T.C.
ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

KANAL TEDAVİSİ ÖNCESİ VE SONRASINDA UYGULANAN FARKLI RADYOTERAPİ DOZLARININ DİŞLERİN KIRILMA DİRENCİNE ETKİSİ: İN VİTRO ÇALIŞMA

HAZIRLAYAN
Dt. Özgün GÜLDEREN

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Esma SARIÇAM

ANKARA, 2024

T.C.
ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

KANAL TEDAVİSİ ÖNCESİ VE SONRASINDA UYGULANAN FARKLI RADYOTERAPİ DOZLARININ DİŞLERİN KIRILMA DİRENCİNE ETKİSİ: İN VİTRO ÇALIŞMA

HAZIRLAYAN
Dt. Özgün GÜLDEREN

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Esma SARIÇAM

ANKARA, 2024

T.C.
ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

Kanal Tedavisi Öncesi ve Sonrasında Uygulanan Farklı Radyoterapi Dozlarının Dişlerin Kırılma Direncine Etkisi: İn Vitro Çalışma

Dt. Özgün GÜLDEREN

Uzmanlık Tezi

Doç. Dr. Esma SARIÇAM

Jüri Üyeleri
Prof. Dr. Güven KAYAOĞLU
Doç. Dr. Esma SARIÇAM
Doç. Dr. Neslihan Büşra KESKİN

Okuduğumuz ve Savunmasını dinlediğimiz bu tezin bir Uzmanlık derecesi için gereken tüm kapsam ve kalite şartlarını sağladığını beyan ederiz.

Prof. Dr. Filiz AYKENT
Dekan V.

Bu tezin Uzmanlık derecesi için gereken tüm şartları sağladığını tasdik ederim.

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda patent ve telif haklarını ihlal edici etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tezde kullanılmış olan tüm bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi beyan ederim.

04.06.2024

Dt. Özgün GÜLDEREN

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve tez hazırlama sürecinde ilgi ve anlayışını esirgemeyen, bilgi ve deneyimleriyle bana hep destek olan, olaylara farklı bakış açısıyla bakmamı sağlayan kıymetli danışman hocam Doç. Dr. Esma SARIÇAM'a

Tez çalışmam sürecinde katkıda bulunan, desteğini esirgemeyen Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Yılmaz TEZCAN'a, tez çalışmamda çalışma gruplarımın radyoterapi uygulamasını yapan, tez yazma sürecinde yardımlarını esirgemeyen saygıdeğer hocam Uzm. Dr. Sedef AÇIKGÖZ'e, grupların radyoterapi uygulamasına yardım eden Radyoloji Teknikeri Zerrin GANİ'ye

Eğitimim boyunca bilgi, birikim ve tecrübelerinden yararlandığım sevgili hocalarım Doç. Dr. Neslihan Büşra KESKİN ve Doç. Dr. Selen İNCE YUSUFOĞLU'na

Birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum, her birinden farklı şeyler öğrendiğim, Dt. Mustafa SAK' a, Dt. Şebnem DURUKAN 'a, Dt. Nesrin BEYAZASLAN'a

Benim için elinden geleni yapan, destekleriyle hep yanımda olan, varlıklarıyla hayatıma anlam katan annem Nurçin GÜLDEREN'e, babam Mete GÜLDEREN'e ve canım kardeşlerim Sıla ve Çağla GÜLDEREN'e

Sonsuz teşekkür ederim

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **ii**
ABSTRACT ..... **iii**
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ ..... **iv**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **v**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **vi**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL BİLGİLER **4**
2.1. Radyoterapinin Gelişimi 4
2.1.1. İyonize radyasyon 5
2.1.2. Radyasyonun etki mekanizması ve hücre üzerine etkisi 5
2.1.3. Radyoterapinin klinik kullanımı 6
2.2. Baş ve Boyun Kanserlerinde Radyoterapi Uygulanması 8
2.2.1. Baş ve boyun kanserlerinde radyoterapi sonrası görülen sistemik komplikasyonlar 9
2.2.2. Radyoterapinin oral bölgeye etkileri 10
2.3. Radyoterapinin Dental Dokulara Etkisi 14
2.3.1. Radyoterapinin diş sert dokularına etkisi 14
2.3.2. Radyoterapinin pulpa dokusuna etkisi 17
2.3.3. Radyoterapinin periodontal dokulara etkisi 19
2.4. Kök Kanal Tedavisi 21
2.5. Kök Kanal Dolgu Patları 22
2.5.1. Çinko oksit ve ojenol içerikli patlar 23
2.5.2. Ojenol içermeyen çinko oksit patlar 23
2.5.3. Rezin içerikli patlar 24
2.5.4. Silikon esaslı kök kanal patları 27
2.5.5. Cam iyonomer esaslı kök kanal patları 28
2.5.6. Kalsiyum hidroksit esaslı patlar 28
2.5.7. Biyoseramik esaslı patlar 29
2.6. Radyoterapinin Dental Tedavili Dişlere Etkisi 31
2.6.1. Radyoterapinin endodontik tedavili dişlere etkisi 31
2.6.2. Radyoterapinin restoratif tedavili dişlere etkisi 33
2.6.3. Radyoterapinin protetik tedavili dişlere etkisi 34

2.6.4. Radyoterapinin ortodontik tedavili dişlere etkisi 35
2.7. Kök Kanal Patlarının Kırılma Dayanımına Etkisi 35
2.8. Radyoterapinin Kök Kanal Tedavili Dişlerde Kırılma Dayanımına Etkisi 37
3. MATERYAL VE YÖNTEM 38
3.1. Çalışmada Kullanılacak Olan Dişlerin Dahil Edilme Kriterleri 38
3.2. Çalışmada Kullanılacak Olan Dişlerin Hariç Tutulma Kriterleri 38
3.3. Çalışmanın Deney Akışı 39
3.3.1. Çalışmada kullanılacak olan dişlerin toplanması ve hazırlığı 39
3.3.2. Çalışmada kullanılacak olan dişlerin gruplandırılması 41
3.3.3. Kavite preparasyonu ve kanal tedavisi işlemleri 42
3.3.4. Dişlerin kompozit rezin kullanılarak restorasyonu 44
3.3.5. Çalışma gruplarına radyasyon uygulanması 45
3.3.6. Dişlerin akrilik bloklara gömülmesi 47
3.3.7. Kırılma dayanımı testi 49
3.3.8. Kırılma tiplerinin analizi 50
3.4. İstatiksel Analiz 50
4. BULGULAR 51
4.1. Radyoterapi Uygulaması Yapılmamış (Kontrol) Gruplarının Karşılaştırılması 51
4.2. Kanal tedavisi uygulaması sonrası radyoterapi almış grupların karşılaştırılması 52
4.3. Kanal tedavisi uygulaması öncesi radyoterapi almış grupların karşılaştırılması 52
4.4. AH Plus ile dolum yapılmış grupların kırılma dayanımı açısından karşılaştırılması 53
4.5. AH Plus Bioceramic ile dolum yapılmış grupların kırılma dayanımı açısından karşılaştırılması 54
4.6. Kırılma Tiplerinin Analizi 55
5.TARTIŞMA 56
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 76
7. KAYNAKLAR 77

8. EKLER.....Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

Ek-1. Etik Kurul Kararı.....**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

Ek-2. Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu.....**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

Ek-3. Özgeçmiş.....**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

ÖZET

Kanal Tedavisi Öncesi ve Sonrasında Uygulanan Farklı Radyoterapi Dozlarının Dişlerin Kırılma Direncine Etkisi: in vitro çalışma

Bu in-vitro çalışmada, AH Plus (AHP) ve AH Plus Bioceramic (AHPB) kök kanal patlarıyla dolumu yapılmış maksiller anterior dişlerin kırılma direncine, kanal tedavisi (KT) öncesi ve sonrası uygulanan radyoterapi (RT) dozunun etkisini araştırmak amaçlanmıştır.

Çekilmiş 110 adet insan maksiller keser diş RT uygulama dönemi ve dozuna göre eşit olarak rastgele 5 temel gruba ayrıldı (n=22): kontrol (RT uygulanmamış), 60 Gy RT öncesi KT, 60 Gy RT sonrası KT, 70 Gy RT öncesi KT, 70 Gy RT sonrası KT. Daha sonra bu gruplar kanal dolgu patına göre 2 alt gruba ayrıldı: AH Plus ve AHPB. Dişlerin endodontik giriş kavitesi preparasyonu sonrası, kök kanalları ProTaper Next eğeleri ile X4'e kadar genişletildi. Dişler lateral kondenzasyon yöntemi ile AHP ve AHPB patları ile dolduruldu. Tüm bu endodontik prosedürler RT öncesi KT grupları için ışınlama işlemi öncesi, RT sonrası KT grupları içinse ışınlama işlemi sonrası uygulandı. Dişlerin kökleri soğuk akrilik kalıplara gömüldü. Dişlere, Universal Test Cihazı altında dişler kırılana kadar kuvvet uygulandı. Dişleri kırmak için gereken kuvvet Newton (N) olarak kaydedildi. İki grubun karşılaştırılmasında t-testi, ikiden fazla grubun karşılaştırılmasında ANOVA testi kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak belirlendi.

Yetmiş Gy dozda RT uygulaması sonrası AHPB ile doldurulan grup, AHP ile doldurulan gruba göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük kırılma dayanımı gösterdi. ($p<0,05$). Yetmiş Gy RT sonrası AHPB ile dolumu yapılan grup, 70 Gy RT öncesi AHPB ile dolumu yapılan ($p<0,001$) ve RT uygulanmadan AHPB ile doldurulan gruplardan ($p<0,001$) istatistiksel olarak anlamlı seviyede daha düşük kırılma direnci gösterdi. Diğer tüm ikili karşılaştırmalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p>0,05$).

RT dozu, uygulandığı dönem ve kök kanal dolgu patının dişlerin kırılma dayanımı üzerine etkisi olduğu görüldü.

Anahtar Kelimeler: Biyoseramik kanal patı, kırılma dayanımı, radyoterapi

ABSTRACT

Effect of Different Radiotherapy Doses Applied Before and After Root Canal Treatment on the Fracture Resistance of the Teeth: an in vitro study

This in-vitro study aimed to investigate the effect of radiotherapy (RT) dose applied before and after root canal treatment (RCT) on the fracture resistance of maxillary anterior teeth filled with AH Plus (AHP) and AH Plus Bioceramic (AHPB) root canal sealers.

One hundred and ten extracted human maxillary incisor teeth were randomly divided into 5 basic groups equally (n = 22) according to the RT application time and dose: control (non-irradiated), 60 Gy before RCT, 60 Gy after RCT, 70 Gy before RCT, 70 Gy after RCT. These groups were then divided into 2 subgroups according to the root canal filling paste: AHP and AHPB. After endodontic access cavity preparation of the teeth, the root canals were prepared upto X4 with ProTaper Next files. The teeth were obturated with AHP and AHPB sealers using lateral condensation method. All these endodontic procedures were performed before irradiation procedure for the pre-RCT groups and after irradiation procedure for the post-RCT groups. The roots of the teeth were embedded in cold acrylic molds. The Universal Testing Device was used for fracture test. The force required to break the teeth was recorded in Newtons (N). t-test and ANOVA test were used for statistical analyzes. Statistical significance level was determined as $p<0,05$.

After RT application at a dose of 70 Gy, the group filled with AHPB showed statistically significantly lower fracture strength than the group filled with AHP ($p<0,05$). The group that was filled with AHPB after RT application at a dose of 70 Gy caused a statistically significant lower fracture resistance than the group that was filled with AHPB before 70 Gy RT ($p<0,001$) and the non-irradiated and filled with AHPB group ($p<0,001$). There was no statistically significant difference between all other pairwise comparisons ($p>0,05$).

It was observed that RT dose, application period and root canal filling paste had an effect on the fracture strength of the teeth.

Keywords: Bioceramic root canal sealer, Fracture resistance, Radiotherapy,

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

AHP	: AH Plus
AHPB	: AH Plus Bioceramic
BC	: Bioceramic
BMP4	: Kemik Morfogenetik Protein 4
BSP	: Kemik Sialoprotein
DNA	: Deoksiribonükleik asit
Gy	: Gray
IMRT	: 3 Boyutlu Konformal Radyasyon Terapisi Veya Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi
KT	: Kanal Tedavisi
Newton	: N
OH^{-1}	: Hidroksil
RT	: Radyoterapi
SPSS	:Statistical Package for the Social Sciences
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. *G Power Programı ile Çalışmaya Dahil Edilecek Numune Sayısının Belirlenmesi* 40

Şekil 3.2. *ProTaper Next Döner Nikel Titanyum Eğeler (Dentsply Sirona, 2023).* 43

Şekil 3.3. *AH Plus Kanal Patı (Merkezdis, 2023).* 44

Şekil 3.4. *AH Plus Biyoseramik kanal Patı* (Dentreal Market, 2010). 44

Şekil 3.5. *Lineer Hızlandırıcı (Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, 2024).* 45

Şekil 3.6. *Termoplastik Maske* 45

Şekil 3.7. *Dişlerin Radyasyon İçin Hazırlanması* 46

Şekil 3.8. *Lineer Hızlandırıcı Kullanılarak Dişlere Radyasyon Uygulanması* 47

Şekil 3.9. *Dişlerin Alüminyum Folyo İle Sarılması* 48

Şekil 3.10. *Dişlerin Akrilik Bloklara Gömülmesi* 49

Şekil 3.11. *Universal Test Cihazı (Lloyd LRX; Lloyd Instruments Ltd., Fareham, UK)* 49

Şekil 3.12. *Dişlerin Kırılma Dayanımı İçin Pozisyonlandırılması* 50

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. *Kırılma Dayanımı Test Edilecek Gruplara Uygulanacak Radyoterapi Dozuna, Kanal Tedavisinin Radyoterapiden Önce Veya Sonra Uygulanmasına Ve Kullanılacak Kanal Dolgu Patlarına Göre Dağılımı (KT: Kanal Tedavisi)* 41

Tablo 4.1. *Tüm Gruplarda Elde Edilen Kırılma Dayanımı Kuvveti* 51

Tablo 4.2. İki Farklı Pat İle Kanal Tedavisi Uygulaması Sonrası Grupların Kırılma Dayanımı Kuvveti (N) Açısından Karşılaştırılması..... 51

Tablo 4.3. *İki Farklı Pat ile Kanal Tedavisi Uygulaması Sonrası 60 Gray Ve 70 Gray Lik Radyoterapi Uygulamasının Kırılma Dayanımı Kuvveti (N) Açısından Karşılaştırılması* 52

Tablo 4.4. *60 Gray ve 70 Gray lik Radyoterapi Uygulaması Sonrası Farklı Patlarla Kanal Tedavisi Yapılan Dişlerde Kırılma Dayanımı Kuvvetinin (N) Karşılaştırılması* 53

Tablo 4.5. *AH Plus Kanal Patı İle Dolumu Yapılmış Farklı Aşamalarda 60 Gray Radyoterapi Uygulanmış ya da Hiç Radyoterapi Uygulanmamış Grupların Kırılma Dayanımı Kuvveti (N) Açısından Karşılaştırılması* 53

Tablo 4.6. *AH Plus Kanal Patı İle Dolumu Yapılmış Farklı Aşamalarda 70 Gray Radyoterapi Uygulanmış ya da Hiç Radyoterapi Uygulanmamış Grupların Kırılma Dayanımı Kuvveti (N) Açısından Karşılaştırılması* 54

Tablo 4.7. *AH Plus Bioceramic Kanal Patı İle Dolumu Yapılmış ve Farklı Aşamalarda 60 Gray Radyoterapi Uygulanmış ya da Hiç Radyoterapi Uygulanmamış Grupların Kırılma Dayanımı Kuvveti (N) Açısından Karşılaştırılması* 54

Tablo 4.8. *AH Plus Bioceramic Kanal Patı İle Dolumu Yapılmış ve Farklı Aşamalarda 70 Gy Radyoterapi Uygulanmış ya da Hiç Radyoterapi Uygulanmamış Grupların Kırılma Dayanımı Kuvveti (N) Açısından Karşılaştırılması* 55

Tablo 4.9. *Grupların Kırılma Sonrası Restore Edilebilirlik Açısından Dağılımı* 55

1. GİRİŞ

Kanser, kontrolsüz hücre büyümesi ve bu hücrelerin standart olmayan bir şekilde yayılması ile görülen hastalıklar grubunu tanımlar. Kanserin görülme sıklığının artışıyla doğru orantılı olarak kanser ile ilgili yapılan çalışmalar da artırılmış ve bu hastalığın tedavisinde önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Radyoterapi kanser hastalıklarının tedavisinde cerrahi ve kemoterapiye alternatif ve ek olarak kullanılan önemli bir tedavi türüdür ve kanser tedavisi gören hastaların %50-60' ı hastalıklarının tedavisinde palyatif veya küratif amaçlı olarak bu tedavi türüne ihtiyaç duyarlar (Kızılcı, 1999).

Baş ve boyun kanserleri, üst solunum ve sindirim sistemlerinin malign tümörlerini içeren bir kanser türüdür (Sung vd., 2021). Gelişmiş ülkelerde saptanan tüm malign tümörlerin yaklaşık % 10'unu oluşturur ve popülasyonda en sık görülen altıncı malignite olarak kabul edilir (Ferlay vd., 2015). 2020 yılında dünya çapında 15.000.000'dan fazla yeni baş ve boyun kanseri vakası ve 500.000 baş ve boyun kanseri kaynaklı ölüm kaydı bulunmaktadır (Sung vd., 2021).

Radyasyon tedavisi bu tür kanserler için yaygın olarak kullanılan bir tedavi yöntemidir. Radyoterapi her ne kadar küratif bir tedavi olsa da baş ve boyun bölgesine uygulanan radyoterapi kserostomi, mukozit, trismus, yumuşak doku nekrozu, diş çürükleri ve osteoradyonekroz gibi çeşitli komplikasyonlara sebep olabilir (Campos vd., 2017; Lieshout ve Bots, 2014; Rosales vd., 2009). Radyasyon tedavisi diş sert dokuları üzerine de etki göstermektedir. Radyasyonun minenin, koronal ve kök dentininin kimyasal bileşimi, yapısal ve mekanik özellikleri üzerinde doğrudan etkileri olduğunu bildirmiştir (Madrid vd., 2017; McGuire vd. 2014; Velo vd., 2018). Ayrıca yakın zamanda yapılan bir çalışmada gama ışınlarının sağlam dişlerin kırılma direncini önemli ölçüde azalttığı gösterilmiştir (Soares vd., 2011).

Endodontik tedavi kök kanal sisteminin kimyasal ve mekanik olarak temizlenmesi, kanal formunu takip edecek şekilde şekillendirilmesi, dezenfeksiyonu ve üç boyutlu olarak hermetik bir şekilde doldurulması işlemidir (Young vd., 2007). Apikal veya koronal üçlülerde oluşabilecek mikrosızıntı nedeniyle yeniden

enfeksiyonu önlemek için kök kanal sisteminin yeterli şekilde kapatılması gerekir (Muliyar vd., 2014).

Endodontik tedavide başarı sağlamak için, kök kanalının kanal formuna uygun bir şekilde prepare edilip dezenfekte edilmesinden sonra inert, boyutsal olarak stabil ve biyouyumlu bir kanal dolgu materyali ile hermetik bir şekilde üç boyutlu olarak apikal foramene kadar doldurmak gerekmektedir. Kök kanalların doldurulmasında en sık tercih edilen malzemeler güta perka ve kök kanal dolgu patıdır (Çalt Tarhan ve Uzunoğlu, 2010). Güta perka, kök kanal duvarının dentinine bağlanamaz. Dolum tekniklerinin çoğunda güta perka kök kanal patı ile birlikte kullanılır (Dow ve Ingle, 1955; Muliyar vd., 2014). Kanal patının kök dentinine adezyonunun iyi olması, bakteri girişini etkili bir şekilde önlemesi ve sıvı geçirmez bir tıkama sağlaması gerekir (Donnermeyer vd., 2018). Endodontide kanal tedavisi için kullanılan patlar ana kimyasal bileşenlerine göre şu şekilde sınıflandırılır; çinko oksit ojenol, kalsiyum hidroksit, cam iyonomer, silikon, rezin ve biyoseramik esaslı patlar.

Termoplastik epoksi rezin esaslı patlardan biri olan AH Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Almanya), dentine iyi adezyonu, tübüllere nüfuz etmesi ve peritübüler dentine adaptasyonu nedeniyle popülerlik kazanmış bir kök kanal patıdır. Bu özelliklerinden dolayı kök kanal patları için altın standart olarak kabul edilmektedir (Tyagi vd., 2013).

AH Plus Bioceramic pat (Denstply Sirona, Charlotte, ABD), önceden karıştırılmış trikalsiyum silikat siman bazlı bir pat olarak piyasaya sunulmuştur. Üretici firmaya göre bu yeni kök kanal patı, hızlı sertleşme süresi, düşük çözünürlük, düşük film kalınlığı ve yüksek radyoopaklık sunar.(Sanz vd., 2022) Kalsiyum silikat bazlı simanların, özellikle ince dentin duvarlarına sahip olgunlaşmamış dişlerde kalan diş yapısını desteklediği ve kırılma direncini arttırdığı gösterilmiştir (EL-Ma'aita vd., 2014; Elnaghy vd., 2016).

Mohammed ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, AH Plus (epoksi rezin), GuttaFlow 2 (silikon esaslı), MTA-Fillapex (biyoseramik esaslı) ve TotalFill® BC™ (biyoseramik esaslı) patları kullanılarak farklı patlarla endodontik tedavi gören dişlerin kırılma direnci üzerindeki etkisini karşılaştırmışlardır. TotalFill® BC™ kök kanal

patının diğer patlara göre anlamlı düzeyde daha yüksek kırılma dayanımı değerlerine sahip olduğu bulunmuştur (Mohammed ve Al-Zaka, 2020).

Amal Almohaimede ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada biyoseramik ve epoksi rezin esaslı kanal patlarıyla doldurulan kanalların kırılma dayanımı kıyaslanmış ve TotalFill (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, İsviçre) (biyoseramik) grubu ve AH Plus (epoksi rezin) grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (Almohaimede vd., 2020). Mohamad Khir Abdulsamad Alskaf ve arkadaşlarının yaptığı başka bir çalışmada ise EndoSequence Bioceramic (BC) (biyoseramik esaslı), EndoSequence BC HiFlow (Brasseler, Savannah, GA, ABD) (biyoseramik esaslı) ve AH Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Almanya) (epoksi rezin) patlarıyla doldurulan kanalların kırılma dayanımı kıyaslanmış ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (Abdulsamad Alskaf vd,. 2022).

Endodontik tedavi görmüş dişler, geniş çaplı diş çürüklerinden kaynaklanan koronal madde kaybı nedeniyle kırılmaya daha yatkındır (Hürmüzlü vd.. 2003). Aynı zamanda bu zayıf dişler radyoterapiye tabi tutulduğunda radyasyona bağlı kuvvet kaybı kaçınılmaz hale gelebilir. Bu nedenle kanal dolumu sırasında kırıkların önlenmesi için kanalı güçlendirme kapasitesi olan malzemeler tercih edilmelidir (EL-Ma'aita vd., 2014; Elnaghy vd., 2016).

Sevinç Aktemur Türker ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada radyoterapi uygulama süresinin güta perka/kanal patı veya biodentin ile dolumu yapılan dişlerde kırılma dayanımına etkisi araştırılmış ve radyasyon tedavisinin sağlam dişlerin kırılma direncini önemli ölçüde azalttığı belirtilmiştir. En yüksek kırılma direnci sağlam/ışınlanmamış dişlerde, en düşük kırılma direnci ise Biodentine ile doldurulmuş ve radyoterapi görmüş dişlerde gözlenmiştir (Aktemur Türker, 2021).

Radyasyon tedavisi görmüş hastaların tedavi gereksinimi olan dişlerinin restorasyonu sırasında, dentinde bildirilen yapısal değişiklikler ve tedavide kullanılan dental materyaller ile farklı etkileşimleri, kanal tedavisinin başarısına farklı şekillerde katkıda bulunabilir. Bu in vitro çalışmanın amacı rezin veya biyoseramik esaslı pat ile kanal dolumu yapılan dişlerde kanal tedavisi öncesi veya sonrası 60 veya 70 Gray dozluk radyoterapi uygulamasının dişlerin kırılma direncine etkisini karşılaştırmaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Radyoterapinin Gelişimi

Radyasyonun keşfi, insanlığın teknoloji ve bilim alanındaki ilerlemesinde önemli dönüm noktalarından birisi olmuştur. Radyoaktif ışınlar, 1800'lü yılların sonunda keşfedilmesiyle birlikte kısa sürede tıpta, endüstride ve günlük hayatta birçok alanda yer almaya başlamış ve farklı uygulama alanları bulmuştur. Son yıllarda, radyoaktivite kullanımının sanayide, tarımda ve bilimsel çalışma alanlarında da giderek arttığı görülmektedir (Yeyin, 2015). Radyasyonun tıp alanında ilk kullanımı 1895 yılında W. Roentgen tarafından X ışınlarının hayatımıza kazandırılmasından kısa bir süre sonra başlamıştır (Grubbé, 1933).

1897 yılında X-ışınlarının terapötik alanda ilk kez kullanımı Profesör Freund tarafından gerçekleştirilmiştir. Freund'un bu çalışması, X-ışınlarının tıbbi alandaki kullanımını başlatan önemli bir adım olmuştur. Radyoaktif elementler olan radyum ve polonyum 1898 yılında Curie tarafından izole edilmiş ve bu elementlerin radyoaktif özellikleri incelenmiştir. Aynı yıl içinde Antoine Henri Becquerel, radyoaktivite kavramını geliştirmiştir. Bu ve benzeri gelişmeler, iyonize radyasyonun tıbbi görüntüleme ve radyoterapi alanındaki kullanımını yaygınlaştırmıştır (Kurtman ve Çelebioğlu, 2000).

Özellikle tıp alanında kanser hücrelerinin yok edilmesi için radyasyonun kullanımı günümüzde sıklıkla tercih edilen tedavi yöntemlerinden birisidir (Yeyin, 2015). Kanser tedavisinde radyasyonun yeri, gün geçtikçe daha da artmaktadır. Günümüzde, tüm kanser hastalarının %50'sinden fazlası, radyoterapiden faydalanmaktadır (Delaney vd.. 2005). Radyoterapi, kanser tedavisinde önemli bir yere sahip olan, solid tümörler ve hematolojik malignitelerin tedavisinde sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir. Çoğunlukla malign tümörlerin tedavisinde kullanılırken, benign hastalıklarda da tercih edilir ve etkili sonuçlar verebilmektedir. Rutin olarak cerrahi ve kemoterapi ile kombine bir şekilde kullanımı görülmekle beraber tek başına da çok çeşitli kanser türlerinin tedavisinde etkili sonuçlar vermektedir (Delaney vd., 2005; Zeman vd., 2020).

2.1.1. İyonize radyasyon

İyonize radyasyon, bir atom ya da molekül ile etkileşime girdiği zaman o atom ya da molekülden bir elektron koparark iyonlaşmaya yol açan radyasyonlar için kullanılan bir terimdir. İyonize radyasyon, elektromanyetik radyasyon ve parçacık şeklinde radyasyon olmak üzere iki şekilde oluşmaktadır (Özalpan, 2001).

a) Elektromanyetik radyasyon: Elektromanyetik radyasyonda X-ışınları ve gamma ışınları kullanılmakta olup bu tip bir radyasyon tek başına kimyasal ve biyolojik olarak bir hasar oluşturmamaktadır. Fakat belli bir ortamdan geçerken absorbe olmakta ve compton, fotoelektrik gibi süreçlerle hızlı hareket eden elektronlar üreterek enerjilerini bırakmaktadırlar.

b) Parçacık Şeklinde radyasyon: Elektronlar, protonlar, alfa parçacıkları, nötronlar ve yüksek enerjili ağır iyonların kullanıldığı bu radyasyon şekli genellikle deneysel amaç ile kullanılmaktadır (Kumar vd., 2017; Moss vd., 1994).

2.1.2. Radyasyonun etki mekanizması ve hücre üzerine etkisi

Radyoterapi hücrelerdeki en önemli etkisini hücrelerin en önemli yapı taşı olan deoksiribonükleik asit (DNA) üzerinden göstermektedir. DNA'nın yanısıra, hücre zarında kritik görevleri olan bazı protein ve lipid bazlı enzimler de radyasyondan özellikle etkilenmektedir (Kumar vd., 2017). İyonize radyasyonun DNA'da oluşturduğu hasar, direkt ve dolaylı olmak üzere iki farklı yolla gerçekleşebilir. Direkt DNA hasarında doku tarafından absorbe edilen fotonların enerjisi doğrudan DNA'yı oluşturan bazların aralarındaki kimyasal bağları iyonize eder ve bu durum DNA'da kırıklara yol açar. İndirekt DNA hasarında ise iyonize radyasyon hücre içinde bulunan su moleküllerini iyonize eder ve bu durumun sonucu olarak ortaya çıkan hidroksil radikalleri (OH^-) de DNA'da kırıklara neden olur. DNA'da oluşan bu kırıkların bazıları ölüme neden olamayacak tipte daha hafif görülen subletal kırıklardır. Subletal kırıkların tamiri normal hücrelerde malign hücrelere göre daha kolay bir şekilde yapılmaktadır. Malign hücrelerin çoğunda ise bu hasar giderme özelliği bulunmadığından subletal kırıklar malign hücrelerin ölümüne neden olmaktadırlar (Moss vd., 1994).

2.1.3. Radyoterapinin klinik kullanımı

Radyasyon tedavisi palyatif veya küratif amaçlı olarak 2 farklı yolla yapılmaktadır. Palyatif tedavi, hastanın yaşam beklentisinin düşük olduğu ve daha çok kansere bağlı semptomların yarattığı rahatsızlık hissini azaltmak için uygulanan kısa süreli ve yüksek dozda radyasyon miktarlarının kullanıldığı bir tedavi türüdür. Küratif tedavide ise, hastanın uzun bir yaşam beklentisi vardır ve radyasyona bağlı oluşan istenmeyen bazı yan etkiler kabul edilebilmektedir (Ballas vd., 2011).

Radyasyon onkolojisi, fizik, kimya, biyoloji ve tıp gibi birçok farklı alanın kesişim noktasında yer alan multidisipliner bir bilim dalıdır. Radyasyon onkolojisinde kullanılan radyasyon enerjisinin türü, dozajı ve uygulama şekli, kanserin türüne ve evresine göre farklılık gösterir. Kanser tedavisinde kullanılan radyasyon enerjisinin çoğu, yüksek enerjili fotonlardır (6-25 megavolt). Bu fotonlar, cilde zarar vermeden dokuda derin enerji depolayabilir. İyileştirici tedavide, radyasyon dozu günlük 1,8-2 Gray (Gy)'lik fraksiyonlar halinde 6-8 haftalık bir süreçte verilir (Delaney vd., 2005).

Kombine tedavi yöntemleri

a) Preoperatif radyasyon tedavisi: Bu tedavi yöntemi cerrahi rezeksiyon sınırının dışındaki mikroskobik veya subklinik hastalığı ortadan kaldırmak amacıyla uygulanır. Operatif alandaki canlı hücre sayısını azaltır. Tümör hücrelerinin yayılmasını ve yeniden oluşmasını önlemeye yardımcı olur. Bu tedavi yönteminin en büyük dezavantajlarından biri, normal dokulara da aynı şekilde zarar vermesi ve bu canlı dokuların iyileşmesini geciktirmesi veya engellemesidir. Bu nedenle, preoperatif radyasyon tedavisinin uygulanacağı dokuların dikkatli ve iyi bir şekilde değerlendirilmesi ve radyasyon dozunun mümkün olduğunca düşük tutulması gerekir (Ballas vd., 2011).

b) Postoperatif Radyasyon Tedavisi: Cerrahi işlemden sonra uygulanan bu tedavi yöntemi tümör hücrelerinin subklinik odaklarını bozarak cerrahi bölgedeki rezidüel tümörü ortadan kaldırmayı amaçlar. Bu yöntemin dezavantajı, tedavinin uygulanması için cerrahi bölgedeki yara iyileşmesinin tamamlanması beklenir ve bu sırada radyasyon tedavisi gecikir (Ballas vd., 2011).

c) Radyoterapi ve Kemoterapi: İki tedavi yönteminin kombine bir şekilde kullanıldığı bu yöntemde tedavilerin tümör veya normal dokular üzerindeki etkileri tek başına kullanıldıklarında gösterdiği etkiden daha fazla olmaktadır (Ballas vd., 2011).

d) Bütünleşmiş Çok Yöntemli Kanser Yönetimi: Hastanın yaşam süresini artırmak, tümörü kontrol altına almak ve iyileştirmek için iki veya daha fazla tedavi yönteminin kombine şekilde kullanılmasıdır. Örneğin, büyük tümörler veya metastatik lenf nodları radyoterapi ile cerrahi yöntem birlikte kullanılarak kombine bir şekilde tedavi edilmektedir (Ballas vd., 2011).

Radyoterapinin uygulama teknikleri

a) Eksternal tedavi (external beam fractioned radiotion therapy): Kanser tedavisinde radyoterapinin en sık kullanılan yöntemidir. Bu yöntemde, yüksek enerjili radyasyon ışınları, tümörlü dokuya dışarıdan uygulanır. Güncel olarak 3 boyutlu konformal radyasyon terapisi veya yoğunluk ayarlı radyoterapi (IMRT) teknikleri bu şekilde uygulanmaktadır. Tedavi planlamasına göre tümörlü dokular için en yüksek doz, sağlam dokular için en düşük doz ışın verilir (Zeman vd., 2020).

b) Brakiterapi: Kısa mesafeli radyoterapi, radyoaktif kaynakların tümöre doğrudan, içine veya çok yakınına yerleştirilerek yapılan bir tedavi yöntemidir. Bu sayede, radyasyon tümör hücrelerine daha yüksek dozda ulaşır ve sağlıklı dokulara daha az zarar verir. Yüzeyel kalıp şeklinde, interstisyel olarak, intrakaviter veya intraluminal olarak uygulanmaktadır (Bourland, 2012).

c) Stereotaktik Radyocerrahi: External radyoterapinin özel bir şekli olan stereotaktik radyocerrahi çok sayıda farklı açılardan uygulanan ışın demetlerinin daha önceden işaretlenmiş hedef hacme yönlendirilmesidir. Bu durum ışınların çakışma bölgesinde yüksek dozlara ulaşılmasını sağlar. Hedef hacim dışındaki normal dokularda ise hızlı doz düşmesi olur. Özellikle 4 cm'den küçük hedef hacimlerde doz dağılımında diğer radyoterapi tekniklerine göre ciddi avantajlar sağlamaktadır. Diğer bir yandan tümör boyutları arttıkça konformalite düşmektedir (Yazıcı vd., 2011).

d) İntraoperatif Radyoterapi: Cerrahi işlem esnasında lokalize kontrolü sağlamak için yüksek doz radyasyonun tümör yatağına tek doz halinde verilmesidir (Zeman vd., 2020).

2.2. Baş ve Boyun Kanserlerinde Radyoterapi Uygulanması

Baş ve boyun kanserleri; dudak, ağız boşluğu, orofarenks, hipofarenks, tonsil, tükürük bezleri, nazofarenks, burun, paranasal sinüs ve orta kulak kanserlerinin tamamını kapsamaktadır (Kamangar, 2006). Oral bölgede görülen kanserlerin %90'ından fazlası epitel yüzeyinden köken alan skuamöz hücreli karsinomlardır. Bu karsinomun yanısıra %3-%5 arasında minör tükürük bezlerinden köken alan tümörler görülmektedir. Sarkomalar, malign melanomlar, plazmasitomlar ve lenfomalar daha nadir görülmektedir. Ağız kavitesinde bazen metastatik tümörlerin de görüldüğü bildirilmiştir (Soler, 2001). Oral kavitede görülen kanserler literatürde 9 alt başlıkta incelenmiştir. Bu başlıklar oral skuamöz hücreli karsinom, verrüköz karsinom, minör tükürük bezlerinin tümörleri, mukozal melanom, kaposi sarkom, primer intraosseöz skuamöz hücreli karsinom, osteosarkom, nadir görülen malign tümörler ve metastatik tümörlerdir (World Health Organization 2017).

