birleşimde 1 μm iken pulpal yüzeyde 3 μm'ye kadar ulaşmaktadır. Mine-dentin sınırında tübüllerden oluşan dentin %1 iken, pulpa odasında bu alan %45'e kadar ulaşmaktadır. Tübüler alanının genişliğinin artması, dentin geçirgenliğinin artmasına ve bu sebeple dentin mikrosertliğinin azalmasına neden olmaktadır. [4]. Dentinin sertliği dişten dişe değiştiği gibi, aynı dişteki kron ve kök dentini arasında da farklılık gösterir [17].

Önceki araştırmalar, dentinin mekanik özelliklerinin, minerallerin kollajen fibrillere dahil olmasıyla en iyi şekilde onarıldığını, ancak minerallerin demineralize lezyonda birikmesinin fonksiyonel remineralizasyonu garanti etmediğini göstermiştir [18, 19].

Kök dentin mikro sertliği Craig ve ark., Rautiola & Craig ve Saleh & Ettman tarafından incelenmiştir ve bu dokuların merkezi kısmının pulpaya ve semente yakın bölgelerle karşılaştırıldığında, mikrosertlik değerinin daha olduğu tespit edilmiştir [20-22]. Riffle, kök dentin mikro sertlik rakamlarının hastanın yaşına göre ters orantılı bir değişim gösterdiğini öne sürmüştür [23, 24]. Ancak Dalitz yaş ve kök dentin mikro sertliği arasında bir ilişki bulamamıştır [25].

2.2. KÖK KANAL DOLGU MATERYALLERİ

Kemomekanik preparasyonun ardından oluşturulan kök kanal boşluğunun doldurulması için farklı dolum teknikleri geliştirilmiştir. Tekniklerinde genel bir kor malzemesi ve kanal patı kullanılır. Hermetik bir kök kanal dolgusu için kanal patı kullanımı hemen hemen bütün yöntemlerde şarttır [26]. Kök kanalının biyouyumlu bir dolgu materyali ile hermetik olarak doldurulması, endodontik tedavinin başarıya ulaşmasını sağlamak için zorunludur. Kök kanal dolumu iki temel etmenden oluşur; bunlar gütaperka ve kök kanal patıdır. Güncel olarak kanal boşluğunu obturasyonu için kullanılabilecek en uygun dolum malzemesi gutaperkadır. Fakat, bu materyal tek başına kök kanal sisteminde sızdırmazlık sağlamak için yeterli değildir ve sadece düzenli dentin duvarlarına uyum sağlayabilmektedir. Aynı zamanda, gutaperka ve dentin arasındaki düzensizlikleri, gutaperkanın ulaşamadığı dallanmaları ve gutaperkalar arasında oluşan boşlukların doldurulması için kök kanal patı gereklidir [27].

Dr. Louis I. Grossman, ideal bir kanal dolgu maddelerinin özelliklerini şu şekilde ifade etmiştir: [28]:

1. Kök kanalını apikal ve lateral yönlerde tümüyle tıkayabilmeli
2. Lateral ve aksesuar kanallara ulaşmalı
3. Uygulama sonrasında büzülmemeli.
4. Nem karşında dayanıklı olmalıdır.
5. Bakteriostatik olmalı veya en azından bakteri gelişimine uygun ortam sağlamamalı.
6. Radyoopositeye sahip olmalıdır.
7. Diş yapısında lekelenme yapmamalıdır.
8. Periapikal dokularada irritasyon yapmamalıdır.
9. Steril olmalı veya uygulanmadan hemen önce kolaylıkla ve hızlıca steril edilebilmelidir.
10. Gerekli durumlarda kök kanalından kolayca sökülebilmelidir.

En sık kullanılan kök kanal patları çinko oksit öjenol içerikli, $Ca(OH)_2$ içerikli patlar, cam iyonomer içerikli patlar, rezin [epoksi rezin veya metakrilat rezin] içerikli patlar ve yakın geçmişte piyasaya sürülen kalsiyum silikat içerikli patlardır. Çeşitli kanal patı sınıflarının avantajları açısından üretici verilerine rağmen, her bir sınıf patın

bir diğerine kıyasla üstünlük sağladığını gösteren, randomize klinik çalışmalara dayanan, kanıta dayalı veriler oldukça yetersizdir. Tercih edilen kanal patı hangisi olursa olsun, sertleşene süresince neredeyse hepsi toksisiteye sahiptir. Bu sebebledir ki kök kanal patlarının perirapikal dokulara taşırılmasından kaçınılmalıdır [26].

2.3. KÖK KANAL DOLGU PATLARININ SINIFLANDIRILMASI

Kanal patlarının fiziksel özellikleri, sertleşme süreleri, içerikleri veya rezorpsiyon özelliklerine göre sınıflandırılmıştır.

Grossman (1974) kök kanalının doldurulmasında kullanılan materyalleri 4 kategoriye ayırmıştır. Bunlar simanlar, patlar, rezin içerikliler ve katı materyallerdir [29].

Cohen ve Burns (1987); çinko oksit öjenol esaslı patlar, öjenol içermeyen patlar, tedavi edici ve tedavi edici özelliği bulunmayan patlar olarak sınıflandırılmıştır. [30].

Orstavik [1999]; çinko oksit öjenol esaslı, çinko oksit non öjenol esaslı, polimerik, cam iyonomer esaslı, silikonlar, solvent esaslı ve kalsiyum hidroksit esaslı patlar şeklinde gruplandırmıştır [31].

Bayırlı (1999) ise, iyodoform içeren, öjenol içeren, öjenol içermeyen, paraformaldehit içeren, kalsiyum hidroksit içeren kanal dolgu materyalleri, sentetikler, cam iyonomer simanlar, katı materyaller ve retrograd dolgu materyalleri şeklinde sınıflandırılmıştır [32].

Ingle, kimyasal içeriklerine göre; çinko oksit ojenol içeren, $Ca(OH)_2$ içeren, rezin esaslı, cam iyonomer esaslı ve deneysel patlar olarak sınıflamıştır [33].

Kanal patı sınıflaması [34];

1. Çinko oksit ojenol içerikli patlar

a) Çinko oksit ojenol

b) İlaç içerikli olanlar

- Paraformaldehit içerenler
- Paraformaldehit içermeyenler

c) Öjenolsüz çinko oksit

2. Cam iyonomer içerenler

3.Rezin esaslı patlar [polimerler]

a) Epoksi rezin içerenler

b) Metakrilat rezin içerenler

c) Polivinil [poliketon] rezin içerenler

d) Silikon polimerler

4. Kalsiyum hidroksit içerenler

5. Biyoseramik içerenler

a) MTA içerenler

b) Kalsiyum-silikat-fosfat içerenler

2.3.1. Çinko Oksit Ojenol İçerikli Patlar

Orijinal çinko oksit öjenol kök kanal dolgu materyali 1931 yılında Rickert tarafından geliştirilmiştir. Yapısında çinko oksit ağırlıklı toz ve öjenol içeren likit içermektedir. Bu kanal patının esas bileşeni olan çinko oksit öjenol, fiziksel ve kimyasal reaksiyonlar sonucu çinko öjenolatı oluşturur. Kanal patının sertleşmesi çinko-öjenolatın oluşumuna bağlıdır [34]. Isı ve nemdeki artış reaksiyonu hızlandırarak çalışma süresini azaltırken, küçük çinko oksit partikülleri ise çalışma süresini uzatabilir [35]. Antimikrobiyal etkisi düşüktür fakat etkisi uzun sürer. Bununla beraber antienflamatuar ve analjezik etkinlik de gösterir [34]. Radyoopasiteleri ve lubrikasyon özellikleri fazladır.

Avantajları [36]:

- Şekil vermek kolaydır.
- Nemsiz ortamlarda çalışma süresi fazladır.
- Pat sertleşirken boyutsal değişikliği az olur.

Dezavantajları [35]:

- Adeziv özelliğe sahip değildir.
- Öjenol salınımının devamlı olması olası bir mikrosızıntıyı dekompoze etmesini sağlar.
- Öjenol periapikal dokulara sitotoksik özelliktedir.
- Yapısında bulunan gümüş dişin sert dokularında birikerek renklenmeye sebep olur.

Çinko oksit esaslı patlardan başlıcaları şunlardır;

- Öjenol içerenler: Rickert patı, Wach patı, Grossman patı, Tubliseal, Roth-801
- Paraformaldehit içerikli patlar: N2, Endometazon
- Paraformaldehit içermeyen patlar: Endoseal, Rocanal 2, Rocanal 3
- Öjenol içermeyen çinko oksit patları: Nogenol, Canals-N

2.3.2. Cam İyonomer İçerikli Patlar

1991 yılında cam iyonomer içerikli kanal patları üretilmeye başlamıştır [34]. Bu patın avantajları; kök dentin yüzeyine adaptasyonunun iyi olması, doku sıvılarında çözünürlüğünün az olması, flor salınımı, biyouyumlu bir materyal olması olarak sayılabilir [68, 69]. Fakat bu patın dezavantajları da vardır. Bunlar ise kanal içine uygulanması zordur, çalışma süresi azdır, periapikal dokulara taştığında rezorbe olmamaktadır. Bununla birlikte sertleşme sırasında kanaldaki nemli ortamdan etkilenir ve mikrosızıntıya sebep olabilir [34].

Retreatment gerektiği durumlarda kanal içerisinden sökülmesi zordur [70]. Bu sebeple kanaldan uzaklaştırmak için ultrasonik aletler kullanımı düşünülmüştür fakat kanalda kullanım süresi ve oluşan debris miktarı diğer patlarla kıyaslandığında daha fazla olmuştur [71].

Cam iyonomer esaslı patların başlıcaları şunlardır [34]:

- Endion
- Ketac-Endo
- Aktiv GP

2.3.3. Rezin İçerikli Kanal Patları

Rezin içeren kanal patları 4 grupta incelenmektedir. Bu gruplar sırasıyla; epoksi rezin içeren patlar, metakrilat rezin esaslı patlar, polivinil (poliketon) rezin içeren patlar, silikon polimerlerdir [34].

2.3.3.1. Epoksi Rezin İçerikli Patlar

Schroeder'in 1954 yılında piyasaya sunduğu AH 26 kanal patı ile ilk kez epoksi rezin esaslı patlar kullanılmaya başlamıştır. Likit ve tozdan bileşenlerden

oluşmaktadır. Toz kısmı; titanyum oksit, heksa metilen tetramin, gümüş içermektedir. Likit içeriğini ise bisfenol diglisidil eter oluşturmaktadır. Radyoopasite için bizmut oksit eklenmiştir. AH 26 kanal patı; nemden etkilenmez, kök dentinine uyumu iyidir. Bu kanal patı sertleşme sonrasında boyutsal stabiliteye sahiptir ve akıcılığı ile uygulama kolaylığı sağlar [37].

Heksa metilen tetramin ile bisfenol diglisidil eterin reaksiyonu sonucunda gerçekleşen polimerizasyon formaldehit açığa çıkarır. AH 26 kanal patının sertleşme sonucu formaldehit oluşturması sitotoksisiteye neden olur. Bununla birlikte gümüş içermesi renklenme oluşumuna neden olur. Bu dezavantajları sebebiyle AH Plus üretilmiştir [38].

2.3.3.2. Metakrilat Rezin İçerikli Patlar

Dentinde adeziv sistemlerin üretilmesiyle, kök kanalına da uygulanmaları gündeme gelmiştir. Bu nedenle geliştirilen metakrilat rezin içerikli düşük viskoziteyeli kanal patlarını klinik kullanıma girmiştir [39]. Metakrilat rezin esaslı kanal patlarının dentine penetre olması için smear tabakasının kaldırılması gerekmektedir [34].

Metakrilat rezin içerikli patlar dört nesil olarak geliştirilmiştir. Birinci nesil 1970'li yıllarda kullanılmıştır. Kullanımı süresince nemden etkilendiği bunun sonucunda yapısında boşluklar oluştuğu ve inflamatuar yanıta sebep olduğu bulunmuştur. Bu bulgular sonucunda mikrosızıntıya sebebiyet olması ve çalışma süresinin kısa olması gibi dezavantajları ortaya çıkmıştır.

Günümüzde bu dezavantajları sebebiyle kullanımı tavsiye edilmemektedir [40]. İkinci nesil patlarda asit ve adeziv uygulama gerekliliği ortadan kalkmıştır. Radyoopasiteye ve hidrofilik özelliğe sahip olan EndoRez; ikinci nesile ait kanal patlarından olup, ışıkla veya kendiliğinden polimerize olabilir. Kanal obturasyonu için rezin ile kaplanmış konlarla beraber kullanımıyla daha verimli sonuçlar alınabilir [39]. Üçüncü nesil patlar Epiphany-Resilon sistemi olarak da isimlendirilir. Bu nesil patların üretim amacı; kanal dolumunda bir monoblok oluşturulmasıyla mikrosızıntıya engel olacak şekilde bir kanal dolumu yapmaktır [41]. Dördüncü nesil patlarda, adeziv primer içindeki asidik monomerler pat içerisine eklenmiştir. Böylelikle primer, asit ve pat tek bir formülde birleşmiştir [42].

2.3.3.3. Polivinil [Poliketon] Rezin İçerikli Patlar

Polivinil kanal patı içeriği bizmut fosfat ve çinko oksitten oluşan poliketon bileşiğidir. En bilindik örneği Diaket-A kanal patıdır. Hızlı sertleşir ve bu sertleşme sırasında boyutsal olarak önemsenecek bir değişiklik olmaz [43].

