

Fatih BAYIR

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

2019-ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ORTODONTİ ANABİLİM DALI**

**ORTODONTİK TEDAVİ-APİKAL KÖK
REZORPSİYONU İLİŞKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Fatih BAYIR

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

**DANIŞMAN
Dr.ÖĞr. Üyesi Esra BOLAT**

2019-ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ORTODONTİ ANABİLİM DALI

ORTODONTİK TEDAVİ-APİKAL KÖK
REZORPSİYONU İLİŞKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Fatih BAYIR

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Dr.Öğr. Üyesi Esra BOLAT

2019-ANTALYA

ONAY SAYFASI

Fatih BAYIR tarafından sunulan bu çalışma jürimiz tarafından **oy birliği/oy çokluğu** ile Ortodonti Anabilim Dalında Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir. 23./12./2019

İmza

Üye : Prof. Dr. Elçin ESENLİK Akdeniz Ün.
(Ünvanı, Adı Soyadı) (Üniversite)



Üye : Doç. Dr. Aslıhan UZEL Çukurova Ün.
(Ünvanı, Adı Soyadı) (Üniversite)



Üye : Dr. Öğr. Üy. Esra BOLAT Akdeniz Ün.
(Ünvanı, Adı Soyadı) (Üniversite)



Üye : Dr. Öğr. Üy. Özlem DALTABAN Akdeniz Ün.
(Ünvanı, Adı Soyadı) (Üniversite)



Üye : Dr. Öğr. Üy. N. Arzu KAYAR Akdeniz Ün.
(Ünvanı, Adı Soyadı) (Üniversite)



Bu tez, ..11.../...12.../...2019 tarih ve ...42.../...170... sayılı Yönetim Kurulu kararıyla belirlenen ve yukarıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Diş Hekimliği Fakültesi Kurum Yöneticisi

ETİK BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı beyan ederim.

Aday

Fatih BAYIR

İmza

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Esra BOLAT

İmza

İTHAF

Uzmanlık tezimi, modern Türkiye'nin kurucusu Gazi Mustafa Kemal ATATÜRK'e
ithaf ediyorum.

TEŐEKKÖR

Tez danıőmanım ve değerli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Esra BOLAT'a

Değerli hocam Sayın Prof. Dr. Elçin ESENLİK'e

Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakóltesindeki uzmanlık eğitimim boyunca beraber çalıőmaktan zevk aldığım tüm asistan arkadaşlarıma

Sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Fatih BAYIR

ÖZET

Ortodontik Tedavi-Apikal Kök Rezorpsiyonu İlişkisinin Değerlendirilmesi

Amaç: Bu çalışmanın amacı; ortodontik tedavi gören hastalarda oluşan apikal kök rezorpsiyonunun tedavi başlangıcındaki hasta yaşı, hasta cinsiyeti, uygulanan tedavi tipi, tedavi süresiyle ilişkisini analiz edilmesi ve rezorpsiyon oluşumunu önlemek için bilgi edinilmesidir.

Yöntem: Bu retrospektif çalışma 2012-2019 yılları arasında Akdeniz üniversitesi diş hekimliği fakültesi ortodonti anabilim dalında tedavi gören hastaların tedavi başlangıcı ve tedavi sonunda alınan panoramik filmleri incelenerek yapıldı. Çalışmamızda 10 yaşından büyük 1678 hasta verisi kontrol edildi, panoramik filmleri standartları karşılamayan, tedavi başlangıcında kök rezorpsiyonu gözlenen, kooperasyon kaybı ve sistemik hastalığı olduğu için çalışma dışı bırakılan 242 hastadan sonra 1356 hasta rezorpsiyon varlığı açısından değerlendirildi. Retrospektif çalışmamızda kök rezorpsiyonu 0-3 arası skorlandı ve rezorpsiyonun hasta yaşı, hasta cinsiyeti, tedavi süresi ve tedavi tipi parametreleriyle ilişkisi incelendi.

Bulgular: Hasta yaşının ve sabit ortodontik tedavi öncesi hareketli apeareyle tedavi yapılmasının kök rezorpsiyonunu etkilemediği görüldü. Erkek hastalarda kadın hastalara göre daha fazla rezorpsiyona rastlandı. Ortodontik tedavisi diş çekimli yapılan hastalarda daha fazla rezorpsiyon olduğu görüldü. Tedavi sürelerindeki artışın kök rezorpsiyonu oluşumunu artırdığı tespit edildi. Maksiller keser dişlerde diğer dişlerden daha fazla rezorpsiyon oluştuğu görüldü.

Sonuçlar: Ortodontik tedavi gören hastalarda kök rezorpsiyonuna rastlanma oranı hasta cinsiyetinden, tedavinin diş çekimli yapılmasından ve tedavi süresinden etkilenmektedir.

Anahtar kelimeler: Eksternal apikal kök rezorpsiyonu, kök rezorpsiyonu, orthodontik tedavi

ABSTRACT

Evaluation of the Relationship between Orthodontic Treatment and Apical Root Resorption

Objective: The aim of this study is to analyze the relationship between apical root resorption and patient age, patient gender, type of treatment, duration of treatment in patients receiving orthodontic treatment and to obtain information to prevent resorption.

Method: This retrospective study was carried out by examining the panoramic films taken at the beginning and end of treatment of the patients who were treated in the orthodontic department of Akdeniz University Faculty of Dentistry between 2012-2019. In our study, the data of 1678 patients older than 10 years were checked. After excluding 242 of the patients who had root resorption at the beginning of the treatment, lack of cooperation during treatment and had systemic disease 1356 patients were evaluated for the presence of resorption. In our retrospective study, root resorption was scored between 0-3 and the relationship of resorption with patient age, patient gender, duration of treatment and treatment type parameters was investigated.

Results: Patient age and treatment with removable appliances before fixed orthodontic treatment did not affect root resorption. Male patients had more resorption than female patients. More resorption observed in patients who treated with tooth extraction. It was determined that increase in treatment duration increases the formation of root resorption. Maxillary incisors had more resorption than other teeth.

Conclusion: The rate of root resorption in patients undergoing orthodontic treatment is influenced by patient gender, tooth extraction and duration of treatment.

Key words: External apical root resorption, root resorption, orthodontic treatment

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

EAKR	Eksternal Apikal Kök Rezorpsiyonu
ark	Arkadaşları
Ort	Ortalama
Ss	Standart sapma
p	Önem düzeyi
%	Yüzde
>	Büyüktür
<	Küçüktür
±	Artı ve eksi
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
CBCT	Cone beam computerize tomografi

ŞEKİLLER DİZİNİ

		Sayfa
Şekil 3.1.	Çalışma gruplarının oluşturulması	32
Şekil 3.2.	Tedavi tiplerine göre hasta sayıları	36
Şekil 3.3.	Eksternal apikal kök rezorpsiyonu skorlaması	37
Şekil 3.4.	Örnek vaka 1: Kliniğimizde tedavi olan bir hastanın tedavi başlangıcı filmi	38
Şekil 3.5.	Örnek vaka 1: Kliniğimizde tedavi olan bir hastanın tedavi sonu filmi; rezorpsiyon skoru 2-3 olan kesici dişler	38
Şekil 3.6.	Örnek vaka 1'in kesici dişler bölgesinin büyütülmüş görüntüleri.	39
Şekil 3.7.	Örnek vaka 2: Kliniğimizde tedavi olan bir hastanın tedavi başlangıcı filmi.	39
Şekil 3.8.	Örnek vaka 2: Kliniğimizde tedavi olan bir hastanın tedavi sonu filmi; rezorpsiyon skoru 1 olan kesici dişler.	40

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Tedavi başlangıcında hasta yaşları	25
Tablo 3.2. EAKR-25 yaş üstü ve 25 yaş altı hasta dağılımı	26
Tablo 3.3. Hasta-cinsiyeti dağılımı	26
Tablo 3.4. Tedavi tipine göre hasta sayıları	27
Tablo 3.5. Diş çekimli-diş çekimsiz tedavi yapılan hasta sayıları	28
Tablo 4.1. Metot hatasının değerlendirilmesi	35
Tablo 4.2. EAKR varlığına göre hasta sayıları	36
Tablo 4.3. İleri seviyede rezorpsiyon (skor 2-3) varlığına göre hasta sayıları	36
Tablo 4.4. Rezorpsiyon-Hastaların tedavi başlangıcı yaşı ilişkisi	37
Tablo 4.5. İleri rezorpsiyon-Hastaların tedavi başlangıcı yaşı ilişkisi	37
Tablo 4.6. Tedavi başlangıcında hasta yaşları	38
Tablo 4.7. Tedavi başlangıcı yaşı 25 altı olanlarla 25 üstü olanlarda izlenen kök rezorpsiyonu oranları	38
Tablo 4.8. Tedavi başlangıcı yaşı 25 altı olanlarla 25 üstü olanlarda izlenen ileri rezorpsiyon oranları	39
Tablo 4.9. Hasta cinsiyet dağılımı	39
Tablo 4.10. Hasta cinsiyeti- EAKR ilişkisi	40
Tablo 4.11. Hasta cinsiyeti-ileri rezorpsiyon ilişkisi	41
Tablo 4.12. Cinsiyetlere göre tedavi süreleri	43
Tablo 4.13. Cinsiyetlere göre diş çekimi oranları	43

Tablo 4.14.	Toplam ve sabit tedavi süreleri	44
Tablo 4.15.	EAKR-Tedavi süresi ilişkisi	45
Tablo 4.16.	İleri rezorpsiyon-tedavi süresi ilişkisi	46
Tablo 4.17.	Tedavi tipine göre hasta sayıları	47
Tablo 4.18.	Diş çekimi-İleri rezorpsiyon ilişkisi	48
Tablo 4.19.	Diş çekimi-Tedavi süreleri ilişkisi	50
Tablo 4.20.	Tedavi tipine göre rezorpsiyon oranları	51
Tablo 4.21.	Dişlerin aldığı rezorpsiyon skorları	52
Tablo 4.22.	Alt ve üst çene EAKR yüzdeleri	55

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
TABLULAR DİZİNİ	v
İÇİNDEKİLER	vii
1.GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Tanımı	4
2.2. Sınıflandırma.....	4
2.4. Etiyoloji.....	6
2.5. Rezorpsiyon Sürecinin İşleyişi.....	8
2.6. Radyografik Değerlendirme-Teşhis	8
2.7. Ortodontik Tedavi Sırasında Oluşan Kök Rezorpsiyonunda Risk Faktörleri. 10	
2.7.1. Genetik faktörler EAKR İlişkisi.....	11
2.7.2. Sistemik Faktörler EAKR İlişkisi	12
2.7.3. Kemik Dansitesi EAKR İlişkisi	12
2.7.4. Hasta Yaşı EAKR İlişkisi.....	13
2.7.5. Tedavi Süresi EAKR İlişkisi.....	13
2.7.6. Cinsiyet EAKR İlişkisi.....	14
2.7.7. Diş Hareketi EAKR İlişkisi.....	15
2.7.8. Sement EAKR İlişkisi	16
2.7.9. Sementin Fizyolojik Remodelingi	17
2.7.10. Klinik Uygulamalarla EAKR İlişkisi	18
2.8. İdiopatik Kök Rezorpsiyonu	19
2.11. Rezorpsiyona Engel Olmak İçin Alınabilecek Önlemler.....	21
3. GEREÇ ve YÖNTEM	22
3.1. Çalışma Gruplarının Oluşturulması	22
3.2. Çalışma Grubunun Demografik Bilgileri.....	25
3.2.1. Çalışma Grubu Yaş Bilgileri.....	25

3.2.2. Çalışma Grubu Cinsiyet Bilgileri.....	26
3.3. Tedavi Tipinin ve Süresinin Değerlendirmesi	26
3.3.1. Hareketli Aparey Kullanımına Göre Tedavi Tipinin Belirlenmesi.....	27
3.3.2. Tedavi Sırasında Diş Çekimi Yapılıp Yapılmadığına Göre Tedavi Tipini Belirlenmesi	27
3.4 Rezorpsiyon Lokalizasyonunun Değerlendirilmesi	33
3.4. Tedavi Sürelerinin Değerlendirmesi	33
3.5. İstatistiksel Analizler.....	34
4. BULGULAR.....	35
4.2. EAKR- Hastalarda görülme oranının değerlendirilmesi.....	35
4.3. EAKR - Hasta Yaşı İlişkisinin Değerlendirmesi	36
4.4. EAKR - Hasta Cinsiyeti İlişkisinin Değerlendirmesi	39
4.5. EAKR -Tedavi Süreleri İlişkisinin Değerlendirmesi	44
4.8. EAKR'nun Çenelere ve Dişlere Göre Dağılımının Değerlendirmesi	51
5.TARTIŞMA	56
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	73
KAYNAKLAR	74

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Eksternal apikal kök rezorpsiyonu (EAKR) odontoklast hücreleri tarafından dişin sement ve dentin dokularının ortadan kaldırılması olarak tanımlanmıştır.⁽¹⁾ Daimi dişlenmeye geçiş sırasında süt dişlerinde oluşan rezorpsiyon fizyolojik sürecin bir parçası olarak değerlendirilmesine rağmen daimi dentisyona geçtikten sonra oluşan rezorpsiyon bir patoloji olarak kabul edilir.⁽²⁾ Eksternal apikal kök rezorpsiyonu ortodontik tedavi gören hastalarda sık görülen bir yan etki olarak karşımıza çıkmaktadır.⁽³⁻⁵⁾

Ortodontik tedavi sırasında apikal bölgede oluşan rezorpsiyon periodontal ligament alanında oluşan kompleks biyolojik aktivitenin sonucudur, bu biyolojik aktivitenin sebebi ise ortodontik tedavi sırasında bireysel fizyolojik tolerans sınırlarının üstünde uygulanan kuvvettir.⁽⁶⁾ Ortodonti pratiğinde sık karşılaşılan EAKR iatrojenik etki-fayda/zarar değerlendirmesinin zor yapıldığı, hastaya biyolojik zarar verme ihtimalinin yanında yasal sorunlar oluşturma potansiyeli de olan bir fenomen olarak değerlendirilmektedir.⁽⁷⁾

Eksternal apikal kök rezorpsiyonu ortodontik tedavinin herhangi bir aşamasında ortaya çıkıp tedavinin prognozunu ve sonuçların stabilitesini etkileyebilir.⁽⁸⁾ Alveol kretinde ve dişin kök boyunda oluşan rezorpsiyon ortodontik tedavinin sekeli olarak nitelendirilir. Kret yüksekliğinde ve kron kök oranında kron lehine olan değişimler ortodontik tedavi sonrası relaps olasılığını artırır, tedavi sonuçlarının stabilitesini azaltır.⁽⁹⁾

Kök rezorpsiyonuyla ilgili ilk sınıflama Brezniak ve ark.⁽¹⁰⁾ tarafından yapılmış, bu sınıflamada rezorpsiyonun klinik şiddeti dikkate alınmıştır. Brezniak ve ark.⁽¹⁰⁾ çalışmalarında kök rezorpsiyonunu sadece sementte rezorpsiyon olan semental yüzey rezorpsiyonu, dentine ulaşan dentinal rezorpsiyon ve sert dokuların tamamen rezorpsiyonuyla kök boyunun da kısaldığı sirkumfarensiyel rezorpsiyon olarak üç farklı form olarak tanımlamıştır.⁽¹⁰⁾ Sharpe ve ark.⁽⁹⁾ ise kök rezorpsiyonunu radyografik görüntülerde değerlendirerek rezorpsiyon şiddetine göre dört aşamalı olarak sınıflamıştır.⁽⁹⁾ EAKR sınıflamasında sık kullanılan diğer yöntem ise Sharpe sınıflamasına benzeyen fakat rezorpsiyonu şiddetine göre beş aşamada değerlendiren

Malmgrem⁽¹¹⁾ sınıflamasıdır. Eksternal apikal kök rezorpsiyonu kompleks ve multifaktöryel bir süreçtir, ortodontik tedavi sırasında oluşan rezorpsiyonun etiolojisinde genetik yatkınlık, kişisel değişkenler ve eksternal faktörlerin kombinasyonu vardır.^(12, 13)

EAKR etiolojisinde yer alan bu faktörlerin başında ortodontik tedavi öncesi oluşmuş dental travma, alveol kemik densitesi ve morfolojisi, diş köklerinin şekli, tedavi başlangıcında hastanın yaşı, tedavi süresi, ortodontik tedavi mekaniklerinin tipi ve uyguladığı kuvvet miktarı sayılabilir.⁽¹⁴⁻¹⁸⁾

EAKR ortodontik tedavi mekaniklerinden kaynaklanan bir komplikasyon olarak ilk kez 1914 yılında Ottolengui⁽¹⁹⁾ tarafından rapor edilmiştir.⁽¹⁹⁾ Geçen zaman boyunca rezorpsiyon sürecini araştırmak ve rezorpsiyonu engellemek için birçok çalışma yapılmış konuyla ilgili geniş kapsamlı ilk araştırma ise Ketcham⁽²⁰⁾ tarafından 1927 yılında yayınlanmıştır.⁽²⁰⁾ Bu çalışmada EAKR'nun özellikleri ilk kez tanımlanmıştır.^(19, 20)

Ortodontik tedavi planlamasında rutin olarak alınan filmler periapikal, panoramik ve sefalometrik filmlerdir, kök rezorpsiyonu varlığının tespiti de genellikle bu rutin filmler kullanılarak yapılmaktadır.⁽¹⁴⁾ Tedavi sırasında kök rezorpsiyonu oluşup oluşmadığının şüpheli olduğu durumlarda en sık kullanılan yöntem ise periapikal radyograflardır.⁽²¹⁾ Üç boyutlu değerlendirme yapmak ya da daha kesin ölçümler yapmak gerektiğinde konik ışıklı bilgisayarlı tomografi kök rezorpsiyonu tespitinde kritik öneme sahiptir.⁽²¹⁾ Ortodonti muayenelerinde rutin olarak alınan filmlerden kök rezorpsiyonu miktarını belirlemek için periapikal ve panoramik filmler kullanılabilir, periapikal filmler panoramik filmlere göre daha detaylı görüntü verir. Bu yüzden klinisyenler özellikle yetişkin hastalarda kök rezorpsiyonu muayenesi için tüm çene periapikal film almayı tercih edebilirler.⁽²²⁾

Ortodontik tedavi sebebiyle oluşan EAKR sürecinin sonlanmasıyla ilgili görüşler farklılık göstermektedir.

Vonderhae⁽²³⁾ ortodontik tedavi sebebiyle oluşan rezorpsiyonun ortodontik tedavi biter bitmez sonlandığını bildirmiştir. ⁽²³⁾

Rygh⁽²⁴⁾ elektron mikroskopu kullanarak yaptığı çalışmasında ortodontik tedavi sebebiyle oluşan rezorpsiyonun tedavi bittiğinde ya da dişe uygulanan mekanik kuvvet belli bir seviyenin altına düştüğünde sonlandığını bildirmiştir.⁽²⁴⁾ Mattison⁽²⁵⁾ ortodontik tedavi bittikten sonra da rezorpsiyonun devam edebileceğini, bu durumda rezorpsiyonun devam ettiği dişe endodontik tedavi yapıp ardından splintlenerek rezorpsiyonun durdurulabileceğini bildirmiştir.

Kök rezorpsiyonu günümüzde hala birçok yönü aydınlatılmamış bir patolojik durumdur. Genellikle asemptomatik olduğu için her yıl birçok EAKR vakası gözden kaçmaktadır. Rezorpsiyonun erken teşhisi ise başarılı tedavi için esas teşkil etmektedir.⁽²⁶⁾

Çalışmamızın amacı Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Ana Bilim Dalı kliniğinde 2012-2019 yılları arasında tedavi görmüş hastaların panoramik filmleri incelenerek fakültemizde tedavi edilmiş hastalar içinde EAKR gelişen hasta verilerini elde etmek, bu verileri kullanarak EAKR'nun hasta yaşı, hasta cinsiyeti, tedavi süreleri ve tedavinin çekimli yapıp yapılmadığıyla ilişkisini değerlendirmektir. Çalışmamızda değerlendirilen hasta sayısı literatürde ortodontik tedavi-EAKR ilişkisi ile ilgili çalışmalarda değerlendirilen hasta sayılarından oldukça yüksektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Tanımı

Kök rezorpsiyonu diş kökü dokularının progresif olarak kaybedilmesi durumudur.⁽²⁷⁾ Kökün hem iç hem de dış yüzeyinde oluşabilir, dişin pulpal yüzeyinde oluşan rezorpsiyon internal rezorpsiyon olarak tanımlanırken, diş kökünün periodontal ligament yönünde oluşan rezorpsiyon eksternal apikal rezorpsiyon olarak tanımlanır.⁽²⁷⁾ Ortodontik tedavi kaynaklı eksternal apikal kök rezorpsiyonu ortodontik tedavinin bir yan etkisi ve kaçınılmaz patolojik sonucu olarak tanımlanmıştır.^(3, 28)

Eksternal apikal kök rezorpsiyonu ortodontik tedavinin birçok biyolojik ve çevresel faktörden etkilenen bir yan etkisidir.⁽²⁹⁾ Eksternal apikal kök rezorpsiyonu sürecinin sonunda selüler sementle tamir oluşmasına rağmen kök uzunluğunda kalıcı bir kayıp oluşur.⁽³⁰⁾ Bu patolojik yan etki kök yüzeyindeki klastik hücrelerin istenmeyen aktivitesi sonucu oluşmaktadır ve ancak rutin radyografik incelemelerde fark edilebilir.⁽³¹⁾ Eksternal apikal kök rezorpsiyonuyla kökün dörtte birinden fazlasının kaybedildiği şiddetli rezorpsiyon vakaları dışında belirgin klinik semptom görülmeyebilir.^(32, 33) Vital ve endodontik tedavi görmüş dişler apikal kök rezorpsiyonu görülmesi bakımından birbirinden farklıdır.⁽³⁴⁾

Kök rezorpsiyonunun şiddetli bir formu olarak tanımlanan eksternal invaziv rezorpsiyon dar bir başlangıç kavitesi sonrası genişleyen rezorpsiyon alanları oluşturan rezorpsiyon tipidir ve genellikle servikal bölge tutulumu yapar. Heithersay eksternal invaziv rezorpsiyon için hazırlayıcı faktörleri şu şekilde sıralamıştır: (%21,1) ortodontik tedavi, (%15) travma, (%3,9) intrakoronel bleaching, (%7,7) travma ve bleaching kombinasyonu, (%1,8) ortodontik tedavi ve bleaching kombinasyonu⁽³⁵⁾

2.2. Sınıflandırma

Literatür bilgilerinde farklı kök rezorpsiyonu tipleri için farklı tanımlamalar vardır. Örneğin 'apikal replasman rezorpsiyonu' ortodontik tedavi sonrası apikal kök rezorpsiyonunu tanımlamak için kullanılmaktadır.⁽³⁶⁾ Aynı patolojik durum 'inflamatuar kök rezorpsiyonu' kategorisinde de değerlendirilmektedir.⁽³⁷⁾ Travmatik yaralanmalar sonrası oluşan kök rezorpsiyonu sınıflamasında replasman ve

inflamatuar rezorpsiyonlar tamamen farklı etioloji ve tedavi protokolleriyle ilişkilendirilmektedir.(38) Fuss ve ark. (39) EAKR sınıflamasında karışıklıklara sebep olabilen bu durumun klinisyenler arasında iletişimi zorlaştırdığını ve bu yüzden yeni bir klinik sınıflama oluşturulması gerektiğini bildirmiştir.(39)

Literatürde sık kullanılan ve genel kabul gören Andresen sınıflamasında kök rezorpsiyonu lokalizasyonuna göre eksternal ve internal olarak ikiye ayrılır, eksternal rezorpsiyon ise kendi içinde inflamatuvar rezorpsiyon , replasman rezorpsiyonu ve servikal rezorpsiyon olarak üçe ayrılır.(40)

Ortodonti pratiğini ilgilendiren eksternal inflamatuvar rezorpsiyon infektif ve steril formlarda olabilir. Nekrotik bir dişte kök yüzey hasarı olduğunda ve bakteri endotoksinleri osteoklastları aktive ettiğinde infektif rezorpsiyon oluşur. Diş, kist ya da sürmemiş bir dişle komşulukta olup başka bir patolojik durum olmadan rezorpsiyon oluştuğunda ise steril rezorpsiyon oluşur.(27) (40)

Eksternal kök rezorpsiyonunun şiddetine göre genel sınıflama şu şekildedir:

Hafif: 2 mm'den daha az rezorpsiyon varlığı.

Orta: 2 mm'den fazla fakat kökün üçte birinden daha az rezorpsiyon varlığı.

Şiddetli: 4 mm'den fazla veya kökün üçte birinden daha fazla rezorpsiyon varlığı.(34, 41, 42)

Horizontal kök rezorpsiyonunu periapikal filmler üzerinde değerlendirmek için genellikle Malmgrem⁽¹¹⁾ sınıflama sistemi kullanılır. Bu sistemde rezorpsiyon şiddeti 0-4 arası değerler almaktadır. Eğimli rezorpsiyon alanlarını değerlendirmek için ise modifiye edilmiş Malmgrem sınıflama sisteminin kullanımı önerilmektedir.(43)

Sharpe ve ark.⁽⁹⁾ tarafından tanımlanan sistemde kök rezorpsiyonunu rezorpsiyon şiddetine göre dört aşamalı olarak sınıflanmıştır. .⁽⁹⁾

2.3. Epidemiyoloji

Literatürdeki eksternal apikal kök rezorpsiyonu ile ilgili çalışmalarda rezorpsiyon sıklığıyla ilgili farklı sonuçlar bildirilmiştir.

Lund ve ark.⁽⁴⁴⁾ EAKR'nu araştırdıkları CBCT çalışmalarında sabit ortodontik tedavi sonrası hastaların %94'ünde en az bir dişte 1 mm den daha fazla kök boyu kaybı , % 6,6' sında ise 4 mm den fazla kök boyu kaybı gözlediğini bildirmiştir.⁽⁴⁴⁾ Lund ve ark.⁽⁴⁴⁾ ortodontik tedavi sırasında dişlerin % 91' inde kök rezorpsiyonu tiplerinden herhangi birinin görüldüğü bildirmiştir.⁽⁴⁴⁾

Lupi⁽⁴⁵⁾, eksternal apikal kök rezorpsiyonunun araştırdığı çalışmasında EAKR'nu ortodontik tedavi öncesinde % 15 oranında belirlediğini tedavi sonrasında ise oranın % 73'e yükseldiğini bildirmiştir.⁽⁴⁵⁾

Killany⁽¹³⁾, agresif eksternal apikal kök rezorpsiyonu olarak tanımladığı 5mm'den fazla kök rezorpsiyonunun ortodontik tedavi gören hastaların %2-5 inde görüldüğü bildirmiştir. ⁽¹³⁾ çalışmada şiddetli kök rezorpsiyonu, santral kesici dişlerin kök uzunluğunun %25'inden daha fazlasının kaybedildiği durum olarak tanımlanmış, panoramik radyograflarda şiddetli kök rezorpsiyonunun tespit edildiği vakaların oranı %3 olarak rapor edilmiştir. ⁽¹³⁾

Farklı çalışmalarda şiddetli kök rezorpsiyonu apikal bölgede 3 mm'den fazla rezorpsiyonu tanımlamak için kullanılmış, bu çalışmalarda hastaların %10-20 kadarında şiddetli rezorpsiyon olduğu rapor edilmiştir. ^(43, 46)

Apikal kök rezorpsiyonu oluşma insidansını farklı çalışmalar arasında kıyaslamak çok faydalı değildir. Çünkü çalışmalardaki rezorpsiyon kriterleri çok farklıdır ve bu kriterler çalışmalarda genellikle tanımlanmamıştır. Etnik orjin ise epidemiyolojide önemli bir faktör olarak tanımlanmıştır, asya kökenlilerin kök rezorpsiyonuna yatkınlığının beyazlardan ve hispaniklerden daha fazla olduğu bildirilmiştir. ⁽¹⁴⁾ Bu yüzden çalışma sonuçları kıyaslanırken etnik faktörler dikkate alınmalıdır.