Baş ve boyun kanserleri, 2018 yılında 890.000 yeni vaka ve 450.000 ölüm ile dünya genelinde en yaygın görülen yedinci kanser türüdür (Bray vd., 2018). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'nun 2016 yılı kanser verilerine göre ülkemizdeki tüm yaş gruplarında en sık görülen 10 kanser türünde baş ve boyun kanserlerinden biri olan larenks kanseri erkeklerde 9. Sıradadır (T.C. Sağlık Bakanlığı 2016). Görülen en yaygın malignitesi skuamoz hücreli karsinomdur (Cohen vd., 2018).

Baş ve boyun kanserlerinin oluşumunda demografik, çevresel ve davranışsal faktörler önemli rol oynamaktadır. Başlıca risk faktörleri arasında tütün ürünleri kullanımı, alkol, viral enfeksiyonlar (Epstein Barr virüsü, human papilloma virüsü, hepatit C virüsü), immün yetmezlik, mesleki maruziyet (perkloretilen, asbest, pestisitler, polisiklik aromatik hidrokarbonlar, plastik ve kauçuk ürünleri, etanol, formaldehit, çimento vb.), radyasyon, ağız sağlığı, beslenme tarzı, yaşlılık ve genetik yer almaktadır (Rettig ve D'Souza, 2015). Baş ve boyun kanserlerinin tedavisinde, radyoterapi tek başına ya da cerrahi ve kemoterapi ile kombine olmak üzere, sıklıkla

başvurulan önemli bir tedavi yöntemdir (Çitlak ve Kapucu, 2017). Baş ve boyun kanserlerinin tedavisi amacıyla kullanılan radyoterapi, bu bölgedeki önemli hayati yapılar nedeniyle teknik olarak çok zor uygulanmaktadır. Bu tedavinin ikincil sonuçları, dişlerde ve dolaylı olarak ağız işlevinde kayba neden olan yıkımlardır. Bu durum hastanın yaşam kalitesini önemli ölçüde düşürmektedir (Lieshout ve Bots, 2014).

Baş ve boyun kanserlerinde tükürük bezlerine cerrahi işlem sonrası minimal rezidüel hastalıkta, 5 cm derinlikte günlük 2 Gy'lik fraksiyonlarla toplam 55-60 Gy doz uygulanır. Preoperatif radyoterapi, hastaların hipofarenks ve boyun bölgesine uygulanır. Preoperatif radyoterapide kullanılan radyasyon dozları 45-50 Gy'dir. Postoperatif radyoterapide, primer tümörden kafa tabanına dek uzanan karşılıklı lateral alanlar radyasyona maruz kalır. Postoperatif radyoterapi için kullanılan doz ise 70-75 Gy'dir. Larinks bölgesinde genellikle T1 tümörler (Limitli tümör) için 55-66 Gy arasındaki toplam doz önerilirken, T2 (komşu bölgeye taşmış) tümörler için 60-70 Gy arasında dozlar yeterli görülmektedir (Engin ve Erişen, 2003; Gemici, 2004). Tonsiller fossa ve fausial ark T1 (2 cm'den küçük tümör), T2 (2-4 cm arası tümör) tümörlerinde tek başına eksternal radyoterapi ile 60-75 Gy'lik dozlarla etkin bir tedavi sonucu tümör kontrolü sağlanır (Stimson vd., 1997). Yaygın olarak kullanılan günlük doz miktarı günde 1,8-2 Gy olmak üzere haftada 5 gün radyoterapi uygulamasıyla karakterize konvansiyonel fraksiyonasyondur (Engin ve Erişen, 2003; Gemici, 2004).

2.2.1. Baş ve boyun kanserlerinde radyoterapi sonrası görülen sistemik komplikasyonlar

Radyoterapi sonrası hastalarda en sık görülen sistemik komplikasyonlar şunlardır: yorgunluk, ciltte değişiklikler, ağız kuruluğu, mukozit, tat değişiklikleri, ağızda ve boğazda ağrı, disfaji (yutma güçlüğü), odinofaji (ağrılı yutma), iştahsızlık, bulantı, kusma ve emosyonel (anksiyete, depresyon, korku, stres, yalnızlık, kontrol kaybı) değişiklikler (Ertem vd., 2009).

Baş ve boyun kanserinin tedavisi amacıyla radyoterapi uygulanan hastalarda erken dönemde mukozit, tat alma ve tükürük salgısında azalma, ciltte eritem veya deskuamasyon gibi durumlar; geç dönemde ise cilt ve mukozalarda atrofi,

telenjiektazi, ülserasyon, fibrozis, trismus, ödem, nekroz gibi komplikasyonlarla karşılaşılmaktadır. Radyasyon tedavisi gören hastalarda temporomandibular disfonksiyon durumu ortaya çıkabilir ve bu durum kendini myofasiyal ağrı, baş ağrısı, çene eklemi ağrısı veya kulak ağrısı olarak gösterir (Dreizen vd., 1977; Hancock ve Epstein, 2003; Scully vd., 2004). Akkaş ve arkadaşlarının baş ve boyun kanserli hastalarla yapmış oldu bir çalışmada radyoterapi alan hastaların %90'ında ağız kuruluğu, %95'inde kilo kaybı, %82'sinde grade 1-2 mukozit görüldüğü kaydedilmiştir (Akkaş vd., 2013). Haefner ve arkadaşlarının radyoterapi alan 238 hasta ile retrospektif olarak yaptıkları bir başka çalışmada ise akut dönemde 131 hastada disfaji, 69 hastada dermatit geliştiği belirtilmiştir (Haefner vd., 2015). Karthikeyan ve arkadaşlarının çalışmasında ise, kanser tedavisi alan 121 hastanın %45'inde ciddi yorgunluk gözlenmiştir (Karthikeyan vd., 2012).

2.2.2. Radyoterapinin oral bölgeye etkileri

Kanser tedavilerine bağlı olarak gelişen ve oral bölgede görülen komplikasyonlar, tedavinin etkinliğini azaltır ve hastaların yaşam kalitesini olumsuz yönde etkileyerek önemli bir sorun teşkil eder. Bu komplikasyonlar, hastanın tedavisi esnasında veya tedavisinin hemen sonrasında akut olarak gelişebilir; bazen de kanser tedavisi, hastada yıllarca süren oral problemlere yol açabilir. "National Cancer Institute Common Toxicity Criteria (NCI-CTC)" radyoterapinin yan etkilerini iki kategoriye ayırır: akut ve geç. Akut yan etkiler, tedavinin ilk 90 günü içinde ortaya çıkar, 90 günden sonra gelişenler ise geç yan etkiler olarak tanımlanmaktadır. Baş ve boyun kanserlerinde geç yan etkilerin büyük bir kısmı ilk üç yıl içinde görülür (Cox vd., 1995; Trotti, 2000).

Baş ve boyun bölgesi ışınlamasının ağız dokuları ve ağız işlevi üzerindeki yıkıcı etkileri, çeşitli şekillerde kendini gösterir. Enfeksiyon, hiposalivasyon, beslenme (nütrisyon) bozukluğu mukozit, mukozal ağrı ve tat bozukluğu, yanan ağız sendromu, fibrozis, trismus, temporomandibular hastalıklar ve osteoradyonekroz baş ve boyun bölgesi ışınlamasının ağız dokuları ve ağız işlevi üzerindeki başlıca etkilerinden bazılarıdır. Bu etkilerin çoğu geçicidir, ancak bazıları kalıcı olabilir. Tat kaybı, hassas veya ağrılı yumuşak dokular, çene kemiğinde osteoradyonekroz, mantar

enfeksiyonları ve mukozit gibi etkiler genellikle tedaviyle veya zamanla iyileşir (Anneroth, 1985; Jham ve Freire, 2006; Lieshout ve Bots, 2014).

Çene bölgesindeki atrofik kaslar, trismus, bakteriyel mikroflora ve proteinlerdeki değişiklikler gibi diğer sonuçlar ise genellikle tedavi ile iyileşmez veya iyileşmesi çok zordur. Bu sonuçlar daha kalıcı bir özelliğe sahiptir (Jham ve Freire, 2006; Kielbassa vd., 2006).

Baş ve boyun kanserlerinin tedavisi için uygulanan radyoterapi esnasında veya radyoterapinin hemen sonrasında enfeksiyon gelişmesi olabilir. Bu enfeksiyonların ağız içinde en sık görüleni kandidiazistir (Vissink vd., 2003). Gelişen viral enfeksiyonlardan ise en sık görüleni herpes simplex virüs'tür (Belfield vd., 2004). Baş ve boyun bölgesine uygulanan radyoterapinin, parotis ve submandibular tükürük bezleri üzerinde etkisi bulunur. Radyoterapi bu bezlerde tükürük miktarının azalmasına (hiposalivasyon) ve tükürük kalitesinin bozulmasına neden olabilir (Dirix vd., 2008; Jham ve Freire, 2006; Kielbassa vd., 2006). Tükürük bezlerinde görülen bu komplikasyonlar hastalarda ağız kuruluğuna yol açabilir (Likhterov vd., 2018). Ağız kuruluğunun süresi, ışınlamanın dozuna ve süresine, tükürük bezlerinin radyasyona maruz kalan hacmine ve hastanın özelliklerine bağlıdır. Bu süreç birkaç ay veya yıl boyunca sürebilir ya da hasta için kalıcı olabilir (Kuhnt vd., 2005; Marmiroli vd., 2005).

Baş ve boyun bölgesine radyoterapi uygulanan hastalarda ihmal edilen veya gerektiği kadar üzerinde durulmayan bir diğer faktör de hastaların beslenme (nütrisyon) durumlarıdır (Kufeldt vd., 2018). Baş ve boyun bölgesine radyoterapi uygulanan hastalarda görülen yutma güçlüğü, ağızdan alınan gıdanın mideye ulaşmasının mekanik olarak gerçekleşememesi durumudur. Bu güçlüğün nedeni radyoterapi uygulaması sonrası yutma hareketini sağlayan kasların gücünün azalması veya koordinasyonunun bozulması gibi durumlardır (Kraaijenga vd., 2015). Hastanın radyoterapi görmesi sonucu oluşan yutma güçlüğünün etiyolojik faktörleri arasında tat tomurcuklarını da etkileyen nörotoksisite, ağız kuruluğu, enfeksiyon ve psikolojik koşullanma gibi faktörler bulunur (Li H vd., 2019). Mukozit baş ve boyun kanserlerinin tedavisinde kullanılan radyoterapi ve kemoterapi sonrası görülen komplikasyonların başında gelir. Genellikle oral mukozanın ülserasyonu ve

enflamasyonu ile karakterize şekilde görülür ve hayatı tehdit eden enfeksiyonların kaynağı olabilen önemli bir yan etkidir. Genellikle ön oral kavitede (bukkal mukoza, dudaklar ve dilin arka kısmı) gelişimi görülen mukozit, oral mukoza epitel hücrelerinin hızlı bölünmesi sebebiyle sitotoksik ajanlar tarafından kanser hücrelerine benzetilir ve bu nedenle hasara uğratılır.(Rosenthal & Trotti, 2009) Sıklıkla kullanılan şekilde baş ve boyun kanseri tedavisi için 6-7 haftalık radyoterapi kürü alan bir hastada oral mukozit, radyoterapinin ilk 2-3 haftasında oral mukozada eritem olarak kendini gösterir ve radyasyon dozu arttıkça ülserasyon ve psödomembranlara ilerler (Sonis vd., 1998). Trotti ve arkadaşlarının yapmış oldukları sistematik literatür derlemesinde 33 çalışma taranmış ve çalışmaların %10'unda oral mukozitin en sıkıntılı semptomunun ağız içinde ağrı olduğu rapor edilmiştir (Trotti vd., 2003).

Radyasyonun uygulamasının sebep olduğu ve kserostomi ile artan kronik veya rekürrent ağız yanması ikincil "yanan ağız sendromu" olarak isimlendirilir. Yanan ağız sendromunun hastada görülen semptomları şunlardır: dili, dudakları, diş etlerini, damağı, boğazı veya tüm ağzı kapsayan yanma veya haşlanma hissi; ağız kuruluğu, artan susuzluk, tat kaybı veya tat değişiklikleri (örn. acı veya metalik). Hastanın ağız rahatsızlığı gün boyunca mevcut olabilir veya yavaş yavaş daha kötü bir hale gelebilir. Kronik hale gelip aylar, yıllar boyunca sürebilir. Semptomlar aniden kaybolabilir ya da daha seyrek hale gelebilir. Yemek yemek veya sıvı tüketmek hastanın semptomlarında geçici olarak azalma sağlayabilir. Rahatsızlık, depresyon, kaygıya yol açıp, uykuya dalma ve yemek yemede zorluklara neden olabilir. Asitli yiyeceklerden, baharatlı yiyeceklerden, gazlı içeceklerden, tütünden ve aşırı stresten kaçınmak hastanın şikayetlerini azaltır (Mcmillan vd., 2017).

Radyasyon sorası görülen fibrozis, baş ve boyun kanseri tedavisi için uygulanan radyoterapinin geç oluşan yan etkilerinden biridir ve ışınlanmış bölgelerde bulunan birden fazla yapıyı etkileyebilir. Boyun bölgesine uygulanan radyasyon o bölgedeki damar, sinir ve kas gibi yapılarda hasar oluşumuna neden olabilir. Ayrıca, baş ve boyun bölgesindeki sıvının boşaltımını yapan lenfatiklerin hasar görmesi lenfödeme neden olabilir. Dil kaslarındaki ve farinksteki konstriktör kaslarındaki fibrozis tedaviyi takiben gelişebilir ve dilin fonksiyon görmesini ve yutmayı ciddi şekilde etkileyebilir. Çiğneme kaslarında özellikle lateral pterygoidlerde görülen fibrozis trismusa neden olabilir (Sroussi vd., 2017).

Radyoterapi sonrası görülen geç yan etkilerden bir diğeri olan trismus; yemek yemede, yutmada, konuşmada ve genel ağız hijyeninin sağlanmasında zorluklara neden olabilir. Baş ve boyun kanseri hastalarında radyoterapinin neden olduğu trismus insidansı, daha eski çalışmalarda %5 ila %45 arasında büyük ölçüde değişmektedir (Bensadoun vd., 2010).

Çenelerin osteoradyonekrozu, baş ve boyun kanserlerinin tedavisi amacıyla uygulanan radyoterapinin bir komplikasyonu olarak ortaya çıkmaktadır (De Souza Tolentino vd., 2019).

Osteoradyonekroz, radyasyon dozu almış kemiğin hızlı ve geri dönüşümsüz bir şekilde canlılığını kaybetmesi durumudur (Hancock ve Epstein, 2003). Gerçek bir osteomyelit değildir ve daha sık olarak radyasyon tedavisine bağlı olarak vaskülarizasyonda azalma ile yara iyileşmesinde görülen eksiklik sonucu oluşur (Rubenstein vd., 2004). Genel olarak radyoterapiden sonraki birkaç yıl içinde görülür, ancak radyoterapi sonrasında herhangi bir zaman aralığında da yine osteonekroz oluşma riski bulunur (Hancock ve Epstein, 2003). Osteoradyonekroz baş ve boyun bölgesine uygulanan radyoterapinin en ciddi komplikasyonlarından birisidir. Osteoradyonekroz hastalarının 1/3'ünde bu komplikasyonun spontan olarak geliştiği rapor edilmiştir. Bunun yanında periodontal ve apikal hastalıklar, protetik uygulamalar, cerrahi işlem ve diş çekimi ile oluşan travma sonrasında da görülmüştür. En fazla görülen durum %2-18 oranı ile radyoterapi sonrası yapılan diş çekimleridir (Nabil ve Samman, 2011). Dişli hastaların dişsiz hastalara göre iki kat daha fazla osteoradyonekroz riski bulunur. Ayrıca radyoterapinin dozu, doz hızı ve uygulama alanı da osteonekroz gelişim riskini belirlemektedir (Hancock ve Epstein, 2003).

Hastanın kanser tedavisi öncesinde enfekte dişlerinin çekimi ile enfeksiyonların ortadan kaldırılması komplikasyon yönetimi açısından önemlidir. Nekroz durumunun görülmemesi için radyoterapiden üç hafta önce çekimler tamamlanmalıdır. Sistemik antibiyotik kullanımının osteoradyonekroz için tedavi edici özelliği yoktur, çünkü osteoradyonekroz bir kemik ölümüdür. Antibiyotik kullanımı hastayı sadece sekonder enfeksiyonlardan korunmak veya varsa oluşan enfeksiyonu tedavi etmek içindir (Nabil ve Samman, 2011). Osteoradyonekroz vakalarının büyük bir kısmında konservatif tedavi ile (debridman, antibiyotik ve salin

irrigasyonu) altı ay içinde ciddi bir iyileşme görülür. Bu tedavilere rağmen ilerleyen olgularda ise sıklıkla rezektif cerrahiler yapılır ve hiperbarik oksijen tedavisi ile desteklenir (Hancock ve Epstein, 2003).

Radyoterapi uygulaması sonrası dental anomaliler görülebilir. En sık görülen anomalilerden birisi olan odontogenezde en şiddetli bozukluklar daha çok oluşum öncesi ve farklılaşma fazlarında radyasyona maruz kalındığında görülür. Radyoterapi nedenli rapor edilen diğer bozukluklar ise anormal küçük dişler (mikrodonti), kısa ya da körleşmiş kökler, küçük kuronlar, malokluzyon, yetersiz kalsifikasyon, taurodontizm, apekslerin erken kapanması, dişlerin gelişiminin gecikmesi veya durmasıdır (Otmani, 2007).

2.3. Radyoterapinin Dental Dokulara Etkisi

Baş ve boyun kanserleri nedeniyle radyoterapi gören hastalarda dental komplikasyonlar sıklıkla görülen bir durumdur. Radyoterapi uygulaması, diş pulpa dokusunda hipovaskülariteye, yani pulpal kan akımının azalmasına neden olur (Springer vd., 2005). Radyasyon ışınlarının özellikle mine dentin birleşim bölgesinde, doğrudan yıkıcı bir etkiye sahip olduğu düşünülmektedir (Grötz vd., 1998).

2.3.1. Radyoterapinin diş sert dokularına etkisi

Yapılan çalışmalar sonucu radyasyon tedavisinin diş sert dokuları üzerinde etkili olduğu ve dişlerin demineralizasyona yatkınlıklarını arttırdığı görülmüştür. Bu duruma bağlı olarak da diş çürüğü riskinin önemli ölçüde arttığı gözlemlenmiştir (Gupta vd., 2015). Baş ve boyun bölgesine uygulanan radyoterapi sonrası ilk 3 ay içinde diş sert dokusunda bozulmanın ilk belirtileri görünür (Lieshout ve Bots, 2014). Minede geniş gözenekli alanlar, yüzey minesinin kaybı, yüzey altı minesinin açığa çıkmasının bir sonucu olarak krater oluşumu ve alttaki dentinin açığa çıkması sıklıkla görülür. Bu durum hızlı bir şekilde atipik çürük oluşumuna yol açar ve çoğunlukla ağrısız şekilde görülür (Walker vd., 2011). Bazen mine veya dentinde kahverengi bir renk değişikliği olarak görülebilir. Bu renk değişikliği de çoğunlukla servikal ve insizal yüzeylerde yer alır (Vissink vd., 2003).

Radyoterapinin diş sert dokularına etkisiyle ilgili yapılan bir çalışmada dişlere 20 Gy'lik radyasyon dozu uygulanan olgularda radyoterapi sonrası mine dentin birleşimine yakın minede mikrosertlikte, elastisite modülü, mineral ve kristallikte belirgin bir azalma görülmüştür. 20 Gy'lik uygulanan bu doz dentinde de minedekine benzer etkiler göstermiş ve bu etkiler 70 Gy'e kadar aynı şekilde kalmıştır (Lu H vd., 2019). Miguel ve arkadaşlarının yaptığı başka bir çalışmada ise uygulanan tüm radyasyon dozlarının mine ve dentinin mineral ve organik yapılarını etkilediğini, mikro sertliğini azalttığını, bunun da çürük süreçlerinin ilerlemesine katkıda bulunabileceğini gözlemlemiştir. (Muñoz vd., 2020)

Hastalar, radyoterapiden hemen sonra ilk ve ana neden olarak görülen hiposalivasyon ile artan diş çürüğü riski altındadır (Escoda-Francolí, vd., 2011). Kielbassa ve arkadaşları yapmış oldukları bir çalışmada radyasyon uygulanmasından sonra tükürüğün pH değerinin 7,0'den 5,0 değerine düştüğünü ve bu durumun da dişlerin demineralize olma eğilimini artırdığını belirlemişlerdir. Ağız ortamında demineralize olma eğiliminin artması sonucu florada asidojenik ve karyojenik mikroorganizmaların (Streptococcus mutans, Lactobacillus ve Candida türleri) artışı gözlenmektedir. Oral floranın değişimi, tükürük akışının azalması, tükürük bileşiminin değişmesi (tamponlama kapasitesi, pH, immunoproteinler) gibi durumlar radyoterapinin başlangıcından itibaren 3 ay içinde gerçekleşir ve bu değişiklikler çürük artışı ile periodontal enfeksiyonlara karşı yüksek risk oluşturur. (Gupta vd., 2015)

Radyasyon çürüğü, baş ve boyun kanserlerinin tedavisinde kullanılan radyoterapiyi takiben görülen yaygın çürükleri tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Radyasyon dişlerin yapısını ve mekanik özelliklerini doğrudan etkileyebilmesine rağmen, radyasyon çürüğünün patogenezinin klasik çürükten farklı olduğuna dair çok az kanıt bulunmaktadır. Aynı zamanda, klinik olarak radyasyon çürükleri, ağız kuruluğu hastalarında görülen radyasyonla ilişkili olmayan çürüklere benzer olduğu görünmektedir (Lieshout ve Bots, 2014).

Radyasyona bağlı oluşan çürükler, klasik çürüklere kıyasla daha hızlı gelişir ve dişlerin çürük gelişmesi beklenmeyen yüzeylerinde (tüberkül uçları, diş eti çizgisi kaviteleri) görülme olasılığı daha fazladır. Radyasyon çürükleri ayrıca daha yüksek

rekürrens oranı gösterir ve tedavisi için komplike prosedürleri gerektirir. Bundan dolayı tedavinin başarısız olma ihtimali daha yüksektir (Roger Silva vd., 2010).

Knychalska ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, radyoterapi uygulamasından 6 ila 8 ay sonra çekilen dişler analiz edilmiş ve bu dişler, özellikle dentin yapısında, yoğun demineralizasyon belirtileri göstermiştir. Bununla birlikte, hasarlı dokuda remineralizasyon belirtileri de görülebilmiştir (Knychalska-Karwan vd., 1988). Grötz ve arkadaşlarının yaptığı başka bir çalışmada ise radyoterapi amaçlı yapılan ışınlamadan kısa bir süre sonra, minenin prizmatik yapısında kapsamlı bir tahribat gözlemlenmiştir. Işınlanmış minedeki bu demineralizasyon, ışınlanmamış mineden farklı modeldedir. Işınlanmış minenin demineralizasyon davranışında önemli mikromorfolojik farklılıklar görülmüştür. Işınlanmış minenin asit saldırılarına karşı sağlam mineye göre daha savunmasız olduğu, biyomekanik özelliklerinin daha fazla etkilendiği ve aynı zamanda dentinin biyomekanik özelliklerinin daha fazla azaldığı görülmüştür (Grötz vd., 1988).

Joyston-Bechal ve arkadaşlarının insan ve sığır dişleri üzerinde yapılan in vitro ve in situ çalışmaları bu gözlemlerle çelişmektedir. Işınlanmış diş minesinin ışınlanmamış diş minesine göre demineralizasyona karşı daha duyarlı olmadığını bulmuşlardır. İki durumda da aynı miktarda mineral kaybı ve lezyon derinliği görülmüştür (Kielbassa vd., 2006; Joyston-Bechal, 1985). Ancak sağlam dişlerdeki mine dentin bağlantısı ne kadar keskin konturlara sahipse ışınlanmış dişlerdeki mine dentin bağlantısının da bir o kadar dağınık, hasarlı ve kararsız olduğu görülmüştür. Işınlama sonucu etkilenen veya tahrip olan organik matris, dentin ve mine arasındaki ankrajı ve aynı zamanda dentinin iç stabilitesini azaltır (Pioch vd., 1992).

Dentin, radyoterapi amaçlı yapılan ışınlamadan genellikle ciddi bir şekilde etkilenir. Kielbassa ve arkadaşları in vitro olarak radyoterapinin sığır dentinindeki etkisini inceledikleri çalışmalar sonucu ışınlanmış ve ışınlanmamış dentin arasında mikro sertlikte çarpıcı bir düşüş görmüşlerdir.(Kielbassa vd., 2006) Işınlanmış dişlerde odontoblast prosesi mine dentin bağlantısının önünde sonlanırken, ışınlanmamış dişlerde odontoblastların aktivitesi mine içine kadar uzanır (Lieshout ve Bots, 2014). Springer ve arkadaşlarının yaptığı in vitro bir çalışmada, çekilmiş üçüncü azı dişleri 31,5 Gy'e kadar ışınlanmış ve bu dişlerde belirgin bir kollajen yıkımı tespit

edilememiştir (Springer vd., 2005). Diş minesi, mine dentin birleşimi ve dentin gibi dişin tüm sert yapılarında az ya da çok değişiklikler görülebilir. Birçok çalışma bu değişikliklerin ve hasarların bu yapıların mekanik özelliklerinde değişime yol açtığını göstermiştir (Kielbassa vd., 2006; Soares vd., 2010).

Franzel ve arkadaşlarının bir araştırmasında tümörlerin tedavisi için kullanılan yüksek enerjili X ışınlarında 0,5 Gy'den sonraki parametrelerde mine ve dentinin mekanik özelliklerinde ciddi bir düşüş görüldü. Buna karşın terapötik ışınlama, genellikle minedeki bu özelliklerin neredeyse tamamen zarar gördüğü günlük 2 Gy'lik bir dozla başlar (Franzel ve Gerlach, 2009).

Walker ve arkadaşlarının dişlerin radyoterapi sonrası oluşan kırılganlık durumu ile ilgili yaptığı bir çalışmada dişlerin yüzde elli birinde radyoaktif ışın uygulaması sonrası orta veya ağır seviyede hasar görülmüştür. Işınlama düzeyinin artmasıyla hasarda kayda değer bir artış bulunmuştur. Dental dokulardaki doz ilişkili hasar 3 aşamada sınıflandırmışlardır: 0–30 Gy minimum diş hasarı, 30 ve 60 Gy arasında diş-doz hasarı ilişkisi iki veya üç kat artışı, 60 Gy veya daha fazlası bu ilişkiyi on kat daha fazla artması şeklinde gözlemlenmiştir (Walker vd., 2011).

2.3.2. Radyoterapinin pulpa dokusuna etkisi

Literatürde radyoterapinin dental pulpa üzerindeki etkileri konusunda bir fikir birliği yoktur. Yapılan bazı çalışmalar, baş ve boyun radyoterapisinin dişin pulpasında sinirsel ve damarsal değişiklikleri destekleyebileceğini ve bunun da pulpa nekrozuna yol açabileceğini göstermektedir (Weissheimer vd., 2022).

Baş-boyun kanseri ile ilişkili radyoterapinin pulpal dokulara etkisini değerlendiren bir meta-analiz çalışması baş-boyun radyoterapisinin orta düzey kanıt seviyesinde pulpal yanıtta önemli değişikliklere neden olduğunu göstermiştir. Bu değişken yanıtlar nedeniyle radyoterapi almış hastalarda pulpal durumun doğru bir şekilde belirlenemeyeceği ileri sürülmüştür.(Weissheimer vd., 2022)

Madani ve arkadaşlarının fareler üzerinde yaptığı bir çalışmada 12 ve 18 Gy dozlu radyoterapi alan gruplarda inflamasyon, nekroz ve hyalinizasyon üzerinde baş-boyun radyoterapisinin anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür (Madani vd., 2017).

Farklı dozlarda baş-boyun radyoterapisi alan hastalarda pulpa ve diş etinde kan akımını radyoterapi başlangıcından hemen sonra ve tamamlanmasından altı ay sonra karşılaştıran başka bir çalışmada radyoterapiden hemen sonra dişetinde kan akımında akut belirgin bir artış ve ardından uzun sürede (altı aydan fazla) başlangıç seviyelerine dönme eğilimi olduğu görülmüştür. Dental pulpa kan akımı, yüksek doz radyasyonda (50 Gy 'in üzerinde) daha düşük dozlara göre (50Gy'in altında) farklı şekilde etkilenmiştir (Antic vd., 2022).

Radyasyonun baş-boyun radyoterapisi görmüş hastalarda diş pulpasının mikrovaskülarizasyonu, innervasyonu ve hücre dışı matris üzerindeki doğrudan etkilerini araştıran bir başka çalışmada radyasyonun bu oluşumlar üzerinde ciddi morfolojik değişimlere neden olmadığı belirtilmiştir (Faria vd., 2014).

Radyoterapi uygulanan orofaringeal kanser hastalarında radyoterapi öncesi, radyoterapi bitiminde ve radyoterapiden altı ay sonra pulpanın vitalitesini pulsoksimetre ile değerlendiren bir çalışmada, radyoterapi başlangıcından sonuna kadar (60-70 Gy arasında) pulpal oksijenlenme düzeyinde (SpO2) azalma olduğu, ancak 6 ay sonra SpO2'de anlamlı bir artış olduğu sonucuna varılmıştır. Pulpanın canlılık durumunun kontrol edilmesi için 6 ay-1 yıl gibi bir sürenin beklenmesinin çok önemli olduğu vurgulanmıştır (Daveshwar vd., 2021). Baş-boyun radyoterapisi alan hastalarda pulpal hassasiyeti değerlendiren bir başka çalışmada, 30-35 Gy dozdan sonra hastalarda hassasiyetin arttığı görülmüştür (Garg vd., 2015).

Radyoterapiden 4-6 yıl sonra SpO2 ölçerek iyonize radyasyonun pulpal canlılık üzerindeki uzun vadeli etkilerini değerlendiren bir çalışma, pulpadaki SpO2 düzeyini 4-6 yıl sonra normal sınırlar içinde bulmuştur. Yazarlar, radyoterapinin pulpal canlılık üzerinde uzun vadeli bir etkisinin olmayacağını ve radyoterapi nedeniyle pulpal mikrosirkülasyonda meydana gelen kısa vadeli değişikliklerin geçici olabileceğini iddia etmiştir (Kataoka vd., 2016).

Bir başka çalışmada baş-boyun radyoterapisinin tip I kollajen, kemik sialoprotein (BSP) ve kemik morfogenetik protein 4'ün (BMP4) immün ekspresyonuna etkisi ve dentin-pulpa kompleksinde mikromorfolojik değişikliklere sebep olarak radyasyon çürüklerinin başlamasını ve ilerlemesini teşvik edip etmediği değerlendirilmiştir. Baş boyun kanseri hastasından alınan demineralize çürük diş kesitleri (ışınlanmış dişlerden oluşan bir grup ve ışınlanmamış dişlerden oluşan bir kontrol grubu) mikromorfolojiyi ve paternleri araştırmak için geleneksel optik mikroskopi ve immünohistokimya ile analiz edilmiştir. Gruplar arasında pulpa mikromorfolojisinde radyoterapinin doğrudan etkisine atfedilebilecek anlamlı bir fark saptanmadı. Ek olarak, incelenen proteinlerin immünohistokimyasal boyama ve immünolokalizasyon modelleri, tip I kollajen, BSP veya BMP4 için ışınlanmış ve kontrol numuneleri arasında farklılık göstermemiştir. Bu çalışma, baş-boyun radyoterapisinin pulpanın organik bileşenlerini ve mikro yapısını değiştirerek doğrudan diş yapısına zarar verdiği ve sonuçta radyasyon çürüğüne yol açtığı hipotezini reddetmiştir (Fonsêca vd., 2022).

Birçok araştırmanın incelenmesi sonucu radyoterapinin pulpal kan akımını ilk 6 ayda bir miktar etkilemesine rağmen daha sonrasında anlamlı bir farklılık oluşturmadığı, meydana gelen kısa vadeli değişikliklerin geçici olduğu pulpal kan akımının ve pulpal canlılığın incelenmesi için 6 aydan uzun süre beklenmesi gerektiği görüşüne varılmıştır. Aynı zamanda doza bağlı olarak da radyoterapinin pulpayı farklı şekilde etkilediği düşünülmüştür.

2.3.3. Radyoterapinin periodontal dokulara etkisi

Periodontitis, alveol kemiği de dahil olmak üzere dişi destekleyen dokuların kaybıyla karakterize olan, oldukça yaygın bir şekilde görülen kronik bir mikrobiyal/inflamatuar hastalıktır. Periodontitis; aşamalı bir şekilde ağrı, diş köklerini çevreleyen çene kemiklerinin enfeksiyonu ve en son aşama olarak da diş kaybı ile sonuçlanabilir. Baş ve boyun kanseri hastalarında rastlanan periodontitis, osteoradyonekrozun tetikleyicisi olabilir (Saund vd., 2010).

Baş ve boyun kanserlerinin tedavisi için radyasyon tedavisi alan hastalar, çeşitli nedenlerden kaynaklı olarak genel popülasyondan daha fazla periodontal hastalık

potansiyeline sahiptir. Hiposalivasyon ve tükürüğün koruyucu özelliklerinin kaybı, periodontitise zemin hazırlayan ana etkenlerdir. Ayrıca, baş ve boyun bölgesinden alınan radyoterapi, oral mikrobiyomda değişikliklere neden olur ve periodontal hastalıkla ilişkili floraya kaymaya neden olur (Khaw vd., 2014).

Diş ve destek dokusunun hızlı kaybı Khaw ve arkadaşları tarafından not edilmiştir. Radyoterapi öncesi ve sonrası hastaların karşılaştırması yapılırken diş eti çekilmesi ve periodontal ataşman düzeyinde önemli bir kayıp saptanmıştır. Radyoterapinin periodontal sağlık üzerindeki etkisi dozla ilişkilidir ve radyoterapinin başlamasından sonra toplam doz artışı ile kötüye giden bir periodontal sağlık görülür. Diş kaybı riskinden bağımsız olarak, periodontal hastalık, artan osteoradyonekroz riski ve ayrıca oral mukozit ile bağlantılı olduğu için onkoloji hastalarının periodontal sağlık hakkında ayrıntılı bir şekilde bilinçlendirilmesi gereklidir (Khaw vd., 2014).

Erişkinlerde sık bir şekilde görülen ve radyasyon tedavisi öncesinde var olan periodontitisin radyoterapi görmesi sonrası kötüye gitmesi muhtemeldir. Ayrıca, ilerleyici periodontitis, ilerleyen dönemlerde diş çekimine yol açabilir ve diş çekimi sonrası osteoradyonekroz oluşumuna neden olabilir. Erken malign lezyonların periodontitisi taklit edebileceği ve bir ağız sağlığı uzmanı tarafından değerlendirilmesinin doğru tanıyı kolaylaştırabileceği unutulmamalıdır (Saund vd., 2010). Mevcut öneriler, hastaların kanser tedavisi öncesinde, sırasında ve sonrasında planlanan kanser tedavisinden ve oral sorunlardan haberdar olan bir diş hekimi tarafından muayene ve tedavi edilmesi gerektiğini belirtmektedir (Hong CHL vd., 2010).

Periodontal hastalıklar, yetişkinlerde diş kaybının ana nedenidir ve özellikle planlanan yüksek dozlu radyoterapi bölgesinde bulunan ciddi derecede periodontitisli dişlerin radyasyon tedavisi öncesinde çekimi gerekebilir. Periodontal ataçman kaybı olan dişler ve planlanan yüksek doz radyoterapi fraksiyonu içinde gelecekte cerrahi tedavi gerektireceği öngörülen dişler radyoterapi öncesi çekilmelidir. Koruyucu ağız sağlığı yönetimine ömür boyu bağlılık, diş çekimine yol açabilecek kötüleşen periodontitis riskini ve bundan kaynaklı oluşabilecek osteoradyonekroz riskini en aza indirmek için gereklidir (Hong CHL vd., 2010).