2.3.3.4. Silikon Polimerler

Silikon polimerler olarak da isimlendirilen kanal patlarından biri olan Roekoseal; polidimetilsiloksan içerir. Ayrıca bununla beraber içeriğinde heksa kloroplatinik asit, silikon ve parafin bazlı yağ bulundurur. Radyoopasite için ise zirkonyum dioksit eklenmiştir. Vücut dokuları için uyumludur. Kök dentinine adaptasyonu ve örtücülüğü iyi olduğu için mikrosızıntı olma ihtimali düşüktür [44].

Bu kanal patının içeriğine 30 nanometreden (nm) daha küçük gutaperka parçacıkları ve nano gümüş partikülleri eklenerek polivinil siloksan esaslı kanal patı olan Guttaflow üretilmiştir. Kanül kullanılarak kanal içine uygulanan Guttaflow [45] ısıtılmasına ihtiyaç olmadan akıcı olarak uygulanan gutta perka olarak reklamı yapılmıştır. Sıcak tekniklerle uygulanan gutta perka gibi soğuduğunda büzülme göstermediğinden sızdırmazlığı daha iyi olduğu bulunmuştur [44].

2.3.4. Kalsiyum Hidroksit İçerikli Patlar

Kalsiyum hidroksit içeren kök kanal patları üretilirken, kalsiyum hidroksitin terapötik özelliklerinden faydalanmak hedeflenmitir. Bu iyileştirici etkinin ortaya çıkabilmesi için kalsiyum hidroksit çözünerek Ca++ ve OH- iyonları açığa çıkmalıdır. Fakat kanal patı çözündüğü zaman mikrosızıntıya sebep olup başarısızlığa yol açar [46]. Araştırmacıların büyük çoğunluğu; kalsiyum hidroksit patı kullanımı sonucunda kök apeksinde sert doku oluşumunu indüklediğini savunsa da bu oluşan sert dokunun pörözlü bir yapıda olduğu görülmüştür [47]. Hızlı bir terapötik etki sağlayan bu kanal patının sitotoksisitesi de düşüktür [48].

2.3.5. Biyoseramik İçerikli Patlar

Biyoseramik içerikliler, özellikle tıp ve diş hekimliği alanı için geliştirilmişlerdir. Alumina, zirkonya, biyoaktif cam, cam seramikler, hidroksiapatit ve

kalsiyum fosfat içermektedirler. Biyoseramik esaslı kanal patları, endodontik olarak sadece son 30 yıldır kullanımdadırlar. Tıp ve diş hekimliği alanında giderek artan bir kullanım alanı mevcuttur [49].

Cam seramikler, zirkonyum oksit, hidroksiapatit, biyoaktif cam biyoseramik içeriklerindendir [34]. Hazır enjekte edilebilen formda piyasaya sürülen patlar da bulunmaktadır. Biyoseramik kanal patları hidrofilik özellikte olduklarından sertleşme esnasında neme ihtiyaç duyarlar. Bu sertleşme sonucunda boyutsal olarak değişiklik göstermez. Antimikrobiyal etkinliklerini yüksek pH'larına bağlı olarak sertleşme sırasında gösterirler. Periapikal dokulara taştığında inflamatuar yanıta neden olmazlar [50].

Dentine iyi penetre olmaları hidroksiapatit oluşturmaları ile mümkün olmaktadır [51]. Apikal tıkaç oluşturmada guta perka ile birlikte kullanıldığı takdirde; rutinde sık olarak kullanılan bir kanal patı olan AH Plus kadar iyi olduğu anlaşılmıştır [52]. Hidroksiapatitin yanı sıra kalsiyum silikat içermeleri sebebiyle biyouyumlu ve biyoaktif olmalarını sağlar [51]. Kanal ortamı çok kuru olursa sertleşme süresi uzar. Bu nedenle kanallar biyoseramik içerikli pat kullanılarak doldurulacak ise bir miktar nemli bırakılmalıdır. Kanal yenilemeye ihtiyaç duyulan durumlarda kanaldan uzaklaştırılmaları oldukça zordur [53]. Bu zorluğun nedeni dentine kimyasal bağlanmasından kaynaklanmaktadır. Böyle dezavantajları bulunsa da hidrofilik özellik göstermesi sayesinde lateral kanallara ulaşması ve kanal içindeki düzensizliklere yayılarak iyi penetre olabilmesi gibi avantajları nedeniyle kullanımı tercih edilir [54].

Biyoseramik esaslı patlar 2 gruba ayrılır;

- Mineral trioksit agregat [MTA] içerenler
- Kalsiyum silikat fosfat içerenler

2.3.5.1. MTA İçerenler

MTA endodontide vital pulpa tedavilerinde, kök kanallarının retrograt olarak doldurulmasında ve perforasyon tamirinde olmak üzere birçok alanda kullanılır. Avantajları arasında; yüksek pH'a sahip olması, çözünürlüğünün az olması ve hermetik olarak tıkama yapabilmesi sayılabilir [34]. Bu avantajlardan yararlanarak kanal dolumunda da kullanmak amacıyla MTA içerikli kanal patları üretilmiştir.

Bunun için MTA'nın özelliklerine adezyon, akıcılık ve uygun sertleşme süresi gibi özellikler eklenmiştir [55].

Bu gruba ait örnek patlar; MTA obtura, MTA fillapex'dir.

2.3.5.2. Kalsiyum Silikat Fosfat İçerenler

İçeriklerinde kalsiyum silikat, kalsiyum fosfat, zirkonyum oksit, kalsiyum hidroksit ve hidroksiapatit bulunur. Biyoaktif ve biyouyumlu olması içeriğinde ki hidroksiapatit ve kalsiyum silikata bağlıdır. Hidrofiliktir özellik göstermektedir. Ortamdaki nem sayesinde sertleşir. Nem ile sertleşmesi sızdırmazlığı olumlu yönde etkiler [51].

Kalsiyum fosfat ilk defa LeGeros ve ark. tarafından biyoseramik restorasyon simanı olarak kullanılmıştır [56]. Ayrıca, biyoseramik materyallerin kök kanal patı olarak ilk kullanımı, iki yıl sonra Krell ve Wefel'in kalsiyum fosfat simanı olan Grossman patı ile apikal tıkama, adaptasyon, dentin tübüllerine penetre olma, kohezyon, adezyon veya morfolojik görünüm açısından karşılaştırdığı ve her iki pat arasında anlamlı bir fark bulamadığı çalışma ile olmuştur [57].

Bu gruba ait örnek patlar; Well Root ST, Bioseal'dır.

2.4. Çalışmamızda Kullandığımız Kanal Patları

2.4.1. Well Root ST

Bu malzeme nihai kanal dolgusu için üretilmiş hazır karışım yapılmış, kullanıma hazır, enjektabıl biyoseramik esaslı bir pattır [Resim 1.]. Üreticinin ifadesine göre zirkonyum oksit, kalsiyum silikat, kalınlaştırıcı ve doldurucular ajanlar içerir [5]. Materyal hidrofilik olduğundan dentin tübüllerindeki nemi kullanarak sertleşme reaksyonu gerçekleştirir. Sertleşme zamanı 25 dakikadır fakat sertleşme reaksiyonu kök kanallarında 2.5 saatten daha uzun zaman alabilir. Üreticinin tavsiyelerine göre Well Root ST [Vericom, Gangwon-Do, Kore] gütaperka ile beraber kullanılmalıdır. Güncel literatürde kimyasal içeriği ve fiziksel özellikleri hakkında bilgi bulunmamaktadır. Reszka ve ark. [2016] tarafından yapılan çalışmada kalsiyum, zirkonyum, oksijen, silikon, karbon, klorin, sodyum, magnezyum, alüminyum ve titanyum içerdiğini belirlenmiştir [58].



Resim 2.1. Well-Root ST

2.4.2. MTA Fillapex

MTA Fillapex [Angelus, Londrina, Brezilya] MTA içeren bir kök kanal dolgu patıdır (Resim 2.). Hidrofilik özellikteki partiküller içeren MTA'nın trikalsiyum silikat, trikalsiyum aluminat, trikalsiyum oksit içerdiği ve içeriğinde yaklaşık %0,6 oranında çözünmeyen kristalin silika içerdiği, kalsiyum oksit (CaO), serbest magnezyum oksit (MgO), potasyum ve sodyum sülfat bileşiklerinin bulunduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte radyoopaklık için bizmut oksit (Bi_2O_3) eklendiği de bildirilmektedir. Bu toz bileşenlerin steril suyla hidrasyonunun sonucunda düzenli olmayan, kristalize ve koloidal bir jel oluşturur. İçinde $Ca(OH)_2$ bulunmamasına karşın, reaksiyon sırasında bir miktar $Ca(OH)_2$ partikülü de oluşmaya başlar. Bu jel yapı yaklaşık olarak üç saat içinde sertleşmesini tamamlar [4].



Resim 2.2. MTA Fillapex

2.5. SERTLİK TESTLERİ

Sertlik, materyalin dislokasyon hareketine ya da plastik deformasyona karşı uyguladığı direnç sertlik olarak isimlendirilir. Sertlik deneyinde ise materyalin yüzeyine batırılan bir uca ya da kesici bölüme karşı koyduğu direnç ölçülür. Kuvvet uygulayan uçlar sertleştirilmiş çelik, elmas ya da sinterlenmiş tungsten karbür gibi, sertliği ölçülecek örneklerden çok daha yüksek olan materyallerden üretilir. Şekil olarak koni, top uç, ya da piramit biçimindedir. Deneyler esnasında yük, kuvvet uygulayan ucun yüzeye dik olarak ve yavaşça bastıracak şekilde uygulanır. Oluşturulan iz derinliğinden sertliği ölçülecek örneği en az 10 kat daha fazla olmalı ve sertlik ölçümü yapılacak örneklerinin iz ve ölçme alanları düzgün ve birbirine paralel olmalıdır [59, 60].

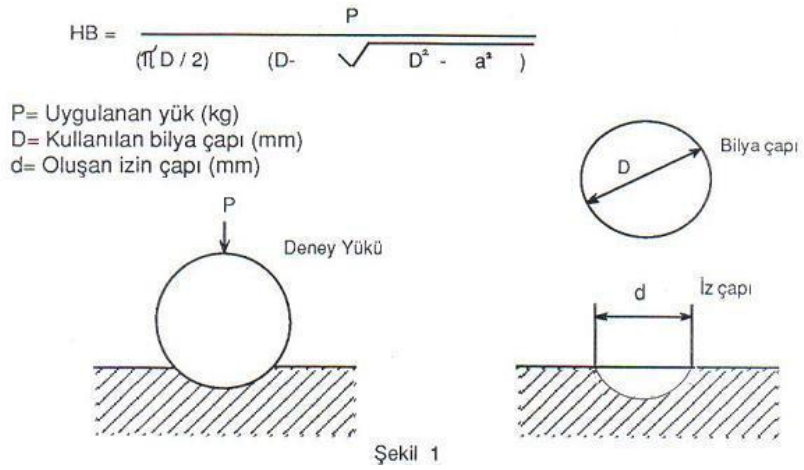
Materyalin sertliği; uygulanan yükün, örnek yüzeyinde oluşan izin yüzey alanına veya kuvvet uygulayan ucun, batma derinliğine oranına göre belirlenir [60, 61].

Mikrosertlik testleri, bazı önemli mekanik kriterler için; sertlik, elastikiyet modülü, esneme ve kırılma dayanımı gibi kriterler için belirleyici olur. Farklı Kullanılan geometrik uçlara göre adlandırılan Rockwell, Brinell, Vickers ve Knoop mikrosertlik testleri mikrosertlik ölçüm teknikleri mevcuttur. Rockwell, Brinell, Vickers ve Knoop mikrosertlik testleri olarak isimlendirilirler. [60, 62-64].

2.5.1. Brinell Sertlik Deneyi

Materyalin yüzeyine sertleştirilmiş çelik veya tungsten karbürden üretilen bir top uç belirli miktarda bir yük ile uygulanır ve sonrasında materyal yüzeyinde oluşan iz çapı ölçülür. Brinell Sertlik Değeri (BSD) şu formülle hesaplanır. [60, 61].