2.4. Etiyoloji

Kök rezorpsiyonu etiyolojisinin iki fazdan oluştuğu söylenebilir: yaralanma ve stimulyasyon.^(37, 47) Yaralanma dişin kök yüzeyini saran mineralize olmayan dokularda, presegmentte, ya da kök kanalının i yüzünde ve predentinde olabilir. Yaralanma farklı rezorpsiyon tiplerinde benzer şekillerde olabilir bunlar travma, cerrahi işlemler, gömülü diş, ortodontik tedavi ya da tümör kaynaklı aşırı basınc olabileceği gibi ağartma işlemlerinde kullanılan hidrojen peroksit ya da başka kimyasal iritanlara

bağlı olarak da gelişebilir.⁽⁴⁸⁾ Yaralanma sonrası çıplak kalan mineralize doku çok çekirdekli hücrelerce işgal edilir ve rezorpsiyon süreci başlar. Eğer rezorpsiyon yapan hücreler daha ileri seviyede uyarılmaya devam etmezse rezorpsiyon süreci kendiliğinden sona erer.⁽³⁹⁾

Hasarlanmış bölge çok geniş değilse sement benzeri bir dokuyla tamir süreci 2-3 hafta içinde başlar. Fakat hasar gören alan çok geniş ise kemik hücreleri sement benzeri hücrelerden önce kök yüzeyine ulaşarak ankiloz gelişmesine sebep olabilir. Rezorpsiyonun devam etmesi klastik hücrelerin basınç ya da başka sebeplerle uyarılmaya devam etmesine bağlıdır. Rezorpsiyon orjini rezorpsiyon tipine göre değişir, bu yüzden rezorpsiyonu tetikleyen faktör tespit edilip rezorpsiyon sürecini tersine çevirmek mümkün olabilir.⁽³⁹⁾

Geçmişte kök resorpsiyonunun etiyojisiyle ilgili çeşitli modeller ortaya atılmıştır.⁽⁴⁹⁾

Bu modeller şunlardır:

1. Replantasyon modeli.⁽⁵⁰⁾
2. Lüksasyon modeli.⁽⁵¹⁾
3. Cerrahi-periodontal yaralanma modeli.⁽⁵²⁾
4. Donma yaralanma modeli.⁽⁵³⁾
5. Ortodontik yaralanma modeli.^(13, 54-56)

Tüm bu modellerle ilgili yapılan çalışmalarda rezorpsiyonun başlangıç aşamasını açıklayacak yeterli bilgi edinilememiştir.⁽⁴⁹⁾

Dokuyla ilgili faktörlerin dışında eksternal apikal kök rezorpsiyonu kompleks ve multifaktöryel bir süreçtir. EAKR genetik yatkınlık, kişisel değişkenler ve eksternal faktörlerin kombinasyonunun sonucudur.^(12, 13) Loos ve ark.⁽⁵⁷⁾ EAKR'nu genetik ve genetik olmayan birçok faktörün rol oynadığı kompleks bir fenomen olarak tanımlanmaktadır.⁽⁵⁷⁾ Apikal kök rezorpsiyonunu tetikleyen yaş, cinsiyet, dil itimi, anterior open bite, malokluzyon tipi, tedavi öncesi kök morfolojisi gibi hastaya ait biyolojik faktörlerle ilgili literatür bilgileri tartışmalı sonuçlar vermektedir.^(29, 58, 59)

Son dönemde etiyojisi çalışmalarına genler de dahil edilmiş, IL-1B ve EAKR arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarda iki parametre arasında ilişki olmadığı bildirilmiştir.⁽⁵⁸⁾

Çalışmamızın ilgi alanı olan sabit ortodontik tedavinin tipi ve süresinin, tedavinin çekimli olup olmadığının ve anterior dişlere uygulanan tork miktarı gibi çevresel faktörlerin kök rezorpsiyonu üzerinde etkisi olduğu kabul edilmektedir.⁽⁵⁸⁾

Rezorpsiyon süreci vitaminlerden, özellikle D vitamini alım miktarından etkilenmektedir, D vitamini ile periodontal sağlık arasında belirgin ilişki olduğu rapor edilmiştir.⁽⁶⁰⁾ Kanıtlar D vitamininin oral sağlık için sadece kemik sağlığı ve mineral metabolizması için gerekli olduğundan değil aynı zamanda bir antiinflamatuvar ajan olduğu için gerekli olduğunu göstermektedir.⁽⁶⁰⁻⁶²⁾

D vitamini eksikliğini ülkemizin de içinde değerlendirildiği orta asya bölgesinde yıl içinde yeterli gün ışığı alınmasına rağmen sık rastlanan bir durum olduğu bildirilmiştir.⁽⁶³⁾

2.5. Rezorpsiyon Sürecinin İşleyişi

Rezorpsiyon sürecinde farklı faktörler görev alır, odontoklastlar bu sürecin temel hücreleridir.⁽⁶⁴⁾ Odontoklastlar morfolojik ve fonksiyonel karakteristikler olarak osteoklastlara çok benzeyen hücrelerdir.⁽⁶⁴⁾ Periodontal ligament ve kemik iliği kaynaklı dolaşımdaki hemotopoetik mononükleer hücre prekürsörlerinin diferansiasyonu kemik ve kök yüzeyi rezorpsiyonu için gereklidir.⁽⁶⁵⁾ Aktive odontoklastlar mineral matrikse yapışarak polarize olan girintili çıkıntılı yüzeylerinden mineral rezorpsiyonunu başlatan proteaz salgılamaya başlar.⁽⁶⁶⁾ V-ATPaz pompası karbonik anhidraz-2 tarafından üretilen protonları hücre membranına taşır ve oradan da rezorpsiyon alanına boşaltır, böylece asidik bir alan oluşturulur.⁽⁶⁷⁾ Asidik ortam sayesinde rezorbe edilen materyal endositozla hücre içine alınır, hücre içine alınan materyalin eliminasyonundan tartarat dirençli asit fosfataz enzimi sorumludur. Katepsin ve matriks metalloproteazları ise kollojenden zengin organik matriksin yıkımını gerçekleştiren enzimlerdir.⁽⁶⁸⁾

2.6. Radyografik Değerlendirme-Teşhis

Ortodontik nedenle oluşan kök rezorpsiyonunun değerlendirilmesi konvansiyonel radyografi, subtraksiyon radyografisi, cone-beam bilgisayarlı tomografi, elektron mikroskopu ve histopatolojik yöntemlerle yapılabilir.^(69, 70) Bu uygulamalar içinde üç boyutlu görüntüleme sağlayan tek yöntem bilgisayarlı tomografi uygulamasıdır.

Periapikal ve panoramik röntgen görüntüleme teknikleri ise iki boyutlu değerlendirme sağlar. Panoramik ve periapikal yöntemlerin magnifikasyon hataları olması ve düşük gözlemci tekrarlanabilirlikleri gibi dezavantajları vardır.⁽⁶⁹⁾ Histopatolojik değerlendirme ve scanning elektron mikroskobu teknikleri ise invaziv girişimler gerektirdiği için klinik olarak uygulanabilir değildir.⁽⁶⁹⁾

Radoyografik tetkikler ortodontik tedavide muayene sürecinin önemli bir parçasıdır. Lateral sefalometrik ve panoramik filmler tedavi başlangıcında ve tedavi sırasında rutin olarak alınan filmlerdir. Klinisyenler devam eden ortodontik tedavi sırasında kök rezorpsiyonu olup olmadığını genellikle panoramik radyograflar yardımıyla değerlendirir.⁽⁷¹⁾ Panoramik radyografin kök uzunluğundaki küçük değişimleri ayırt etmede yeterli olamayacağı düşünülen durumlarda periapikal radyograflar istenebilir. İki boyutlu radyograflarda kök boyu değişimi değerlendirilirken dikkatli olunmalıdır. Çünkü radyografik görüntüler distorsiyonlardan, magnifikasyondan ve dişin angulasyonundan etkilenmektedir.^(71, 72) Hafif ve orta şiddetli sınıf 2 malokluzyona sahip hastalarda yapılan kamuflej tedavilerinde mandibular keserler prokline olduğunda bu dişlerin panoramik radyografteki boyları daha kısa görünmektedir.⁽⁷³⁾ Maksiller keser dişler fazla miktarda retrokline olduğunda radyografteki boylarında artış olduğu görülmüştür.⁽⁷⁴⁾

Panoramik radyografin diğer dezavantajları, iki boyutlu olmasında dolayı oluşan süperpozisyonlar, radyografte oluşan parlamalar, projeksiyon distorsiyonları olarak belirtilmektedir.^(74, 75)

Panoramik filmlerde yapılan kök rezorpsiyonu değerlendirmesinde periapikal filmde yapılan değerlendirmeye oranla rezorpsiyon miktarının %20 daha fazla ölçüldüğünü bildirilmiştir. Dijitalize edilmiş periapikal filmlerin ise bilgisayarlı tomografiye oranla daha düşük değerler ölçmeye sebep olduğu bildirilmiştir.^(22, 76)

Sherrad ve ark. Periapikal radyograflarla yapılan ölçümlerde dişlerin gerçek uzunluğundan ortalama 2.6 mm düşük ölçüldüğünü CBCT ölçümlerinde ise boyut farkının sadece 0.3 mm olduğunu bildirmiştir.⁽⁷⁷⁾ Eğimli rezorpsiyon bölgelerinin değerlendirilmesinde panoramik radyograf CBCT ve periapikal radyografte göre daha küçük değerler ölçülmesine sebep olmaktadır.⁽⁷⁸⁾ Panoramik ve periapikal filmlerin

kök rezorpsiyonu miktarını belirlemede yetersiz kalacağı için ileri radyografik yöntemlerin kullanılması çeşitli çalışmalarda önerilmiştir.^(75, 79)

Rahmel ark. çalışmasında konvansiyonel panoramik filmle tomosentetik panoramik film kök rezorpsiyonunu tespit etmedeki başarıları bakımından kıyaslanmış, tomosentetik panoramik radyografin rezorpsiyon tespitinde konvansiyonel radyografa kıyasla daha net görüntüler verdiği fakat sonuçların birbirine çok yakın olduğu bildirilmiştir.⁽⁸⁰⁾

CBCT teknolojisinin 90'lı yıllarda tanıtılıp ardından yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Küçük rezorpsiyon alanlarının tespiti için CBCT görüntüleme sistemi konvansiyonel panoramik radyografiye göre daha güvenilir olarak değerlendirilmektedir.^(81, 82)

Tantanapornkul⁽⁷⁸⁾, rezorpsiyon alanının tam olarak değerlendirmenin tek yolunun bu konuda altın standart olarak kabul edilen çekilmiş dişin histolojik incelemesiyle mümkün olabileceğini bildirmiştir.⁽⁷⁸⁾

2.7. Ortodontik Tedavi Sırasında Oluşan Kök Rezorpsiyonunda Risk Faktörleri

Ortodontik tedaviyle oluşan kök rezorpsiyonu, kuvvet kaynaklı steril inflamasyon olarak tanımlanabilir, rezorpsiyon başlangıçta kök yüzeyindeki sementi daha şiddetli durumlarda da dentini etkiler.⁽⁸³⁾

Apikal kök rezorpsiyonunun ortodontik tedaviyle ilişkisi ilk olarak 1914 yılında Ottolenghi tarafından dile getirilmiştir.⁽¹⁹⁾ Bu tarihten sonra çeşitli araştırmacılar tarafından bu ciddi iatrojenik problemin olası sebepleri araştırılmaya devam edilmiştir.⁽⁸⁴⁾

Apikal kök rezorpsiyonu ortodontik tedavi sırasında periodontal ligament üzerinde oluşan basınç sebebiyle canlılığını kaybeden dokuların klastik hücreler tarafından ortadan kaldırılması sırasında kök yüzeyinde oluşan çevresel hasarlanmayla meydana gelmektedir.^(85, 86) Diş üzerine uygulanan mekanik stres periapikal dokuların direnç ve tamir kapasitesinin üzerine çıktığında rezorpsiyon oluşmaya başlar.⁽⁸⁷⁾ Sementte ya da dentinin mineral içeriğinde kayıp oluşması sonucunda apikal bölgede kılma gözlemlenir..⁽²⁸⁾

Brezniak ve ark. ⁽³⁰⁾ na göre EAKR-ortodontik tedavi ilişkisinde risk faktörleri şunlardır. ⁽³⁰⁾

1. Genetik faktörler
2. Sistemik faktörler
3. Kişisel yatkınlık
4. Kök morfolojisi
5. Alveol kemik morfolojisi
6. Ortodontik kuvvet tipi (sürekli ya da kesikli), yönü ve süresi
7. Tedavi mekaniklerinin tipi (köşeli ya da yuvarlak ark teli kullanım, spring, elastik vs. kullanımı)
8. Diş hareketinin tipi (intruzyon, ekstruzyon, devrilme ya da paralel hareket)
9. Dişin hareket miktarı
10. Ortodontik tedavinin süresi

2.7.1. Genetik faktörler EAKR ilişkisi

Genetik faktörlerin kök rezorpsiyonunu etkilediği ilk olarak 1975 yılında Newman tarafından ailesel yatkınlık olarak dile getirilmiştir. ⁽⁸⁸⁾

Genetik olarak kontrol edilen ve alveol kemiğin rezorpsiyonunda yer alan sitokinlerden IL-1beta osteoklast aktivitesi ve kemik rezorpsiyonunun potent tetikleyicilerindedir. Bu medyatörün eksikliği alveol kemiğin kuvvet karşısında gösterdiği yıkım cevabının azalmasına sebep olur, böylece diş kökü yüzeyinde daha fazla stres oluşmasına ve rezorpsiyona sebep olabilir. ⁽⁸⁹⁾ IL-1beta geninin proinflamatuvar etkisini antagonize eden IL-1Ra proteinini kodlayan gen ise IL1RN genidir. ⁽⁹⁰⁾

P2RX7 reseptörü makrafaj yüzeyinde bulunan ve ortodontik kuvvete karşı oluşan cevap mekanizmasında yer alan reseptörlerden biridir. Özellikle nekrotik doku kaynaklı apoptotik hücrelerden salınan ATP bu gene bağlanır, bu reseptörün aktivasyonu IL1 in ve diğer kemotaktik ajanların salınımında artış oluşur. Böylece fagositik hücrelerin çalışması ve kemik remodelingi sağlanır. ⁽⁹¹⁾

Al-Qawasmi ve ark. ⁽⁹²⁾ , IL-1beta polimorfizminin kök rezorpsiyonuna yatkınlıkta genetik temeli oluşturduğunu bildirmiştir. ⁽⁹²⁾ Fakat Gülden ve ark. yaptıkları

çalışmada IL-1beta alleleri arasında kök rezorpsiyonu bakımından fark olmadığı sonucuna ulaşmıştır. Iglesias-Linares ve ark.⁽⁹³⁾ yaptığı çalışmada ise IL-1RN tek gen polimorfizminin kök rezorpsiyonuyla yüksek seviyede ilişkili olduğunu bildirmiştir.⁽⁹³⁾

Guo ve ark.⁽⁹⁴⁾, (2016)174 hastayla yaptığı çalışmada tedavi başlangıcı ve sonunda hastaların CBCT kayıtları ve genomik DNA için yanak SWAP'ları alınmıştır. Rezorpsiyon görülen ve görülmeyen hastalar kıyaslandığında cinsiyet ve dişin hareket miktarının IL-1RN SNP rs 41958 gen varlığıyla ilişkili olmadığı, fakat IL-6 SNP rs1800796 geninin kök rezorpsiyonuyla ilişkili olduğu bildirilmiştir.⁽⁹⁴⁾

Consolaro⁽⁹⁵⁾'ya göre kök rezorpsiyonunun genlerle ilişkisini incelemek için yapılan çalışmalar genellikle farklı klinisyenler tarafından tedavi edilmiş hastaların vakaları olduğu ve örneklem grupları homojen olmadığı için bilimsel destekten uzaktır.⁽⁹⁵⁾

2.7.2. Sistemik Faktörler EAKR İlişkisi

Apikal kök rezorpsiyonuna etkisi olan birçok sistemik faktör vardır. Bunlar arasında en bilinenler hiperparatiroidizm, hipoparatiroidizm, hipofosfatem, hiperfosfatem, Gaucher hastalığı, Paget hastalığı, Goltz sendromu, Papillon-Lefevre sendromu, anakorezis, Turner sendromu ve hormonal bozuklulardır.⁽⁹⁶⁾

Apikal kök rezorpsiyonunun hastayla ilgili faktörlerini değerlendiren bazı çalışmalarda alveoler kemik dansitesi de sistemik faktörler arasında gösterilmiştir.^(59, 97)

Hiperparatiroidizm⁽⁹⁸⁾, hipo ve hipertirodizm^(99,100), kalsiyum eksikliği⁽¹⁰¹⁾, overektomi⁽¹⁰²⁾ gibi sistemik anomalilerin de EAKR için potansiyel risk faktörü olabilir, bu rahatsızlıklardan birini veya birkaçını taşıyan hastalar EAKR açısından riskli olarak değerlendirilir fakat bu konudaki risk tahminleri tartışmaya açıktır.⁽¹⁰³⁾

2.7.3. Kemik Dansitesi EAKR İlişkisi

Kemik kitlesi bir kemik segmentinin matriks ve mineral miktarının kombinasyonudur.⁽¹⁰⁴⁾ Klinik olarak kemik kitlesi yerine kullandığımız kemik dansitesi ise kemiğin kalsiyum ve diğer mineral içeriğinin konsantrasyonunu tanımlar ve kemiğin gücünü hesaplamada kullanılır. İnsanların kemik dansitesi yaşam boyunca

değişime uğrar. Yirmili yaşların ortalarıyla otuzlu yaşlarda zirve seviyesine ulaşan kemik densitesi ilerleyen yaşla birlikte düşüş gösterir.^(104, 105)

Alveol kemik densitesinin değişmesi diş kökü üzerindeki gerilimi ve hareket ettirmek için gereken ortodontik kuvveti etkiler.⁽⁹¹⁾ Dişlere uygulanan ortodontik kuvvet artışı ise oluşacak rezorpsiyon seviyesini etkilemektedir.

Winkler⁽¹⁰⁶⁾, mandibular kemik densitesinin fazla olmasının molar mezializasyonu sırasında artmış kök rezorpsiyonu için risk faktörü olduğunu bildirmiştir.⁽¹⁰⁶⁾

Nakada⁽¹⁰⁷⁾, ortodontik olarak hareket ettirilen dişin kortikal kemik teması arttıkça rezorpsiyon miktarının arttığı bildirilmiştir.⁽¹⁰⁷⁾

2.7.4. Hasta Yaşı EAKR İlişkisi

Rezorpsiyon oluşumunda yaş, cinsiyet, kök morfolojisi, dental anomaliler ve daha önce geçirilmiş travma hikayesi gibi hasta karakteristikleri olası risk faktörleri olarak bildirilmiştir, hasta yaşının ortodontik tedavide kök rezorpsiyonu bakımından risk oluşturup oluşturmadığı literatürdeki tartışmalı konulardandır.^(108, 109)

Genel olarak hasta yaşının kök rezorpsiyonu açısından risk faktörü olduğu ve yetişkin hastaların bu konuda tedavi öncesi bilgilendirilmesi gerektiği yönünde görüşler hakimdir.^(16, 110, 111) Öte yandan Harris⁽¹¹²⁾ yaş ortalamaları 12,5 olan adolesanlar ve yaş ortalaması 27,6 yıl olan yetişkinlerle yaptığı çalışmada tedavi süreleri ve oluşan EAKR'nun yaş grupları arasında farklılık göstermediğinin bildirilmiştir.⁽¹¹²⁾

Daimi dişler içinde kök gelişiminin en erken tamamlanan diş 7 yaşında apikal kapanması tamamlanan üst birinci molar dişdir. Hasta 8 yaşına geldiğinde üst alt santral kesici dişlerin kök gelişimi, 10 yaşında ise lateral kesici dişlerinin kök gelişimi tamamlanmaktadır.⁽¹¹³⁾ Üçüncü molar dişler hariç tüm daimi dişlerin kök gelişimi ise 15 yaşında tamamlanmaktadır.⁽¹¹³⁾ Bu bilgiler ışığında rezorpsiyon oluşumunun en erken değerlendirilebileceği yaşın 7 yaş sonrası olduğu söylenebilir.

2.7.5. Tedavi Süresi EAKR İlişkisi

Tedavi süresinin EAKR oluşumuna etkisi birçok çalışmada ele alınmış Mc Fadden⁽¹¹⁴⁾, intruzyon hareketi sırasında oluşan kök rezorpsiyonunda en önemli faktörün tedavi

süresi olduğunu bildirmiştir.⁽¹¹⁴⁾ Tedavi süresinin EAKR oluşumuna etki mekanizmasını inceleyen çalışmalarda kök rezorpsiyonunun aktif ortodontik tedaviyle oluşan hyalinizasyon tabakası oluşumundan hemen sonra oluştuğu gözlenmiş, çalışmacılar kök rezorpsiyonunda tedavi süresinden çok aktif tedavi süresinin önemini vurgulanmıştır.^(16, 115)

Janson ⁽¹⁰⁹⁾,tedavi süresindeki artışın çekimli tedavi yapılan hastalarda molar mezializasyonu sırasında oluşan kuvvetin etkilediği süreyi artırdığını, kök rezorpsiyonu riskinin bu nedenle arttığını bildirmiştir.⁽¹⁰⁹⁾

Segal ve ark. ⁽¹¹⁶⁾ dişin ortodontik kuvvete maruz kaldığı süre arttıkça EAKR artışı olduğunu bildirdikleri çalışmalarında tedavi süresi arttıkça dişin çevre dokularındaki inflamatuvar cevabın arttığını, inflamasyondaki artışın da kök rezorpsiyonuna sebep olduğu bildirmiştir.⁽¹¹⁶⁾

Literatürde tedavi süresinin kök rezorpsiyonuna etkisi olmadığını, rezorpsiyonun nedeninin başka faktörler olduğunu bildiren görüşlere de rastlanmaktadır.^(108, 117-120)

Mirabella ve ark.⁽¹⁶⁾ maksiller kesicilerdeki rezorpsiyon miktarını lateral sefalometrik filmler üzerinde inceledikleri çalışmalarında tedavi süresinin rezorpsiyon miktarına etkisi olmadığını, dişin hareket ettiği mesafenin rezorpsiyonu etkilediğini bildirmiştir.

2.7.6. Cinsiyet EAKR İlişkisi

EAKR-ortodontik tedavi ilişkisi incelenirken dikkat edilmesi gereken değişkenlerden birisi de hasta cinsiyetidir.

Cinsiyetler arasındaki temel farkı östrojen ve testosteron hormonları ve bu hormonların kemik dokuda oluşturduğu etkiler oluşturur. Her iki hormonunda kemik yıkımını azalttığı ve kemik dansitesini artırdığı bildirilmiştir.⁽¹²¹⁾

Mc Fadden⁽¹¹⁴⁾ intrüzyon sırasında oluşan rezorpsiyonu değerlendirdiği çalışmasında cinsiyetin rezorpsiyon miktarını etkileyen faktörler arasında olmadığını bildirmiştir.⁽¹¹⁴⁾

Newman ⁽⁸⁸⁾ ortodontik tedavi sırasında kadınlarda daha fazla rezorpsiyon olduğunu bildirmiştir.⁽⁸⁸⁾

Benzer şekilde Levandeer ⁽⁴³⁾ sabit mekaniklerle yapılan 6-9 aylık başlangıç tedavisinden sonra kadınlarda daha fazla rezorpsiyon gözlemlendiğini bildirmiştir, çalışmacı şiddetli kök rezorpsiyonunun da kadınlarda daha fazla gözlemlendiğini bildirmiştir.⁽⁴³⁾

2.7.7. Diş Hareketi EAKR İlişkisi

Diş hareketinin tipi ve miktarı rezorpsiyon miktarını belirleyen kriterlerden biri olarak değerlendirilmektedir. ^(108, 109) Apikal bölgede rezorpsiyon oluşturan diş hareketleri içinde en zararlı hareketin intrüziv hareket olduğu bildirilmiştir.⁽¹⁰⁸⁾ İntrüzyon hareketi sırasında dişe gelen kuvvetlerin kök ucunda yoğunlaşması intrüzyonda oluşan rezorpsiyon miktarının diğer hareketlerden fazla olmasının nedeni olabilir. ⁽¹²²⁾

Han ve ark.⁽¹²³⁾, intrüzyon yönlü kuvvetinin ekstrüzyon yönlü kuvvetten dört kez daha fazla rezorpsiyon oluşturduğunu bildirmiştir.⁽¹²³⁾ Open bite tedavisinde iskeletsel ankraj ünitesi yardımıyla molar intrüzyonu yapılan hastalarda molar intrüzyonu yapılmayan hastalara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede fark olduğu bildirilmiştir.⁽¹²⁴⁾

İntrüzyon kuvvetiyle birlikte tork hareketinin olması ya da dişte jiggling hareketinin oluşması rezorpsiyon şiddetini artırmaktadır.^(123, 125, 126)

Diş hareketiyle EAKR ilişkisini inceleyen Janson ⁽¹⁰⁹⁾, çekimli tedavi yapılan hastalarda daha fazla rezorpsiyon olduğunu, bunun çekim yapılan vakalarda keserlerin daha fazla retrokline olmasından ve diş kökünün daha fazla yer değiştirmesinden kaynaklanabileceğini bildirmiştir.⁽¹⁰⁹⁾

Hareket tipinin rezorpsiyona etkisini değerlendiren Levander⁽⁴⁶⁾, tedavisi sırasında interrupted kuvvetler uygulanan hastalarda daha az kök rezorpsiyonu gözlemlendiğini, şiddetli kök rezorpsiyonu görülen hastalarda tedaviye birkaç ay ara verilmesi gerektiğini bildirmiştir.⁽⁴⁶⁾

Özkalaycı ve ark.⁽¹²⁷⁾, devamlı kuvvet uygulanan dişlerde, kesikli kuvvet uygulanan dişlere göre daha fazla rezorpsiyon, rotasyon ve tipping olduğunu bildirmiştir. Çalışmacılar rezorpsiyon olan dişleri volumetrik olarak incelediğinde rezorpsiyonun en fazla dişin bukkal ve lingual yüzeylerinde olduğunu bildirmiştir. ⁽¹²⁷⁾

Dudic ve ark.⁽¹²⁸⁾, ortodontik olarak hareket ettirilen dişlerde hareket miktarıyla rezorpsiyon miktarı arasında korelasyon olduğunu, mandibuler dişlerde maksiller dişlerden daha fazla rezorpsiyon oluştuğunu rapor etmiştir.⁽¹²⁸⁾

EAKR oluşumunda değerlendirilen etkenlerden biri de ortodontik kuvvetin şiddetidir.^(129, 130) Kuvvetin şiddeti ile rezorpsiyon ilişkisini araştıran çalışmalarda kuvvet arttıkça rezorpsiyon miktarının arttığı bildirilmiştir.^(33, 130-132)

Owman ve ark.⁽¹³³⁾, ortodontik kuvvet şiddetinin rezorpsiyonla ilişkisini inceledikleri çalışmalarında, kuvveti 50 cN' dan 200 cN' a çıkararak kök rezorpsiyonu miktarını histolojik olarak incelemiş, farklı kuvvet uygulanan gruplarda rezorpsiyon miktarları arasında fark olmadığını bildirmiştir.⁽¹³³⁾

Ortodontik kuvvet etkisiyle oluşan rezorpsiyon alanlarının lokalizasyonu periodontal ligament içindeki stres/strain dağılımındaki farklılıkla açıklanabilir.⁽¹³⁴⁾ Kuvvetin yönünün rezorpsiyona etkisini inceledikleri çalışmada Chan ve ark.⁽¹³²⁾, sıkıştırma yönlü kuvvetin germe yönlü kuvvetten daha fazla rezorpsiyona sebep olduğunu bildirmiştir.⁽¹³²⁾

Ortodontik kuvvetin oluşturduğu rezorpsiyonu histolojik olarak inceleyen çalışmalarda dişe tipping yaptıracak yönde kuvvet uygulandığında apikal bölgede daha fazla rezorpsiyon olduğu bildirilmiştir.⁽¹³³⁾ Beagle köpekleriyle yapılan deneysel çalışmada ortodontik olarak bodily hareket yaptırılan dişlerde kökün orta ve servikal uçlülerinde apikal uçlülerden daha fazla rezorpsiyon görüldüğü bildirilmiştir.⁽¹³⁵⁾

