

T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTODONTİ ANABİLİM DALI

**MAKSİLLER 1. KÜÇÜK AZI DİŞLERİN AKTİF
DİSTALİZASYONLARI VE FİZYOLOJİK
SÜRÜKLENMELERİ SONRASINDA OLUŞAN KÖK
YÜZEY DEĞİŞİKLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

NEVİN KAPTAN AKAR

DOKTORA TEZİ

**DANIŞMAN
Doç. Dr. ALEV AKSOY**

Tez No: 76

2012- ISPARTA

KABUL VE ONAY SAYFASI

Sağlık Bilimleri Enstitü Müdürlüğüne;

Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü **Ortodonti Anabilim Dalı Doktora Programı** çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 17 / 04 /2012

Anabilim Dalı

Başkanı : Prof. Dr. Hakan TÜRKKAHRAMAN

Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Üye : Prof. Dr. Tamer TÜRK

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Üye : Yrd. Doç. Dr. Elçin ESENLİK

Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ruhi NALÇACI

Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Üye : Yrd. Doç. Dr. Murat MADEN

Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

ONAY : Bu doktora tezi, Enstitü Yönetim Kurulu' nca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve kabul edilmiştir.

Prof. Dr. M. Fehmi ÖZGÜNER

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Doktora eğitimim boyunca ve tez çalışmalarım sırasında, bana her türlü yardımı gösteren, bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen değerli hocam, Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Doç. Dr. Alev Aksoy'a,

Bizlerden anlayış ve desteğini esirgemeyen, tecrübe ve bilgi birikimini bizlere sonuna kadar aktaran sayın hocam, Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı ve Ortodonti Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Hakan Türkkahraman'a

Doktora eğitimim boyunca emeği geçen diğer tüm hocalarıma,

Her türlü sorumu ve sorunumu can kulağıyla dinleyen ve içtenlikle yanıtlayan Yrd. Doç. Dr. Neslihan Ebru Şenışık'a

Tez çalışmasının Sydney'de yürütülen ayağı için tüm imkanları sağlayan Prof. Dr. Mehmet Ali Darendeliler'e ve deneyleri titizlikle yaparak çalışmaya büyük katkısı olan Dr. Banu Aras'a,

Doktora tez çalışmamın oluşturulması ve yürütülmesi konusunda bana her türlü yardımı ve desteği gösteren Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ortodonti Anabilim Dalı Başkanı sayın Prof. Dr. Tamer Türk'e,

Çalışmanın istatistiksel değerlendirmesine yaptıkları katkılardan dolayı istatistik uzmanı Ebru Osmanoğlu ve Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootehni Bölümü Öğretim Üyesi Yrd. Doç. Dr. Özgür KOŞKAN'a,

Doktora eğitimimin başlangıcından itibaren sağladığı yurtiçi doktora burs imkanı için TÜBİTAK Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı'na,

Doktora eğitimim sırasında her zaman yanımda olan, beraber çalışmaktan büyük keyif aldığım tüm asistan arkadaşlarıma ve ortodonti bölümü çalışanlarına,

Sevgisini, sabrını, anlayışını ve her türlü desteğini bana her an hissettiren, bu süreçte büyük fedakârlıklarda bulunan ve bir an bile elimi bırakmayan sevgili eşim Osman Akar'a,

Bana her zaman inanan, maddi ve manevi destekleri ve varlıklarıyla hep yanımda olan annem, babam ve ablama,

Bana her an moral ve destek veren, ikinci ailem olan Akar ailesine,

Son olarak da benim moral kaynağım, benim için dünyanın en güzel varlığı olan oğlum Mert'e,

Sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Nevin KAPTAN AKAR

İÇİNDEKİLER

Kabul ve Onay	ii
Önsöz	iii
İçindekiler	v
Simgeler ve Kısaltmalar Dizini	viii
Şekiller Dizini	x
Resimler Dizini	xi
Tablolar Dizini	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Diş Hareketi	4
2.1.1. Ortodontik Diş Hareketi	4
2.1.2. Diş Hareketinin Safhaları	7
2.1.3. Ortodontik Kuvvet ve Diş Hareketi	7
2.1.4. Diş Hareketinin Yan Etkileri	12
2.2. Distal Yönde Diş Hareketi	12
2.2.1. Ağız Dışı Distalizasyon Yöntemleri	13
2.2.2. Ağız İçi Distalizasyon Yöntemleri	14
2.2.2.1. İntermaksiller Apareyler	14
2.2.2.2. İntramaksiller Apareyler	14
2.2.2.3. Tam Ankraj Destekli Apareyler	17
2.3. Kök Rezorpsiyonu	21
2.3.1. Kök Rezorpsiyonunun Tanımı ve Tarihçesi	21
2.3.2. Kök Rezorpsiyonunun Oluşum Mekanizması	22
2.3.3 Kök Rezorpsiyonunun Sınıflandırılması	24
2.3.4. Kök Rezorpsiyonuna Etki Eden Faktörler	25
2.3.4.1. Bireysel Yatkınlık ve Genetik Faktörler	26
2.3.4.2. Sistemik Faktörler	26
2.3.4.3. Kronolojik ve Dental Yaş	27
2.3.4.4. Cinsiyet	28
2.3.4.5. Lokal Faktörler	28

2.3.4.6. Rezorpsiyona Yatkın Dişler	29
2.3.4.7. Maloklüzyon Tipi	30
2.3.4.8. Ortodontik Tedaviye Bağlı Faktörler	31
2.3.5. Kök Rezorpsiyonunun İnsidansı	36
2.3.6. Kök Rezorpsiyonunun Prognozu	37
2.3.7. Kök Yüzeyinin Tamiri	37
2.3.8. Kök Rezorpsiyonu Tanı Araç ve Yöntemleri	39
2.3.8.1. Radyografiler	39
2.3.8.2. X-Işını Mikro Tomografisi (XMT)	41
2.3.8.3. Sky-Scan 1172 Desktop XMT Cihazı	41
3. GEREÇ VEYÖNTEM	44
3.1. Örneklem Büyüklüğü ve Güç Analizi	44
3.2. Bireylerin Seçimi ve Grupların Oluşturulması	44
3.3. Apareyin Hazırlanması ve Uygulanması	48
3.3.1. Minividaların Yerleştirilmesi	48
3.3.2. Apareyin Hazırlanması	49
3.3.3. Klinik Uygulama	50
3.4. Sefalometrik Filmlerin İncelenmesi	52
3.4.1. Lateral Sefalometrik Filmlerin Analizinde Kullanılan Sefalometrik Noktalar	54
3.4.2. Lateral Sefalometrik Filmlerin Analizinde Kullanılan Sefalometrik ve Referans Düzlemler	55
3.4.3. Çalışmada Kullanılan Sefalometrik Ölçümler	56
3.4.3.1. Maksiller Dentoalveoler Doğrusal Ölçümler	56
3.4.3.2. Maksiller Dentoalveoler Açısal Ölçümler	57
3.5. Dijital Modellerin Değerlendirilmesi	58
3.5.1. Dijital Modellerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Referans Noktalar	59
3.5.2. Dijital Modellerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Referans Düzlemler	59
3.5.3. Dijital Modellerin Değerlendirilmesinde Yapılan Ölçümler	61
3.5.3.1. Dijital Modellerin Değerlendirilmesinde Yapılan Dişsel Doğrusal Ölçümler	61
3.5.3.2. Dijital Modellerin Değerlendirilmesinde Yapılan Dişsel Açısal Ölçümler	61
3.6. Üç Boyutlu Kök Yüzey İncelemesi	62

3.6.1. Kök Yüzey Hazırlıkları	62
3.6.2. Görüntülerin Oluşturulması	63
3.7. İstatistiksel İncelemeler	64
4. BULGULAR	66
4.1. Metod Hatasının Değerlendirilmesi	66
4.2. Üst Çene Kesici Dişlerde Distalizasyon Sonrası Meydana Gelen Değişimlerin İncelenmesi	66
4.3. Üst Çene Birinci Küçük Azı Dişlerinde Distalizasyon Sonrası Meydana Gelen Değişimlerin İncelenmesi	68
4.3.1. Üst Çene Birinci Küçük Azı Dişlerinde Distalizasyon Sonrası Meydana Gelen Değişimlerin Sefalometrik Olarak İncelenmesi	68
4.3.2. Üst Çene Birinci Küçük Azı Dişlerinde Distalizasyon Sonrası Meydana Gelen Değişimlerin Model Ölçümleri İle İncelenmesi	68
4.4. Üst Çene Birinci Büyük Azı Dişlerinde Distalizasyon Sonrası Meydana Gelen Değişimlerin İncelenmesi	69
4.4.1. Üst Çene Birinci Büyük Azı Dişlerinde Distalizasyon Sonrası Meydana Gelen Değişimlerin Sefalometrik Olarak İncelenmesi	69
4.4.2. Üst Çene Birinci Büyük Azı Dişlerinde Distalizasyon Sonrası Meydana Gelen Değişimlerin Model Ölçümleri İle İncelenmesi	70
4.5. Kök Yüzey Değişimlerinin İncelenmesi	72
4.5.1. FG Grubunda Meydana Gelen Kök Yüzey Değişimleri	72
4.5.2. DG Grubunda Meydana Gelen Kök Yüzey Değişimleri	72
4.5.3. İzlenen Kök Yüzey Değişimlerinin Gruplar Arasında Karşılaştırması	73
4.6. Diş Hareketi ve Kök Rezorpsiyonu Korelasyonu	73
5. TARTIŞMA	79
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	110
ÖZET	112
ABSTRACT	113
KAYNAKLAR	114
EKLER	142
EK 1.	142
EK 2.	143
ÖZGEÇMİŞ	145

Simgeler ve Kısaltmalar Dizini

%	: Yüzde
(⁰)	: Derece
μA	: Mikroamper
AD	: Anlamalı Değil
AKR	: Apikal Kık Rezorpsiyonu
ANS	: Ön Nazal Çıkıntı (Anterior Nasal Spina)
BMP	: Bitmap
CBCT	: Cone Beam Computed Tomography
CHull2D	: Convex Hull 2D
cN	: Centi Newton
CT	: Bilgisayarlı Tomografi (Computed Tomography)
DG	: Drift Grubu
EKR	: Eksternal Kık Rezorpsiyonu
FG	: Kuvvet Grubu
fpVCT	: Flat Panel-Volumetric Computed Tomography
GİDP	: Graz İmplant Destekli Pendulum
gr	: Gram
ICC	: Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı
IMF	: İntermaksiller Fiksasyon
kV	: Kilovolt
kvp	: Kilovolt peak
mA	: Miliamper
maks	: Maksimum
Mikro-BT	: Mikro Bilgisayarlı Tomografi
min	: Minimum
mm	: Milimetre
mm³	: Milimetreküp
Ni-Ti	: Nikel-Titanyum
OOİRR	: Ortodontik Olarak İndüklenmiş İltihabi Kık Rezorpsiyonu
PDL	: Periodontal Ligament

r	: Tekrarlama katsayısı
SD	: Standart Sapma
SE	: Standart Hata
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscopy)
SX	: Ortalama hata
T1	: Tedavi başı
T2	: Tedavi sonu
TIFF	: Tagged Image File Format
TMA	: Titanyum-Molibden Alaşımı
X	: Ortalama
XTM	: X Işını Mikro Tomografisi

Şekiller Dizini

Şekil 1	: Lateral sefalometrik filmlerin analizinde kullanılan sefalometrik noktalar	54
Şekil 2	: Lateral sefalometrik filmlerin analizinde kullanılan referans düzlemler	55
Şekil 3	: Çalışmada kullanılan maksiller dentoalveoler doğrusal ölçümler	57
Şekil 4	: Çalışmada kullanılan maksiller dentoalveoler açısal ölçümler	58
Şekil 5	: Dijital modellerin değerlendirilmesinde kullanılan referans noktalar	60
Şekil 6	: Dijital modellerin değerlendirilmesinde kullanılan referans düzlemler	60
Şekil 7	: Dijital modellerin değerlendirilmesinde yapılan dişsel doğrusal ölçümler	61
Şekil 8	: Dijital modellerin değerlendirilmesinde yapılan dişsel açısal ölçümler	62

Resimler Dizini

Resim 1	: Örnek bir vakaya ait T1 ağız içi ve cephe fotoğrafları.	46
Resim 2	: Örnek bir vakaya ait T2 ağız içi ve cephe fotoğrafları.	47
Resim 3	: Kullanılan kemik içi vida ve vida anahtarı.	49
Resim 4	: Vida yerleşimi sonrasında alınan radyografik filmler.	49
Resim 5	: Apareyin hazırlığında laboratuvar aşamaları.	50
Resim 6	: Vidaların ve hazırlanan apareyin ağız içi görüntüsü.	52
Resim 7	: Dijital model ölçüm programı.	59
Resim 8	: SkyScan1172 x-ışını mikro-tomografi cihazı.	63

Tablolar Dizini

Tablo 1	: Sefalometrik ve model ölçümlerine ilişkin metod hatası değerlendirmesi.	67
Tablo 2	: Üst kesici dişlere ilişkin sefalometrik ölçümlerin T2-T1 zamanlarındaki değişimlerinin incelenmesi.	67
Tablo 3	: Sefalometrik maksiller lokal çakıştırma ve Dijital model analizi ile DG ve FG gruplarında T1 ve T2 zamanlarında elde edilen verilerin grup içi ve gruplar arası karşılaştırması.	71
Tablo 4	: FG grubunda tüm kök yüzeyinde, kökün farklı yüzeylerinde ve farklı bölgelerinde ölçülen total krater hacimlerine ilişkin minimum (min), maksimum (maks), ortalama (ort), standart hata (SE) ve standart sapma (SD) değerleri (n=20).	74
Tablo 5	: DG grubunda tüm kök yüzeyinde, kökün farklı yüzeylerinde ve farklı bölgelerinde ölçülen total krater hacimlerine ilişkin minimum (min), maksimum (maks), ortalama (ort), standart hata (SE) ve standart sapma (SD) değerleri (n=20).	75
Tablo 6	: FG ve DG gruplarında grup içi yüzeyler arası ve seviyeler arası rezorpsiyon krater hacimlerinin karşılaştırılması.	76
Tablo 7	: Tüm kök yüzeyinde, kökün farklı yüzeylerinde ve farklı bölgelerinde ölçülen krater hacimlerinin FG ve DG grupları arasında karşılaştırılması.	77
Tablo 8	: Premolar diş kökü sagittal yön hareketinin rezorpsiyon miktarları ile korelasyon tablosu.	78

1. GİRİŞ

Ortodontik tedavide amaç; dişleri dental arklar üzerinde düzgün şekilde sıralayıp ideal bir oklüzyon sağlayarak, hastaya düzgün çiğneme, konuşma, solunum fonksiyonları kazandırmak ve yüz estetiğini iyileştirmektir. Bu amaçlar doğrultusunda ortodontik tedavi ile hedeflenen birincil faktör dişlerin alveol kemiği içinde ideal pozisyonlarına taşınması için diş hareketi uygulamasıdır.