2.4. Kök Kanal Tedavisi

Kök kanal tedavisi kök kanallarının orijinal formunu takip ederek mekanik olarak şekillendirilmesi, çeşitli kimyasal irrigasyonlarla dezenfeksiyonu ve periradiküler dokuların sağlığını korumak veya eski haline getirmek için kararlı, durağan ve üç boyutlu bir şekilde hermetik tıkama sağlayan bir materyal ile doldurulması işlemlerinin bir kombinasyonu olarak tanımlanabilir. Kök kanal tedavisi protokollerinin uygulanma şekli belli başlı bazı kurallar olmasına rağmen tedavi yapılan dişten dişe farklılıklar gösterir ve keskin hatlarla tanımlamak zordur, bu farklılıklara neden olan faktörler biyolojik durum, anatomik varyasyonlar gibi dişin fizyolojik durumlarıdır (Ng YL vd., 2008). Kök kanal tedavisinin uygulanmasındaki asıl amaç; kök kanal sistemindeki mikroorganizmaları tamamen ortadan kaldırmak ya da doku iyileşmesi için uygun seviyeye indirmek, apikal periodontitis oluşumunu önlemek veya gelişen periradiküler hastalığı iyileştirmektir (Nair PN vd., 2004).

Termoplastik bir kor materyalinin çözünmeyen stabil bir kök kanal patı ile birlikte kullanımı kök kanallarının apikal ve koronalden obturasyonu için günümüzde en fazla geçerli olan tedavi yaklaşımıdır (Atmeh ve AlShwaimi 2017; Eymirli vd., 2019; Neelakantan vd., 2013). Kök kanal patı ve termoplastik bir kor materyali ile kök kanal sisteminin hermetik tıkama sağlayacak şekilde üç boyutlu doldurulması kök kanal sistemine doku sıvılarının, mikroorganizmaların ve toksinlerinin ulaşımını önlemektedir. Kök kanal sistemine sızan periapikal doku sıvıları bakterilerin gelişimi ve çoğalması için besin kaynağı olabilmektedir. Periapikal doku sıvılarının bakteriler için bu şekilde bir besin kaynağı oluşturması mevcut patolojiyi devam ettirebilir ya da var olmayan bir patolojiyi oluşturabilmektedir. Bu nedenle enfeksiyonun oluşumunun önlenmesi ve kontrolü için kök kanal tedavisinin hermetik tıkama ile üç boyutlu bir obturasyon ile bitirilmesi önem taşır (Ashley ve Harris, 2001; Tabassum ve Khan, 2016). Dolayısıyla kanal tedavisinin başarısı için kök kanal patlarının antibakteriyel özelliği, biyolojik olarak uyumluluğu, sızdırmazlık yeteneği gibi özellikleri kök kanal tedavisinin başarısında önemli rol oynamaktadır (Miyaji vd., 2020).

2.5. Kök Kanal Dolgu Patları

Kök kanal tedavisi işleminde kök kanal dolgu patları, kök kanal duvarı ile termoplastik kor materyali arasında kalan boşluklarının yanı sıra aksesuar ve yan kanalları da doldurarak dişin hem koronal hem de apikal kısmında üç boyutlu hermetik bir tıkamanın elde edilmesini sağlarlar (Saunders Wp ve Saunders Em, 1992). Kök kanal patları aynı zamanda kanal dolumu esnasında kullanılan güta perkaların kanala daha kolay bir şekilde yerleştirilmesi ve apikale rahat ulaşabilmesi için lubrikant etki sağlar (Cohen vd., 2011).

Grossman 1998 yılında ideal bir kök kanal patında olması gereken özellikleri şu şekilde belirlemiştir; kanala kolay bir şekilde transfer edilebilmeli, kanalı üç boyutlu bir şekilde hermetik olarak tıkamalı, sertleşme esnasında veya tamamlandıktan sonra büzülmemeli, doku sıvılarından etkilenmemeli ve su absorbe etmemeli, biyolojik olarak uyumlu olmalı ve periapikal dokuyu irrite etmemeli, kök kanalından endodontide kullanılan çözücüler veya mekanik preparasyon ile kolay bir şekilde sökülebilmeli, radyoopak olmalı, dişte renklenmeye yol açmamalı ve hasta ağzında çalışma süresi uzun olmalıdır (Grossman vd., 1988).

Ingle ve arkadaşları 2008 yılında Grossmanın ideal kanal patı ile ilgili belirlediği kriterlere iki yenisini daha ilave etmiştir. Bu iki özellik şunlardır; kök kanal patları immün cevabı etkilememeli ve mutojenik, karsinojenik özellikleri olmamalı (Ørstavik, 2005).

Kök kanal patlarında daha sık görülen sınıflandırma kimyasal içeriklerine göre yapılmaktadır (Cohen vd., 2011).

A. Çinko Oksit ve Ojenol İçerikli Patlar (Rickert's patı, Tubli Seal patı)

B. Ojenol İçermeyen Çinko Oksit Patlar (Nogenol, Canals-N)

C. Rezin Esaslı Patlar

- Epoksi Rezin İçerikli (AH 26, AH Plus)
- Metakrilat Rezin İçerikli (EndoREz)

• Polivinil Rezin İçerikli (Diaket)

D. Silikon Esaslı Kök Kanal Patları (RoekoSeal, GuttaFlow)

E. Cam İyonomer Esaslı Kök Kanal Patları (Ketac Endo, Endion)

F. Kalsiyum Hidroksit Esaslı Patlar (Selapex, Apexit)

G. Biyoseramik Esaslı Patlar

2.5.1. Çinko oksit ve ojenol içerikli patlar

Çinko oksit ve ojenol içerikli kök kanal patları büyük çoğunlukla toz ve likit olmak üzere iki farklı bileşenden oluşmaktadır. Toz bileşenini çinko oksit başta olmak üzere radyoaktif maddeler ve rezin oluştururken, likit kısmında ise ojenol bulunmaktadır (Komabayashi vd., 2020). Çinko oksit ve ojenol içeren kök kanal patları kök kanalının apikalinden taştığı zaman periapikal bölgedeki biyolojik dokular tarafından emilebilir (Augsburger ve Peters, 1990). Bu patların hasta ağzında çalışma süreleri uzundur ve geç sertleşirler (Allan vd., 2001), sertleşme esnasında ve sonrasında büzülme gösterirler (Kazemi, vd., 1993), doku sıvıları tarafından çözünürler (Peters, 1986) ve dişte renk değişimine yol açarlar (Krastl vd., 2013). Çinko oksit ve ojenol içerikli patların kullanılmasını sağlayan en önemli avantajı antibakteriyel etkiye sahip olmasıdır (Heling ve Chandler, 1996).

Çinko oksit ve ojenol içerikli patların dezavantajı ise doku sıvılarına karşı son derece hassas olmasıdır. Bu patların polimerizasyon tepkimeleri tek yönlüdür ve su ile temasa geçtiğinde geri dönüş yapar (Huang vd., 2002). Grossman patı (Forp-Usp, Ribeira'o Preto, SP, Brezilya), Rickert patı (Inodon, Porto Alegre, RS, Brezilya), Kerr PCS (Kerr Corporation, Orange, Kanada), Tubli-Seal (Kerr, Scafati, İtalya), Proco-Sol (USP; Star Dental, Conshohocken, PA, ABD) çinko oksit ve ojenol içerikli patlara verilecek örneklerdir.

2.5.2. Ojenol içermeyen çinko oksit patlar

Çinko oksit ve ojenol içerikli kök kanal patları içerisinde bulunan ojenolden dolayı dokular için yüksek düzeyde toksik bir etkiye sahiptir. Bu nedenle patın içeriğindeki ojenol çıkarılarak yeni bir kök kanal patı üretilmiştir. Çinko oksit, baryum

sülfat ve bizmut oksiklorür, ojenol içermeyen çinko oksit patların içeriğinde bulunan maddelerdir (Cohen vd., 2011). Nogenol (GC America, Inc, Alsip, IL, ABD) ve Canals-N (Showa Yakuhin, Tokyo, Japonya) bu gruba verilecek örneklerdir.

2.5.3. Rezin içerikli patlar

Rezin içerikli patlar; epoksi rezin içerikli, metakrilat rezin içerikli ve polivinil rezin içerikli olarak üç grupta sınıflandırılmaktadır**.** (Cohen vd., 2011)

Epoksi rezin esaslı kök kanal patları

Epoksi rezin içerikli patlar ilk kez 1938'de Trey firması (Zürih, İsviçre) desteği ile İsviçreli kimyacı P. Castan tarafından üretilmiştir. 1940'larda ise AH 26 aynı şirket tarafından geliştirilmiş ve piyasaya sürülmüştür (Schroeder, 1954). AH 26 kök kanal patı, sertleşme sırasında formaldehit salınımı yapar. Bu formaldehit salınımı dokularda sitotoksik etki gösterir. Aynı zamanda toz ve likit olarak iki farklı bileşen olarak üretilen AH 26 toz içeriğinde bulunan gümüş partikülleri nedeniyle diş dokusunda renklenmeye yol açabilmektedir (Jahromi vd., 2011).

AH 26 kök kanal patının diş yapılarında renklenmeye neden olması ve formaldehit gazı açığa çıkarması gibi negatif özelliklerinden dolayı daha iyi özelliklere sahip olan AH Plus kök kanal dolgu patı geliştirilmiştir. Daha iyi manüplasyon yapılabilmesi ve kullanım kolaylığı için epoksi ve amin içerikli iki pat olarak üretilmiştir. Akışkan kıvamlı ve uzun sertleşme süresine sahip olan bu pat kök kanal sistemindeki mikro düzensizliklere penetre olarak mekanik kenetlenme sağlar ve böylelikle kök dentinine yüksek seviyede bir adezyon göstermektedir (Azar vd., 2000). Yapılan çeşitli araştırmalar sonucu AH Plus kök kanal dolgu patının biyolojik dokular için sitotoksik etkisinin bulunmadığı, diş ve çevre dokular ile biyolojik olarak uyumlu olduğu, iyi bir üç boyutlu hermetik tıkama sağladığı, boyutsal olarak kararlı olduğu ve antibakteriyel etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir (Leyhausen vd., 1999; Miletić vd., 1999). Leyhausen ve arkadaşları AH Plus kök kanal patının sitotoksisite ve genotoksisitesini değerlendirdikleri çalışmalarında, AH Plus'un hiçbir genotoksik ve mutajenik etkisinin olmadığını bulmuşlardır (Leyhausen vd., 1999). Tüm bu üstün

özelliklerinin sonucu olarak AH Plus günümüzde 'Altın Standart' olarak kabul edilmektedir (Assmann vd., 2012).

Epoksi rezin içerikli patlara verilecek diğer örnekler ise şunlardır: Sealer 26 (Dentsply, Petrópo lis, RJ, Brezilya), 2Seal (VDW GmbH, Münih, Almanya), Therma Seal Plus 19 (Dentsply International/Tulsa Dental, Tulsa, OK, Amerika Birleşik Devletleri), Topseal (Dentsply De Trey, Konz tanz, Almanya), Adseal (Meta Biomed Co, Chung buk, Kore), EZ-Fill (EDS, South Hackensack, NJ, Amerika Birleşik Devletleri), Smart paste (Smart seal DRFP Ltd, Stam ford, İngiltere) (Tarhan ve Uzunoğlu, 2010).

Metakrilat rezin içerikli patlar

Restoratif diş hekimliğinde sıklıkla kullanılan malzemelerden biri olan ve self-priming ve self-etching sistemleri ile dentine bağlanabilen metakrilat rezinler, günümüzde kök kanal tedavisinde daha iyi bir üç boyutlu hermetik tıkama elde etmek için kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde bu amaçla vizkositesi daha düşük olan metakrilat rezinlerin kök kanal dolgu patlarında kullanımı önerilmiştir (Kim YK vd., 2010).

Hydron (NPD Dental Systems, Inc., New Brunswick, NJ, ABD), birinci nesil metakrilat rezin esaslı kök kanal patlarının en bilinen örneklerinden biridir ve polimerizasyonu sonrası enjekte edildiği kök kanalına tamamen penetre olup onunla bir bütün oluşturabileceği düşüncesiyle tasarlanmıştır ancak klinik kullanımı sonrası bu patın enflamatuar reaksiyonlara neden olduğu ortaya çıkarılmıştır. Aynı zamanda patın en büyük dezavantajı nem varlığında sertleşirken poröz yapılar oluşturarak sızıntı oluşumuna neden olmasıdır ve bu dezavantajlarından dolayı günümüzde artık kullanılmamaktadır (Komabayashi vd., 2020).

İkinci nesil metakrilat rezinlerde asitleme ve ilave adeziv aşamaları bulunmaz. Bu nesil metakrilat rezinler sadece smear tabakasına odaklıdır ve smear tabakasını uzaklaştırmayı amaçlar. Etkisini dentin tübülleri ve aksesuar kanallar üzerinden yaparlar. Rezin tag oluşturabilen dual-cure şeklinde kullanılan, hidrofilik ve radyoopak kök kanal patlarıdır (Tay FR vd., 2005). Bu grubun en çok bilinen örneği

EndoREZ (Ultradent, South Jordan, UT, ABD) 'dir. EndoREZ, güta perka veya rezinle kaplanmış EndoREZ güta perka ile kullanılmaktadır. Rutin olarak kullandığımız geleneksel güta perka ile birlikte kullanıldığında kök dentin duvarları ile adezyonunun düşük olduğu bildirilmiştir (Jainaen vd., 2007).

Üçüncü nesil metakrilat rezinler asit içeren bir primer ile birlikte kullanılan dual-cure kompozit rezin esaslı kök kanal patlarıdır. Bu sistemde smear tabakasının tamamı uzaklaştırılmaz. Sadece dentinin üst tabakasının demineralizasyonu hedeflenmiştir (Kim YK vd., 2010).

Bu grup kök kanal patlarına verilecek en iyi örnekler: Epiphany (Pentron®-Clinical Technologies, L.L.C. Wallingford CT., ABD), RealSeal (SybronEndo, Orange, Kanada), Simplifill (LightSpeed Technology, San Antonio, TX, ABD), FibreFill R.C.S. (Pentron, Wallingford, CT, ABD)' dir. Asidik rezin monomerlerinin, rezin esaslı kök kanal patına ilave edilmesi sonucu asit, primer ve patın tek bir şişede birleştirilmesi ile dördüncü nesil metakrilat rezinler elde edilmiştir. Tek bir preperat kullanıldığı için işlemler sırasında oluşabilecek hatalar minimalize edilir ve işlem süresinin kısalır. Bu grup kök kanal patlarına verilecek en iyi örnekler: MetaSeal (Parkell Inc, Edgewood, NY, ABD), Epiphany SE (Pentron Clinical Technologies, Wallingford, CT, ABD) kök kanal patlarıdır (Kim YK vd., 2010).

Polivinil rezin içerikli patlar

1952'den beri piyasada bulunan Diaket (3M / ESPE Dental Prod, St. Paul, MN, ABD) bu grupta en çok bilinen kök kanal patıdır. Diaket; toz, likit ve eritici olmak üzere üç farklı bileşenden oluşmaktadır. Toz içeriğinin ana bileşenleri bizmut fosfat ve çinko oksittir. Eritici bölümünün antimikrobiyal aktivitesi yüksektir ve kanal irrigasyon solüsyonu olarak kullanılır. Gerektiğinde Diaket'in kanaldan uzaklaştırılması için de kullanılabilmektedir. Toz ve likit bileşenlerinin karıştırılması sonucu oluşan rezin yapı yapışkan bir formdadır ve dentin ile iyi bir adezyon sağlamaktadır. Yapılan in vitro çalışmalar sonucu Diaket'in yüksek düzeyde toksisite gösterdiği bulunmuştur (Pascon, 1990).

Diaket'in antibakteriyel etkinliği ile ilgili yapılan çalışmalarda, E. faecalis ve S.aureus'a karşı etkisinin zayıf olduğu ve bu mikroorganizmaları düşük oranda elimine edebildiği ancak P.aeruginosa üzerinde daha yüksek etkinlik gösterdiği bildirilmiştir (Brzović, 2016; Bodrumlu ve Semiz, 2006). Diaket'in sertleşirken hacim olarak kayıp yaşamadığı, çevre dokulara karşı toksik olmadığı, ağız sıvıları ve nemden etkilenmediği ancak çalışma süresinin hızlı olduğu ve kök kanal dolumu için uzun zaman gerektirecek durumlarda kullanılamadığı bildirilmiştir (Alaçam, 2012).

2.5.4. Silikon esaslı kök kanal patları

Kök kanal tedavisinde ilk kez silikon esaslı kök kanal patları 1972 yılında Davis ve arkadaşları tarafından enjekte formu kullanılmıştır (Davis vd., 1972). Lee Endofill, RoekoSeal, GuttaFlow, GuttaFlow 2, GuttaFlow Bioseal silikon esaslı kök kanal patlarına verilecek en iyi örneklerden bazılarıdır.

Lee Endofill (Lee Pharmaceuticals, Kaliforniya, Amerika Birleşik Devletleri) endodontide silikon esaslı materyallerin kimyasal stabilite ve adheziv özelliklerinden yararlanmak için geliştirilen ilk silikon esaslı kök kanal patlarından biridir (Ørstavik, 2005). Geleneksel güta perka ile birlikte veya tek başına uygulanabilir ve enjekte edilebilir formdadır (Tarhan ve Uzunoğlu, 2010).

Daha sonra üretilmiş silikon esaslı patlardan birisi olan RoekoSeal (Roeko, Langenau, Almanya) polimerize olurken büzülme göstermez, biyolojik dokularla uyumu üst seviyededir ve içeriğinde zirkonyum dioksit, polimetilsiloksan, silikon ve parafin bazlı yağ ve platinyum katalizatörü bulunmaktadır (Ørstavik, 2005).

Güta perka'nın kapatıcı özelliklerini kullanmak için güta perka bazlı üretilen GuttaFlow (Coltene/Whaledent, Cuyahoga Falls, OH, ABD) 30 μm'den düşük tane boyutuna sahip öğütülmüş güta perka'nın RoekaSeal kök kanal pat ile karıştırılmasıyla elde edilmiştir (Ørstavik, 2005). GuttaFlow 2 (Coltene/Whaledent, Langenau, Almanya), GuttaFlow kök kanal patının geliştirilmesi ile elde edilen biyolojik dokular ile uyumlu ve toksisitesi daha düşük bir kök kanal dolgu patıdır. İçeriğinde farklı olarak zirkonyum dioksit ve mikro düzeyde gümüş partikülleri bulunur (Ørstavik ve Nordahl, 2001).

Silikon esaslı kök kanal patları grubun en son katılan GuttaFlow Bioseal (Coltene/Whaledent, Langenau, Almanya) ise içeriğine kalsiyum ve silikat gibi biyoaktif bileşenlerin eklenmesiyle yeni bir polidimetilsiloksan-güta perka formülasyonu olarak 2015 yılında geliştirilmiştir. Üretici firmaya göre GuttaFlow Bioseal'ın, bileşiminde yapılan yenilikler sayesinde kök kanalındaki dokuların iyileşmesini ve rejenerasyonunu uyardığı iddia edilmiştir (Japan Coltene, 2015)

2.5.5. Cam iyonomer esaslı kök kanal patları

Cam iyonomer esaslı simanların günümüzde kullanılmasının en önemli sebebi dentin dokusu ile kimyasal bir bağ oluşturarak başarılı bir adezyon sağlamasıdır (Çobankara vd., 2002). Dentin dokusuyla oluşturduğu bu kimyasal bağ ile dişle monoblok bir bütün oluşturur ve bu durumun dişlerin kırılma direncini arttırdığı görülmüştür (Lertchirakarn vd., 2002). Kanal tedavisinin tekrarlanması gerektiğinde kanaldan uzaklaştırılmaları oldukça zordur ve kanaldan uzaklaştırılması için kullanılabilecek bir çözücüsü yoktur. Söküm işlemi için ultrasonikler kullanılabilir fakat tam bir uzaklaştırma sağlayamaz. Kanal duvarlarından uzaklaştırılamayan pat artıklarının geleneksel patlara oranla daha fazla olduğu bulunmuştur (Friedman vd., 1992) Bu grupta yer alan patlar bulunduğu ortamda nem oranı yüksek olduğunda akışkanlık ve polimerizasyon seviyesinde artış yaşarlar. Flor salınımı özelliği, üç boyutlu hermetik bir dolum sağlaması ve biyolojik olarak dokularla uyumlu olması avantajları arasındadır (Weiger vd., 1995). Dezavantajları arasında polimerizasyon tepkimelerinin uzun süreli olması, antimikrobiyal etkisinin minimum seviyede olması, sertleşme reaksiyonu sırasında neme aşırı duyarlı olması ve nemle temasının sızıntıyı artırması sayılabilir (De Bruyne ve De Moor, 2004; Heling ve Chandler, 1996). Bu gruptaki patlara verilecek en iyi örnekler; Ketac-Endo (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, ABD), Activ GP (Brasseler Amerika Birleşik Devletleri , Savannah Georgia) ve Endion (VOCO, Cuxhaven, Almanya) gösterilebilir.

2.5.6. Kalsiyum hidroksit esaslı patlar

Kanal içi medikasyon, kuafaj ve apeksifikasyon gibi tedavi yöntemlerinde sıklıkla kullanılan kalsiyum hidroksitin sahip olduğu osteojenik, sementojenik ve antibakteriyel özellikler sebebiyle ilk kez 1940 yılında Rhoner tarafından kök kanal

patı olarak kullanımı düşünülmüştür (Çalışkan, 2006). Kalsiyum hidroksit içerikli kök kanal dolgu patları pH değerinin yüksek olmasından kaynaklı yüksek düzeyde antibakteriyel etkinlik gösterir. (pH=12,5) Kalsiyum hidroksit esaslı patlar kalsiyum (Ca^{+2}) ve hidroksil (OH^{-1}) iyonlarının ayrışıp çevre dokulara yayılması ile ortamdaki Ph'ı artırır. Ca^{+2} ve OH^{-1} iyon salınımı ve pH'In artışına bağlı olarak sürekli antibakteriyel etkinlik sağlanması için patın bir miktar çözünür olması gerekir, oysa ideal bir kök kanal patının çözünürlük özelliğinin düşük olması gerekmektedir. Çünkü kök kanal patının çözünmesi uzun dönemde kök kanal dolgusu içinde sızıntıya yol açabilecek boşluk oluşumunu da beraberinde getirmektedir (Kaur vd., 2015). Kalsiyum hidroksit esaslı patlara verilecek en iyi örnekler; Sealapex (Kerr Manufacturing, Romulus, MI, ABD), Apexit (Vivadent, Schann, Lichtenstein), Apexit Plus (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), Acroseal (Septodont, SaintMaur-des-Fossés, Fransa)'dır.

2.5.7. Biyoseramik esaslı patlar

Biyoseramik esaslı kök kanal patları son zamanlarda piyasaya sürülmüş ve yakın dönemde popülerlik kazanmış biyolojik olarak dokulara uyumluluğu yüksek, toksik etkisi zayıf, üst düzeyde üç boyutlu hermetik tıkama sağlayan, sertleşme sırasında boyutsal değişiklik göstermeyen, stabil, sert doku oluşumunu indükleyerek biyoaktivite özelliği sağlayan, hidrofilik patlardır (Kossev, 2009). Kök kanalının doldurulmasında tek başına veya güta-perka ile birlikte kullanılabilmektedir. Kanal tedavisi tekrarı gerektiğinde tek başına kullanıldığında kök kanal sisteminden tümüyle uzaklaştırılmasının hem manuel hem de döner NiTi enstrümantasyonu ile oldukça zor ve zaman alıcı bir prosedür olması biyoseramik esaslı patların en büyük dezavantajıdır (Donnermeyer vd., 2018).

EndoSequence biyoseramik (Brasseler, Savannah, GA, ABD) kalsiyum silikat bazlı bir kök kanal patıdır ve zirkonyum oksit, kalsiyum silikat, kalsiyum fosfat monobazik, kalsiyum hidroksit, doldurucu ve koyulaştırıcı maddelerden oluşur (Al-Haddad ve Che Ab Aziz, 2016). Bu biyoseramik pat, biyouyumluluk, kimyasal stabilite, hidrofiliklik, akışkanlık, radyopaklık ve hafif genleşme eğilimleri gibi birçok arzu edilen özelliğe sahiptir (Al-Haddad ve Che Ab Aziz, 2016). EndoSequence biyoseramik kök kanal patı E. faecalis gibi dezenfeksiyon prosedürlerine dirençli

olduğu bilinen bakteriler üzerinde de antimikrobiyal etki gösterir.(Zhang vd., 2009) Bu kök kanal patı çoğunlukla dentin tübüllerinden kaynaklanan nem ile temas ettiğinde sertleşir (Nagas vd., 2012; Xu vd., 2007). Önceden karıştırılmış ve enjekte edilebilir formdadır. Periodontal ligament hücrelerinin osteoblastik farklılaşmasını destekler niteliktedir (Souza vd., 2019).

MTA Fillapex (Angelus, Londrina, PR, Brezilya) biyoseramik esaslı kök kanal patı, MTA'nın orijinal formülü baz alınarak kök kanal patı olarak kullanılmasını sağlayacak şekilde değiştirilmiş ve akışkanlık, sertleşme zamanı ve bağlanma gibi özellikleri geliştirilerek üretilmiştir (Camilleri, 2008; Scarparo vd., 2010). MTA Fillapex, MTA, salisilat rezin, doğal rezin, bizmut oksit ve silikadan oluşur (Silva vd., 2013).

Sure-Seal Root, biyoseramik esaslı bir kök kanal dolgu maddesidir. Önceden karıştırılmış, kullanıma hazır ve enjekte edilebilir formdadır ve biyoaktif kalsiyum silikat pat halinde mevcuttur. Sure-seal biyoseramik patlar biyolojik olarak uyumluluğa sahiptir ve hidroksiapatit oluşumu sayesinde dentine üstün bağlanma özelliğine sahiptir. Ancak en büyük dezavantajı sertleştikten sonra kanaldan sökümü çok zordur. Sertleşme reaksiyonunu tamamlamak için neme ihtiyaç duyar. (Al-Ashou vd., 2021)

AH Plus Bioceramic (Dentsply Sirona, Charlotte, NC, ABD) kök kanal patı yakın bir zamanda piyasaya sunulmuş önceden karıştırılmış bir forma sahip kalsiyum silikat bazlı kök kanal patıdır. İçeriğinde zirkonyum dioksit, trikalsiyum silikat, dimetil sülfoksit, lityum karbonat ve koyulaştırıcı madde bulunur. Hızlı sertleşme süresine sahip, boyutsal olarak kararlı, çözünmeye karşı yüksek dirençli, biyolojik olarak uyumludur ve doku oluşumunu indükler. Dişte renklenmeye neden olmaz. Üretici firmanın bilgilerine göre radyoopasitesi, EndoSequence® BC Sealer™ ve TotalFill® BC Sealer™'a göre daha yüksektir (AH Plus Biyoseramik Broşürleri, 2023).

Sanz ve arkadaşlarının AH Plus Bioceramic kanal patının sitouyumluluğu ve biyoaktif potansiyeli ile ilgili yapmış olduğu in vitro çalışmada AH Plus biyoseramik kök kanal patı AH Plus'tan önemli ölçüde daha yüksek sitouyumluluk ve biyoaktif potansiyel sergilemiştir. AH Plus biyoseramik kök kanal patı, Endosequence

biyoseramik kök kanal patına benzer bir sitouyumluluk sergilemiştir.(Sanz vd., 2022) Demirci ve arkadaşlarının dört farklı kök kanal patının (AH Plus Bioceramic, AH Plus, Totalfill ve AH Plus Jet) çözünürlüğü, pH değeri, kimyasal yapısı, radyopaklığı ve sitotoksisitesi ile ilgili yaptığı in vitro bir çalışmada AH Plus kök kanal patı AH Plus Bioceramic kök kanal patına göre daha yüksek sitotoksiste değerleri göstermiştir. AH Plus Bioceramic kök kanal patında daha yüksek kalsiyum pikleri ve daha yüksek miktarda zirkonyum tespit edildi. AH Plus biyoseramic, AH Plus ve AH Plus Jet ile benzer radyoopasite değeri gösterirken, TotalFill BC en düşük radyopasiteyi göstermiştir. AH Plus Bioceramic kök kanal patları tüm deney periyodunda daha yüksek pH değerlerine sahipti ve epoksi rezin ve biyoseramik esaslı pat grupları arasındaki fark anlamlıydı. Ancak test edilen kök kanal dolgu patlarının çözünürlük değerlerinde herhangi bir farklılık ortaya çıkmamıştır (Kandemir Demirci vd., 2023).

2.6. Radyoterapinin Dental Tedavili Dişlere Etkisi

2.6.1. Radyoterapinin endodontik tedavili dişlere etkisi

Yaduka ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada iki farklı kök kanal patı kullanılmış (AH Plus- epoksi rezin ve BioRoot RCS- biyoseramik) dentine ve pat dentin ara yüzüne uygulanan dislokasyon direnci üzerinde radyasyon tedavisinin etkileri değerlendirilmiştir. AH Plus grubunda ışınlanmış dişlerde ışınlanmamış dişlere göre anlamlı derecede daha düşük bağlanma kuvveti gözlenmiştir. BioRoot RCS grubu ışınlama sonrasında bağlanma gücünde önemli bir azalma göstermemiş ve AH Plus grubuna göre ışınlama sonrası daha güçlü bir bağlanma kuvveti değeri göstermiştir.(Yaduka vd., 2021)

Cancelier ve arkadaşları radyasyon tedavisinin süresinin rezin simanın dentine olan bağlanma dayanımını araştırdığı başka bir çalışmada dişler 5 ayrı gruba paylaştırılmıştır. Bu gruplar şunlardır: 1.grup: kontrol grubu, radyoterapi almamış grup 2.grup: radyasyon almış ve sonra kök kanal tedavisi yapılmış, 3.grup: ışınlama yapılmış daha sonra kanal preparasyonu yapılmış ve kalsiyum hidroksit yerleştirilmiş 4.grup: ışınlama yapılmış ve sonrasında kanal tedavisi yapılmış 5.grup: diş ışınlanmış ve sonrasında cam fiber post yapılmış. Elde edilen değerler sonucu dördüncü ve beşinci grupların orta üçlüde anlamlı ölçüde daha düşük değerlere sahip bulunmuştur.

Bu gruplarda radyoterapi rezin simanın intraradiküler dentine adezyonunu olumsuz yönde etkilemiştir. Üçüncü grup en iyi performansı gösteren grup olmuştur. Bu çalışmanın sonucu olarak radyoterapi uygulama zamanının rezin simanın dentine bağlanımını etkilediği görülmüştür.(Cancelier vd., 2023)

Hommez ve arkadaşlarının radyasyon dozunun apikal periodontitis prevalansı üzerindeki etkisi üzerine yaptığı çalışmasında apikal periodontitisli dişlerde radyasyon dozu anlamlı derecede yüksek bulunmuş ve apikal periodontitis varlığında radyasyon dozunun tek açıklayıcı değişken olduğunu bulunmuştur. Bu çalışma, radyasyon dozunun yüksek olduğu bölgelerde, kök kanalının bakteriyel enfeksiyonu nedeniyle çene kemiği inflamasyonu gelişme olasılığının daha yüksek olduğunu bulunmuştur. Bu durum muhtemelen radyoterapi sonrası kemik değişikliklerinden kaynaklanmaktadır (Hommez vd., 2012). Yamin ve arkadaşlarının radyasyon tedavisinden sonra rezin esaslı kök kanal patlarının kök dentinine bağlanma dayanımının dayanıklılığı hakkında yaptığı çalışmasında ışınlanmamış dişlerle karşılaştırıldığında ışınlama sonrasında önemli ölçüde daha düşük bağlanma dayanımı değerleri elde edilmiştir. 6 ay sonraki değerlendirme, ışınlanmış ve ışınlanmamış dişler için anlık değerlerle karşılaştırıldığında daha düşük bağlanma dayanımı değerleri ortaya çıkarmıştır. Işınlanmış dentinde kohezyon bozuklukları meydana geldiği SEM analizinde ise ışınlanmış kök dentininde kırıklar, mikro çatlaklar ve daha az kollajen lifi olduğu görülmüştür (Yamin vd., 2018).

Lopez ve arkadaşlarının radyasyon tedavisinden sonra karbodiimid ve klorheksidin rezin esaslı kök kanal patının kök dentinine bağlanma dayanımına etkisi ile ilgili yaptığı çalışmanın sonucunda ışınlanmış dişlerin bağlanma dayanımının ışınlanmamış dişlere göre önemli ölçüde daha düşük değerlere sahip olduğu bulunmuştur. Işınlanmış dişlerde bağlanma dayanımı değerleri serum fizyolojik ve klorheksidin gruplarında anlamlı derecede düşüktü. Ayrıca bu grupların bağlanma dayanımları 10 ay sonunda anlamlı derecede düşük bulunmuştur (Lopes vd., 2020). Bodrumlu ve arkadaşlarının rezin esaslı kök kanal patlarının apikal sızdırmazlığı üzerinde radyoterapinin etkisini araştırdığı çalışmasında radyoterapi sonrası apikal sızdırmada bir miktar artma olduğu ancak anlamlı bir artış değeri görülmediği bildirilmiştir (Bodrumlu vd., 2009). Martins ve arkadaşlarının radyoterapik amaçlı olarak ışınlanmış dişlerde epoksi rezin veya MTA içerikli bir patın kök dentinine

bağlanma dayanımı üzerindeki etkisini araştırdığı çalışmasında ışınlamadan sonra MTA Fillapex ile doldurulan numunelerde, AH Plus ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha düşük bağlanma dayanımı değerleri elde edilmiştir. Radyasyonun, patların intraradiküler dentine bağlanma kuvvetinde azalmaya yol açtığı ve pattan bağımsız olarak pat ve dentin arayüzünde daha fazla boşluk oluşmasına yol açtığı gözlemlenmiştir (Martins vd., 2016). Bodrumlu ve arkadaşlarının radyoterapinin iki farklı kök kanal dolgu malzemesinin koronal tıkama kabiliyeti üzerine etkisinin araştırıldığı başka bir çalışmasında radyoterapide her iki grubun sızdırmazlık yeteneği etkilenmese de, radyasyon uygulandığında Resilon/Epiphany SE'nin koronal sızıntı değerleri bir miktar artmıştır (Bodrumlu EH ve Bodrumlu E, 2018).

2.6.2. Radyoterapinin restoratif tedavili dişlere etkisi

Gupta ve arkadaşlarının radyoterapinin ve radyasyona karşı korumanın self-etch adeziv tekniğinin etkinliği üzerine etkisini araştırdığı çalışmasında gama radyasyonuna maruz kalmadan önce restorasyonu yapılan dişler daha iyi performans göstermiştir. 0,5 mm kurşunla yapılan radyasyona karşı koruma, radyasyona maruz kalma aşamasına bakılmaksızın self-etch adeziv sistemin etkinliğini arttırdığı gözlemlenmiştir (Gupta vd., 2022). Oğlakçı ve arkadaşlarının radyoterapinin sınıf II direkt rezin kompozit restorasyonların marjinal adaptasyonuna etkisinin incelendiği araştırmasında radyoterapi protokolü universal adezivin servikal bölgelerdeki marjinal adaptasyonunu etkilememiştir. Radyoterapi ugulandığında self-etch adeziv , dentin kenarında etch and rinse uygulamasına göre önemli ölçüde daha yüksek adeziv defektlere neden olmuştur (Oglakci vd., 2022). Catelan ve arkadaşları yaptıkları çalışmasında radyoterapinin kompozit rezinin radyopasitesine ve esneklik dayanımına etkisini araştırmıştır. G1- ışınlama yapılmamış, G2- 30 Gy, G3- 40 Gy, G4- 50 Gy ve GS- 60 olmak üzere 5 grup oluşturulmuştur. G1 en yüksek radyopasite değerini göstermiş, bunu G3, G5, G4 ve G2 izlemiştir. Esneklik dayanımı açısından G1 en düşük değeri sunarken bunu G2, G5, G3 ve G4 takip etmiştir ve farklılıklar anlamlı bulunmamıştır. Radyoterapi tedavisinin yaygın olarak kullanılan tedavi dozajı, rezin esaslı kompozitlerin radyoopasitesinde ve esneklik dayanımında değişikliğe neden olmamıştır (Catelan vd., 2008).

Troconis ve arkadaşlarının baş ve boyun radyoterapisinin kompozit rezinlerin ve adeziv sistemlerin mekanik davranışı üzerine etkisinin incelendiği araştırmasında bonding işleminden sonra radyoterapi uygulandığında kompozit rezinlerin ve adeziv sistemlerin mekanik davranışının etkilenmediği ancak bonding işleminden hemen önce radyoterapi uygulandığında adeziv sistemlerin bağlanma dayanımında azalmaya yol açtığı gözlemlenmiştir (Madrid ., 2017).