2.7.8. Sement EAKR İlişkisi

Sement diş kökünü sararak periodontal ligament liflerine ankraj sağlayan mineralize dokuya verilen isimdir.⁽¹³⁶⁾ Birçok bakımdan sement ve kemik dokuları benzer olsa da sement daha az remodeling kapasitesine sahip olması, inervasyonunun olmaması, vaskülarizasyonunun olmaması, lameller yapıda olmaması ve kalsiyum hemostazı ve hemopoezine katkısı olmaması yönleriyle kemik dokusundan farklılık gösterir.^(132, 137, 138)

Sementoblast hücreleri de tıpkı osteoblast hücreleri gibi Runx2 geni tip1 kollejen geni tarafından kodlanan osteriks, alkalen fosfataz, kemik sialoproteini ve osteokalsin salınımı yapar. Osteriks'in selüler sement ve kemik formasyonu düzenlemesinde hücre

proliferasyonunu azaltıp hücre diferasyonunu artırmak suretiyle önemli bir rol üstlendiği düşünülmektedir.⁽¹³⁹⁾

Sementoblast ve osteoblastların her ikisi de kemik morfojenik proteini tarafından yönlendiriliyor olsa da ortak prekürsör hücreleri olan mezenşimal multipotansiyel hücreden hangisinin oluşacağına belirleyen mekanizma hala aydınlatılmamıştır.⁽¹³⁶⁾

Sementoblast-odontoblast prekürsör hücrelerinin dolaşımdaki mononükleer hücrelerden kaynaklandığı, kemotaktik ajanlar sayesinde periodontal ligament bölgesinde damar dışına çıkıp rezorpsiyon bölgesine göç ettikleri, hücrelerin rezorptif aktivitesininse periodontal ligament bölgesinde salınan RANK-RANKL-OPG sinyal yoluyla kontrol edildiği düşünülmektedir.^(140,141) Sementoklast hücreleri osteoklastlarla benzer fenotipe sahiptir, çok çekirdekli, girintili çıkıntılı sınırları olan, çok sayıda mitokondri bulunduran, endoplazmik retikulumları iri hücrelerdir.⁽¹⁴²⁾

Sement dokusu selüler ve aselüler olmak üzere lokasyon ve fonksiyon olarak farklı iki temel tipe sahiptir. Her ikisinde periodontal ligament liflerinin bağlanması için destek noktası olarak görev yapmanın yanında selüler sement dişin koronal kısmında yer alıp dişeti liflerinin tutunma bölgesi olarak görev yaparken, aselüler sement dişin apikalinde yer alır ve dişin okluzal aşınmalar karşısında adaptasyonunu sağlar.⁽¹⁴³⁾ Ortodontik tedaviyle bağlantılı EAKR tipik olarak sıklıkla apekte oluşur. Bu durumun kısmi açıklaması apikal üçlünün selüler sementle kaplıyken orta ve koranal üçlüyü kaplayan sementin aselüler olması olabilir.⁽²⁴⁾

2.7.9. Sementin Fizyolojik Remodelingi

Sement dokusunda oluşan rezorpsiyon ve ardından selüler sementle oluşan tamir fizyolojik remodeling olarak tanımlanan ve hayat boyu devam eden bir süreçtir. Remodeling periodontal ligamentteki metabolik değişikliklere, dişlerin devam eden erüpsiyonu ve driftine ve muhtemel parafonksiyonel alışkanlıklara cevap olarak oluşabilir.^(83, 144) Sement dokusu kemik dokudan farklı olarak bu tür bir remodelinge uğrar, böylece hayat boyu sement kalınlığında artış oluşur.^(145, 146)

Ortodontik diş hareketi sebebiyle oluşan sement diferansiyasyonu osteoklast diferansiyasyonunda olduğu gibi içinde hormon, sitokin, makrofaj-koloni stimüle

faktörü, RANK, RANKL ve OPG sinyal yollarının da bulunduğu birçok biyolojik medyatör görev aldığı bir süreçtir.⁽¹⁴⁷⁻¹⁴⁹⁾

Rezorbe olan aselüler sementin tamiri selüler sementle olmaktadır, fakat selüler mekanizmaların ve moleküler yolların nasıl çalıştığı hala tam olarak açıklanamamıştır.^(145, 150) Remodeling sonucunda oluşan sement dokusunun tipi ve kalınlığı EAKR oluşumunda belirleyici bir faktördür.

2.7.10. Klinik Uygulamalarla EAKR İlişkisi

Ortodontik diş hareketi sırasında oluşan kuvvet etkisiyle periodontal ligamentte ve komşuluğundaki kemik dokuda vaskülarizasyonunda bozulma ve iskemi oluşur, buna bağlı olarak alveol kemikte ve periodontal ligamentte hayalinizasyon ve nekroz başlar.^(28, 30, 132) Oluşan nekroz sonrasında nekrotik ve hyalinize dokuyu ortadan kaldırmak için gelen makrofaj benzeri multinükleer hücreler çevresel hasarla kök yüzeyinde rezorpsiyona sebep olur.^(85, 138) Öte yandan nekroz ve hyalinizasyon oluşmadan da klast hücreleri tarafından kök yüzey rezorpsiyonu oluşabilir.⁽²⁸⁾

Ortodontik tedavi sırasında oluşan kök rezorpsiyonu öncelikle dişin bodily hareket ya da tipping hareketi yapıp yapmadığına bağlı olarak kök yüzeyinde yüksek kompresiv strese maruz kalan bölgelerde oluşur.⁽¹⁵¹⁾ Tensile strese maruz kalan periodontal ligament bölgelerinde de daha küçük miktarlarda rezorpsiyon görülebilir. Kompresiv stres miktarı arttıkça rezorpsiyon miktarı da artar.⁽¹³²⁾

Bodily diş hareketinde oluşan kök rezorpsiyonu hem sıklık hem de miktar olarak tipping hareketinde oluşan rezorpsiyondan daha azdır, çünkü tipping hareketinde kompresiv stres kök ucunda ve servikalde dar bir alanda yoğunlaşır.^(69, 132, 152)

Palatal ekspansiyon sırasında oluşan kuvvetin apikal kök rezorpsiyonuna etkisini araştıran Yıldırım ve ark.⁽¹⁵³⁾ bilateral premolar çekimi planlanmış hastaların bir maksiller yarısına akrilik plak simante edilerek dişlerden destek almış, diğer tarafta ise mini vidalar kullanılarak kemik desteği ile kuvvet uygulanmıştır. Üç aylık retansiyon döneminin ardından çekimi yapılan premolar dişlerdeki rezorpsiyon miktarı mikrotomografiyle ölçülmüştür. Diş-doku destekli tarafta kemik destekli tarafa göre daha fazla kök rezorpsiyonu olduğu gözlenmiştir. Rezorpsiyonun kökün hangi

bölgesinde daha fazla olduğu incelendiğinde ise bukkal ve lingual kök yüzeylerinde daha fazla rezorpsiyon olduğu bildirilmiştir. ⁽¹⁵³⁾

Gömülü dişlerin ortodontik olarak sürdürülmesinin EAKR oluşumuna etkisini incelendiği çalışmada Lempesi ve ark. ⁽¹⁵⁴⁾ cerrahi olarak üzeri açılıp ortodontik olarak sürdürülen kanin dişlerde oluşan rezorpsiyonuyla kendiliğinden süren kontrol grubunda oluşan kök rezorpsiyonunu panoramik filmler üzerinde karşılaştırdıkları çalışmalarında gruptaki kök rezorpsiyonları arasında anlamlı fark olmadığı bildirilmiştir. ⁽¹⁵⁴⁾

Genel olarak hem bodily hareket hem de tipping hareketinde kök rezorpsiyon miktarı uygulanan ortodontik kuvvet miktarı arttıkça fazlaşır. ^(132, 155, 156) Kuvvetin continius tarzda olması rezorpsiyon miktarını artırmaktadır. ^(152,155,157) İntermittent ve interrupted kuvvetler uygulandığında kuvvet aralıklarında sement tamir olabildiği için daha az rezorpsiyon olduğu bildirilmiştir. ^(83,150,155) Kuvvetle ilgili bu faktörler kullanılan ortodontik teknik ve apareylerle kontrol edilebilir, böylece ortodontik tedavi sırasında oluşabilecek EAKR'nun önüne geçilebilir. ^(16, 152)

2.8. İdiopatik Kök Rezorpsiyonu

Eksternal kök rezorpsiyonunun ortodontik tedavi, tümör, kist, travma, diet dengesizlikleri, hormonal bozukluklar gibi bilinen etiyolojik faktörlerinin yokluğunda oluşmasına idiopatik kök rezorpsiyonu, rezorpsiyonun yaygın olduğu durumlara ise multiple idiopatik kök rezorpsiyonu denir. ⁽¹⁵⁸⁾

İdiopatik eksternal kök rezorpsiyonu bir veya birkaç dişte oluşabilen, nadir rastlanan bir durumdur, apikal ve servikal olmak üzere iki şekilde gözlenmektedir. Servikal kök rezorpsiyonu dişin servikal kısmından başlayıp pulpa yönünde ilerlerken apikal kök rezorpsiyonu apikalden başlayıp koronale doğru ilerleyerek diş boyunda kısaltmaya sebep olur. ⁽⁹⁶⁾

İdiopatik kök rezorpsiyonu olan hastalar genellikle asemptomatiktir ve rezorpsiyon genellikle rutin panoramik filmlerde tespit edilmektedir. ⁽¹⁵⁹⁾ İdiopatik apikal kök rezorpsiyonu maksiller dişlerde mandibuler dişlerden daha fazla gözlenmektedir. Özellikle 14-39 yaşlar arası erkeklerde ve tek köklü dişlerde daha fazla görüldüğü

bildirilmiştir.⁽¹⁶⁰⁾ İdiopatik kök rezorpsiyonunda devam eden kök rezorpsiyonunun hyalinize dokunun rezorpsiyon direnciyle ilgili olduğu düşünülmektedir.^(149, 161, 162)

2.9. Rezorpsiyonun En Sık Görüldüğü Dişler

Eksternal apikal kök rezorpsiyonunun en sık etkilenen dişler maksiller keserlerdir.⁽³⁰⁾ Maksiller keser dişlerin küt uçlu ve pipet formu olmasının bunun sebebi olabileceği bildirilmiştir.^(42, 43, 88) Artmış kök rezorpsiyonu riski varlığında 3 ayda bir maksiller keser dişlerden radyograf alınması önerilir.⁽¹¹⁸⁾

Literatürde intrüzyon hareketi ve EAKR ilişkisinin maksiller ve mandibuler dişlerdeki dağılımı da incelenmiş, Henry ve ark.⁽¹²²⁾, maksillada keser intrüzyonu sırasında oluşan kök rezorpsiyonunun mandibular keserlerin intrüzyonu sırasında oluşan rezorpsiyondan fazla olduğunu bildirmiştir.⁽¹¹⁴⁾ Mc Fadden ve ark.⁽¹¹⁴⁾ intrüzyon hareketinin rezorpsiyonla ilişkisini inceledikleri çalışmada mandibuler keserlerin daha fazla rezorpsiyona uğradığı sonucuna ulaşmıştır.⁽¹¹⁴⁾

Sharpe ve ark.⁽⁹⁾, en fazla rezorpsiyon gözlenen dişlerin maksiller kesici dişler, en fazla alveol kret rezorpsiyonu olan bölgenin ise maksiller keserler bölgesi olduğunu bildirmiştir.⁽⁹⁾

2.10. Ortodontik Diş Hareketi Sonrası Sementle Tamir

Ortodontik olarak tetiklenmiş kök rezorpsiyonunu tedavi başladıktan iki ay sonrasında itibaren histolojik olarak tespit edilebilir, fakat radyolojik olarak bu aşamada gözlemlenemez.⁽¹⁶³⁾ Rezorpsiyon oluşumuna sebep olan odontoklast- sementoklast hücrelerinin rezorpsiyon lakünasını terk etmesi sonrasında periodontal ligament kaynaklı fibroblast benzeri hücreler rezorpsiyon lakünasını işgal ederek erken sement yapımına başlar.⁽¹³⁸⁾ Bu fibroblast benzeri sementoblastik hücreler özellikle osteopontin ve kemik sialoproteini olmak üzere nonkollojen matriks proteini salgılayarak rezidüel fibril yapının içindeki boşlukları doldurur.⁽³⁴⁾ Bu yüzden kollojen yapının mimarisi kollojen olmayan protein oluşumunu da belirler.⁽¹⁴⁶⁾ Daha sonra sementoblastlar rezidüel fibrillerle birbirinin içine giren kollojen fibriller salgılayarak ince bir sementoid tamir tabakası meydana getirir.^(149, 164) Minealizasyon hidroksiapatit kristallerinin kollojen lifler arasında oluşuktan sonra, fibrillerin dış kısmını doldurmasıyla devam eder.^(164, 165)

2.11. Rezorpsiyona Engel Olmak İçin Alınabilecek Önlemler

Consolaro'ya göre apikal kök rezorpsiyonu ortodontik tedavinin biyolojik sonucudur, yine de klinik olarak kabul edilebilir değildir ve normal bir sonuç olarak kabul edilmemelidir. Çeşitli yöntem ve yönergeler takip edilerek ortodonti mekanikleri sırasında kök rezorpsiyonu oluşumu ya da etkilenen diş sayısı azaltılabilir.⁽¹⁶⁶⁾

Ortodontik tedavi gören hastalarda rezorpsiyon oluşumunu gözden kaçırmamak için 6-12 aylık periyotlarla panoramik film alınması önerilmektedir.⁽¹²⁵⁾

EAKR gözlenmesi durumunda pasif ark telleri takılarak dişlere kuvvet uygulamaya 2-3 ay ara vermenin rezorpsiyonun daha ileri seviyelere ulaşmasını engellenebilir.⁽¹²⁵⁾

Levander ve ark.⁽⁴⁶⁾, tedavi süresince kuvvet verilmeyen ara dönemler uygulanan hastalarda sürekli kuvvet verilenlere göre daha az kök rezorpsiyonuna rastlandığını bildirmiştir.⁽⁴⁶⁾

Tedaviye ara verildiğinde daha az rezorpsiyon görülmesinin nedeni kuvvete ara verilen dönemlerde rezorbe olan semente iyileşmesi için zaman verilmesi ve bu sayede daha ileri seviyede rezorpsiyonun önüne geçilmesidir.^(167, 168)

Rezorpsiyon oluşumu gözlendikten sonra alınabilecek önlemlerden biri de tedavi sonlandıktan sonra dişlerin splintlenmesidir. Kegel ve ark.⁽¹⁶⁹⁾, mobilite artışı olan hastalarda dişleri splintlemenin etkisini araştırdıkları split mouth dizaynı çalışmada mobilite artışı olan bir yarıdaki dişler periodontal küretaj ve okluzal uyumlama sonrası splintlenmiş diğer yarıdaki dişlerse splintlenmeden takip edilmiştir. Onbeş haftalık takip sonrası splintlenen tarafla splintlenmeyen taraf arasında başlangıç iyileşmesi ve mobilitedeki azalma bakımından fark olmadığı bildirilmiştir.⁽¹⁶⁹⁾

Kök rezorpsiyonunu engellemek için farmakolojik ajanların kullanılması da rezorpsiyonu engellemek için alınabilecek önlemlerdendir. Bisfosfanatların kemik metabolizmasını durdurma özelliği başlamış apikal rezorpsiyonun ilerlemesini durdurmak için bir tedavi seçeneği olarak düşünülmüş, alendronat ve zolendronat replantasyon öncesi dişlere uygulandığında rezorpsiyonun azaldığı bildirilmiştir.⁽¹⁷⁰⁾

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Eksternal apikal kök rezorpsiyonu-ortodontik tedavi ilişkisinin incelenmesi amacıyla planlanan bu retrospektif çalışmanın materyali sabit ve/veya hareketli ortodontik aygıtlar ile tedavisi tamamlanan hastaların tedavi başı ve tedavi sonu panoramik radyografilerinden oluşmaktadır. Çalışmamızın başlangıç aşamasında Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu'ndan (26.9.2018 tarih ve 669 sayı, Ek 1) çalışmamızın uygulanabilirliği için gerekli izinler alındı.

Çalışmaya dahil edilecek bireyler 2012-2019 yılları arasında Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Ana Bilim Dalı'nda fonksiyonel apareyler ve/veya sabit mekaniklerle tedavisi tamamlanmış olan hastaların başlangıç ve bitim materyalleri arasından seçildi.

3.1. Çalışma Gruplarının Oluşturulması

Öncelikle 2012-2019 yılları arasında tedavisi tamamlanan toplam 1678 hastaya ait panoramik filmler ve diğer kayıtlar incelendi. 211 hastanın materyali panoramik film kalitesi rezorpsiyon varlığını değerlendirmek için yetersiz olduğundan, 8 hastanın tedavi başlangıcı filmlerinde rezorpsiyon gözlemlendiği için, 23 hastanın materyali ise sistemik hastalık varlığı ve kooperasyon kaybı nedeniyle çalışmaya dahil edilmedi (Şekil 3.1).

Sonuç olarak çalışma; Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı Kliniği'nde 2012-2019 yılları arasında tedavisi tamamlanan ve çalışmaya dahil edilme kriterlerini karşılayan 1356 hastaya ait tedavi başı ve tedavi sonu materyaller ile tamamlandı. Her hastanın tedavi başlangıcındaki yaşı, cinsiyeti, tedavi tipi, tedavi süresi, kooperasyon durumu ve sistemik sağlığı ile ilgili bilgiler kaydedildi.

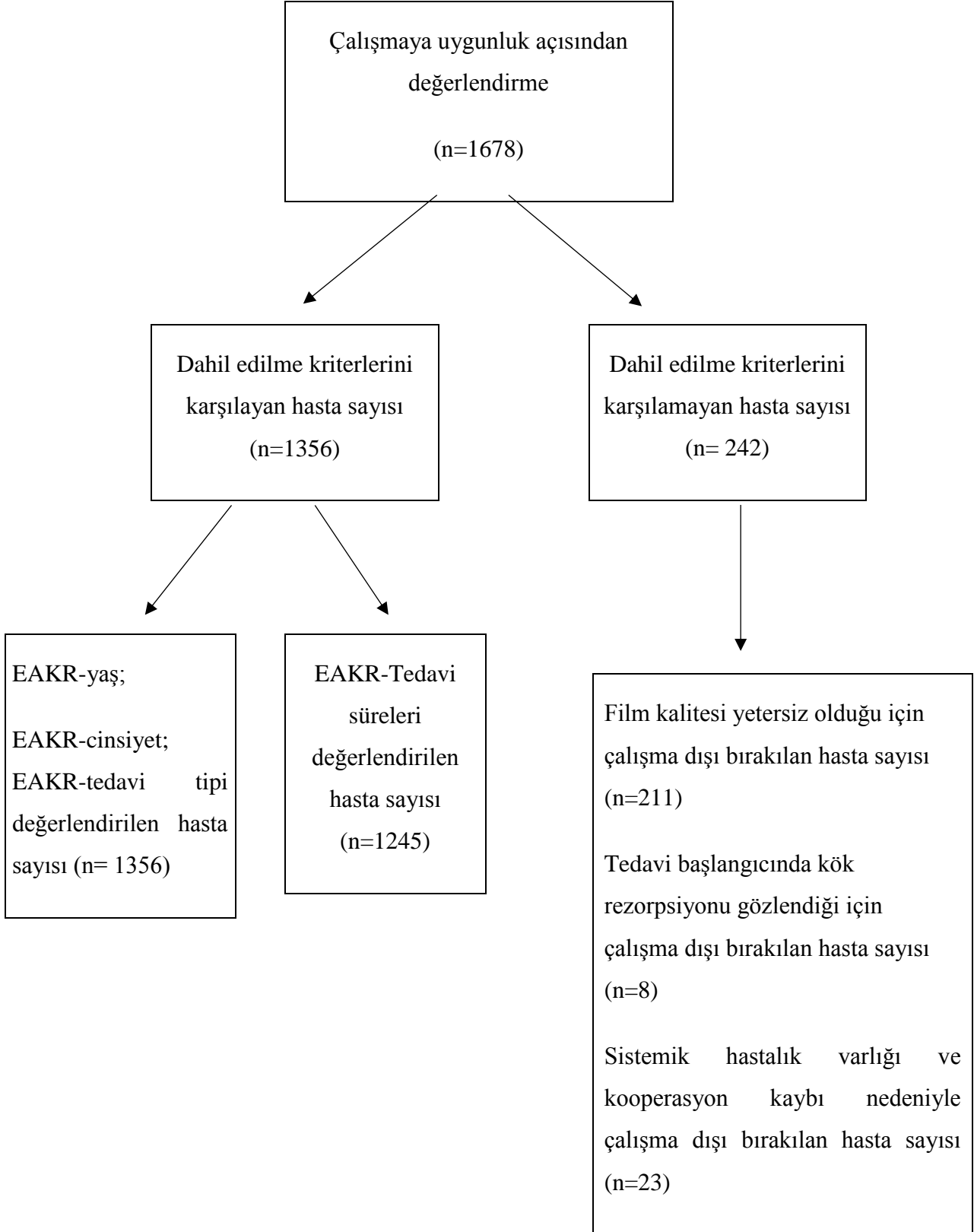
Çalışmaya dahil edilen bireylerin seçiminde şu kriterler esas alındı.

1. Tedavi başlangıcı ve tedavi bitiminde yeterli görüntü kalitesinde panoramik filmlerinin alınmış olması.
2. Bireylerin tedavi takip dosyalarının yapılan işlemleri ve hastanın sistemik durumunu ve hasta anamnezini gösterecek şekilde tam ve eksiksiz olması.

3. Tedavi başlangıcında daimi dişlenmenin tamamlanmış ya da keser ve molar dişlerden en az birinin kök gelişiminin tamamlanmış olması, değerlendirilecek dişlerde tedavi başlangıcında rezorpsiyon olmaması.
4. Rezorpsiyon seviyesi incelenecek dişlerde travma hikayesi olmaması.
5. Bireylerin daha önce ortodontik tedavi görmemiş olmaları.
6. Bireylerin herhangi bir kraniofasiyal anomaliye sahip olmamaları.
7. Kemik formasyonu, kemik dansitesi ve kemik metabolizmasını etkileyebilecek ya da kök rezorpsiyonuna sebep olabilecek herhangi bir sistemik hastalığa sahip olmamaları.

Ortodontik tedaviye bağlı EAKR görülme sıklığını ve EAKR varlığı ile hasta cinsiyeti, hasta yaşı, tedavi süresi ve tedavi tipi arasındaki ilişkinin değerlendirilmesini amaçlayan retrospektif çalışmamızda; 111 hastanın dosyalarında tedavi süreleri ile ilgili yeterli bilgiye ulaşılamadığı için bu hastalar EAKR-tedavi süresi değerlendirmelerine dahil edilmedi. Böylece; 1245 hasta materyali EAKR-tedavi süresi, EAKR-cinsiyet, EAKR- hasta yaşı ve EAKR-tedavi tipi ilişkisinin değerlendirilmesi amacıyla; 1356 hasta materyali ise EAKR-cinsiyet, EAKR- hasta yaşı, ve EAKR-tedavi tipi ilişkisinin değerlendirilmesi amacıyla kullanıldı (Şekil 3.1).

Bu çalışmada değerlendirilen tüm filmler Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Radyoloji Ana Bilim Dalı görüntüleme merkezindeki Planmeca (Planmeca, Romeksis, Promaks, Finland) marka cihazlarla standart olarak çekilen filmler arasından seçildi.



Şekil 3.1. Çalışma gruplarının oluşturulması

3.2. Çalışma Grubunun Demografik Bilgileri

3.2.1. Çalışma Grubu Yaş Bilgileri

Çalışmamıza dahil edilecek hastaların yaşları belirlenirken daimi dişlerinden en az birisinin kök gelişiminin tamamlanması kriteri dikkate alındı. Kök oluşumu en erken tamamlanan diş üst birinci büyük azı diştir ve bu dişin kök kapanması 7 yaşında, üst lateral dişin kök gelişimi ise 10 yaşında tamamlanmaktadır. ⁽¹¹³⁾

Çalışmamıza dahil edilen hastaların tedavi başlangıcındaki yaşları ise 10,2 yıl ile 39,7 yıl arasında olup ortalama yaşları ise $14,4 \pm 2,8$ yıldır (Tablo 3.1).

Değerlendirilen hastaların tedavi başlangıcındaki ortalama yaşları kadınlarda $14,5 \pm 2,8$ yıl, erkeklerde $14,3 \pm 2,7$ yıldır (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Tedavi başlangıcında hasta yaşları

	Başlangıç yaşı			
	n	Min	Max	Ortalama \pm ss
Toplam	1356	10,1	39,7	$14,4 \pm 2,8$
Kadın	857	10,1	39,7	$14,5 \pm 2,8$
Erkek	498	10,2	35,6	$14,3 \pm 2,7$

Çalışmamızda EAKR-yaş ilişkisi değerlendirilirken Hernandes ve Handschin'in kemik dansitesinin en yüksek değerlerine ulaştığını belirttiği 25 yaş referans alınarak, 25 yaş altı ve 25 yaş üstü hastaların EAKR oranları ayrıca incelendi ^(104, 105) (Tablo 3.2).

Tablo 3.2. 25 yaş üstü ve 25 yaş altı hasta dağılımı.

<25	>25	Toplam
1267	89	1356

3.2.2. Çalışma Grubu Cinsiyet Bilgileri

Çalışmamızda değerlendirilen hastaların cinsiyet dağılımları incelendiğinde, hastalardan 498'inin erkek (n:498; %36,8) 857'sinin ise kadın hasta olduğu belirlendi (n: 857 ; %63,2 ; Tablo 3.3.).

Tablo 3.3. Hasta-cinsiyeti dağılımı.

Cinsiyet	n	%
Erkek	498	36,8
Kadın	858	63,2
Toplam	1356	100,0

3.3. Tedavi Tipinin ve Süresinin Değerlendirmesi

Çalışmamızda değerlendirilen hastalar tedavi sırasında hareketli aparey kullanıp kullanmadığına göre ve tedavi sırasında diş çekimi yapıp yapılmadığına göre tedavi tiplerine ayrıldı.

3.3.1. Hareketli Aparey Kullanımına Göre Tedavi Tipinin Belirlenmesi

Çalışmamızda değerlendirilen hastalar sabit tedavi öncesi hareketli apareylerle (fonksiyonel tedaviler dahil) tedavi olan ‘hareketli ve sabit mekaniklerle tedavi olan hastalar’ ve tedavisi hareketli aparey kullanımı olmadan doğrudan sabit mekaniklerle başlayan ‘sabit mekaniklerle tedavi olan hastalar’ olmak üzere iki grup olarak incelendi. Böylece çalışmamız; hareketli ve sabit mekaniklerle tedavi gören 790 hasta verisi ile, sadece sabit mekaniklerle tedavi gören 455 hastanın verilerinden oluştu (Tablo 3.4; Şekil 3.2.).

Tablo 3.4. Tedavi tipine göre hasta sayıları.