Ortodontik tedaviler, diş üzerine uzun süreli uygulanan kuvvetin, diş çevreleyen dokularda yeniden şekillenmeye yol açarak dişin hareketini sağlaması prensibine dayanır. Yeniden şekillenme süreci, alveol socketin sıkışma bölgesinde rezorpsiyonel, gerilme bölgesinde apozisyonel aktiviteyle ortaya çıkar. Diş hareketinin gerçekleşmesi, periodontal bölgede ortodontik kuvvetler etkisinde gelişen inflamatuvar bir cevapla başlar (Vandevska-Radunovich 1999). Bu inflamatuvar cevap ile bölgede klastik aktivite ortaya çıkar ve diş hareketi için gerekli kemik rezorpsiyonunun beraberinde kök rezorpsiyonları da görülür (Reitan 1974).

Kök rezorpsiyonu ortodontik tedavi esnasında sıklıkla karşılaşılan problemlerden biridir. Tedavi sırasında apeks kaybı arzu edilmeyen bir durum olup dentine ulaştığı takdirde geri dönüşümü de yoktur. Ortodontik kök rezorpsiyonu (OKR) mineralize sement ve dentinden yıkıcı madde kaybı ile sonuçlanan fizyolojik veya patolojik bir olaydır (Brudvik and Rygh 1993, Cohen and Burns 1998). Ortodontik tedaviye bağlı olarak gelişen kök rezorpsiyonu dişlerin ağızda kalma süresini ve fonksiyonel kapasitesini fazla etkilemese de diğer yönlerden hedefine ulaşmış bir tedavinin başarısına gölge düşürmektedir (Brezniak and Wasserstein 1993a).

Kök rezorpsiyonuna neden olan belli başlı faktörler sıralanacak olursa; genetik faktörler, yaş, fizyolojik diş hareketi, gömük diş baskısı, periapikal ya da periodontal iltihap, diş implantasyonu ve reimplantasyon, okluzal travma, tümör ve kistler, metabolik ya da sistemik bozukluklar, ortodontik tedavinin süresi, kuvvet şekli, miktarı, kullanılan mekanikler ve idiyopatik faktörler göze çarpmaktadır (Phillips 1955, Shafer 1983, Reitan 1985). Tedavi edilmeyen hastalarda yapılan histolojik araştırmaların sonuçları belli miktardaki apikal kök rezorpsiyonun fizyolojik bir

gelişim olduğunu belirtmektedir (Brezniak and Wasserstein 1993a, b). Bununla beraber OKR'nun ana nedeninin ortodontik kuvvet olduğu gösterilmiş olmasına rağmen, hangi biyomekanik sonuçla ve nasıl önlenebileceği büyük oranda açıklığı kavuşmamıştır.

Kök rezorpsiyonunun incelenmesinde gerçekleştirilen radyografik ve histolojik yöntemler gibi yüzey analiz yöntemleri üç boyutlu bir oluşum olan kök rezorpsiyonunun iki boyutta ölçümüdür ve bu nedenle de X ışını Mikro Tomografisi (XTM) gibi üç boyutlu analiz yöntemleri kadar güvenilir değildir (Chan and Darendeliler 2004). Uygulanan ortodontik kuvvet miktarına bağlı oluşan kök rezorpsiyonu ölçümünün yapıldığı bir çalışmada, hacimsel ölçüm için yeni bir teknik geliştirilmiştir (Chan et al., 2004). Farklı kuvvet miktarları, süreleri, uygulama protokolleri ve farklı yönlerdeki diş hareketleri sonucu oluşan kök yüzey değişiklikleri bu yöntem ile incelenmiş fakat aktif ve spontan distalizasyon sonrası meydana gelen OKR'nu değerlendiren herhangi bir çalışma yapılmamıştır.

İskeletsel ve/veya dişsel Sınıf II maloklüzyonlar, toplumda çok sık rastlanan ortodontik anomaliler olmaları sebebiyle, bugüne dek bu konuda pek çok araştırma ve klinik çalışma yapılmıştır. Sınıf II maloklüzyonlara eşlik eden maksiler anterior çapraşıklık ve artmış overjetin çekimsiz tedavisinde 1. sınıf azı ilişkisine ulaşmak için sıklıkla üst arka dişlerin distalizasyonu gerekmektedir. Bu hedefe ulaşmak amacıyla, ağız dışı ve ağız içi olmak üzere iki değişik kuvvet sistemi kullanılmaktadır (Armstrong 1971, Jacobson 1979, Tenti 1986).

Molar dişleri distalize etmek amacıyla geliştirilen pek çok yöntemden en eski ve yaygın olanı, ağız dışı kuvvetleri molar dişlere ileten headgearlerdir. Headgear ile başarılı şekilde molar distalizasyonu sağlanmakla birlikte özellikle hasta kooperasyonuna ihtiyaç duyulması nedeniyle Sınıf II maloklüzyonların tedavisinde ona alternatif olarak hasta kooperasyonuna ihtiyaç göstermeyen çok çeşitli ağız içi molar distalizasyon yöntemleri geliştirilmiştir.

Ağız içi molar distalizasyon yöntemlerinin avantajların yanında, molar distalizasyonu sırasında ankraj olarak kullanılan küçük azı dişlerde mezializasyon, kesici dişlerde protrüzyon, overjetten artış ve dolayısıyla ankraj kaybına neden olmak gibi dezavantajları vardır (Gianelly et al., 1989, Locatelli et al., 1992, Ghosh and Nanda 1996a, Dietz and Gianelly 2000, Fortini et al., 2004). Molar distalizasyonu

sırasında anteriora doğru hareket ederek ankraj kaybeden kesici ve küçük azı dişlerin tekrar distalize edilmesi için ise çoğu zaman devrilerek distalize edilmiş olan molar dişlerden ankraj alınmakta ve bu nedenle molar dişlerde relaps görülmektedir. Distalizasyon sonrasında molar dişlerde oluşabilecek relapsın önüne geçmek için ise bu dişlerin bir süre küçük azı ve kesici dişlerin retraksiyonu için ankraj olarak kullanılmaması ve headgear ile desteklenmesi gerekmektedir (Gianelly 1998).

Son yıllarda Sınıf II malokluzyonların ortodontik tedavisinde, destek alınan dişlerde ankraj kaybına neden olmak gibi dezavantajlar taşımayan, implant destekli molar distalizasyon sistemleri kullanılmaya başlanmıştır. Ortodontik ankraj ünitesi kurulurken osteointegre implantlardan, minividalardan, onplantlardan, mini plaklardan ve kemik içi vidalardan yararlanıldığı görülmektedir. Bu sistemler yardımıyla molar distalizasyonu elde edilirken, küçük azı ve kesici dişlerde spontan olarak bir miktar distalizasyon ve retrüzyon sağlanmaktadır. Anterior dişlerin retraksiyonuna gerek kalmadığından molar dişlerin yeni pozisyonunun korunması kolaylaşmaktadır. Küçük azı ve kesici bölgesinde istenmeyen diş hareketi meydana gelmemektedir. Transeptal fibrillerin gerilmesi sayesinde anterior çapraşıklık kendiliğinden çözülmekte, sonuç olarak toplam tedavi süresi kısalmaktadır (Kircelli et al., 2006, Escobar et al., 2007, Önçağ et al., 2007, Polat-Özsoy et al., 2008).

Bu çalışmanın amacı; molar distalizasyonu esnasında transeptal fibriller aracılığı ile spontan olarak distalize olan maksiller birinci küçük azı dişleri ile doğrudan ortodontik kuvvet uygulanarak distalize edilen maksiller birinci küçük azı dişlerde meydana gelen kök yüzey değişikliklerinin karşılaştırılmasıdır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Diş Hareketi

Ortodontik diş hareketi, dışarıdan uygulanan bir kuvvet etkisinde dentofasiyal kompleksin kararlı durumuna yapılan müdahale sonucunda ortaya çıkan biyolojik bir cevaptır. Ortodontik kuvvet uygulamasıyla gerçekleşen diş hareketi dental ve paradental (pulpa, periodontal ligament, alveoler kemik, dişeti vb) dokuları içeren remodelling değişiklikleri ile karakterizedir (Krishnan and Davidovitch 2006).

Reitan'a (1960) göre ortodontik diş hareketi, fizyolojik diş hareketleri olan migrasyon ve erüpsiyondan oldukça farklıdır. Fizyolojik diş hareketi sırasında meydana gelen doku reaksiyonu destek yapıların normal fonksiyonu sonucudur. Fizyolojik diş hareketi, fonksiyon halindeki dişin soketi içerisindeki hafif tipping hareketlerini ve gençlerde diş sürmesi sırasında ve sonrasında görülen değişiklikleri tanımlamaktadır. Yetişkinlerde ve büyümekte olan bireylerde diş pozisyonunda gözlenen minör değişiklikler ise 'migrasyon' olarak adlandırılır (Graber et al., 2005). Fizyolojik diş hareketi yavaş bir süreçtir ve genelde süngerimsi kemikte ya da büyüme nedeniyle kortikal kemikte bukkal yönde gerçekleşmektedir (Reitan 1960). Ortodontik diş hareketi ise uygulanan kuvvetin fiziksel karakteristiklerine ve periodontal ligamentlerin büyüklüğü ile biyolojik cevabına bağlı olarak hızlı ya da yavaş olabilmektedir (Brudvik and Rygh 1995a).

Temel olarak ortodontik diş hareketi ve fizyolojik diş hareketinde gözlenen doku reaksiyonları arasında belirgin bir farklılık yoktur. Ancak tedavi sırasında dişler daha hızlı hareket ettiğinden ortodontik kuvvetlerle elde edilen doku değişiklikleri daha belirgin ve kapsamlıdır (Graber et al., 2005).

2.1.1. Ortodontik Diş Hareketi

Ortodontik tedavi, diş üzerine uzun süreli kuvvet uygulayarak dişin etrafındaki kemiğin yeniden şekillenmesiyle diş hareketinin gerçekleşmesi esasına dayanır

(Proffit and Fields 2000). Bir dişin, alveol kemiği içerisinde hareket etmesinin temelinde dişin kökünü çevreleyen alveoler kemikteki yeniden yapılanma ve periodontal ligamentteki bir takım hücresel değişimler yatmaktadır (Van de Velde et al., 1988).

Ortodontik diş hareketinin meydana gelmesinde başlıca sorumlu mekanizma, dişin kökünü çevreleyen periodontal ligament (PDL) ve alveol kemiğinde meydana gelen yeniden şekillenme olayıdır. Peridontal ligament diş kökünün etrafını saran ve dişi kemiğe bağlayan fibröz, yoğun bir bağ dokusudur (Newman et al., 2002). Periodontal ligamentin çoğunu kollajen lifler oluştursa da ortodontik diş hareketini mümkün kılan kısımları hücresel elemanları ve doku sıvılarıdır (Proffit and Fields 2000).

Dişin hareket edebilmesi için osteoklastların oluşması gerekir. Osteoklastlar, PDL'in sıkışma bölgesine komşu bölgedeki kemiği yıkarlar. Gerilme bölgesinde yeni kemik oluşturmak ve sıkışma bölgesinde rezorbe alanları yeniden şekillendirmek için de osteoblastlara ihtiyaç vardır. PDL'in sıkışma bölgesi ve çevresinde ilk osteoklastların görülmesi 48 saati bulabilir. Frontal rezorpsiyon sürecinde komşu lamina duraya olan klastik hücre atağı sonucunda kemik yıkılmakta ve hemen ardından diş hareketi başlamaktadır. Aynı zamanda biraz gecikmeli olarak PDL aralığı genişler, osteoblastlar (lokal olarak PDL'deki progenitör hücrelerden farklılaşırlar) bu gerilme bölgesinde kemik oluştururken sıkışma bölgesinde yeniden şekillenmeyi başlatırlar (Proffit and Fields 2000).

Dişe etkiyen kuvvet kılcac damarları tamamen daraltacak ve PDL'in o bölgesindeki kanlanmayı tamamen kesecek düzeyde yüksek olduğunda ise olayların işleyişi değişir. Kanlanma kesildiğinde PDL'in sıkışma bölgesindeki hücrelerin osteoklastlara farklılaşmak üzere uyarılmasından çok bu sıkışma bölgesinde steril bir nekroz alanı gelişir. PDL'in sıkışma bölgesinde kanlanmanın durduğu alandan, histolojik görünümünde hücrelerin gzlenemeyişinden ötürü 'hiyalinize' şeklinde söz edilir. Hyalinizasyon gerçekleştiğinde nekrotik PDL alanını çevreleyen kemiğin yeniden şekillenmesi, hasar görmemiş komşu bölgelerden göç eden hücrelerin katkısıyla olur. Birkaç günlük gecikmeyle nekrotik bölgeye hücresel elemanların invazyonu başlar, nekrotik PDL'le bağlantıda olan lamina duranın i yüzeyinde osteoklast hücrelerinin ortaya çıkışıyla 'undermining resorption' şeklinde tanımlanan

dolaylı kemik rezorpsiyonu süreci gerçekleşir. Hiyalinizasyon ve indirekt kemik rezorpsiyonunda diş hareketi, direkt rezorpsiyondakine göre daha geç başlar. Dolaylı kemik rezorpsiyonunda diş hareketinin gecikmesinin bir nedeni lamina duradaki hücreleri farklılaştırıcı uyarının gecikmesi, diğeri de ortadan kaldırılacak kemik kalınlığının daha fazla olmasıdır. PDL bölgesinde nekroz önlendiğinde diş hareketinin etkinliği artmaktadır (Proffit and Fields 2000).