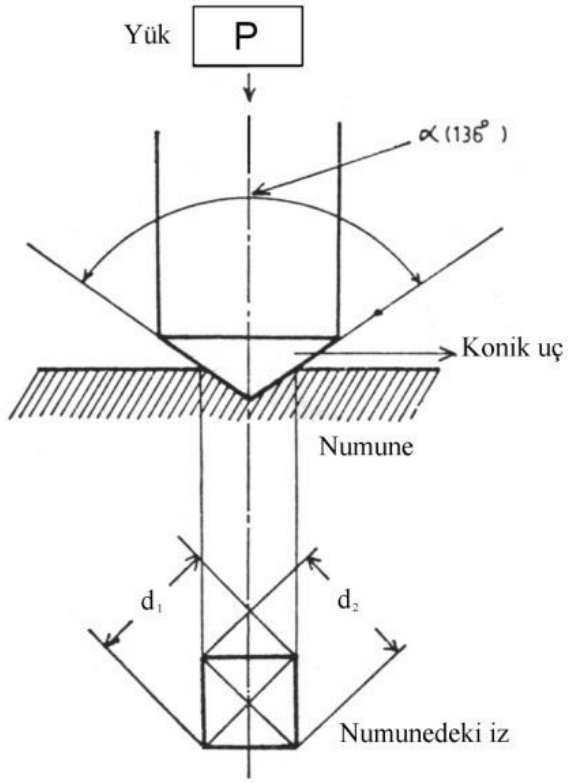
Brinell Sertlik Değeri (BSD): Uygulanan yük (P) / materyal yüzeyinde oluşan izin küresel yüzey alanı (A)



Şekil 2.1. Brinell Sertlik Deneyi [60]

2.5.2. Vickers Sertlik Deneyi

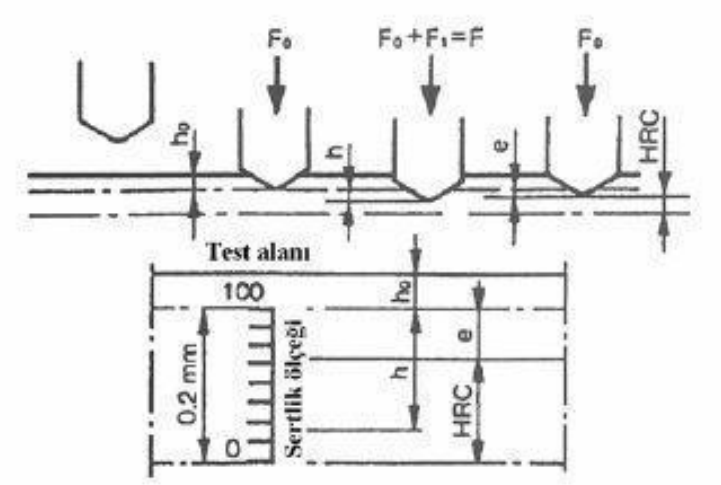
Kuvvet uygulayan uçlar, elmastan üretilmiş tabanı kare olan piramit şeklindedir. Kuvvet, materyalin yüzeyine, belirli bir yük altında ve belirli bir süre uygulanır. Böylece oluşturulan izin köşegen uzunlukları ölçülür. Yüke bağlı olarak Vickers sertliği değişmez. Bu teknikle ince tabakaların veya çok küçük bir alanın mikrosertliğinin ölçümü de mümkündür [60, 65].



Şekil 2.2. Vickers Sertlik Deneyi [60]

2.5.3. Rockwell Sertlik Deneyi

Kuvvet uygulayan uç, ya elmas koni ya da çelik top uçtur. Standart kuvvet uygulayan uç küçük bir yük ile malzeme yüzeyine uygulanır. Oluşturulan izin en derin noktası başlangıç olarak kabul edilerek, yük daha yüksek olan bir değere çıkarılıp, sonra tekrar başlangıç değerine getirilir. Derinlikte meydana gelen artış Rockwell sertlik değeri olarak ölçülür **[60, 65]**.

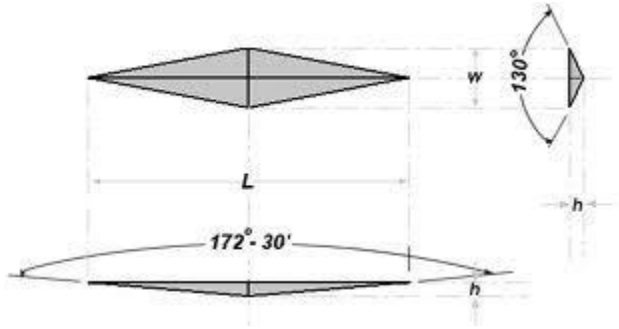


Şekil 2.3. Rockwell Sertlik Deneyi [60]

2.5.4. Knoop Sertlik Deneyi

Bu deney daha çok mikrosertlik ölçümü için kullanılır. Elmastan üretilen piramit şeklinde ucun, kısa köşegeninin uzunluğu, uzun olan köşegen uzunluğunun 7 katıdır. Knoop Sertlik Değeri (KSD) şu formülle hesaplanır. [60, 61].

Knoop Sertlik Değeri (KSD): optik mikroskobunun mikrometresi ile ölçülen deneyden elde edilen izin uzun köşegen uzunluğu, / uygulanan yük iz alanı (A) [60].



Şekil 2.4. Knoop Sertlik Deneyi [60]

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. ETİK KURUL ONAYI

Çalışmamızın etik kurul onayı Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 27.02.2024 tarihi ve 2024-101 sayılı proje numarasıyla alınmıştır.

3.2. DİŞ SEÇİMİ

Çalışmaya başlamadan önce, örneklem büyüklüğünü belirlemek için SPSS yazılımı kullanılarak güç analizi yapılmıştır. Bu çalışmada %95 güvenlik düzeyinde, etki büyüklüğü 0.30 ve %81 güç ile çalışması planlanmıştır. 0.05 anlamlılık düzeyi belirlenerek 30 diş üzerinde çalışılması planlanmıştır.

İn vitro koşullarda yürütülen çalışmamızda, daha önceden ortodontik veya periodontal nedenlerle çekilmiş olan, 30 adet tek köklü premolar dişler kullanılmıştır. Diş yüzeylerinde çürük, renklenme, hipomineralizasyon ve çatlak gibi yapısal bozuklukların bulunup bulunmadığı stereomikroskop (Leica Microsystems GmbH, Leica MZ21, Wetzlar, Almanya) ile x25 büyütmede incelenmiş, hasar görmüş ve aşırı dilasere köklere sahip dişler çalışma dışı bırakılmıştır. Çekimden sonra %10 formalin solüsyonu içerisinde muhafaza edilen dişler, yüzeylerindeki debrisler distile su yardımıyla temizlenmiştir.

3.3. ÖRNEKLERİN HAZIRLANMASI

Dişler rastgele iki gruplara ayrılmıştır. Su soğutması altında önce kron ve kök olarak ikiye ayrılmıştır. 15 K (Dentsply, Switzerland) eğe ile kök ucundan çıkılarak çalışma boyu belirlenmiştir. One Shape (Micro Mega, Coltane, France) döner eğe kullanılarak diş köklerinin mekanik preparasyonu yapılmıştır. Preparasyon yaparken irrigasyon için deiyoize su kullanılmıştır. Kağıt konlar yardımı ile kanallar kurutulmuştur.

Daha sonrasında da kökler vertikal olarak ikiye ayrılmış ve ayrılan kök kısmı kanal boşluğu yukarıda olacak şekilde akrilik rezin içerisine gömülmüştür (Şekil 3.1).

30 adet diş, her biri 15 örnekten oluşan 2 adet deney, 2 adet kontrol grubu olarak ayrılmıştır.



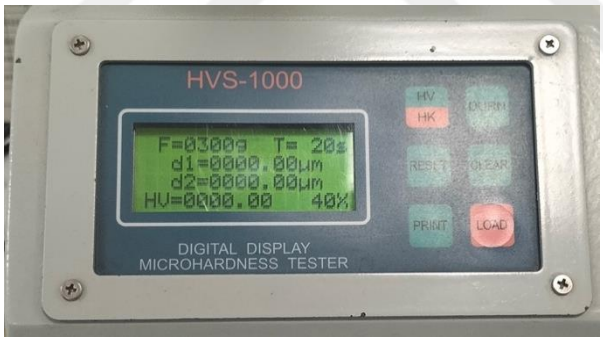
Şekil 3.1. Çalışma öncesi çekilmiş olan dişler su soğutması altında elmas separe ile kron ve kökleri birbirinden ayrılmıştır. Ayrılan kök kısmı kanal boşluğu yukarıda olacak şekilde akrilik rezin içerisine gömülmüştür.

3.4. BAŞLANGIÇ YÜZEY SERTLİKLERİNİN ÖLÇÜLMESİ

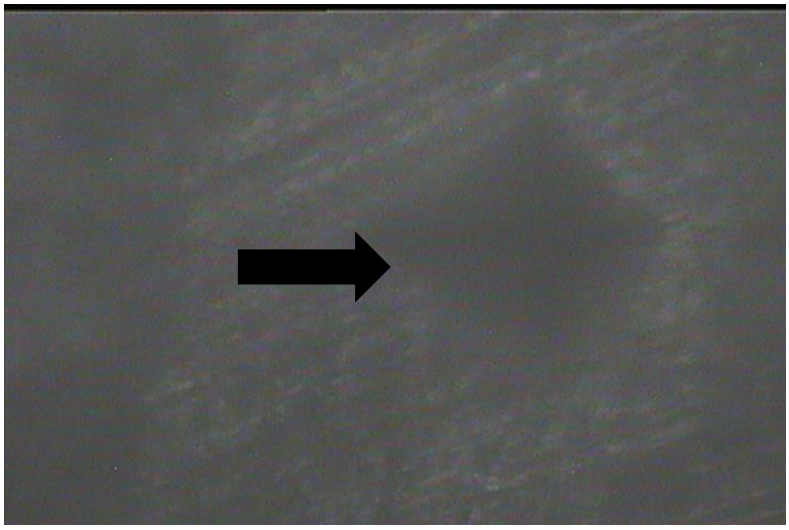
Mikrosertlik ölçümleri Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi bünyesinde bulunan 0,01kg-2kg arasında yükleme yapılabilen Vickers sertlik testlerinin yapılabildiği mikrosertlik cihazı [Sino Age Development Technology, Ltd., HVS-1000 Digital Micro Vickers Hardness Tester With Easy Operating System, Pekin, Çin] ile koronal, orta ve apikal olmak üzere üç bölgede gerçekleştirmiştir (Şekil 3.2.). Cihaz üzerinde bulunan tablaya üst ve alt yüzeyi paralel olarak hazırlanmış deney örnekleri yerleştirilmiştir. Ölçümlerin kenar bölgelerde yapılmasından kaçınılmış ve ölçümler örneklerin yüzeyinde, tabanı piramit şeklinde olan ucun 300 gr kuvvetin 20 sn uygulanması sonrası (Şekil 3.3.) meydana getirdiği izinin köşegenlerinin ölçülmesi ile sağlanır (Şekil 3.4.).



Şekil 3.2. Vickers mikrosertlik ölçüm cihazı (Sino Age Development Technology, Ltd., HVS-1000 Digital Micro Vickers Hardness Tester With Easy Operating System, Pekin, Çin)



Şekil 3.3. Mikrosertlik ölçüm cihazının ekran ayarları



Şekil 3.4. Vickers mikrosertlik ölçüm cihazının meydana getirdiği iz.

3.5. KANAL PATLARININ UYGULANMASI

Hazırlanan örneklerde prepare edilmiş kök kanallarına belirlenen kök kanal patları uygulanmıştır. Birinci deney gurubuna MTA fill apeks (Angelus, Brasil) kanal patı, baz ve katalizör olmak üzere iki ayrı tüpteki patlar karıştırma kağıdı üzerinde üreticinin talimatları doğrultusundan karıştırılarak hazırlanmıştır. 15 adet örneğe kanal boyunca eşit miktarda uygulanmıştır (Şekil 3.5.). Uygulama sonrasında örnekler 48 saat 37 C de %100 nemli etüv ortamında bekletilerek kök kanal patlarının sertleşmesi sağlanmıştır (Şekil 3.6.).

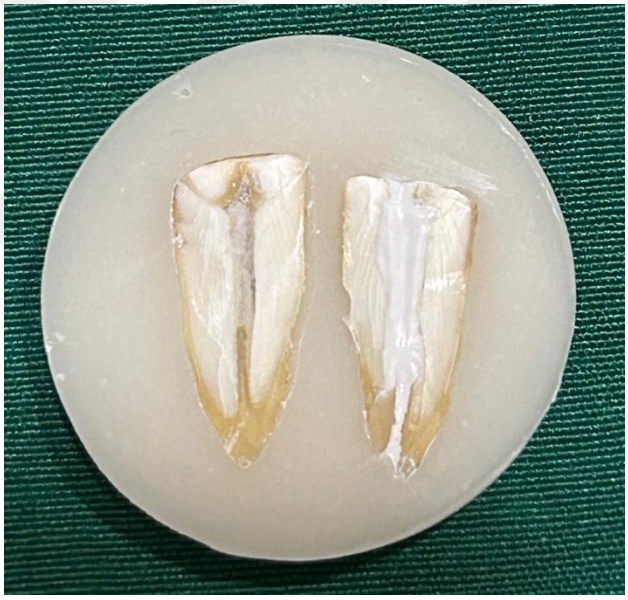


Şekil 3.5. Birinci deney gurubuna MTA fill apeks [Angelus, Brasil] kanal patı, baz ve katalizör olmak üzere iki ayrı tüpteki patlar karıştırma kağıdı üzerinde üreticinin talimatları doğrultusundan karıştırılarak hazırlanmıştır. 15 adet örneğe kanal boyunca eşit miktarda uygulanmıştır.



Şekil 3.6. Etüv cihazı

İkinci deney grubuna Well-Root ST [Vericom, Korea] kök kanal dolgu patı şırınga halinde hazır karıştırılmış bir şekilde, 15 adet örneğe kanal boyunca eşit miktarda uygulanmıştır. Uygulama sonrasında örnekler 48 saat 37°C de %100 nemli ortamda bekletilip kök kanal patlarının serleşmesi sağlanmıştır (Şekil 3.7.).



Şekil 3.7. Well-Root ST kanal patının örneklere uygulanması

3.6. FİNAL YÜZEY SERTLİKLERİNİN ÖLÇÜLMESİ

48 saatin sonunda final yüzey sertliği Vickers sertlik testlerinin yapılabildiği mikrosertlik cihazı (Sino Age Development Technology, Ltd., HVS-1000 Digital Micro Vickers Hardness Tester With Easy Operating System, Pekin, Çin) ile koronal, orta ve apikal olmak üzere 3 bölgede gerçekleştirilmiştir.