Hareketli ve sabit mekaniklerle tedavi olan hastalar(n)	Sadece sabit mekaniklerle tedavi olan hastalar (n)	Toplam sayısı(n)	hasta
790	455	1245	

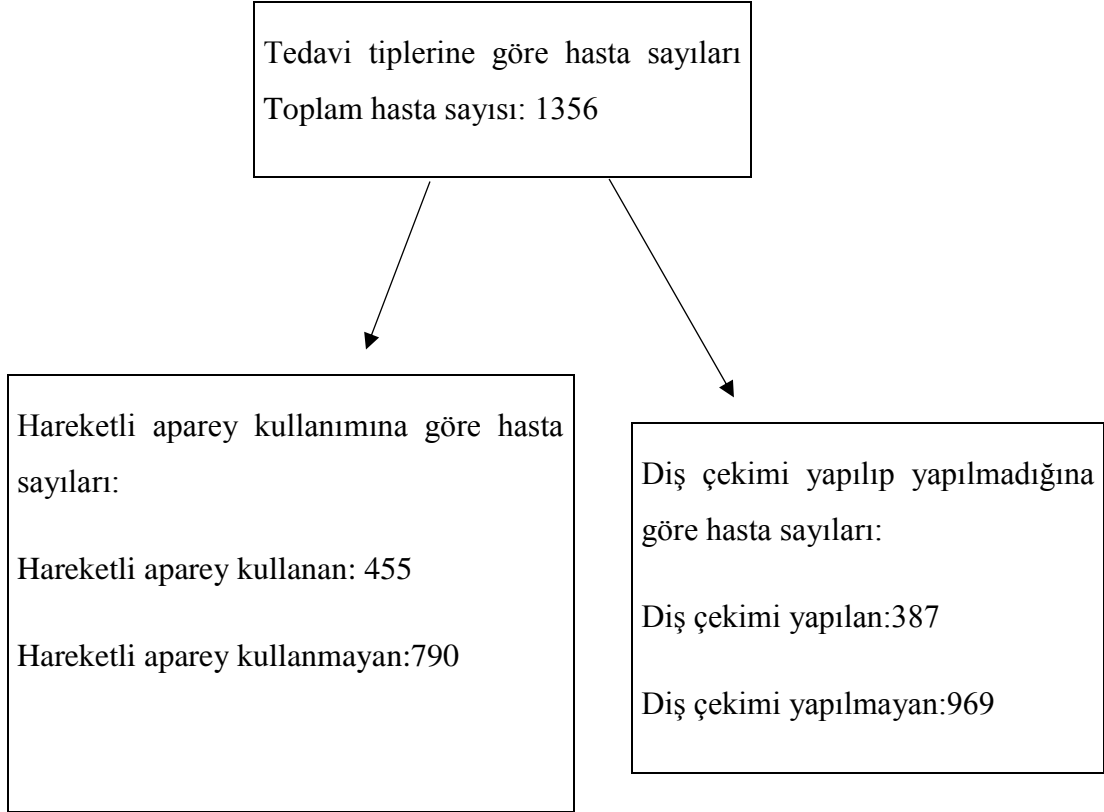
Çalışmamızda değerlendirilen hastalardan hareketli apareylerle ilk aşama tedavisi gören hastaların hareketli aparey kullanımı sonrası panoramik filmleri olmadığı için yalnızca hareketli aparey kullanımı sonrası rezorpsiyon değerlendirmesi yapılamadı.

3.3.2. Tedavi Sırasında Diş Çekimi Yapılıp Yapılmadığına Göre Tedavi Tipini Belirlenmesi

Çalışmamızda ortodontik tedavi amaçlı diş çekiminin EAKR'nuna etkisini değerlendirmek için ortodontik tedavisi diş çekimi yapılarak tamamlanan 969 hasta ile tedavisi diş çekimi yapılmadan tamamlanan 387 hasta EAKR-tedavi tipi ilişkisi bakımından incelendi (Tablo 3.5; Şekil 3.2.).

Tablo 3.5. Diş çekimli-diş çekimsiz tedavi yapılan hasta sayıları.

Çekimli tedavi yapılan hastalar	Çekimsiz tedavi yapılan hastalar	Toplam
387	969	1356



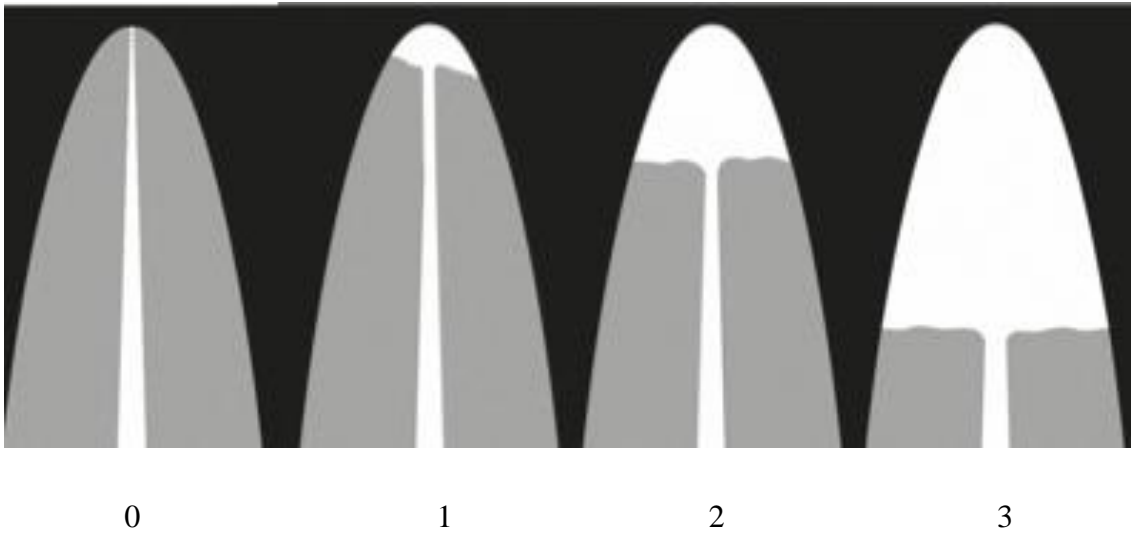
Şekil 3.2. Tedavi tiplerine göre hasta sayıları

3.4. Rezorpsiyon Seviyesinin Değerlendirmesi

Çalışmamızda rezorpsiyon seviyelerinin değerlendirilmesinde Sharpe ve ark.⁽⁹⁾ tarafından tanımlanan modifiye kök rezorpsiyonu sınıflaması tekniği kullanıldı (Şekil 3.2).

Bu tekniğe göre rezorpsiyon olmayan dişler '0' skoru alırken, rezorpsiyon seviyesi kök ucunun 1-2 mm'lik kısmında olan dişler rezorpsiyon skoru '1', rezorpsiyon seviyesi 1-2 mm'den fazla fakat kök boyunun üçte birinden az olan dişler rezorpsiyon skoru '2', rezorpsiyon seviyesi kök boyunun üçte birini geçen dişler ise rezorpsiyon skoru '3' değerini almaktadır (Şekil 3.3-8).

Kliniğimizde tedavi edilen ve farklı tedavi skorları alan hastaların tedavi başlangıcı ve tedavi sonu filmlerinde rezorpsiyon seviyeleri aşağıda gösterilmiştir (Şekil 3.3-8).



Şekil 3.3. Eksternal apikal kök rezorpsiyonu skorlaması ⁽⁷⁾

- Rezorpsiyon olmayan dişler: 0
- Kök ucunda 1-2 mm rezorpsiyon :1
- Kök ucunda 1-2 mm'den fazla kök boyunun üçte birinden az rezorpsiyon: 2
- Kök ucunda kök boyunun üçte birinden fazla rezorpsiyon: 3



Şekil 3.4. Örnek vaka 1: Kliniğimizde tedavi olan bir hastanın tedavi başlangıcı filmi.



Şekil 3.5. Örnek vaka 1: Kliniğimizde tedavi olan bir hastanın tedavi sonu filmi; rezorpsiyon skoru 2-3 olan kesici dişler.



Şekil 3.6. Örnek vaka 1'in kesici dişler bölgesinin büyütülmüş görüntüsü.



Şekil 3.7. Örnek vaka 2: Kliniğimizde tedavi olan bir hastanın tedavi başlangıcı filmi.



Şekil 3.8. Örnek vaka 2: Kliniğimizde tedavi olan bir hastanın tedavi sonu filmi; rezorpsiyon skoru 1 olan kesici dişler.



Şekil 3.9. Örnek vaka 2'nin kesici dişler bölgesinin büyütülmüş görüntüsü.

Çalışmamıza dahil edilen 1356 hastanın tedavi başlangıcı ve tedavi sonu panoramik filmleri incelenerek 16-46 numaralı dişleri arasındaki dişlerinden herhangi birinde hangi seviyede olursa olsun rezorpsiyon gözlenen hastalar 'rezorpsiyon var', herhangi bir dişinde rezorpsiyon gözlenmeyen hastalar ise 'rezorpsiyon yok' olarak gruplandı.

Rezorpsiyon gözlenen dişlerin Sharpe ⁽⁹⁾ sınıflamasına göre aldığı rezorpsiyon değerleri kaydedildi.

Çalışmamızda rezorpsiyon gözlenen ve rezorpsiyon gözlenmeyen hastalar yaş, cinsiyet, tedavi tipi ve tedavi süresi değişkenlerinin rezorpsiyon oluşumuna etkileri bakımından incelendi.

Panoramik filmde başlangıç seviyesindeki apikal kök rezorpsiyonunun tespiti histolojik inceleme, periapikal film ve bilgisayarlı tomografi tekniklerine göre daha zordur. ^(69, 70) Özellikle kesici dişlerde ortodontik tedavi sırasında oluşan açılı değişimleri apikal kök rezorpsiyonunun başlangıç aşamasının panoramik filmde tespitini zorlaştırmaktadır ^(71, 72) (Şekil 3.3-8). Çalışmamızda, panoramik filmin bu dezavantajlarından en fazla '1' skoru alan dişler etkilendiği için '1' skoru alan hastalar önceki grupta 'rezorpsiyon yok' grubuna alınarak oluşturulan yeni grup 'ileri seviyede rezorpsiyon yok (skor 0-1)' olarak isimlendirildi. Orta ve ileri seviyede rezorpsiyon olan hastalar ise 'ileri seviyede rezorpsiyon var (skor 2-3)' olarak isimlendirilerek oluşturulan bu yeni iki grup yaş, cinsiyet, tedavi tipi ve tedavi süresi değişkenlerinin EAKR oluşumuna etkileri bakımından ayrıca incelendi.

3.4 Rezorpsiyon Lokalizasyonunun Değerlendirilmesi

Çalışmamızda rezorpsiyon skorlaması yapılan 16-46 arası dişlerin rezorpsiyon varlığına göre ve aldıkları rezorpsiyon skoruna göre alt ve üst çene arasındaki dağılımları incelendi. Ayrıca dişlerin Sharpe ⁽⁹⁾ skorlama sisteminde aldıkları skorlara göre de çeneler arasındaki dağılımları değerlendirildi.

3.4. Tedavi Sürelerinin Değerlendirmesi

Çalışmamızda değerlendirilen hastaların tedavi süreleri hastaların hareketli ve sabit mekaniklerle tedavi gördükleri süreyi gösteren 'toplam tedavi süresi' ve sabit mekaniklerle tedavi edildiği süreyi gösteren 'sabit tedavi süresi' olarak iki ayrı parametre olacak şekilde hesaplandı.

Toplam tedavi süresi içine sabit mekaniklerle yapılan tedaviler öncesinde gerçekleştirilen maksiller genişletme, fonksiyonel tedaviler ve diğer mekaniklerle yapılan tedavilerin süreleri eklendi.

Çalışma için kayıtları incelenen hastalardan 111 tanesinin tedavi başlangıç tarihleri hasta dosyalarında belirtilmediği için bu hastalar tedavi sürelerinin incelendiği çalışmalara dahil edilmedi.

Tedavi süreleri belirlenen 1245 hastada EAKR-hasta yaşı, EAKR-cinsiyet, EAKR-tedavi tipi, EAKR-tedavi süresi ilişkileri incelendi.

3.5. İstatistiksel Analizler

Çalışmamızda İstatistiksel analizler için SPSS Versiyon 23.0 paket programı (SPSS for Win, ver 23,0; SPSS Inc, Chicago, III) kullanıldı. Metot hatasını belirleyebilmek amacıyla sınıf içi korelasyon katsayıları elde edildi. Hastaların cinsiyet dağılımını belirleyebilmek için frekans analizi yapıldı. Değerlendirilen hastaların yaş ortalamaları ve bu ortalamalar arasındaki farkın anlamlı olup olmadığının tespiti için bağımsız gruplarda t testi uygulandı. EAKR-cinsiyet ilişkisini incelemek için Pearson's Ki Kare testi, EAKR ile hastaların toplam tedavi sürelerinin ve sabit mekaniklerle tedavi sürelerinin incelenmesi için tek yönlü varyans analizi kullanıldı. EAKR-tedavi tipi ilişkisini incelemek için Pearson's Ki Kare testi testi kullanıldı. EAKR varlığının alt ve üst çene arasında ve dişler arasında dağılımlarını incelemek için bağımsız gruplarda t testi kullanıldı.

Hareketli ve sabit mekaniklerle tedavi gören hastalarla sadece sabit mekaniklerle tedavi gören hastaları EAKR gözlenme oranları bakımından değerlendirmek için bağımsız gruplarda t testi kullanıldı.

4. BULGULAR

4.1. Metot Hatasının Değerlendirilmesi

Çalışmamızda yapılan ölçümlerin hata payını saptamak için araştırma materyalini oluşturan toplam 1356 hastanın tedavi başı ve tedavi sonu toplam 2712 panoramik filmi içinden rastgele 120 tane film seçildi. Panoramik filmler üzerinde rezorpsiyon varlığı ve seviyesi ilk yapılan değerlendirmeden bağımsız olarak 4 hafta sonra aynı araştırmacı tarafından tekrar değerlendirildi. Tüm ölçümlerin hassasiyetini kontrol etmek ve ölçümlerin hata payını ortaya koymak için sınıf içi korelasyon katsayıları hesaplandı. Katsayıların 0,915 ile 0,945 arasında değiştiği görülerek ölçümlerin yüksek derecede uyumlu ve tutarlı olduğu sonucuna ulaşıldı (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Metot hatasının değerlendirilmesi

Parametreler	r
0 skoru	0,915
1 skoru	0,927
2 skoru	0,935
3 skoru	0,945

r: Cronbach's Alpha testi

4.2. EAKR- Hastalarda görülme oranının değerlendirilmesi

Çalışmamızda değerlendirilen 1356 hastadan 375'inde herhangi bir seviyede rezorpsiyon gözlemlendi. Rezorpsiyon gözlenmeyen hasta sayısı ise 981 olarak belirlendi. Bu verilere göre ortodontik tedavi gören hastaların % 28'sinde herhangi bir seviyede rezorpsiyon gözlemlendiği sonucuna ulaşıldı (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. EAKR varlığına göre hasta sayıları

Rezorpsiyon var	Rezorpsiyon yok	Toplam
n= 375, %28	n=981, %72	n=1356, %100

‘İleri seviye rezorpsiyon’ dikkate alınarak yapılan değerlendirmede ise 1356 hastanın 201’inde ileri seviye rezorpsiyon (skor 2-3) olduğu sonucuna ulaşıldı (Tablo 4.3).

Bu verilere göre ortodontik tedavi gören hastaların %15’inde ileri seviyede rezorpsiyon gözlemlendiği sonucuna ulaşıldı (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. İleri seviyede rezorpsiyon (skor 2-3) varlığına göre hasta sayıları

Rezorpsiyon var (skor 2-3)	Rezorpsiyon yok (skor 0-1)	Toplam
n: 201, %15	n:1155, %85	1356,%100

4.3. EAKR - Hasta Yaşı İlişkisinin Değerlendirmesi

Çalışmamızda rezorpsiyon-hasta yaşı ilişkisi incelendiğinde, rezorpsiyon var olarak kaydedilen ve herhangi bir seviyede rezorpsiyon görülen 375 hastanın tedavi başlangıcındaki yaş ortalamasının $14,3\pm 2,5$ yıl, rezorpsiyon görülmeyen 981 hastanın tedavi başlangıcındaki yaş ortalamasının ise $14,6\pm 2,8$ yıl olduğu sonucuna ulaşıldı. Bu sonuçlara göre rezorpsiyon görülen hastaların tedavi başlangıcındaki yaş ortalaması ile rezorpsiyon görülmeyen hastaların tedavi başlangıcındaki yaş ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı sonucuna ulaşıldı ($p>0,05$; Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Rezorpsiyon-Hastaların tedavi başlangıcı yaşı ilişkisi

Rezorpsiyon	n	Başlangıç yaşı (ort. \pm Ss)	p
Yok	981	14,6 \pm 2,8	0,437
Var (skor 1-2-3)	375	14,3 \pm 2,5	

Bağımsız gruplarda t testi

Çalışmamızda ileri seviyede rezorpsiyon-hasta yaşı ilişkisi incelendiğinde, ileri seviyede rezorpsiyon görülen hastaların (skor 2-3) yaş ortalamasının 14,5 \pm 2,6 yıl, ileri seviyede rezorpsiyon görülmeyen hastaların (skor 0-1) yaş ortalamasının 14,4 \pm 2,9 yıl olduğu sonucuna ulaşıldı. Bu sonuçlara göre ileri seviyede rezorpsiyon görülen hastaların (skor 2-3) tedavi başlangıcındaki yaş ortalaması ile ileri seviyede rezorpsiyon görülmeyen hastaların (skor 0-1) tedavi başlangıcındaki yaş ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki olmadığı sonucuna ulaşıldı ($p>0,05$; Tablo 4.5).

Tablo 4.5. İleri rezorpsiyon-Hastaların tedavi başlangıcı yaşı ilişkisi

İleri rezorpsiyon	n	Başlangıç yaşı (ort. \pm Ss)	p
Yok (0-1)	1155	14,4 \pm 2,8	0,569
Var (skor 2-3)	201	14,5 \pm 2,6	

Bağımsız gruplarda t testi

Çalışmamızda değerlendirmeye alınan 1356 hastanın tedavi başlangıcında yaş ortalamasının 14,4 \pm 2,8 yıl; kadın hastaların tedavi başlangıcındaki yaş ortalamasının 14,5 \pm 2,8 yıl; erkek hastaların tedavi başlangıcındaki yaş ortalamasının 14,3 \pm 2,7 yıl

olduğu sonucuna ulaşıldı. Bu sonuçlara göre çalışmamızda değerlendirilen kadın ve erkek hastaların tedavi başlangıcındaki ortalama yaşları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı sonucuna ulaşıldı ($p>0,05$; Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Tedavi başlangıcında hasta yaşları

Tedavi başlangıcında hasta yaşları				
	n	Min	Max	Ortalama \pm Ss
Toplam	1356	10,1	39,7	14,4 \pm 2,8
Kadın	857	10,1	39,7	14,5 \pm 2,8
Erkek	498	10,2	35,6	14,3 \pm 2,7

EAKR-yaş ilişkisine kemik dansitesinin etkisini değerlendirmek için 25 yaşından büyük hastalarla 25 yaşından küçük hastalar gruplandırılarak rezorpsiyon oranları bakımından ayrıca incelendi, gruplardaki kök rezorpsiyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı sonucuna ulaşıldı ($p>0,05$; Tablo 4.7).

Tablo 4.7. Tedavi başlangıcı yaşı 25 altı olanlarla 25 üstü olanlarda izlenen kök rezorpsiyonu oranları

Hasta yaşı	Rezorpsiyon yok		Rezorpsiyon var		p
	n	%	n	%	
<25	852	72,0%	332	28,0%	0,068
25 ve üzeri	71	79,8%	18	20,2%	

Ki kare testi

25 yaşından büyük hastalar ve 25 yaşından küçük hastalar ileri rezorpsiyon oranları bakımından ayrıca incelendi, gruplardaki kök rezorpsiyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki olmadığı sonucuna ulaşıldı ($p>0,05$; Tablo 4.8).

Tablo 4.8. Tedavi başlangıcı yaşı 25 altı olanlarla 25 üstü olanlarda izlenen ileri rezorpsiyon oranları

Hasta yaşı	Rezorpsiyon yok		Rezorpsiyon var		p
	n	%	n	%	
<25	1140	84,8%	204	15,2%	0,438
25 ve üzeri	11	91,7%	1	8,3%	

Ki kare testi

4.4. EAKR - Hasta Cinsiyeti İlişkisinin Değerlendirmesi

Çalışmamızda değerlendirilen hastadan 1356 hastadan 498'i erkek (n:498; % 36,2) 858'i kadın hastadır (n: 858; %63,2) ,(Tablo 4.9).

Tablo 4.9. Hasta cinsiyeti dağılımı

Cinsiyet	n	%
Erkek	498	36,8
Kadın	858	63,2
Toplam	1356	100,0

Cinsiyet ile rezorpsiyon arasındaki ilişki incelendiğinde erkek hastaların %32,3'ünde, kadın hastaların ise %25'inde herhangi bir seviyede rezorpsiyon olduğu sonucuna

ulaşıldı. Rezorpsiyon ile cinsiyet arasındaki ilişkiyi incelemek için yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre; erkek hastalardaki rezorpsiyon görülme oranının kadın hastalarda rezorpsiyon görülme oranından istatistiksel olarak anlamlı oranda daha fazla olduğu sonucuna ulaşıldı (Tablo 4.10; Şekil 4.1).

Tablo 4.10. Hasta cinsiyeti- EAKR ilişkisi

	Eksternal apikal kök rezorpsiyonu				p
	Yok	Yok	Var	Var	
	(n)	(%)	(skor 1-2-3) (n)	skor (1-2-3) (%)	
Erkek	337	%67,7	161	%32,3	0.002
Kadın	644	%75	214	%25	
Toplam	981	%72,3	375	%27,7	

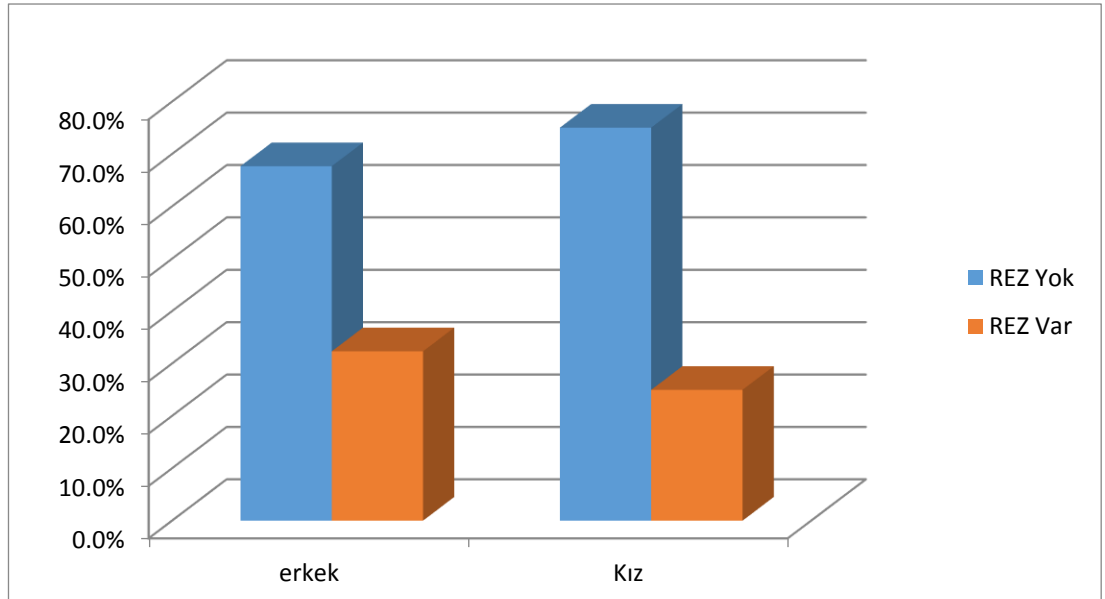
Ki kare testi

İleri rezorpsiyon olan hastaların (skor 2-3) cinsiyetlere göre dağılımı incelendiğinde erkeklerin %13,7'sinde, kadınların ise %15,5'inde ileri rezorpsiyon olduğu sonucuna ulaşıldı. İleri rezorpsiyon ile cinsiyet arasındaki ilişkiyi incelemek için yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre; kadın ve erkek hastalar arasında ileri rezorpsiyon görülme oranı bakımından istatistik olarak anlamlı bir farklılık olmadığı sonucuna ulaşıldı (Tablo 4.11; Şekil 4.2.).

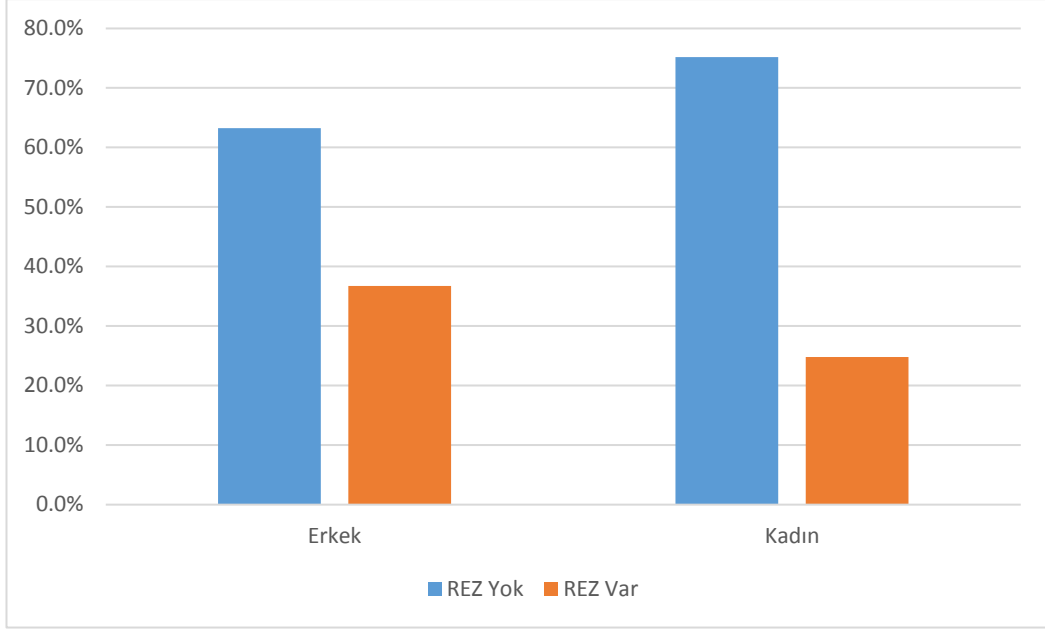
Tablo 4.11. Hasta cinsiyeti- ileri rezorpsiyon ilişkisi

Eksternal apikal kök rezorpsiyonu					
	Yok (skor 0-1)	Yok (skor 0-1)	Var (skor 2-3)	Var (skor 2-3)	p
	(n)	(%)	(n)	(%)	
Erkek	430	86,3%	68	13,7%	0,2
Kadın	725	84,5%	133	15,5%	
Toplam	1155	85,2%	201	14,8%	

Ki kare testi



Şekil 4.1 Rezorpsiyon (skor 0-1)-Hasta cinsiyet dağılımı



Şekil 4.2 Şiddetli rezorpsiyon (skor 2-3)-Hasta cinsiyet dağılımı

Cinsiyet parametresi – EAKR ilişkisi incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunması üzerine (erkek hastalarda herhangi bir seviyede rezorpsiyon görülme sıklığı daha fazla), cinsiyetlere göre tedavi süresi ve tedavi tipi dağılımları ayrıca değerlendirildi.

Tedavi sürelerinin cinsiyete göre ilişkisi incelendiğinde, erkek hastaların toplam tedavi süresi ortalamasının $28,6 \pm 10$ ay, kadın hastaların toplam tedavi süresi ortalamasının $27,1 \pm 9,2$ ay olduğu sonucuna ulaşıldı. Bu sonuçlara göre erkek hastalardaki toplam tedavi süresi ortalamasının kadın hastaların toplam tedavi süresi ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı oranda fazla olduğu sonucuna ulaşıldı ($p < 0,05$; Tablo 4.13). İki grup arasındaki yaklaşık iki aylık bu fark ortodonti pratiğinde kısa bir zaman dilimi olarak yorumlanabilir.

Sabit tedavi süreleri incelendiğinde ise erkek hastaların sabit tedavi süresi ortalamasının $22,8 \pm 9,1$ ay, kadın hastaların sabit tedavi süresi ortalamasının ise $23,1 \pm 9,0$ ay olduğu görüldü. Bu sonuçlara göre cinsiyetler arasında sabit tedavi süresi bakımından anlamlı bir farklılık olmadığı sonucuna ulaşıldı ($p > 0,05$; Tablo 4.12).

Tablo 4.12. Cinsiyete göre tedavi süreleri

Cinsiyet	n	Toplam süre		p
		Ortalama±ss		
Erkek	462	28,6±10		0,009*
Kadın	782	27,1±9,2		
Cinsiyet	n	Sabit süre		p
		Ortalama±ss		
Erkek	462	22,8±9,1		0,603
Kadın	782	23,1±9		

Tek yönlü varyans analizi; *p<0,05

Cinsiyete göre sabit tedavi sırasında diş çekimi yapılma oranı incelendiğinde, erkek hastaların %28,6'sında, kadın hastaların ise %28,7'sinde çekim yapıldığı görüldü. Bu sonuçlara göre cinsiyetler arasında diş çekimi bakımından anlamlı bir farklılık olmadığı sonucuna ulaşıldı (p>0,05; Tablo 4.13).