Bir dişe sürekli bir kuvvetin uygulanması sonucunda diş, alveol socketinin duvarına doğru yer değiştirir. Bu ilk yer değiştirme sonucu diş hareketinin başlama süreci iki şekilde açıklanmaktadır. Bunlardan bioelektrik teorisi, uygulanan kuvvet nedeniyle alveol kemiğindeki eğilme-bükülmeler ile birlikte doku sıvılarındaki iyonların hareketi ile bir elektrik sinyali oluşacağını ve bu sinyalin kemik remodelingini başlatacağını öngörmektedir (Proffit and Fields 2000). Klasik diş hareketi teorisi olan baskı-gerilim teorisine göre ise diş hareketine yol açan hücresel farklılaşmanın gerçekleşmesi kimyasal uyarılara dayanır. Bu teoriye göre sürekli kuvvet etkisiyle, uygulanan kuvvet yönünde diş kökünün ilk yer değiştirmesi sonucu periodontal ligamentteki damarların sıkışması ile kan akımının azalması ve tersi tarafta gerilme sonucu kan akımındaki artış sonucu çeşitli kimyasal mesajcıların (prostaglandinler, sitokinler vb) salınmasıyla birlikte hücresel değişikliklerin başlayacağı öngörülmektedir (Proffit and Fields 2000, Thilander et al., 2000). Aşırı gerilme durumlarında ise kan akışında geçici azalmalar olabilir. Kan akışındaki değişimler, kimyasal durumda da hızla değişiklikler yaratır. Örneğin; oksijen düzeyi sıkışma bölgesinde hızla düşerken gerilim bölgesinde artar. Oksijene bağlı diğer metabolitlerin oranlarındaki değişimler de birkaç dakika içinde gerçekleşebilir. Bu kimyasal değişimler, direkt olarak ya da diğer aktif biyolojik ajanların uyarılması yoluyla gerçekleşerek hücresel aktiviteyi ve farklılaşmayı uyarabilirler. Buna göre diş hareketi üç aşama sergiler: 1) PDL'deki baskıya bağlı kan akımındaki değişimler, 2) Kimyasal habercilerin oluşumu ve/veya salınması ve 3) Hücrelerin aktivasyonu (Proffit and Fields 2000).

2.1.2. Diş Hareketinin Safhaları

Burstone (1962), diş hareketinin zamana karşı hız grafiği çizildiğinde, diş hareketinin başlangıç, duraklama ve duraklama sonrası olmak üzere 3 fazının olacağını öne sürmüştür. Başlangıç fazı, dişe kuvvet uygulanmasından hemen sonraki hızlı diş hareketiyle karakterizedir. Bu hız, büyük oranda dişin PDL boşluğundaki yer değiştirmesiyle ilişkilendirilebilir. Başlangıç fazından hemen sonra nispeten daha yavaş oranda bir yer değiştirmenin olduğu ya da hiç olmadığı bir duraklama periyodu bulunmaktadır. Duraklama periyodunun basınç alanlarındaki periodontal ligamentin hyalinizasyonu sonucu oluştuğu öne sürülmektedir. Nekrotik dokuların ortadan kaldırılması tamamlanana kadar yeni bir diş hareketi gerçekleşmez. Diş hareketinin duraklama periyodunu takip eden son fazında diş hareket hızında aşamalı ya da ani bir artış görülür.

Son zamanlarda yapılmış çalışmalarda oluşturulan zaman/yer değiştirme modelinde diş hareketinin 4 fazda gerçekleştiği belirtilmiştir. Birinci faz 24 saat–2 gün arasında sonlanır ve dişin kemik soketi içerisinde başlangıç hareketi gerçekleşir. Diş hareketi durduğu zaman bu fazı 20-30 gün süreyle diş hareketinin durduğu ikinci faz takip eder. İkinci faz boyunca oluşan nekrotik dokunun uzaklaştırılmasından hemen sonra üçüncü fazda diş hareketi hızlanır ve dördüncü fazda devam eder. Üçüncü ve dördüncü fazlar, ortodontik tedavi boyunca gerçekleşen toplam diş hareketinin büyük kısmını oluşturur (Pilon et al., 1996, Leeuwen et al., 1999).

Henneman et al. (2008) diş hareketinin başlaması için gerçekleşen olayların 4 safhada gerçekleştiğini öne sürmektedir. Bunlar; 1) matriks gerilmesi ve sıvı akışı, 2) hücre gerilmesi, 3) hücre aktivasyonu ve farklılaşması, 4) remodelling.

2.1.3. Ortodontik Kuvvet ve Diş Hareketi

Diş hareketi, dişe uygulanan kuvvetin büyüklüğü, kuvvetin yönü, moment kuvvet oranı ve dişi çevreleyen dokulardaki bireysel farklılıklar gibi birçok faktörden etkilenmektedir.

Ortodontik diş tedavisinde ortodontik kuvvetin büyüklüğü ile doku cevabı arasında bir ilişki vardır. Quinn ve Yoshikawa (1985), bu ilişki ile ilgili olarak dört alternatif modelden bahsetmiştir. Birinci modelde belli bir kuvvet değeri vardır ve bu değer üzerindeki tüm kuvvet şiddetleri için diş hareketi aynıdır. İkinci modelde doğrusal bir ilişki söz konusudur; kuvvet arttıkça diş hareketi de artar. Üçüncü modelde düşük kuvvetler altında doğrusal olan ilişki belli bir değerden sonra kuvvet arttıkça diş hareketinin azalması şeklinde gelişir. Dördüncü model ise kuvvet artışıyla diş hareketinin artması fikrini reddeder ve hızlı diş hareketi için büyük ortodontik kuvvetlerin gerekli olmadığını savunur.

Direkt rezorpsiyon ile gerçekleşen diş hareketi daha hızlıdır, bu nedenle diş hareketlerinin direkt rezorpsiyon yolu ile gerçekleşebilmesi için optimal şiddette kuvvetlerin kullanımı büyük önem taşımaktadır (Thilander et al., 2000).

Optimal kuvvet, ilk defa 1932'de Schwarz tarafından tanımlanmıştır. Schwarz'a göre periodontal ligamente uygulanacak optimal kuvvet kapiller kan basıncına eşdeğer olmalıdır. Bu basıncın altındaki kuvvetler herhangi bir reaksiyona neden olmazken, daha ağır kuvvetlerin dokuda nekroz oluşturduğu rapor edilmiştir (Proffit and Fields 2000).

Optimal şiddette kuvvetler kök rezorpsiyonu veya alveoler kemik kaybı gibi, çevre dokularda oluşabilecek zararlara yol açmadan ve hastada fiziksel rahatsızlığa neden olmadan en hızlı diş hareketini oluşturabilen kuvvetlerdir. Histolojik anlamda optimal kuvvet, kök boyunca periodontal ligamentte dokunun vitalitesini koruyarak maksimum hücresel cevabı oluşturan kuvvettir (Burstone 2000, Thilander et al., 2000).

Nikolai (1975) en uygun kuvveti belirlemede; 1) diş kökünün yüzey alanı ve şekli, 2) istenen diş hareketinin tipi, 3) uygulanan kuvvetin süresi ve 4) biyolojik bireysel faktörler gibi unsurların rol aldığını söylemiştir.

Ortodontik kuvvetler şiddetine göre hafif ve ağır kuvvetler olarak ikiye ayrılabilir. Hafif kuvvetler dişin hareket edebilmesi için gerekli olan eşik kuvvet değerinde olan kuvvetlerdir. Hafif kuvvetlerin uygulanması ile diş hareketi ve ankraj koruması daha kolay olmaktadır (Proffit and Fields 2000)

Ağır kuvvetler ise periodonsiyumda aşırı sıkışma yaratarak hiyalinizasyon tabakası ve dolaylı kemik rezorpsiyonuna neden olabilecek büyüklükteki

kuvvetlerdir (Reitan 1957, Rygh 1973, Brudvik and Rygh 1994a, Graber et al., 2005).

Hafif ve ağır kuvvetler dış hareketi açısından karşılaştırıldığında ağır olan kuvvette ankraj alınan dişin istenmeyen hareketinin daha fazla olduğu rapor edilmiştir (Andreasen and Zwanziger 1980). Yine hafif şiddette kuvvet uygulandığında diş hareketinde gecikme fazı oluşmadan hareket elde edilebilmektedir (Iwasaki et al., 2003).

Ağır kuvvetlerin hafif kuvvetlere göre daha fazla ve daha hızlı dış hareketine neden olduğuna dair çalışmalar da mevcuttur (Hixon et al., 1969, Hixon et al., 1970, Andreasen and Zwanziger 1980).

Uygulanacak kuvvetin büyüklüğüne ilişkin farklı görüşler olmasına rağmen, temel olarak hafif ve devamlı kuvvetlerin kullanılması önerilmektedir (Reitan 1967, Bench et al., 1978, Gianelly 1998, Proffit and Fields 2000).

Uygulanan kuvvetin sürekliliği dış hareket miktarına kuvvetin büyüklüğünden daha fazla etki etmektedir (Van Leeuwen et al., 1999). Dişin çevre dokularında uygun düzeyde biyolojik cevap oluşabilmesi için, uygulanan kuvvetin hafif olmasının yanında sürekliliğin yani iki aktivasyon arasında kuvvet kaybının en az olması gerekmektedir (Proffit and Fields 2000).

Kuvvetin azalma oranına göre kuvvetler sürekli (continuous), kesikli (interrupted) ve aralıklı (intermittent) kuvvetler olarak sınıflandırılmaktadır (Tosun 1999, Proffit and Fields 2000).

Sürekli kuvvetler hastanın randevuları arasında geçen zamanda kuvvetin özgün miktarına yakın düzeyde devam etmesidir. İki aktivasyon arasında kuvvetin şiddeti gittikçe azalır ancak sıfırlanmaz. Nickel-Titanium (Ni-Ti) yayların uyguladığı kuvvetler buna örnek olarak verilebilir. Kesikli kuvvet, aktivasyonlar arasında geçen zamanda kuvvetin sıfırlanmasıdır. Bu kuvvetin uygulanmasından sonra ikinci aktivasyona kadar çevre dokularda tamir olayları gerçekleşir. Hızlı genişletme vidaları örnek olarak verilebilir. Aralıklı kuvvetler kuvvetin şiddetinde meydana gelen ani sıfırlanmalardır ki hareketli apareylerle uygulanan kuvvetler buna örnektir (Tosun 1999).

Sürekli ve kesikli kuvvetlerin aynı bireylerde karşılaştırıldığı bir çalışmada yedi hafta sonunda horizontal sürekli kuvvetlerin kesikli kuvvetlerden daha etkili olduğu rapor edilmiştir (Owmann-Moll et al., 1995).

Devamlı ve ağır kuvvetler uygulandığında indirekt kemik rezorpsiyonu meydana gelene kadar diş hareketi gerçekleşmemekte ve daha sonra hızla, rezorbe alan boyunca hareket olmaktadır. Ancak tekrar ağır kuvvet uygulanmasına bağlı olarak yeniden hyalinize alanlar meydana gelmektedir (Reitan 1967, Proffit and Fields 2000).

Kesikli ve hafif kuvvet uygulaması sonucunda oluşan direkt kemik rezorpsiyonu nedeniyle çok az miktarda diş hareketi görülmekte ve kuvvet sıfıra düştüğü için yeni aktivasyona kadar hareket gerçekleşmemektedir. Kesikli ve ağır kuvvetlerde ise, indirekt kemik rezorpsiyonu tamamlandıktan sonra diş hareketi gözlenmekte ve bu aşamada kuvvet sıfıra yaklaştığı için yeni aktivasyona kadar hareket olmamaktadır (Proffit and Fields 2000).

Hızlı diş hareketi elde etmek için hyalinizasyon bölgeleri oluşmamalı veya oluşursa bu bölge mümkün olduğu kadar küçük olmalıdır. Küçük hyalinizasyon bölgeleri kemik rezorpsiyonunu kolaylaştırmakta ve bu bölgeler hafif kuvvetlerin kullanılması ile meydana gelmektedir. Hafif kuvvet uygulansa bile başlangıç hyalinizasyonundan kaçınma zordur. Hafif ve devamlı kuvvet ile başlangıç hyalinizasyon bölgesinin eliminasyonundan sonra dişin rezorbe olan bölgeye hareketini takiben semihyalinize alanları oluşturan oldukça küçük nekrotik bölgeler görülmektedir (Reitan 1967). Böylece hafif ve devamlı kuvvetler uygulayarak en etkili şekilde diş hareketi elde edilebilmektedir (Reitan 1967, Bench et al., 1978, Ricketts et al., 1979, Gianelly et al., 1989, Proffit and Fields 2000).

Diş uygulanacak en uygun kuvvetin belirlenmesinde uygulanan kuvvetin miktarı ve süresi kadar dağılımın gerçekleştiği PDL alanı da önemlidir. PDL'in cevabı birim yüzeye düşen kuvvetle belirlenir. Farklı hareket tiplerine göre bu alanlar değişiklik göstermektedir (Proffit and Fields 2000).

Dönme (rotasyon) merkezi, uygulanan kuvvetler sonucu dişin etrafında dönme hareketi yaptığı hayali noktadır. Tek köklü bir diş braket hizasından uygulanacak kuvvet sonucu dişin direnç merkezinin biraz apikalinde bir dönme merkezi oluşacak

ve diş bu nokta sabit kalacak şekilde tipping hareketi yapacaktır. Dişler translasyon hareketi yaparken dönme merkezi sonsuzda yer alır (Burstone 1966, Tosun 1999).

Uygulanan kuvvetin etki çizgisi direnç merkezinden geçmediği takdirde bu kuvvet, bir dönme etkisi meydana getirir (Smith and Burstone 1984). Moment, uygulanan bir kuvvetin bu dönme etkisini oluşturabilme potansiyelidir. Kuvvetin şiddeti ve direnç merkezine olan dik uzaklığı momenti eşit derecede etkilediğinden, fizyolojik sınırlarda kuvvet uygulansa dahi kuvvetin uygulanma noktası iyi seçilmediği takdirde periodontal dokularda oluşacak gerilmeler yüksek kuvvet uygulanmasına eşdeğer sonuçlar yaratacaktır (Tosun 1999).

Devrilme hareketinde, basınç periodontal ligamentte belirli alanlarda yoğunlaşır. Sıkışma bölgeleri kuvvetin uygulandığı tarafta kök ucuna yakın bölge, diğer tarafta ise alveol kemiğinin üst kısmındadır. Basınç en çok bu bölgelerde yoğunlaşır, dişin direnç merkezine yaklařtıķça basınç azalır (Proffit and Fields 2000, Graber et al., 2005). Periodontal ligamentte etkilenen alanlara gelen basınç diş kronuna uygulanan basınçtan daha fazladır. Bu nedenle devrilme hareketinde diş kronuna oldukça hafif kuvvetlerin uygulanması önerilmektedir (Reitan 1967, Proffit and Fields 2000).

Paralel diş hareketinde, PDL alanının tamamı kuvveti eşit dağılacak şekilde karşılar. Paralel hareketi sağlamak zordur bu nedenle kısmen paralel kısmen de devrilme hareketi ile diş hareketi meydana gelmektedir. Bunun için uygulanacak kuvvet, her iki hareket için gerekli kuvvetlerin ortalamasıdır (Smith and Burstone 1984, Proffit and Fields 2000).