Palmier ve arkadaşlarının baş ve boyun radyoterapisinin dental adeziv restorasyonların ömrüne etkisiyle ilgili yaptığı meta analiz çalışmasında genel olarak kompozit rezinler, rezin modifiye cam iyonomer ve cam iyonomer simanlarla karşılaştırıldığında 2 yılda daha düşük başarısızlık oranları sergilemiştir. Meta analiz, cam iyonomer simanlarda başarısızlık riskinin, rezin modifiye cam iyonomer simanlara göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Kompozit rezinler, cam iyonomer ve rezin modifiye cam iyonomer simanlarla karşılaştırıldığında daha düşük başarısızlık riski sergilemiştir (Palmier vd., 2022).

Soares ve arkadaşlarının gama ışınlaması ve restoratif materyalin kök kanal dolumu yapılmış premolar dişlerin biyomekanik davranışı üzerine etkisi ile ilgili yaptığı çalışmada gama radyasyon tedavisinin sağlam dişlerin kırılma direncini önemli ölçüde azalttığı gözlemlenmiştir. Amalgam ile restore edilen dişlerde gerilim, kompozit rezin ile restore edilenlere göre daha yüksek bulunmuştur. Kompozit rezin ile restore edilen dişlerin gerilim değerleri sağlam dişe benzer bulunmuştur. Gama ışınlaması kırılma direncini önemli ölçüde azaltmıştır aynı zamanda insizal bölgede gerilimi arttırmıştır. Kompozit rezin kullanımı, radyoterapiye tabi tutulmuş olsun veya olmasın kanal tedavili dişlerin restorasyonunda amalgama göre daha iyi biyomekanik davranışla sonuçlanmıştır (Soares vd., 2011).

2.6.3. Radyoterapinin protetik tedavili dişlere etkisi

Abdullah A. Alshamrani ve arkadaşlarının çalışmasında iyonize radyasyonun monolitik zirkonyanın mekanik özellikleri ve translüsensi üzerine etkisini araştırdığı çalışmasında radyoterapinin, zirkonya bazlı materyallerin elastik dayanımı ve kristal içeriğini etkileyebildiği gözlenmiştir. Bu etki düşük translüsensi sahibi zirkonyalarda daha fazla düzeyde görülür (Alshamrani ve De Souza, 2020). Neto ve arkadaşlarının

radyoterapinin akrilik rezin dişin akrilik rezin protez kaidesine bağlanmasına etkisi ile ilgili yaptığı çalışmasında 70 Gy'lik radyasyon dozunun uygulama tekniğine bağlı olmaksızın akrilik rezin dişlerin akrilik protez kaidesine bağlanımını zayıflattığı bulunmuştur (de Moraes vd., 2020).

2.6.4. Radyoterapinin ortodontik tedavili dişlere etkisi

Neto ve arkadaşlarının iyonlaştırıcı radyasyon ve farklı kompozitlerin seramik braketlerin makaslama dayanımı üzerine etkilerinin incelendiği in vitro bir çalışmada radyasyona tabi tutulan gruplar, ışınlanmayanlara göre daha düşük makaslama dayanımı değerleri gösterdi ancak aralarında anlamlı bir farklılık bulunamadı. Adezyon için kullanılan kompozit ne olursa olsun, iyonlaştırıcı radyasyonun seramik braketlerin yapışmasını olumsuz etkilediği sonucuna varılmıştır (Neto vd., 2022). Santin ve arkadaşlarının radyoterapi uygulaması ve metal ve seramik braketlerin yapıştırılmasından sonra diş minesinin fiziksel ve adeziv özelliklerini incelediği araştırmasında radyasyona maruz kalan mine bölümlerinde, ışınlanmayan numunelere göre daha düşük dayanıklılığa sahip olduğu bulunmuştur. Radyasyon uygulanan ve seramik braket bondingi uygulanan grup ve alt grupların en düşük dayanım değerlerine sahip olduğu bulunmuştur. Radyoterapi uygulanan numunelerde braket ve kompozit rezin arasında daha yüksek oranda bonding başarısızlığı görülmüştür (Santin., 2015).

2.7. Kök Kanal Patlarının Kırılma Dayanımına Etkisi

Kanal tedavili dişlerin kırılma dayanımı ile ilgili yapılan çalışmaların araştırılması sonucu elde edilen verilere göre dişlerin kanal dolumu sırasında kullanılan patlar ve kullanılan dolum tekniğinin dişlerin kırılma dayanımını etkileyebildiği gözlemlenmiştir. Mohammed ve arkadaşları yaptıkları çalışmada AH Plus (epoksi rezin), GuttaFlow 2 (silikon esaslı), MTA-Fillapex (biyoseramik esaslı) ve TotalFill® BC™ (biyoseramik esaslı) patları kullanılarak farklı patlarla endodontik tedavi gören dişlerin kırılma direnci üzerindeki etkisini karşılaştırmışlardır. TotalFill® BC™ kök kanal patının diğer patlara göre anlamlı düzeyde daha yüksek kırılma dayanımı değerlerine sahip olduğu bulunmuştur (Mohammed ve Al-Zaka, 2020).

Ahmet ve arkadaşlarının yaptığı başka bir çalışmada çeşitli dolum teknikleriyle (sıcak dolum, tek kon ve lateral kondenzasyon) birlikte kullanılan iki farklı patın (AH Plus ve TotalFill® BC™) endodontik tedavili dişlerin kırılma direncine etkisi değerlendirilmiştir. Tüm dolum tekniklerinde TotalFill® BC™ kök kanal patının AH Plus kök kanal patına göre anlamlı düzeyde daha yüksek kırılma dayanımı değerlerine sahip olduğu görülmüştür (Al-Hiyasat vd., 2023).

Anuve ve arkadaşlarının yaptığı in vitro bir çalışmada AH Plus (epoksi rezin), MTA Fillapex (biyoseramik), Apexit (kalsiyum hidrosit esaslı) ve geleneksel çinko oksit ojenol kök kanal patlarının endodontik tedavili dişlerin kırılma direncine etkisi incelenmiştir. AH Plus ve MTA Fillapex grupları diğer gruplara göre anlamlı düzeyde daha yüksek kırılma dayanımına sahip olduğu görülmüştür (Phukan vd., 2017).

Topçuoğlu ve arkadaşları yaptığı in vitro çalışmada Endosequence BC sealer (biyoseramik esaslı), Tech Biosealer Endo (biyoseramik esaslı) ve AH Plus Jet (rezin esaslı) olarak üç farklı kanal patının kırılma dayanımı kıyaslanmış ve Endosequence BC sealer ve AH Plus Jet kök kanal patları Tech Biosealer Endo kanal patına göre anlamlı düzeyde daha yüksek kırılma dayanımına sahip olduğu bulunmuştur (Topçuoğlu vd., 2013).

Epoksi rezin ve biyoseramik içerikli iki farklı kök kanal patı ile doldurulmuş endodontik tedavili dişlerin kıyaslandığı Amal Almohaimede ve arkadaşlarının yaptığı in vitro çalışmada TotalFill biyoseramik esaslı kök kanal patı, AH Plus epoksi rezin esaslı kök kanal patına göre daha yüksek kırılma dayanımı değerlerine sahip olmasına rağmen iki pat arasında kırılma dayanımı değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunamadı (Almohaimede vd., 2020).

Yusufoğlu ve arkadaşlarının yaptığı in vitro bir başka çalışmada ise farklı iki tip eğe sistemi kullanılarak epoksi rezin esaslı kök kanal patı, silikon bazlı kök kanal patı ve biyoseramik esaslı kök kanal patı kullanılarak kanal tedavisi yapılmış dişlerin kırılma dayanımı kıyaslanmış AH Plus (epoksi rezin esaslı) , GuttaFlow (silikon esaslı) ve BioRoot RCS (biyoseramik esaslı) kök kanal patlarının kırılma direnci arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır (İnce Yusufoglu vd., 2019).

2.8. Radyoterapinin Kök Kanal Tedavili Dişlerde Kırılma Dayanımına Etkisi

Radyoterapi uygulamasının ve uygulama süresinin kök kanal tedavili dişlerde kırılma dayanımına etkisi olduğu ve kırılma dayanımı değerlerini düşürdüğü iddia edilmiştir. Türker ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada radyoterapi uygulama süresinin güta perka/kanal patı veya biodentin ile dolumu yapılan dişlerde kırılma dayanımına etkisi araştırılmıştır. Çalışmada dişlere günlük 2 Gy haftada 5 gün 6 hafta boyunca 60 Gy doz uygulanmıştır. Toplam 72 diş çalışmaya dahil edilmiş bunlardan 24 tanesi kontrol grubu olarak alınmış geri kalan 48 diş 4 gruba ayrılmış 2 gruba kanal tedavisi öncesi radyoterapi uygulanmış diğer 2 gruba kanal tedavisi sonrası radyoterapi uygulanmıştır. En yüksek kırılma dayanımı değerleri radyoterapi uygulanmamış grupta görülmüş ve en düşük kırılma dayanımı değeri biodentin ile kök kanal dolumu yapılıp sonrasında radyoterapi uygulanmış dişlerde görülmüştür. Güta perka ve kök kanal patı ile dolumu yapılan dişlerde radyoterapi uygulama dozu önemsiz bulunmuştur. Biodentin ile dolum yapıldığında ise radyoterapi uygulama dozu anlamlı bulunmuştur. Biodentin ile dolum sonrası radyoterapi uygulanan dişlerde kırılma dayanımı değeri radyoterapi öncesi veya sonrası güta perka ve kanal patı ile dolumu yapılan dişlere göre anlamlı ölçüde az bulunmuştur (Aktemur Türker, 2021). Soares ve arkadaşlarının gama ışınlaması ve restoratif materyalin kanal tedavili premolar dişlerin biyomekanik davranışı üzerine etkisinin incelendiği araştırmasında radyasyon tedavisinin sağlam dişlerin kırılma direncini önemli ölçüde azalttığı görülmüştür (Soares vd., 2011).

Yukarıda bildirilen nedenler ışığında kanal dolumunda kullanılan materyalin dişlerin kırılma dayanımına etkisi olduğu görülmektedir. Bu tez çalışmasında farklı dozlarda uygulanan radyoterapi öncesi ve sonrası farklı patlarla kanal dolumu uygulamasının dişlerin kırılma dayanımına etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma in vitro olarak dizayn edilmiştir. Çalışma için T.C. Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Etik Kurulu onayı alınmıştır. (Tarih: 13.04.2023 sıra no: 2023/142) Çalışma kapsamında Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş Çene Cerrahisi ABD'da çalışan öğretim elemanları tarafından periodontal ve ortodontik endikasyonlarla çekimi gerekli görülmüş dişler kullanılmıştır.

Dişlere, radyoterapi uygulamaları T.C. Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Radyasyon Onkolojisi bölümünde bulunan Lineer Hızlandırıcı (Varian Medical Systems, Palo Alto, ABD) cihazı ile radyasyon onkoloğu gözetiminde bir radyoloji teknisyeni tarafından yapılmıştır.

Radyasyon uygulamasına maruz bırakılan dişlerin kırılma dayanımı testleri Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Eğitim Araştırma Hastanesi Araştırma Laboratuarında Universal test cihazında (Lloyd LRX; Lloyd Instruments Ltd., Fareham, İngiltere) gerçekleştirilmiştir.

3.1. Çalışmada Kullanılacak Olan Dişlerin Dahil Edilme Kriterleri

1. İnsan üst çenesine ait daimi orta veya yan keser diş olması
2. Dişlerin aynı coğrafi bölgede yaşayan yetişkin bireylerden öğretim elemanları tarafından çekim endikasyonu koyulmuş şekilde çekilmiş olması
3. Periodontal, ortodontik nedenlerle çekilmiş olması

3.2. Çalışmada Kullanılacak Olan Dişlerin Hariç Tutulma Kriterleri

1. Dişlerin sert dokularını da içine alan demineralize alanlarının ve çürüklerinin olması
2. Dişlerde gelişimsel defektlerin veya restorasyonların bulunması
3. Dişlerde intrensek veya ekstrensek renklenme durumunun görülmüş olması
4. Kök gelişimi tamamlanmamış ve kanalları kalsifiye olan dişler
5. Dişlerde hipomineralizasyon veya hipermineralizasyon görülen bölgelerin bulunması

6. Atrizyon, abrazyon ve erozyon sonucu sert doku kaybının görülmesi ve açığa çıkmış dentin yüzeylerinin bulunması
7. Dişlerde pulpatomi veya pulpektomi işlemlerinin yapılmış olması
8. Diş yüzeyinde kırık-çatlak varlığı

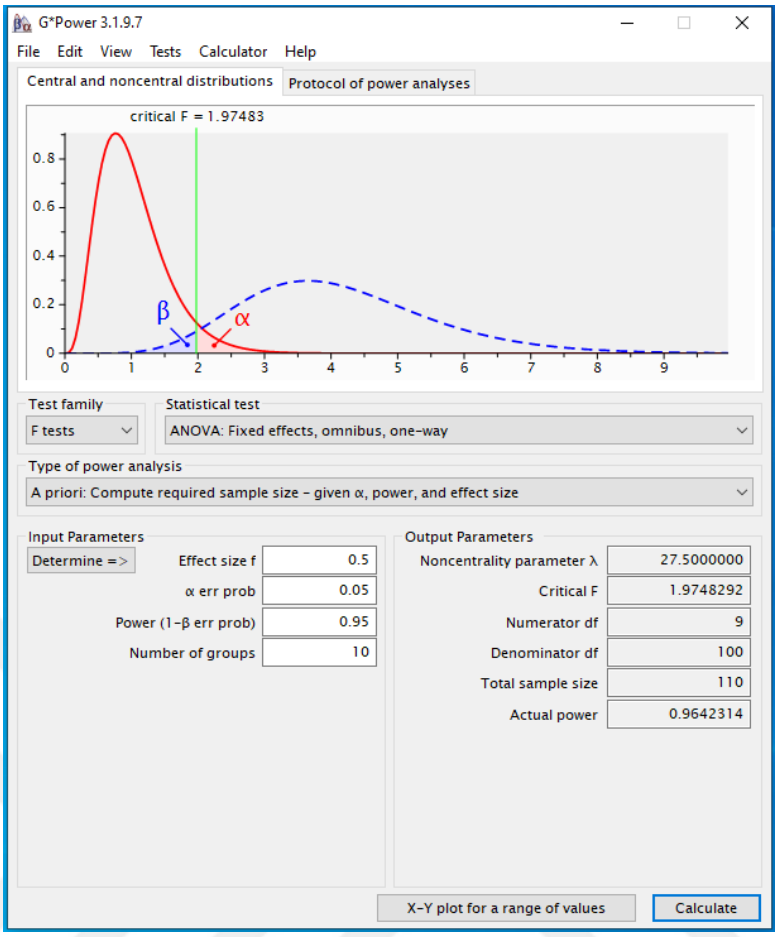
3.3. Çalışmanın Deney Akışı

Deney akışında aşağıdaki sıralamaya uyuldu.

1. Çalışma için kullanılacak olan dişlerin toplanması ve hazırlığı
2. Çalışmada kullanılacak olan dişlerin gruplandırılması
3. Kavite preparasyonu ve kök kanal tedavisi işlemleri (dahil olduğu gruba göre RT öncesi/ sonrası)
4. Dişlerin kompozit rezin kullanılarak restorasyonu (dahil olduğu gruıba göre RT öncesi/ sonrası)
5. Çalışma gruplarına radyasyon uygulanması
6. Dişlerin akrilik bloklara gömülmesi
7. Kırılma dayanımı testi
8. Kırılma tiplerinin analizi
9. Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi

3.3.1. Çalışmada kullanılacak olan dişlerin toplanması ve hazırlığı

Çalışma kapsamında Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş Çene Cerrahisi ABD'da çalışan öğretim elemanları tarafından periodontal ve ortodontik endikasyonlarla çekimi gerekli görülmüş dişler kullanıldı. G-Power programı (Version 3.1, Heinrich Heine Universitat, Düsseldorf, Almanya) ile yapılan power analizi sonucu örnek sayıları belirlendi. (effect size=0,50, α= 0,05 power=0,95; Şekil 3.1)



Şekil 3.1. *G Power Programı İle Çalışmaya Dahil Edilecek Numune Sayısının Belirlenmesi*

Çekimi yapılan 110 üst kesici diş çalışmanın başlangıç zamanına kadar salin solüsyonunda (Osel ilaç sanayi, İstanbul, Türkiye) depolandı ve solüsyon haftada bir defa yenilendi. Çalışmada kullanılacak olan dişlerin üzerindeki sert ve yumuşak doku artıkları ve kalıntılar bir periodontal skaler aracılığıyla uzaklaştırıldı. Daha sonrasında, dişlerin hem kuronal hem de kök yüzeylerine bir polisaj fırçası ve fluorid içermeyen bir profilaksi patı yardımıyla polisaj işlemi yapıldı. Dişlerin çalışmada kullanılabilirliğinin uygunluğu için bütün dişlerin yüzeyleri çatlak, kırık, abrazyon, erozyon ve rezorpsiyon açısından incelendi. Herhangi bir çatlak, defekt, çürük, eski restorasyon ve atrizyon, abrazyon, rezorpsiyon kaynaklı sert doku kaybı barındıran dişler tespit edildi ve çalışmaya dahil edilmedi. Çalışma için seçilen dişlerin benzer boyut ve morfolojiye sahip olmasına dikkat edildi. Bu işlemlerin ardından bütün dişler çalışma zamanına kadar oda sıcaklığında salin solüsyonu içerisinde saklandı ve solüsyon haftada bir kez düzenli olarak tazelendi.

3.3.2. Çalışmada kullanılacak olan dişlerin gruplandırılması

Çalışmada kullanılacak olan üst keser dişler randomize bir şekilde her grupta 11 diş olacak şekilde 10 gruba ayrılmıştır. (Tablo 3.1.)

Tablo 3.1. Kırılma Dayanımı Test Edilecek Gruplara Uygulanacak Radyoterapi Dozuna, Kanal Tedavisinin Radyoterapiden Önce Veya Sonra Uygulanmasına Ve Kullanılacak Kanal Dolgu Patlarına Göre Dağılımı (KT: Kanal Tedavisi)

	KONTROL	60 GY RADYOTERAPİ DOZU		70 GY RADYOTERAPİ DOZU	
DOLUM MATERYALİ	KT yapılmış, Radyoterapi uygulanmamış	Radyoterapi öncesi KT yapılan	Radyoterapi sonrası KT yapılan	Radyoterapi öncesi KT yapılan	Radyoterapi sonrası KT yapılan
AH PLUS	Grup 9	Grup 1	Grup 3	Grup 5	Grup 7
AH PLUS BİOSCERAMİC	Grup 10	Grup 2	Grup 4	Grup 6	Grup 8

1.grup: Kanal dolumu AH Plus kök kanal patı (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Almanya) kullanılarak yapılmış sonrasında 6 hafta boyunca haftada 5 gün 2 gray (Gy) toplamda 60 Gy radyasyon dozu almış dişler

2.grup: Kanal dolumu AH Plus Bioceramic kök kanal patı (Denstply Sirona, Charlotte, ABD) kullanılarak yapılmış sonrasında 6 hafta boyunca haftada 5 gün 2 Gy toplamda 60 Gy radyasyon dozu almış dişler

3.grup: Kanal dolumu yapılmadan 6 hafta boyunca haftada 5 gün 2 Gy toplamda 60 Gy radyasyon dozu almış ve radyoterapi sonrası AH Plus kök kanal patı kullanılarak kanal dolumu yapılmış dişler

4.grup: Kanal dolumu yapılmadan 6 hafta boyunca haftada 5 gün 2 Gy toplamda 60 Gy radyasyon dozu almış ve radyoterapi sonrası AH Plus Bioceramic kök kanal patı kullanılarak dolumu yapılmış dişler

5.grup: Kanal dolumu AH Plus kök kanal patı kullanılarak yapılmış sonrasında 7 hafta boyunca haftada 5 gün 2 Gy toplamda 70 Gy radyasyon dozu almış dişler

6.grup: Kanal dolumu AH Plus Bioceramic kök kanal patı kullanılarak yapılmış sonrasında 7 hafta boyunca haftada 5 gün 2 Gy toplamda 70 Gy radyasyon dozu almış dişler.

7.grup: Kanal dolumu yapılmadan 7 hafta boyunca haftada 5 gün 2 Gy toplamda 70 Gy radyasyon dozu almış ve radyoterapi sonrası AH Plus kök kanal patı kullanılarak kanal dolumu yapılmış dişler

8.grup: : Kanal dolumu yapılmadan 7 hafta boyunca haftada 5 gün 2 Gy toplamda 70 Gy radyasyon dozu almış ve radyoterapi sonrası AH Plus Bioceramic patı kullanılarak dolumu yapılmış dişler

9.grup: AH Plus kök kanal patı kullanılarak kanal dolumu yapılmış radyoterapi uygulanmamış dişler (kontrol grubu)

10.grup: AH Plus Bioceramic kök kanal patı kullanılarak kanal dolumu yapılmış radyoterapi uygulanmamış dişler (kontrol grubu)

3.3.3. Kavite preparasyonu ve kanal tedavisi işlemleri

Çalışmada kullanılmak üzere seçilen üst keser dişlere su soğutması altında rond ve fissür elmas frezler (G&Z Instrumente GmbH, Lustenau, Avusturya) kullanılarak giriş kavitesi açıldı. Her 6 kavite preparasyonu sonrası yeni frezler kullanıldı. Giriş kavitesine fissur frezle palatinal yüzün ortasından, singulumun üstünden başlandı uzun aksa 45 derecelik açıda tutularak 3-4 mm' lik frez darbeleri ile pulpa odasına ulaşıldı ve frez dişin uzun aksına paralel bir şekilde tutularak dişin uzun aksı boyunca ilerlendi. Pulpa odasındaki doku artıkları çelik rond frez (Hager & Meisinger GmbH, Köln, Almanya) ile temizlendi. Kanal bulunduktan sonra tüm sarkık ve zayıf yapılar ile lingualdeki dentin omuzcuğu kaldırılarak apikal bölüme direkt girişi engelleyecek yapılar kaldırılarak kavite preparasyonu tamamlandı.

Endodontik çalışma boyu, 15 numara K tipi paslanmaz çelik eğe (Shenzen Perfect Medical Instruments Co., Ltd, Shenzhen, Çin Halk Cumhuriyeti) yardımıyla koronalde referans noktası insizal kenar alınarak apikal foramenden 1 mm kısa olacak şekilde belirlendi. Kök kanallarının şekillendirilmesi, döner nikel titanyum eğeleriyle

(ProTaper Next) (Maillefer Instruments, Ballaigues, İsviçre) apikal çap X4 (#40) olacak şekilde gerçekleştirildi. Şekillendirme sırasıyla ProTaper Next X1, X2, X3, X4 döner nikel titanyum eğeleriyle (Şekil 3.2.) yapıldı. Döner eğeler pasif olarak kanal içine yerleştirildi. Eğeler rotasyonel hareket yaparak endodontik motor ile (Aİ motor) (Guilin Woodpecker Medical Instrument, Guilin, Çin Halk Cumhuriyeti) üretici firmanın talimatına uyarak 300 rpm dönme hızı ve 2,5 N/cm tork ile kullanıldı. Her döner eğe değişiminde kanalların irrigasyonu için hipodermik iğneli şırınga (27 gauge, 2,5 ml; Berika Teknoloji Medikal, Konya, Türkiye) ile 2 ml %2,5 sodyum hipoklorit (NaOCl; Altun Sterilizasyon ve Medikal, Sakarya, Türkiye) solüsyonu kullanıldı.



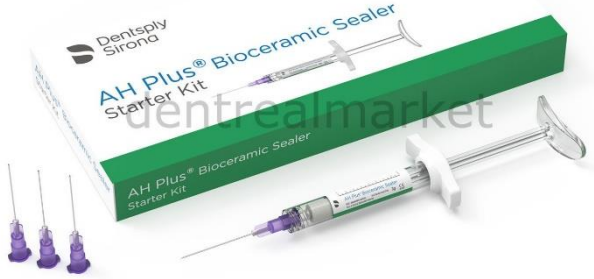
Şekil 3.2. *ProTaper Next Döner Nikel Titanyum Eğeler (Dentsply Sirona, 2023).*

Son yıkama irigasyonu olarak 2 mL %17'lik EDTA (etilen diamin tetraasetik asit; Altun Sterilizasyon ve Medikal, Sakarya, Türkiye), 2 mL %2,5 sodyum hipoklorit ve 2,5 mL distile su kullanıldı. Kök kanalları ProTaper X4 paper-pointler (Dentsply-Sirona) ile kurutulduktan sonra güta perka (Sure Dent Corporation, Sagimakgol-ro, Güney Kore) (#40 ana kon ve #20-#25 yardımcı) ile birlikte AH Plus (Şekil 3.3.) veya AH Plus Bioceramic kanal patları (Şekil 3.4.) ile doldurulduu. Pulpa odasındaki güta perka saçakları ısıtılmış bir el aleti ile kaviteden uzaklaştırıldı ve kanal ağızlarından 1 mm aşağıya indirildi. Kanal dolgusu patı artıkları alkollü pamuk kullanılarak temizlendi. Bu prosedürler uygulanarak kontrol grupları olan dokuzuncu ve onuncu grupların kanal tedavisi yapıldı. Birinci, ikinci, beşinci, altıncı grupların kanal tedavisi

radyasyon uygulaması öncesi üçüncü, dördüncü, yedinci, sekizinci grupların kanal tedavisi radyasyon uygulaması sonrası yukarıda bahsedildiği şekilde tamamlandı.



Şekil 3.3. *AH Plus Kanal Patı (Merkez diş, 2023).*



Şekil 3.4. *AH Plus Biyoseramik Kanal patı (Dentreal Market, 2010).*

3.3.4. Dişlerin kompozit rezin kullanılarak restorasyonu

Kanal tedavisi yapılan dişlerin giriş kaviteleri cam iyonomer siman (Voco GmbH, Cuxhaven, Almanya) kavite taban maddesi olarak kullanılarak kapatıldı. Sonrasında dişler %34,5'lik fosforik asit ile (Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Almanya) total etch tekniği (mine yüzeyi 30 s, dentin yüzeyi 15 s süreyle) kullanılarak dağlandı. Asit artıkları hava-su spreyi kullanılarak 20 saniye süreyle yıkandı ve kurulandı. Tüm örneklerin giriş kavitelerine aplikatör yardımıyla Gluma Bond Universal (Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Almanya) 20 saniye boyunca uygulandı ve LED ışık cihazı (LED-C, Guilin Woodpecker Medical Instrument, Guilin, Çin Halk Cumhuriyeti) kullanılarak 10 s süreyle polimerize edildi. Dişler restore edilirken kompozit rezin materyal CeramX One SphereTEC/CO (Dentsply Sirona, Konstanz, Almanya) dişlerin anatomik şekline sadık kalınarak inkremental (tabakalama) yöntem ile yerleştirildi ve her bir tabaka ve 20 s süreyle polimerize edildi. En son adım olarak bitim ve polisaj işlemleri için sarı kuşaklı bitim frezi ve beyaz kompozit polisaj lastiği (KerrHawe SA, Bioggio, İsviçre) kullanıldı.

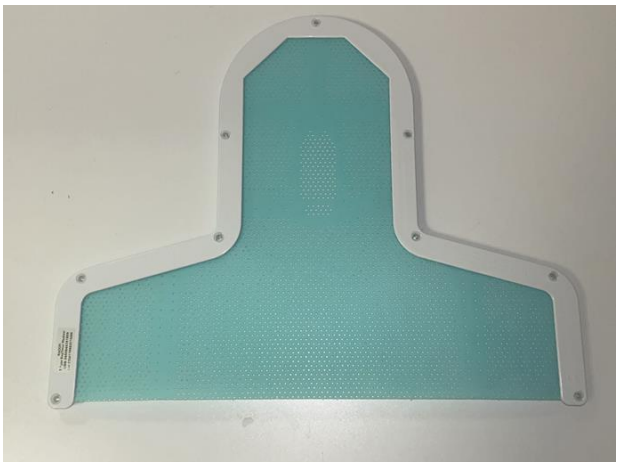
3.3.5. Çalışma gruplarına radyasyon uygulanması

Dişlere, radyoterapi uygulamaları T.C. Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Radyasyon Onkolojisi bölümünde bulunan Varian marka EDGE model Lineer Hızlandırıcı cihazı ile radyasyon onkoloğu gözetiminde bir teknisyen tarafından yapıldı. (Şekil 3.5.)



Şekil 3.5. *Lineer Hızlandırıcı (Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, 2024).*

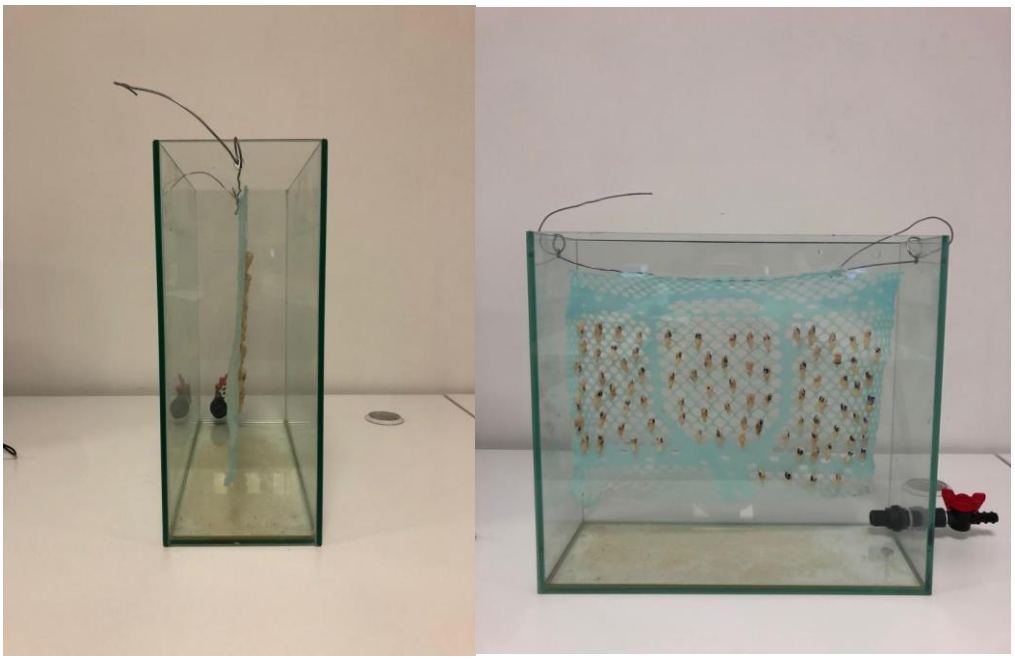
Öncelikle dişler eritilmiş termoplastik maske (Şekil 3.6.) üzerine sabitlendi. Üzerinde dişlerin bulunduğu bu düzlem, 40×40×20 cm boyutlu bir cam fantomun merkezine iki kenara paralel ve eşit mesafe olacak şekilde yerleştirildi.



Şekil 3.6. *Termoplastik Maske*

Cam fantom dişlerin hepsi içinde kalacak şekilde distile su ile doldurulduu ve distile su her günün sonunda yenilendi. (Şekil 3.7.) Dişlerin bulunduğu cam fantom tedavi masasına yerleştirildikten sonra, cihaz ışınlama alanı 40x40 cm açılarak SAD (

skin axis distance) yöntemi ile kaynak izomerkez arası mesafe 100 cm olacak şekilde set-up pozisyonu oluşturuldu. (Şekil 3.8.) Gantry açısı 90° ve 270° derecelerde (iki yan) pozisyonda, 10 MV enerji kullanılarak medikal fizik uzmanı tarafından hesaplama yapıldı. Dişlere uygulanacak toplam dozlar 60 ve 70 Gy olarak belirlendi. Uygulanan doz 2 Gy/fraksiyon, günlük 1 fraksiyon, haftada 5 gün, toplam tedavi süresi 6 veya 7 hafta olacak şekilde ışınlama gerçekleştirildi.



Şekil 3.7. *Dişlerin Radyasyon İçin Hazırlanması*

Kontrol grubu olan dokuzuncu ve onuncu gruplar haricindeki dişler aynı set-up düzeneği kullanılarak 5 gün, günde 2 Gy olacak şekilde 6 hafta boyunca (toplam doz 60 Gy) ışınlama yapıldı. 6. hafta sonunda birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü gruptaki dişler fantomdan çıkartıldı. Geriye kalan beşinci, altıncı, yedinci ve sekizinci grup dişler 10 Gy ek doz alacak şekilde (toplam doz 70 Gy), 5 gün daha ışınlandı. Daha sonra dişlerin tamamı fantomdan çıkartıldı.



Şekil 3.8. *Lineer Hızlandırıcı Kullanılarak Dişlere Radyasyon Uygulanması*

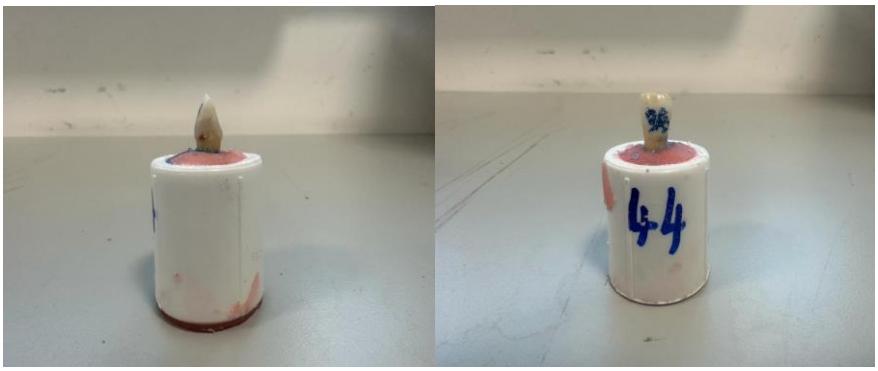
3.3.6. Dişlerin akrilik bloklara gömülmesi

Radyasyon işlemi sonrası dişler periodontal ligamenti taklit etmesi için ilk olarak alüminyum folyo ile 0,2-0,3 mm kalınlığında mine semet sınırının 2 mm altına kadar kaplandı.(Şekil 3.9)



Şekil 3.9. *Dişlerin Alüminyum Folyo İle Sarılması*

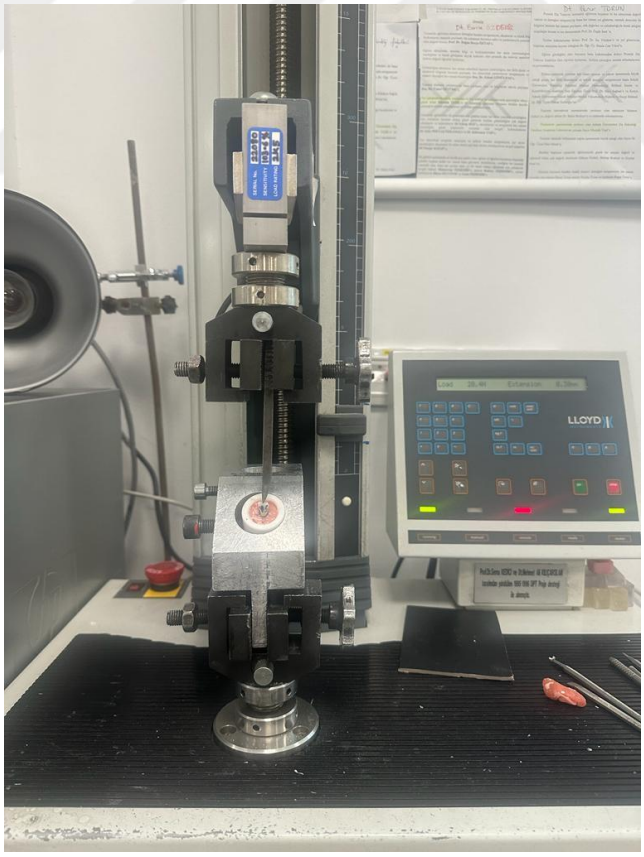
Daha sonra dişler soğuk akrilik (Takilon, WP Dental, Almanya) kullanılarak 2,5 cm boyunda 2 cm çapındaki silindirik akrilik bloklara mine sement birleşiminin 2 mm altına kadar gömüldü. Soğuk akriliğin başlangıç polimerizasyonu sonrası dişler akrilik içinden çıkartıldı ve alüminyum folyoları çıkartıldı. Light body ölçü maddesi (Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Almanya) akriliğe uygulandı ve dişler tekrar akriliğe monte edildi. Fazla ölçü malzemesi bistüri ile çıkartıldı ve normal oda sıcaklığında polimerizasyonun tamamlanması için 24 saat bekletildi. (Şekil 3.10.)