Tablo 4.13. Cinsiyetlere göre diş çekimi oranları

	Çekim yok		Çekim var		p
	n	%	n	%	
Erkek	356	71,5%	142	28,5%	0,519

Kadın 613 71,4% 245 28,6%

Ki kare analizi

4.5. EAKR -Tedavi Süreleri İlişkisinin Değerlendirmesi

Çalışmamızda hastaların tedavi süreleri toplam tedavi süresi ve sabit tedavi süresi olarak iki ayrı kategoride incelendi. Toplam tedavi süresi hesaplanırken sabit tedaviye başlamadan önce uygulanan genişletme apareyleri, fonksiyonel apareyler ve basit hareketli apareylerin kullanım süresiyle birlikte sabit mekanik sürelerini de kapsayan toplam süre hesap edildi. Sabit tedavi süresi ise braketleme yapıldıktan sonra tedavi bitimine kadar geçen süre olarak hesaplandı. Değerlendirmeye alınan hastalarda toplam süre ortalamasının $27,7\pm 9,5$ ay, sabit süre ortalamasının ise $23,0\pm 9,0$ ay olduğu sonucuna ulaşıldı. (Tablo 4.14).

Tablo 4.14. Toplam ve sabit tedavi süreleri

Hasta sayısı (n)	Toplam tedavi süreleri		
	Min.	Max.	Ortalama \pm ss
1243	4	63	$27,7\pm 9,5$
	Sabit tedavi süreleri		
1243	4	53	$23,0\pm 9,0$

Hastaların tedavi olduğu toplam süre incelendiğinde; rezorpsiyon görülmeyen hastaların toplam tedavi süresi ortalamasının $26,7\pm 9,4$ ay, rezorpsiyon görülen hastaların toplam tedavi süresi ortalamasının ise $30,3\pm 9,4$ ay olduğu belirlendi. Bu sonuçlara göre herhangi bir seviyede rezorpsiyon görülen hastaların toplam tedavi süresi ortalamasının herhangi bir seviyede rezorpsiyon görülmeyen hastaların toplam

tedavi süresi ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı oranda daha fazla olduğu sonucuna ulaşıldı ($p<0,05$; Tablo; Tablo 4.16).

Hastaların sabit mekaniklerle tedavi olduğu süreler incelendiğinde; rezorpsiyon görülmeyen hastaların sabit tedavi süresi ortalamasının $21,9\pm 8,6$ ay, rezorpsiyon görülen hastaların sabit tedavi süresi ortalamasının ise $25,8\pm 9,6$ ay arasında olduğu sonucuna ulaşıldı. Bu sonuçlara göre rezorpsiyon görülen hastaların sabit tedavi sürelerinin rezorpsiyon görülmeyen hastaların sabit tedavi sürelerinden istatistiksel olarak anlamlı oranda daha fazla olduğu görüldü ($p<0,05$; Tablo 4.16)

Tablo 4.16. EAKR-Tedavi süresi ilişkisi

Rezorpsiyon	n	Toplam süre Ortalama \pm Ss	p
Yok	898	$26,7\pm 9,4$	0,000*
Var	348	$30,3\pm 9,4$	
		Sabit süre Ortalama \pm Ss	
Yok	898	$21,9\pm 8,6$	0,000*
Var	348	$25,8\pm 9,6$	

Tek yönlü varyans analizi ; * $p<0,05$

İleri rezorpsiyon varlığı (skor2-3) ile toplam ve sabit tedavi süreleri arasındaki ilişki incelendiğinde ileri rezorpsiyon görülen ve ileri rezorpsiyon görülmeyen hastalar arasında toplam ve sabit tedavi süreleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı sonucuna ulaşıldı ($p<0,05$; Tablo 4.17).

Tablo 4.17. İleri rezorpsiyon-tedavi süresi ilişkisi

Rezorpsiyon	n	Toplam süre	
		Ortalama±Ss	p
Yok(skor0-1)	1064	27,5±9,5	0,121
Var (skor2-3)	181	28,7±9,3	
		Sabit süre	
		Ortalama±Ss	
Yok(skor0-1)	1064	22,9±9,0	0,198
Var (skor2-3)	181	23,8±9,0	

Tek yönlü varyans analizi

4.6. EAKR -Diş Çekimi İlişkisinin Değerlendirmesi

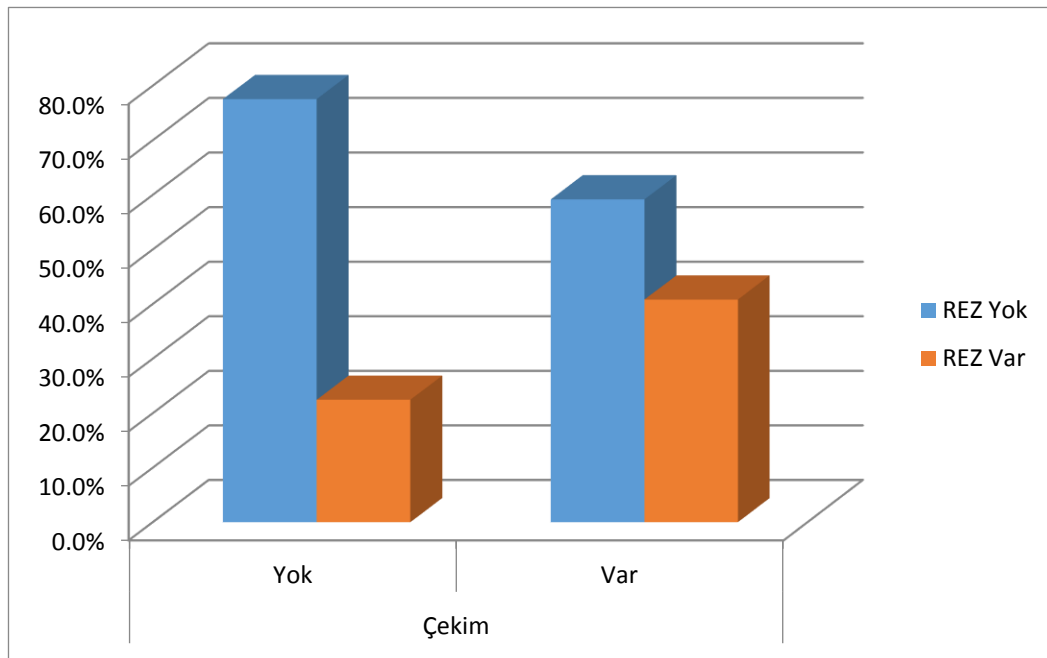
Çalışmamızda diş çekimi yapılmadan tedavi edilen hasta sayısı 966, diş çekimi yapılarak tedavi edilen hasta sayısı ise 387'dir. Diş çekimi yapılarak tedavi edilen hastalarda görülen herhangi bir seviyedeki rezorpsiyon oranı %40,8, diş çekimi yapılmadan tedavi edilen hastalarda görülen herhangi bir seviyedeki rezorpsiyon oranı ise %22,5' dir (Tablo 4.18).

Ortodontik tedavinin çekimli yapılmasıyla rezorpsiyon arasındaki ilişkiyi incelemek için yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre; tedavisi çekimli yapılan hastalarda herhangi bir seviyede rezorpsiyon görülme oranının tedavisi çekimsiz yapılan hastalarda herhangi bir seviyede rezorpsiyon görülme oranından istatistiksel olarak anlamlı oranda fazla olduğu sonucuna ulaşıldı (Tablo 4.18; Şekil 4.3).

Tablo 4.18. EAKR – Diş çekimi ilişkisi

Çekim	EAKR			Toplam	p
	Yok	Var			
Yok	n	751	218	969	0,000
	%	77,5%	22,5%	100,0%	
Var	n	229	158	387	
	%	59,2%	40,8%	100,0%	
Toplam	n	980	376	1356	
	%	72,3%	27,7%	100,0%	

Ki kare testi



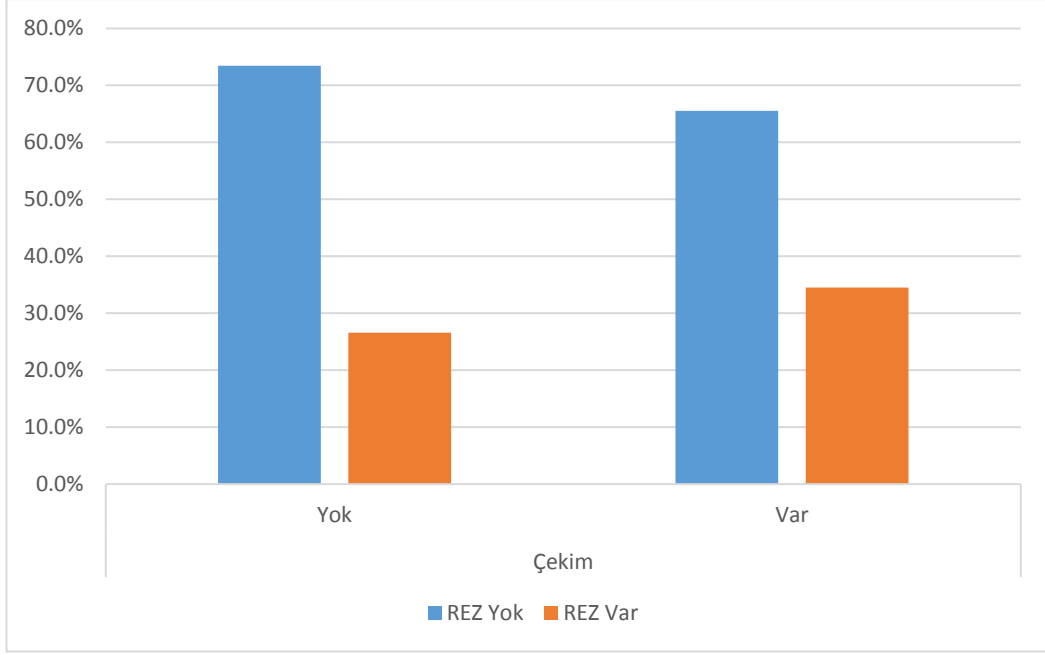
Şekil 4.3. Rezorpsiyon- diş çekimi ilişkisi

İleri rezorpsiyon olan hastalar ayrıca incelendiğinde ise; tedavisi çekimli yapılan hastalarda ileri rezorpsiyon görülme oranının tedavisi çekimsiz yapılan hastalarda ileri rezorpsiyon görülme oranından istatistiksel olarak anlamlı oranda fazla olduğu sonucuna ulaşıldı (Tablo 4.19; Şekil 4.4.).

Tablo 4.19. Diş çekimi-İleri rezorpsiyon ilişkisi

Çekim		EAKR		Toplam	p
		Yok(skor0-1)	Var(skor2-3)		
Yok	n	826	143	969	0,000
	%	85,2	14,8	100	
Var	n	329	58	387	
	%	85	15	100	
Toplam	n	1155	201	1356	
	%	85,2	14,8	100%	

Ki kare testi



Şekil 4.4. İleri rezorpsiyon- Diş çekimi ilişkisi

Diş çekimi parametresi – ileri rezorpsiyon ilişkisi incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunması üzerine (diş çekimi yapılan hastalarda ileri rezorpsiyon görülme sıklığı daha fazla), diş çekimi yapılıp yapılmadığına göre tedavi süresi ve tedavi tipi dağılımları ayrıca değerlendirildi.

Toplam tedavi süreleri incelendiğinde, diş çekimi yapılmadan tedavi edilen hastaların toplam tedavi süresi ortalamasının $26,8 \pm 9,8$ ay diş çekimi yapılarak tedavi edilen hastaların toplam tedavi süresi ortalamasının $29,9 \pm 8,4$ ay olduğu, bu değerlere göre çekimli tedavi yapılan hastaların tedavi sürelerinin çekimsiz tedavi yapılan hastaların tedavi sürelerinden istatistiksel olarak anlamlı oranda fazla olduğu sonucuna ulaşıldı (Tablo 4.19.).

Sabit tedavi süreleri incelendiğinde, diş çekimi yapılmadan tedavi edilen hastaların sabit tedavi süresi ortalamasının $21,58 \pm 8,8$ ay, diş çekimi yapılarak tedavi edilen hastaların sabit tedavi süresi ortalamasının $26,6 \pm 8,4$ ay olduğu, bu değerlere göre çekimli tedavi yapılan hastaların sabit tedavi sürelerinin çekimsiz tedavi edilen hastaların sabit tedavi sürelerinden istatistiksel olarak anlamlı oranda fazla olduğu sonucuna ulaşıldı (Tablo 4.19.).

Tablo 4.19. Diş çekimi-Tedavi süreleri ilişkisi

Çekim	n	Toplam tedavi süresi Ortalama±Ss	p
Yok	887	26,8±9,8	0,000*
Var	355	29,9±8,4	
		Sabit tedavi süresi Ortalama±Ss	
Yok	885	21,5±8,8	0,000*
Var	355	26,6±8,4	

Ki kare testi; *p<0,05

4.7. EAKR- Tedavi Tipi Değerlendirmesi

Çalışmamızda sabit tedavi öncesi hareketli apareylerle tedavi edilen hastalardaki rezorpsiyon oranıyla hareketli aparey kullanmadan doğrudan sabit tedavi başlanan hastalardaki rezorpsiyon oranları incelendiğinde iki grup arasında rezorpsiyon oranları bakımından anlamlı fark olmadığı sonucuna ulaşıldı (Tablo 4.20).

Tablo 4.20. Tedavi tipine göre rezorpsiyon oranları

Tedavi tipi	Rezorpsiyon var %	Rezorpsiyon yok %	p
İki aşamalı tedavi gören hastalar n=455	n=120 (% 26,4)	n=335 (% 73,6)	0,191
Tek aşamalı tedavi gören hastalar n=790	n=228 (% 28,9)	n=562 (% 71,1)	

Ki kare testi

4.8. EAKR'nun Çenelere ve Dişlere Göre Dağılımının Değerlendirmesi

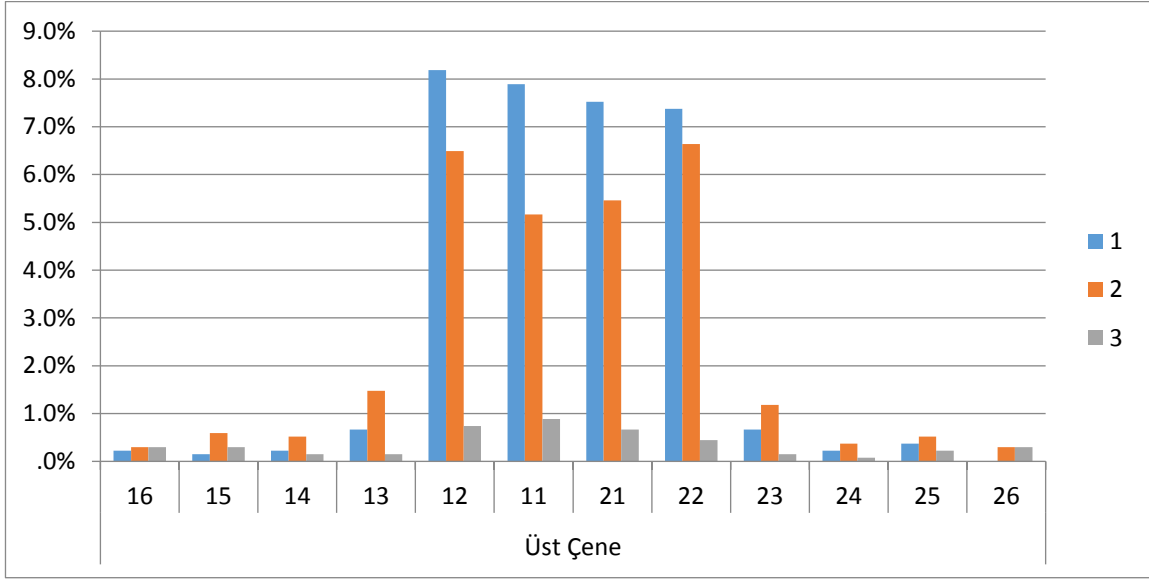
Çalışmamızda incelenen 1356 hastadan 375'inde (%27) herhangi bir seviyede rezorpsiyon olduğu gözlemlendi. Rezorpsiyon olan dişler incelendiğinde üst çenede en fazla rezorpsiyon görülen dişin 12 numaralı diş, alt çenede ise 41 numaralı diş olduğu belirlendi. Bir skorunu en fazla alan dişin üst çenede 12 numaralı diş alt çenede 41 numaralı diş olduğu belirlendi. İki skorunu en fazla alan dişin üst çenede 22 numaralı diş, alt çenede 31 numaralı diş olduğu belirlendi. Üç skorunu en fazla alan dişin üst çenede 11 numaralı diş, alt çenede 46 numaralı diş olduğu belirlendi (Tablo 4.21; Şekil 4.5 ve Şekil 4.6)

Tablo 4.21. Dişlerin aldığı rezorpsiyon skorları

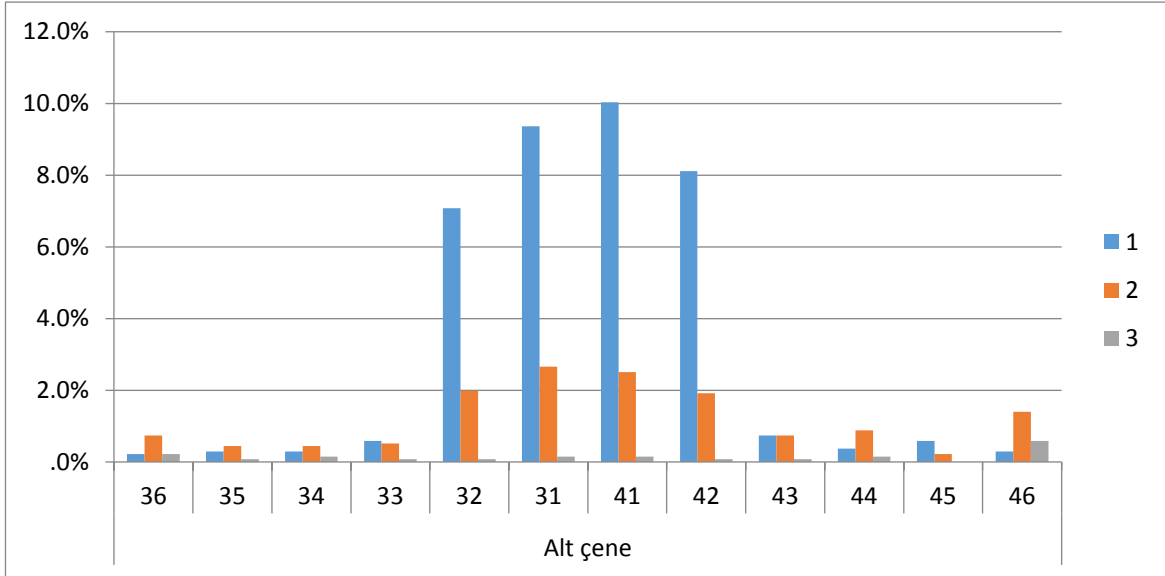
Dişler	Dişlerin aldığı rezorpsiyon skorları								Toplam
	0		1		2		3		
	n	%	n	%	n	%	n	%	
16	1345	99,2%	3	0,2%	4	0,3%	4	0,3%	11
15	1342	99,0%	2	0,1%	8	0,6%	4	0,3%	14
14	1344	99,1%	3	0,2%	7	0,5%	2	0,1%	12
13	1325	97,7%	9	0,7%	20	1,5%	2	0,1%	31
12	1147	84,6%	111	8,2%	88	6,5%	10	0,7%	209
11	1167	86,1%	107	7,9%	70	5,2%	12	0,9%	189
21	1171	86,4%	102	7,5%	74	5,5%	9	0,7%	185
22	1160	85,5%	100	7,4%	90	6,6%	6	0,4%	196
23	1329	98,0%	9	0,7%	16	1,2%	2	0,1%	27
24	1347	99,3%	3	0,2%	5	0,4%	1	0,1%	9
25	1341	98,9%	5	0,4%	7	,5%	3	0,2%	15
26	1348	99,4%	0	0,0%	4	,3%	4	0,3%	8

Tablo 4.21. (Devamı)

Dişler	Dişlerin aldığı rezorpsiyon skorları								Toplam
	0		1		2		3		
	n	%	n	%	n	%	n	%	
36	1340	98,8%	3	0,2%	10	,7%	3	0,2%	16
35	1345	99,2%	4	0,3%	6	0,4%	1	0,1%	11
34	1344	99,1%	4	0,3%	6	0,4%	2	0,1%	12
33	1340	98,8%	8	0,6%	7	0,5%	1	0,1%	16
32	1232	90,9%	96	7,1%	27	2,0%	1	0,1%	124
31	1191	87,8%	127	9,4%	36	2,7%	2	0,1%	165
41	1184	87,3%	136	10,0%	34	2,5%	2	0,1%	172
42	1219	89,9%	110	8,1%	26	1,9%	1	0,1%	137
43	1335	98,5%	10	0,7%	10	0,7%	1	0,1%	21
44	1337	98,6%	5	0,4%	12	0,9%	2	0,1%	19
45	1345	99,2%	8	0,6%	3	0,2%	0	0,0%	11
46	1325	97,7%	4	0,3%	19	1,4%	8	0,6%	31



Şekil 4.5. Üst çene dişlerinin aldığı rezorpsiyon skorları



Şekil 4.6. Alt çene dişlerinin aldığı rezorpsiyon skorları

Rezorpsiyonun alt çene dişleri arasındaki dağılımı incelendiğinde; üst çene dişlerindeki rezorpsiyon oranının % 33, alt çene dişlerindeki rezorpsiyon oranının ise % 16 olduğu görüldü (Tablo 4.22).

Bu sonuçlara göre üst çene dişlerinde rezorpsiyon görülme oranının alt çene dişlerinde rezorpsiyon görülme oranından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olduğu sonucuna ulaşıldı (Tablo 4.22).

Tablo 4.22. Alt ve üst çene EAKR yüzdeleri

	n	Rezorpsiyon Ortalama±ss	p
Üst çene	1356	0,33±1,11	0,000*
Alt çene	1356	0,16±0,80	

Bağımsız gruplarda t testi *p<0,05

5.TARTIŞMA

Rezorpsiyon dişin sement ve dentin dokularının odontoklast hücreleri tarafından ortadan kaldırılması sürecidir.⁽¹⁾ Daimi dişlenmeye geçişte süt dişlerinin rezorpsiyonu için gerekli olan ve bu aşamada fizyolojik olarak değerlendirilen rezorpsiyon süreci daimi dişlenme döneminde gözleendiğinde patolojik bir durum olarak kabul edilmektedir.^(2, 171) Bu patolojik durum gerekli önlemler alınmadığında dişin kaybına neden olabilen bir dental komplikasyona dönüşebilir.⁽³⁶⁾ Ortodonti pratiğinde sık rastlanan EAKR tedavisi zor bir komplikasyon olduğu için iyi anlaşılmalı ve oluşmasını engellenmek için dikkatli olunmalıdır.

Literatürde kök rezorpsiyonunun zaman içerisinde farklı şekillerde sınıflandırıldığı görülmüştür.

1970 yılında Andreasen⁽⁴⁰⁾ kök rezorpsiyonunu lokalizasyonuna göre eksternal ve internal olarak ikiye ayırmıştır.⁽⁴⁰⁾ Eksternal rezorpsiyonu da kendi içinde yüzey, inflamatuvar ve replasman olarak üç farklı kategoride değerlendirmiştir, bu sınıflama günümüzde hala en sık kullanılan sınıflamalardan biridir.⁽⁴⁰⁾

2002 yılında Benitez ve ark.⁽¹⁷²⁾ rezorpsiyonu lokalizasyonuna ve etiyojisine göre sınıflamıştır.⁽¹⁷²⁾ 2003 yılında Fuss ve ark.⁽³⁹⁾ rezorpsiyonu tedavi yöntemlerine göre sınıflamıştır. Ankilotik rezorpsiyonu idiopatik olduğu için tedavisi olmayan rezorpsiyon olarak sınıflayan bu çalışmada, ortodontik tedavi sırasında oluşan EAKR mekanik basıncın kaldırılmasıyla tedavi edilecek rezorpsiyon olarak tanımlanmıştır.⁽³⁹⁾ Apikal kök rezorpsiyonuyla ilgili son sınıflama 2018 yılında Patel ve ark.⁽¹⁷³⁾ tarafından yapılmıştır. Bu sınıflamada rezorpsiyon eksternal (inflamatuvar, servikal, yüzeyel ve geçici apikal hasarlanma) ve internal (inflamatuvar ve replasman) olarak iki ana form olarak sınıflanmıştır.⁽¹⁷³⁾

İnternal rezorpsiyon; travmatik yaralanma, enfeksiyon ve ortodontik tedavi gibi etiyojik sebeplerle artan odontoklast aktivitesi sonucu intraradiküler dentinin dentin tübülleri boyunca progresif yıkımını ifade eder.⁽¹⁷⁴⁾ İnternal rezorpsiyon radyografda pulpa kavitesi etrafında radyolusent alan olarak izlenir, en sık etkilenen dişler ise keser ve molar dişlerdir.⁽¹⁷⁵⁾ Rezorpsiyon ilk olarak inorganik mineral yapının yıkımı ardından organik materyalin ortadan kaldırılması şeklinde ilerleyen bir süreçtir, perforasyonla ya da perforasyon olmadan sonlanabilir.⁽¹⁷⁶⁾ İnternal rezorpsiyon ağrı

semptomu olmayan bir durumu ifade eder, rezorbe olan alanı dolduran granülasyon dokusundan kaynaklanan pembelik klinik olarak göze çarpan başlıca bulgudur. Bu yüzden internal rezorpsiyonun tespiti için radyograf alınması zorunludur. Radyografda görülen, pulpa odası etrafında genişlemiş yuvarlak-oval formlu radyolusensi internal rezorpsiyonun tipik görüntüsüdür.^(37, 175)

Bu çalışmanın ilgi alanı olan eksternal kök rezorpsiyonu dişin periodonsiyumunda başlayıp diş kökünün eksternal yüzeylerini etkileyen bir süreçtir. Travmatik yaralanmalar, periodontal dokuların kronik enfeksiyonu ve ortodontik tedavi eksternal kök rezorpsiyonun etiyolojisinde yer alan başlıca etkenlerdir. Eksternal rezorpsiyon tek başına olabileceği gibi internal rezorpsiyonla birlikte de görülebilir, aynı dişte birbirinden dentin tabakasıyla ayrılmış olarak bulunabileceği gibi birleşik lezyona dönüşmüş olarak da bulunabilir.⁽¹⁷⁷⁾ Eksternal rezorpsiyon kendi içinde eksternal yüzey rezorpsiyonu, eksternal inflamatuvar rezorpsiyon, eksternal replasman rezorpsiyonu, eksternal servikal rezorpsiyon ve geçici apikal rezorpsiyon olarak beşe ayrılabilir.^(174, 177)

Eksternal yüzey rezorpsiyonu genellikle travma sonrası ortaya çıkan ve kendi kendini sınırlayan rezorpsiyon formudur. Genellikle sement sınırları içinde kalan nadiren dentine ulaşan yüzey rezorpsiyonu olarak izlenir. Oluşan rezorpsiyon kaviteleri radyolojik incelemede küçük yüzey düzensizlikleri olarak normal lamina dura ve periodontal ligament boşluğu ile birlikte görülür.⁽¹⁷⁷⁾

Eksternal inflamatuvar rezorpsiyon genellikle travma ya da periodontal enfeksiyon sonrası periodonsiyumda ortaya çıkan inflamatuvar cevap sonrasında oluşur.⁽³⁵⁾ Aşırı intruziv kuvvet ya da aşırı tipping kuvveti oluşturan ortodontik hareketler inflamatuvar cevabı başlatabilir.⁽¹⁷⁸⁾ Eksternal inflamatuvar rezorpsiyon genellikle klinik semptom vermez, apikal periodontitisle birlikte oluşan periapikal bir patoloji olarak değerlendirilir.⁽¹⁷⁸⁾ Eksternal inflamatuvar rezorpsiyon gençlerde dentinal tübüller daha geniş olduğu için daha hızlı ilerler.⁽¹⁷⁹⁾