Rotasyon hareketlerinde de devrilme hareketlerinde olduğu gibi sıkışma alanları meydana gelebilir. Dişe alveol soketi içerisinde devrilmeye uğratmadan saf rotasyon ve saf intrüzyon yaptırmak pek mümkün değildir. Bu sebeple rotasyon hareketleri için devrilme hareketine yakın kuvvetler uygulamak gerekmektedir (Proffit and Fields 2000).

Ekstrüzyon hareketinde dişi alveol kemiği ile birlikte hareket ettirmek için hafif kuvvetler (25-30 gr) uygulamak gerekir, ağır kuvvetler dişin çekimi gibi yanıt verebilir (Graber et al., 2005).

İntrüzyon hareketinde ise uygulanan kuvvet dişin kök ucunda çok küçük bir alanda yoğunlaşacağından daha hafif kuvvetlerin uygulanması gerekmektedir

(Graber et al., 2005). Kuvvetin sadece çok hafif olduğu durumlarda dişte intrüzyon hareketi beklenebilir (Proffit and Fields 2000).

2.1.4. Diş Hareketinin Yan Etkileri

Ortodontik tedavilerde dişin kök yüzeyine komşu alveol kemiğinde apozisyon ve rezorpsiyonlar meydana gelirken kök sement yüzeyinde de bir takım değişimler meydana gelmektedir (Proffit and Fields 2000).

Ortodontik tedavilerde uygulanan kuvvetlere bağlı olarak hiyalinizasyon tabakasının oluşumu kaçınılmazdır. Hiyalinize bölgeye komşu kök yüzeyinde de osteoklastik hücre atağı meydana gelmektedir (Brudvik and Rygh 1993b). Bu nedenle hareket ettirilen bir dişin kök yüzeyinde sementte ve dentinde tamir edilmiş rezorpsiyon alanları görülebilir. (Proffit and Fields 2000).

Eksternal kök rezorpsiyonu (EKR), ortodontide sık karşılan iatrojenik sonuçlardan biridir (Harris 2000). EKR şiddeti ve lokalizasyonu, aktif ortodontik tedavi süresi, uygulanan tedavi mekaniği, uygulanan kuvvetin şiddeti, dağılımı, yönü, sürekliliği gibi birçok faktörden etkilenmektedir (Graber et al., 2005). Bu faktörler ileriki bölümlerde ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

Ortodontik tedavilerde uygulanan kuvvete bağlı olarak mobilite artışı meydana gelebilir. Aşırı mobilite aşırı kuvvetin göstergesidir. Hareket ettirilen dişin travmatik okluzyona geçmesinden dolayı da aşırı mobilite oluşabilir (Proffit and Fields 2000).

Diş hareketi alveoler kemik içinde değil, bukkal ve labial yönde gerçekleştirildiğinde marginal kemik kaybı meydana gelebilmektedir (Graber et al., 2005).

2.2. Distal Yönde Diş Hareketi

İskeletsel ve/veya dişsel Sınıf II maloklüzyonlar, toplumda çok sık rastlanan ortodontik anomaliler olmaları sebebiyle, bugüne dek bu konuda pek çok araştırma ve klinik çalışma yapılmıştır. Sınıf II maloklüzyonlara eşlik eden maksiler anterior

çapraşıklık ve artmış overjetin çekimsiz tedavisinde 1. sınıf azı ilişkisine ulaşmak için sıklıkla üst arka dişlerin distalizasyonu gerekmektedir. Bu hedefe ulaşmak amacıyla, ağız dışı ve ağız içi olmak üzere iki değişik kuvvet sistemi kullanılmaktadır.

2.2.1. Ağız Dışı Distalizasyon Yöntemleri

Farklı ankraj bölgelerine sahip çeşitli headgearler değişik kuvvet yönlerine ve buna bağlı olarak farklı dentoalveoler ve iskeletsel etkilere sahiptirler. Ağız dışı ankraj yönteminde, 1800'lü yıllarda ilk defa tanımlandığından bu yana kullanımını kolaylaştıran pek çok yapısal değişiklikler oluşturulmuştur (Graber and Swain 1975, Cureton et al., 1993).

Günümüzde kullanılan yüz arkı ve servikal tip headgear Kloehn (1947,1953) tarafından geliştirilmiştir. Çekim yönü okluzal düzleme göre geriye ve aşağı doğru olan servikal headgearin molar distalizasyonunda oldukça etkili olduğu pek çok araştırmacı tarafından belirtilmiştir (Poulton 1967, Baumrind et al., 1979, Hubbard et al., 1994, Yoshida et al., 1995, Kirjavainen et al., 1997, Schiavon Gandini et al., 2001, Lima Filho et al., 2003, Ülger et al., 2006).

Dik yön açısının arttığı durumlarda kullanılması tavsiye edilen, çekim yönü geriye ve yukarıya doğru olan oksipital headgearin, molarların paralel şekilde ve ekstrüze olmadan distalizasyonunda etkili olduğu belirtilmiştir (Watson 1972, Pfeiffer and Grobety 1982, Firouz 1992).

Vertikal yönde zıt etkilere sahip olan servikal ve oksipital headgearlerin beraber kullanılması ile birbirlerinin olumsuz yönlerini kompanse ederek daha iyi sonuçların elde edilebileceği düşünülmüş ve kombine headgearlerin kullanımı gündeme gelmiştir. Ortodonti literatürü kombine headgear ile 1955 yılında Graber'in çalışmaları ile tanışmıştır. Kombine headgearler ile direnç merkezine yönelik kuvvetler uygulanabilmekte ve paralel hareketler elde edilmektedir (Armstrong 1971, Badell 1976). Bir başka görüşe göre uygulanması ve kullanılması daha zor olan kombine headgearlerin fazla bir klinik avantajı yoktur (Boecler et al., 1989).

Ağız dışı apareyler ile etkili bir şekilde distalizasyon sağlanmaktadır. Ancak, estetik kaygı, çeşitli komplikasyonlar görülmesi, apareyin kullanımının zor olması, kullanım süresinin uzunluğu, özellikle ilerleyen yaşlarda sınıf I bukkal segment ilişkisi elde edilmesinin güçleşmesi ve hasta kooperasyonunun önemli bir sorun olması nedeniyle araştırmacılar ağız içinden uygulanan distalizasyon mekaniklerini geliştirmişlerdir (Poulton 1967, Firouz et al., 1992).

2.2.2. Ağız İçi Distalizasyon Yöntemleri

Gelişen teknoloji ile beraber hasta kooperasyonuna ihtiyaç duyulmayan ve ortodontik tedavi süresince bile yaşam kalitesini yüksek tutmayı hedefleyen ağız içi molar distalizasyon apareyleri geliştirilmiştir. Bu apareyler ankraj aldıkları bölgeye göre intermaksiller, intramaksiller ve tam ankraj destekli apareyler olmak üzere üç gruba ayrılırlar (Kurt ve Sakin 2010).

2.2.2.1. İntermaksiller Apareyler

Sınıf II maloklüzyonun tedavisinde ortodontik ve ortopedik etkisi olan Herbs Apareyi, Jasper Jumper Apareyi, Euroka Spring Apareyi ve ortodontik olarak molar distalizasyonu sağlayan Wilson Apareyi ve NiTi coil springler intermaksiller apareyler arasında yer almaktadır. Bu sistemlerde sınıf II elastik kullanılarak mandibuler arktan ankraj alınmakta, tedavinin etkinliğinde kısmi olarak hasta kooperasyonu rol oynamaktadır (Kurt ve Sakin 2010).

2.2.2.2. İntramaksiller Apareyler

Tamamen hasta kooperasyonundan bağımsız olarak distalizasyon oluşturmayı hedefleyen araştırmacılar tarafından pek çok aparey ve bunların modifikasyonları geliştirilmiştir. İntramaksiller apareyler iki ana kısımdan oluşmaktadır; birincisi distalizasyon sağlayan aktif kısım, ikincisi ise ankraj ünitesidir (genellikle maksiller premolar dişler ve/veya yumuşak doku-nance plağı aracılığı ile palatal bölge)

(Kinzinger et al., 2008). Kuvvet bukkal veya palatinal bölgeden, sürtünmeli (Niti Açık Sarmal Yaylar gibi) ve sürtünmesiz (Pendulum Apareyi gibi) olarak uygulanabilmektedir (Antonorakis and Kiliaridis 2008).

Mıknatıslar, Açık sarmal yaylar, Jones Jig apareyi, Distal Jet apareyi, First Class Apareyi, Molar Slider Apareyi ve Pendulum Apareyi en sık kullanılan ağız içi intramaksiller molar distalizasyon apareylerindedir.

Distalizasyon süreci molar kuronunda distalizasyon ve moların distale devrilmesinin kombinasyonu olarak meydana gelmektedir (Antonorakis and Kiliaridis 2008). Ankraj alınan premolar dişlerde resiprokal kuvvetin mezial yönde etkimesi sonucu mezializasyon ve meziyale devrilme oluşmakta, bu hareket maksiller anterior dişlere de etkiyerek kesicilerde protruzyon ve overjet artışına neden olmaktadır. Anterior ankrajın arttırılması için kullanılan Nance plağı molar distalizasyonu sırasında ve sonrasında yeterli ankraj sağlayamamakta (Gianelly et al., 1991, Bondemark and Kuroi 1992, Ngantung et al., 2001), uygulanan kuvvetleri hidrodinamik olarak palatal bölgenin anterior kısmına, oradan da indirek olarak anterior dişlere iletmektedir (Kinzinger et al., 2008).

Sürtünmesiz sistem olan pendulum apareyinde modifiye Nance plağının akrilik kısmına eklenen 0.032 inch kalınlığındaki titanium-molibden alaşımı (TMA) yaylar, üst birinci molar dişlere palatinal bölgeden distal yönde hafif ve sürekli kuvvet iletmektedir (Hilgers and Bennett 1994). Maksiller küçük azı veya birinci süt azı dişleri, akrilik parçaya uzanan okluzal tırnaklar veya bantlara lehimlenen retansiyon telleri ile ankraj ünitesine dahil edilmektedir (Güngör Acar 2004). Pendulum apareyinde TMA zemberekleri 90° aktive edilerek ağız içerisinde yerleştirildiğinde zemberekler midpalatal sutura paralel konuma gelmekte, zembereklerin lingual sheatlere yerleştirilmesiyle aktivasyonun %30'u kaybolmakta, 60° net aktivasyon kalmakta ve 230 gr kuvvet meydana gelmektedir (Hilgers 1992).

Pendulum apareyinde birinci molar dişlerin distalizasyonu için 45°'lik (Rondeau 1994, Byloff ve Darendeliler 1997), birinci ve ikinci molar dişlerin eş zamanlı distalizasyonu için ise 60°'lik aktivasyon (Rondeau 1994) öneren araştırmacılar da vardır. TMA zembereklerin ayda bir ağız dışında (Rondeau 1994), ya da diş hareketi ihtiyacına göre tedavi süresince bir veya iki kere ağız içinde (Byloff ve Darendeliler 1997) reaktive edilmesi gerektiği bildirilmiştir.

İntramaksiller distalizasyon mekaniklerinin etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada (Kinzingler et al. 2008) en çok molar distalizasyonu sağlanan apareyin 5.70 mm ile pendulum apareyi olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte molar dişlerde 10°'den fazla distale devrilme meydana geldiği belirtilmiş, yüksek devrilme miktarı pendulum apareyinin dizaynından kaynaklı olarak kuvvetin direnç merkezinin altından geçmesine bağlanmıştır (Byloff and Darendeliler 1997, Bussick and McNamara 2000, Joseph and Butchart 2000, Chaques-Asensi and Kalra 2001, Chiu et al., 2005).

Yaygın olarak kullanılan ağız içi distalizasyon yöntemlerinin başında gelen Pendulum aygıtı, ankraj kaybını ortadan kaldırabilmek ve üst birinci molar dişlerde meydana gelen distale devrilme hareketini hafifletebilmek amacı ile pek çok araştırmacı tarafından modifiye edilerek kullanılmıştır (Snodgrass 1996, Byloff et al., 1997, Scuzzo et al., 1999, Wong et al., 1999, Bussick and McNamara 2000, Kinzingler et al., 2000). Molar dişlerde görülen devrilmeyi azaltmak için pendulum apareyine devrilmeyi düzeltici bükümler eklenmiş, birinci molar dişlerde görülen devrilme azaltılmış ancak tedavi süresi uzamış ve daha fazla ankraj kaybına neden olunmuştur (Byloff et al., 1997). Pendulum apareyi için bildirilen ankraj kaybı oranları %10 ile %43 arasında değişmektedir (Ghosh and Nanda 1996, Byloff et al., 1997, Byloff and Darendeliler 1997, Bussick and McNamara 2000, Chaques-Asensi and Kalra 2001, Chiu et al., 2005, Kinzingler et al., 2005a).

Ağız içi molar distalizasyonu mekanikleri ile üst birinci molar dişlerde distalizasyon sağlandıktan sonra molar dişlerin en az 4-5 ay kadar retraksiyon sağlanmasında ankraj olarak kullanılmaması gerektiği, ayrıca bu dönemde headgear kuvvetleri kullanılsa bile ankraj kaybı oluşabileceği belirtilmiştir (Gianelly 1998, Angelieri et al., 2006).

Nance butonu içeren bir palatal barla yapılan stabilizasyon periyodu sırasında, distalize edilen üst birinci molar diş bölgesindeki ankraj kaybı 1.5-1.7 mm olarak belirlenmiş ve bu süre içerisinde premolar ve kesici dişlerin orjinal pozisyonlarına dönme eğiliminde oldukları gözlenmiştir. Araştırmacılar sonuç olarak pendulum apareyinin hasta kooperasyonu gerektirmeden kısa sürede üst molarları distale ettiği, ancak ankraj kaybını önlemek için sabit tedavi öncesi en az 3 ay beklenmesi gerektiğini belirtmişlerdir (Toroğlu et al., 2001).