Şekil 3.10. *Dişlerin Akrilik Bloklara Gömülmesi*

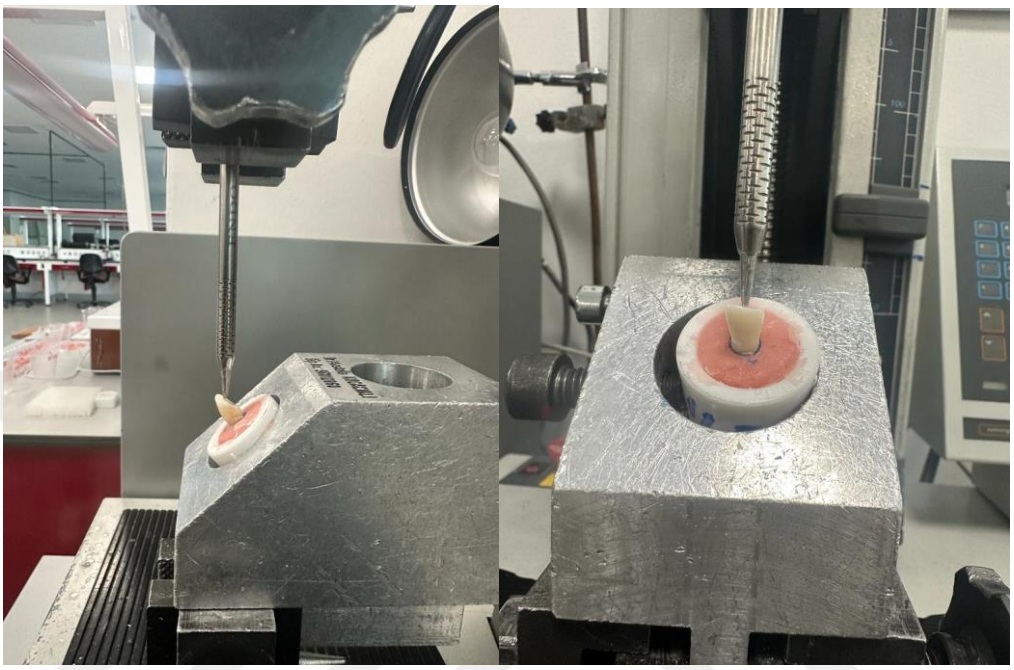
3.3.7. Kırılma dayanımı testi

Gruplar daha sonra Universal Test Cihazına (Lloyd LRX; Lloyd Instruments Ltd., Fareham, Birleşik Krallık) kırılma direncini belirlemek için 45° açıyla özel bir tutucu kullanılarak sırasıyla yerleştirildi ve sıkılarak istenilen pozisyonda sabitlendi. (Şekil 3.12.)



Şekil 3.11. *Universal Test Cihazı*

Uç bölgesine doğru incelen özel paslanmaz çelik bir aparat, dişin insizal kenarının 1mm altında, singulumun üst kısmında dişin insizal kenarının 1 mm üstünde sabitlendi. Singulum'un üst kısmından 1 mm/dk hızla dişler kırılana kadar kuvvet uygulandı. Dişleri kırmak için gereken kuvvet Newton (N) olarak kaydedildi. (Şekil 3.12.)



Şekil 3.12. *Dişlerin Kırılma Dayanımı İçin Pozisyonlandırılması*

3.3.8. Kırılma tiplerinin analizi

Kırılma dayanımı testi uygulaması sonucu oluşan kırıklar iki grupta sınıflandırıldı. Kırık bölgesi akriliğin alt kısmına uzanıyorsa geri restore edilemez, kırık seviyesi akriliğin üst kısmında sonlanıyorsa restore edilebilir olarak adlandırıldı.

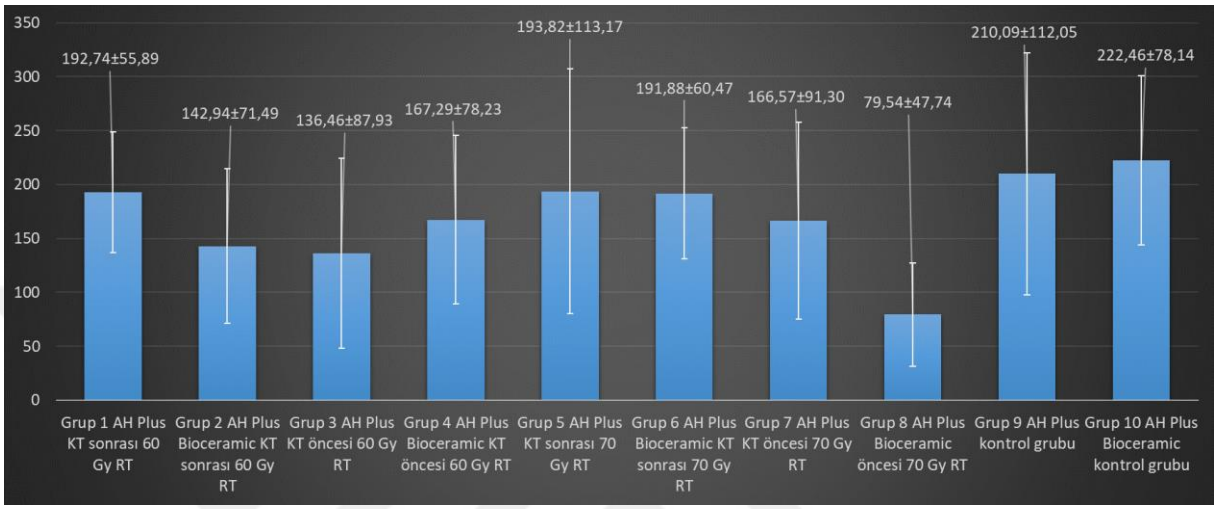
3.4. İstatiksel Analiz

Elde edilen verilerin analizi için SPSS v.22 (IBM SPSS Statistics for Windows, IBM Corp., Armank, New York, ABD) programı kullanıldı. Verilerin normallik dağılımı analizi Kruskal-Wallis testi ile yapıldı. İkili grupların karşılaştırılması için Student's t-testi, ikiden fazla olan grupların karşılaştırılması için Tek yönlü Varyans analizi (ANOVA) testleri kullanıldı. İstatistiksel olarak anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak belirlendi.

4. BULGULAR

Tüm gruplarda elde edilen kırılma dayanımı kuvveti Tablo 4.1'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. *Tüm Gruplarda Elde Edilen Kırılma Dayanımı Kuvveti*



(KT: Kanal Tedavisi, RT: Radyoterapi)

4.1. Radyoterapi Uygulaması Yapılmamış (Kontrol) Gruplarının Karşılaştırılması

AH Plus ve AH Plus Bioceramic kanal patları kullanılarak dolumu yapılmış ve hiçbir aşamada radyoterapi uygulanmamış dişler kırılma dayanımı açısından karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görüldü ($p>0,05$; t testi, Tablo 4.2).

Tablo 4.2. İki Farklı Pat İle Kanal Tedavisi Uygulaması Sonrası Grupların Kırılma Dayanımı Kuvveti (N) Açısından Karşılaştırılması

Gruplar	Ort±SS	Min-Maks	Ortanca	P değeri
AH Plus	210.09±112.05	62.67-403.51	262.89	0.767
AH Plus Bioceramic	222.46±78.14	141.34-429.74	206.73	

Ort: Ortalama SS: Standart sapma, Min: Maks: Minimum; Maksimum

4.2. Kanal tedavisi uygulaması sonrası radyoterapi almış grupların karşılaştırılması

AH Plus ve AH Plus Bioceramic kanal patları kullanılarak dolumu yapılmış dişlerde kanal tedavisi sonrası 60 Gy'lik dozda radyoterapi uygulandığında iki farklı kanal patı grubu arasında kırılma dayanımı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görüldü (p>0,05; t testi, Tablo 4.3).

AH Plus ve AH Plus Bioceramic kanal patları kullanılarak dolumu yapılmış dişlerde kanal tedavisi sonrası 70 Gy'lik dozda radyoterapi uygulandığında iki farklı kanal patı grubu arasında kırılma dayanımı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görüldü (p>0,05; t testi, Tablo 4.3).

Tablo 4.3. *İki Farklı Pat ile Kanal Tedavisi Uygulaması Sonrası 60 Gray Ve 70 Gray lik Radyoterapi Uygulamasının Kırılma Dayanımı Kuvveti (N) Açısından Karşılaştırılması*

Radyoterapi dozu	Gruplar	Ort±SS	Min-Maks	Ortanca	P değeri
60 Gray	AH Plus	192.74±55.89	127.67-267.28	213.74	0.084
	AH Plus Bioceramic	142.94±71.49	42.20-246.90	142.07	
70 Gray	AH Plus	193.82±113.17	36.02-433.68	174.72	0.960
	AH Plus Bioceramic	191.88±60.47	110.89-325.05	183.87	

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Min; Maks: Minimum; Maksimum

4.3. Kanal tedavisi uygulaması öncesi radyoterapi almış grupların karşılaştırılması

60 Gy'lik dozda radyoterapi uygulaması sonrası AH Plus ve AH Plus Bioceramic kanal patları kullanılarak dolumu yapılmış dişlerde iki farklı pat grubu arasında kırılma dayanımı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görüldü (p>0,05; t testi, Tablo 4.4).

70 Gy'lik dozda radyoterapi uygulaması sonrası AH Plus ve AH Plus Bioceramic kanal patları kullanılarak dolumu yapılmış dişlerde iki farklı pat grubu arasında kırılma dayanımı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görüldü

(p<0,05; t testi, Tablo 4.4). AH Plus Bioceramic kanal patı kullanılarak dolum yapılan grupta daha düşük kırılma dayanımı değeri elde edildi.

Tablo 4.4. *60 Gray ve 70 Gray lik Radyoterapi Uygulaması Sonrası Farklı Patlarla Kanal Tedavisi Yapılan Dişlerde Kırılma Dayanımı Kuvvetinin (N) Karşılaştırılması*

Radyoterapi dozu	Gruplar	Ort±SS	Min-Maks	Ortanca	P değeri
60 Gray	AH Plus	136.46±87.93	27.41-270.77	127.63	0.395
	AH Plus Bioceramic	167.29±78.23	62.61-330.01	137.46	
70 Gray	AH Plus	166.57±91.30	25.08-354.31	138.25	0.011*
	AH Plus Bioceramic	79.54±47.74	3.78-165.59	69.40	

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Min: Maks: Minimum; Maksimum

4.4. AH Plus ile dolum yapılmış grupların kırılma dayanımı açısından karşılaştırılması

AH Plus kanal patı ile kanal tedavisi yapılmış, öncesinde ya da sonrasında 60 Gray dozunda radyoterapi uygulanmış veya hiç radyoterapi almamış gruplar karşılaştırıldığında, bu 3 grup arasında kırılma dayanımı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görüldü (p>0,05; ANOVA, Tablo 4.5).

AH Plus ile kanal tedavisi yapılmış, öncesinde ya da sonrasında 70 Gray dozunda radyoterapi uygulanmış veya hiç radyoterapi almamış gruplar karşılaştırıldığında, bu 3 grup arasında kırılma dayanımı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görüldü (p>0,05; ANOVA, Tablo 4.6).

Tablo 4.5. *AH Plus Kanal Patı İle Dolumu Yapılmış Farklı Aşamalarda 60 Gray Radyoterapi Uygulanmış ya da Hiç Radyoterapi Uygulanmamış Grupların Kırılma Dayanımı Kuvveti (N) Açısından Karşılaştırılması*

AH Plus ile KT	Ort±SS	Min-Maks	Ortanca	P değeri
Radyoterapi uygulanmamış	210.09±112.05	62.67-403.51	262.89	0.142
60 Gray Radyoterapi öncesi	192.74±55.89	127.67-267.28	213.74	
60 Gray Radyoterapi sonrası	136.46±87.93	27.41-270.77	127.63	

Ort: Ortalama SS: Standart sapma, Min: Maks: Minimum; Maksimum, KT: Kanal tedavisi

Tablo 4.6. *AH Plus Kanal Patı İle Dolumu Yapılmış Farklı Aşamalarda 70 Gray Radyoterapi Uygulanmış ya da Hiç Radyoterapi Uygulanmamış Grupların Kırılma Dayanımı Kuvveti (N) Açısından Karşılaştırılması*

AH Plus ile KT	Ort±SS	Min-Maks	Ortanca	P değeri
Radyoterapi uygulanmamış	210.09±112.05	62.67-403.51	262.89	0.627
70 Gray Radyoterapi öncesi	193.82±113.17	36.02-433.68	174.72	
70 Gray Radyoterapi sonrası	166.57±91.30	25.08-354.31	138.25	

Ort: Ortalama SS: Standart sapma, Min: Maks: Minimum; Maksimum, KT: Kanal tedavisi

4.5. AH Plus Bioceramic ile dolum yapılmış grupların kırılma dayanımı açısından karşılaştırılması

AH Plus Bioceramic ile kanal tedavisi yapılmış, öncesinde ya da sonrasında 60 Gray dozunda radyoterapi uygulanmış veya hiç radyoterapi almamış gruplar karşılaştırıldığında, bu 3 grup arasında kırılma dayanımı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görüldü ($p>0,05$; ANOVA, Tablo 4.7).

AH Plus Bioceramic ile kanal tedavisi yapılmış, öncesinde ya da sonrasında 70 Gray dozunda radyoterapi uygulanmış veya hiç radyoterapi almamış gruplar karşılaştırıldığında, bu 3 grup arasında kırılma dayanımı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görüldü ($p<0,05$, Tablo 4.8). 70 Gray radyoterapi sonrası AH Plus Bioceramic ile kanal tedavisi yapılan grup, radyoterapi uygulanmadan AH Plus Bioceramic ile dolum yapılan gruptan ($p<0,001$) ve 70 Gray radyoterapi öncesi AH Plus Bioceramic ile kanal tedavisi yapılan gruptan ($p<0,001$) istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha az kırılma dayanımı gösterdi (Tablo 4.8).

Tablo 4.7. *AH Plus Bioceramic Kanal Patı İle Dolumu Yapılmış ve Farklı Aşamalarda 60 Gray Radyoterapi Uygulanmış ya da Hiç Radyoterapi Uygulanmamış Grupların Kırılma Dayanımı Kuvveti (N) Açısından Karşılaştırılması*

AH Plus Bioceramic ile KT	Ort±SS	Min-Maks	Ortanca	P değeri
Radyoterapi uygulanmamış	222.46±78.14	141.34-429.74	206.73	0.057
60 Gray Radyoterapi öncesi	142.94±71.49	42.20-246.90	142.07	
60 Gray Radyoterapi sonrası	167.29±78.23	62.61-330.01	137.46	

Ort: Ortalama SS: Standart sapma, Min: Maks: Minimum; Maksimum, KT: Kanal tedavisi.

Tablo 4.8. *AH Plus Bioceramic Kanal Patı İle Dolumu Yapılmış ve Farklı Aşamalarda 70 Gy Radyoterapi Uygulanmış ya da Hiç Radyoterapi Uygulanmamış Grupların Kırılma Dayanımı Kuvveti (N) Açısından Karşılaştırılması*

AH Plus Bioceramic ile KT	Ort±SS	Min-Maks	Ortanca	P değeri
Radyoterapi uygulanmamış	222.46±78.14[a]	141.34-429.74	206.73	**0.000***
70 Gy Radyoterapi öncesi	191.88±60.47[a]	110.89-325.05	183.87	
70 Gy Radyoterapi sonrası	79.54±47.74[b]	3.78-165.59	69.40	

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Min: Maks: Minimum; Maksimum, KT: Kanal tedavisi.

Aynı sütundaki farklı küçük harfler gruplar arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılığı ifade eder.

4.6. Kırılma Tiplerinin Analizi

Toplam 110 dişten oluşan 10 farklı grup kırılma tipine göre ikiye ayrıldı. Toplam 10 gruptan oluşan dişler restore edilebilir ve geri restore edilemez olarak iki ayrı grupta sınıflandırıldı. (Tablo 4.9)

Tablo 4.9. *Grupların Kırılma Sonrası Restore Edilebilirlik Açısından Dağılımı*

	Restore edilebilir	Geri restore edilemez
Grup 1 (AHP KT sonrası 60 Gy RT)	9 (%81,81)	2 (%18,18)
Grup 2 (AHPB KT sonrası 60 Gy RT)	7(%63,63)	4 (%36,36)
Grup 3 (AHP KT öncesi 60 Gy RT)	8 (%72,72)	3 (%27,27)
Grup 4 (AHPB KT öncesi 60 Gy RT)	6 (%54,54)	5 (%45,45)
Grup 5 (AHP KT sonrası 70 Gy RT)	5 (%45,45)	6 (%54,54)
Grup 6 (AHPB KT sonrası 70 Gy RT)	4 (%36,36)	7 (%63,63)
Grup 7 (AHP KT öncesi 70 Gy RT)	3 (%27,27)	8 (%72,72)
Grup 8 (AHPB KT öncesi 70 Gy RT)	4 (%36,36)	7 (%63,63)
Grup 9 (AHP KT kontrol grubu)	4 (%36,36)	7 (%63,63)
Grup 10 (AHPB KT kontrol grubu)	3 (%27,27)	8 (%72,72)

(KT: Kanal Tedavisi, RT: Radyoterapi)

5.TARTIŞMA

Bu araştırmada, farklı dozlarda uygulanan radyoterapi öncesi ve sonrası epoksi rezin esaslı AH Plus ve biyoseramik esaslı AH Plus Bioceramic kök kanal patlarıyla kanal dolumu uygulamasının dişlerin kırılma dayanımına etkisi değerlendirildi. Yapılan literatür taramasında dozun kırılma dayanımına etkisinin değerlendirildiği benzer bir araştırmaya rastlanılmadı**.** Araştırmanın sonuçlarına göre; 60 Gy radyoterapi öncesi ve sonrası, ve 70 Gy radyoterapi öncesi bu iki patla kanal dolumu yapılan dişlerde, patlar arasında kırılma dayanımı açısından fark bulunmazken, 70 Gy radyoterapi sonrası AH Plus Bioceramic kök kanal patıyla kanal dolumu yapılan grupta kırılma dayanımının AH Plus kök kanal patı ile dolum yapılan gruba göre daha düşük olduğu tespit edildi. Radyoterapi uygulanmayan kontrol gruplarında, AH Plus ve AH Plus Bioceramic kök kanal patları ile kök kanal dolumu yapılan dişlerde kırılma dayanımı değerleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığı görüldü.

Literatüre bakıldığında radyoterapi uygulamasının kanal tedavili dişlerde kırılma dayanımına etkisinin değerlendirildiği benzer bir çalışma olduğu görülmüştür (Aktemür Türker vd., 2021). Türker ve arkadaşları radyoterapi uygulaması öncesi ve sonrası güta perka/epoksi rezin esaslı kök kanal patı veya biodentin ile dolumu yapılan dişlerde kırılma dayanımına etkisini araştırmıştır. Ancak, bu araştırmada dozun etkisi değerlendirilmemiş, radyoterapi dozu olarak yalnızca 60 Gy tercih edilmiş, 70 Gy'lik doz uygulanmamıştır. Kök kanal patı olarak da bizim çalışmamızdan farklı olarak AH Plus Bioceramic kök kanal patı yerine Biodentin ile dolum yapılmıştır (Aktemur Türker vd., 2021).

Radyoterapi uygulanan diş gruplarında dişlere baş ve boyun kanserlerinde uygulanan radyoterapiyi taklit etmesi için 60 ve 70 Gy'lik radyoterapi dozu uygulandı. AH Plus ve AH Plus Bioceramic kök kanal patları kullanılarak kanal dolumu yapılmış dişlerde kanal tedavisi sonrası 60 Gy'lik dozda veya 70 Gy'lik dozda radyoterapi uygulandığında iki farklı kanal patı grubu arasında kırılma dayanımı açısından fark görülmedi. 60 Gy doz radyoterapi uygulaması sonrası iki pat arasında fark gözlenmezken 70 Gy'lik dozda radyoterapi sonrası kanal tedavisi uygulamalarında iki patın arasında anlamlı bir fark olduğu görüldü. AH Plus Bioceramic kök kanal patı kullanılarak dolum yapılan grupta daha düşük kırılma dayanımı değeri elde edildi. Bu

durum baş ve boyun radyoterapisi alan hastalarda uygulanan dozun önemli olduğunu göstermektedir. Kanal tedavisi sonrası radyoterapi uygulamasında kullanılan pat kırılma dayanımında fark oluşturmazken, radyoterapi sonrası kanal tedavisi uygulamalarında patın uygulanan doza göre etkisinin olduğu görülmektedir. Baş ve boyun radyoterapisi için 70 Gy dozda radyoterapi almış hastalarda radyoterapi sonrası kanal tedavisinin endike olduğu durumlarda uygulanan kanal tedavisinde kanal patı olarak biyoseramik esaslı patlar yerine epoksi rezin esaslı kök kanal patları tercih edilebileceği düşünülmektedir.

AH Plus Bioceramic ile kanal tedavisi yapılmış, öncesinde ya da sonrasında 70 Gy dozda radyoterapi uygulanmış veya hiç radyoterapi almamış gruplar karşılaştırıldığında, bu 3 grup arasında kırılma dayanımı açısından anlamlı bir fark olduğu görüldü. 70 Gy radyoterapi sonrası AH Plus Bioceramic ile kanal tedavisi yapılan grup, radyoterapi uygulanmadan AH Plus Bioceramic ile dolum yapılan gruptan ve 70 Gy radyoterapi öncesi AH Plus Bioceramic ile kanal tedavisi yapılan gruptan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha az kırılma dayanımı gösterdi. Bu durum bize 70 Gy gibi yüksek dozlarda radyoterapi uygulamasının dentinde ileri derecede harabiyete, inorganik ve organik komponentlerinde değişime yol açtığı ve patın dentine bağlanmasında azalmaya neden olduğu ve bunun da kırılma dayanımını azalttığı düşündürebilir.

Radyasyon onkolojisinde kullanılan radyasyon enerjisinin türü, dozajı ve uygulama şekli, kanserin türüne ve evresine göre farklılık gösterir. Radyoterapide yaygın olarak kullanılan günlük doz miktarı günde 1,8-2 Gy'lik fraksiyonlar halinde haftada 5 gün 6-8 haftalık bir süreçte toplamda 54-80 Gy arası dozlarda verilir (Delaney vd., 2005). Baş ve boyun radyoterapisinde genellikle 50-70 Gy radyoterapi uygulanmaktadır (Kaya vd., 2009). Tükürük bezlerine cerrahi işlem sonrası minimal rezidüel hastalıkta günlük 2 Gy'lik fraksiyonlarla toplam 55-60 Gy doz uygulanır. Preoperatif radyoterapi, hastaların hipofarenks ve boyun bölgesine uygulanır. Preoperatif radyoterapide kullanılan radyasyon dozları 45-50 Gy'dir. Postoperatif radyoterapide, primer tümörden kafa tabanına dek uzanan karşılıklı lateral alanlar radyasyona maruz kalır. Postoperatif radyoterapi için kullanılan doz ise 70-75 Gy'dir (Engin ve Erişen, 2003; Gemici vd., 2004).

Çalışmamızda kullanılan doz ve zamana benzer in vitro endodontik çalışmalar incelendiğinde Türker ve arkadaşlarının radyoterapi uygulama süresinin güta perka/kanal patı veya biodentin ile dolumu yapılan dişlerde kırılma dayanımına etkisinin araştırıldığı benzer bir çalışmasında dişlere günlük 2 Gy'lik fraksiyonlar halinde haftada 5 gün olarak toplam 6 hafta boyunca 60 Gy doz uygulanmıştır (Aktemur Türker vd., 2021). Suri ve arkadaşlarının radyoterapi sonrası insan minesinin yüzey özelliklerinde ve geçirgenliğinde değişikliğinin incelendiği çalışmasında dişlere toplam 70 Gy doz uygulanmıştır (Suri vd., 2022).

Yaduka ve arkadaşlarının radyasyon tedavisinin kök kanal dolgu patlarının, dislokasyon direncine etkisinin incelendiği çalışmasında günde 2 Gy halinde haftada 5 gün olarak toplam 6 hafta boyunca 60 Gy toplam doz uygulanmıştır (Yaduka vd., 2021). Cancelier ve arkadaşlarının radyoterapi uygulama zamanının rezin simanın kök dentinine push out değerine etkisinin incelendiği çalışmasında dişlere günlük 2 Gy'lik dozlar halinde haftada 5 gün 7 hafta boyunca toplam 70 Gy doz verilmiştir (Cancelier vd., 2023). Soares ve arkadaşlarının gama ışınlamasının mine ve dentinin gerilme dayanımı üzerine etkisinin incelendiği çalışmasında günlük 2 Gy'lik dozlar halinde haftada 5 gün 6 hafta boyunca toplam 60 Gy doz uygulanmıştır (Soares vd., 2010). Başer Can ve arkadaşlarının fiber postların ışınlanmış ve ışınlanmamış intraradiküler dentine push out bağlanma gücünün incelendiği çalışmasında 2 Gy'lik günlük dozlar halinde haftada 5 gün 6 hafta boyunca toplam 60 Gy doz uygulanmıştır (Başer Can vd., 2022).

Yamin ve arkadaşlarının radyasyon tedavisinden sonra rezin simanların kök dentinine bağlanma dayanımının incelendiği araştırmasında 2 Gy'lik dozlar halinde haftada 5 gün 6 hafta boyunca 60 Gy'lik toplam doz uygulanmıştır (Yamin vd., 2018). Martins ve arkadaşları terapötik kanser radyasyonunun epoksi rezin veya MTA bazlı bir kök kanal patının kök dentinine bağlanma dayanımı üzerine etkisinin incelendiği çalışmasında toplam 60 Gy doz uygulanmıştır (Martins vd., 2015). Bodrumlu ve arkadaşlarının radyoterapinin rezin bazlı kök kanal patlarının apikal sızdırmazlık üzerine etkisi ve radyoterapinin iki farklı kök kanal dolgu maddesinin koronal tıkama kabiliyeti üzerine etkisinin incelendiği iki farklı araştırmasında günlük 1.8 Gy'lik dozlar halinde haftada 5 gün 7 hafta boyunca toplam 60 Gy doz uygulanmıştır (Bodrumlu vd., 2009; Bodrumlu EH ve Bodrumlu E, 2018).

Bu çalışmalarda kullanılan dozlar baş ve boyun kanserlerinin tedavisinde sıklıkla kullanılan radyoterapi dozlarını taklit etmiştir. Baş ve boyun kanserlerinde tedavide kullanılan dozların simüle edildiği bu in vitro çalışmalarda genel olarak 60 ve 70 Gy dozların tercih edildiği görülmektedir.

Bu bilgiler göz önünde bulundurularak yapılan çalışmada baş ve boyun radyoterapileri için sıklıkla tercih edilen 60 ve 70 Gy'lik dozlar tercih edildi. Çalışma için seçilen dişlere günlük 2 Gy'lik fraksiyonlar halinde haftada 5 gün radyoaktif ışın uygulandı. Bu süreç toplam 60 Gy'lik doz alan dişlerde 6 hafta boyunca toplam 70 Gy doz alan dişlerde 7 hafta boyunca sürdürüldü. Yapılan diğer in vitro çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada hem 60 Gy hem 70 Gy doz kullanıldı. Radyoterapide kullanılan en yaygın bu iki dozun birlikte kullanıldığı ve karşılaştırıldığı endodonti alanında başka çalışma olmadığı görülmektedir. Bu çalışmada ilk defa dozun etkisi değerlendirilmiştir.

Yapılan çalışmalar sonucu radyasyon tedavisinin diş sert dokuları üzerinde etkili olduğu ve dişlerin demineralizasyona yatkınlıklarını arttırdığı görülmüştür (Gupta vd., 2015). Baş ve boyun bölgesine uygulanan radyoterapi sonrası ilk 3 ay içinde diş sert dokusunda bozulmanın ilk belirtileri görülmüştür (Lieshout ve Roth, 2014). Radyoterapinin diş sert dokularına etkisiyle ilgili yapılan bir çalışmada dişlere 20 Gy'lik radyasyon dozu uygulanan olgularda radyoterapi sonrası mine dentin birleşimine yakın minede mikrosertlikte, elastisite modülü, mineral ve kristallikte belirgin bir azalma görülmüştür. 20 Gy'lik uygulanan bu doz dentinde de minedekine benzer etkiler göstermiş ve bu etkiler 70 Gy'e kadar aynı şekilde kalmıştır (Lu vd., 2019). Zhang ve arkadaşları 70 Gy'lik ışınlamadan sonra dentin morfolojisinin değiştiğini ve bazı kollajen liflerin kaybolduğunu gözlemlemişlerdir (Zhang vd., 2004). Soares ve Knychalska'nın yaptığı çalışmalarda radyasyon sonrası diş sert dokularında belirgin bir yıkım izlenmesine karşılık (Knychalska-Karwan vd., 1988; Soares, 2010) Joyston-Bechal ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ışınlanmış diş minesinin ışınlanmamış diş minesine göre demineralizasyona karşı daha duyarlı olmadığını bulmuşlardır. İki durumda da aynı miktarda mineral kaybı ve lezyon derinliği görülmüştür (Joyston-Bechal, 1985).

Walker ve arkadaşlarının radyoterapinin dental etkilerini değerlendirdiği klinik araştırmasında dişlerin yüzde elli birinde radyoaktif ışın uygulaması sonrası orta veya ağır seviyede hasar görülmüştür. Işınlama düzeyinin artmasıyla hasarda kayda değer bir artış bulunmuştur. Dental dokulardaki doz ilişkili hasar 3 aşamada sınıflandırmışlardır: 0–30 Gy minimum diş hasarı, 30 ve 60 Gy arasında diş-doz hasarı ilişkisi iki veya üç kat artışı, 60 Gy veya daha fazlası bu ilişkiyi on kat daha fazla artması şeklinde gözlemlenmiştir (Walker vd., 2011). Zhang ve arkadaşları, elektron mikroskobisi kullanılarak hayvan denekler üzerinde yaptıkları çalışmada diş mine ve dentin yapılarının radyasyon çürüklerine yatkınlığını incelemişlerdir ve mine yapısının 30-70 Gy'lik radyasyondan sonra değiştiğini bulmuşlardır (Zhang vd., 2004).

Del Regato ve arkadaşları 1939 yılında radyoterapinin diş sert dokuları üzerine olan etkisi ilk kez bildirilmişlerdir (Del Regato, 1939). Literatür taramaları sonucu yakın tarihlerde bu konudaki en fazla araştırmanın Kielbassa ve arkadaşları tarafından yapıldığı görülmüştür (Kielbassa, 1997; Kielbassa, 1999; Kielbassa, 2000; Kielbassa, 2006). Kielbassa ve arkadaşları in vitro olarak radyoterapinin sığır dentinindeki etkisinin incelediği çalışmalarda ışınlanmış dentinin ışınlanmamış dentine kıyasla mikro sertlikte anlamlı azalmalar olduğunu saptamıştır (Kielbassa, 1997; Kielbassa 2002). Aynı çalışmacının in situ olarak yapmış olduğu çalışmalarda insan mine ve dentininin radyasyondan etkilenmediği görülmüştür (Kielbassa, 1999; Kielbassa 2000).

Türker ve arkadaşlarının yaptığı benzer çalışmanın sonuçlarında radyoterapinin dişlerin kırılma direncini önemli ölçüde etkilediği bulunmuştur. Bu çalışmada ışınlanmış dişlerde ışınlanmamış dişlere göre kırılma direncinde yaklaşık %32,92 oranında kayıp gözlenmiştir. Bu sonuç, gama ışınlamasının dişlerin kırılma direncini önemli ölçüde azalttığını belirten önceki bir çalışmayla uyumluydu (Soares 2011). Radyasyonun neden olduğu yıkım dekarboksilasyona yol açar. Dekarboksilasyon sonucunda mine ve dentindeki sertlik ve elastikiyet önemli ölçüde azalır. Bu nedenle radyoterapi sonrası dişlerin kırılmaya daha duyarlı hale gelebileceği ifade edilebilir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, 60 Gy'lik radyoterapi öncesi veya sonrasında güta-perka ve epoksi rezin esaslı kök kanal patı ile doldurulmuş dişlerin kırılma direnci üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı bulunmuştur. Bu sonuç bizim çalışmamızın sonuçları ile uyumludur. Ancak bu çalışmada, Biodentine ile dolumun

ardından 60 Gy radyoterapiye maruz kalan dişlerin 60 Gy radyasyon sonrası Biodentin ile dolumu yapılan dişlere kıyasla kırılma direncinin önemli ölçüde azaldığı bulunmuştur (Aktemur Türker vd., 2021). Bizim çalışmamızda 60 Gy radyoterapi öncesi ve sonrası AH Plus Bioceramic kök kanal patı ile dolum yapılan gruplarda kırılma dayanımı açısından fark görülmedi. Her ne kadar Biodentin ve AH Plus Bioceramic kalsiyum silikat esaslı materyaller olsa da, kullanım formu arasında farklılıkların bu sonucu elde etmede önemli olduğu düşünülmüştür. AH Plus Bioceramic pat formunda güta perka ile de kullanılabilen bir malzemedir. Biodentin kapsül-likit formunda kullanılan biyoaktif dentin tamir materyalidir. Franzel ve arkadaşları, mineral organik etkileşiminin radyasyonla azaldığını, karbondioksit gelişiminin hidroksiapatit mineralinde mikro çatlaklara neden olabileceğini belirtmişlerdir (Franzel vd., 2009). Bu bulgulara dayanarak radyoterapinin Biodentine dentin ara yüzü boyunca uzanan hidroksit apatit tabakasını etkileyebileceği ve bu tabakada bozulma olabileceği düşünülmüştür. Radyoterapi sonrası Biodentine ile doldurulan dişlerin kırılma direnci, radyoterapi öncesi ve sonrasında güta-perka/epoksi rezin esaslı kök kanal patı ile doldurulan dişlerden farklı değildi (Aktemur Türker vd., 2021). AH Plus Bioceramic kök kanal patından farklı olarak Biodentin ile yapılan dolumlarda oluşan hidroksiapatit tabakasının radyoterapiden etkilendiği ve kırılma dayanımı değerlerini düşürdüğü düşünülebilir.

Bizim yaptığımız bu çalışmanın sonuçlarına göre 60 Gy'lik radyasyon uygulaması sonucu iki pat türünde de kırılma dayanımı değerlerinde istatistiksel bir farklılık görülmedi. Ancak 70 Gy'lik radyoaktif ışın uygulaması sonrası AH Plus Bioceramic ile kanal dolumu yapılan dişlerde radyoaktif ışın almayan dişlerden ve daha önceden AH Plus Bioceramic ile kanal tedavisi yapılıp 70 Gy doz alan dişlerden daha düşük kırılma dayanımı değerleri elde edildi. Türker ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada Biodentin ile dolum yapılan ve sonrasında radyoterapi alan dişlerin düşük kırılma dayanımı değerlerine sahip olduğu görüldü. Bizim çalışmamızda Türker ve arkadaşlarının çalışmasından farklı olarak 60 Gy'lik doz uygulamasında kalsiyum silikat esaslı patın kırılma dayanımında bir farklılık görülmedi ve 70 Gy'lik radyasyon sonrası kalsiyum silikat esaslı kök kanal patıyla dolumu yapılan dişlerin kırılma dayanımı değerlerinde anlamlı düzeyde farklılık bulundu. Bu durumun nedeni olarak da literatürde bahsedildiği gibi 70 Gy doz uygulaması sonrası dentinde görülen yüksek harabiyetin etkili olduğu düşünülmüştür. Dentinde radyoterapi dozu artmasına bağlı

olarak meydana gelen organik ve inorganik komponentlerde ve yüzey özelliklerinde değişikliklerinin incelendiği ileri çalışmalar düşünülebilir. Kurup ve arkadaşlarının yaptığı çalışmasında üç farklı kanal patı kullanılarak push out bond dayanımı sonucu incelenmiştir. AH Plus kök kanal patının MTA Fillapex ve Apexit kök kanal patlarına göre daha yüksek bağlanma değerlerine sahip olduğu görülmüştür (Kurup vd., 2021). Chandarani ve arkadaşlarının yaptığı AH Plus, MTA Fillapex ve Epiphany SE kök kanal patlarının push out bağlanma dayanımının karşılaştırıldığı çalışmasında en yüksek değerler AH Plus kök kanal patında görülmüş, bu değerleri sırasıyla MTA Fillapex ve Epiphany SE izlemiştir (Chandarani vd., 2022). Epoksi rezin esaslı patlarla ilişkili bond kuvvetinin daha yüksek değerleri, epoksit ile kollajendeki açıkta kalan amino grupları arasındaki kovalent bağa, düşük polimerizasyon stresine ve uzun süreli boyutsal kararlılık özelliklerine dayanır (Yavari vd., 2017). 70 Gy gibi yüksek dozlarda dentin yapısında harabiyet yüksek seviyelere çıkar. 70 Gy dozda dişlerde dentin yüzeyi değiştiği için, AH Plus gibi yüksek bağlanma özelliği gösteren patlarla dolum yapılmış dişlerde kırılma dayanımı etkilenmezken, AH Plus Bioceramic için bağlanma dayanımının azalmış olabileceği ve buna bağlı olarak kırılma dayanımının düşmüş olabileceği düşünülmektedir. Bu dişlerde yukarıda anlattığımız üstün bağlanma özelliklerinden dolayı AH Plus kök kanal patı tercih edilmesi önerilir. Farklı dozlarda radyoterapi almış dişlerde farklı patların bağlanma kapasitesine etkisinin değerlendirildiği ileri çalışmalar yapılabilir.