Eksternal replasman rezorpsiyonu periodontal ligamentin iç tabakalarında oluşan inflamasyon sonrası oluşur. Eğer kök yüzeyinin %20'sinden daha az alanı kaplayacak şekilde periodontal ligament hasarı oluşmuşsa geçici ankiloz oluşur. Oluşan geçici ankiloz diş iyileşme döneminde uygun şekilde splintlenerek fonksiyonel kuvvetlerin

diş ulaşması engellenmemişse kendiliğinden rezorbe olur. Daha geniş alanı kaplayan hasarlanmalarda ise daimi ankiloz gelişir. Daimi ankiloz geliştiğinde diş, kemik dokunun bir parçası haline gelir ve kemik remodeling mekanizmaları dahilinde osteoklastlarca rezorbe edilerek kemik dokuyla yer değiştirir.⁽¹⁸⁰⁾

Eksternal servikal rezorpsiyon infiltratif seyrinden dolayı klinisyenlerin tedavide zorlandıkları kompleks patolojik bir durumdur.⁽¹⁸¹⁾ Dental travma, periodontal tedavi, intrakoronel bleaching ve ortodontik tedavi gibi etiyolojik faktörler eksternal servikal rezorpsiyona sebep olabilir.^(37, 182) Klinik görüntüsü yüksek vasküler yapısı olan granülasyon dokusunun incelen dentin ve mine altından servikal bölgeye yansıyan görüntüsünü tarif eden ‘pink spot’ olarak adlandırılan görünümdür.⁽¹⁷⁴⁾

Geçici apikal hasarlanma travma sonrası dişin apikalinde oluşan geçici rezorpsiyonu ifade eder. Radyografta görülebilen radyolulusensi periodontal ligament genişlemesinden ve kök ucundaki hafif rezorpsiyondan kaynaklanır ve genellikle bir yıl içinde kaybolarak sağlıklı görünüme kavuşur. Problemler diş pulpa testlerine normal cevap verir, tedavi gerektirmeyen bir rezorpsiyon türüdür.^(35, 183)

Literatürde EAKR ile ilgili birçok çalışma olmasına rağmen çalışmacılar arasında etiyolojik sebeplerle ilgili fikir birliği sağlanamamıştır. EAKR’nun fizyolojik biçimi olan süt dişi rezorpsiyonu sırasında odontoklast öncüllerinin nasıl ortaya çıktığı, mezenşimal kök hücrelerin odontoklastlara diferansiasyonuna neyin sebep olduğu, rezorpsiyonu başlatan süreçlerin nasıl tetiklendiği henüz aydınlatılamamıştır.^(184, 185) Daimi dişte oluşan kök rezorpsiyonunda görev alan odontoklastların aktivasyonunun ise mekanik, inflamatuvar, otoimmün ve enfeksiyöz nedenlerin yer aldığı multifaktöryel bir süreçle olduğu düşünülmektedir.^(184, 185) Ortodontik tedaviyle oluşan EAKR’de bu faktörlerden özellikle inflamatuvar ve mekanik etkenlerin yer aldığı düşünülmektedir. Bakteriyel enfeksiyon, travmatik yaralanma, fiziksel ve kimyasal irritasyon nedenleriyle ortaya çıkabilen EAKR, genellikle radyolojik muayene sırasında tesadüfen fark edilen bir fenomen olarak da değerlendirilmektedir.^(173, 186)

Ortodontik tedavi sırasında oluşan EAKR’nun etiyolojisini değerlendiren çalışmalarda sıklıkla tedavi sırasında uygulanan mekanik kuvvet ve bu kuvvet nedeniyle periodontal ligament alanında oluşan nekrotik dokunun ortadan kaldırılması sırasında oluşan inflamatuvar süreç değerlendirilmiştir.^(85, 171) Kuvvet nedeniyle oluşan

inflatuar sürecin, sement dokusu rezorpsiyona kemik dokusundan daha dirençli olduğu için önce alveol kemiğini rezorbe ettiği, bölgedeki inflamasyon kaynaklı yıkıcı kuvvet sementin reperatif kapasitesini aştığı ve dentinin açığa çıktığı durumda ise EAKR oluştuğu bildirilmiştir.⁽¹¹⁵⁾

EAKR ortodontik tedavinin bir komplikasyonu olarak ilk olarak 1914 yılında Ottolengui tarafından bildirilmiştir.⁽¹⁹⁾ EAKR ile ilgili kapsamlı ilk çalışma ise 1927 yılında Ketcham tarafından yapılmıştır.⁽²⁰⁾ Gelişen radyografik görüntüleme teknolojileriyle birlikte konuyla ilgili çalışmalar artmıştır. Elhaddaoui ve ark.⁽¹⁸⁷⁾ tarafından ortodontik tedavinin en önemli komplikasyonu olarak tanımlanan EAKR literatürdeki birçok çalışmada ortodontik tedavi sırasında en sık rastlanan yan etki olarak bildirilmiştir.^(11, 187-189)

Ortodontik tedavinin bu yan etkisinin tedavi sonrasında devam edip etmediği konusunda farklı görüşler bildirilmiştir. Vonderhae ve ark.⁽²³⁾ ortodontik tedavi sebebiyle oluşan rezorpsiyonun ortodontik tedavi biter bitmez sonlandığını bildirmiştir.⁽²³⁾

Rygh ve ark.⁽²⁴⁾ elektron mikroskobu kullanarak yaptığı çalışmasında ortodontik tedavi sebebiyle oluşan rezorpsiyonun tedavi bittiğinde ya da dişe uygulanan mekanik kuvvet belli bir seviyenin altına düştüğünde sonlandığını bildirmiştir.⁽²⁴⁾ Öte yandan Mattison ve ark.⁽²⁵⁾ ortodontik tedavi sonlandıktan sonra rezorpsiyonun 3 yıl boyunca devam ettiği bir vaka bildirmiş, tedavi olarak kalsiyum hidroksitli kanal patı ile kök kanalının doldurulmasını ve dişin splintlenmesini önermiştir.⁽²⁵⁾

Çalışmamız planlanırken EAKR-ortodontik tedavi ilişkisiyle ilgili literatürdeki çalışmalar incelendi. Çoğunluğunu periapikal ve panoramik filmlerde rezorpsiyon değerlendirmesinin oluşturduğu literatür çalışmalarında değerlendirilen hasta sayılarının azlığı dikkat çekmiştir.^(114, 120, 190) Sharpe ve ark.'nın⁽⁹⁾ toplam 18 hastanın EAKR seviyelerini değerlendirdikleri çalışmasında hasta sayısının yetersiz olduğu çalışmacılar tarafından da bildirilmiştir. Literatürdeki panoramik filmler kullanılarak yapılan çalışmaları incelediğimizde 601 hastanın panoramik filmlerinin değerlendirildiği Apajalahti ve ark.⁽¹⁹⁰⁾ çalışmasının örneklem grubu en büyük olan çalışma olarak göze çarpmaktadır.⁽¹⁹⁰⁾ EAKR-ortodontik tedavi ilişkisini

incelediğimiz çalışmamızda toplam 1356 hastanın panoramik filmleri değerlendirilmiştir.

Çalışma materyalini Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim dalı Kliniği'nde tedavi görmüş bireyler arasından dahil edilme kriterlerine uygun görülen bireylerin panoramik filmlerinden oluşturduğumuz bu çalışmada ortodontik tedavinin en sık rastlanan komplikasyonlardan biri olan EAKR'na hasta yaşı, hasta cinsiyeti, tedavi tipi ve tedavi süresinin etkisini çok sayıda hasta verisini incelenerek ortodontik tedavi sırasında oluşan rezorpsiyonla ilgili daha fazla bilgi sahibi olmak hedeflenmiştir.

Çalışmamızda incelenen hastalar belirlenirken daha önce EAKR-ortodontik tedavi ilişkisi ile ilgili yapılmış çalışmalar da dikkate alınarak EAKR açısından sistemik ve lokal etiyolojik predispozan faktörleri taşıyan, tedavi başlangıcında dişlerinde kök rezorpsiyonu gözlenen ve daha önce ortodontik tedavi görmüş hastalar çalışma dışı bırakıldı.^(35, 48) EAKR-ortodontik tedavi ilişkisini panoramik filmleri değerlendirerek inceleyen çalışmamızda panoramik film çekim tekniğinden ya da hasta pozisyon hatalarından kaynaklanan görüntü kalitesi düşük filmler çalışma dışı bırakıldı. Daimi dişlerden kök gelişimi ilk tamamlanan diş üst birinci molar olduğu ve bu dişin kök gelişimi 7 yaşında tamamlandığı için bu yaştan küçük hastalar çalışma dışı bırakıldı.⁽¹¹³⁾ Literatür incelemesinde dahil edilme kriterleri arasında 7 yaş alt sınır olarak belirleyen çalışma olmadığı, fakat değerlendirilen hastaların ortalama yaşlarının 7 yaştan büyük olduğu görüldü. Çalışmamızda kemik dansitesi- EAKR oluşumu ilişkisini değerlendirebilmek için Hernandez⁽¹⁰⁴⁾ ve Handschin'in⁽¹⁰⁵⁾ alveol kemik dansitesinin en yüksek seviyesine ulaştığını bildirdiği 25 yaş referans alınarak 25 yaşından küçük ve 25 yaşından büyük hastalar rezorpsiyon oranları bakımından ayrıca incelendi. Literatürde belli bir yaş referans alınarak rezorpsiyon oranlarının kıyaslandığı çalışmaya rastlanmadı.

Ortodontik tedavi öncesinde farklı etiyolojik sebeplerle ya da idiopatik olarak kök rezorpsiyonu görülebilir. Lupi⁽⁴⁵⁾ incelediği hastalarda eksternal apikal kök rezorpsiyonuna rastlanma oranının ortodontik tedaviye başlamadan önce % 15 olduğunu bildirilmiştir.⁽⁴⁵⁾ Çalışmamızda değerlendirilen hastalardan 8 tanesinin tedavi başlangıcı filmlerinde rezorpsiyon gözlendiği için bu hastalar çalışma dışı bırakılmıştır. Çalışmamızda tedavi başlangıcındaki rezorpsiyona rastlanma oranı %0,4

olarak bulunmuştur, bu oran Lupi'nin çalışmasında bildirilen orandan çok daha düşüktür.

Literatürde EAKR oluşumunu etkileyen faktörler arasında hasta yaşı, cinsiyeti, tedavi süresi, diş çekimi yapılıp yapılmadığı ve dişin hareket miktarı üzerinde en çok durulan parametrelerdir.^(48, 108, 109, 117) Bizim çalışmamızda hastaların tedavi başlangıcındaki kronolojik yaşları, cinsiyetleri, toplam tedavi süreleri, sabit mekaniklerle tedavi süreleri, tedavilerin çekimli yapılıp yapılmadığı parametreleri ile EAKR oluşumu arasındaki ilişki değerlendirilmiştir.

Literatür incelemesinde EAKR-tedavi süresinin birçok çalışmada dikkate alındığı fakat tedavi süresinin genellikle sabit tedavi süresi olarak değerlendirildiği görüldü.^(48, 108, 109, 117) Çalışmamızda hastaların hareketli apareylerle tedavi olduğu sürenin EAKR oluşumuna etkisini değerlendirebilmek için hastaların tedavi olduğu süre toplam tedavi süresi ve sabit tedavi süresi olmak üzere iki parametre olarak değerlendirildi. Çalışmamıza benzer tek çalışma olan Brin ve ark.⁽¹²⁰⁾ tarafından yapılan çalışmada hastalar iki grup olarak incelemiş, birinci grup hareketli fonksiyonel aygıtlarla tedavi edildikten sonra sabit mekaniklerle tedavi edilen hastalardan ikinci grup ise daimi dişlenme tamamlandıktan sonra sabit mekaniklerle tedavi edilen hastalardan oluşmuştur.

Literatürde EAKR'nun farklı diagnostik yöntemler kullandığında farklı oranlarda teşhis edildiği görülmektedir. Ortodontik tedavi sonrası oluşan kök rezorpsiyonunu inceleyen histolojik çalışmalar rezorpsiyon oranını %90 gibi çok yüksek oranlarda bildirirken, radyolojik yöntemin kullandığı farklı çalışmalarda rezorpsiyon oranı %48-66 olarak tespit edilmiştir.^(125, 191) Lund⁽⁴⁴⁾ ve ark. CBCT yöntemi kullandıkları çalışmalarında sabit ortodontik tedavi sonrası hastaların %94'ünde en az bir dişte 1 mm'den daha fazla kök boyu kaybı gözlediklerini bildirmiştir.⁽⁴⁴⁾ Toplam 1356 hastayı değerlendirdiğimiz çalışmamızda ortodontik tedavi gören hastaların %28'inde herhangi bir rezorpsiyon olduğu sonucuna ulaşıldı.

Rezorpsiyon seviyesinin tespitinde hangi filmin kullanılması gerektiği literatürdeki tartışmalı konulardandır.^(74, 75, 79) Periapikal filmler ve tomografi teknikleri rezorpsiyon tespitinde panoramik filmlere göre daha detaylı görüntü vermektedir. Fakat bu filmler ortodonti kliniklerinde tedavi başlangıcı ve tedavi bitiminde hasta kayıtları için alınan

rutin filmlerden değildir.^(21, 22, 77) Birçok ortodonti kliniğinde olduğu gibi bu retrospektif çalışmanın yapıldığı Akdeniz Üniversitesi Ortodonti kliniğinde de hastaların tedavi başlangıcı ve tedavi sonu rutin radyografik kayıtları panoramik ve lateral sefalometrik filmlerden oluşmaktadır. Literatür incelemesinde lateral sefalometrik filmlerin kesici dişlerde oluşan EAKR'nun tespitinde kullanılabileceği bildirilmiştir.⁽¹⁹²⁾ Fakat kesici dişler dışındaki dişlerde oluşan EAKR şiddetinin tespiti sefalometrik filmlerin değerlendirmesiyle mümkün değildir EAKR-ortodontik tedavi ilişkisini inceleyen çalışmamızda bu nedenle panoramik filmler rezorpsiyon değerlendirmesinde kullanılmıştır.

Sameshima ve ark.⁽²²⁾ yaptıkları çalışmada panoramik filmler üzerinde rezorpsiyon seviyesi değerlendirildiğinde periapikal filmler üzerinde yapılan değerlendirmeye göre rezorpsiyon seviyesinin % 20'ye varan oranlarda fazla ölçüldüğünü bildirmiştir. Öte yandan gelişen teknolojiyle panoramik film kalitesindeki artışın apikal kök rezorpsiyonu değerlendirmesinde panoramik filmleri daha güvenilir hale getirdiği, günümüzde kullanılan panoramik filmlerin de periapikal filmler kadar etkili kullanılabildiğini savunan çalışmalar da bulunmaktadır.^(76, 193)

Kök rezorpsiyonunun radyograflar üzerinde tespiti ve rezorpsiyon seviyesinin doğru değerlendirilmesi tedavi seçeneklerini belirlemek ve rezorpsiyonu engellemek için son derece önemlidir.⁽²⁸⁾ Rezorpsiyon seviyesini doğru değerlendirmek için geometrik-matematik algoritmaların kullanımı önerilse de bu algoritmaların ihtiyacı karşılamadığı bildirilmiştir.⁽¹⁹⁴⁾ Literatürde kök rezorpsiyonunu değerlendirmek için sık kullanılan yöntemler Malmgren ve ark.⁽¹¹⁾ ve Sharpe ve ark.'nın⁽⁹⁾ yöntemidir. Bu yöntemlerden ilki olan Malmgren ve ark.⁽¹¹⁾ tarafından tanımlanan beş aşamalı rezorpsiyon sınıflamasında rezorpsiyonun başlangıç aşamasındaki ilk üç skoru (skor 0: rezorpsiyon yok; skor 1:kök ucu konturunda düzensizleşmeyle karakterize hafif rezorpsiyon; skor 2: kök ucu konturunun hemen hemen düz sayılabileceği orta seviyeli rezorpsiyon) panoramik filmler kullanarak birbirinden ayırmak zor olduğu için çalışmamızda Sharpe ve ark.⁽⁹⁾ tarafından tanımlanan dört aşamalı sınıflama sistemi kullanılmıştır. Sharpe ve ark.⁽⁹⁾ 'nın tanımladığı rezorpsiyon sınıflama sisteminde Malmgren ve ark.⁽¹¹⁾'nin sistemindeki 2 ve 3 skorlarının her ikisi de skor 2 olarak tanımlanmıştır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde periapikal radyograflarla yapılan EAKR değerlendirmesinde genellikle Malmgren sınıflaması kullanılırken,

panaromik radyograflarla yapılan EAKR değerlendirmesinde Sharpe sınıflamasının daha çok tercih edildiği görülmektedir.^(195, 196)

Radyografik görüntüler distorsiyonlardan, magnifikasyondan ve dişin angulasyonundan etkilenmektedir.^(71, 72) Kesici dişler prokline olduğunda bu dişlerin panaromik radyograftaki boyları daha kısa görünmektedir.⁽⁷³⁾ Panaromik radyografin süperpozisyon, radyografta parlama ve projeksiyon distorsiyonu dezavantajları da bulunmaktadır.^(74, 75) İki boyutlu bir görüntüleme tekniği olan panaromik radyografin bu dezavantajları rezorpsiyonun başlangıç aşamalarını belirlemeyi zorlaştırdığı için çalışmamızda ileri rezorpsiyon -ortodontik tedavi ilişkisi ayrıca araştırılmıştır.

Literatürdeki alışmalar incelendiğinde rezorpsiyonun ilerlemiş aşamalarının farklı Şekillerde tanımlandığı görüldü. İncelenen birçok çalışmada Şiddetli rezorpsiyon EAKR'nun kök boyunun üçte birini geçtiği durum ya da 4 mm'den fazla kök rezorpsiyon olarak tanımlanmıştır.^(13,42,118,125) Kaley ve ark.⁽¹⁹⁷⁾ Şiddetli kök rezorpsiyonunu, santral kesici dişlerin kök uzunluğunun %25'inden daha fazlasının kaybedildiği durum olarak tanımlamıştır.⁽¹⁹⁷⁾ Killany ve ark'nın ⁽¹³⁾ çalışmasında ise apikal rezorpsiyonunun 5 mm'den fazla olduğu durum agresif eksternal apikal kök rezorpsiyon olarak tanımlanmıştır.⁽¹³⁾

Çalışmamızda Sharpe ve ark.⁽⁹⁾nın rezorpsiyon sınıflama sistemindeki 2 ve 3 skoru 'ileri rezorpsiyon' olarak tanımlanarak ileri rezorpsiyonun yaş, cinsiyet, tedavi süresi ve tedavi tipiyle ilişkisi ayrıca incelenmiştir.

Çalışmamızda değerlendirilen ilk parametre EAKR- hasta yaşı ilişkisidir. Günümüzde hem ortodontik tedavi gören yetişkin hasta sayısı hem de yetişkin hastaların toplam hasta sayısı içindeki oranı artmaktadır.^(198, 199) Genel olarak yaşlı ve orta yaşlı bireylerin ortodontik tedavisi adölesanlara ve ge bireylere göre daha komplekstir, çünkü yetişkin hastalarda periodontal yapı gelerden farklıdır ve periodontal problem bulunma olasılığı daha yüksektir. Yetişkin hastalar arasındaki periodontal hastalık oranı %30 olarak bildirilmiştir. Periodontal hastalık varlığında dişlerde migrasyon, rotasyon, diastema ve okluzal uyumsuzluklar oluşur.⁽²⁰⁰⁾ Yetişkin hastalarda dental periodontal dokuların cevabı yaşlanmayla birlikte geç bireylerden farklılık göstermeye başlar.⁽²⁰¹⁾ Yetişkin hastalarda oluşan okluzal düzensizlikler ve dişlerin

seviyelemedeki bozulmalar ise ancak ortodonti ve periodontoloji dallarının interdisipliner çalışmasıyla düzeltilebilir.⁽²⁰²⁾

Hasta yaşının kök rezorpsiyonuyla ilişkisi değerlendiren çalışmalarda yaşla kemik densitesinde oluşan artışın kök rezorpsiyonu artışına sebep olduğu bildirilmiştir. Yaşla oluşan kemik dansitesi artışının yirmili yaşların ortasıyla otuzlu yaşlarda en üst seviyeye ulaşmaktadır.⁽¹⁰⁴⁾ Alveol kemik dansitesinde oluşan artış dişi hareket ettirmek için gereken kuvveti ve oluşacak inflamatuvar reaksiyonu ve rezorpsiyon seviyesini artırmaktadır.⁽⁹¹⁾ Winkler⁽¹⁰⁶⁾, mandibular kemik dansitesinin fazla olmasının molar mezializasyonu sırasında artmış kök rezorpsiyonu için risk faktörü olduğunu bildirmiştir.⁽¹⁰⁶⁾

Çalışmamızda kemik dansitesinde hasta yaşıyla oluşan artışın kök rezorpsiyonuna etkisini incelemek için 25 yaş üstü hastalardaki rezorpsiyon seviyesi ayrıca değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmenin yapılabilmesi için Hernandez⁽¹⁰⁴⁾ ve Handschin'in⁽¹⁰⁵⁾ alveol kemik dansitesinin maksimuma ulaştığını bildirdiği 25 yaş referans alınarak 25 yaşından küçük hastalardaki rezorpsiyon oranı ile 25 yaşından büyük hastalardaki rezorpsiyon oranları incelendi. İki grup arasında rezorpsiyon oranları bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı görüldü. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde kemik densitesindeki artış referans alınarak gruplanmış çalışmaya rastlanmadı.

Çalışmamızda hasta yaşı ile EAKR ilişkisi; rezorpsiyon-hasta yaşı, ileri rezorpsiyon-hasta yaşı ve 25 yaş üstü hastalarda rezorpsiyon oranı olmak üzere üç ayrı şekilde değerlendirildi. Hasta yaşı, hastanın sabit ya da hareketli apareylerle ortodontik tedaviye başladığı gün esas alınarak yıl, ay olarak hesaplandı. Hasta yaşı ve tedavi süreleri hesaplanırken panoramik filmlerin çekildiği tarihle hastaların tedaviye başladığı tarih arasında, tedavi planlaması, laboratuvar hazırlıkları ve diş çekimleri gibi sebeplerle zaman farkı olduğu için hasta dosyalarındaki tarihler esas alındı.

Hasta yaşının apikal kök rezorpsiyonuna etkisi ile ilgili görüşler farklılık göstermektedir.^(108, 109) Genel olarak hasta yaşının ortodontik tedaviyle oluşacak kök rezorpsiyonu açısından risk oluşturduğu, bu yüzden yetişkin hastaların bu konuda uyarılması gerektiğiyle ilgili görüşler hakimdir.^(109, 111)

Pastro ve ark.⁽²⁰³⁾ sabit mekaniklerle tedavi edilen 600 hastanın rezorpsiyon seviyesinin periapikal filmlerle değerlendirildikleri çalışmada çalışmamızla benzer şekilde EAKR ile hasta yaşı arasında anlamlı ilişki olmadığı sonucuna ulaşmıştır.⁽²⁰³⁾ Pastro ve ark.'nın ⁽²⁰³⁾ çalışmasında tedavi başlangıcında kronik periodontitisi olan yetişkin hastaların kron/kök oranı değiştiği için EAKR riskinin arttığı, fakat hasta yaşıyla rezorpsiyon arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki olmadığı bildirilmiştir.⁽²⁰³⁾ Öte yandan Linge⁽¹¹⁷⁾ ve Stevik⁽²⁰⁴⁾ gibi bazı araştırmacılar kök rezorpsiyonunun hasta yaşından etkilendiğini, bu yüzden ortodontik tedaviye erken yaşta başlamanın tavsiye edilebileceğini bildirmiştir.

Literatürde ortodontik tedavi kaynaklı eksternal kök rezorpsiyonunun bireyin yaşıyla ilişkisini incelemek için yapılmış sadece bir deneysel çalışmaya rastlanmıştır. Ren ve ark.⁽²⁰⁵⁾ Wistar fareleri üzerinde yaptıkları bu deneysel çalışmada ortodontik tedavinin yetişkin farelerde, genç farelere göre daha fazla rezorpsiyon oluşturduğu bildirilmiştir.⁽²⁰⁵⁾

Hasta yaşı EAKR ilişkisi; rezorpsiyon-hasta yaşı, ileri rezorpsiyon-hasta yaşı ve 25 yaş üstü hastalarda rezorpsiyon ilişkisi olmak üzere üç ayrı parametre olarak incelenen çalışmamızda rezorpsiyon-hasta yaşı ve ileri rezorpsiyon-hasta yaşı arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki olmadığı sonucuna ulaşıldı. Elde ettiğimiz bu bulgu; literatürde yer alan ve yaşla birlikte ortodontik tedaviye bağlı kök rezorpsiyonu riskinin arttığını bildiren çalışmalarla^(16, 110, 111) uyumlu olmamakla birlikte hasta yaşı ve kök rezorpsiyonu arasında anlamlı bir ilişki olmadığını bildiren Mc Fadden⁽¹¹⁴⁾ , Sjolen⁽²⁰⁶⁾, Beck ve ark.⁽¹⁰⁸⁾ ve Philips⁽⁸⁴⁾'in çalışma sonuçlarıyla uyumludur. Bu durum; eksternal apikal kök rezorpsiyonunun multifaktöriyel bir süreç olduğunu ve tek başına yaş ile ilişkilendirilemeyeceğini göstermektedir.

Literatürde kök rezorpsiyonuyla ilgili çalışmalarda değerlendirilen etkenlerden biri de hasta cinsiyetidir.^(37, 88) Cinsiyetler arasındaki hormonal farklılığı östrojen ve testosteron oluşturur. Östrojen ve testosteron steroid yapılı cinsiyet hormonlarıdır. Östrojen kadınlarda osteoklast sayısını baskılayarak kemik yıkımını engeller. Testosteron ise erkeklerde kemik yıkımını azaltırken hem erkek hem de kadınlarda kemik yapımını artıran bir hormondur.⁽¹²¹⁾ Cinsiyetin ortodontik tedaviye etkisini araştıran Seifi'nin⁽²⁰⁷⁾ deneysel çalışmasında testosteron ve östrojen hormonlarının kan plazma seviyelerinin ortodontik diş hareketi ve kök rezorpsiyonuna etkisi Wistar

fareleri üzerinde incelenmiş, her iki hormonun da kan plazma seviyelerindeki artışın ortodontik diş hareketini azalttığı, rezorpsiyonu ise artırdığı bildirilmiştir.⁽²⁰⁷⁾

Kök rezorpsiyonu-ortodontik tedavi ilişkisini değerlendiren klinik çalışmalarda ise hasta cinsiyetinin rezorpsiyona etkisiyle ilgili farklı sonuçlar bildirilmektedir.^(9,43,88,114,206,208,209) Jung ve ark.⁽²⁰⁹⁾, ve Pastro ve ark.⁽²⁰³⁾ çalışmalarında cinsiyetin rezorpsiyon üzerinde etkisi olmadığını bildirmişlerdir.^(114, 203, 209) Benzer şekilde Mc Fadden ve ark.⁽¹¹⁴⁾, ortalama yaşları 13,1±1,4 olan 38 hastayla yaptıkları çalışmada alt ve üst çenede kesici intrüzyonu yapıldıktan sonra oluşan kök rezorpsiyonlarını incelemiş, cinsiyetle kök rezorpsiyonu arasında ilişki olmadığını bildirmiştir.⁽¹¹⁴⁾

Sjolen ve ark.⁽²⁰⁶⁾ tarafından yapılan ortalama yaşları 16,3±1,6 olan 59 hastanın periapikal filmlerinin değerlendirildiği çalışmada intrüzyon yapılan hastalarda kök rezorpsiyon oranları incelenmiş, hasta cinsiyetiyle kök rezorpsiyonu arasında korelasyon olmadığı rapor edilmiştir.⁽²⁰⁶⁾

Ortodontik tedavi-EAKR ilişkisini inceleyen en uzun süreli takip çalışması olan Sharpe ve ark.'nın⁽⁹⁾ kök rezorpsiyonu ve alveol kret kaybını değerlendirdikleri çalışmasında hastalar tedavileri bittikten sonra 10 yıl boyunca takip edilmiştir. On yıllık takip sonrası yapılan rezorpsiyon değerlendirmesi sonucunda kök rezorpsiyonunun cinsiyetler bakımından fark göstermediği bildirilmiştir.⁽⁹⁾

Ortodontik tedaviye bağlı EAKR görülme sıklığı ve cinsiyet arasında bir ilişki olmadığını bildiren çalışmaların yanısıra literatürde kadın hastalarda daha fazla rezorpsiyona rastlandığını bildiren çalışmalar da bulunmaktadır. Levander⁽⁴³⁾, sabit mekaniklerle yapılan ortodontik tedavinin 6-9 aylık başlangıç döneminden sonra oluşan rezorpsiyonu değerlendirdiği çalışmasında kadınlarda daha fazla rezorpsiyon görüldüğünü bildirmiştir.⁽⁴³⁾ Cinsiyetin EAKR üzerindeki etkilerini inceleyen Newman'ın⁽⁸⁸⁾ çalışmasında da Levander'in⁽⁴³⁾ çalışmasıyla benzer şekilde ortodontik tedavi gören kadın hastalarda erkek hastalara göre daha fazla rezorpsiyona rastlandığı bildirilmiştir.⁽⁸⁸⁾

Literatürde cinsiyet-EAKR ilişkisini inceleyen çok sayıda çalışma olmamakla birlikte cinsiyetle EAKR arasında ilişki olduğunu bildiren çalışmalarda kadınlarda daha fazla rezorpsiyon olduğu rapor edilmiştir. Bizim çalışmamızda ise tüm bu bulgulardan farklı olarak erkek hastalarda daha fazla rezorpsiyona rastlandığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu

sebeple; kök rezorpsiyonunun multifaktöriyel yapısı göz önünde bulundurularak cinsiyetler arasında rezorpsiyon farkı oluşmasında etki edebilecek değişkenlerden olan tedavi süresi ve diş çekimi parameterelerinin cinsiyetler arasındaki dağılımı ayrıca incelenmiştir.