Ağız içi molar distalizasyonu yöntemlerinin ağız dışı yöntemlere göre kullanımlarının daha rahat ve kolay olması, estetik açıdan daha kabul edilebilir olmaları, hasta kooperasyonundan bağımsız olması, devamlı kuvvet uyguladıkları için hızlı ve etkili distalizasyon sağlanması ile tedavi süresinin kısa olması gibi bazı avantajları vardır. Ancak bu avantajların yanında, ağız içi molar distalizasyonu yöntemlerinin premolar dişlerde mezializasyon, mezialle devrilme, ekstrüzyon, keserlerde proklinasyon ve protrüzyon, overjetle artış ve dolayısıyla ankraj kaybı oluşturmak gibi dezavantajları vardır (Gianelly et al., 1989, Bondemark and Kurol 1992, Aras 1993, Muse et al., 1993, Doğanay 1996, Ghosh and Nanda 1996a, b, Byloff and Darendeliler 1997, Byloff et al., 1997, Gianelly 1998, Elekdağ Türk 1999, Bussick and McNamara 2000, Ngantung et al., 2001, Taner et al., 2003, Güngör Acar 2004, Chiu et al., 2005, Kinzinger et al., 2008). Alt arkta ankraj alan ağız içi molar distalizasyon yöntemlerinde ise ayrıca alt keserlerde protrüzyon, alt molarlarda mezializasyon ve ekstrüzyon görülmektedir (Wilson and Wilson 1984, 1987, Aras 1993, Muse et al., 1993, Doğanay 1996).

Meydana gelen yan etkiler göz önünde bulundurulduğunda ağız içi distalizasyon mekanikleriyle hızlı molar distalizasyonu elde ediliyor gibi görünse de, aslında dişlerde oluşan istenmeyen etkilerden ve ankraj kayıplarından dolayı tedavi süresi kısaltılmamakta, aksine uzamaktadır (Gianelly 1998). Yapılan çeşitli modifikasyonlara rağmen temel olarak dişlerden ve Nance plağı aracılığı ile palatinal bölgeden alınan ankrajın yeterli olmadığı, ortodontik implant veya mini vidalardan ankraj amacıyla faydalanmanın daha yararlı olacağı bildirilmiştir (Snodgrass 1996, Gürton ve ark., 1997, Favero 1998, Elekdağ Türk 1999, Bussick and McNamara 2000, Joseph and Butchart 2000, Taner et al., 2003, Güngör Acar 2004, Schütze et al., 2007).

2.2.2.3. Tam Ankraj Destekli Aparenter

Son yıllarda, ağız içi molar distalizasyonu yöntemlerinin avantajlarına sahip olduğu, ama dezavantajlarını taşımadığı düşünülerek ortodontik tedavilerde ankraj amacıyla implant destekli sistemler kullanılmaya başlanmıştır.

Ortodontide kemik içi ankraj amacıyla onplantlardan, miniplaklardan, implantlardan ve son zamanlarda daha yaygın olarak vidalardan faydalanılmaya başlanmıştır. Vidaların ankraj amaçlı kullanımları için literatürde kemik içi vida, mini implant, mini vida, mikro vida, mikro implant gibi birçok farklı terim kullanılmıştır. Microimplant vida terimi kullanımı uygun olsa da “mikroimplant” teriminin kullanımı önerilmektedir (Güvenç ve Kocadereli 2006).

Mikroimplantlar elde edilmek istenen diş hareketi tipine göre farklı anatomik bölgelere yerleştirilebilmektedir. Bu bölgeler arasından alveoler kemiğin bukkal ve lingualine diş kökleri arası veya diş kökleri hizası, median palatinal sutur, paramedian palatinal bölge, mandibular ve maksiller retromolar bölge, mandibuler simfizis ve maksiller ANS (anterior nasal spina-ön nazal çukuru) noktası altı ve zigomatikomaksiller bölge sayılabilir (El ve Taner 2007).

Molar distalizasyonu için mikrovidaların sıklıkla yerleştirildiği palatinal kemiğin, vertikal boyutunun değerlendirildiği bilgisayarlı tomografi çalışması sonucunda insiziv formenin 6–9 mm gerisinde, midpalatal suturun 3–6 mm lateralindeki bölgenin palatinal implantların yerleştirilmesi için güvenli bir bölge olduğu belirtilmiştir (Bernhart et al., 2000).

Ortodontide iskeletsel ankraj ile ilgili çalışmalar Gainsforth ve Highley’in (1945) üst kaninleri distalize etmek amacıyla 6 köpeğin ramusuna vitallium vidalar yerleştirmesi ile başlamıştır. İlk klinik uygulama Linkow (1970) tarafından yapılmış, pek çok klinik ve hayvan çalışması birbirini takip etmiştir (Smith 1979, Gray et al., 1983, Creekmore and Eklund 1983, Roberts et al., 1989, Higuchi and Slack 1991). Ortodontik ankraj amacıyla palatinaya yerleştirilen implantları ilk tanıtan Triaca (1992), palatinal implantları molar distalizasyonu amacıyla kullanan ilk araştırmacı ise Männchen (1999) olmuştur (Kaya 2007).

Byloff et al. (2000) pendulum apareyinin çalışma felsefesini kullanarak Graz implant destekli pendulum (GIDP) apareyini tanıtmışlardır. GIDP apareyi sabit ankraj plağı kısmı ve hareketli pendulum kısmı olmak üzere iki bölüme ayrılmıştır. TMA yaylar 45° aktive edilerek 250 gr distalizasyon kuvveti uygulanmıştır. Apareyde geleneksel pendulumdaki gibi premolarlara bağlanan yan teller yoktur. TMA sarmal yaylar 4 haftada bir aktive edilmiş, tüm dişler distale

gidene kadar bu yöntem kullanılmıştır. Bu şekilde 8 ayda tüm maksiler dentisyonun distalizasyonu sağlanmıştır.

Karaman et al. (2002) tek taraflı Sınıf 2 molar ilişkiye sahip bir hastada molar distalizasyonu amacıyla palatal implant destekli Distal Jet apareyinden yararlanmışlar, sistemin ankraj kaybı olmaksızın üst birinci molar distalizasyonunda başarılı olduğunu ortaya koymuşlardır.

Keleş et al. (2003)'ın sundukları çalışmada, Keleş slider apareyi modifiye edilmiş, Nance butonu yerine ankraj amacıyla palatinalde 8 mm uzunluğunda ve 4,5 mm çapında titanyum vida kullanılmıştır. Apareyle 5 ayda 3 mm gövdesel molar distalizasyonu, birinci ve ikinci premolarlarda distale hareket gözlenmiş, bu sırada anterior segmentte ankraj kaybı, keser protruzyonu, overjet artışı oluşmamıştır.

Kircelli et al. (2006) ise premolar dişler yerine palatinal bölgeye yerleştirilen 2 mm çapında ve 8 mm boyundaki titanyum kemik içi intermaksiller fiksasyon (IMF) vidasından destek alan pendulum apareyi ile yaptıkları distalizasyon çalışmasında, pendulum yaylarını 90° aktive etmişlerdir. Uygulama sonucunda 7 ayda molar dişlerde 6,4 mm distalizasyon ve 10,9° distale devrilme meydana gelmiştir. Molar dişlerin distale hareketine bağlı olarak maksiller ikinci ve birinci premolarlarda ise sırasıyla 5,4 mm ve 3,8 mm distalizasyon gözlenmiştir. Kesici dişlerde resiprokal hareketler oluşmamıştır.

Önçağ et al. (2007), klasik pendulum ile palatinal bölgede 3,8 mm çapında ve 9 mm boyunda osseointegre implantla desteklenen pendulum uygulamalarını karşılaştırdıkları çalışmalarında her iki grupta da pendulum yaylarını 90° aktive ederek molar dişlere 300 gr kuvvet uygulamışlardır. Uygulama sonucunda klasik pendulum grubunda 29 haftada molar dişlerde yaklaşık 5 mm distalizasyon ve 6,5° distale devrilme, premolar dişlerde yaklaşık 3° meziyale devrilme, keser dişlerde 2° proklinasyon izlenmiştir. İmplant destekli pendulum grubunda ise 27 haftada molarlarda yaklaşık 4 mm distalizasyon ve 12° distale devrilme, premolarlarda yaklaşık 3,1 mm distalizasyon ve 6,8° distale devrilme, keserlerde 0,8° retroklinasyon izlenmiştir.

Escobar et al. (2007) yaptıkları çalışmada palatinalden 2 mm çapında ve 11 mm boyunda simetrik iki endosseoz vida ile destekledikleri çift looplu modifiye Pendulum apareyi ile molar dişlere 250 gr distalizasyon kuvveti uygulamışlardır.

Uygulama sonucunda 7,8 ayda molarlarda yaklaşık 6 mm distalizasyon ve 11,3° distale devrilme, premolarlarda yaklaşık 4,85 mm distalizasyon ve 8,6° distale devrilme, keserlerde 0,5 mm retrüzyon ve 2,5° retroklinasyon izlenmiştir.

Nalçacı (2008) tarafından, paralel molar distalizasyonu sağlamak amacıyla geliştirilen sistemde ankraj ünitesi olarak insiziv kanalın sağına ve soluna mid-palatal suturedan uzak olacak şekilde yerleştirilen iki adet kemik içi vidadan faydalanılmış, premolar dişlerden destek alınmamıştır. Kullanılan sistemde Ni-Ti coil springler sıkıştırılarak molar dişlerin direnç merkezinden 300 gr kuvvet uygulanması sağlanmıştır. Molar dişlerde devrilme, rotasyon ve ekstrüzyon olmadan ortalama 3,95 mm distalizasyon elde edilmiştir. Birinci ve ikinci premolar dişler sırasıyla 3° ve 5,8° distal yönde devrilmiş, 1,7 mm ve 2,73 mm distalizasyon meydana gelmiş, üst keserler 1,33° retrüze olmuştur.

Son yıllarda mikrovida implantlar ve zigoma plakları hem premolar çekimli vakalarda kanin ve ön dişlerin retraksiyonu hem de posterior bölgede kütleli distalizasyon için uygulanmaya başlanmıştır (Park and Kwon 2004, Park et al., 2004, 2005, Sugawara 2006, Kaya 2009).

Farklı ankraj bölgelerine yerleştirilen değişik tipte implantlardan destek alan ağız içi molar distalizasyonu yöntemlerinin kullanımlarının rahat, estetik açıdan kabul edilebilir ve devamlı kuvvet uygulayabilir olmalarının yanısıra, premolarlarda mezializasyon, mezial devrilme, ekstrüzyon, keserlerde proklinasyon ve protrüzyon, overjette artış ve dolayısıyla ankraj kaybına neden olmamak gibi çok önemli avantajları da vardır (Mannchen 1999, Karcher et al., 2002, Karaman et al., 2002, Keleş et al., 2003, Park et al., 2004, Park et al., 2005, Sugawara et al., 2006, Kircelli et al., 2006, Önçağ et al., 2007, Escobar et al., 2007). Molar distalizasyonu sırasında premolar ve kesici dişlerde ankraj kaybı görülmemesi ise toplam tedavi süresinin kısaltılması açısından büyük önem taşımaktadır.

2.3. Kök Rezorpsiyonu

2.3.1. Kök Rezorpsiyonunun Tanımı ve Tarihçesi

1856'da Bates'in "absorpsiyon" terimini kullanmasıyla 1930'lara kadar apikal kök kayıplarını ifade etmek üzere literatürde rezorpsiyon ve absorpsiyon terimleri kullanılmıştır (Brezniak and Wasserstein 1993b, Papaconstantinou 2004).

1932'de Becks ve Marshall tarafından yapılan kapsamlı bir literatür araştırmasının ardından, "diş hekimliğinde ve tıpta, her durumda oluşmuş herhangi bir dokunun yıkımı ve kan veya lenfatik yolla taşınmasından rezorpsiyon olarak bahsedilmelidir" sonucuna varılmıştır. Böylece herhangi bir apikal kök kaybını tanımlamak için uygun terimin "rezorpsiyon" olduğuna karar verilmiştir (Brezniak and Wasserstein 1993a).

Kök rezorpsiyonu, mineralize sementin ve ince bir tabaka şeklinde non-mineralize sementin aktif olarak uzaklaştırılması olarak da tanımlanmıştır (Brudvik and Rygh 1994b). Bununla birlikte rezorpsiyon süreci PDL'in yeniden şekillenmesi sırasındaki hyalinize nekrotik dokunun uzaklaştırılması olayıyla ilişkilendirilmiştir (Brudvik and Rygh 1994a).

Ortodontik tedavilerle oluşan kök rezorpsiyonları için ortodontik olarak indüklenmiş iltihabi kök rezorpsiyonu (OOİKR, Orthodontically induced inflammatory root resorption-OIRR) terimi önerilmiştir (Brezniak and Wasserstein 2002).

Daimi dişlerdeki kök rezorpsiyonundan bahseden ilk araştırmacı Bates (1856) olmuştur (Brezniak and Wasserstein 1993b, Papaconstantinou 2004). Ortodonti ve kök rezorpsiyonu ilişkisine ilk defa değinen Ottolingu (1914), ilk olarak kök rezorpsiyonunun radyografik olarak varlığını açıklayan ve ortodontik tedavi gören tüm bireylerde kök rezorpsiyonu oluştuğunu gözlemleyen araştırmacı ise Ketcham (1927) olmuştur (Brezniak and Wasserstein 1993b, Vlaskalic and Boyd 2001, Papaconstantinou 2004). Ketcham (1927) ortodontik tedavinin kök rezorpsiyon insidansını arttırdığını belirtmiş ve apikal kök kayıplarının gerek hasta gerek hekim açısından potansiyel tehlikesine dikkat çekmiştir (Papaconstantinou 2004).

Rudolph (1940) kök rezorpsiyonunu tedavi süresi ile ilişkilendirirken, Oppenheim (1942) kuvvetin uygulanma şekli, süresi, yeri ve miktarına bağlı olduğunu bildirmiştir. Yürütülen ilk histolojik çalışma sonucunda sementin rezorpsiyon sahalarını tamir potansiyeli olduğu ortaya konmuştur (Henry and Weinman 1951). İlk geniş çaplı radyolojik çalışmada Massler and Malone (1954) kök rezorpsiyonu insidansını incelemiştir (Papaconstantinou 2004).

2.3.2. Kök Rezorpsiyonunun Oluşum Mekanizması

Biyolojik sisteme uygulanan kuvvetler PDL tarafından ayrılmış olan sement ve alveol kemiğine benzer şekilde etki ederler. Eğer bu iki yapı arasında biyolojik davranış açısından fark olmasaydı muhtemelen eşit bir şekilde rezorbe olurlardı. Sement, kemiğe göre rezorpsiyona daha dayanıklı olduğu için uygulanan kuvvetler genelde kemik rezorpsiyonuna neden olmakta ve diş hareketi sağlanabilmektedir (Rygh 1977, Brezniak and Wasserstein 1993a).