3.7. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Veriler IBM SPSS 20.0 programında analiz edilmiştir. Normal dağılış gösteren iki tekrarlı ölçümlerin analiz iki eşli grup t-testi ile test edilmiştir. Gruplara göre tekrarlı ölçümlerin analizinde ise Anova testi kullanılmıştır. $p<0,05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

Çalışmamızda kök kanalları boyunca uygulanan; MTA Fill Apeks ve Well-Root ST kanal patlarının kök yüzeylerinin koronal, orta ve apikal bölgelerinin yüzey sertliklerine etkilerinin değerlendirilmesi için yüzey mikrosertlik testi uygulanmıştır.

Tüm deney gruplarında, kök kanal patı uygulanmadan önce ve uygulandıktan ölçülen yüzey mikrosertlik değerleri Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. MTA Fill Apeks Mikrosertlik Ölçüm Değerleri

	MTA Fill Apex						
	Yüzey Mikrosertlik						
Diş No	**2. Grup**			**Diş No**	**Kontrol**		
	Koronal	**Orta**	**Apikal**		**Koronal**	**Orta**	**Apikal**
1	46,37	42,72	40,09	1	39,8	38,8	36,2
2	44,57	57,5	34,7	2	40,08	45,5	29,5
3	40,06	46,6	36,8	3	38,2	42,9	20,03
4	54,9	59,3	30,07	4	55,3	57,2	27,8
5	60,01	56,5	34,05	5	49,8	40,2	31,2
6	53,8	55,9	33,8	6	50,02	49,4	28,5
7	40,08	42,9	29,3	7	40,01	33,2	27,2
8	34,8	33,9	25,2	8	28,7	30,3	20
9	44,7	45,3	37,8	9	42	39,7	27
10	52,2	58,5	40,5	10	49,8	45,8	32
11	45,03	49,7	37,02	11	43,4	47,1	33
12	55,9	57,9	42,1	12	50,01	46,2	31,8
13	37,5	38,3	35,8	13	37,2	33,9	32,3
14	38,7	40,5	36,8	14	35,8	38,7	32,5
15	41,2	45,5	41,2	15	38,2	40,3	38,7

Çizelge 4.2. Well-Root ST Mikrosertlik Ölçüm Değerleri

	Well-Root ST						
	Yüzey Mikrosertlik						
Diş No	**1. Grup**			**Diş No**	**Kontrol**		
	Koronal	**Orta**	**Apikal**		**Koronal**	**Orta**	**Apikal**
1	55,18	58,063	52,409	1	49,7	53,6	35,8
2	50,44	57,7	37,1	2	47,6	50,4	36,2
3	48,9	51	37,8	3	50,7	53,2	38
4	55,8	64,4	50,1	4	53,1	57,6	45,2
5	60,3	61,8	57,6	5	61,2	60,04	56,2
6	65,7	66,1	62,8	6	67,8	69,5	62,2
7	54,5	64,2	54,2	7	53,3	63,4	53,4
8	64,8	66,5	53,8	8	56,8	58,6	47,2
9	49,8	62,1	45,5	9	47,2	58,6	43,2
10	45,9	47,2	38,7	10	43,8	46,4	37,1
11	55,7	57,1	36,3	11	50	48	34
12	54,4	56,8	40,02	12	51,8	54,3	36,8
13	43,1	45,1	36,8	13	42,7	43,2	32,7
14	47,6	54,8	44,3	14	49,8	56,6	44,1
15	52,8	54,5	38,2	15	50,6	52,4	34

Well Root ST uygulanan kök yüzeylerinin, uygulama öncesi ve uygulama sonrası ölçülen yüzey mikrosertlik değerlerinin istatistiksel analizi Çizelge 4.3'te gösterilmiştir. İstatistiksel analizin grafiği ise Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

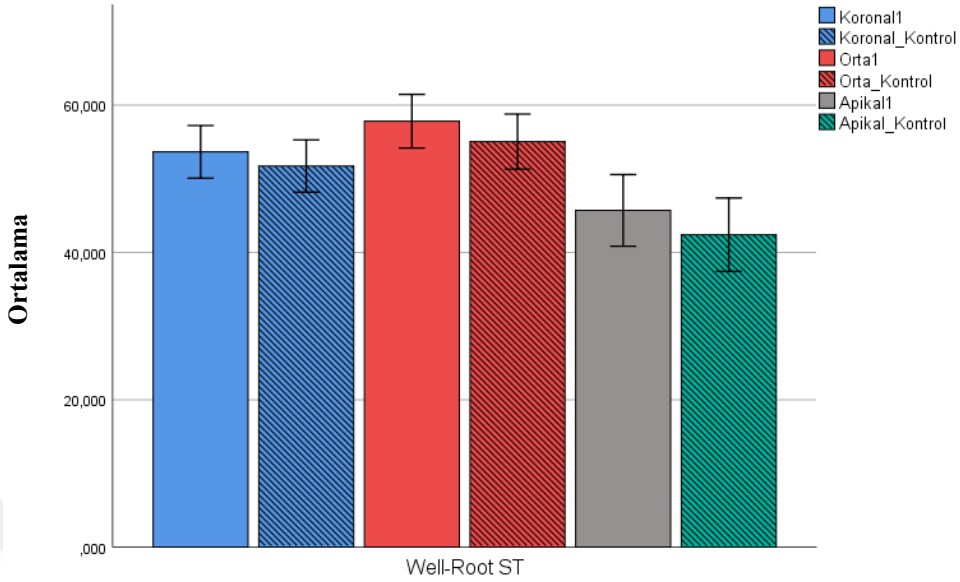
Çizelge 4.3. Well Root ST uygulanan grubun istatistiksel analizi

	Well-Root ST				
	Açıklık	Ortalama	Standart Sapma	t	p
Koronal	22,60	53,66	6,45	2,499	0,026*
Koronal Kontrol	25,10	51,74	6,40		
Orta	21,40	57,82	6,57	2,835	0,013*
Orta Kontrol	26,30	55,06	6,75		
Apikal	26,50	45,71	8,78	3,078	0,008**
Apikal Kontrol	29,50	42,41	9,00		

*%5 anlamlılık düzeyinde önemli
**%1 anlamlılık düzeyinde önemli

Well-Root ST grubunda, koronal bölgede deney ve kontrol grupları ile arasında, orta bölgede deney ve kontrol grupları arasında, apikal bölgede deney ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık mevcuttur. ($p<0,05$). En yüksek değer pat uygulanan grupta orta üçlüde, en düşük değer ise apikal üçlünün kontrol grubunda saptanmıştır. Well-Root ST grubunda kontrol grubundaki koronal,

orta ve apikal ortalama değerleri pat uygulanan gruptan daha düşük olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.1. Well Root ST uygulanan grubun istatistiksel analiz grafiği

MTA Fill Apeks uygulanan kök yüzeylerinin, uygulama öncesi ve uygulama sonrası ölçülen yüzey mikrosertlik değerlerinin istatistiksel analizi Çizelge 4.3'te gösterilmiştir. İstatistiksel analizin grafiği ise Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

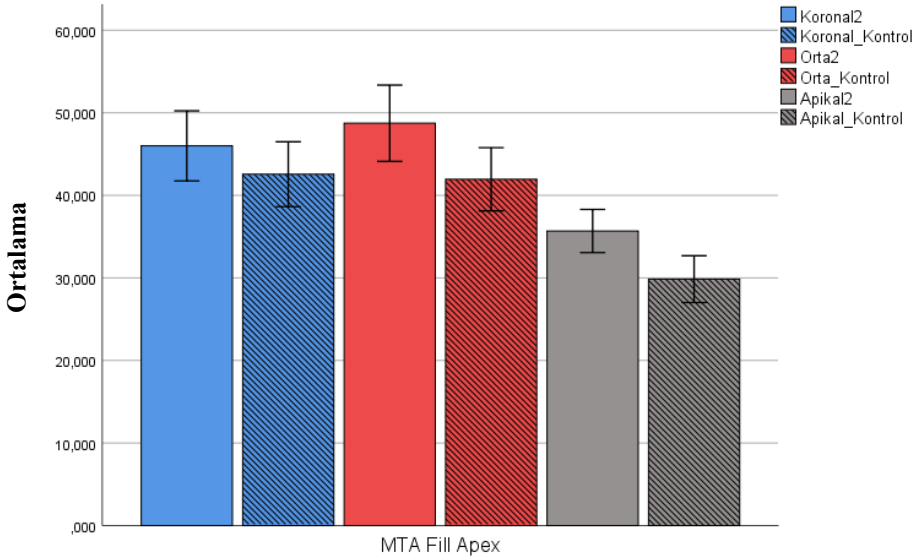
Çizelge 4.4. MTA Fill Apeks uygulana grubun istatistiksel analizi

	MTA Fill Apex				
	Açıklık	Ortalama	Standart Sapma	t	p
Koronal	25,21	45,99	7,66	4,664	0,000**
Koronal Kontrol	26,60	42,55	7,09		
Orta	25,40	48,74	8,34	5,804	0,000**
Orta Kontrol	26,90	41,95	6,91		
Apikal	16,90	35,68	4,72	5,527	0,000**
Apikal Kontrol	18,70	29,85	5,12		

**%1 anlamlılık düzeyinde önemli

MTA Fill Apex grubunda, koronal bölgede deney ve kontrol grupları ile arasında, orta bölgede deney ve kontrol grupları arasında, apikal bölgede deney ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık mevcuttur ($p<0,05$). En yüksek değer pat uygulanan grupta orta üçlüde, en düşük değer ise apikal üçlünün kontrol grubunda saptanmıştır. MTA Fill Apex grubunda, kontrol grubundaki

grubunda kontrol grubundaki koronal, orta ve apikal ortalama değerleri pat uygulanan gruptan daha düşük olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.2. MTAFill Apeks uygulanan grubun istatistiksel analiz grafiği

Her iki grubun koronal, orta ve apikal bölgesinin yüzey mikrosertlik değerleri birbiriyle karşılaştırılmıştır. İstatistiksel analiz sonuçları; koronal üçlünün Çizelge 4.4, orta üçlünün Çizelge 4.5, apikal üçlünün ise Çizelge 4.6'da gösterilmiştir. İstatistiksel analizin grafiği ise Şekil 4.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Koronal üçlünün istatistiksel analizi

Grup		n	Ortalama	Standart Sapma	F	p
Well-Root ST	Koronal	15	53,66	6,45	11,644	0,002**
	Koronal Kontrol	15	51,74	6,40		
MTA Fill Apex	Koronal	15	45,99	7,66		
	Koronal Kontrol	15	42,55	7,09		
Total	Koronal	30	49,82	7,98	25,305	0,000**
	Koronal Kontrol	30	47,15	8,12		

**%1 anlamlılık düzeyinde önemli

Koronal bölgede deney ve kontrol grupları arasında, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p<0,05$). Ortalama koronal değerleri Well-Root ST ve MTA Fill Apex gruplarına göre farklılık göstermektedir ($p<0,05$). Well-Root ST grubundaki ortalama koronal değerleri MTA Fill Apex grubuna göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.6. Orta üçlünün istatistiksel analizi

Grup		n	Ortalama	Standart Sapma	F	p
Well-Root ST	Orta	15	57,82	6,57	19,585	0,000**
	Orta Kontrol	15	55,06	6,75		
MTA Fill Apex	Orta	15	48,73	8,34		
	Orta Kontrol	15	41,95	6,91		
Total	Orta	30	53,28	8,71	39,338	0,000**
	Orta Kontrol	30	48,50	9,46		

**%1 anlamlılık düzeyinde önemli

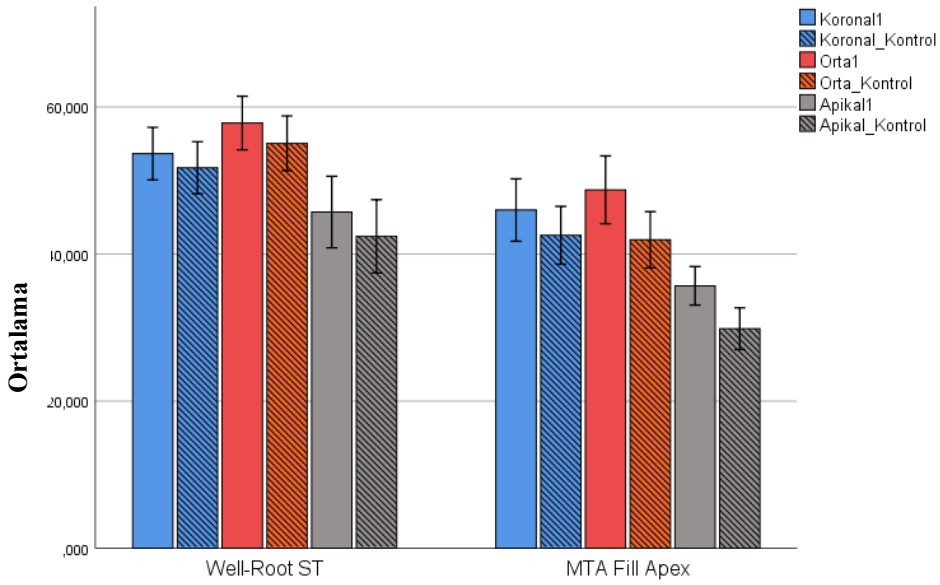
Orta bölgede deney ve kontrol grupları arasında, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p<0,05$). Ortalama orta değerleri Well-Root ST ve MTA Fill Apex gruplarına göre farklılık göstermektedir ($p<0,05$). Well-Root ST grubundaki ortalama orta değerleri MTA Fill Apex grubuna göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. Apikal üçlünün istatistiksel analizi

Grup		n	Otalama	Standart Sapma	F	p
Well-Root ST	Apikal	15	45,71	8,78	20,174	0,000**
	Apikal Kontrol	15	42,41	9,00		
MTA Fill Apex	Apikal	15	35,68	4,72		
	Apikal Kontrol	15	29,85	5,12		
Total	Apikal	30	40,70	8,60	36,346	0,000**
	Apikal Kontrol	30	36,13	9,62		

**%1 anlamlılık düzeyinde önemli

Apikal bölgede deney ve kontrol grupları arasında, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p<0,05$). Ortalama apikal değerleri Well-Root ST ve MTA Fill Apex gruplarına göre istatistiksel olarak farklılık mevcuttur ($p<0,05$). Well-Root ST grubundaki ortalama apikal değerleri MTA Fill Apex grubuna göre daha yüksek bulunmuştur.