Bu çalışmada radyoterapi uygulanacak dişler, periodontal ve ortodontik sebeplerden dolayı çekilmiş üst çene daimi keser dişler arasından seçildi. Radyoterapinin dental sert dokular üzerine olan etkisinin incelendiği Soares, Rodrigues ve Kielbassa'nın yaptığı farklı çalışmalarda molar dişler kullanılmıştır. (Kielbassa, 2000; Rodrigues vd., 2004; Soares vd., 2010). Türker ve arkadaşlarının radyoterapi uygulama süresinin güta perka/kanal patı veya biodentin ile dolumu yapılan dişlerde kırılma dayanımına etkisinin araştırıldığı çalışmasında ise premolar dişler kullanılmıştır (Türker Aktemur vd., 2021). Suri ve arkadaşlarının radyoterapi sonrası insan diş minesinin yüzey özelliklerinde ve geçirgenliğinde değişikliğinin incelendiği çalışmasında yine aynı şekilde premolar dişler tercih edilmiştir (Suri vd., 2022). Bu çalışmada üst kesici dişlerin kullanılmasının nedeni radyasyonun ve iki farklı pat türünün daimi keser dişlerin kırılma dirençleri üzerine etkisinin araştırıldığı kapsamlı bir çalışma bulunmamasıdır.

Çekilmiş dişler in vitro çalışmalarda hemen kullanılmadığı için saklama koşulları uygun olan bir ortamda saklanmalıdır. Bekletilme ortamları dişlerin dehidrate olmamaları açısından büyük önem taşımaktadır. Topçuoğlu ve arkadaşlarının epoksi rezin esaslı, mineral trioksit agregat esaslı ve biyoseramik esaslı kök kanal patı ile doldurulmuş köklerin kırılma dayanımını araştırdığı çalışmasında dişleri deneyin başlangıcına kadar, ancak çekimden sonraki 30 günü geçmeyecek şekilde %0,1 timol içerisinde saklamıştır (Topçuoğlu vd., 2013). Keskin ve arkadaşlarının maksiller lateral dişlerde kanal içi kriyoterapinin endodontik tedavili dişlerin kırılma dayanımına etkisini araştırdığı çalışmasında yakın zamanda çekilmiş dişler seçilerek %0,9' luk fizyolojik salin ve %0,1' lik timol solüsyonunda oda sıcaklığında saklanmıştır (Keskin vd., 2019). Silva ve arkadaşlarının endodontik tedavi görmüş dişlerin kırılma direnci üzerine servikal preflaring ve kök kanal preparasyonunun etkisinin incelendiği çalışmada seçilen dişler çalışmada kullanılıncaya kadar oda sıcaklığında distile suda saklanmıştır (da Silva vd., 2020).

Soares ve arkadaşlarının endodontik tedavili kompozit rezinle restore edilen maksiller premolar dişlerde kırılma dayanımı ve stres dağılımını araştırdığı çalışmasında seçilen dişler distile su ve %0,2 timol çözeltisinde 37ºC' de saklanmıştır (Soares vd., 2008). Civelek, Rengsburg ve Demarco'nun çekilmiş dişlerde yaptığı çalışmalarda da dişlerin saklanması için distile su tercih edilmiştir (Civelek vd., 2003; Demarco vd., 2001; Jansen van Rensburg vd., 2023). Yusufoğlu ve arkadaşlarının yaptığı in vitro bir çalışmada iki farklı döner alet sistemi ve üç farklı kök kanal patı kullanılarak kanal tedavisi yapılmış dişlerin kırılma dayanımı kıyaslanmış ve çekilmiş dişler steril salin solüsyonunda saklanmıştır (İnce Yusufoglu vd., 2019). Batra ve arkadaşlarının tek eğe sistemleri kullanılarak kök kırılma dayanımının in vitro analizini yaptığı çalışmasında çekilmiş dişler izotonik salin solüsyonunda saklanması için maksimum 72 saat süre tanınmıştır (Batra vd., 2023).

Yapılan kapsamlı literatür taraması sonrası dişlerin genelde timol, distile su, fizyolojik salin gibi solüsyonlarda saklandığı tespit edildi. Bizim çalışmamızda çekimi yapılan 110 üst kesici diş çalışmanın başlangıç zamanına kadar fizyolojik salin solüsyonunda bekletildi ve solüsyon haftada bir defa yenilendi.

Kök kanal tedavisinde amaç kanalların uygun bir şekilde mekanik preparasyonu ve kimyasal dezenfeksiyonundan sonra kök kanal sisteminin üç boyutlu hermetik bir şekilde termoplastik bir kor materyali ve iyi adezyon sağlayan bir kök kanal patı ile doldurulup, sıkı bir şekilde kanallarının tıkanması, mikroorganizmalar veya doku sıvılarının kök kanal boşluğuna geçişini engelleyecek biçimde tamamen kapatılmasıdır (Al-Dewani vd., 2000; Bailey vd., 2004; Cathro ve Love, 2003; Çobankara vd., 2004). Üç boyutlu bir apikal tıkama sağlayıp sızıntı oluşmasının önüne geçmek için geliştirilen birçok obturasyon tekniği bulunmaktadır (Ingle JI. Endodontics., 1985). Soğuk lateral kondansasyon tekniği günümüzde en sık kullanılan kanal dolum tekniğidir (Alaçam, 2005). Bu teknik dolum teknikleri içinde altın standart olarak kabul edilir ve diğer tekniklerin değerlendirildiği bir referanstır (Akhtar vd., 2023). Kanallar çok eğri veya düzensiz olmadığı sürece, bütün diş gruplarında rahatlıkla kullanılabilir (Walia vd., 1989). Ana konun yerleştirilmesini takiben dentin duvarlari ile arada kalan boşluklar, basınç uygulayarak, yardımcı konlarla doldurulur. Bu tekniğin başarısındaki en büyük kriter kanal dolgu patının kanal içindeki düzensiz yapıları doldurup doldurmamasıdır (Brayton vd., 1973). Bu tekniğin avantajları ise herhangi bir cihaza gereksinim duymadan kullanılması, apikal bölümdeki tıkamanın kontrollü bir şekilde yapılabilmesi ve kök kanal duvarlarına adaptasyonunun yeterli düzeyde sağlamasıdır (Kahn vd., 1997).

Türker ve arkadaşlarının yaptığı benzer çalışmada tek kon tekniği kullanılmıştır (Aktemur Türker vd., 2021). Başer Can ve arkadaşlarının fiber postların ışınlanmış ve ışınlanmamış intraradiküler dentine push out bağlanma dayanımını incelediği çalışmasında soğuk lateral kondenzasyon tekniği ile dolum yapılmıştır (Başer Can vd., 2022). Yine aynı şekilde Yusufoğlu ve arkadaşlarının yaptığı in vitro bir çalışmada iki farklı döner alet sistemi ve üç farklı kök kanal patı kullanılarak kanal tedavisi yapılmış dişlerin kırılma dayanımı kıyaslanmıştır ve bu çalışmada kanal dolum yöntemi olarak soğuk lateral kondenzasyon tekniği kullanılmıştır (İnce Yusufoglu vd., 2019). Biz bu çalışmada klinikte en çok kullanılan tekniklerden birisi olması ve yukarıda açıklanan nedenlerden dolayı lateral kondenzasyon tekniğini tercih ettik.

Kök kanallarının ideal mekanik preparasyonu kanalın orijinal formunu takip edecek şekilde apeksten başlayıp koronale doğru genişleyen konik bir şeklin elde

edilmesi ile oluşur (Schilder, 1974). Manuel el aletleri ile preparasyon yaparak kök kanallarının şekillendirilmesi yapılabilinir. El aletleri ile yapılan preparasyon işlemin süresini uzatır ayrıca ledging, zipping ve apikal transportasyon gibi hatalara neden olabilmektedir (Esposito ve Cunningham, 1995; Glosson vd., 1995). Son yıllarda popüler hale gelen nikel titanyum (NiTi) eğeler, sahip oldukları üstün kesme yetenekleri ve flexibiliteleri sebebiyle kök kanal preparasyon işlemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır (Bird vd., 2009). ProTaper Next, döngüsel esnekliği ve yorulma direncini arttırdığı bildirilen ısıl işlemle üretilen bir M-Wire döner eğe sistemidir (Y. Gao vd., , 2012; J. Ye and Y. Gao, 2012). Eğe, kanal preparasyon verimliliğini artıran, merkezi olmayan dikdörtgen bir kesite sahiptir (De-Deus vd., 2015).

Türker ve arkadaşlarının yaptığı benzer çalışmada ProTaper Next döner alet sistemi kullanılmıştır (Aktemur Türker vd., 2021). Mohammed ve arkadaşları farklı patlarla endodontik tedavi gören dişlerin kırılma direnci üzerindeki etkisini araştırdığı çalışmasında ProTaper Next döner sistemi kullanılmıştır (Mohammed ve Al-Zaka, 2020). Yusufoğlu ve arkadaşlarının yaptığı in vitro bir başka çalışmada ise ProTaper Universal ve OneShape döner alet sistemleri kullanılarak epoksi rezin esaslı kök kanal patı, silikon bazlı kök kanal patı ve biyoseramik esaslı kök kanal patı kullanılarak kanal tedavisi yapılmış dişlerin kırılma dayanımı kıyaslanmıştır (İnce Yusufoglu vd., 2019). Topçuoğlu ve arkadaşları yaptığı in vitro çalışmada üç farklı kanal patının kırılma dayanımı kıyaslanmış ve bu araştırmasında ProTaper döner alet sistemini tercih etmiştir (Topçuoğlu vd., 2013). Anuve ve arkadaşlarının yaptığı in vitro bir çalışmada AH Plus (epoksi rezin), MTA Fillapex (biyoseramik), Apexit (kalsiyum hidrosit esaslı) ve geleneksel çinko oksit ojenol kök kanal patlarının endodontik tedavili dişlerin kırılma direncine etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada da ProTaper döner alet sistemi tercih edilmiştir (Phukan vd., 2017). Patel ve arkadaşlarının TruNatomy ve Protaper Next rotasyonel döner alet sistemleri kullanılarak endodontik tedavi uygulanmış dişlerde kök kanal taperının kırılma direncine etkisinin incelendiği çalışmasında TruNatomy %4'lük taper açısıyla Protaper Next %6'lık taper açılı eğe sistemine göre daha yüksek kırılma dayanımı değerleri göstermiştir (Patel N vd., 2023).

Biz bu çalışmamızda benzer çalışmalarda kullanımına güvenildiği, aynı zamanda apikal transportasyona ve çalışma boyu kayıplarına neden olmamak için

kanal preparasyon etkinliği güvenilir olarak da kabul edilen bir Ni-Ti döner alet sistemi olan ProTaper Next kullanmayı tercih ettik.

Kök kanal tedavisinin dolumu için kulanılan kök kanal patlarının kırılma direncine etkisiyle ilgili literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Mohammed ve arkadaşları yaptıkları çalışmada AH Plus (epoksi rezin), GuttaFlow 2 (silikon esaslı), MTA-Fillapex (biyoseramik esaslı) ve TotalFill® BC™ (biyoseramik esaslı) patları kullanılarak farklı patlarla endodontik tedavi gören dişlerin kırılma direnci üzerindeki etkisini karşılaştırmışlardır. Biyoseramik esaslı TotalFill® BC™ kök kanal patının diğer patlara göre anlamlı düzeyde daha yüksek kırılma dayanımı değerlerine sahip olduğu bulunmuştur (Mohammed ve Al-Zaka, 2020).

Ahmet ve arkadaşlarının yaptığı başka bir çalışmada çeşitli dolum teknikleriyle (sıcak dolum, tek kon ve lateral kondenzasyon) birlikte kullanılan iki farklı patın (AH Plus ve TotalFill® BC™) endodontik tedavili dişlerin kırılma direncine etkisi değerlendirilmiştir. Tüm dolum tekniklerinde TotalFill® BC™ kök kanal patı AH Plus kök kanal patına göre anlamlı düzeyde daha yüksek kırılma dayanımı değerlerine sahip olduğu görülmüştür (Al-Hiyasat vd., 2023). Anuve ve arkadaşlarının yaptığı in vitro bir çalışmada AH Plus (epoksi rezin), MTA Fillapex (biyoseramik), Apexit (kalsiyum hidrosit esaslı) ve geleneksel çinko oksit ojenol kök kanal patlarının endodontik tedavili dişlerin kırılma direncine etkisi incelenmiştir. AH Plus ve MTA Fillapex grupları diğer gruplara göre anlamlı düzeyde daha yüksek kırılma dayanımına sahip olduğu görülmüştür (Phukan vd., 2017).

Epoksi rezin ve biyoseramik içerikli iki farklı kök kanal patı ile doldurulmuş endodontik tedavili dişlerin kıyaslandığı Amal Almohaimede ve arkadaşlarının yaptığı in vitro çalışmada TotalFill biyoseramik esaslı kök kanal patı, AH Plus epoksi rezin esaslı kök kanal patına göre daha yüksek kırılma dayanımı değerlerine sahip olmasına rağmen iki pat arasında kırılma dayanımı değerleri açısından anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (Almohaimede vd., 2020). Yusufoğlu ve arkadaşlarının yaptığı in vitro bir başka çalışmada ise farklı iki tip eğe sistemi kullanılarak epoksi rezin esaslı kök kanal patı, silikon bazlı kök kanal patı ve biyoseramik esaslı kök kanal patı kullanılarak kanal tedavisi yapılmış dişlerin kırılma dayanımı kıyaslanmış AH Plus (epoksi rezin esaslı) , GuttaFlow (silikon esaslı) ve BioRoot RCS (biyoseramik esaslı)

kök kanal patlarının kırılma direnci arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır (İnce Yusufoglu vd., 2019).

Merçon ve arkadaşlarının pasif ultrasonik irrigasyon sonrası üç farklı kök kanal patı ile dolumu yapılmış üst premolar dişlerin kırılma dayanımının kıyaslandığı in vitro çalışmada AH Plus (epoksi rezin), MTA Fillapex (biyoseramik esaslı), EndoSequence BC Sealer (biyoseramik esaslı) kök kanal patları ile dolum yapılan dişler arasında istatistiksel olarak kırılma dayanımı açısından herhangi bir fark bulunamamıştır (Merçon vd., 2020).

Kapsamlı bir literatür araştırması sonrası epoksi rezin ve biyoseramik içerikli kök kanal patlarının kırılma dayanımına etkisinin kıyaslandığı yukarıda da bahsedildiği üzere bir çok araştırma bulundu. Bu araştırmaların bir kısmında biyoseramik esaslı kök kanal patlarının epoksi rezin esaslı kök kanal patlarına kıyasla kırılma dayanımına karşı daha yüksek değerler elde ettiği bulundu. Bir kısmında ise iki pat türü arasında kırılma dayanımı değerleri bakımından anlamlı bir farklılık bulunamadı. Bizim araştırmamızda da biyoseramik esaslı olan AH Plus Bioceramic kök kanal patı ile epoksi rezin esaslı bir kök kanal patı olan AH Plus'ın kontrol grupları kırılma dayanımı açısından karşılaştırıldığında iki pat arasında anlamlı bir farklılık bulunamadı.

Bu çalışmada kullandığımız AH Plus Bioceramic kök kanal patının kırılma dayanımının kıyaslandığı herhangi bir çalışma bulunamamıştır. Mevcut patlar arasında AH Plus kök kanal patı, kök dentinine iyi adezyonu, iyi akışkanlık kapasitesi, apikal sızdırmazlık, radyoopaklık, düşük çözünürlük ve uzun süreli boyutsal kararlılık ve kabul edilebilir sertleşme süresi gibi arzu edilen fizikokimyasal özellikleri sunmak için son yıllarda öne çıkan epoksi rezin bazlı bir üründür. Öte yandan epoksi rezin esaslı bir kök kanal patı olduğu için iyi biyostimülasyon karakteri ortaya koymaz ama yeterli düzeyde antimikrobiyal etkinlik gösterir. Birçok çalışma, rezorpsiyon direnci ve boyutsal stabilitesi nedeniyle AH Plus'ı kök kanal patları için altın standart olarak değerlendirmiştir (Garrido vd., 2010; Lee JK vd.,. 2017; McMichen vd., 2003; Poggio vd., 2010). Bu çalışmada kök kanal dolum patı olarak kullanılan AH Plus ve AH Plus Bioceramic kontrol grupları arasında kırılma dayanımı açısından anlamlı bir farklılık bulunmaması AH Plus Bioceramic patı için umut verici bir gelişmedir.

Özellikle son yıllarda biyoseramik esaslı kök kanal patları piyasada yer edinmiş ve olumlu biyolojik etkilerinin rapor edilmesi nedeniyle klinik ilgi uyandırmıştır. Biyoseramik esaslı kök kanal patları biyoaktif, biyoinert ve biyolojik olarak parçalanabilir olarak karakterize edilir (Augusto Seron vd., 2024). AH Plus Bioceramic kök kanal patı yakın bir zamanda piyasaya sunulmuş önceden karıştırılmış bir forma sahip kalsiyum silikat bazlı kök kanal patıdır. İçeriğinde zirkonyum dioksit, trikalsiyum silikat, dimetil sülfoksit, lityum karbonat ve koyulaştırıcı madde bulunur. Hızlı sertleşme süresine sahip, boyutsal olarak kararlı, çözünmeye karşı yüksek dirençli, biyolojik olarak uyumludur ve doku oluşumunu indükler. Dişte renklenmeye neden olmaz (AH Plus Biyoseramik Broşürleri, 2023). Ayrıca, kalsiyum iyonlarını serbest bırakarak ve alkaliniteyi artırarak mineralize doku oluşumunu teşvik eden biyoseramik formülasyonun faydalarını sağladıkları iddia edilmektedir (Hamdy vd., 2024).

Dişlerin kırılma dayanımı testi öncesi küçük silikon kalıplar içinde soğuk akriliğe gömülmesi işlemi öncesi ve sonrasında dişlerin periodontal ligamentinin taklit edilmesi için farklı yöntemler izlenmiştir. Türker ve arkadaşlarının yaptığı benzer çalışmada tüm dişler, kökleri kaplayan 0,2-0,3 mm kalınlığında bir mum tabakası oluşturacak şekilde mine sement sınırının 2 mm altına kadar erimiş mum içerisine daldırılmıştır. Daha sonra mumla kaplanan kökler, kendiliğinden sertleşen polimetilmetakrilat rezin içine gömülmüştür. Rezin polimerizasyonundan sonra kökler yerinden çıkartılmış ve mum, ılık su kullanılarak kök yüzeyinden uzaklaştırılarak rezin kalıbında boşluk oluşturulmuştur. Rezin kalıp içerisinde oluşturulan boşluğa polieter ölçü materyali (Impregum F, 3MEspe, Seefeld, Almanya) yerleştirilmiştir (Aktemur Türker vd., 2021). Epoksi rezin ve biyoseramik içerikli iki farklı kök kanal patı ile doldurulmuş endodontik tedavili dişlerin kıyaslandığı Amal Almohaimede ve arkadaşlarının yaptığı in vitro çalışmada periodontal membranı taklit etmek için apikal olarak tüm köklerin 5 mm'sini kaplayacak şekilde 0,2-0,3 mm kalınlığında bir mum malzemesi kullanılmıştır. Akrilik rezin polimerizasyonu başlar başlamaz kökler rezinden ayrılmış ve mum çıkarılmıştır. Kök yüzeyleri ince bir polivinil siloksan ölçü materyali (Ultradent Products, Inc., UT, ABD) tabakası ile kaplanmış ve ardından akrilik rezine geri yerleştirilmiştir (Almohaimede vd., 2020).

Ahmet ve arkadaşlarının yaptığı başka bir çalışmada çeşitli dolum teknikleriyle (sıcak dolum, tek kon ve lateral kondenzasyon) birlikte kullanılan iki farklı patın (AH Plus ve TotalFill® BC™) endodontik tedavili dişlerin kırılma direncine etkisinin değerlendirildiği çalışmada kök yüzeyini kaplayan yaklaşık 0,2 mm'lik bir mum tabakası oluşturacak şekilde, mine sement birleşiminden 2 mm apikal bir seviyeye kadar erimiş muma daldırılmıştır. Daha sonra kökler akrilik rezinden çıkarılarak mumun fazlalıklarından temizlenmiş ve kalıp 15 saniye sıcak suyla yıkanarak rezin yuvasının içindeki mum çıkarılmıştır. Kök boşluğunun rezin yuvasına A tipi additional silikon ölçü malzemesi (R&S Turbofex, RS Dental, Paris, Fransa) enjekte edilmiş ve daha sonra her bir kök, silikonun kökü çevrelemesini sağlayacak şekilde hemen yuvasındaki orijinal konumuna yeniden konumlandırılmıştır (Al-Hiyasat vd., 2023).

Bapna ve arkadaşlarının yapmış olduğu farklı taperler kullanılarak döner sistemlerle enstrümente edilen endodontik tedavili dişlerin kırılma direncinin karşılaştırmalı değerlendirilmesi çalışmasında periodontal ligamenti taklit etmesi için her numunenin kökleri tek kat alüminyum folyo ile kaplanıp ardından kendi kendine sertleşen akrilik ile dişin mine sement seviyesine kadar plastik bir kalıba dikey olarak yerleştirilmiştir. Akrilik rezinin polimerizasyonundan hemen sonra, alüminyum folyo çıkarıldı ve yapay periodontal ligament boşluğunu taklit etmek için kökler light body additional silikon ölçü malzemesi ile kaplanmış ve rezin bloğuna geri yerleştirilmiştir (Bapna vd., 2023). Aslan ve arkadaşlarının farklı tekniklerle restore edilmiş kanal tedavili dişlerde kırılma direncinin değerlendirildiği çalışmasında periodontal ligamenti taklit etmek için her diş, mine sement sınırının 2,0 mm altında kendi kendine sertleşen akrilik rezin silindirlere gömülmüştür. Periodontal ligament, 0,3 mm kalınlığında bir polieter ölçü malzemesi kullanılarak simüle edilmiştir (Aslan vd., 2018).

Keskin ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada kanal içi kriyoterapinin endodontik tedavili dişlerin kırılma direncine etkisini araştırmış ve kırılma dayanımı testi öncesi dişler periodontal ligamenti simüle etmek için mine sement sınırının 2 mm altına kadar silikon (Oranwash L plus Indurent Gel, Zhermack, Badia Polestine, İtalya) ile kaplanmıştır. Numuneler daha sonra mine sement sınırının 2 mm altına kadar kendi kendine sertleşen akrilik rezine (Meliodent; Bayer Dental, Leverkusen, Almanya) daldırılmıştır (Keskin vd., 2019).

Silva ve arkadaşlarının endodontik tedavi görmüş dişlerin kırılma direnci üzerine servikal preflaring ve kök kanal preparasyonunun etkisinin incelendiği çalışmada restorasyonun ardından dişlerin periodontal ligamentin simülasyonu mine-sement birleşiminin 1 mm altına kadar eritilmiş muma batırılmasıyla gerçekleştirilmiştir. 0,2-0,3 mm kalınlığında mum kalınlığı elde edilmiştir. Rezin polimerizasyonundan sonra mum uzaklaştırıldı. Periodontal ligament içi boş olan rezin silindirleri bir polieter ölçü malzemesi ile doldurularak simüle edilmiştir (da Silva vd., 2020). Topçuoğlu ve arkadaşlarının maksiller santral dişlerde çeşitli dolum tekniklerinin Biodentine ile apikal tıkama uygulanan immatür dişlerin kırılma direncine etkisine etkisini araştırdığı çalışmasında periodontal membranı simüle etmek için, kökleri akrilik rezine gömmeden önce kök yüzeyleri 0,2-0,3 mm kalınlığında polivinilsiloksan ölçü malzemesi (Coltene\Whaledent AG, Altstatten, İsviçre) tabakasıyla kaplanmıştır. Daha sonarsında dişler mine sement sınırının 2 mm altında olacak şekilde akrilik rezine gömüldü (Topçuoğlu vd., 2015).

Bizim çalışmamızda, radyoterapi ve kanal tedavisi işlemleri sonrası dişlerin kök yüzeyleri periodontal ligamenti taklit etmesi için ilk olarak alüminyum folyo ile 0,2-0,3 mm kalınlığında mine sement sınırının 2 mm altına kadar kaplandı. Daha sonra dişler soğuk akrilik kullanılarak 2,5 cm boyunda 2 cm çapındaki silindirik akrilik bloklara mine sement birleşiminin 2 mm altına kadar gömüldü. Soğuk akriliğin başlangıç polimerizasyonu sonrası dişler akrilik rezin içinden çıkartıldı ve alüminyum folyoları uzaklatırıldı. Light body ölçü maddesi akriliğe uygulandı ve dişler tekrar akriliğe monte edildi. Fazla ölçü malzemesi bistüri ile çıkartıldı ve normal oda sıcaklığında polimerizasyonun tamamlanması için 24 saat bekletildi. Çalışmamızda mum yerine alüminyum folyo kullanılmasının nedeni akriliğin sertleşme sırasında ısı açığa çıkarması ve bu sırada mumu eritmesidir. Bu durum sonrası eriyen mumun yerini periodontal ligamenti kaplayacak alan akrilik ile doldurmaktadır. Bu nedenle aynı kalınlıkta alüminyum folyo kullanıldı ve sonrasında light body ile periodontal ligament taklit edildi.

Yapılan araştırmalara bakıldığında radyoterapi uygulaması sırasında dişlerin bekletildiği ortam ile ilgili farklılıklar olduğu görüldü. Çelik Dursun ve arkadaşlarının radyoterapinin farklı dozlarının keser dişlerin kuronal fraktür ve restorasyon direnci üzerine etkisini incelediği araştırmasında dişlerin gömüldüğü mum kalıplar, RT

sırasında, dikdörtgen şekilli mavi strafor köpük kutuya yerleştirilmiş ve diş çevre dokularının taklit edilebilmesi için strafor içindeki mum modellerin üzeri üst hizasına kadar pirinçle doldurulmuştur (Çelik Dursun, 2015). Duruk ve arkadaşlarının yaptığı farklı dozlarda radyasyonun süt ve daimi dişlerin morfolojik, mekanik ve kimyasal özelliklerine etkisini araştırıldığı çalışmasında deney grubundaki dişler mum desenlerine sabitlendi (her mum desenine 7 diş sabitlendi) ve yapay tükürük emdirilmiş gazlı bezle kaplandı ve daha sonra kısmen ezilmiş pirinçle doldurulmuş strafor kabın ortasına yerleştirildi (Duruk vd., 2020). Keleş ve arkadaşlarının radyoterapinin farklı dozlarının süt dişlerinin mineral içeriğine ve poliasit modifiye rezin kompozitin bağlanma gücü üzerine etkisinin değerlendirildiği çalışmada uygulamalar esnasında diş çevresi dokuların taklit edilebilmesi için dişlerin üzerinde bulunduğu çene modelleri kutuya yerleştirildikten sonra, modellerin üzeri kutunun üst hizasına kadar pirinçle doldurulmuştur (Keleş, 2013). Yaduka ve arkadaşlarının radyasyon tedavisinin dentin ve pat dentin ara yüzüne uygulanan kök kanal dolgu patlarının dislokasyon direncine etkisinin incelendiği çalışmasında ise dişler fantom cam içinde sabitlenmiş ve su içinde radyasyona maruz kalmıştır (Yaduka vd., 2021). Lopez ve arkadaşlarının yaptığı radyasyon tedavisinden sonra karbodiimid ve klorheksidinin rezin simanının kök dentinine bonding dayanımına uzunluğuna etkisinin incelendiği çalışmada dişler ağız boşluğunun özelliklerini simüle edecek şekilde deiyonize/distile su içinde ışınlanmıştır (Lopes vd., 2020). Uğurlu ve arkadaşlarının yaptığı Universal yapıştırıcıların iki kere uygulanmasının radyoterapi sonrası dentin bonding dayanımı üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmasında dişler ağız boşluğunun özelliklerini simüle edecek şekilde deiyonize/distile su içinde ışınlanmıştır (Ugurlu, 2020). Novais ve arkadaşlarının yaptığı gama radyasyonu ve endodontik tedavinin insan ve sığır kök dentininin mekanik özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmasında ışınlanacak grup dişler distile suya daldırılmış ve radyoterapi protokolü uygulanmıştır (Novais vd., 2016). Çalışmalara bakıldığında radyoterapi sırasında dişlerin pirinç veya distile su içerisinde bekletildiği görülmektedir. Dişlerin sagital düzlemde ve birbirini kesmeyecek şekilde yerleşmesi radyoterapi ışınımını kırmaması açısından önemlidir. Ayrıca kırılma dayanımı testinin sağlıklı bir şekilde uygulanabilmesi için dişlerin nemli ortamda beklemesi gerekmektedir. Bu nedenle bu çalışmada dişleri cam fantom içinde sabitleyip su içinde radyasyon uyguladık.

Yaduka ve arkadaşlarının radyasyon tedavisinin dentin ve pat dentin ara yüzüne uygulanan kök kanal dolgu patlarının dislokasyon direncine etkisinin incelendiği çalışmasında (Yaduka vd., 2021) deney grubundaki tüm numuneler bir mum levha şeridi üzerinde sütunlar halinde düzenlenmiş ve ortodontik bir tel kullanılarak distile su içeren bir su fantomuna asılmıştır. Biz çalışmamızda deneysel amaçlı işlem öncesi su içermeyen bir ortamda çalışmada kullanılmamış dişleri mum levha üzerinde sabitledik ve bir gün boyunca gözlemledik. Bu süreç sonunda mum levhanın üzerinden dişlerin düştüğünü ve ağırlığından dolayı mum levhanın ortodontik telde durmadığını tespit ettik. Bu nedenle dişlerimizi yine aynı sagital düzlemde olacak şekilde baş ve boyun radyoterapilerinde işlem sırasında hastanın başının stabilizasyonunda rutin olarak kullanılan eritilmiş termoplastik bir maske üzerinde sabitledik ve ortodontik bir tel vasıtasıyla cam fantom üzerine sabitleyerek düzeneğimizi oluşturduk.

Keser dişlerde kırıklar çiğneme veya travmatik kuvvetler sonucunda oluşmaktadır. Bu nedenle araştırmacılar dişe gelen kuvvetleri taklit etmek için dişin farklı bölgelerine farklı açılarla kuvvetler uygulayarak çalışmalar yapmışlardır. Yusufoğlu ve arkadaşlarının çeşitli döner alet sistemlerle prepare edilmiş ve farklı patlarla dolumu yapılmış tek köklü premolar dişlerin kırılma direncini incelediği çalışmasında numuneler, Universal test cihazının alt plakasına monte edilmiştir. Dikey kök kırığı oluşana kadar köklerin koronal yüzeylerine 1 mm/dk yükleme hızıyla dikey olarak 90º açıyla kompresif yükleme kuvveti uygulanmıştır (İnce Yusufoglu vd., 2019). Topçuoğlu ve arkadaşları yaptığı in vitro çalışmada tek köklü premolar dişlerde üç farklı kanal patının kırılma dayanımını kıyaslamış kırılma dayanımı testi için Universal test makinesi kullanılmıştır. Akrilik bloklar makinenin alt plakasına yerleştirilmiştir. 3 mm çapında küresel bir çelik uç kanal ağzının üzerinde ortalanmış ve kırık oluşana kadar yavaşça artan dikey kuvvet 90º açıyla (1 mm/dak) uygulanmıştır (Topçuoğlu vd., 2013).

Mohammed ve arkadaşları tek köklü premolar dişlerde farklı patlarla endodontik tedavi gören dişlerin kırılma direnci üzerindeki etkisini araştırdığı çalışmasında kırılma dayanımı testi, Universal test makinesi kullanılarak yapılmıştır. Monte edilmiş numunelerin bulunduğu bloklar test makinesinin alt kısmına yerleştirilmiştir. Üst kısımdaki 0,8 mm çapında özel yapım metal uç kanal orifisini

ortalayacak şekilde kökün uzun eksenine dikey olarak 90º açıyla kuvvet uygulanmıştır. Her bir numune, kök kırılıncaya kadar 0,5 mm/dakika hızında yavaş yavaş artan dikey kuvvete maruz bırakılmıştır (Mohammed ve Al-Zaka, 2020). Keskin ve arkadaşlarının maksiller lateral dişlerde kanal içi kriyoterapinin endodontik tedavili dişlerin kırılma dayanımına etkisini araştırdığı çalışmasında dişlerin kırılmasına neden olan kuvveti ölçmek için Universal test cihazı kullanılmıştır. Kök kanal orifisinin ortasını hedef alan koni şeklindeki metal bir çubuk kırık oluşana kadar 1 mm/dak hızda dikey kuvvet uygulamıştır (Keskin vd., 2019).

Topçuoğlu ve arkadaşlarının maksiller santral dişlerde çeşitli dolum tekniklerinin Biodentine ile apikal tıkama uygulanan immatür dişlerin kırılma direncine etkisine etkisini araştırdığı çalışmasında silindirleri 45°'lik bir açıyla sabitlemek için de bir aparat kullanılmıştır. Universal bir test cihazı ile kırılma dayanımı testi uygulanmıştır. Palatinal yüzeyden kırılmaya kadar 1 mm/dk'lık bir hızla kompresyon yükü uygulanmıştır (Topçuoğlu vd., 2015). Tanalp ve arkadaşlarının maksiller santral kesici immatür dişlerin tek seansta MTA ve Biodentin ile apeksifikasyonu sonrası kırılma dayanımlarını karşılaştırdığı çalışmada kırılma testi Universal test cihazı altında yapıldı ve kırılma meydana gelene kadar 1 mm/dak hızında lingual yönde mine sement birleşiminden 3 mm yukarıda bir noktada dişin uzun eksenine 45° açı ile 5 mm ucunda bir metal ile yük uygulandı. Kırılma değerleri Newton cinsinden kaydedildi (Tanalp vd., 2012). Murtuza ve arkadaşlarının yaptığı maksiller anterior immatür dişlerin Biodentin ve kompozit rezin kullanılarak tedavi edilerek kırılma direncinin karşılaştırıldığı çalışmada dişler dişin uzun eksenine 45 ° 'lik bir açıyla Universal test cihazı kullanılarak 1 mm / dak hızında bir sıkıştırma kuvveti uygulanmıştır. Her numuneyi kırmak için gereken maksimum kuvvet kaydedilmiştir (Zhabuawala vd., 2016).