Diş dokularının, özellikle de sementin rezorpsiyona direnci pek çok teori tarafından açıklanmaya çalışılmıştır. Sement yüksek oranda flor içerir, kemik yapının aksine kalsiyum metabolizmasında rol oynamaz, yapısından mineral salınımı yapmaz ve damarlanması yoktur (Stenvik and Mjor 1970, Ishiguro et al., 1994). Sementositler ve PDL arasında anastomoz ve kanalcıklar seyrek, bu nedenle sementin kemik dokuya oranla çevresel değişimlere karşı duyarlılığı azdır. Fizyolojik şartlar altında osteoklastlar zaten kemik dokunun bir elemanı olarak ortamda bulunurken odontoklastlar sement yüzeyinde nadir olarak gözlenirler. Sementoid veya diğer adıyla mineralize olmayan presementum tabakası sement üzerinde bulunur ve odontoklastlar bu tabakayı kolayca rezorbe edemezler (Stenvik and Mjor 1970). Kalsifiye olmamış mineral dokular, osteoid, presement ve preentin gibi sementoid tabakanın da rezorpsiyona dirençli olduğu belirlenmiştir (Reitan 1974, 1985). Ancak sürekli kuvvetler bu bölgelerde de rezorpsiyona neden olabilmektedirler. Mineralize materyalin depozisyonunun engellendiği dişlerde dahi kök rezorpsiyonunun meydana geldiği gösterilmiştir (Reitan 1985, Tornstad 1988, Brezniak and Wasserstein 1993a).

Ortodontik kuvvetler etkisinde periodontal bölgede lokal inflamatuvar bir reaksiyon başlar (Vandevska-Radunovich 1999). Diş hareketinin gerçekleşmesi için gerekli olan inflamasyon, aynı zamanda kök rezorpsiyonunun da nedenidir (Reitan 1974).

Otodontik diş hareketi için gerekli optimum kuvvetin miktarı aşıldığında, kuvvet uygulamasını takiben PDL'de basınç, bu alanda lokal enflamasyon ve histolojik olarak hiyalinizasyon olarak tanımlanan aseptik nekroz dokusu gelişir. Hiyalinize doku, zarar görmemiş komşu periodonsiyumdan invaze olan hücrelerce kan damarları yolu ile uzaklaştırılır (Brudvik and Right 1993b, Brudvik and Right 1994). Bu süreç ile alveoler kemikte rezorpsiyon gerçekleşir ve diş hareketi sağlanır. Ne var ki bu sırada diş dokularında da kayıplar meydana gelir (Reitan 1974, Brudvik and Right 1994).

İnsan ve hayvan araştırmaları sonucunda periodontal ligamentin hiyalinizasyonunun ortodontik tedavi sırasında oluşan kök rezorpsiyonu olayına öncülük ettiği düşüncesine varılmıştır. Kök materyalinin kaybı bu alanın altında veya komşuluğunda oluşmaktadır. Hiyalinizasyon süreci üç aşamada tanımlanmıştır. Bunlar: dejenerasyon, yıkım ürünlerinin eliminasyonu ve tekrar yapılanmadır. Hiyalinize dokunun eliminasyonu kök rezorpsiyonu ile ilgili bulunmuştur (Brezniak and Wasserstein 1993a).

Periodontal ligamentin hiyalinizasyonunun, zaman ve kök rezorpsiyonu ile ilgisinin araştırıldığı histolojik bir çalışmada hiyalinizasyonun bütün bireylerde, özellikle ilk 4 haftalık kuvvet uygulamasından sonra gözlendiği rapor edilmiştir. Hiyalinize alanların büyük oranda (%54) rezorbe kök yüzeylerinin tam üzerinde veya hemen yakınında (koronal veya apikal yanında) olduğu ayrıca genelde periodontal ligamentin sıkışma bölgelerinde toplandığı bildirilmiştir (Kurol and Owman-Moll 1998).

Ortodontik tedavi esnasında oluşan kök rezorpsiyonunun, fizyolojik rezorpsiyondan kaynaklanan rezorpsiyon ile aynı bölgelerde oluştuğu gösterilmiştir. Bu bölgelerin lokal değişikliklere daha hassas olduğu düşünülmüştür (Brezniak and Wasserstein 1993a).

2.3.3. Kök Rezorpsiyonunun Sınıflandırılması

Kök rezorpsiyonu pek çok araştırmacı tarafından farklı şekillerde sınıflandırılmıştır. Eksternal kök rezorpsiyonu Andreasen (1988a) tarafından üç alt tipe ayrılarak tanımlanmıştır;

Yüzey rezorpsiyonu, sement ve muhtemelen dentini içeren küçük bir yüzey alanında oluşan ve kendiliğinden tamiri gerçekleşen bir rezorpsiyon tipidir. Genellikle radyografik olarak saptanamaz (Andreasen 1988b, Ghafari 1994).

İnflamatuvar rezorpsiyon, başlangıçtaki kök rezorpsiyonunun ilerleyerek enfekte nekrotik pulpa dokusunun dentine ait kısımlarına ya da enfekte lökosit hattına ulaşması sonucunda oluşur (Andreasen 1988b).

Replasman Rezorpsiyonu, rezorbe olan kök dokusunun yerini kemiğin almasıdır ve ankilozla sonuçlanır (Andreasen 1988b, Tronstad 1988). Bu rezorpsiyon tipi radyografik olarak tespit edilebilir (Ghafari 1994).

Tronstad (1988), inflamatuvar rezorpsiyonun iki alt tipi olduğunu bildirmiştir. Bunlar:

Transient inflamatuvar rezorpsiyon, rezorptif uyarının kısa süreli olup kök hasarının minimum olduğu durumlarda oluşur. Bu tip rezorpsiyonlar genellikle radyografik olarak saptanamazlar ve sement benzeri bir dokuyla kısa sürede tamir edilirler.

Progresif inflamatuvar rezorpsiyon, uzun süreli rezorptif uyarın etkisinde meydana gelir ve kökün yapısında radyografik olarak fark edilebilen değişikliklere yol açar.

Proffit and Fields'e (2000) göre, ortodontik tedavi sonucu oluşan kök rezorpsiyonu etyolojik olarak 3 grup altında incelenebilir: *Orta düzeyde yaygın rezorpsiyon* tipik ortodontik sabit apareylerin kullanımı sonucu olur. Köklerde fark edilmesi kolay olmayan kısalmaya neden olan bu tip rezorpsiyon klinik açıdan önem taşımamaktadır. *Şiddetli yaygın rezorpsiyonda* temel etken genelde ortodontik tedavi değildir. Tedavi kök rezorpsiyonuna yatkınlığı olan hastada tetikleyici rol oynar. *Şiddetli lokalize rezorpsiyon* ise, şiddetli yaygın rezorpsiyonun aksine daha çok ortodontik kuvvetlerin kontrolsüz uygulanmasına bağlı olarak meydana gelmektedir.

Brezniak and Wasserstein (2002) OOİKR'nu şiddetine göre üçe ayırmıştır:

Sement veya yüzey rezorpsiyonu (yeniden şekillenme görülen rezorpsiyonlar):

Sadece dış sement tabakası rezorbe olur ve daha sonrasında tamamen yenilenir veya yeniden şekillenmeye uğrar. Bu süreç trabeküler kemiğin yeniden şekillenmesi sürecini andırır.

Dentin Rezorpsiyonu (tamir olan derin rezorpsiyonlar): Sement beraberinde dentinin dış tabakasının da rezorbe olduğu ve genellikle sement maddesiyle tamir edilen rezorpsiyon tipidir. Bu rezorpsiyon ve tamir safhaları sonunda kökün yeni şekli aslına uymayabilir.

Çevresel apikal kök rezorpsiyonu: Kök apeksinin sert doku bileşenlerinde tamamıyla bir rezorpsiyon söz konusudur ve bu rezorpsiyon kökün kısalmasıyla kendini gösterir. Farklı şiddette apikal kök kısaltmaları oluşabilir. Apikal kök kaybının sement seviyesinin altına kadar ilerlediği durumda rejenerasyon mümkün olmaz. Dış yüzey tamiri genellikle sement tabakasında gerçekleşir. Zamanla keskin kenarlar kademeli olarak yuvarlanır. OOİKR sonucunda ankiloz gelişmesi yaygın bir durum değildir.

Ortodontik tedavi sırasında oluşan kök rezorpsiyonunun şiddetinin belirlenmesinde kullanılan pek çok sınıflama ve skorlama yöntemi bildirilmiştir. Bu sınıflamaların büyük kısmında rezorpsiyon şiddeti 0'dan 3'e veya 1'den 4'e kadar skorlanarak dört gruba ayrılmıştır (Malmgren et al., 1982, Kennedy et al., 1983, Sharpe et al., 1987, Acar et al., 1999, Kuperstein 2005). Orijinal kök uzunluğunun 1/3'ünü (Malmgren et al., 1982), 1/4'ünü (Sharpe et al., 1987), %30'unu (Kuperstein 2005) aşan küntleşme veya madde kaybı şiddetli kök rezorpsiyonu olarak tanımlanmıştır.

2.3.4. Kök Rezorpsiyonuna Etki Eden Faktörler

Kök rezorpsiyonu etyolojisi kompleks ve multifaktöriyeldir, fakat EKR'nun bireysel biyolojik değişkenler, genetik yatkınlık ve mekanik faktörlerin kombinasyonu sonucu meydana geldiği bilinmektedir. Kök rezorpsiyonunun dış

hareketine bağlı oluşumunda etmen fizyolojik veya ortodontik diş hareketidir (Reitan 1985, Ghafari 1994).

2.3.4.1. Bireysel Yatkinlık ve Genetik Faktörler

Benzer koşullardaki bireylerden bazıları kök rezorpsiyonuna yatkinlık gösterirken bazı bireyler bu sürece daha dirençlidirler. Bu sonuç bireysel yatkinlık ve genetik yapının kök rezorpsiyonunda etkili olduğunu düşündürmektedir. Rezorpsiyon yatkinliğı açısından bireyler arasında farklılık olduğu gibi birey içinde zamana bağlı farklılıklar da görülebilmektedir (Rygh 1977). Diş hareketi ve kök rezorpsiyonu üzerinde ortodontik tedaviye bağlı faktörlerden çok bireysel cevabın etkili olduğu bildirilmiştir (Owman-Moll et al., 1996a,b).

Yapılan birçok çalışmada genetik yatkinliğı işaret eden genler ve rezorpsiyon sürecini dolaylı veya direkt olarak etkileyerek osteoklastogenezisi arttıran biyolojik belirteçler tespit edilmiştir (Harris et al., 1997, Al-Qawasmi et al., 2003a, b, 2005, Darendeliler et al., 2004, Low et al., 2005, Yamaguchi et al., 2006). Kök rezorpsiyonunun genetik nedenleri üzerine çeşitli çalışmalar yapılmış olmakla birlikte kalıtım modeli konusunda kesin bir sonuca varılamamıştır.

Etnik kökenin kök rezorpsiyon miktarındaki etkisi incelendiğinde Asya ırkında, Hispanik ve beyaz ırka göre anlamlı oranda daha az rezorpsiyon görüldüğü bildirilmiştir (Sameshima and Sinclair 2001a).

2.3.4.2. Sistemik Faktörler

Astım, periodontitis, diyabet ve allerji gibi enflamasyon riski oluşturan ve immün sistemi etkileyen hastalıkları taşıyan bireylerin ortodontik tedavi sırasında rezorpsiyon açısından yüksek risk grubunda yer aldığı bildirilmiştir (Davidovitch et al., 1995, McNab et al., 1999, Davidovitch 2000, Owman-Moll and Kurol 2000, Brezniak and Wasserstein 2002b, Krishnan and Davidovitch 2006, Nishioka et al., 2006).

Tiroid fonksiyonuna bağlı olarak gelişen hiperparatiroidizm, hipofosfatemi, Paget hastalığı, hipotiroidizm, hipopitüiterizm, hiperpitüiterizm gibi endokrin

problemleri kök rezorpsiyonuyla ilişkilendirmiştir (Smith 1978, Tangney 1979, Christiansen 1994, Loberg and Engstrom 1994, Poumpros et al., 1994, Shirazi et al., 1999).

Hamilelik (Hellsing and Hammerström 1991) ve laktasyonda (Goldie and King 1984) diyet kalsiyum eksikliğine bağlı gelişen sekonder hiperparatiroidizm, artan kemik döngüsü ve azalan kemik yoğunluğu nedeniyle ortodontik diş hareketinde artış ve kök rezorpsiyonunda azalma saptanmıştır. Bunun aksine başka bir çalışmada kalsiyum ve D-vitaminince eksik diyet sonucunda, kemik rezorpsiyonu, ortodontik diş hareketi ve rezorpsiyonunda artış olduğu bildirilmiştir (Engstrom et al., 1988).

Alkol tüketiminin aşırı ve kronik olduğu durumlarda kemik gibi mineralize dokularda rezorptif aktivitenin arttığı (Krishnan and Davidovitch 2006) ve ortodontik tedavi gören kronik alkolik hastaların kök rezorpsiyonu açısından yüksek risk taşıdıkları bulunmuştur (Davidovitch et al., 1995).

Ehler-Danlos sendromunda kollajen dokudaki bozukluk bu sendroma sahip bireylerde görülen ortodontik tedavi etkisinde gelişen şiddetli kök rezorpsiyonlarının nedenidir (Levander et al., 1994, Karrer et al., 2000).

Levander et al.'nın (1998) yapmış oldukları bir radyografi çalışmasında konjenital olarak dört ve daha fazla sayıda diş eksikliklerinde OOİKR riskinin arttığı bildirilmiştir. Bu bilgi konjenital diş eksikliklerinin eşlik ettiği ektodermal displazi gibi sendromlarda kök rezorpsiyonuna yatkınlığı akla getirmektedir (Fekonja 2005).

2.3.4.3. Kronolojik ve Dental Yaş

Yaşla birlikte sert ve yumuşak dokularda değişimler meydana gelir. Kollajen döngüsü yavaşlar. Periodontal membran daralır, kemiğin yoğunluğu artar, damarlanması ve esnekliği azalır, sement kalınlığı artar (Reitan 1985). Osteoblastik aktivite yaşla birlikte azaldığı için kemiğin yeniden şekillenmesi de daha yavaş gerçekleşir (Harris and Baker 1990). Tüm bu değişimler düşünüldüğünde erişkinlerde kök rezorpsiyonu riskinin daha genç bireylere oranla fazla olacağı söylenebilir (Reitan 1985).

OOİKR gelişiminde yaşın etkili bir faktör olduğu görüşüne katılan çalışmalar (Mirabella and Artun 1995, Harris 2000, Sameshima and Sinclair 2001a) bulunmakla

birlikte yaşın OOİKR gelişiminde önemli bir faktör olmadığı sonucuna varan çalışmalar da bulunmaktadır (Goldin 1989, McFadden et al., 1989, Harris and Baker 1990, Hendrix et al., 1994, Owman-Moll et al., 1996b, Baumrind et al., 1996, Harris et al., 1997, Owman-Moll and Kurol 1998, McNab et al., 2000).