Şekil 4.3. İstatistiksel analizin grafiği

5. TARTIŞMA

Başarılı bir kanal tedavi, kök kanallarının uygun kök kanal dolgu malzemeleriyle doğru bir şekilde doldurulması ile gerçekleştirilir. Kök kanal patları, kimyasal içeriklerine göre çinko oksit öjenol, kalsiyum hidroksit, cam iyonomer, silikon, rezin ve biyoseramik esaslı olarak kategorize edilmektedir [66-68].

Son zamanlarda, yeni nesil biyoseramik esaslı kanal patları üretilmiştir. Biyoseramikler, etki ettikleri sert dokulara benzer özellikler taşıyan inorganik, biyouyumlu ve ve biyolojik yapılarla karşılaştığında inert materyallerdir [66, 69]. Endodontide ilk uygulanan biyoseramik esaslı materyal olan MTA, son zamanlarda üzerinde oldukça fazla çalışmalar yapılan bir materyaldir [70-72]. Patolojik ya da iyatrojenik perforasyonların tamiri için tasarlanmıştır. Yakın zamanda MTA bazlı kanal patları üretilmiştir [73].

Literatürde çeşitli MTA içerikli kök kanal patı ve kalsiyum silikat esaslı kök kanal patının, sızdırmazlık, sitotoksisite, genotoksisite, antibakteriyel etki, biyoaktivite ve kök dentininin yüzey sertliğine etkisini değerlendiren çalışmalar bulunmaktadır [13, 15, 16, 74-76]. Literatürde MTA içerikli kök kanal patı ile kalsiyum silikat içerikli kök kanal patının kök dentininin yüzey sertliğine ve bu patların kendi içinde koronal, orta ve apikal üçlü bölgesine etkisini değerlendiren çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu sebeple, çalışmamızda MTA ve kalsiyum silikat içerikli kök kanal patlarının kök dentin yüzey sertliğine etkisini kendi içlerinde ve birbirleriyle değerlendirdik.

İn vitro deneylerin diş hekimliği alanındaki çalışmalarda en sık uygulanan yöntem olduğu söylenebilir. Çeşitli sınırlamalarına karşın in vitro çalışmaların temel avantajı kontrollü şartlar altında tek değişkenli deneylerin gerçekleştirilmesine imkan sağlamasıdır. İn vitro deneyler, in vivo olarak yapılması zor olan mekanik çalışmaların yapılmasına imkan verir [77]. Bununla birlikte sıra in vitro çalışmalar diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında maliyetinin düşük olması, kısa zamanda sonuçlanabilmesi, klinik olarak üzerinde çalışma yapılamayacak hipotezlerin test edilmesine olanak vermesi, in vivo ve in situ çalışmalarda karşı karşıya gelinen etik ve izin sorunlarının daha az olması gibi avantajlara sahiptir [78]. Bu nedenle biz de çalışmamızı in vitro koşullar altında gerçekleştirdik.

Çekilmiş dişlerin kullanıldığı çalışmalarda modellerin standardize edilmesi deney sonuçlarının da güvenilirliğini arttırmaktadır. Bu sebeple deney modellerin standardizasyonu oldukça büyük önem taşımaktadır. Örneklerin standart olarak hazırlanması hastanın yaşı, kullanılan dişlerin çürüklü olup olmaması, örneğin kökün hangi bölgesinden hazırlandığı ve dişlerin çalışma boyunca saklandığı ortam büyük önem göstermektedir. Carrigan ve ark. [79] çalışmalarında yaş ilerledikçe dentin tübül sayılarının azaldığını ayrıca apikal bölgede koronal bölgeye gidildikçe daha fazla dentin tübülü içerdiğini bildirmişlerdir. Bu sebeple seçilen dişlerin standardizasyonu için birbirine yakın yaş gruplarından seçilmesi gerekmektedir. Çürük, kullanılacak dişlerin standardizasyonunda önemli taşımaktadır. Hosoya ve ark. [80] süt dişlerinde çürüklü ve çürüksüz alanların mikrosertlik değerlendirmelerini yaptıkları çalışmalarında mikrosertliğin çürük alanlarda diğer alanlara göre daha az olduğunu ifade etmişlerdir. Bu nedenle çürük yüzeylerde yapılan mikrosertlik ölçümleri, sağlıklı kök dentin yüzeylerinden elde edilen mikrosertlik değerlerini verememektedir. Bu sebeble çalışmamızda modellerin homojenliğini yakalamak için çürüksüz dişler kullanılmıştır.

Yaptığımız bu deneyde mandibular tek köklü premolar dişler kullanılarak, örnekler arasındaki farkların en aza indirgenmesi hedeflenmiştir. Wu ve ark. standardizasyon sağlamak için aynı grup dişlerin kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir [81]. Ayrıca çalışmalarda çürüksüz ve restorasyonsuz dişlerin kullanımının, standardizasyonu bozacak farklılıkları en aza indirgediği bildirilmiştir [82]. Molar dişlerde özellikle mesial köklerin orta derecede eğimli olma olasılığının %54'lere kadar varması ve çok kanallı olması, üst 1. premolar dişlerin 2 köklü yapıda olması ve üst 2. premolar dişlerin ise Vertucci varyasyonlarını en fazla gösteren dişler olması, çalışmada bu dişlerin tercih etmememizin başlıca nedenleri olmuştur [83, 84].

Çekilmiş dişlerin deneye başlamadan saklandığı koşullar da çalışmanın güvenilirliği açısından büyük önem teşkil etmektedir. Dişlerin deney süresince saklandığı solüsyonlar nedeniyle mineralize doku yüzeylerinde kimyasal değişiklikler gerçekleşebilir. Bu durum, sertliğin ve mineral yapının analizinde ölçümü etkilemektedir [85]. Çekilen dişlerin deney zamanına kadar beklediği sure içerisinde dehidrate olmalarının engellenmesi için çeşitli solüsyonlar içerisinde bekletilmeleri tavsiye edilmiştir. Bu amaçla salin solusyonu ve distile su kullanılabilmektedir. Bunun yanı sıra etanol, timol, formaldehit, glutaraldehit, sodyum hipoklorit gibi antimikrobiyal

kimyasal ajanlar solüsyonlara eklenebilmektedir [86, 87]. Biz de çalışmamızda kök yüzey sertliği ölçülen diğer çalışmalarda [88-90] olduğu gibi, nötr olması açısından sonuçları etkilememesi için distile su kullandık. Dişlerin saklandığı distile su haftalık periyotlarla değiştirilmiştir. Bu sayede kullanılan örnekler deney hazırlıkları sırasında ağız ortamına yakın bir ortamda ve oda sıcaklığında bekletilerek gerçeğe yakın sonuçların elde edilmesi amaçlanmıştır.

Dişler şekillendirilmeden önce çalışma boyunun belirlenmesi daha sonra yapılacak dolumun kalitesi ve sızdırmazlık için önemli bir faktördür [91, 92]. Pulpa ve periapekse ait dokular arasındaki geçiş minör apikal foramen ile olur. Bu sebeple kanal şekillendirmesi ve kanal dolumu da minör apikal foramende bitmelidir. Minör apikal çap apikal foramenden 0,5-1 mm yukarıda yer almaktadır [93].

Machado ve ark, Furtado ve ark. çalışma boyunu majör apikal foramenden 1 mm yukarıda olacak şekilde belirlemişlerdir [94, 95]. Benzer çalışmalar örnek alınarak tez çalışmamızda 15 numaralı K file eğe apikal foramenden çıktığı seviyeden 1 mm yukarısı çalışma boyu olarak belirlendi.

MTA Fillapeks pat ve katalizörden oluşmaktadır. Pat A; salisilat rezin [metil salisilat, bütilen glikol ve çam sakızı reçinesi], bizmut oksit ve silika içermektedir. Pat B; silikon dioksit, titanyum dioksit ve baz rezin (pentaeritritol, rosinat ve toluen sülfonamid) ve ek olarak %13,2 oranında doldurucu MTA partikülleri içermektedir. Çalışma zamanı yaklaşık 23 dakika, tamamen sertleşmesi ise yaklaşık 2 saat sürmektedir [58]. Akışkanlık ve viskozite [96, 97], boyutsal değişiklik [97], pörözite [98, 99], örtücülük [97], radyooposite, elektrik iletkenliği [100], antibakteriyel etki [101], biyouyumluluk [102-106], sitotoksisite [105] ve genotoksisite [107-109] gibi özellikleri üzerine çalışmalar yapılmıştır.

Grossman üç boyutlu obturasyon elde etmek için dolgu maddesi doku sıvısında çözünmemeli ve ilk uygulandığında dentin tübülleri boyunca düzgün bir şekilde akması gerektiğini belirtmiştir [110]. Yapılan çalışmalarda, MTA-Fill Apex kabul edilebilir sınırı aşan yüksek bir çözünürlük göstermiştir [111, 112]. Başka bir çalışma, MTA-Fill Apex'in uygulanmasından sonra 4 hafta boyunca sitotoksik olduğunu göstermiştir; bu durumun, yüksek çözünme oranına bağlı olduğu düşünülmektedir [113]. Son zamanlarda yapılan bir çalışma, MTA Fillapex'in uygun radyoopasitesini, pH'ını ve akışkanlığını göstermiştir [113].

Piyasada ilk tanıtılan MTA içerikli kök kanal patı MTA Fillapeks'tir ve yaklaşık 13 senedir kullanımdadır. Üzerinde en fazla çalışma yapılan patlardan olup obturasyon etkinliği ve klinik başarısı pek çok çalışma ile değerlendirilmiştir [58]. Çalışmamızda MTA içerikli kök kanal patı olarak MTA Fillapeks [Angelus, Londrina, Brezilya] kullandık.

Endodontide kullanılan kalsiyum silikat esaslı kök kanal patlarının dentin mineralizasyonuna katkı sağladığı, kabul edilebilir seviyede sitotoksisiteye sahip olduğu, antibakteriyel etki gösterdiği ve dentin tübül penetrasyonun iyi derecede olduğu bildirilmiştir [76]. Dolayısıyla endodontide kalsiyum silikat esaslı kök kanal patlarının kullanımı popülerlik kazanmıştır [114, 115].

İn vitro ve klinik çalışmalar, bu kanal patının yapay ve doğal çürük lezyonlarına uygulandığında dentinde mineral oluşumunun arttığını göstermiştir; bu, büyük ölçüde intratübüler ve yüzeysel mineral birikimi ile ilişkilidir [116-118].

Önceden karıştırılmış kalsiyum silikat bazlı kök kanal patlarının (AH Plus Bioceramic Sealer ve Bio-C Sealer vs.), halihazırda önemli klinik başarı göstermiş olan geleneksel rezin esaslı kök kanal patlarına kıyasla elverişli kullanım özellikleri sağladığı görüşü hakimdir [119].

Son zamanlarda piyasaya sürülen kalsiyum silikat içerikli patlardan biri Well-Root ST'dir [Vericom, Gangwon-Do, Kore]. Bu kanal patı önceden karıştırılmış, kullanıma hazır, enjekte edilebilen kök kanalının final dolumunun yapılabilmesi için geliştirilmiş bir pattır [58]. Çalışmamızda hakkında sınırlı sayıda araştırma bulunan kalsiyum silikat esaslı kök kanal patlarından Well Root St'yi kullandık.

Literatüre baktığımızda; Well Root ST ve MTA Fill Apex kanal patlarıyla ilgili olarak, diş köküyle pat arasındaki iyon geçişini inceleyen [58], diş renklenmesini değerlendiren [120], dentin tübül penetrasyonunu inceleyen [121] çalışmalar mevcuttur.

MTA Fill Apex ile kök kanal dolumunda altın standart kabul edilen AH Plus kanal patını, antimikrobiyal etki, sitotoksisite, fizikokimyasal özellikler açısından değerlendiren çalışmalar mevcuttur [122, 123]. Ancak literatür taraması sonucu, Well Root ST ve MTA Fill Apex patlarını kök yüzey sertliği açısından değerlendiren çalışmaya rastlanılmamıştır.