Kadın ve erkek hastaların toplam tedavi süreleri ve sabit tedavi süreleri incelendiğinde sabit tedavi süresinin cinsiyetler arasında farklılık göstermediği, erkek hastaların toplam tedavi süresinin kadın hastaların toplam tedavi süresinden istatistiksel olarak anlamlı oranda yüksek olduğu sonucuna ulaşıldı. Kliniğimizde fonksiyonel çene ortopedisi tedavisinde kullanılan hareketli apareyler genellikle hastaların büyüme dönemi sonuna kadar kullanılmaktadır. Erkek hastaların büyüme döneminin kadın hastalardan yaklaşık iki yıl uzun olmasının⁽²¹⁰⁾ ve erkek hastalarda kadın hastalara göre daha düşük hasta kooperasyonu sağlanabilmesinin çalışmamızdaki erkek hastaların toplam tedavi süresinin kadın hastalara göre daha uzun olmasının nedeni olduğu düşünülebilir. Çalışma bulgularımızdan biri olan tedavi süresi artışının rezorpsiyon artışına sebep olduğu dikkate alındığında erkek hastalarda daha fazla rezorpsiyon görülmesinin nedeninin tedavi sürelerindeki fark olduğu düşünülebilir.

Cinsiyetler arasında diş çekim oranları bakımından fark olup olmadığı da incelenen araştırmamızda erkek hastalardaki çekim oranının %28,6, kadın hastalardaki çekim oranının %28,7 olduğu, erkek ve kadın hastalardaki çekim oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı, erkek hastalarda daha fazla rezorpsiyon görülmesinin diş çekimiyle ilişkisi olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

İleri rezorpsiyon görülen hastaların cinsiyetler arasındaki dağılımı incelendiğinde cinsiyetler arasında fark olmadığı görüldü. Bu sonuç erkek hastalarda 1 skoru alan hastaların daha fazla olduğunu göstermiştir.

Kök rezorpsiyonunun tedavi süresiyle ilişkisi hem toplam tedavi süresi hem de sabit mekaniklerle yapılan tedavi süresi dikkate alınarak değerlendirilen çalışmamızda rezorpsiyon görülen hastaların toplam tedavi süresi ortalamasının rezorpsiyon görülmeyen hastaların toplam tedavi süresi ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı oranda(yaklaşık 4 ay) fazla olduğu; rezorpsiyon görülen hastalardaki sabit tedavi süresi ortalamasının da rezorpsiyon görülmeyen hastaların sabit tedavi süresi

ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı oranda(yaklaşık 4 ay) fazla olduğu sonucuna ulaşıldı.

Literatürde tedavi süresinin kök rezorpsiyonuna etkisiyle ilgili çalışmalarda farklı görüşler bildirilmiştir.^(108, 116, 117, 120) Segal ve ark.⁽¹¹⁶⁾ dişin ortodontik kuvvete maruz kaldığı süre arttıkça dişin çevre dokularındaki inflamatuvar cevabın arttığını, inflamasyondaki artışın da kök rezorpsiyonunda artışa sebep olduğunu bildirmiştir.⁽¹¹⁶⁾ Mc Fadden ve ark.'nın⁽¹¹⁴⁾ çalışmasında rezorpsiyon varlığı periapikal filmler üzerinde değerlendirilmiş, Segal ve ark.⁽¹¹⁶⁾ ile benzer şekilde tedavi süresi artışının kök rezorpsiyonunu artırdığı sonucuna ulaştıklarını bildirmişlerdir.⁽¹¹⁴⁾

Brin ve ark.⁽¹²⁰⁾'nin Sınıf 2 malokluzyona sahip artmış overjeti olan 138 hasta ile yaptıkları çalışma,da hastalar iki grup halinde değerlendirilmiş, birinci grup karışık dişlenme döneminde hareketli fonksiyonel aygıtlarla tedavisine başlanıp ardından sabit mekaniklerle tedavi edilen hastalardan ikinci grupsa daimi dişlenme tamamlandıktan sonra sadece sabit mekaniklerle tedavi edilen hastalardan oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda tedavi süresi arttıkça rezorpsiyon miktarının anlamlı oranda arttığı, sabit mekaniklerle tedavi süresindeki artışın kök rezorpsiyonu artışıyla daha fazla korelasyon gösterdiği bildirilmiştir.⁽¹²⁰⁾

İleri rezorpsiyonu skor 2-3 olarak tanımladığımız çalışmamızda tedavi süresi arttıkça ileri rezorpsiyon görülme sıklığının arttığı fakat bu artışın istatistiksel olarak anlamlı seviyede olmadığı sonucuna ulaşıldı. Bu sonuçlara göre başlangıç seviyesinde EAKR oluşumu tedavi sürelerinden daha fazla etkilenmektedir. Literatürde rezorpsiyonu şiddetine göre değerlendiren çalışmalar incelendiğinde Maués ve ark.⁽⁷⁾ nın kök boyunun üçte birinden fazlasını şiddetli rezorpsiyon olarak tanımladıkları çalışmasında çalışmamızla benzer şekilde şiddetli rezorpsiyon görülme oranının tedavi süresi uzadıkça arttığı bildirilmiştir.⁽⁷⁾ Martins ve ark.⁽²¹¹⁾ ise tedavi süresinin kök rezorpsiyonun şiddetini arttırmadığını, EAKR şiddetinin dişin hareket miktarından etkilendiğini bildirmiştir.⁽²¹¹⁾

Ortodontik tedavinin diş çekimli olup olmamasının tedavi süresi üzerine etkisinin ayrıca incelendiği çalışmamızda diş çekimli tedavi yapılan hastaların sabit tedavi ve toplam tedavi süresi ortalamalarının diş çekimsiz tedavi yapılan hastaların sabit tedavi ve toplam tedavi süresi ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı oranda fazla

olduğu sonucuna ulaşıldı. Pastro ve ark.⁽²⁰³⁾ bizim çalışmamızla benzer Şekilde EAKR miktarının tedavi suresi artışı ve diş çekimiyle korelasyon gosterdiğini rapor etmiştir.

Tedavi surelerine tedavinin diş çekimli olup olmadığının etkisinin de incelendiği çalışmamızda diş çekimli tedavi yapılan hastaların sabit tedavi suresi ortalamasının diş çekimsiz tedavi yapılan hastaların sabit tedavi suresi ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı oranda fazla olduğu; diş çekimli tedavi yapılan hastaların toplam tedavi suresi ortalamasının da diş çekimsiz tedavi yapılan hastaların toplam tedavi suresi ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı oranda fazla olduğu sonucuna ulaşıldı. Pastro ve ark.⁽²⁰³⁾ bizim çalışmamızla benzer Şekilde EAKR miktarının tedavi suresi artışı ve diş çekimiyle korelasyon gosterdiğini rapor etmiştir.

Tedavi suresinin kok rezorpsiyonuna etkisini inceleyen çalışmalarda kok rezorpsiyonunun aktif ortodontik tedaviyle oluşan hyalinizasyon tabakası oluşumundan hemen sonra oluştuğu gozlenmiş, kok rezorpsiyonunda tedavi suresinden çok aktif tedavi suresinin önemli olduğu vurgulanmıştır.^(16, 115) Tedavi suresinin EAKR oluşumuna etkisinin olmadığını, rezorpsiyonun farklı etkenlere bağlanması gerektiğini bildiren bir çalışma bulunmaktadır.⁽¹⁶⁾ Mirabella ve ark.⁽¹⁶⁾ 343 yetişkin hastanın verilerini inceledikleri çalışmada dişin hareket ettiği mesafenin rezorpsiyonu etkilediğini, tedavi suresinin rezorpsiyon miktarına etkisi olmadığını bildirmiştir. EAKR-tedavi suresiyle ilgili çalışmaların birbiriyle uyuşmayan bu bulgularının nedeni tedavi surelerinin uzun olmasına rağmen aktif tedavi surelerinin hastaların randevularına gelmemeleri nedeniyle kısa olması olarak açıklanabilir.⁽¹¹⁶⁾ çalışmamızda değerlendirilen hasta grubunda kooperasyon kaybı olan hastalar değerlendirilmediği için sabit tedavi suresinin aktif tedavi suresiyle eşit olduğu dunlebilir. Çalışma sonuçlarımız literatürdeki EAKR gorlme sıklığının tedavi suresiyle ilişkili olduğunu bildiren çalışma sonuçlarıyla uyumludur.^(108, 109, 212)

Çalışmamızda EAKR-diş çekimli ortodontik tedavi ilişkisini değerlendirdiğimizde hem herhangi bir seviyede hem de ileri seviyede kok rezorpsiyonu değerlendirmelerimizde; diş çekimi yapılan hastaların kok rezorpsiyonu miktarının diş çekimi yapılmayan hastaların kok rezorpsiyonu miktarından istatistiksel olarak anlamlı oranda daha fazla olduğu sonucuna ulaşıldı.

Literatür incelemesinde EAKR-diş çekimi ilişkisini inceleyen birçok çalışmanın bizim çalışmamızla benzer sonuçlar bildirdiği görülmüştür. Sjolien ve ark.⁽²⁰⁶⁾ ortodontik tedavi görmüş hastaları ve tedavi görmeyen kontrol grubundaki hastaları kök rezorpsiyonu ve periodontal destek kaybı bakımından periapikal filmler üzerinde inceledikleri çalışmalarında, çekimli tedavi yapılan hastalarda kök rezorpsiyonunun daha fazla olduğunu bildirmiştir.⁽²⁰⁶⁾ Benzer şekilde Fernandes ve ark.⁽²¹²⁾ EAKR'nun diş çekimi, overjet, overbite, iki aşamalı tedavi, tedavi zamanı ve kök formuyla ilişkisini inceledikleri çalışmalarında çekimli ortodontik tedavi yapılan hastalarda çekimsiz tedavi yapılan hastalardan istatistiksel olarak anlamlı oranda daha fazla rezorpsiyon olduğunu bildirmiştir. Çalışmacılar en kuvvetli istatistiksel ilişkinin diş çekimi-EAKR arasında olduğunu bildirmiştir. Çalışmacılar tarafından maksiller keser dişlerde 2 mm'den daha fazla rezorpsiyon görülme oranının çekimli vakalarda çekimsizlere göre %70 oranında daha fazla olduğu bildirilmiştir.⁽²¹²⁾

Literatürde EAKR- diş çekimi arasındaki ilişki farklı nedenlere dayandırılmaktadır. Beck ve ark.⁽¹⁰⁸⁾ ile Jonson ve ark.⁽¹⁰⁹⁾ çekimli tedavilerde dişler alveol kemiği içinde çekimsiz tedavilere göre daha uzun mesafe kat ettiği için rezorpsiyon miktarının daha fazla olduğu yönünde görüş bildirmiştir.^(108, 109) Han ve ark.⁽¹²³⁾ ise çekimli tedavi yapılan hastalarda daha fazla rezorpsiyon oluşmasını, çekimli tedavi yapılan hastaların keser dişlerin tork değerlerinin çekimsiz tedavi yapılan hastalara göre daha fazla değişmesi ve çekimli tedavi yapılan hastalarda daha fazla jiggling hareketi oluşmasıyla açıklamıştır.⁽¹²³⁾

Tedavisine hareketli apareylerle başlanıp sabit mekaniklerle devam eden hastalarla tedavisine doğrudan sabit mekaniklerle başlanan hastalardaki EAKR oranlarını değerlendirdiğimizde gruplar arasında rezorpsiyon oranları arasında fark olmadığı sonucuna ulaşıldı. Literatürde tedavi tipini bizim çalışmamıza benzer şekilde sınıflayan tek çalışma olan Brin ve ark.'nın⁽¹²⁰⁾ çalışmasında Sınıf 2 malokluzyona sahip artmış overjeti olan 138 hasta, karışık dişlenme döneminde hareketli fonksiyonel aygıtlarla tedavi edilen hastalar ve daimi dişlenme tamamlandıktan sonra sabit mekaniklerle tedavi edilen hastalar olarak iki ayrı grup halinde değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda sadece sabit mekaniklerle tedavi gören hastaların rezorpsiyon miktarının iki aşamalı tedavi görenlerden daha fazla olduğu bildirilmiştir.⁽¹²⁰⁾

Yaptığımız bu retrostpektif çalışmada EAKR'nun çeneler ve dişler içinde dağılımını incelediğimizde en fazla rezorpsiyon görülen dişlerin maksiller keser dişler olduğu, maksiller keserler içinde en fazla rezorpsiyona uğrayan dişin ise lateral kesici diş olduğu sonucuna ulaşıldı. İleri seviyede rezorpsiyonun dişler arasında dağılımını incelediğimizde en fazla 2 skoru alan dişin maksiller lateral diş, en fazla 3 skoru alan dişin ise maksiller santral diş olduğu sonucuna ulaşıldı.

Sharpe ve ark.⁽⁹⁾ ortodontik tedavileri en az on yıl önce tamamlanan hastalarda oluşan relapsı değerlendirildiği çalışmada anterior dişlerinde 2mm'den fazla relaps olan hastalarla relaps oluşmayan hastalar EAKR ve alveol kret seviyeleri arasındaki farklar bakımından değerlendirilmiştir. Çalışmacılar en fazla EAKR gözlenen dişlerin maksiller kesici dişler, en fazla alveol kret rezorpsiyonu olan bölgenin ise maksiller keserler bölgesi olduğunu ve EAKR miktarının dişin translasyona uğradığı mesafeyle korelasyon gösterdiğini bildirmiştir⁽⁹⁾. En fazla rezorpsiyonun maksiller keser dişlerde olduğu sonucuna ulaştığımız bizim çalışma sonuçlarımız Sharpe ve ark.'nın çalışma sonuçlarıyla uyumludur.⁽⁹⁾

Brin ve ark.⁽¹²⁰⁾ rezorpsiyona en yatkın dişler olduğu için sadece maksiller santral ve lateral dişlerdeki rezorpsiyonu değerlendirdikleri çalışmalarında çalışmamızla benzer şekilde en fazla rezorpsiyonun maksiller lateral kesici dişlerde olduğunu bildirilmiştir.^(120, 213)

Literatürde üst keser dişlerde daha fazla EAKR görülmesinin sebepleri arasında bu dişlerin overjet azaltılırken daha fazla retraksiyona uğraması, diğer dişlere göre daha fazla tork gerekliliği, insisiv foramen ve vestibul kompakt kemik teması, üst lateral dişle üst santral dişin köklerinin birbirine yakınlığı bildirilmiştir.^(4, 17, 214, 215) Maues ve ark.⁽⁷⁾ alt keser dişlerde daha fazla çapraşıklık gözlenmesine rağmen üst keserlerde daha fazla EAKR görülmesinin nedeninin çapraşıklık düzeltilirken alt keser dişlerde üst keserler kadar fazla retraksiyon gerekmemesi olabileceği görüşündedir.⁽⁷⁾ Literatürdeki birçok çalışmada maksiller keserlerin daha fazla rezorpsiyona uğradığı bildirilmesine rağmen Mc Fadden ve ark.⁽¹¹⁴⁾ intruzyon hareketi sonrası rezorpsiyon seviyelerini değerlendirdikleri çalışmalarında mandibuler keserlerde daha fazla EAKR gözlendiğini rapor etmiştir.⁽¹¹⁴⁾

Araştırma bulgularımız genel olarak değerlendirildiğinde ortodontik tedaviye bağı EAKR oluşumunun diş çekimli ortodontik tedavi ve tedavi süresi parametresiyle pozitif korelasyon gösterdiği ancak hasta yaşı ve cinsiyetten etkilenmediği söylenebilir.

EAKR-ortodontik tedavi ilişkisini değerlendirdiğimiz bu çalışmanın limitasyonları çalışmanın retrospektif olması, uygulanan tedavi tekniklerinin ve hasta gruplarının homojen olmamasıdır. İdeal bir klinik-bilimsel araştırmanın prospektif olması gerektiği bilinmekle birlikte çalışmamızın literatürde çok fazla bilgi olmayan EAKR-ortodontik tedavi ilişkisi konusuyla ilgili olması ve çalışma materyalimizin çok sayıda hasta verisinden oluşması bu çalışmayı değerli hale getirmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Ana Bilim Dalı'nda tedavi gören hastalarda EAKR oluşma oranını ve EAKR oluşumunda yaş, cinsiyet, toplam tedavi süresi, sabit tedavi süresi ve tedavinin çekimli yapıp yapılmaması değişkenlerinin etkisini incelediğimiz bu retrospektif çalışmada şu sonuçlar elde edilmiştir.

1. Ortodontik tedavi gören hastalarda hasta yaşı ile EAKR arasında ilişki bulunmamıştır.

2. Ortodontik tedavi gören erkek hastalarda kadın hastalara göre daha fazla EAKR oluşmuştur.

3. Hem toplam tedavi süresindeki artış hem de sabit tedavi süresindeki artış EAKR oluşumunu arttırmıştır.

4. Ortodontik tedavinin diş çekimli yapılması tedavi süresini ve EAKR görülme oranını arttırmaktadır.

6. Sabit ortodontik tedavi öncesi hareketli apareylerle tedavi yapılması EAKR oranını etkilememiştir.

6. Üst çene dişlerinde alt çene dişlerinden daha fazla oranda EAKR oluştuğu, üst lateral dişin en fazla rezorpsiyon oluşan diş olduğu görülmüştür.

7. Hem alt çenede hem de üst çenede en fazla EAKR gözlenen dişler kesici grubu dişlerdir.

Ortodontik tedavi uygulanan hastalarda EAKR oluşumunda tedavi süresinin önemli bir etken olduğu göz önünde bulundurularak tedavi süresi kısa tutulmaya çalışılmalıdır. Tedavi süresinde belirleyici faktörlerden biri de hasta kooperasyonu olduğu için kooperasyon sağlanamayan hastalar EAKR riski açısından uyarılmalıdır. Diş çekimli tedavi yapılan hastalarda tedavi süresi daha uzun, EAKR oluşumu ise daha fazla olduğu için çekim kararı verirken hastanın EAKR açısından risk faktörleri dikkatle değerlendirilmeli sınır vakalarda çekimsiz tedavi seçeneğine ağırlık verilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Patel S, et al. The detection and management of root resorption lesions using intraoral radiography and cone beam computed tomography—an in vivo investigation. *Int Endod J* 2009; 42: 831-838.
2. Bolhari B, Meraji N and Nosrat A. Extensive idiopathic external root resorption in first maxillary molar: a case report. *Iran Endod J* 2013; 8: 72.
3. Årtun J, et al. Identification of orthodontic patients at risk of severe apical root resorption. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2009; 135: 448-455.
4. Bartley N, et al. Physical properties of root cementum: Part 17. Root resorption after the application of 2.5 and 15 of buccal root torque for 4 weeks: A microcomputed tomography study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2011; 139: e353-e360.
5. Montenegro VCJ, et al. Physical properties of root cementum: Part 22. Root resorption after the application of light and heavy extrusive orthodontic forces: A microcomputed tomography study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2012; 141: e1-e9.
6. Krishnan V and Davidovitch Ze. Cellular, molecular, and tissue-level reactions to orthodontic force. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2006; 129: 469. e461-469. e432.
7. Maués CPR, Nascimento RRd and Vilella OdV. Severe root resorption resulting from orthodontic treatment: prevalence and risk factors. *Dent Press J Orthod* 2015; 20: 52-58.
8. Krishnan V. Root resorption with orthodontic mechanics: pertinent areas revisited. *Aust Dent J* 2017; 62: 71-77.
9. Sharpe W, et al. Orthodontic relapse, apical root resorption, and crestal alveolar bone levels. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1987; 91: 252-258.
10. Brezniak N and Wasserstein A. Orthodontically induced inflammatory root resorption. Part II: the clinical aspects. *Angle Orthod* 2002; 72: 180-184.
11. Malmgren O, et al. Root resorption after orthodontic treatment of traumatized teeth. *Am J Orthod* 1982; 82: 487-491.
12. Harris EF, Kineret SE and Tolley EA. A heritable component for external apical root resorption in patients treated orthodontically. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1997; 111: 301-309.
13. Killiany DM. Root resorption caused by orthodontic treatment: An evidence-based review of literature. In: *Semin Orthod* 1999, pp.128-133. Elsevier.
14. Sameshima GT and Sinclair PM. Predicting and preventing root resorption: Part I. Diagnostic factors. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2001; 119: 505-510.
15. Sameshima GT and Sinclair PM. Predicting and preventing root resorption: Part II. Treatment factors. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2001; 119: 511-515.

16. Mirabella AD and Årtun J. Risk factors for apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1995; 108: 48-55.
17. Liou EJ and Chang PM. Apical root resorption in orthodontic patients with en-masse maxillary anterior retraction and intrusion with miniscrews. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2010; 137: 207-212.
18. Wu AT, Turk T, Colak C, et al. Physical properties of root cementum: Part 18. The extent of root resorption after the application of light and heavy controlled rotational orthodontic forces for 4 weeks: A microcomputed tomography study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2011; 139: e495-e503.
19. Ottolengui R. The physiological and pathological resorption of tooth roots. *Items of interest* 1914; 36: 332-362.
20. Ketcham AH. A preliminary report of an investigation of apical root resorption of permanent teeth. *Int J Orthod Oral Surg Radiograph* 1927; 13: 97-127.
21. Krishnan V. Critical issues concerning root resorption: a contemporary review. *World J Orthod* 2005; 6: 30-40.
22. Sameshima GT and Asgarifar KO. Assessment of root resorption and root shape: periapical vs panoramic films. *Angle Orthod* 2001; 71: 185-189.
23. VONDERAHE G. Postretention status of maxillary incisors with root-end resorption. *Angle Orthod* 1973; 43: 247-255.
24. Rygh P. Orthodontic root resorption studied by electron microscopy. *Angle Orthod* 1977; 47: 1-16.
25. Mattison GD, Gholston LR and Boyd P. Orthodontic external root resorption—Endodontic considerations. *J Endod* 1983; 9: 253-256.
26. Cohenca N, et al. Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma. Part 2: root resorption. *Dent Traumatol* 2007; 23: 105-113.
27. Darcey J and Qualtrough A. Root Resorption: Simplifying Diagnosis and Improving Outcomes. *Prim Dent J* 2016; 5: 36-45.
28. Brezniak N and Wasserstein A. Orthodontically induced inflammatory root resorption. Part I: the basic science aspects. *Angle Orthod* 2002; 72: 175-179.
29. Sharab L, et al. Genetic and treatment-related risk factors associated with external apical root resorption (EARR) concurrent with orthodontia. *Orthod Craniofac Res* 2015; 18: 71-82.
30. Feller L, et al. Apical external root resorption and repair in orthodontic tooth movement: biological events. *BioMed Res Int* 2016: 1-7.

31. Brezniak N and Wasserstein A. Orthodontitis: The Inflammation Behind Tooth Movement and Orthodontic Root Resorption. *Biology of Orthodontic Tooth Movement*. Springer, 2016: 67-101.
32. Zahrowski J and Jeske A. Apical root resorption is associated with comprehensive orthodontic treatment but not clearly dependent on prior tooth characteristics or orthodontic techniques. *J Am Dent Assoc* 2011; 142: 66-68.
33. Chan E and Darendeliler M. Exploring the third dimension in root resorption. *Orthod Craniofac Res* 2004; 7: 64-70.
34. Castro I, Valladares-Neto J and Estrela C. Contribution of cone beam computed tomography to the detection of apical root resorption after orthodontic treatment in root-filled and vital teeth. *Angle Orthod* 2014; 85: 771-776.
35. Heithersay GS. Invasive cervical resorption: an analysis of potential predisposing factors. *Quintessence Int* 1999; 30.
36. Bender I, Byers MR and Mori K. Periapical replacement resorption of permanent, vital, endodontically treated incisors after orthodontic movement: report of two cases. *J Endod* 1997; 23: 768-773.
37. Tronstad L. Root resorption—etiology, terminology and clinical manifestations. *Dent Traumatol* 1988; 4: 241-252.
38. Andreasen JO and Hjørting-Hansen E. Replantation of teeth. I. Radiographic and clinical study of 110 human teeth replanted after accidental loss. *Acta Odontol Scand* 1966; 24: 263-286.
39. Fuss Z, Tsesis I and Lin S. Root resorption—diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors. *Dental Traumatol* 2003; 19: 175-182.
40. Andreasen J. Effect of extra-alveolar period and storage media upon periodontal and pulpal healing after replantation of mature permanent incisors in monkeys. *Int J Oral Surg* 1981; 10: 43-53.
41. Tieu LD, et al. Radiologically determined orthodontically induced external apical root resorption in incisors after non-surgical orthodontic treatment of class II division 1 malocclusion: a systematic review. *Prog Orthod* 2014; 15: 48.
42. Remington DN, et al. Long-term evaluation of root resorption occurring during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1989; 96: 43-46.
43. Levander E and Malmgren O. Evaluation of the risk of root resorption during orthodontic treatment: a study of upper incisors. *Eur J Orthod* 1988; 10: 30-38.
44. Lund H, et al. Apical root resorption during orthodontic treatment: a prospective study using cone beam CT. *Angle Orthod* 2011; 82: 480-487.
45. Lupi JE, Handelman CS and Sadowsky C. Prevalence and severity of apical root resorption and alveolar bone loss in orthodontically treated adults. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1996; 109: 28-37.