Ortodontik tedavinin kök gelişimini durdurmadığı, tedavi sırasında kök gelişiminin devam ettiği bildirilmiştir (Brezniak and Wasserstein 1993b). Hatta ortodontik tedavi sırasında kök gelişimini tamamlamamış olan dişlerin kök rezorpsiyonuna daha dirençli oldukları düşünölmektedir (Rosenberg 1972, Linge and Linge 1983, 1991, Harris 2000). Hendrix et al., (1994) ortodontik tedavi sırasında kök gelişimi devam etmekle birlikte köklerin normal uzunluğuna erişemediğini bildirmişlerdir.

2.3.4.4. Cinsiyet

Kadınlara erkeklerle oranla ortodontik tedaviye bağlı kök rezorpsiyonuna karşı daha hassas olduklarını bildiren çalışmalar mevcuttur (Dougherty 1968, Linge and Linge 1983, Newman 1975).

Bu görüşlerin aksine kök rezorpsiyonu ile cinsiyet arasında bir ilişkinin bulunmadığını ortaya koyan çok sayıda çalışma mevcuttur (Massler and Malone 1954, McFadden et al., 1989, Beck and Haris 1994, Haris et al., 1997, Parker and Haris 1998, Sameshima and Sinclair 2001b, Lin et al., 2007).

2.3.4.5. Lokal Faktörler

Uzun süreli parmak emme (Linge and Linge 1991), tırnak yeme alışkanlığının (Massler and Malone 1954, Odenrick and Brattström 1985) kök rezorpsiyonuyla ilişkili olduğu bildirilmiştir.

Dil itimi, açık kapanışa neden olduğundan ve kökler üzerindeki travmatik etkisi nedeniyle kök rezorpsiyonunu arttırdığı bildirilen diğer bir oral alışkanlıktır (Newman 1975, Linge and Linge 1991, Harris and Butler 1992).

Ağır çiğneme kuvvetleri, oklüzal travma ve kronik brüksizm, kök rezorpsiyon riskini arttıran faktörlerdir (Harris 2000). Uygun olmayan oklüzyon, dental

restorasyon ve protezler, oklüzal travma ve “jigglıng” kuvvetlerine yol açarak kök rezorpsiyonunun oluşumuna zemin oluşturur (Ramjford 1959, Harris 2000). Fonksiyonel travmanın dişlerde kök rezorpsiyonu oluşturmasına karşın bu rezorpsiyon sahalarının %85 oranında sekonder sementle tamir edildiği bildirilmiştir (Brown 1982).

şiddetli travma grmuş dişlerde ortodontik tedavinin kök rezorpsiyonunu arttırabileceği fikri birçok araştırmacı tarafından kabul görmektedir (Hines 1979, Malmgren et al., 1982, Andreasen 1985, Linge ve Linge 1983, 1991, Brin et al., 1991). Hafif ve orta düzeyde travma grmuş dişlerde ise ortodontik tedavinin kök rezorpsiyonu eğilimini arttırmadığı görüşü ne sürülmüştür (Goldson and Henrikson 1975, Malmgren et al., 1982, Kjaer 1995, Levander and Malmgren 1994, Brin et al., 2003, Mandall et al., 2006).

Yüksek kemik yapım-yıkım hızı ve düşük kemik yoğunluğu durumunda diş hareketinin daha hızlı, kök rezorpsiyonunun ise daha az miktarda gerçekleşeceği hipotezini destekleyen çalışmalar bulunmaktadır (Poumpros et al., 1994, Reitan 1974, Verna et al., 2003, Al-Qawasmi et al., 2003a).

st kesici diş köklerinin kortikal kemikle yakın ilişkisi durumunda rezorpsiyon riskinin arttığını bildiren araştırmacılar kortikal kemiğin yoğunluk farkına dikkat çekmişlerdir (Horiuchi et al., 1998, Kaley and Philips 1991). Bu görüşlerin aksine, kök rezorpsiyonu ile kökü çevreleyen alveol kemik miktarı, kortikal kemik kalınlığı, trabeküler ağın yoğunluğu ve kemik yoğunluğu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon bulunmadığı da gösterilmiştir (Otis et al., 2004)

2.3.4.6. Rezorpsiyona Yatkın Dişler

Rezorpsiyona eğilimde ortak kanı, sıralamanın en çoktan en aza doğru maksiller ve mandibuler kesiciler, maksiller birinci azılar, maksiller birinci ve ikinci kk azılar, maksiller kaninler, mandibuler kaninler, kk azılar ve birinci molarlar şeklinde olduğudur. Bunun ortodontik tedavi gören bireylerde de aynı şekilde ancak daha şiddetli seyrettiği belirtilmektedir (Goldson and Henrikson 1975, Malmgren et al., 1982, Kennedy et al., 1983, McFadden et al., 1989, Spurrier et al.,

1990, Kaley and Phillips 1991, Linge and Linge 1991, Sameshima and Sinclair 2001a, Brin et al., 2003, Kook et al., 2003).

Çok sayıda araştırmacı, anormal kök morfolojisinin kök rezorpsiyonunu arttıran bir faktör olduğunu bulmuştur (Levander and Malmgren 1988, Kjaer 1995, Mirabella and Artun 1995, Levander et al., 1998, Sameshima and Sinclair 2001b, Nigul 2006).

Pipet şeklinde, uca doğru sivrilen, dilasere ve ince köklerde kök rezorpsiyonunun daha sık geliştiği, anormal kök şekline bağlı olarak maksiller yan kesicilerin rezorpsiyona daha yatkın oldukları bildirilmiştir (Dermout and De Munck 1986, Levander and Malmgren 1994, Kjaer 1995, Sameshima and Sinclair 2001a, Sameshima and Sinclair 2004).

Kök morfolojisinin kök rezorpsiyonu ile ilgili olmadığını savunan araştırmacılar da mevcuttur (Lee et al., 1999, Owman-Moll and Kurol 2000, Brin et al., 2003, Kook et al., 2003).

Ortodontik tedavi öncesinde kök rezorpsiyonuna sahip bireylerin EKR gelişimi açısından büyük risk taşıdıkları bulunmuştur (Massler and Malone 1954, Harris and Butler 1992, Lupi et al., 1996).

Bazı araştırmacılar endodontik tedavi görmüş dişlerde ortodontik tedavi sırasında yüksek oranda kök rezorpsiyonuna rastladıklarını bildirirken (Wickwire et al., 1974, Filho et al., 2006, Gong et al., 2007) birçok araştırmacı endodontik tedavi sonrası dentin yoğunluğu ve sertliğinin artmasına bağlı rezorpsiyona karşı daha dirençli olacağını savunmuştur (Reitan 1985, Remington et al., 1989, Spurrier et al., 1990, Mirabella and Artun 1995, Thilander et al., 2000, Llamas-Carreras et al., 2011).

2.3.4.7. Maloklüzyon Tipi

Maloklüzyon şiddetine bağlı olarak gerçekleşmesi gereken diş hareket miktarı arttığından oluşacak kök rezorpsiyonunun da arttığı bulunmuştur (Linge and Linge 1991, Haris and Butler 1992, Hendrix et al., 1994, Taner et al., 1999, Brin et al., 2003).

Sınıf II iskeletsel ilişki şiddetlendikçe overjet eliminasyonu için daha fazla retraksiyon, derin kapanışın düzeltilmesi için daha fazla keser intrüzyonu

gerekeceğinden ortodontik kök rezorpsiyon riski artacaktır (Beck and Harris 1994, Harris et al., 1997, Sameshima and Sinclair 2001a). Bununla birlikte Sınıf I ve II vakalarda kök rezorpsiyonu miktarının farklı olmadığı (Vonder Ahe 1973) ve overjet miktarı ile rezorpsiyon miktarı arasında ilişki bulunmadığı da bildirilmiştir (Jung and Cho 2011).

Sınıf III maloklüzyonlarda kök apeksleri palatal kortikal kemikle yakın komşuluğundan dolayı kompensasyon tedavisinde anterior keser tipping'inin kökleri posteriora zorlayarak kortikal kemik temasından kaynaklı kök rezorpsiyonları gelişebileceğinden bahsedilmiştir (Goldson and Henrikson 1975, Kaley and Philips 1991). Sınıf III ortognatik cerrahi hastalarında tedaviye bağlı keser köklerinde kısılmanın maksiller kesicilerde %1,6, mandibuler keserlerde ise %20,8 oranında olduğu bildirilmiştir (Kaley and Philips 1991).

Ön açık kapanışlı erişkinlerde ortodontik tedavi öncesinde ve sonrasında kök rezorpsiyonlarının derin kapanışlı bireylere oranla daha yüksek olduğu ve daha kısa kök uzunluğuna sahip oldukları bildirilmiştir (Harris and Butler 1992, Jung and Cho 2011).

2.3.4.8. Ortodontik Tedaviye Bağlı Faktörler

Ortodontik tedavi görmemiş bireylerde de rezorpsiyona rastlanmakla birlikte, ortodontik tedavi gören bireylerde rezorpsiyon insidansının belirgin olarak yüksek olması tedaviye bağlı faktörlerin rezorpsiyonla olan ilişkisine dikkat çekmektedir (Brezniak and Wasserstein 1993b).

i) Tedavi Süresi

Ortodontik tedavinin süresine bağlı olarak kök rezorpsiyonunun arttığı pek çok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur (Rudolph 1940, Dougherty 1968, Stenvik and Mjor 1970, Reitan 1974, 1985, Linge and Linge 1983, 1991, Sharpe et al., 1987, Levander and Malmgren 1988, McFaden 1989, Brezniak and Wasserstein 1993a, b, Beck and Harris 1994, Vlaskalic et al., 1998, Sameshima and Sinclair 2001b, Artun et al., 2005). Az sayıda çalışma ise bu görüşe katılmamaktadır (Philips 1955, VonderAhe 1973, Dermaut and De Munck 1986, Mirabella and Artun 1995).

Rezorpsiyonun, ortodontik tedavinin erken seviyeleme döneminde başladığı (Smale et al., 2005), ortodontik tedavi uzadıkça kök rezorpsiyonunun şiddetlendiği (Stenvik and Mjor 1970), 9 ayı aşan sabit ortodontik tedavilerde kök rezorpsiyonunda artış olduğu (Linge and Linge 1983) ve sabit tedavinin birinci yılında kök rezorpsiyon riskinin altıncı aydakine oranla 3.8 kat fazla olduğu (Artun et al., 2005) çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

ii) Kuvvetin Büyüklüğü

Ortodontik kuvvetler, EKR'na yol açan faktörlerden biri, belki de en önemlisidir. Schwartz (1932), 20 ila 26 g/cm² ideal seviyeyi aşan kuvvetlerin kök rezorpsiyonuna sebebiyet veren periodontal iskemiye neden olduğunu bulmuştur (Reitan 1974, Harry and Sims 1982, Brudvik and Rygh 1993b, 1994b).

Ortodontik kuvvet arttıkça rezorpsiyonun da şiddetlendiğini bildiren çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Harry and Sims 1982, Vardimon et al., 1991, Faltin et al., 1998, 2001, Casa et al., 2001, Darendeliler et al., 2004).

Aynı araştırmacı grubu tarafından yapılan üç çalışmada bukkal tiping uygulanmış (Barbagallo et al., 2008, Chan and Darendeliler 2005, 2006), bir çalışmada da (Harris et al., 2006) intrüziv kuvvetler kullanılmıştır. 225 gr ve 25 gr'lık kuvvetlerin kullanıldığı çalışmaların sonuçlarına göre, ortodontik hareket uygulanan tüm dişlerde kontrol grubuna göre daha fazla kök rezorpsiyonu meydana gelmiştir (Harris et al., 2006, Barbagallo et al., 2008, Chan and Darendeliler 2004). Tüm çalışmaların sonuçlarına göre ağır kuvvet grubunda hafif kuvvet veya kontrol gruplarına göre daha fazla kök rezorpsiyonu meydana gelmiştir. Baskı ve çekme taraflarında yine ağır kuvvet grubunda hafif kuvvet grubunun aynı bölgelerine göre daha fazla kök rezorpsiyonu gözlenmiştir (Chan and Darendeliler 2004, 2006, Harris et al., 2006, Barbagallo et al., 2008).

Farklı bir sonuç olarak 50-200g arası bukkal kuvvetlerin etkisinde oluşan kök rezorpsiyonu ile kuvvet miktarı arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir (Owman-Moll et al., 1996a, b).

iii) Kuvvetin Yönü

Ortodontik kuvvetin yönü kök rezorpsiyonunda kuvvet büyüklüğünden dahi etkili bir faktördür (Reitan 1974).

Birim kök yüzeyinde yoğunlaşan ortodontik kuvvet artışının daha fazla kök rezorpsiyonuna yol açtığı düşünüldüğünde intrüziv kuvvetler, ortodontik kök rezorpsiyonunun en önemli nedeni olarak ortaya çıkmaktadır (McFadden et al., 1989, Parker and Harris 1998). Aynı şekilde kuvvetin daha geniş yüzeylerde dağılmasına olanak veren tipping, tork, rotasyon ve özellikle paralel hareket oluşturan kuvvetler ile daha az rezorpsiyon oluşturmaktadır (Reitan 1974, Linge and Linge 1983).

Sonlu eleman model analizi yöntemi ile yapılan çalışma sonucunda intrüzyon, ekstrüzyon ve rotasyon hareketlerinin kuvveti apekte, tipping hareketinin alveol krette yoğunlaştırdığı ancak paralel hareketin kuvveti PDL aracılığıyla dağıttığı bildirilmiştir (Rudolph et al., 2001). Paralel hareketin tipping hareketine göre daha az rezorpsiyon oluşturduğu fikrini destekleyen çalışmalar bulunmaktadır (Reitan 1964, 1985, Weinright 1991, Thilander et al., 2000).

Han et al. (2005) çalışmasında, intrüziv kuvvetlerin ekstrüziv kuvvetlerin dört katı oranında rezorpsiyona yol açtıklarını bildirmektedir.

Casa et al. (2001), sürekli tork kuvvetleri etkisinde rezorpsiyon kraterlerinin lingual yüzeyde ve apikal uçluda yoğunlaştığını ve çok sayıda olduklarını; karşıt yüzeyi olan bukkal servikal yüzeyde de rezorpsiyon kraterlerine rastladıklarını bildirmiştir. Bu yüzeyler, kuvvetin yoğunlaştığı alanlardır ve oluşturulan kuvvet momenti arttıkça rezorpsiyonun da şiddetlenmesi beklenebilir.