Sertlik, katı bir malzemenin plastik deformasyona, elastik deformasyona ve tahribata dayanma yeteneğini ifade eder [124]. Mikrosertlik ölçümü, diş sert dokularının

mineral içeriğini tespit etmek için sıklıkla kullanılmaktadır [125]. Yüzey mikrosertliğini ölçmek için kullanılan en yaygın teknikler, Knoop, Vickers ve nanosertliktir [124]. Çalışmamızda Vickers mikrosertlik testi tercih edilmiştir. Çünkü Vickers testi, diş sert dokularının derin bölgelerindeki değişiklikleri tespit etmede daha uygundur [2]. Ölçüm hatalarına karşı daha duyarlı, yüzey koşullarına daha az duyarlı olması ve küçük numunelerde daha doğru sonuçlar elde edilebilmesi nedeniyle Knoop testi yerine Vickers sertlik testi kullanılmıştır [126]. Aynı zamanda yaptığımız çalışmada Vickers sertlik testi, benzer kök yüzey mikrosertliği çalışmalarında olduğu gibi 20 saniyede 300 gr kuvvet uygulanacak şekilde gerçekleştirilmiştir [89, 127-129].

Kök kanal tedavisi sırasında kullanılan terapötik materyallerin dentin üzerine etkisi ve penetrasyon derinliği, dentin tübüllerinin genişliği ve miktarıyla ilişkilidir [130]. Ayrıca dentin tübüllerinin yoğunluğu, pulpa odasına doğru arttıkça mikrosertlik ile ters orantılıdır [131]. Bu sebeple dentin mikrosertliği, kök dentininin farklı seviyelerinde ölçülmüştür.

Cirano ve arkadaşlarının 2004 yılında kanin dişler üzerinde yaptıkları çalışmada, koronal bölgeden ölçüm yapmışlardır ve ortalama olarak 40,08 VHN bulunmuştur [132]. Yaptığımız çalışmada da koronal bölgedeki yüzey sertliği, bu çalışmaya benzer şekilde ortalama olarak 47,14 VHN bulunmuştur. Cirano ve ark. yaptıkları çalışmada, çalışmamızdan farklı olarak örneklerin; bukkal, lingual ve proksimal bölgelerinden ölçüm yapılmıştır [132].

Saghiri ve arkadaşlarının, kök dentininin orta üçlüsü üzerinde yaptıkları çalışmada, bu bölgenin yüzey sertliği 49,82 VHN bulunmuştur [133]. Çalışmamızda da benzer kuvvette uygulanan Vickers testi sonucu, yüzey sertliği 48,5 VHN ölçülmüştür. Sonuçlar bu çalışma ile benzerdir.

Elika ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada örneklerin apikal üçlüsünün yüzey sertlik değeri 43,46-55,98 VHN arasında ölçülmüştür [134]. Yaptığımız çalışmada apikal üçlüde başlangıç yüzey sertlik değeri ortalama olarak 36,13 VHN olarak tespit edilmiştir. Çalışmamızda, Elika ve ark. yaptıkları çalışmadan farklı olarak ise kök yüzeylerine 300 gr kuvvet uygulanmıştır. Elika ve ark. ise 200 gr kuvvet uygulamışlardır [134].

Çalışmamızda Well-Root ST uygulanana dişler için koronal bölgede deney ve kontrol grupları ile arasında, orta bölgede deney ve kontrol grupları arasında, apikal

bölgede deney ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık mevcuttur. En yüksek değer Well-Root ST uygulanan grupta orta üçlüde tespit edildi, Well-Root ST ile doldurulan dişlerde mikrosertlik açısından en dirençli bölge orta üçlü iken koronal bölge daha az dirençli olarak tespit edildi. Dentin mikrosertliği ölçümleri, diş dokusuna ne kadar iyi entegre olduğunu ve uzun vadede ne kadar dayanıklı olacağını belirler. Dentin mikrosertliğinde oluşabilecek azalma sonucu dişin kırılmaya karşı direncini azalttığı bildirilmiştir [131, 135]. Well-Root ST ile dentinle en iyi entegre olduğu ve en dayanıklı olduğu bölge orta üçlü olarak tespit edilmiştir. Apikal bölge ise en dayanıksız bölgesi olarak tespit edilmiştir. Ayrıca bu, dolgu sonrası dentinin en sağlıklı kalacağı bölge orta üçü olarak değerlendirilebilir. Bunun nedeninin dolgu maddelerinden iyon geçişi sebebiyle olduğunu düşünmekteyiz.

Yaptığımız çalışmada, MTA Fill Apex grubunda, koronal bölgede deney ve kontrol grupları ile arasında, orta bölgede deney ve kontrol grupları arasında, apikal bölgede deney ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık mevcuttur. En yüksek değer pat uygulanan grupta orta üçlüde, en düşük değer ise apikal üçlünün kontrol grubunda saptanmıştır. En yüksek değer; Well Root ST uygulanan grupla benzer şekilde, orta üçlüde tespit edilmiştir. MTA Fill Apeks ile doldurulan dişlerde mikrosertlik açısından en dirençli bölge, Well Root ST uygulanan grupla benzer olarak, orta üçlü iken koronal bölge daha az dirençli olarak tespit edildi.

Dentin mikrosertliğinde oluşabilecek azalma sonucu dişin kırılmaya karşı direncini azalttığı bildirildiğinden [131, 135] çalışma sonuçlarımıza göre kök kanal tedavisinde MTA Fill Apex uygulanan dişlerde kırılmaya daha yatkın olabilecek bölge, apikal üçlü olarak değerlendirilebilir.

Koronel bölgede hem Well-Root ST hem de MTA Fill Apex kontrol grubu ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi ($p<0,05$). Kontrol grubunda koronel bölgedeki değerler Well-Root ST ve MTA Fill Apex uygulanan gruplardan daha az olarak tespit edilmiştir. Dolgu materyalleri uygulanmayan dişlerin uygulanan dişlere oranla dentin yapısının daha az dirençli olduğu, Well-Root ST ve MTA Fill Apex dolgu maddelerinin dentin yapısının kırılmaya olan direncini artırarak uzun vadede dentinin sağlığını olumlu yönde etkilediği sonucuna varılmıştır. Ortalama koronal bölge değerleri de Well-Root ST ve MTA Fill Apex gruplarına göre farklılık göstermektedir ($p<0,05$). Well-Root ST grubundaki ortalama koronal bölge değerleri

MTA Fill Apex grubuna göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Well-Root ST uygulanan dişlerde koronel bölgenin MTA Fill Apex uygulanan dişlere göre dentin yapısının kırılmaya karşı daha dirençli olduğu sonucuna varılmıştır.

Orta bölgede her iki grup birbiri ile ve kontrol grubu ile karşılaştırıldığında; istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p<0,05$). Well-Root ST ve MTA Fill Apex için apikal bölgedeki değerler kontrol grubundan daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Uygulanan her iki dolgu maddesi için de dentin yapısının kırılmaya olan direncini artırdığını söyleyebiliriz. Ortalama orta bölge değerleri Well-Root ST ve MTA Fill Apex gruplarına göre farklılık göstermektedir [$p<0,05$]. Well-Root ST grubundaki ortalama orta değerleri MTA Fill Apex grubuna göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Well-Root ST uygulanan dişlerde orta bölgede MTA Fill Apex uygulananlara göre dentin yapısının kırılmaya karşı daha dirençli olduğu sonucuna varılmıştır.

Apikal bölgede, her iki grup birbiri ile ve kontrolle karşılaştırıldığında; istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p<0,05$). Well-Root ST ve MTA Fill Apex için apikal bölgedeki değerler de kontrol grubundan daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Dolgu materyalleri uygulanan dişlerin uygulanmayan dişlere oranla dentin yapısının daha dirençli olduğu sonucuna varılmıştır. Ortalama apikal bölge değerleri Well-Root ST ve MTA Fill Apex gruplarına göre istatistiksel olarak farklılık mevcuttur ($p<0,05$). Well-Root ST grubundaki ortalama apikal bölge değerleri MTA Fill Apex grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. Apikal bölge için de Well-Root ST uygulanan dişlerde MTA Fill Apex uygulananlara göre dentin yapısının kırılmaya karşı daha dirençli olduğu söylenebilir.

Dentin tübüllerinin yoğunluğu, mikrosertlik ile ters orantılı [131] olduğu düşünülürse, her iki deney materyali için de koronal bölgede bulduğumuz mikrosertliğin daha az bulunması literatür bilgilerini desteklemektedir. Tübül alanının genişliğinin artması, dentin geçirgenliğinin artmasına ve dolayısıyla dentin mikrosertliğinin azalmasına neden olmaktadır [4]. Buna karşın koronalden apikale doğru dentin tübül sayısı ve tübül çapları azaldığı düşünülürse [3] apikalde mikro sertliğin en yüksek oranda olması beklenir. Bizim çalışmamızda her iki kök kanal dolgu materyali ve kontrol grupları içinde mikrosertlik açısından en dirençli bölge orta üçlü olarak bulundu. Bunun nedeninin yapılan biyomekanik preperasyonun etkisi olduğu ve dolgu maddelerinden iyon geçişi sebebiyle olduğunu düşünmekteyiz.

Çalışmamızda Well Root St kullanılan grupların tümünün kök yüzey sertlikleri, MTA Fill Apeks kullanılan gruplara göre daha yüksek bulunmuştur. Almeida ve ark. 2020 yılında kalsiyum silikat ve MTA içerikli patların özelliklerini kıyasladıkları çalışmada, kalsiyum silikat içerikli kanal patının kalsiyum salımının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir [136]. Kalsiyum salımının yüksek olması, kök yüzey sertliğinin artmasına ve böylelikle kök kırılma direncinin artmasını sağlar.

Gelecekteki çalışmalar, in vivo ortamda bu bulguları doğrulamak, biyoseramik patların diğer kök kanal dolgu materyalleriyle karşılaştırmalı analizlerini derinleştirmek ve farklı hasta gruplarındaki etkilerini değerlendirmek üzere genişletilmelidir. Bu, endodontik tedavilerde daha etkili ve dayanıklı çözümler geliştirilmesine katkı sağlayabilir. Bu bağlamda, biyoseramik esaslı patların potansiyel avantajları, güncel endodontik tedavi yaklaşımlarının gelişimine yönelik güçlü bir temel oluşturmaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

MTA Fill Apeks ve Well Root ST kök kanal patlarının farklı kök seviyelerindeki dentinin mikrosertliğine etkisini incelediğimiz çalışmamızda şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- Well-Root ST uygulanan dişler en yüksek değer Well-Root ST uygulanan grupta orta üçlüde tespit edildi, Well-Root ST ile doldurulan dişlerde mikrosertlik açısından en dirençli bölge orta üçlü iken koronal bölge daha az dirençli olarak tespit edildi.
- MTA Fill Apex grubunda, en yüksek değer pat uygulanan grupta orta üçlüde, en düşük değer ise apikal üçlünün kontrol grubunda saptanmıştır. En yüksek değer; Well Root ST uygulanan grupla benzer şekilde, orta üçlüde tespit edilmiştir. MTA Fill Apeks ile doldurulan dişlerde mikrosertlik açısından en dirençli bölge, Well Root ST uygulanan grupla benzer olarak, orta üçlü iken koronal bölge daha az dirençli olarak tespit edildi.
- Well-Root ST grubundaki ortalama koronal bölge değerleri MTA Fill Apex grubuna göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Well-Root ST uygulanan dişlerde koronel bölgenin MTA Fill Apex uygulanan dişlere göre dentin yapısının kırılmaya karşı daha dirençli olduğu sonucuna varılmıştır.
- Well-Root ST grubundaki ortalama orta bölge değerleri MTA Fill Apex grubuna göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Well-Root ST uygulanan dişlerde orta bölgede MTA Fill Apex uygulananlara göre dentin yapısının kırılmaya karşı daha dirençli olduğu sonucuna varılmıştır.
- Well-Root ST grubundaki ortalama apikal bölge değerleri MTA Fill Apex grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. Apikal bölge için de Well-Root ST uygulanan dişlerde MTA Fill Apex uygulananlara göre dentin yapısının kırılmaya karşı daha dirençli olduğu sonucuna varılmıştır.
- Hem Well-Root ST hem de MTA Fill Apex için koronel, orta ve apikal bölgedeki değerler, kontrol grubundan daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Uygulanan her iki dolgu maddesi için de dentin yapısının kırılmaya olan

direncini artırarak uzun vadede dentinin sağlığını olumlu yönde etkilediği sonucuna varılmıştır

Bu çalışmanın bulguları, biyoseramik esaslı kök kanal patlarının, dentin sertliği ve dayanıklılığı üzerindeki etkilerini ortaya koyarak endodontik uygulamalarda biyomateryal seçiminde rehberlik edici olabilir. Elde edilen sonuçlar, özellikle Well-Root ST ve MTA Fillapex gibi biyoseramik patların kullanımının, kök kanal tedavisinin uzun dönem başarısına katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Bu durum, biyoseramik materyallerin dentinle uyumlu bir bağlanma sağlayarak kök kanal dolgusunun bütünlüğünü artırdığı yönündeki literatürle de örtüşmektedir [54, 76].