Bizim araştırmamızda kırılma dayanımı testi sırasında hem daha tutarlı kırıklar oluşturduğu bildirildiğinden, hem de insan keser dişlerinde kırılma dayanımını test eden çalışmalarda daha sık kullanılan bir yöntem olması da dikkate alınarak, kırılma kuvveti dişlere palatinal yüzeyleri orta üçlüsünden, singulumun 1-2 mm üstünden, Sınıf I ilişkideki oklüzyonda keser dişler arasındaki açıyı taklit edecek şekilde 45° açı ile uygulanmıştır. Gruplar Universal test cihazına kırılma direncini belirlemek için 45° açıyla özel bir tutucu kullanılarak sırasıyla yerleştirildi ve sıkılarak istenilen

pozisyonda sabitlendi. Uç bölgesine doğru incelen özel paslanmaz çelik bir aparat, dişin insizal kenarının altında, singulumun üst kısmında dişin insizal kenarının 1 mm üstünde sabitlendi. Singulum'un üst kısmından 1 mm/dk hızla dişler kırılana kadar kuvvet uygulandı. Dişleri kırmak için gereken kuvvet Newton (N) olarak kaydedildi.

Selvakumar ve arkadaşlarının yaptığı çalışmasında kırılma dayanımı testi uygulaması sonucu oluşan kırıklar iki grupta sınıflandırılmıştır. Kırık bölgesi akriliğin alt kısmına uzanıyorsa unrestorable (tekrar restore edilemez), kırık seviyesi akriliğin üst kısmında sonlanıyorsa restorable (restore edilebilir) olarak adlandırılmıştır (Selvakumar vd., 2023). Pandolfo ve arkadaşlarının farklı MTA malzemeleriyle güçlendirilmiş immatür dişlerin kırılma dayanımının incelendiği çalışmasında yine kırık tipleri restore edilebilir ve restore edilemez olarak iki grupta sınıflandırılmıştır (Pandolfo vd., 2021). Biz de çalışmamızda kırılma dayanımı testlerinin yapıldığı çalışmalarda sık tercih edilen bir yöntem olduğu için bu kırılma tipi sınıflandırmasını tercih ettik.

Türker ve arkadaşlarının yaptığı benzer çalışmasında kırılma modu analizi sonrası Biodentine ile kök kanal dolumu sonrası radyoterapi uygulanan diş grubu dışındaki gruplardaki dişlerin çoğu tekrar restore edilemez şekilde kırıldı. Biodentin ile kök kanal dolumu sonrası radyoterapi uygulanan diş grubunda tamir edilebilir kırıklar gözlendi. Bunun nedeni, bu gruptaki örneklerin kırılma direnci değerlerinin, ağız boşluğunda rapor edilen ortalama çiğneme kuvvetlerinden daha düşük olması olabilir (Aktemur Türker vd., 2021). Ayrıca birçok çalışma Biodentine ile restore edilen dişlerde onarılabilir bir kırılma modunun olduğunu bildirmiştir (Chan T vd., 2018; Subash vd., 2017). Bu çalışmamızda geri restore edilemez kırıkların en fazla görüldüğü gruplar 70 Gy radyoterapi dozu sonrası kanal tedavisi uygulanılan gruplar olarak görüldü. Bunun nedeni 70 Gy radyoterapi uygulamasının dişin mine ve dentin tabakalarında ileri derecede harabiyete yol açması düşünülebilinir.

Yaptığımız bu çalışma in vitro şartlar altında standart olarak tasarlanmıştır. İn vitro testler hastanın içinde olduğu durumun bir simülasyonudur ve klinik başarının önemli göstergelerinden birisidir. İlgili materyalin kullanımıyla ilgili kanıta dayalı kararlar vermede klinisyenlere yardımcı olur. Ancak klinik koşulları birebir taklit edememesi nedeniyle bu çalışmanın bir kısıtlılığı olarak nitelendirilebilir.

Çalışmamızda radyoterapinin mine, dentin bağlantısını etkileyerek kırılma direnci üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Ancak, çalışmamızda diş sert dokuları ayrı ayrı çalışılmadığından hangi diş sert dokusundaki değişikliğin kırılma direncini daha fazla etkilediği değerlendirilememiştir. Farklı patlarla ve dozlarla daha geniş çaplı bir şekilde ileri çalışmalar yapılması önerilebilir. Bu çalışmanın kısıtlılıkları dahilinde, elde edilen sonuçlar 70 Gy RT sonrası KT uygulamalarında AH Plus kök kanal patının AH Plus Biceramic kök kanal patına göre daha yüksek kırılma dayanımı sağladığını gösterdi.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

İki farklı patla radyoterapi uygulamadan, 60 Gy radyoterapi öncesi ve sonrası, 70 Gy radyoterapi öncesi ve sonrası kanal tedavisi yapılan dişlere uygulanan kırılma dayanımı testi sonrası aşağıdaki sonuçlar elde edildi.

1. AH Plus ve AH Plus Bioceramic kanal patları kullanılarak dolumu yapılmış ve hiçbir aşamada radyoterapi uygulanmamış dişler kırılma dayanımı açısından karşılaştırıldığında anlamlı bir fark olmadığı görüldü.

2. AH Plus gibi altın standart olarak görülen bir kök kanal patıyla benzer sonuçlar alması AH Plus Bioceramic için umut vaat etmektedir.

3. 70 Gy'lik dozda radyoterapi uygulaması sonrası AH Plus ve AH Plus Bioceramic kanal patları kullanılarak dolumu yapılmış dişlerde iki farklı pat grubu arasında kırılma dayanımı açısından anlamlı bir fark olduğu görüldü. AH Plus Bioceramic kanal patı kullanılarak dolum yapılan grupta daha düşük kırılma dayanımı değeri elde edildi.

4. AH Plus Bioceramic ile kanal tedavisi yapılmış, öncesinde ya da sonrasında 70 Gray dozunda radyoterapi uygulanmış veya hiç radyoterapi almamış gruplar karşılaştırıldığında, bu 3 grup arasında kırılma dayanımı açısından anlamlı bir fark olduğu görüldü. 70 Gray radyoterapi sonrası AH Plus Bioceramic ile kanal tedavisi yapılan grup, radyoterapi uygulanmadan AH Plus Bioceramic ile dolum yapılan gruptan ve 70 Gray radyoterapi öncesi AH Plus Bioceramic ile kanal tedavisi yapılan gruptan anlamlı düzeyde daha az kırılma dayanımı gösterdi.

5. Bu sonuçlar bize uygulanan radyoterapi dozunun endodontik açıdan dişlerin kırılma direncinde önemli olduğunu ve 70 Gy'lik bir radyoterapi sonrasında kanal tedavisi endike olduğu vakalarda epoksi rezin esaslı patların kullanılması gerektiğini önermektedir.

7. KAYNAKLAR

AH Plus Biyoseramik Broşürleri. (2023, Eylül 10). https://www.dentsplysirona.com/content/dam/master/product-procedure-brandcategories/endodontics/product-categories/obturation-materials/sealers-root-repair/ah-plusbioceramic.

Almohaimede, Amal et al. (2020, May 28). "Fracture Resistance of Roots Filled With Bio-Ceramic and Epoxy Resin-Based Sealers: In Vitro Study." European endodontic journal vol. 5,2 134-137, doi:10.14744/eej.2019.33042.

Alskaf, M. K. A., Achour, H., & Alzoubi, H. (2022). The effect of bioceramic hiflow and endosequence bioceramic sealers on increasing the fracture resistance of endodontically treated teeth: an in vitro study. *Cureus*, *14*(12), e33051. doi:10.7759/cure.

Akhtar, H., Naz, F. & Hasan A, et al. (2023). Exploring the most effective apical seal for contemporary bioceramic and conventional endodontic sealers using three obturation techniques. *Medicina (Kaunas)*, 59(3), 567. https://doi.org/10.3390/medicina59030567

Akkaş, E. A. , Yücel, B., Kılıçkap, S., Babacan, N. A. & Elif, E. (2013). Orijinal araştırma-Original research Baş boyun kanserli hastalarda tedavi sonuçları ve prognostik faktörler Results and prognostic factors in patients with head and neck cancer. *Cumhuriyet Medical Journal*, *35*(1), 66-75. https://doi.org/10.7197/1305-0028.1744

Aktemur Türker, S., Kaşıkçı, S., Uzunoğlu Özyürek, E., Olcay, K. & Elmas, Ö. (2021). The effect of radiotherapy delivery time and obturation materials on the fracture resistance of mandibular premolars. *Clin Oral Investig.* 25(3):901-905. doi:10.1007/s00784-020-03378-2.

Al-Ashou, W., Al-Shamaa, R., & Hassan, S. (2021). Sealing ability of various types of root canal sealers at different levels of remaining gutta percha after post space preparation at two time intervals. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 11(6), 721–728. https://doi.org/10.4103/JISPCD.JISPCD_178_21

Al-Dewani N., Hayes SJ. & Dummer PM. (2000). Comparision of laterally condensed and low- temperature thermoplasticed gutta- percha root filling. *Journal of Endodontics*, 26, 733-738.

Al-Haddad A. & Che Ab Aziz ZA. (2016). Bioceramic-based root canal sealers: a review. *International Journal Of Biomaterials* 2016:9753210. doi:10.1155/2016/9753210.

Al-Hiyasat, A. S., Sawallha, A. M., & Taha, N. A. (2023). The effect of sealer type and obturation technique on the fracture resistance of endodontically treated roots. *Clinical Oral Investigations*, 27(12), 7359–7367. https://doi.org/10.1007/s00784-023-05.

Alaçam T. (2012). *Endodonti*. Ankara.

Alaçam, T., Topuz, Ö., & Genç, Ö. (2005). Yapay kök kanallarında soğuk lateral kompaksiyon ve farklılaştırılmış devamlı ısıyla dolgu yöntemiyle yapılan gutta perka dolguların ağırlık olarak değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi,* 22(2), 105-109.

Allan, N. A., Walton, R. C., & Schaeffer, M. A. (2001). Setting times for endodontic sealers under clinical usage and in vitro conditions. *Journal of Endodontics,* 27(6), 421–423.

Almohaimede, A., Almanie, D., Alaathy, S., & Almadi, E. (2020). Fracture resistance of roots filled with bio-ceramic and epoxy resin-based sealers: ın vitro study. *European Endodontic Journal,* 5(2), 134–137. https://doi.org/10.14744/eej.2019.33042.

Alshamrani, A. A., & De Souza, G. M. (2020). Effect of ionizing radiation on mechanical properties and translucency of monolithic zirconia. Journal of biomedical materials research. *Part B, Applied Biomaterials*, 108(3), 1068–1076. https://doi.org/10.1002/JBM.B.34458

Ankara Bilkent Şehir Hastanesi (2024). *Radyasyon Onkolojisi*. **https://ankarasehir.saglik.gov.tr/TR-306267/radyasyon-onkolojisi.html.**

Anneroth, G. (1985). The effect of radiation on teeth: A clinical, histologic and microradiographic study. *International Journal of Oral Surgery*, 14(3), 269–274. https://doi.org/10.1016/S0300-9785(85)80038-7

Antic, S., Markovic-Vasiljkovic, B., Dzeletovic, B., Jelovac, D. B., & Kuzmanovic-Pficer J. (2022 Dec. 2). Assesment of radiotherapy effects on the blood flow in gingiva and dental pulp - a laser Doppler flowmetry study. *Journal of Applied Oral Science*, 30:e20220329. doi: 10.1590/1678-7.

Ashley M, Harris I. (2001). The assessment of the endodontically treated tooth. Dental update. p. 247–52. (y.y.).

Aslan, T., Sağsen, B., Üstun, Y., & Çinar, F. (2018). Evaluation of fracture resistance in root canal-treated teeth restored using different techniques. *Nigerian Journal of Clinical Practice,* 21(6), 795-800. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_330_17

Assmann, E., Scarparo, R. K., Böttcher, D. E., & Grecca, F. S. (2012). Dentin bond strength of two mineral trioxide aggregate–based and one epoxy resin–based sealers. *Journal of Endodontics,* 38(2), 219-221).

Atmeh, AR., & AlShwaimi, E. (2017). The Effect of Heating Time and Temperature on Epoxy Resin and Calcium Silicate–based Endodontic Sealers. J Endod. 43(12):2112–8.

Augsburger, R. A., & Peters, D. D. (1990). Radiographic evaluation of extruded obturation materials. Journal of endodontics, 16(10), 492–497. (y.y.).

Augusto Seron, M., Pereira Nunes, G., Morandin Ferrisse, T., Badaoui Strazzi-Sahyon, H., Henrique dos Santos, P., Eduardo Gomes-Filho, J., Tavares Angelo Cintra, L., & Sivieri-Araujo, G. (2024 February 19). Influence of bioceramic sealers on dentinal tubule penetration and antimicrobial effectiveness: a systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Odontology*. https://doi.org/10.1007/s10266-024-00904-6

Azar, N. G., Heidari, M., Bahrami, Z. S., & Shokri, F. (2000). In vitro cytotoxicity of a new epoxy resin root canal sealer. *Journal of Endodontics*, *26*(8), 462-465.

Bailey, G. C., Cunnington, S. A., Ng, Y. L., Gulabivala, K., & Setchell, D. J. (2004). Ultrasonic condensation of gutta-percha: the effect of power setting and activation time on temperature rise at the root surface–an in vitro study. *International Endodontic Journal*, *37*(7), 447-454.

Ballas, R. K., Shah, A. A. (2011). *Fundamentals of Patient Management.In :Perez CA, Brady LW.* Radiation Oncology Management Decisions, Third Ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins. 1-12.

Bapna, P., Ali, A., Makandar, S.D., Nik Abdul Ghani, N. R., & Metgud, S. (2023 Jan 26). Comparative evaluation of fracture resistance of endodontically treated teeth ınstrumented with K3XF rotary files using different tapers. *Cureus.* 15(1):e34247. https://doi.org/10.7759/cureus.34247

Başer Can, E.D., Barut, G., Işık, V., Algül, E., Yaprak, G., & Can, E. (2022). Push-out bond strength of fiber posts to irradiated and non-irradiated intraradicular dentin. *Clin Oral Investig,* 26(12),7057-7069. https://doi.org/10.1007/s00784-022-04666-9

Batra, R., Varghese, R. K., & Bagde, R. (2023 Feb 26). An ın-vitro analysis of root fracture strength using single file systems. *Cureus,* 15(2):e35477. https://doi.org/10.7759/cureus.35477

Belfield, P. M., & Dwyer, A. A. (2004). Oral complications of childhood cancer and its treatment: current best practice. *European Journal of Cancer*, *40*(7), 1035-1041. doi: 10.1016/j.ejca.2003.09.041. (y.y.).

Bensadoun, R. J., Riesenbeck, D., Lockhart, P. B., Elting, L. S., Spijkervet, F. K. L., & Brennan, M. T. (2010). A systematic review of trismus induced by cancer therapies in head and neck cancer patients. *Supportive Care in Cancer*, *18*, 1033-1038.doi:10.1007/S00520-010-0847-4. (y.y.).

Bird, D. C., Chambers, D., & Peters, O. A. (2009). Usage parameters of nickel-titanium rotary instruments: a survey of endodontists in the United States. *Journal of Endodontics*, *35*(9), 1193-1197.

Bodrumlu, E., Avsar, A., Meydan, A. D., & Tuloglu, N. (2009). Can radiotherapy affect the apical sealing ability of resin-based root canal sealers?. *The Journal of the American Dental Association*, *140*(3), 326-330. https://doi.org/10.14219/jada.archive.2009.0162

Bodrumlu, E., & Semiz, M., (2006). Antibacterial activity of a new endodontic sealer against Enterococcus faecalis. *Journal of the Canadian Dental Association*, 72, 7.

Bodrumlu, E. H., & Bodrumlu, E. (2018). Effect of radiotherapy on the coronal-sealing ability of two different root canal sealing materials. *Nigerian Journal of Clinical Practice, 21*(8), 1008-1011. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_377_1

Bourland, J. D. (2012). Radiation oncology physics. In: Gunderson LL, Tepper JS, Editors. *Clinical radiation oncology.* 3rd Ed. Philadelphia, Saunders. 95-152 73.

Bray, F., Ferlay, J., Soerjomataram, I., Siegel, R. L., Torre, L. A., & Jemal, A. (2018). Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: A Cancer Journal For Clinicians*, 68(6), 394-424.

Brayton, S. M., Davis, S. R., & Goldman, M. (1973). Gutta-percha root canal fillings, an in vitro analysis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 35, 226-231.

Brzović, V., Miletić, I., Pezelj-Ribarić, S., Malčić, A., Pažin, B., & Anić, I. (2007). *Antibacterial activity of root canal sealers.* European Society of Endodontology 13th Biennial Congress.

Çalışkan, M. K. (2006). *Endodontide Tanı ve Tedaviler.* (2. Baskı), Nobel Tıp Kitabevleri.

Çalt Tarhan, S., & Uzunoğlu, E. (2010). Kök kanal tedavileri. *Türkiye Klinikleri,* 1, 1-15.

Camilleri, J. (2008). Modificaion of mineral trioxide aggregate. Physical and mechanical properties. *International Endodontic Journal*, *41*(10), 843-849.

Campos Velo, M. M. A., Farha, A. L. H., da Silva Santos, P. S., Shiota, A., Sansavino, S. Z., Souza, A. T. F., Honório, H. M., & Wang, L. (2017 August.) Gamma radiation increases the risk of radiation-related root dental caries. *Oral oncology*, *71*, 184-185. doi: 10.1016/j.oraloncology.2017.06.007. Ep.

Cancelier, P., da A., Machado, R. G., Savaris, J. M., Bortoluzzi, E. A., Teixeira, C. da S., Minamisako, M. C., Rodrigues, P. M., Netto, V. R., Dutra-Horstmann, K. L., & Garcia, L. da F. R. (2023). Effect of the timing of radiation therapy on the push-out strength of resin cement to root dentine. *Australian Endodontic Journal : The Journal Of The Australian Society Of Endodontology Inc, 49 Suppl* 1(S1), 122–131. https://doi.org/10.1111/AEJ.12699

Catelan, A., Padilha, A. C., Salzedas, L. M., Coclete, G. A., dos Santos, P. H. (2008). Effect of radiotherapy on the radiopacity and flexural strength of a composite resin. *Acta Odontol Latinoam,* 21(2),159-162.

Cathro, P. R., & Love, R. M. (2003). Comparision of microseal and system B/obtura II obturation techniques. *International Endodontic Journal,* 36, 876-882.

Chan, T., Küçükkaya Eren, S., Wong, R., Parashos, P. (2018). In vitro fracture strength and patterns in root-filled teeth restored with dif ferent base materials. *Australian Dental Journal, 63*(1), 99-108.

Chandarani, S., Gundappa, M., Chowdhary, Z., Singh, D., Swarup, N., & Mehrotra, S. (2022).Comparative evaluation of push-out bond strength of AH-Plus, MTA-Fillapex and Epiphany SE root canal sealers: An Ex-Vivo study. *Indian Journal of Dental Research, 33*(3), 313-317. doi: 10.4103/ijdr.ijdr_1052_21.

Çitlak, K., & Kapucu, S. (2017). Kemoterapi ve radyoterapi uygulanan baş-boyun kanserli hastalarda mukozit yönetimine yönelik kullanılan oral ajanların retrospektif olarak incelenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi, 4*(1), 15-27.

Civelek, A., Ersoy, M., L'Hotelier, E., Soyman, M., & Say, E. C. (2003). Polymerization shrinkage and microleakage in Class II cavities of various resin composites. Oper Dent., 28(5):635-41.

Cobankara, F. K., Adanir, N., Belli, S., & Pashley, D. H. (2002). A quantitative evaluation of apical leakage of four root-canal sealers. *International Endodontic Journal,* 35(12), 979–984.

Cobankara, F. K., Adanir, N., & Belli, S. (2004). Evaluation of the influence of smear layer on the apical and coronal sealing ability of two sealers. *Journal of Endodontics, 30*: 406-409.

Cohen, N., Fedewa, S., & Chen, A.Y. (2018). Epidemiology and demographics of the head and neck cancer population. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics,* 30(4), 381-395.

Cohen, S., Berman, L. H., & Hargreaves, K. M. (2011). *Obturation of the Cleaned and Shaped Root Canal System. Pathways of the Pulp.* (10. baskı), (s. 349- 361). Missouri: Mosby Elsevier.

Coltene, GuttaFlow2bioseal, https://japan.coltene.com/products/endodontics/obturationamp-sealing-materials/roekosealers/roeko-guttaflowR-bioseal/.

Cox, J.D., Stetz, J., Pajak, T. F. (1995). Toxicity criteria of the radiation therapy oncology group (RTOG) and the European organization for research and treatment of cancer (EORTC). *International Journal of Radiation Oncology,* 31(5), 1341-6.

Fatih, Ş. (2015). *Radyoterapinin farklı dozlarının keser dişlerin kuronal fraktür ve restorasyon direnci üzerine etkisi.* Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

da Silva, P. B., Duarte, S. F., & Alcalde, M. P. (2020 Apr 16). Influence of cervical preflaring and root canal preparation on the fracture resistance of endodontically treated teeth. *BMC Oral Health,* 20(1), 111. https://doi.org/10.1186/s12903-020-1050-8

Daveshwar, S. R., Kapoor, S. V., & Daveshwar, M. R. (2021). A clinical study determining pulp vitality in oropharyngeal cancer patients undergoing radiotherapy using diagnostic tool-pulse oximetry. *Current Health Sciences Journal*, *47*(1), 5. doi:10.12865/CHSJ.47.01.01.

Davis, S. R., Brayton, S. M., & Goldman, M. (1972). The morphology of the prepared root canal: a study utilizing injectable silicone. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, *34*(4), 642-648.

De-Deus, G., Belladonna, F. G., Marins, J. R., Silva, E. J. N. L., Neves, A. D. A., Souza, E. M., ... & Versiani, M. A. (2016). On the causality between dentinal defects and root canal preparation: a micro-CT assessment. *Brazilian Dental Journal*, *27*, 664-669.

De Bruyne, M. A. A., & De Moor, R. J. G. (2004). The use of glass ionomer cements in both conventional and surgical endodontics. *International Endodontic Journal*, *37*(2), 91-104.

de Moraes Melo Neto, C. L., da Silva Dantas, L. A., AC, P. M., da Silva, M. A., JOH, R. F., Santin, G. C., & Sábio, S. (2020). Effect of radiotherapy on the artificial acrylic resin tooth bond to the acrylic resin denture base. *General Dentistry*, *68*(2), 66-69.

Dentreal Market (2010). *AH Plus Bioseremik Kanal Dolgu Patı 3 gr.* https://www.dentrealmarket.com/urun/ah-plus-bioseremik-kanal-dolgu-pati-3-gr

Dentsply Sirona (2023). Protaper next döner egeler. https://www.dentsplysirona.com/tr-tr/kesfet/endodonti/protaper-next-doner-egeler.html

De Souza Tolentino, E., de Castro, T. F., Michellon, F. C., Passoni, A. C. C., Ortega, L. J. A., & Iwaki L. C. V. (2019). Adjuvant therapies in the management of medication-related osteonecrosis of the jaws: Systematic review. *Head Neck.* 41(12), 4209-28.

Delaney, G., Jacob, S., Featherstone, C., & Barton, M. (2005). The role of radiotherapy in cancer treatment. *Cancer,* 104(6):1129-1137. doi:10.1002/CNCR.21324.

Demarco, F. F., Freitas, J. M., Silva, M. P., & Justino, L. M. (2001). Microleakage in endodontically treated teeth: influence of calcium hydroxide dressing following bleaching. *International Endodontic Journal*, *34*(7), 495-500.. https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2001.00418.x.

Dirix, P., Nuyts, S., Vander Poorten, V., Delaere, P., & Van den Bogaert, W. (2008). The influence of xerostomia after radiotherapy on quality of life: results of a questionnaire in head and neck cancer. *Supportive Care in Cancer*, *16,* 171-179. doi: 10.1007/s00520-007-030.

Donnermeyer, D., Bunne, C., Schäfer, E., & Dammaschke, T. (2018). Retreatability of three calcium silicate-containing sealers and one epoxy resin-based root

canal sealer with four different root canal instruments. *Clin Oral Investig.* 22(2), 811–817.

Donnermeyer, D., Dornseifer, P., Schäfer, E., & Dammaschke, T. (2018). The push-out bond strength of calcium silicate-based endodontic sealers. *Head & Face Medicine*, *14*, 1-7. doi: 10.1186/s13005-018-0170-8. PMID: 30126425; PMCID: PMC6102912.

Dow, P. R., & Ingle, J. I. (1955). Isotope determination of root canal failure. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*, *8*(10), 1100–1104. https://doi.org/10.1016/0030-4220(55)90062-1

Dreizen, S., Daly, T. E., Drane, J. B., & Brown, L. R. (1977). Oral complications of cancer radiotherapy. *Postgraduate Medicine*, *61*(2), 85-92.

Duruk, G., Acar, B., & Temelli, Ö. (2020). Effect of different doses of radiation on morphogical, mechanical and chemical properties of primary and permanent teeth—an in vitro study. *BMC Oral Health*, *20*, 1-10. https://doi.org/10.1186/s12903-020-01222-3

EL-Ma'aita, A. M., Qualtrough, A. J., & Watts, D. C. (2014). Resistance to vertical fracture of MTA-filled roots. *Dental Traumatology*, *30*(1), 36-42.doi:10.1111/edt.12025.

Elnaghy, A.M., & Elsaka, S. E. (2016). Fracture resistance of simulated immature teeth filled with Biodentine and white mineral trioxide aggregate - an in vitro study. *Dent Traumatol,* 32(2):116-120. doi:10.1111/edt.12224.

Engin, K., & Erişen, L. (2003). *Baş-boyun kanserleri.* İstanbul, Nobel Tıp Kitapevi, 920- 934.

Ertem, G., & Kalkım. (2009). Radyoterapi alan hastaların evde bakım gereksinimleri ve yaşam kaliteleri. *Maltepe Üniversitesi Hemşirelik Bilim ve Sanatı Dergisi,* 2(2): 4-12.

Escoda-Francolí, J., Rodríguez-Rodríguez, A., Pérez-García, S., Gargallo-Albiol, J., & Gay-Escoda, C. (2011). Dental implications in oral cancer patients. *Medicina Oral, Patologia Oral Y Cirugia Bucal*, 16(4), e508–e513. https://doi.org/10.4317/medoral.16.e508

Esposito, P.T., & Cunningham, C. J. (1995). A comparision of canal preparation with nickeltitanium and stainless steel instruments. *Journal of Endodontics,* 21, 173-176.

Eymirli, A., Sungur, D.D., Uyanik, O., Purali, N., Nagas, E., & Cehreli, Z. C. (2019). Dentinal Tubule Penetration and Retreatability of a Calcium Silicate–based Sealer Tested in Bulk or with Different Main Core Material. *Journal of Endodontics*, *45*(8), 1036-1040.

Faria, K. M., Brandão, T. B., Ribeiro, A. C., Vasconcellos, A. F., de Carvalho, I. T., de Arruda, F. F., Castro Junior, G., Gross, V. C., Almeida, O. P., Lopes, M. A., & Santos-Silva, A. R. (2014). Micromorphology of the dental pulp is highly

preserved in cancer patients who underwent head and neck radiotherapy. *Journal of Endodontics,* 40(10), 1553–1559. https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.07.006

Ferlay, J., Soerjomataram, I., Dikshit, R., Eser, S., Mathers, C., Rebelo, M., Parkin, D. M., Forman, D., & Bray, F. (2015). Cancer incidence and mortality worldwide: sources, methods and major patterns in GLOBOCAN 2012. *International Journal Of Cancer,* 136(5), E359–E386. https://doi.org/10.1002/ijc.29210

Fonsêca, J. M., Martins, M. D., Vargas, P. A., Silva, W. G., Normando, A. G. C., Palmier, N. R., Ribeiro, A. C. P., Brandão, T. B., Lopes, M. A., Goes, M. F., & Santos-Silva, A. R. (2022). Preservation of immunoexpression of type I collagen, BSP and BMP4 in the dentin-pulp complex of head and neck cancer patients after radiotherapy. *Brazilian Oral Research,* 36, e012. https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2022.vol36.0012

Fränzel, W., & Gerlach, R. (2009). The irradiation action on human dental tissue by X-rays and electrons--a nanoindenter study. *Zeitschrift fur medizinische Physik,* 19(1), 5–10. https://doi.org/10.1016/j.zemedi.2008.10.009

Friedman, S., Moshonov, J., & Trope, M. (1992). Efficacy of removing glass ionomer cement, zinc oxide eugenol, and epoxy resin sealers from retreated root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology,* 73(5), 609–612. https://doi.org/10.1016/0030-4220(92)90108-3

Garg, H., Grewal, M. S., Rawat, S., Suhag, A., Sood, P. B., Grewal, S., & Ahlawat, P. (2015). Dental Pulp Status of Posterior Teeth in Patients with Oral and Oropharyngeal Cancer Treated with Concurrent Chemoradiotherapy. *Journal Of Endodontics,* 41(11), 1830–1833. https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.08.006

Garrido, A. D., Lia, R. C., França, S. C., da Silva, J. F., Astolfi-Filho, S., & Sousa-Neto, M. D. (2010). Laboratory evaluation of the physicochemical properties of a new root canal sealer based on Copaifera multijuga oil-resin. *International Endodontic Journal,* 43(4), 283–291. https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2009.01678.x

Gao, Y., Gutmann, J. L., Wilkinson, K., Maxwell, R., & Ammon, D. (2012). Evaluation of the impact of raw materials on the fatigue and mechanical properties of ProFile Vortex rotary instruments. *Journal of Endodontics,* 38(3), 398–401. https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.11.004

Gemici, C., Mayadağlı, A., & Parlak, C. (2004). *Radyasyon Onkolojisi Tedavi Kararları.* İstanbul, Nobel Tıp Kitapevi, 706-803.

Glosson, C. R., Haller, R. H., Dove, S.B., Del Rio, C. E. (1995). Acomparision of root canal preparations using ni-ti hand, ni-ti engine driven and k flex endodontic instruments. *Journal of Endodontics,* 21, 146-151.

Grossman, L., Olıet, S., & Del Rıo, C. E. (1988). *Obturation of the Radicular Space. Endodontic Practice.* (11. Baskı), (s. 358-362). Philadelphia: Wolters Kluwer Health.

Grötz, K. A., Duschner, H., Kutzner, J., Thelen, M., & Wagner, W. (1998). Histotomographic study of the direct effects of radiation on dental enamel. *Mund-, Kiefer-und Gesichtschirurgie, 2*, 85-90.

Grubbé, E. H. (1933). Priority in the therapeutic use of X-rays. *Radiology*, *21*(2), 156-162. doi:10.1148/21.2.156.

Gupta, N., Pal, M., Rawat, S., Grewal, M.S., Garg, H., Chauhan, D., Ahlawat, P., Tandon, S., Khurana, R., Pahuja, A.K., Mayank, M., & Devnani, B. (2015). Radition-induced dental caries, prevention and treatment- A systematic review. *National Journal of Maxillofacial Surgery,* 6(2), 160–166.

Gupta, S., Bogra, P., Sharma, D., Goyal, R., Dhir, S., & Gupta, B. (2022). Impact of radiotherapy and shielding on the efficacy of the self-etch adhesive technique. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*,25(4):444-447. https://doi.org/10.4103/jcd.jcd_238_22

Haefner, M. F., Lang, K., Krug, D., Koerber, S. A., Uhlmann, L., Kieser, M., Debus, J., & Sterzing, F. (2015). Prognostic factors, patterns of recurrence and toxicity for patients with esophageal cancer undergoing definitive radiotherapy or chemo-radiotherapy. *Journal of Radiation Research,* 56(4), 742–749. https://doi.org/10.1093/jrr/rrv022

Hamdy, T. M., Galal, M. M., Ismail, A. G., & Saber, S. (2024). Physicochemical properties of AH plus bioceramic sealer, Bio-C Sealer, and ADseal root canal sealer. *Head & Face Medicine,* 20(1), 2. https://doi.org/10.1186/s13005-023-00403-z

Hancock, P. J., Epstein, J. B., & Sadler, G. R. (2003). Oral and dental management related to radiation therapy for head and neck cancer. *Journal (Canadian Dental Association), 69*(9), 585–590.

Heling, I., & Chandler, N. P. (1996). The antimicrobial effect within dentinal tubules of four root canal sealers. *Journal of Endodontics*, 22(5), 257–259. https://doi.org/10.1016/s0099-2399(06)80144-5

Hommez, G. M., De Meerleer, G. O., De Neve, W. J., & De Moor, R. J. (2012). Effect of radiation dose on the prevalence of apical periodontitis--a dosimetric analysis. *Clinical Oral İnvestigations,* 16(6), 1543–1547. https://doi.org/10.1007/s00784-011-0665-1

Hong, C. H., Napeñas, J. J., Hodgson, B. D., Stokman, M. A., Mathers-Stauffer, V., Elting, L. S., Spijkervet, F. K., Brennan, M. T., & Dental Disease Section, Oral Care Study Group, Multi-national Association of Supportive Care in Cancer (MASCC)/International Society of Oral Oncology (ISOO) (2010). A systematic review of dental disease in patients undergoing cancer therapy. *Supportive care in cancer : official journal of the Multinational Association of Supportive Care in Cancer,* 18(8), 1007–1021. https://doi.org/10.1007/s00520-010-0873-2

Huang, F. M., Tai, K. W., Chou, M. Y., & Chang, Y. C. (2002). Cytotoxicity of resin-, zinc oxide-eugenol-, and calcium hydroxide-based root canal sealers on

human periodontal ligament cells and permanent V79 cells. *International Endodontic Journal,* 35(2), 153–158. https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2002.00459.x

Hürmüzlü, F., Kiremitçi, A., Serper, A., Altundaşar, E., & Siso, S. H. (2003). Fracture resistance of endodontically treated premolars restored with ormocer and packable composite. *Journal of Endodontics,* 29(12), 838–840. https://doi.org/10.1097/00004770-200312000-00014

İnce Yusufoglu, S., Akman, M., Akbulut, M. B., & Eldeniz, A. Ü. (2019). Fracture resistance of roots enlarged with various rotary systems and obturated with different sealers. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects,* 13(3), 215–220. h.

Ingle, J.I. (1985). *Endodontics.* 3th ed. Philadelphia: Lea&Febiger, 27.

Ye, J., & Gao, Y. (2012). Metallurgical characterization of M-Wire nickel-titanium shape memory alloy used for endodontic rotary instruments during low-cycle fatigue. *Journal of Endodontics,* 38(1), 105–107. https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.09.028

Jahromi, M., Navabi, A. A., & Ekhtiari, M. (2011). Comparing Coronal Discoloration Between AH26 and ZOE Sealers. *Iranian Endodontic Journal,* 6(4), 146–149.

Jainaen, A., Palamara, J. E., & Messer, H. H. (2007). Push-out bond strengths of the dentine-sealer interface with and without a main cone. *International Endodontic Journal,* 40(11), 882–890. https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01308.x

Jansen van Rensburg, K., Kritzinger, D., Arnold, S., & Buchanan, G. D. (2023). In vitro comparison of the physical and mechanical properties of an ormocer with an ormocer-based composite and a nanocomposite restorative material. *Clinical and Experimental Dental Research,* 9(5), 820–831. https://doi.org/10.1002/cre2.756

Jham, B. C., & da Silva Freire, A. R. (2006). Oral complications of radiotherapy in the head and neck. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology,* 72(5), 704–708. https://doi.org/10.1016/s1808-8694(15)31029-6

Joyston-Bechal S. (1985). The effect of X-radiation on the susceptibility of enamel to an artificial caries-like attack in vitro. *Journal of Dentistry,* 13(1), 41–44. https://doi.org/10.1016/0300-5712(85)90061-2

Kahn, F. H., Rosenberg, P. A., Schertzer, L., Korthals, G., & Nguyen, P. N. (1997). An in-vitro evaluation of sealer placement methods. *International Endodontic Journal,* 30(3), 181–186. https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.1997.00061.x

Kamangar, F., Dores, G. M., & Anderson, W. F. (2006). Patterns of cancer incidence, mortality, and prevalence across five continents: defining priorities to reduce cancer disparities in different geographic regions of the world. *Journal of Clinical Oncology : Official Journal of the American Society of Clinical Oncology,* 24(14), 2137–2150. https://doi.org/10.1200/JCO.2005.05.2308

Kandemir Demirci, G., Çöven, F. O., Güneri, P., Karavana, S. Y., Nalbantsoy, A., Köse, T., & Kaval, M. E. (2023). The solubility, pH value, chemical structure, radiopacity, and cytotoxicity of four different root canal sealers: an in vitro study. *Clinical Oral Investigations,* 27(9), 5413–5425. https://doi.org/10.1007/s00784-023-05160-6

Karthikeyan, G., Jumnani, D., Prabhu, R., Manoor, U. K., & Supe, S. S. (2012). Prevalence of fatigue among cancer patients receiving various anticancer therapies and its impact on quality of life: a cross-sectional study. *Indian Journal of Palliative Care,* 18(3), 165–175. https://doi.org/10.4103/0973-1075.105686

Kataoka, S. H., Setzer, F. C., Gondim-Junior, E., Fregnani, E. R., Moraes, C. J., Pessoa, O. F., Gavini, G., & Caldeira, C. L. (2016). Late effects of head and neck radiotherapy on pulp vitality assessed by pulse oximetry. J*ournal of Endodontics,* 42(6), 886–889. https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.02.016

Kaur, A., Shah, N., Logani, A., & Mishra, N. (2015). Biotoxicity of commonly used root canal sealers: A meta-analysis. *Journal of Conservative Dentistry : JCD,* 18(2), 83–88. https://doi.org/10.4103/0972-0707.153054

Kaya, V., Aksu, M,, Korcum, A., & Tunçel, N. (2009). Radyoterapi uygulanan baş-boyun kanserli hastalarda medulla spinalis dozlarının incelenmesi. *Türk Onkoloji Dergisi, 24*(1), 1-8.