46. Levander E, Malmgren O and Eliasson S. Evaluation of root resorption in relation to two orthodontic treatment regimes. A clinical experimental study. *Eur J Orthod* 1994; 16: 223-228.
47. Trope M. Root resorption of dental and traumatic origin: classification based on etiology. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1998; 10: 515-522.
48. Friedman S, et al. Incidence of external root resorption and esthetic results in 58 bleached pulpless teeth. *Dent Traumatol* 1988; 4: 23-26.
49. Matsumoto Y, Sringskarnboriboon S and Ono T. Effects of continuous force application for extrusive tipping movement on periapical root resorption in the rat mandibular first molar. *Korean J Orthod* 2018; 48: 339-345.
50. Andreasen FM and Andreasen JO. Resorption and mineralization processes following root fracture of permanent incisors. *Dent Traumatol* 1988; 4: 202-214.
51. Birkedal-Hansen H. External root resorption caused by luxation of rat molars. *Eur J Oral Sci* 1973; 81: 47-61.
52. Andreasen J. Histometric study of healing of periodontal tissues in rats after surgical injury. II. Healing events of alveolar bone, periodontal ligaments and cementum. *Odontol Revy* 1976; 27: 131-144.
53. Wesselink PR, Beertsen W and Everts V. Resorption of the mouse incisor after the application of cold to the periodontal attachment apparatus. *Calcif Tissue Int* 1986; 39: 11-21.
54. Casa MA, et al. Root resorptions in upper first premolars after application of continuous torque moment intra-individual study. *J Orofac Orthop* 2001; 62: 285-295.
55. Faltin RM, et al. Root resorptions in upper first premolars after application of continuous intrusive forces. *J Orofac Orthop* 1998; 59: 208-219.
56. Choy K, et al. Effect of root and bone morphology on the stress distribution in the periodontal ligament. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2000; 117: 98-105.
57. Loos BG, et al. What is the contribution of genetics to periodontal risk? *Dent Clin* 2015; 59: 761-780.
58. Wu F, et al. Interleukin-1 β + 3954 polymorphisms and risk of external apical root resorption in orthodontic treatment: a meta-analysis. *Genet Mol Res* 2013; 12: 4678-4686.
59. Valladares Neto J, Rino Neto J and Paiva JBd. Orthodontic movement of teeth with short root anomaly: should it be avoided, faced or ignored? *Dent Press J Orthod* 2013; 18: 72-85.
60. Stein SH and Tipton DA. Vitamin D and its impact on oral health—an update. *J Tennessee Dent Assoc* 2011; 91: 30.

61. Anand N, Chandrasekaran S and Rajput NS. Vitamin D and periodontal health: Current concepts. *J Indian Soc Periodont* 2013; 17: 302.
62. Bastos JdA, et al. Serum levels of vitamin D and chronic periodontitis in patients with chronic kidney disease. *Braz J Nephrolog* 2013; 35: 20-26.
63. Fanari Z, et al. Vitamin D deficiency plays an important role in cardiac disease and affects patient outcome: Still a myth or a fact that needs exploration? *J Saudi Heart Assoc* 2015; 27: 264-271.
64. Wang Z and McCauley L. Osteoclasts and odontoclasts: signaling pathways to development and disease. *Oral Dis* 2011; 17: 129-142.
65. Hienz SA, Paliwal S and Ivanovski S. Mechanisms of bone resorption in periodontitis. *J Immun Res* 2015; 6: 1-10.
66. Georgess D, et al. Podosome organization drives osteoclast-mediated bone resorption. *Cell adhesion & migration* 2014; 8: 192-204.
67. Matsumoto N, et al. Diversity of proton pumps in osteoclasts: V-ATPase with a3 and d2 isoforms is a major form in osteoclasts. *Bioc Biophysic Bioenerg* 2014; 1837: 744-749.
68. Teitelbaum SL. Osteoclasts: what do they do and how do they do it? *Am J Patholog* 2007; 170: 427-435.
69. Ajmera S, Shivanand V and Ganeshkar S. Volumetric evaluation of root resorption during orthodontic treatment. *J Clin Orthod* 2014; 48: 113-119.
70. Nanekrungsan K, et al. External apical root resorption in maxillary incisors in orthodontic patients: associated factors and radiographic evaluation. *Imaging Sci Dent* 2012; 42: 147-154.
71. Atchison K. Radiographic examinations of orthodontic educators and practitioners. *J Dent Educ* 1986; 50: 651-655.
72. Mckee IW, et al. The accuracy of 4 panoramic units in the projection of mesiodistal tooth angulations. *Am J Orthod Dentofac Orthoped* 2002; 121: 166-175.
73. Leach H, Ireland A and Whaites E. Radiology: Radiographic diagnosis of root resorption in relation to orthodontics. *Br Dent J* 2001; 190: 16.
74. Tieu LD, et al. Impact on perceived root resorption based on the amount of incisal inclination as determined from conventional panoramic radiography. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2015; 148: 685-691.
75. Ericson S and Kurol J. Incisor resorption caused by maxillary cuspids: a radiographic study. *Angle Orthod* 1987; 57: 332-346.
76. Dudic A, et al. Diagnostic accuracy of digitized periapical radiographs validated against micro-computed tomography scanning in evaluating orthodontically induced apical root resorption. *Eur J Oral Sci* 2008; 116: 467-472.

77. Sherrard JF, et al. Accuracy and reliability of tooth and root lengths measured on cone-beam computed tomographs. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2010; 137: S100-S108.
78. Tantanapornkul W, et al. A comparative study of cone-beam computed tomography and conventional panoramic radiography in assessing the topographic relationship between the mandibular canal and impacted third molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol and Endod* 2007; 103: 253-259.
79. Heimisdottir K, Bosshardt D and Ruf S. Can the severity of root resorption be accurately judged by means of radiographs? A case report with histology. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2005; 128: 106-109.
80. Rahmel S and Schulze RK. Accuracy in Detecting Artificial Root Resorption in Panoramic Radiography versus Tomosynthetic Panoramic Radiographs. *J Endod* 2019.
81. Algerban A, et al. In-vitro comparison of 2 cone-beam computed tomography systems and panoramic imaging for detecting simulated canine impaction-induced external root resorption in maxillary lateral incisors. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2009; 136: 764. e761-764. e711.
82. Almuhtaseb E, et al. Three-dimensional localization of impacted canines and root resorption assessment using cone beam computed tomography. *J Huazhong Uni Sci Tech* 2014; 34: 425-430.
83. Sawicka M, et al. Interrupted orthodontic force results in less root resorption than continuous force in human premolars as measured by microcomputed tomography. *Folia histochemica et cytobiologica* 2014; 52: 289-296.
84. Phillips JR. Apical root resorption under orthodontic therapy. *Angle Orthod* 1955; 25: 1-22.
85. Brudvik P and Rygh P. Non-clast cells start orthodontic root resorption in the periphery of hyalinized zones. *Eur J Orthod* 1993; 15: 467-480.
86. Brudvik P and Rygh P. The initial phase of orthodontic root resorption incident to local compression of the periodontal ligament. *Eur J Orthod* 1993; 15: 249-263.
87. Iglesias-Linares A and Hartsfield Jr J. Cellular and molecular pathways leading to external root resorption. *J Dent Res* 2017; 96: 145-152.
88. Newman WG. Possible etiologic factors in external root resorption. *Am J Orthod Dentofac Orthoped* 1975; 67: 522-539.
89. King G and Fischlschweiger W. The effect of force magnitude on extractable bone resorptive activity and cemental cratering in orthodontic tooth movement. *J Dent Res* 1982; 61: 775-779.
90. Linhartova P, Cernochova P and Holla LI. IL1 gene polymorphisms in relation to external apical root resorption concurrent with orthodontia. *Oral Dis* 2013; 19: 262-270.

91. Iglesias-Linares A, Morford LA and Hartsfield JK. Bone density and dental external apical root resorption. *Curr Osteoporos Rep* 2016; 14: 292-309.
92. Al-Qawasmi RA, et al. Genetic predisposition to external apical root resorption. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2003; 123: 242-252.
93. Iglesias-Linares A, et al. Postorthodontic external root resorption is associated with IL1 receptor antagonist gene variations. *Oral Dis* 2012; 18: 198-205.
94. Guo Y, et al. Genetic and clinical risk factors of root resorption associated with orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2016; 150: 283-289.
95. Consolaro A and Bianco DdA. Tooth resorptions are not hereditary. *Dent Press J Orthod* 2017; 22: 22-27.
96. Moazami F and Karami B. Multiple idiopathic apical root resorption: a case report. *Int Endod J* 2007; 40: 573-578.
97. Lopatiene K and Dumbravaite A. Risk factors of root resorption after orthodontic treatment. *Stomatologija* 2008; 10: 89-95.
98. Midgett RJ, Shaye R and Fruge JF. The effect of altered bone metabolism on orthodontic tooth movement. *Am J Orthod* 1981; 80: 256-262.
99. Loberg EL and Engström C. Thyroid administration to reduce root resorption. *Angle Orthod* 1994; 64: 395-399.
100. Poumpros E, Loberg E and Engström C. Thyroid function and root resorption. *Angle Orthod* 1994; 64: 389-393.
101. Goldie RS and King GJ. Root resorption and tooth movement in orthodontically treated, calcium-deficient, and lactating rats. *Am J Orthod* 1984; 85: 424-430.
102. Sirisoontorn I, et al. Tooth movement and root resorption; the effect of ovariectomy on orthodontic force application in rats. *Angle Orthod* 2011; 81: 570-577.
103. Tehranchi A, et al. Correlation of vitamin D status and orthodontic-induced external apical root resorption. *Dent Res J* 2017; 14: 403.
104. Hernandez CJ, et al. Links between the microbiome and bone. *J Bone Min Res* 2016; 31: 1638-1646.
105. Handschin R and Stern W. X-ray diffraction studies on the lattice perfection of human bone apatite (Crista iliaca). *Bone* 1995; 16: S355-S363.
106. Winkler J, et al. Apical root resorption due to mandibular first molar mesialization: A split-mouth study. *Am J Orthod Dentofac Orthoped* 2017; 151: 708-717.
107. Nakada T, et al. Cone-beam computed tomography evaluation of the association of cortical plate proximity and apical root resorption after orthodontic treatment. *J Oral Sci* 2016; 58: 231-236.

108. Beck BW and Harris EF. Apical root resorption in orthodontically treated subjects: analysis of edgewise and light wire mechanics. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1994; 105: 350-361.
109. Janson GR, et al. A radiographic comparison of apical root resorption after orthodontic treatment with 3 different fixed appliance techniques. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2000; 118: 262-273.
110. Vanarsdall R and Musich D. Adult orthodontics: diagnosis and treatment. *Orthodontics: current principles and techniques*. CV Mosby St Louis, 1985, pp.791-856.
111. Melsen B. Current controversies in orthodontics. Quintessence Pub Co, 1991.
112. Harris EF and Baker WC. Loss of root length and creastal bone height before and during treatment in adolescent and adult orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofac Orthoped* 1990; 98: 463-469.
113. Sağır S and Güngör K. 11 Yaş Çocuklarında Diş Gelişimi Metodunun Geliştirilmesi. *Ankara Med J* 2013; 13: 22-25.
114. McFadden WM, et al. A study of the relationship between incisor intrusion and root shortening. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1989; 96: 390-396.
115. Reitan K. Initial tissue behavior during apical root resorption. *Angle Orthod* 1974; 44: 68-82.
116. Segal G, Schiffman P and Tuncay O. Meta analysis of the treatment-related factors of external apical root resorption. *Orthod Craniofac Res* 2004; 7: 71-78.
117. Linge L and Linge BO. Patient characteristics and treatment variables associated with apical root resorption during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1991; 99: 35-43.
118. Levander E, Malmgren O and Stenback K. Apical root resorption during orthodontic treatment of patients with multiple aplasia: a study of maxillary incisors. *Eur J Orthod* 1998; 20: 427-434.
119. Mavragani M, et al. A radiographic comparison of apical root resorption after orthodontic treatment with a standard edgewise and a straight-wire edgewise technique. *Eur J Orthod* 2000; 22: 665-674.
120. Brin I, et al. External apical root resorption in Class II malocclusion: a retrospective review of 1-versus 2-phase treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2003; 124: 151-156.
121. Masella RS and Meister M. Current concepts in the biology of orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2006; 129: 458-468.
122. Henry JL and Weinmann JP. The pattern of resorption and repair of human cementum. *J Am Dent Assoc* 1951; 42: 270-290.

- 123.Han G, et al. Root resorption after orthodontic intrusion and extrusion: an intraindividual study. *Angle Orthod* 2005; 75: 912-918.
- 124.Ari-Demirkaya A, Al Masry M and Erverdi N. Apical root resorption of maxillary first molars after intrusion with zygomatic skeletal anchorage. *Angle Orthod* 2005; 75: 761-767.
- 125.Weltman B, et al. Root resorption associated with orthodontic tooth movement: a systematic review. *Am J Orthod Dentofac Orthoped* 2010; 137: 462-476.
- 126.Costopoulos G and Nanda R. An evaluation of root resorption incident to orthodontic intrusion. *Am J Orthod Dentof Orthop* 1996; 109: 543-548.
- 127.Ozkalayci N, et al. Effect of continuous versus intermittent orthodontic forces on root resorption: A microcomputed tomography study. *Angle Orthod* 2018; 88: 733-739.
- 128.Dudic A, et al. Orthodontically induced cervical root resorption in humans is associated with the amount of tooth movement. *Eur J Orthod* 2017; 39: 534-540.
- 129.Chan E and Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: Part 5. Volumetric analysis of root resorption craters after application of light and heavy orthodontic forces. *Am J Orthod Dentofac Orthoped* 2005; 127: 186-195.
- 130.Barbagallo LJ, et al. Physical properties of root cementum: part 10. Comparison of the effects of invisible removable thermoplastic appliances with light and heavy orthodontic forces on premolar cementum. A microcomputed-tomography study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2008; 133: 218-227.
- 131.Harris DA, Jones AS and Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: part 8. Volumetric analysis of root resorption craters after application of controlled intrusive light and heavy orthodontic forces: a microcomputed tomography scan study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2006; 130: 639-647.
- 132.Chan E and Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: part 7. Extent of root resorption under areas of compression and tension. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2006; 129: 504-510.
- 133.Owman-Moll P. Orthodontic tooth movement and root resorption with special reference to force magnitude and duration. A clinical and histological investigation in adolescents. *Swe Dent J Supp* 1995; 105: 1-45.
- 134.Harris EF. Root resorption during orthodontic therapy. In: *Semin Orthod* 2000, pp.183-194. Elsevier.
- 135.Maltha J, et al. Incidence and severity of root resorption in orthodontically moved premolars in dogs. *Orthod Craniofac Res* 2004; 7: 115-121.
- 136.Nemoto E, et al. Wnt signaling inhibits cementoblast differentiation and promotes proliferation. *Bone* 2009; 44: 805-812.

137. Lehen SD, et al. Immunohistochemical evidence for sclerostin during cementogenesis in mice. *Annals of Anatomy* 2012; 194: 415-421.
138. Jäger A, et al. Localization of SOST/sclerostin in cementocytes in vivo and in mineralizing periodontal ligament cells in vitro. *J Perio Res* 2010; 45: 246-254.
139. Cao Z, et al. Genetic evidence for the vital function of Osterix in cementogenesis. *J Bone Min Res* 2012; 27: 1080-1092.
140. Tyrovola JB, et al. Root resorption and the OPG/RANKL/RANK system: a mini review. *J Oral Sci* 2008; 50: 367-376.
141. Kimura R, et al. Dental root resorption and repair: histology and histometry during physiological drift of rat molars. *J Perio Res* 2003; 38: 525-532.
142. Sasaki T. Differentiation and functions of osteoclasts and odontoclasts in mineralized tissue resorption. *Microsc Res Tech* 2003; 61: 483-495.
143. Foster B. On the discovery of cementum. *J Perio Res* 2017; 52: 666-685.
144. Deane S, et al. Physical properties of root cementum: part 12. The incidence of physiologic root resorption on unerupted third molars and its comparison with orthodontically treated premolars: a microcomputed-tomography study. *Am J Orthod Dentofac Orthoped* 2009; 136: 148. e141-148. e149.
145. Bosshardt D. Are cementoblasts a subpopulation of osteoblasts or a unique phenotype? *J Dent Res* 2005; 84: 390-406.
146. Bosshardt DD, et al. Developmental appearance and distribution of bone sialoprotein and osteopontin in human and rat cementum. *The Anatomical Record: An Official Publication of the American Association of Anatomists* 1998; 250: 13-33.
147. Feller L, et al. Periodontal biological events associated with orthodontic tooth movement: the biomechanics of the cytoskeleton and the extracellular matrix. *Sci World J* 2015; 2015.
148. Nakano Y, et al. Expressions of RANKL/RANK and M-CSF/c-fms in root resorption lacunae in rat molar by heavy orthodontic force. *Eur J Orthod* 2010; 33: 335-343.
149. Brudvik P and Rygh P. Transition and determinants of orthodontic root resorption—repair sequence. *Eur J Orthod* 1995; 17: 177-188.
150. Roberts WE, et al. Remodeling of mineralized tissues, part I: the frost legacy. In: *Semi Orthod* 2006, pp.216-237. Elsevier.
151. Sugii MM, et al. Extruded upper first molar intrusion: Comparison between unilateral and bilateral miniscrew anchorage. *Dent Press J Orthod* 2018; 23: 63-70.
152. Cuoghi OA, et al. Resorption of roots of different dimension induced by different types of forces. *Braz Oral Res* 2014; 28: 1-7.

- 153.Yildirim M and Akin M. Comparison of root resorption after bone-borne and tooth-borne rapid maxillary expansion evaluated with the use of microtomography. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2019; 155: 182-190.
- 154.Lempesi E, et al. A comparison of apical root resorption after orthodontic treatment with surgical exposure and traction of maxillary impacted canines versus that without impactions. *Eur J Orthod* 2014; 36: 690-697.
- 155.Roscoe MG, Meira JB and Cattaneo PM. Association of orthodontic force system and root resorption: a systematic review. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2015; 147: 610-626.
- 156.Paetyangkul A, et al. Physical properties of root cementum: part 14. The amount of root resorption after force application for 12 weeks on maxillary and mandibular premolars: a microcomputed-tomography study. *Am J Orthod Dentofac Orthoped* 2009; 136: 492. e491-492. e499.
- 157.Kumasako-Haga T, et al. Effect of 8-hour intermittent orthodontic force on osteoclasts and root resorption. *Am J Orthod Dentofac Orthoped* 2009; 135: 278. e271-278. e278.
- 158.Khojastepour L, Bronoosh P and Azar M. Multiple idiopathic apical root resorption: A Case report. *J Dent* 2010; 7: 165.
- 159.Rivera EM and Walton RE. Extensive idiopathic apical root resorption: A case report. *Oral surg, Oral med, Oral pathol* 1994; 78: 673-677.
- 160.Cholia S, Wilson P and Makdissi J. Multiple idiopathic external apical root resorption: report of four cases. *Dentomaxillofac Radiol* 2005; 34: 240-246.
- 161.Gündüz Arslan S, et al. Effects of estrogen deficiency on tooth movement after force application: an experimental study in ovariectomized rats. *Acta Odontol Scand* 2007; 65: 319-323.
- 162.Yamashiro T and Takano-Yamamoto T. Influences of ovariectomy on experimental tooth movement in the rat. *J Dent Res* 2001; 80: 1858-1861.
- 163.Ngan P. Commentary: Repair of orthodontically induced root resorption in adolescents. *Angle Orthod* 1995; 65: 409-410.
- 164.Jäger A, et al. Cellular and extracellular factors in early root resorption repair in the rat. *Eur J Orthod* 2008; 30: 336-345.
- 165.Ngan P. Repair of orthodontically induced root resorption in adolescents: Commentary. *Angle Orthod* 1995; 65: 403-410.
- 166.Consolaro A. Dental resorption in Clinical specialties. Maringá: Dental Press, 2005:123: 52.
- 167.Oppenheim A. Human tissue response to orthodontic intervention of short and long duration. *Am J Orthod Oral Surg* 1942; 28: 263-301.

- 168.Reitan K. Some factors determining the evaluation of forces in orthodontics. *Am J Orthod* 1957; 43: 32-45.
- 169.Kegel W, Selipsky H and Phillips C. The effect of splinting on tooth mobility. I. During initial therapy. *J Clin Perio* 1979; 6: 45-58.
- 170.Najeeb S, et al. Effect of bisphosphonates on root resorption after tooth replantation—a systematic review. *Dent Traumatol* 2017; 33: 77-83.
- 171.Kurol J and Owman-Moll P. Hyalinization and root resorption during early orthodontic tooth movement in adolescents. *Angle Orthod* 1998; 68: 161-166.
- 172.Benítez MB, Chiera CM and Jacobo MI. Reabsorciones dentarias: un problema para el diagnóstico, el tratamiento y el pronóstico. Trabajo de divulgación científica. *Claves odontol* 2002; 8: 10-13.
- 173.Patel S and Saberi N. The ins and outs of root resorption. *British Dent J* 2018; 224: 691.
- 174.Patel S, et al. Internal root resorption: a review. *J Endod* 2010; 36: 1107-1121.
- 175.Silveira FF, et al. Double ‘pink tooth’ associated with extensive internal root resorption after orthodontic treatment: a case report. *Dent Traumatol* 2009; 25: e43-e47.
- 176.Sicher H. Bhaskar SN Orban’s oral histology and embryology. Saint Louis: Mosby Company, 1972.
- 177.Ne RF, Witherspoon DE and Gutmann JL. Tooth resorption. *Quintessence Int* 1999; 30: 9-26.
- 178.Nair PR. Apical periodontitis: a dynamic encounter between root canal infection and host response. *Periodontology* 2000 1997; 13: 121-148.
- 179.Trope M. Clinical management of the avulsed tooth: present strategies and future directions. *Dent Traumatol* 2002; 18: 1-11.
- 180.Andreasen JO, et al. Traumatic Dental Injuries: A Manual. *J Dent Edu* 1999; 76.
- 181.Heithersay GS. Treatment of invasive cervical resorption: An analysis of results using topical application of trichloroacetic acid, curettage, and restoration. *Quintessence Int* 1999; 30.
- 182.Trope M. Root resorption due to dental trauma. *Endodontic topics* 2002; 1: 79-100.
- 183.Boyd K. Transient apical breakdown following subluxation injury: a case report. *Dent Traumatol* 1995; 11: 37-40.
- 184.Nieto-Nieto N, Solano JE and Yañez-Vico R. External apical root resorption concurrent with orthodontic forces: the genetic influence. *Acta Odontol Scand* 2017; 75: 280-287.

185. Harokopakis-Hajishengallis E. Physiologic root resorption in primary teeth: molecular and histological events. *J Oral Sci* 2007; 49: 1-12.
186. Banica AC, et al. root resorption prevalence in adults from dolj county, romania—a radiological evidence. *Roman J Oral Rehab* 2018; 10: 170-179.
187. Elhaddaoui R, et al. Orthodontic aligners and root resorption: A systematic review. *Int Orthod* 2017; 15: 1-12.
188. Hollender L, Rönnerman A and Thilander B. Root resorption, marginal bone support and clinical crown length in orthodontically treated patients. *Eur J Orthod* 1980; 2: 197-205.
189. Rönnerman A and Larsson E. Overjet, overbite, intercanine distance and root resorption in orthodontically treated patients. A ten year follow-up study. *Swed Dent J* 1981; 5: 21.
190. Apajalahti S and Peltola JS. Apical root resorption after orthodontic treatment—a retrospective study. *Eur J Orthod* 2007; 29: 408-412.
191. Walker SL, Tieu LD and Flores-Mir C. Radiographic comparison of the extent of orthodontically induced external apical root resorption in vital and root-filled teeth: a systematic review. *Eur J Orthod* 2013; 35: 796-802.
192. Harris EF and Butler ML. Patterns of incisor root resorption before and after orthodontic correction in cases with anterior open bites. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1992; 101: 112-119.
193. Molander B, Grondahl H and Ekestubbe A. Quality of film-based and digital panoramic radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 2004; 33: 32-36.
194. Katona TR. Flaws in root resorption assessment algorithms: role of tooth shape. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2006; 130: 698. e619-698. e627.
195. Handem RH, et al. External root resorption with the self-ligating Damon system—a retrospective study. *Prog Orthod* 2016; 17: 20.
196. Alzahawi K, et al. Root resorption after leveling with super-elastic and conventional steel arch wires: a prospective study. *Prog Orthod* 2014; 15: 35.
197. Kaley J and Phillips C. Factors related to root resorption in edgewise practice. *Angle Orthod* 1991; 61: 125-132.
198. Keim R, et al. 2013 JCO Orthodontic Practice Study. Part 1: trends. *J Clin Orthod* 2013; 47: 661.
199. Piao Y, et al. Five-year investigation of a large orthodontic patient population at a dental hospital in South Korea. *Korean J Orthod* 2016; 46: 137-145.
200. Towfighi PP, et al. Pathologic migration of anterior teeth in patients with moderate to severe periodontitis. *J Periodontol* 1997; 68: 967-972.

201. Albandar JM, et al. Radiographic quantification of alveolar bone level changes: A 2-year longitudinal study in man. *J Clin Periodontol* 1986; 13: 195-200.
202. Gaumet PE, Brunsvold MI and McMahan CA. Spontaneous repositioning of pathologically migrated teeth. *J Periodontol* 1999; 70: 1177-1184.
203. Pastro JDV, et al. Factors Associated to Apical Root Resorption after Orthodontic Treatment. *Open Dent J* 2018; 12: 331.
204. Stenvik A and Mjølner I. Pulp and dentine reactions to experimental tooth intrusion: a histologic study of the initial changes. *Am J Orthod* 1970; 57: 370-385.
205. Ren Y, et al. Age-dependent external root resorption during tooth movement in rats. *Acta Odontol Scand* 2008; 66: 93-98.
206. Sjøli T and Zachrisson BU. Periodontal bone support and tooth length in orthodontically treated and untreated persons. *Am J Orthod* 1973; 64: 28-37.
207. Seifi M, et al. The effect of ovariectomy and orchietomy on orthodontic tooth movement and root resorption in wistar rats. *J Dent* 2015; 16: 302.
208. Jiang R-p, McDonald J and Fu M-k. Root resorption before and after orthodontic treatment: a clinical study of contributory factors. *Eur J Orthod* 2010; 32: 693-697.
209. Jung Y-H and Cho B-H. External root resorption after orthodontic treatment: a study of contributing factors. *Imaging Sci Dent* 2011; 41: 17-21.
210. Sanders JO, et al. The uniform pattern of growth and skeletal maturation during the human adolescent growth spurt. *Sci Rep* 2017; 7: 16705.
211. Martins DR, et al. Effects of intrusion combined with anterior retraction on apical root resorption. *Eur J Orthod* 2011; 34: 170-175.
212. Fernandes LQP, et al. Predisposing factors for external apical root resorption associated with orthodontic treatment. *Korean J Orthod* 2019; 49: 310-318.
213. Freitas JCD, et al. Long-term evaluation of apical root resorption after orthodontic treatment using periapical radiography and cone beam computed tomography. *Dent Press J Orthod* 2013; 18: 104-112.
214. Chiqueto K, Martins DR and Janson G. Effects of accentuated and reversed curve of Spee on apical root resorption. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2008; 133: 261-268.
215. Parker RJ and Harris EF. Directions of orthodontic tooth movements associated with external apical root resorption of the maxillary central incisor. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1998; 114: 677-683.

EK 2 : Taahhütname

Bu tez çalışması ile ilgili olan tüm radyografi, fotoğraf, hasta modelleri, görüntüler ve diğer bütün materyallerin ve bu materyallerden elde edilen ham veya analiz edilmiş tüm verilerin tez danışmanının bilgi ve onayı olmaksızın ulusal veya uluslararası hiçbir platformda 3. kişi ve/veya kurumlarla paylaşılmayacağını, yayın ve sunularda kullanılmayacağını; kullanılması halinde telif haklarının ve etik kuralların ihlali sebebiyle yasal sürecin başlatılabileceğini kabul ettiğimi beyan ve taahhüt ederim.

Tarih:

20.12.2019

Ad-Soyad:

Fatih BAKIR

İmza:



EKLER

EK 1.Etik Kurul Kararı

ÖZGEÇMİŞ

Adı	FATİH	Uyruğu	T.C
Soyadı	BAYIR	Tel No	02422274400-2914
Doğum Tarihi	10/11/1976	E-Posta	bayirfatih@yahoo.com

Kişisel Bilgiler

Öğrenim Bilgileri

Mezun Olduğu Kurum		Mezuniyet Yılı
Lise	İVRİZ ANADOLU ÖĞRETMEN LİSESİ	1990-1994
Lisans/Yüksek Lisans	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ	1996-2001
Uzmanlık	AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ ORTODONTİ ABD	2015-2019

İş Deneyimi

Görevi	Kurum	Süre(yıl-yıl)
DİŞ HEK.	CUMHURİYET ÜNV. MEDİKOSOSYAL KLİNİĞİ	2005-2007
DİŞ HEK.	SAĞLIK BAK. ŞEHİTKAMİL ADSM	2007-2014
	AKDENİZ ÜNV. DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ ORTODONTİ ABD	201

Yabancı Dilleri	Sınav-Türü	Puanı
İNGİLİZCE	2011-Güz Kamu personeli yabancı dil sınavı	75