Gelecekte, biyoseramik patların klinik koşullarda uzun dönem etkilerini değerlendiren ilave çalışmaların yapılması gerekmektedir. Ayrıca, bu materyallerin farklı hasta gruplarında, çeşitli kök kanal morfolojilerinde ve diğer dolgu materyalleri ile kombinasyonlarının etkinliği daha geniş çaplı araştırmalara konu olabilir. Bu tür çalışmalar, modern endodontik tedavi yöntemlerinin geliştirilmesi ve klinik başarı oranlarının artırılmasında önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

1. Marshall GW, Jr., Marshall SJ, Kinney JH, Balooch M. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. J Dent. 1997;25[6]:441-58.
2. Fuentes V, Toledano M, Osorio R, Carvalho RM. Microhardness of superficial and deep sound human dentin. J Biomed Mater Res A. 2003;66[4]:850-3.
3. Mjör IA, Smith MR, Ferrari M, Mannocci F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. Int Endod J. 2001;34[5]:346-53.
4. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. J Endod. 1999;25[3]:197-205.
5. Mikulewicz M, Chojnacka K, Kawala B, Gredes T. Trace Elements in Living Systems: From Beneficial to Toxic Effects. Biomed Res Int. 2017;2017:8297814.
6. Önay EO. Endodontide Biyoseramik İçerikli Tamir Materyallerine Güncel Bir Bakış. ADO Klinik Bilimler Dergisi. 2017;8[2]:1533-42.
7. Ulu KG, Kırzıoğlu Z. Dentin geçirgenliği ve dentin geçirgenliğini etkileyen faktörler: derleme. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2012;2012[Supplement 6].
8. Pitts DL, Natkin E. Diagnosis and treatment of vertical root fractures. J Endod. 1983;9[8]:338-46.
9. Silvestri AR. The undiagnosed split-root syndrome. J Am Dent Assoc. 1976;92[5]:930-5.
10. Ingle JI, Bakland LK, Baumgartner JC. Ingle's endodontics 6. Hamilton, ON, Maidenhead: BC Decker ; McGraw-Hill Education [distributor]; 2008. Available from: http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=400497.
11. Grossman L. Endodontic practice. 10th ed. Philadelphia: Henry Kimpton Publishers; 1982. 297 p.
12. Pawar SS, Pujar MA, Makandar SD. Evaluation of the apical sealing ability of bioceramic sealer, AH plus & epiphany: An in vitro study. J Conserv Dent. 2014;17[6]:579-82.
13. Olcay K, Guneser MB, Dincer AN, Uyan HM. Compressive strength, surface roughness, and surface microhardness of principle tricalcium silicate-based endodontic cements after universal adhesive application. Niger J Clin Pract. 2022;25[3]:231-8.
14. Ritter AV. Sturdevant's Art & Science of Operative Dentistry-E-Book: Sturdevant's Art & Science of Operative Dentistry-E-Book: Elsevier Health Sciences; 2017.

15. Song M, Lee SM, Bang JY, Kim RH, Kwak SW, Kim HC. Chemomechanical Properties and Biocompatibility of Various Premixed Putty-type Bioactive Ceramic Cements. J Endod. 2023;49[12]:1713-21.

16. Yang D-K, Kim S, Park J-W, Kim E, Shin S-J. Different Setting Conditions Affect Surface Characteristics and Microhardness of Calcium Silicate-Based Sealers. Scanning. 2018;2018[1]:7136345.

17. Mikulewicz M, Chojnacka K, Kawala B, Gredes T. Trace Elements in Living Systems: From Beneficial to Toxic Effects. BioMed Research International. 2017;2017:1-2.

18. Bertassoni LE, Habelitz S, Marshall SJ, Marshall GW. Mechanical recovery of dentin following remineralization in vitro--an indentation study. J Biomech. 2011;44[1]:176-81.

19. Braga R, Habelitz S. Current Developments on Enamel and Dentin Remineralization. Current Oral Health Reports. 2019;6.

20. Craig RG, Gehring PE, Peyton FA. Relation of structure to the microhardness of human dentin. J Dent Res. 1959;38[3]:624-30.

21. Rautiola C, Craig R. The microhardness of cementum and underlying dentin of normal teeth and teeth exposed to periodontal disease. The Journal of Periodontology. 1961;32[2]:113-23.

22. Saleh AA, Ettman WM. Effect of endodontic irrigation solutions on microhardness of root canal dentine. J Dent. 1999;27[1]:43-6.

23. Riffle A. The cementum during curettage. The Journal of Periodontology. 1952;23[3]:170-91.

24. Riffle A. The dentin: its physical characteristics during curettage. The Journal of Periodontology. 1953;24[4]:232-41.

25. Dalitz GD. The hardness of dentine related to age. Australian Dental Journal. 1962;7:463-4.

26. Nguyen T. Obturation of the root canal system. Pathways of the pulp. 61994. p. 219-71.

27. D'souza LHJ, Sharma N, Chander S, Singh S, D'souza R, editors. Root Canal Sealers & its Role in Successful Endodontics- A Review2014.

28. Grossman L. Endodontic Practice. 10 ed. Philadelphia: Henry Kimpton Publishers; 1981.

29. Grossman L. Endodentre Practice. 8 ed. Philadelphia: Lea Febiger; 1974.

30. Cohen S BR. Pathways of the pulp. 4 ed. St. Louis: C.V. Mosby Co; 1987.

31. Alaçam T. Endodonti. Ankara: Özyurt matbaacılık; 2012. 782 p.

32. Bayırlı G. Endodontik Tedavi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Basım ve Film Merkezi; 1999.

33. Ingle JI, Bakland LK, Baumgartner JC. Ingle's endodontics 6. Hamilton, ON, Maidenhead: BC Decker ; McGraw-Hill Education [distributor]; 2008. Available from:

http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=400497.

34. Çalt Tarhan S, Uzunoğlu Özyürek E. Kök kanal dolgu maddeleri. Turkiye Klinikleri J Dental Sci-Special Topics. 2010;1.

35. Hume WR. In vitro studies on the local pharmacodynamics, pharmacology and toxicology of eugenol and zinc oxide-eugenol. Int Endod J. 1988;21[2]:130-4.

36. Ørstavik D. Endodontic filling materials. Endodontic Topics. 2014;31[1]:53-67.

37. McComb D, Smith DC. Comparison of physical properties of polycarboxylate-based and conventional root canal sealers. J Endod. 1976;2[8]:228-35.

38. Kaufman AY, Tagger M, Katz A, Yosef A. Life and AH26 as sealers in thermatically compacted gutta-percha root canal fillings: leakage to a dye. J Endod. 1989;15[2]:68-71.

39. Kim YK, Grandini S, Ames JM, Gu LS, Kim SK, Pashley DH, et al. Critical review on methacrylate resin-based root canal sealers. J Endod. 2010;36[3]:383-99.

40. Langeland K, Olsson B, Pascon EA. Biological evaluation of Hydron. J Endod. 1981;7[5]:196-204.

41. Gharib SR, Tordik PA, Imamura GM, Baginski TA, Goodell GG. A confocal laser scanning microscope investigation of the epiphany obturation system. J Endod. 2007;33[8]:957-61.

42. Alaçam T. Kök kanallarının doldurulmasında kullanılan patlar. Endodonti. Ankara: Özyurt Matbaacılık; 2012. p. 770-828.

43. Çelikten B, Kaynar P, Zıraman F, Yalnız H. Üç farklı rezin bazlı kök kanal dolgu patının koronal bakteriyel sızıntısının değerlendirilmesi. European Annals of Dental Sciences. 2017;44[2]:93-100.

44. Ozok AR, van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR. Sealing ability of a new polydimethylsiloxane-based root canal filling material. J Endod. 2008;34[2]:204-7.

45. Eldeniz AU, Mustafa K, Ørstavik D, Dahl JE. Cytotoxicity of new resin-, calcium hydroxide- and silicone-based root canal sealers on fibroblasts derived from human gingiva and L929 cell lines. Int Endod J. 2007;40[5]:329-37.

46. Tagger M, Tagger E, Kfir A. Release of calcium and hydroxyl ions from set endodontic sealers containing calcium hydroxide. J Endod. 1988;14[12]:588-91.

47. Holland R, de Souza V. Ability of a new calcium hydroxide root canal filling material to induce hard tissue formation. J Endod. 1985;11[12]:535-43.

48. Huang FM, Tai KW, Chou MY, Chang YC. Cytotoxicity of resin-, zinc oxide-eugenol-, and calcium hydroxide-based root canal sealers on human periodontal ligament cells and permanent V79 cells. Int Endod J. 2002;35[2]:153-8.

49. Hench L, L. Bioceramics: From Concept to Clinic. Journal of the American Ceramic Society. 1991;74[7]:1487-510.

50. Tyagi S, Kulkarni P, Mishra P. Evolution of root canal sealers: An insight story. European Journal of General Dentistry. 2013;2:199.

51. Loushine BA, Bryan TE, Looney SW, Gillen BM, Loushine RJ, Weller RN, et al. Setting properties and cytotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer. J Endod. 2011;37[5]:673-7.

52. Zhang W, Li Z, Peng B. Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2009;107[6]:e79-82.

53. Hess D, Solomon E, Spears R, He J. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. J Endod. 2011;37[11]:1547-9.

54. Koch DK, Brave DG, editors. A review of bioceramic technology in endodontics2019.

55. Scarparo RK, Haddad D, Acasigua GA, Fossati AC, Fachin EV, Grecca FS. Mineral trioxide aggregate-based sealer: analysis of tissue reactions to a new endodontic material. J Endod. 2010;36[7]:1174-8.

56. Geros R, Chahayeb A, Shulman A. Apatite calcium phosphates: Possible dental restauration materials. J Dent Res. 1982;61:343-7.

57. Krell KF, Wefel JS. A calcium phosphate cement root canal sealer—scanning electron microscopic analysis. Journal of endodontics. 1984;10[12]:571-6.

58. Reszka P, Nowicka A, Lipski M, Dura W, Droździk A, Woźniak K. A Comparative Chemical Study of Calcium Silicate-Containing and Epoxy Resin-Based Root Canal Sealers. Biomed Res Int. 2016;2016:9808432.

59. Smith WF. Principles of Materials Science and Engineering. New York, USA: McGraw-Hill, Inc; 1996. 247-56 p.

60. Uyan HM. Farklı Beyazlatma Maddelerinin Dentin Mikrosertliğine Etkisi. İstanbul İstanbul Üniversitesi; 2012.

61. Callister WD. Materials Science and Engineering. New York, USA: John Wiley and Sons, Inc; 1997. 391-411 p.

62. Blau PJ. Methods and applications of microindentation hardness testing. Applied metallography: Springer; 1986. p. 123-38.

63. Mahoney E, Holt A, Swain M, Kilpatrick N. The hardness and modulus of elasticity of primary molar teeth: an ultra-micro-indentation study. J Dent. 2000;28[8]:589-94.

64. Sakar-Deliormanli A, Güden M. Microhardness and fracture toughness of dental materials by indentation method. J Biomed Mater Res B Appl Biomater. 2006;76[2]:257-64.

65. Savaşkan T. Malzeme Bilgisi ve Muayenesi. 5. Baskı ed. Trabzon2009. 134-42 p.

66. Al-Haddad A, Che Ab Aziz ZA. Bioceramic-based root canal sealers: a review. International journal of biomaterials. 2016;2016[1]:9753210.

67. Estivalet MS, de Araújo LP, Immich F, da Silva AF, Ferreira NS, da Rosa WLO, et al. Bioactivity Potential of Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Scoping Review. Life [Basel]. 2022;12[11].

68. Hamdy TM. Evaluation of compressive strength, surface microhardness, solubility and antimicrobial effect of glass ionomer dental cement reinforced with silver doped carbon nanotube fillers. BMC Oral Health. 2023;23[1]:777.

69. Ree DM, Schwartz RS, editors. Clinical applications of bioceramic materials in endodontics.

70. Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. J Endod. 1993;19[11]:541-4.

71. Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. J Endod. 1993;19[12]:591-5.

72. Khan AS, Ur Rehman S, Ahmad S, AlMaimouni YK, Alzamil MAS, Dummer PMH. Five decades of the International Endodontic Journal: Bibliometric overview 1967-2020. Int Endod J. 2021;54[10]:1819-39.

73. Gomes-Filho JE, Watanabe S, Lodi CS, Cintra LTA, Nery MJ, Filho JAO, et al. Rat tissue reaction to MTA FILLAPEX®. Dental Traumatology. 2012;28[6]:452-6.

74. Pawar SS, Pujar MA, Makandar SD. Evaluation of the apical sealing ability of bioceramic sealer, AH plus & epiphany: An: in vitro: study. Journal of Conservative Dentistry and Endodontics. 2014;17[6]:579-82.

75. Sanz JL, López-García S, Rodríguez-Lozano FJ, Melo M, Lozano A, Llena C, et al. Cytocompatibility and bioactive potential of AH Plus Bioceramic Sealer: An in vitro study. International Endodontic Journal. 2022;55[10]:1066-80.

76. Candeiro GdM, Moura-Netto Cd, D'Almeida-Couto R, Azambuja-Júnior N, Marques MM, Cai S, et al. Cytotoxicity, genotoxicity and antibacterial effectiveness of a bioceramic endodontic sealer. International endodontic journal. 2016;49[9]:858-64.

77. White DJ. The application of in vitro models to research on demineralization and remineralization of the teeth. Adv Dent Res. 1995;9[3]:175-93; discussion 94-7.

78. Higham SM, Pretty IA, Edgar WM, Smith PW. The use of in situ models and QLF for the study of coronal caries. J Dent. 2005;33[3]:235-41.

79. Carrigan PJ, Morse DR, Furst ML, Sinai IH. A scanning electron microscopic evaluation of human dentinal tubules according to age and location. J Endod. 1984;10[8]:359-63.