Kazemi, R. B., Safavi, K. E., & Spångberg, L. S. (1993). Dimensional changes of endodontic sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, And Oral Pathology,* 76(6), 766–771.

Keleş, S. (2013). *Radyoterapinin farklı dozlarının süt dişlerinin mineral içeriğine ve poliasit modifiye rezin kompozitin bağlanma gücü üzerine etkisi.* Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Keskin, C., Sariyilmaz, E., Keleş, A., & Güler, D. H. (2019). Effect of intracanal cryotherapy on the fracture resistance of endodontically treated teeth. *Acta Odontol Scand.* 77(2), 164-167. https://doi.org/10.1080/00016357.2018.1549748

Khaw, A., Logan, R., Keefe, D., & Bartold, M. (2014). Radiation-induced oral mucositis and periodontitis - proposal for an inter-relationship. *Oral Diseases,* 20(3), e7–e18. https://doi.org/10.1111/odi.12199

Kielbassa, A. M., Beetz, I., Schendera, A., & Hellwig, E. (1997). Irradiation effects on microhardness of fluoridated and non-fluoridated bovine dentin. *European Journal of Oral Sciences,* 105(5 Pt 1), 444–447. https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.1997.tb02142.x

Kielbassa, A. M., Wrbas, K. T., Schulte-Mönting, J., & Hellwig, E. (1999). Correlation of transversal microradiography and microhardness on in situ-induced demineralization in irradiated and nonirradiated human dental enamel. *Archives of Oral Biology,* 44(3), 243–251. https://doi.org/10.1016/s0003-9969(98)00123-x

Kielbassa A. M. (2000). In situ induced demineralization in irradiated and non-irradiated human dentin. *European Journal of Oral Sciences*, 108(3), 214–221. https://doi.org/10.1034/j.1600-0722.2000.108003214.x

Kielbassa, A. M., Munz, I., Bruggmoser, G., & Schulte-Mönting, J. (2002). Effect of demineralization and remineralization on microhardness of irradiated dentin. *The Journal of Clinical Dentistry*, 13(3), 104–110.

Kielbassa, A. M., Hinkelbein, W., Hellwig, E., & Meyer-Lückel, H. (2006). Radiation-related damage to dentition. *The Lancet. Oncology*, 7(4), 326–335. https://doi.org/10.1016/S1470-2045(06)70658-1.

Kim, Y. K., Grandini, S., Ames, J. M., Gu, L. S., Kim, S. K., Pashley, D. H., Gutmann, J. L., & Tay, F. R. (2010). Critical review on methacrylate resin-based root canal sealers. *Journal of Endodontics*, 36(3), 383–399. https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.10.023

Kızılcı S. (1999). Kemoterapi alan kanserli hastalar ve yakınlarının yaşam kalitesini etkileyen faktörler. *Cumhuriyet Üniversitesi Hemşirelik Yüksekokulu Dergisi,* 3(2), 18-26.

Knychalska-Karwan, Z., Pawlicki, R., & Karwan, T. (1988). Structural and microanalytical changes in dentition after radiotherapy applied in cases of tumour in the oral cavity region. *Folia Histochemica Et Cytobiologica*, 26(1), 25–32.

Komabayashi, T., Colmenar, D., Cvach, N., Bhat, A., Primus, C., & Imai, Y. (2020). Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dental materials journal*, 39(5), 703–720. https://doi.org/10.4012/dmj.2019-288

Kossev, A. D. (2009). Ceramics-based sealersas new alternative to currently used endodontic sealers. *Roots, 1*, 42-48.

Kraaijenga, S. A., van der Molen, L., Jacobi, I., Hamming-Vrieze, O., Hilgers, F. J., & van den Brekel, M. W. (2015). Prospective clinical study on long-term swallowing function and voice quality in advanced head and neck cancer patients treated with concurrent chemoradiotherapy and preventive swallowing exercises. *European archives of oto-rhino-laryngology : official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS) : Affiliated With the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery*, 272(11), 3521–3531. https://doi.org/10.1007/s00405-014-3379-6

Krastl, G., Allgayer, N., Lenherr, P., Filippi, A., Taneja, P., & Weiger, R. (2013). Tooth discoloration induced by endodontic materials: a literature review. *Dental Traumatology : Official Publication of International Association for Dental Traumatology*, 29(1), 2–7. https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.2012.01141.x

Kufeldt, J., Viehrig, M., Schweikert, D., Fritsche, A., Bamberg, M., & Adolph, M. (2018). Treatment of malnutrition decreases complication rates and shortens

the length of hospital stays in a radiation oncology department. *Clinical Nutrition*, 194(11), 1049–1059. https://doi.org/10.1007/s00066-018-1360-9

Kuhnt, T., Jirsak, N., Müller, A. C., Pelz, T., Gernhardt, C., Schaller, H.-G., Janich, M., Gerlach, R., & Dunst, J. (2005). Strahlentherapie und Onkologie Quantitative und qualitative Speicheldrüsenfunktions-untersuchungen in Abhängigkeit von Dosis und Volumen einer Radiotherapie zur Verringerung der Xerostomie bei Kopf-Hals-Tumoren Quantitative and Qualitative Investigations of Salivary Gland Function in Dependence on Irradiation Dose and Volume for Reduction of Xerostomia in Patients with Head-and-Neck Cancer. Strahlenther Onkol, 8. https://doi.org/10.1007/s00066-005-1366-y

Kurup, D., Nagpal, A. K., Shetty, S., Mandal, T. K., Anand, J., & Mitra, R. (2021). Data on the push-out bond strength of three different root canal treatment sealers. *Bioinformation*, 17(1), 67–72. https://doi.org/10.6026/97320630017067

Kumar, V., Abbas, A.K. & Aster, J.C. (2017) *Robbins Basic Pathology*. E-Book, Elsevier Health Sciences, Amsterdam, 57-97.

Kurtman, C., & Çelebioğlu, B. (2000). Radyoterapi ve radyasyonun tarihçesi. *Ankara Sağlık Hizmetleri Dergisi,* 1(1), 49-50. https://doi.org/10.1501/Ashd_0000000009

Lee, J. K., Kwak, S. W., Ha, J. H., Lee, W., & Kim, H. C. (2017). Physicochemical properties of epoxy resin-based and bioceramic-based root canal sealers. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, 1 2582849. https://doi.org/10.1155/2017/2582849

Lertchirakarn, V., Timyam, A., & Messer, H. H. (2002). Effects of root canal sealers on vertical root fracture resistance of endodontically treated teeth. *Journal of Endodontics*, 28(3), 217–219. https://doi.org/10.1097/00004770-200203000-00018

Leyhausen, G., Heil, J., Reifferscheid, G., Waldmann, P., & Geurtsen, W. (1999). Genotoxicity and cytotoxicity of the epoxy resin-based root canal sealer AH plus. *Journal of Endodontics*, 25(2), 109–113. https://doi.org/10.1016/S0099-2399(99)80007-7

Li, H., Li, L., Huang, X., Li, Y., Zou, T., Zhuo, X., Chen, Y., Liu, Y., & Tang, Y. (2019). Radiotherapy-induced dysphagia and its impact on quality of life in patients with nasopharyngeal carcinoma. *Strahlentherapie und Onkologie*, *195*(6), 457-467.. https://doi.org/10.1007/s00066-018-01421-6

Lieshout, H. F., & Bots, C. P. (2014). The effect of radiotherapy on dental hard tissue--a systematic review. *Clinical Oral İnvestigations,* 18(1), 17–24. https://doi.org/10.1007/s00784-013-1034-z

Likhterov, I., Ru, M., Ganz, C., Urken, M. L., Chai, R., Okay, D., Liu, J., Stewart, R., Culliney, B., Palacios, D., & Lazarus, C. L. (2018). Objective and subjective hyposalivation after treatment for head and neck cancer: Long-term outcomes. *The Laryngoscope*, 128(12), 2732–2739. https://doi.org/10.1002/lary.27224

Lopes, F. C., Roperto, R., Akkus, A., de Queiroz, A. M., Francisco de Oliveira, H., & Sousa-Neto, M. D. (2020). Effect of carbodiimide and chlorhexidine on the bond strength longevity of resin cement to root dentine after radiation therapy. *International Endodontic Journal*, 53(4), 539–552. https://doi.org/10.1111/iej.13252

Lu, H., Zhao, Q., Guo, J., Zeng, B., Yu, X., Yu, D., & Zhao, W. (2019). Direct radiation-induced effects on dental hard tissue. *Radiation oncology (London, England)*, 14(1), 5. https://doi.org/10.1186/s13014-019-1208-1

Madani, Z. S., Azarakhsh, S., Shakib, P. A., & Karimi, M. (2017). Histopathological changes in dental pulp of rats following radiotherapy. *Dental Research Journal*, 14(1), 19–24. https://doi.org/10.4103/1735-3327.201139

Madrid, C. C., de Pauli Paglioni, M., Line, S. R., Vasconcelos, K. G., Brandão, T. B., Lopes, M. A., Santos-Silva, A. R., & De Goes, M. F. (2017). Structural Analysis of Enamel in Teeth from Head-and-Neck Cancer Patients Who Underwent Radiotherapy. *Caries Research*, 51(2), 119–128. https://doi.org/10.1159/000452866

Madrid Troconis, C. C., Santos-Silva, A. R., Brandão, T. B., Lopes, M. A., & de Goes, M. F. (2017). Impact of head and neck radiotherapy on the mechanical behavior of composite resins and adhesive systems: A systematic review. *Dental Materials : Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 33(11), 1229–1243. https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.07.014

Marmiroli, L., Salvi, G., Caiazza, A., Di Rienzo, L., Massaccesi, M., Murino, P., & Macchia, G. (2005). Dose and volume impact on radiation-induced xerostomia. *Rays*, 30(2), 145–148.

Martins, C. V., Leoni, G. B., Oliveira, H. F., Arid, J., Queiroz, A. M., Silva, L. A., & Sousa-Neto, M. D. (2016). Influence of therapeutic cancer radiation on the bond strength of an epoxy- or an MTA-based sealer to root dentine. *International Endodontic Journal*, 49(11), 1065–1072. https://doi.org/10.1111/iej.12556

McGuire, J. D., Gorski, J. P., Dusevich, V., Wang, Y., & Walker, M. P. (2014). Type IV collagen is a novel DEJ biomarker that is reduced by radiotherapy. *Journal of Dental Research*, 93(10), 1028–1034. https://doi.org/10.1177/0022034514548221

McMichen, F. R., Pearson, G., Rahbaran, S., & Gulabivala, K. (2003). A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. *International Endodontic Journal*, 36(9), 629–635. https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2003.00701.x

Mcmillan, R., Forssell, H., Ja, B., Am, G., & Jc W, Zakrzewska Jm. (2017). Little evidence to support or refute interventions for the management of burning mouth syndrome. *Evidence-Based Dentistry*, 2017;18(2):57-58. doi:10.1038/sj.ebd.6401244.

Meincke, D. K., Prado, M., Gomes, B. P., Bona, A. D., & Sousa, E. L. (2013). Effect of endodontic sealers on tooth color. *Journal of Dentistry,* 41 (Suppl 3), e93–e96. https://doi.org/10.1016/j.jdent.2012.10.011

Merçon, I. R., da Silveira Bueno, C. E., Rocha, D. G. P., Fontana, C. E., Pais, A. S. G., & De Martin, A. S. (2020). Root Fracture Resistance of Maxillary Premolars Obturated with Three Root Canal Sealers after Passive Utrasonic Irrigation: An in Vitro study. *Iranian Endodontic Journal,* 15(3), 166–172. https://doi.org/10.22037/iej.v15i3.26426

Merkez diş (2023). *AH Plus Kanal Dolgu Materyali.* **https://www.merkezdis.com.tr/urun/ah-plus-kanal-dolgu-pati**

Miletić, I., Anić, I., Pezelj-Ribarić, S., & Jukić, S. (1999). Leakage of five root canal sealers. *International Endodontic Journal,* 32(5), 415–418. https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.1999.00254.x

Miyaji, H., Mayumi, K., Miyata, S., Nishida, E., Shitomi, K., Hamamoto, A., Tanaka, S., & Akasaka, T. (2020). Comparative biological assessments of endodontic root canal sealer containing surface pre-reacted glass-ionomer (S-PRG) filler or silica filler. *Dental Materials Journal,* 39(2), 287–294. https://doi.org/10.4012/dmj.2019-029.

Mohammed, Y. T., & Al-Zaka, I. M. (2020). Fracture resistance of endodontically treated teeth obturated with different root canal sealers (a comparative study). *The Journal of Contemporary Dental Practice,* 21(5), 490–493.

Moss, W. T., & Cox, J. D. (1994). *Moss' radiation oncology : rationale, technique, results (*7th ed.). Mosby.

Muliyar, S., Shameem, K. A., Thankachan, R. P., Francis, P. G., Jayapalan, C. S., & Hafiz, K. A. (2014). Microleakage in endodontics. *Journal of İInternational Oral Health : JIOH, 6*(6), 99–104.

Muñoz, M. A., Garín-Correa, C., González-Arriagada, W., Quintela Davila, X., Häberle, P., Bedran-Russo, A., & Luque-Martínez, I. (2020). The adverse effects of radiotherapy on the structure of dental hard tissues and longevity of dental restoration. *International Journal of Radiation Biology,* 96(7), 910–918. https://doi.org/10.1080/09553002.2020.1741718

Nabil, S., & Samman, N. (2011). Incidence and prevention of osteoradionecrosis after dental extraction in irradiated patients: a systematic review. International *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery,* 40(3), 229–243. https://doi.org/10.1016/j.ijom.2010.10.005

Nagas, E., Uyanik, M. O., Eymirli, A., Cehreli, Z. C., Vallittu, P. K., Lassila, L. V., & Durmaz, V. (2012). Dentin moisture conditions affect the adhesion of root canal sealers. *Journal of Endodontics,* 38(2), 240–244. https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.09.027

Nair P. N. (2004). Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. *Critical Reviews İn Oral Biology And Medicine : An Official*

Publication of the American Association of Oral Biologists, 15(6), 348–381. https://doi.org/10.1177/154411130401500604

Neelakantan, P., Grotra, D., & Sharma, S. (2013). Retreatability of 2 mineral trioxide aggregate-based root canal sealers: a cone-beam computed tomography analysis. *Journal of Endodontics,* 39(7), 893–896. https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.04.022

Neto, A., Amaral, F., & Romano, F. (2022). Effects of ionizing radiation and different resin composites on shear strength of ceramic brackets: an in vitro study. *Dental Press Journal Of Orthodontics*, 27(2), e2219330. https://doi.org/10.1590/2177-6709.27.2.e2219330.oar

Ng, Y. L., Mann, V., Rahbaran, S., Lewsey, J., & Gulabivala, K. (2008). Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature -- Part 2. Influence of clinical factors. *International Endodontic Journal,* 41(1), 6–31. https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01323.x

Novais, V. R., Soares, P. B., Guimarães, C. M., Schliebe, L. R., Braga, S. S., & Soares, C. J. (2016). Effect of gamma radiation and endodontic treatment on mechanical properties of human and bovine root dentin. *Brazilian Dental Journal,* 27(6), 670–674. https://doi.org/10.1590/0103-6440201601267

Oglakci, B., Burduroğlu, D., Eriş, A. H., Mayadağlı, A., & Arhun, N. (2022). The effect of radiotherapy on the marginal adaptation of class ıı direct resin composite restorations: a micro-computed tomography analysis. *Operative Dentistry,* 47(1), 43–54. https://doi.org/10.2341/20-066-L

Ørstavik, D., Nordahl, I., & Tibballs, J. E. (2001). Dimensional change following setting of root canal sealer materials. *Dental Materials : Official Publication of the Academy of Dental Materials,* 17(6), 512–519. https://doi.org/10.1016/s0109-5641(01)00011-2

Ørstavik, D. (2005). Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endodontic Topics,* 12, 25-38.

Otmani N. (2007). Oral and maxillofacial side effects of radiation therapy on children. *Journal (Canadian Dental Association),* 73(3), 257–261.

Özalpan, A. (2001). *Temel Radyobiyoloji.* İstanbul: İHÜ Yayınları,, 1-218.

Palmier, N. R., Madrid Troconis, C. C., Normando, A. G. C., Guerra, E. N. S., Araújo, A. L. D., Arboleda, L. P. A., Fonsêca, J. M., de Pauli Paglioni, M., Gomes-Silva, W., Vechiato Filho, A. J., González-Arriagada, W. A., Paes Leme, A. F., Prado-Ribeiro, A. C., Brandão, T. B., de Goes, M. F., Lopes, M. A., & Santos-Silva, A. R. (2022). Impact of head and neck radiotherapy on the longevity of dental adhesive restorations: A systematic review and meta-analysis. The *Journal of Prosthetic Dentistry,* 128(5), 886–896. https://doi.org/10.1016/J.PROSDENT.2021.02.002

Pandolfo, M. T., Rover, G., Bortoluzzi, E. A., Teixeira, C. D. S., Rossetto, H. L., Fernades, P. C. D. S. V., Côrte-Real, I. S. G., Carvalho, S. M. F., & Garcia, L.

D. F. R. (2021). Fracture resistance of simulated ımmature teeth reinforced with different mineral aggregate-based materials. *Brazilian Dental Journal,* 32(3), 21–31. https://doi.org/10.1590/0103-6440202104236

Pascon, E. A., & Spångberg, L. S. (1990). In vitro cytotoxicity of root canal filling materials: 1. Gutta-percha. *Journal of Endodontics,* 16(9), 429–433. https://doi.org/10.1016/s0099-2399(06)81885-6

Patel, N., Ahmad, Z. H., Ali Shah, S., Sharma, A., Ehsan, A., Singh, H., & Babaji, P. (2023). Effect of Root Canal Taper on the Ability of Endodontically Treated Teeth using the TruNatomy and Protaper Next File Systems to Resist Fracture. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences,* 15(Suppl 2), S1123–S1125. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_194_23

Peters, D. D. (1986). Two-year in vitro solubility evaluation of four Gutta-percha sealer obturation techniques. *Journal of Endodontics,* 12(4), 139–145.

Phukan, A. H., Mathur, S., Sandhu, M., & Sachdev, V. (2017). The effect of different root canal sealers on the fracture resistance of endodontically treated teeth-in vitro study. *Dental Research Journal,* 14(6), 382–388. https://doi.org/10.4103/1735-3327.2.

Pioch, T., Golfels, D., & Staehle, H. J. (1992). An experimental study of the stability of irradiated teeth in the region of the dentinoenamel junction. *Endodontics & Dental Traumatology,* 8(6), 241–244. https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1992.tb00251.x

Poggio, C., Arciola, C. R., Dagna, A., Colombo, M., Bianchi, S., & Visai, L. (2010). Solubility of root canal sealers: a comparative study. *The International Journal of Artificial Organs*, 33(9), 676–681. https://doi.org/10.1177/039139881003300914

Rettig, E.M., & D'Souza, G. (2015). Epidemiology of head and neck cancer. *Surgical Oncology Clinics,* 24(3), 379-396.

Rodrigues, L. K., Cury, J. A., & Nobre dos Santos, M. (2004). The effect of gamma radiation on enamel hardness and its resistance to demineralization in vitro. *Journal of Oral Science,* 46(4), 215–220. https://doi.org/10.2334/josnusd.46.215

Roger Silva, A. S., Alves, F. A., Berger, S. B., Giannini, M., Goes, M. F., Lopes, M. A., S Silva, A. R., Lopes, M. A., Berger, S. B., Giannini, M., Goes, M. F., Alves, F. A., & Alves Rua Antônio Prudente, F. A. (2010). Radiation-related caries and early restoration failure in head and neck cancer patients. A polarized light microscopy and scanning electron microscopy study. *Support Care Cancer,* 18, 83–87. https://doi.org/10.1007/s00520-009-0633-3

Rosales, A. C., Esteves, S. C., Jorge, J., Almeida, O. P., & Lopes, M. A. (2009). Dental needs in Brazilian patients subjected to head and neck radiotherapy. *Brazilian Dental Journal,* 20(1), 74–77. https://doi.org/10.1590/s0103-64402009000100013

Rosenthal, D. I., & Trotti, A. (2009). Strategies for managing radiation-induced mucositis in head and neck cancer. *Seminars in Radiation Oncology*, 19(1), 29–34. https://doi.org/10.1016/j.semradonc.2008.09.006

Rubenstein, E. B., Peterson, D. E., Schubert, M., Keefe, D., McGuire, D., Epstein, J., Elting, L. S., Fox, P. C., Cooksley, C., Sonis, S. T., Mucositis Study Section of the Multinational Association for Supportive Care in Cancer, & International Society for Oral Oncology (2004). Clinical practice guidelines for the prevention and treatment of cancer therapy-induced oral and gastrointestinal mucositis. *Cancer*, 100(9 Suppl), 2026–2046. https://doi.org/10.1002/cncr.20163

Santin, G. C., Palma-Dibb, R. G., Romano, F. L., de Oliveira, H. F., Nelson Filho, P., & de Queiroz, A. M. (2015). Physical and adhesive properties of dental enamel after radiotherapy and bonding of metal and ceramic brackets. *American Journal Of Orthodontics And Dentofacial Orthopedics : Official Publication of the American Association of Orthodontists, its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 148(2), 283–292. https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.03.025

Sanz, J. L., López-García, S., Rodríguez-Lozano, F. J., Melo, M., Lozano, A., Llena, C., & Forner, L. (2022). Cytocompatibility and bioactive potential of AH Plus Bioceramic Sealer: An in vitro study. *International Endodontic Journal*, 55(10), 1066–1080. https://doi.org/10.1111/IEJ.13805

Saund, D., Kotecha, S., Rout, J., & Dietrich, T. (2010). Non-resolving periapical inflammation: a malignant deception. *International Endodontic Journal*, 43(1), 84–90. https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2009.01644.x

Saunders, W. P., & Saunders, E. M. (1992). The effect of smear layer upon the coronal leakage of gutta-percha fillings and a glass ionomer sealer. *International Endodontic Journal*, 25(5), 245–249. https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1992.tb01157.x

Scarparo, R. K., Haddad, D., Acasigua, G. A., Fossati, A. C., Fachin, E. V., & Grecca, F. S. (2010). Mineral trioxide aggregate-based sealer: analysis of tissue reactions to a new endodontic material. *Journal of Endodontics*, 36(7), 1174–1178. https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.02.031

Schilder H. (1974). Cleaning and shaping the root canal. *Dental clinics of North America*, 18(2), 269–296.

Schroeder, A. (1954). Mitteilungen über die Abschlussdichtigkeit von Wurzelfüllmateriarien und erster Hinweis auf ein neuartiges Wurzelfüllmittel [The impermeability of root canal filling material and first demonstrations of new root filling materials]. *Schweizerische Monatsschrift Fur Zahnheilkunde = Revue Mensuelle Suisse D'odonto-Stomatologie*, 64(9), 921–931.

Scully, C., Epstein, J., & Sonis, S. (2004). Oral mucositis: a challenging complication of radiotherapy, chemotherapy, and radiochemotherapy. Part 2: diagnosis and

management of mucositis. *Head & Neck*, 26(1), 77–84. https://doi.org/10.1002/hed.10326

Selvakumar, R. J., Surendran, S., Sundar, S., Arul, B., & Natanasabapathy, V. (2023). Impact of contracted endodontic access cavities on the fracture resistance of endodontically treated teeth after mechanical aging by simulated chewing forces. *Journal of Endodontics*, 49(9), 1176–1182. https://doi.org/10.1016/j.joen.2023.06.018

Silva, E. J. N. L., Rosa, T. P., Herrera, D. R., Jacinto, R. C., Gomes, B. P. F. A., & Zaia, A. A. (2013). Evaluation of cytotoxicity and physicochemical properties of calcium silicate-based endodontic sealer MTA fillapex. *Journal of Endodontics*, 39(2), 274–277. https://doi.org/10.1016/J.JOEN.2012.06.030

Soares, C. J., Castro, C. G., Neiva, N. A., Soares, P. V., Santos-Filho, P. C. F., Naves, L. Z., & Pereira, P. N. R. (2010). Effect of gamma irradiation on ultimate tensile strength of enamel and dentin. *Journal of Dental Research*, 89(2), 159–164. https://doi.org/10.1177/0022034509351251/ASSET/IMAGES/LARGE/10.1177_0022034509351251-FIG3.JPEG

Soares, C. J., Roscoe, M. G., Castro, C. G., Santana, F. R., Raposo, L. H. A., Quagliatto, P. S., & Novais, V. R. (2011). Effect of gamma irradiation and restorative material on the biomechanical behaviour of root filled premolars. *International Endodontic Journal*, 44, 1047–1054. https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01920.x

Soares, P. V., Santos-Filho, P. C. F., Queiroz, E. C., Araújo, T. C., Campos, R. E., Araújo, C. A., & Soares, C. J. (2008). Fracture resistance and stress distribution in endodontically treated maxillary premolars restored with composite resin. *Journal of Prosthodontics : Official Journal of the American College of Prosthodontists*, 17(2), 114–119. https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2007.00258.x

Soler, M., Bosetti, C., Franceschi, S., Negri, E., Zambon, P., Talamini, R., Conti, E., & La Vecchia, C. (2001). Fiber intake and the risk of oral, pharyngeal and esophageal cancer. *International Journal of Cancer*, 91(3), 283–287. https://doi.org/10.1002/1097-0215(200002)9999:9999<::aid-ijc1047>3.0.co;2-i

Sonis, S. T., Eilers, J.P., & Epstein, J. B. (1998). Dutch Association of Oral and Maxillofacial Sur-gery. *Published online*, doi:10.1002/(SICI)1097-0142(19990515)85:10.

Souza, G. L., Rosatto, C. M. P., Silva, M. J. B., Silva, M. V., Rocha Rodrigues, D. B., & Moura, C. C. G. (2019). Evaluation of apoptosis/necrosis and cytokine release provoked by three root canal sealers in human polymorphonuclears and monocytes. *International Endodontic Journal*, 52(5), 629–638. https://doi.org/10.1111/iej.13036

Springer, I. N., Niehoff, P., Warnke, P. H., Böcek, G., Kovács, G., Suhr, M., Wiltfang, J., & Açil, Y. (2005). Radiation caries--radiogenic destruction of dental collagen. *Oral Oncology*, 41(7), 723–728. https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2005.03.011

Sroussi, H. Y., Epstein, J. B., Bensadoun, R. J., Saunders, D. P., Lalla, R. V., Migliorati, C. A., Heaivilin, N., & Zumsteg, Z. S. (2017). Common oral complications of head and neck cancer radiation therapy: mucositis, infections, saliva change, fibrosis, sensory dysfunctions, dental caries, periodontal disease, and osteoradionecrosis. *Cancer Medicine*, 6(12), 2918–2931. https://doi.org/10.1002/cam4.1221

Stimson, S., Harrison, L., & Forastiere, A., (1997). Tumors of the nasal cavity and paranasal sinuses, larynx, oral cavity and oropharynx. In: De Vita V, Hellman S, Rsenberg S, editor: *Cancer: principles and practice of oncology*, 5th ed, Philadelphia: Lippincott-Raven, 1. 752.

Subash, D., Shoba, K., Aman, S., Bharkavi, S. K. I., Nimmi, V., & Abhilash, R. (2017). Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with biodentine, resin modified gıc and hybrid composite resin as a core material. *Journal of clinical and diagnostic research : JCDR*, 11(9), ZC68–ZC70.

Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A., & Bray, F. (2021). Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA: A Cancer Journal For Clinicians*, 71(3), 209–249. https://doi.org/10.3322/caac.21660

Suri, S., Raura, N., Thomas, M. S., Kumar, P. S., & Lewis, A. J. (2022). Change in surface characteristics and permeability of human enamel after subjecting to radiation therapy. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 25(10), 1687–1692. https://doi.org/10.4103/NJCP.NJCP_151_22

T.C. Sağlık Bakanlığı. (2016). Kanser İstatistikleri. Erişim https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/kanseristatistikleri/yillar/2016-yili-turkiye-kanser-istatistikleri.html. (y.y.).

Tabassum, S., & Khan, F. R. (2016). Failure of endodontic treatment: The usual suspects. *European Journal of Dentistry*, 10(1), 144–147. https://doi.org/10.4103/1305-7456.175682.

Tanalp, J., Dikbas, I., Malkondu, O., Ersev, H., Güngör, T., & Bayırlı, G. (2012). Comparison of the fracture resistance of simulated immature permanent teeth using various canal filling materials and fiber posts. *Dental Traumatology: Official Publication of International Association for Dental Traumatology*, 28(6), 457–464. https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.2011.01098.x

Tay, F. R., Loushine, R. J., Monticelli, F., Weller, R. N., Breschi, L., Ferrari, M., & Pashley, D. H. (2005). Effectiveness of resin-coated gutta-percha cones and a dual-cured, hydrophilic methacrylate resin-based sealer in obturating root canals. *Journal of Endodontics*, 31(9), 659–664.

Topçuoğlu, H. S., Tuncay, Ö., Karataş, E., Arslan, H., & Yeter, K. (2013). In vitro fracture resistance of roots obturated with epoxy resin-based, mineral trioxide aggregate-based, and bioceramic root canal sealers. *Journal of Endodontics*, 39(12), 1630–16.

Topçuoğlu, H. S., Kesim, B., Düzgün, S., Tuncay, Ö., Demirbuga, S., & Topçuoğlu, G. (2015). The effect of various backfilling techniques on the fracture resistance of simulated immature teeth performed apical plug with Biodentine. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 25(4), 248–254. https://doi.org/10.1111/ipd.12137

Trotti, A., Bellm, L. A., Epstein, J. B., Frame, D., Fuchs, H. J., Gwede, C. K., Komaroff, E., Nalysnyk, L., & Zilberberg, M. D. (2003). Mucositis incidence, severity and associated outcomes in patients with head and neck cancer receiving radiotherapy with or without chemotherapy: a systematic literature review. *Radiotherapy and Oncology: Journal of the European Society for Therapeutic Radiology and Oncology*, 66(3), 253–262. https://doi.org/10.1016/s0167-8140(02)00404-8

Trotti A. (2000). Toxicity in head and neck cancer: a review of trends and issues. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*, 47(1), 1–12. https://doi.org/10.1016/s0360-3016(99)00558-1

Tyagi, S., Mishra, P., & Tyagi, P. (2013). Evolution of root canal sealers: An insight story. *European Journal of General Dentistry*, *2*(03), 199-218. https://doi.org/10.4103/2278-9626.115976.

Ugurlu M. (2020). Effect of the double application of universal adhesives on the dentine bond strength after radiotherapy. *Australian Dental Journal*, 65(3), 181–188. https://doi.org/10.1111/adj.12744

Uzal, C. (1995). *Kanserde ışınlama teknikleri.* Ankara, Öncü Yayıncılık. 1995;301-311.

Velo, M. M. A. C., Farha, A. L. H., da Silva Santos, P. S., Shiota, A., Sansavino, S. Z., Souza, A. T., Honório, H. M., & Wang, L. (2018). Radiotherapy alters the composition, structural and mechanical properties of root dentin in vitro. *Clinical Oral Investigations*, 22(8), 2871–2878. https://doi.org/10.1007/s00784-018-2373-6.

Vissink, A., Jansma, J., Spijkervet, F. K., Burlage, F. R., & Coppes, R. P. (2003). Oral sequelae of head and neck radiotherapy. *Critical Reviews in oral Biology and Medicine : an Official Publication of the American Association of Oral Biologists*, 14(3), 199–212. https://doi.org/10.1177/154411130301400305

Walia, H., Costas, J., Brantley, W., & Gerstein, H. (1989). Torsional ductility and cutting efficiency of the Nitinol file. *Journal of Endodontics*, *15*, 174- 176.

Walker, M. P., Wichman, B., Cheng, A. L., Coster, J., & Williams, K. B. (2011). Impact of radiotherapy dose on dentition breakdown in head and neck cancer patients. *Practical Radiation Oncology*, 1(3), 142–148. https://doi.org/10.1016/j.prro.2011.03.003

Weiger, R., Heuchert, T., Hahn, R., & Löst, C. (1995). Adhesion of a glass ionomer cement to human radicular dentine. *Endodontics & Dental Traumatology,* 11(5), 214–219. https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1995.tb00491.x

Weissheimer, T., Bruna Barcelos, S., Pradebon, M. C., de Figueiredo, J. A. P., Martins, M. D., & Marcus Vinicius Reis, S. (2022). Head and neck radiotherapy effects on the dental pulp vitality and response to sensitivity tests: A systematic review with meta-analysis. *International Endodontic Journal*, 55(6), 563–578. https://doi.org/10.1111/IEJ.13726

World Health Organization IARC, (2017). *Oral Atlas. Available* from: http://screening.iarc.fr/atlasoral_list.php?cat=B&lang=1.

Xu, H. H. K., Carey, L. E., Simon, C. G., Takagi, S., & Chow, L. C. (2007). Premixed calcium phosphate cements: Synthesis, physical properties, and cell cytotoxicity. *Dental Materials*, 23(4), 433–441. https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2006.02.014

Yaduka, P., Kataki, R., Roy, D., Das, L., & Goswami, S. (2021). Effects of radiation therapy on the dislocation resistance of root canal sealers applied to dentin and the sealer-dentin interface: a pilot study. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 46(2). https://doi.org/10.5395/RDE.2021.46.E22

Yamin, P. A., Pereira, R. D., Lopes, F. C., Queiroz, A. M., Oliveira, H. F., Saquy, P. C., & Sousa-Neto, M. D. (2018). Longevity of bond strength of resin cements to root dentine after radiation therapy. *International Endodontic Journal*, 51(11), 1301–1312. https://doi.org/10.1111/iej.12945

Yavari, H., Shahi, S., Galledar, S., Samiei, M., & Janani, M. (2017). Effect of retreatment on the push-out bond strength of MTA-based and epoxy resin-based endodontic sealers. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, 11(1), 43–47. https://doi.org/10.15171/joddd.2017.008

Yazıcı, G.,Cengiz, M., & Yıldız, F. (2011). Stereotaktik Vücut Radyaterapisi. Hacettepe Tıp Dergisi, 2011;42: 74-81.

Yeyin, N. (2015). Biological effects of radiation/radyasyonun biyolojik etkileri. *Nuclear Medicine Seminars*, 1(3):139-144.

Young, G. R., Parashos, P., & Messer, H. H. (2007). The principles of techniques for cleaning root canals. *Australian Dental Journal*, 52(1 Suppl), S52–S63. https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2007.tb00526.x

Zeman, E. M., Schreiber, E.C., & Tepper, J.E., (2020 January 1). Basics of Radiation Therapy. *Abeloff's Clin Oncol.,* 431-460.e3. doi:10.1016/B978-0-323-47674-4.00027-X.

Zhabuawala, M. S., Nadig, R. R., Pai, V. S., & Gowda, Y. (2016). Comparison of fracture resistance of simulated immature teeth with an open apex using Biodentine and composite resin: An in vitro study. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, *34*(4), 377–382. https://doi.org/10.4103/0970-4388.191424

Zhang, H., Shen, Y., Ruse, N. D., & Haapasalo, M. (2009). Antibacterial Activity of Endodontic Sealers by Modified Direct Contact Test Against Enterococcus faecalis. Journal of Endodontics, 35(7), 1051–1055. https://doi.org/10.1016/J.JOEN.2009.04.022