80. Hosoya Y, Marshall SJ, Watanabe LG, Marshall GW. Microhardness of carious deciduous dentin. Oper Dent. 2000;25[2]:81-9.

81. Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR, Moorer WR. Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings. Int Endod J. 1993;26[4]:203-8.

82. Retief DH. Standardizing laboratory adhesion tests. Am J Dent. 1991;4[5]:231-6.

83. Kartal N, Ozçelik B, Cimilli H. Root canal morphology of maxillary premolars. J Endod. 1998;24[6]:417-9.

84. Sousa-Neto MD, Silva-Sousa YC, Mazzi-Chaves JF, Carvalho KKT, Barbosa AFS, Versiani MA, et al. Root canal preparation using micro-computed tomography analysis: a literature review. Braz Oral Res. 2018;32[suppl 1]:e66.

85. Kinney JH, Marshall SJ, Marshall GW. The mechanical properties of human dentin: a critical review and re-evaluation of the dental literature. Crit Rev Oral Biol Med. 2003;14[1]:13-29.

86. Aydın B, Pamir T, Baltaci A, Orman MN, Turk T. Effect of storage solutions on microhardness of crown enamel and dentin. Eur J Dent. 2015;9[2]:262-6.

87. Western JS, Dicksit DD. A systematic review of randomized controlled trials on sterilization methods of extracted human teeth. J Conserv Dent. 2016;19[4]:343-6.

88. Baldasso FER, Roleto L, Silva VDd, Morgental RD, Kopper PMP. Effect of final irrigation protocols on microhardness reduction and erosion of root canal dentin. Brazilian oral research. 2017;31:e40.

89. Saghiri MA, Delvarani A, Mehrvarzfar P, Malganji G, Lotfi M, Dadresanfar B, et al. A study of the relation between erosion and microhardness of root canal dentin. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2009;108[6]:e29-34.

90. Sayin TC, Serper A, Cehreli ZC, Otlu HG. The effect of EDTA, EGTA, EDTAC, and tetracycline-HCl with and without subsequent NaOCl treatment on the microhardness of root canal dentin. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology. 2007;104[3]:418-24.

91. Gordon MP, Chandler NP. Electronic apex locators. Int Endod J. 2004;37[7]:425-37.

92. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apexes. J Am Dent Assoc. 1955;50[5]:544-52.

93. de Camargo EJ, Zapata RO, Medeiros PL, Bramante CM, Bernardineli N, Garcia RB, et al. Influence of preflaring on the accuracy of length determination with four electronic apex locators. J Endod. 2009;35[9]:1300-2.

94. Machado R, Cruz ATG, de Araujo BMM, Klemz AA, Klug HP, da Silva Neto UX. Tubular dentin sealer penetration after different final irrigation protocols: A confocal laser scanning microscopy study. Microsc Res Tech. 2018;81[6]:649-54.

95. Furtado TC, de Bem IA, Machado LS, Pereira JR, Só MVR, da Rosa RA. Intratubular penetration of endodontic sealers depends on the fluorophore used for CLSM assessment. Microsc Res Tech. 2021;84[2]:305-12.

96. Rai RU, Singbal KP, Parekh V. The effect of temperature on rheological properties of endodontic sealers. J Conserv Dent. 2016;19[2]:116-9.

97. Zhou HM, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng YF, Haapasalo M. Physical properties of 5 root canal sealers. J Endod. 2013;39[10]:1281-6.

98. Gandolfi MG, Siboni F, Prati C. Properties of a novel polysiloxane-guttapercha calcium silicate-bioglass-containing root canal sealer. Dent Mater. 2016;32[5]:e113-26.

99. Marciano MA, Duarte MAH, Camilleri J. Calcium silicate-based sealers: assessment of physicochemical properties, porosity and hydration. Dental Materials. 2016;32[2].

100. Borges Á H, Orçati Dorileo MC, Dalla Villa R, Borba AM, Semenoff TA, Guedes OA, et al. Physicochemical properties and surfaces morphologies evaluation of MTA FillApex and AH plus. ScientificWorldJournal. 2014;2014:589732.

101. Morgental RD, Vier-Pelisser FV, Oliveira SD, Antunes FC, Cogo DM, Kopper PM. Antibacterial activity of two MTA-based root canal sealers. Int Endod J. 2011;44[12]:1128-33.

102. Mestieri LB, Gomes-Cornélio AL, Rodrigues EM, Salles LP, Bosso-Martelo R, Guerreiro-Tanomaru JM, et al. Biocompatibility and bioactivity of calcium silicate-based endodontic sealers in human dental pulp cells. J Appl Oral Sci. 2015;23[5]:467-71.

103. Hakki SS, Bozkurt BS, Ozcopur B, Gandolfi MG, Prati C, Belli S. The response of cementoblasts to calcium phosphate resin-based and calcium silicate-based commercial sealers. Int Endod J. 2013;46[3]:242-52.

104. Chang SW, Lee SY, Kang SK, Kum KY, Kim EC. In vitro biocompatibility, inflammatory response, and osteogenic potential of 4 root canal sealers: Sealapex, Sankin apatite root sealer, MTA Fillapex, and iRoot SP root canal sealer. J Endod. 2014;40[10]:1642-8.

105. Braga JM, Oliveira RR, Martins RC, Ribeiro Sobrinho AP. The effects of a mineral trioxide aggregate-based sealer on the production of reactive oxygen species, nitrogen species and cytokines by two macrophage subtypes. Int Endod J. 2014;47[10]:909-19.

106. Tavares CO, Böttcher DE, Assmann E, Kopper PM, de Figueiredo JA, Grecca FS, et al. Tissue reactions to a new mineral trioxide aggregate-containing endodontic sealer. J Endod. 2013;39[5]:653-7.

107. Braga JM, Oliveira RR, de Castro Martins R, Vieira LQ, Sobrinho AP. Assessment of the cytotoxicity of a mineral trioxide aggregate-based sealer with respect to macrophage activity. Dent Traumatol. 2015;31[5]:390-5.

108. Zhou HM, Du TF, Shen Y, Wang ZJ, Zheng YF, Haapasalo M. In vitro cytotoxicity of calcium silicate-containing endodontic sealers. J Endod. 2015;41[1]:56-61.

109. Güven EP, Yalvaç ME, Kayahan MB, Sunay H, Şahın F, Bayirli G. Human tooth germ stem cell response to calcium-silicate based endodontic cements. J Appl Oral Sci. 2013;21[4]:351-7.

110. Johnson W, Kulild J. Obturation of the Cleaned and Shaped Root Canal System. 2011. p. 349-88.

111. Zeid S, Mokeem Saleh A. Solubility, pH Changes and Releasing Elements of Different Bioceramic and Mineral Trioxide Aggregate Root Canal Sealers Comparative Study. Journal of Trauma & Treatment. 2014;04.

112. Urban K, Neuhaus J, Donnermeyer D, Schäfer E, Dammaschke T. Solubility and pH Value of 3 Different Root Canal Sealers: A Long-term Investigation. J Endod. 2018;44[11]:1736-40.

113. Silva EJ, Accorsi-Mendonça T, Pedrosa AC, Granjeiro JM, Zaia AA. Long-Term Cytotoxicity, pH and Dissolution Rate of AH Plus and MTA Fillapex. Braz Dent J. 2016;27[4]:419-23.

114. Kim S, Kim S, Park JW, Jung IY, Shin SJ. Comparison of the Percentage of Voids in the Canal Filling of a Calcium Silicate-Based Sealer and Gutta Percha Cones Using Two Obturation Techniques. Materials [Basel]. 2017;10[10].

115. Ko SY, Choi HW, Jeong ED, Rosa V, Hwang YC, Yu MK, et al. Main and Accessory Canal Filling Quality of a Premixed Calcium Silicate Endodontic Sealer According to Different Obturation Techniques. Materials [Basel]. 2020;13[19].

116. Watson TF, Atmeh AR, Sajini S, Cook RJ, Festy F. Present and future of glass-ionomers and calcium-silicate cements as bioactive materials in dentistry: Biophotonics-based interfacial analyses in health and disease. Dental Materials. 2014;30[1]:50-61.

117. Kim YK, Yiu CKY, Kim JR, Gu L, Kim SK, Weller RN, et al. Failure of a Glass Ionomer to Remineralize Apatite-depleted Dentin. Journal of Dental Research. 2010;89[3]:230-5.

118. Hashem D, Mannocci F, Patel S, Manoharan A, Brown JE, Watson TF, et al. Clinical and Radiographic Assessment of the Efficacy of Calcium Silicate Indirect Pulp Capping:A Randomized Controlled Clinical Trial. Journal of Dental Research. 2015;94[4]:562-8.

119. Zaki DY, Zaazou MH, Khallaf ME, Hamdy TM. In Vivo Comparative Evaluation of Periapical Healing in Response to a Calcium Silicate and Calcium Hydroxide Based Endodontic Sealers. Open Access Maced J Med Sci. 2018;6[8]:1475-9.

120. Demiral M, Keskin C, Uzun I. In Vitro assessment of the tooth discolouration induced by well root ST, dia-proseal and MTA fill apex root canal sealers. Sch J Dent Sci. 2017;4[1]:27-30.

121. Eyüboğlu TF, Olcay K, Ekiz D, Terlemez A. Dentin tubule penetration depth and sealer percentage of ah 26, mta fillapex and well-root st root canal sealers: A confocal laser scanning microscopy study. Clinical Dentistry and Research. 2020.

122. Shakya VK, Gupta P, Tikku AP, Pathak AK, Chandra A, Yadav RK, et al. An invitro evaluation of antimicrobial efficacy and flow characteristics for AH Plus, MTA Fillapex, CRCS and gutta flow 2 root canal sealer. Journal of clinical and diagnostic research: JCDR. 2016;10[8]:ZC104.

123. Silva EJ, Rosa TP, Herrera DR, Jacinto RC, Gomes BP, Zaia AA. Evaluation of cytotoxicity and physicochemical properties of calcium silicate-based endodontic sealer MTA Fillapex. J Endod. 2013;39[2]:274-7.

124. Zhang YR, Du W, Zhou XD, Yu HY. Review of research on the mechanical properties of the human tooth. Int J Oral Sci. 2014;6[2]:61-9.

125. Arends J, ten Bosch JJ. Demineralization and remineralization evaluation techniques. J Dent Res. 1992;71 Spec No:924-8.

126. Saleh AA, Ettman WM. Effect of endodontic irrigation solutions on microhardness of root canal dentine. Journal of Dentistry. 1999;27[1]:43-6.

127. Khallaf ME. Effect of two contemporary root canal sealers on root canal dentin microhardness. J Clin Exp Dent. 2017;9[1]:e67-e70.

128. Akbulut MB, Guneser MB, Eldeniz AU. Effects of fruit vinegars on root dentin microhardness and roughness. J Conserv Dent. 2019;22[1]:97-101.

129. Ari H, Erdemir A, Belli S. Evaluation of the effect of endodontic irrigation solutions on the microhardness and the roughness of root canal dentin. J Endod. 2004;30[11]:792-5.

130. Ghisi AC, Kopper PM, Baldasso FE, Stürmer CP, Rossi-Fedele G, Steier L, et al. Effect of super-oxidized water, sodium hypochlorite and EDTA on dentin microhardness. Braz Dent J. 2014;25[5]:420-4.

131. Pashley D, Okabe A, Parham P. The relationship between dentin microhardness and tubule density. Endod Dent Traumatol. 1985;1[5]:176-9.

132. Cirano FR, Romito GA, Todescan JH. Determination of root dentin and cementum micro hardness. Brazilian Journal of Oral Sciences. 2004;3[8]:420-4.

133. Saghiri MA, Delvarani A, Mehrvarzfar P, Malganji G, Lotfi M, Dadresanfar B, et al. A study of the relation between erosion and microhardness of root canal dentin. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology. 2009;108[6]:e29-e34.

134. Elika V, Kunam D, Anumula L, Chinni SK, Govula K. Comparative evaluation of Chloroquick with Triphala, sodium hypochlorite, and ethylenediaminetetraacetic acid on the microhardness of root canal dentin: An in vitro study. J Clin Transl Res. 2021;7[1]:72-6.

135. Güneser MB, Arslan D, Dinçer AN. Kök Kanal Dentinin Mikrosertligine Çesitli Gütaperka Çözücülerinin Etkisi/The Effect of Various Gutta-percha Solvents on Root Canal Dentin Microhardness. Turkiye Klinikleri Dishekimligi Bilimleri Dergisi. 2016;22[2]:111.

136. Almeida MM, Rodrigues CT, Matos AA, Carvalho KK, Silva EJ, Duarte MA, et al. Analysis of the physicochemical properties, cytotoxicity and volumetric changes of AH Plus, MTA Fillapex and TotalFill BC Sealer. J Clin Exp Dent. 2020;12[11]:e1058-e65.

ÖZGEÇMİŞ

1. Kişisel Bilgiler

Adı-Soyadı: Furkan Alp TORUN
Doğum Yeri ve Tarihi:
Uyruğu: T.C.
Medeni Durum:
İletişim Adresi:
Tel:
E-posta:
Yabancı Dili: İngilizce

2. Eğitim

Doktora: Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi [2021-2025] Lisans: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi [2014-2019]
Lise: Çorum Fen Lisesi [2008-2012]

3. Mesleki Deneyim

Diş Hekimi: 2019-2025