Labial ve kortikal kemiğe doğru yapılan hareketlerde bu anatomik yapılarla kökün komşuluğu önemlidir. İnterseptal bölgede kemik spongioz olduğundan mesiyodistal yönlü ortodontik hareketler, labiolingual yöndekilere oranla daha az rezorpsiyon riski taşır (Reitan 1985).

iv) Kuvvetin Sürekliliği

Ortodontide kuvvetin zamana bağlı kaybı, kuvvetin azalma oranına göre sürekli, aralıklı ve kesikli olmak üzere üç tiptir (Proffit and Fields 2000).

Kök yüzeyinin rezorpsiyona karşı en önemli savunma mekanizması olan sementoidin non mineralize ve kollajen dokuca zengin olduğu düşünüldüğünde

sürekli kuvvetler etkisinde kök rezorpsiyonunun daha az oluşması, sementoid dokunun oluşmasından ve sement tamirinden kaynaklanmaktadır (Proffit and Fields 2000).

Birçok araştırmacı, kuvvet uygulamasında veya diş hareketindeki bir duraklamanın, rezorbe sementin iyileşmesini sağlayacağından, sürekli ortodontik kuvvetlerin daha az kök rezorpsiyonuna yol açacağı görüşünü paylaşmaktadır (Reitan 1964, Rygh 1977, Levander et al., 1994, Maltha and Dijkman 1996, Acar et al., 1999, Faltin et al., 2001, Weiland 2003, Aras et al., 2012).

Owman-Moll et al. (2005), kesikli ve sürekli kuvvet uygulanan dişler arasında kök rezorpsiyonu açısından bir fark bulunmadığını bildirmiştir. Bununla birlikte aralıklı (intermittent) kuvvetlerin jigging hareketlerine yol açarak kök rezorpsiyonlarına neden olabildiği bildirilmiştir (Hall 1978).

v) Farklı Ortodontik Aygıtlar ve Tedavi Teknikleri

Farklı ortodontik aygıtların kök rezorpsiyonuna etkileri üzerine çok çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Hareketli aygıtlar ile sabit mekaniklerin etkilerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada iki mekanik arasında anlamlı bir fark saptanmamışken (Linge and Linge 1983), aktivatör ve edgewise mekaniklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada köşeli ark tellerinin ve sınıf 2 elastiklerin uygulandığı grupta belirgin miktarda AKR tespit edilmiştir (Linge and Linge 1991).

Termoplastik apareyler ile kontrol grubuna göre daha fazla rezorpsiyon saptanan çalışmalar yanında (Brezniak and Wasserstein 2008, Barbagallo et al., 2008) ölçülebilir düzeyde kök rezorpsiyonu meydana gelmediği de bildirilmiştir (Boyd 2007).

Straightwire ve standart edgewise teknikleri arasında diş kök kaybı miktarı ve kök rezorpsiyonu prevelansı açısından fark bulunduğu (Mavragani 2000), Begg tekniğinin kökler üzerinde daha zararlı etkisi olduğu bildirilmiştir (Goldson and Henrikson 1975, TenHoeve and Mulie 1976, McNab et al., 2000). Başka çalışmalar da Begg, Tweed veya diğer straightwire teknikler ile edgewise teknik arasında anlamlı bir fark olmadığını bildirmiştir (Malmgren et al., 1982, Lew 1990, Beck and Harris 1994, Alexander 1996, Parker and Harris 1998, Reukers et al., 2008).

Mıknatıslarla başlangıçta hafif, gittikçe artan kuvvet uygulamasının diş hareketini hızlandırırken daha fizyolojik bir doku cevabı oluşturma özellikleri nedeniyle kök rezorpsiyonu gibi patolojik etkilerin de azaldığı bildirilmiştir (Kawata et al., 1987).

Lingual tekniğin kök rezorpsiyonu açısından değerlendirildiği tek çalışmada kök boyunda ortalama 0,5 mm gibi hafif bir rezorpsiyon meydana geldiği bildirmektedir (Fritz et al., 2003).

Kalın tellerde daha fazla kök rezorpsiyonu geliştiği bildirilmiştir (Linge and Linge 1983). Mandall et al. (2006) ark teli sıralaması, Mirabella and Artun (1995) farklı kanlınlıklardaki teller, Sameshima and Sinclair (2001b) ise farklı genişliklerdeki slotlar arasında rezorpsiyon açısından fark olmadığını bildirmişlerdir. Kendinden bağlanımlı sistem ile geleneksel braket sistemleri arasında da fark saptanmamıştır (Blake et al., 1995, Pandis et al., 2008, Scott et al., 2008).

Sabit tedavi sırasında kullanılan intermaksiller elastiklerin kök rezorpsiyonunda etkili olmadığı (Sameshima and Sinclair 2001b, Levander et al., 1994) ve jiggling kuvvetlerine yol açtıkları için kök rezorpsiyon miktarını arttırdığı (Linge and Linge 1983, Mirabella and Artun 1995) yönünde farklı sonuçlar bildirilmiştir.

Hızlı üst çene genişletme aygıtlarının premolar ve molar dişler üzerinde istatistiksel olarak belirgin oranda rezorpsiyona yol açtıkları, bunda en önemli nedenin ise ağır bukkal yönlü kuvvetlerin bu dişlerin köklerini kortikal kemiğe doğru sıkıştırması olduğu bildirilmiştir (Thilander et al., 2000). Bununla birlikte hızlı ve yavaş çene genişletmelerinin ve genişletmenin yapılmadığı kontrol grubunun karşılaştırıldığı bir çalışmada gruplar arasında fark bulunmamıştır (Sameshima and Sinclair 2001b).

vi) Çekimli ve Çekimsiz Tedavi

Çekimli ve çekimsiz ortodontik tedavilerde oluşan kök rezorpsiyonları çeşitli çalışmalarda irdelenmiştir (McFadden et al., 1989, McNab et al., 2000, Sameshima and Sinclair 2001b, De Freitas et al., 2007). Openbite tedavisinin çekimli ve çekimsiz yapıldığı çalışmada çekimli vakalarda çekimsizlere göre anlamlı miktarda daha fazla kök rezorpsiyonu olduğu saptanmıştır. Çekimli vakalarda düzeltilen

overjet miktarı ve keserlerin retraksiyonu ile apexteki kök rezorpsiyon miktarı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon bulunmuştur (De Freitas et al., 2007).

Çekimli veya çekimsiz tedavilerde kök rezorpsiyonu açısından bir farklılık bulunmadığını bildiren araştırmacılar da vardır (Vonder Ahe 1973, McFadden 1989).

2.3.5. Kök Rezorpsiyonunun İnsidansı

Histolojik çalışmalarda ortodontik tedavi uygulanan dişlerde OOİRR oranının %90'dan fazla olduğu rapor edilmiştir (McLaughlin 1964, Stenvik and Mjor 1970, Harry and Sims 1982). Teşhise yönelik radyolojik teknikler ile daha düşük oranlar bildirilmiştir. Lupi et al. (1996), eksternal apikal kök rezorpsiyonu (EARR) insidansını tedavi öncesi %15, tedavi sonrası %73 olarak bildirmişlerdir. Vakaların büyük kısmında kök yüzey yapılarındaki kayıp minimaldir ve klinik olarak anlamlı değildir.

Panoramik veya periapikal radyografiler ile tespit edilen OOİRR miktarı genellikle 2,5 mm'den az (Linge and Linge 1983, 1991, Mirabella and Artun 1995, Sameshima and Sinclair 2001a, Mavragani et al., 2002) ya da farklı dişlerin değişen formlarına göre %6 ile %13 arasında değişmektedir (Blake et al., 1995). Dereceli skalaların kullanımı ile çoğu ortodonti hastasında OOİRR genellikle minor yada moderate olarak sınıflandırılmaktadır (Levander and Malmgren 1998, Janson et al., 1999, McNab et al., 1999, Brin et al., 2003). 4 mm'yi yada orijinal kök boyunun 1/3'ünü geçen rezorpsiyon miktarı şiddetli rezorpsiyon olarak tanımlanmakta ve dişlerin %1-5'inde görülmektedir (Lupi et al., 1996, Taithongchai et al., 1996, Levander and Malmgren 1998, Levander et al., 1998, Janson et al., 1999, McNab et al., 1999, Killiany 2002).

2.3.6. Kök Rezorpsiyonunun Prognozu

Kök rezorpsiyonunun dişlerin ağızda kalma süresini ve fonksiyonel kapasitesini yüksek oranda etkilemediği düşünülmektedir (VonderAhe 1973, Remington et al., 1989, Parker 1997). Apikal kök rezorpsiyonu seviyesi apikal üçlüyü aşmadığı sürece dişin stabilitesi bozulmaz (Lupi et al., 1996). Üç mm apikal kök kaybının 1 mm krestal kemik kaybına denk olduğu ve kökün apikal parçasının tüm periodontal destek üzerinde tek başına çok az rolü olduğu bildirilmiştir (Kalkwarf et al., 1986). Normal şekilli maksiller santral kesici dişlerde 5 mm kök kaybı olduğu durumlarda dahi bireylerin %95'inde periodontal dokunun %75'i devamlılığını korumaktadır (Kalkwarf et al., 1986).

Ortodontik tedaviden 14 yıl sonra 100 hastanın kontrol için çağırıldığı retrospektif bir çalışmada hastaların yalnızca 2'sinde hipermobilité ve diş kaybı belirlenmiştir (Remington et al., 1989). Diğer bir çalışmada da benzer şekilde 7-10 yıl sonra kontrol edilen 15 hastadan sadece 1 tanesinde kök rezorpsiyonunun ilerlediği gözlenmiştir (Rommelnick 1984). Şiddetli kök rezorpsiyonu görülen hastaların 5-15 yıl sonra çağırıldığı retrospektif bir çalışmada hiçbir dişte Miller indexine göre 1'den daha fazla mobilité (kronun normal pozisyonundan 1 mm'lik deviasyonu) ve diş kaybı görülmemiştir (Levander and Malmgren 2000).

2.3.7. Kök Yüzeyinin Tamiri

Kök yüzeyinin tamir süreci kuvvetin duraklaması veya belli bir seviyenin altına düşmesi ve hiyalin dokunun ortadan kaldırılmasıyla başlar (Reitan 1974, 1985, Rygh 1977, Brudvik and Rygh 1995a, b). Rezorpsiyon kavitelerine sementoid dolmaya başlar ve böylelikle yeni kök rezorpsiyonu oluşması da engellenmiş olur (Rygh 1977, Brezniak and Wasserstein 1993a). Bununla birlikte aktif ortodontik kuvvet kesildiğinde dahi hiyalinize dokunun bulunduğu bölgelerde kök rezorpsiyonu oluşumunun devam ettiği bildirilmiştir. Bu da tüm nekrotik doku uzaklaştırılana kadar osteoklastik aktivitenin devam etmesine bağlanmaktadır (Brudvik and Rygh 1995a).

Rezorpsiyon kavitelerinin tamiri kuvvet uygulamasından 35–70 gün sonra görülmektedir. Sement seviyesindeki kaviteler anatomik olarak tamir edilirler. Derin dentin kaviteleri ise sadece ince bir sement tabakasıyla tamir edildiğinden kök konturu eski haline dönmez (Andreasen 1988a). Her iki tamir tipinde de kemik konturunun kök konturunu izlemesi sonucu periodontal aralık genellikle aynı kalır. Bu da fonksiyondan ödün vermeden dişin ankrajının artmasını sağlar (Brezniak and Wasserstein 1993a).

Çekimi planlanan maksiler premolar dişlere 50 grlık aktif bukkal kuvvet uygulanmış, kuvvetin kesilmesinde 2, 3, 6 ve 7 hafta sonra dişler çekilmiş ve tamir açısından histolojik olarak incelenmiştir. Bekleme periodunun rezorpsiyon kraterinde oluşturduğu tamir oranının zamanla arttığı bildirilmiştir (Owman-Moll et al., 1995b, Owman-Moll and Kurol 1998).

Kuvvet uygulaması sonrasında farklı sürelerde bekleme periyodunun değerlendirildiği güncel çalışmalarda da 4. haftadan sonra aktif tamir sürecinin ortaya çıktığı ve bekleme süresi arttıkça tamir oranının da arttığı bildirilmiştir (Cheng et al., 2009, Cheng et al., 2010, Gonzales et al., 2010).

Sement tamirinin rezorpsiyon kraterinin tabanından ve merkezi olarak ortaya çıktığı belirlenmiş ve üç tip tamir modelinden söz edilmiştir (Owman-Moll and Kurol 1998). Kısmi tamir modeli, retansiyonun ilk dört haftasında gözlenen ve rezorpsiyon kavitesinin kısmen tamir sementiyle kaplanmasıyla karakterizedir. Fonksiyonel tamir modeli ise orijinal kök konturu sağlanmaksızın rezorpsiyon kraterinin tamamen tamir dentiniyle kaplanmasıdır ki en sık gözlenen ve 5–8 haftalık retansiyonlarda izlenen tipidir. Anatomik tamir modelinde ise orijinal kök konturları yeniden sağlanır.

Rezorpsiyon sürecinden sonra tamirin başladığı yönündeki bakış açısından farklı olarak bazı araştırmacılar ise kök rezorpsiyonu ile sekonder sementle tamir oluşumunun eş zamanlı gerçekleştiğini bildirmişlerdir (Stenvik and Mjor 1970, Harry and Sims 1982, Casa 2006, Cheng et al., 2009).

2.3.8. Kök Rezorpsiyonu Tanı Araç ve Yöntemleri

2.3.8.1. Radyografiler

Kök rezorpsiyonlarının değerlendirilmesinde çok çeşitli araçlar kullanılmıştır. Bunlardan en yaygını radyografilerdir.

Radyografilerde kök rezorpsiyonu miktarının ölçümü için iki yöntem kullanılmaktadır (Harris 2000). Ordinal skala yönteminde skorlama sistemi vardır. Bu sistem; skor 1) Düzensiz kök konturu; skor 2) 2 mm'den az olan apikal kök rezorpsiyonu; skor 3) 2 mm'yi aşan apikal kök rezorpsiyonu; skor 4) Orijinal kök uzunluğunun 1/3'ünü aşan kök rezorpsiyonu, şeklinde tanımlanarak oluşturulmuştur (Malmgren et al., 1982).

Oransal skala yönteminde ise filmler arası magnifikasyonu elimine etmek için mine-sement sınırı ve apeks (Spurrier et al., 1990) veya mine-sement sınırı kesici kenar (Mavragani et al., 2000) mesafeleri karşılaştırılan filmler arasında oranlanarak düzeltme faktörü oluşturulmaktadır. Mine sement birleşimi işaretlenirken karşılaştırılacak her radyografide mesial veya distalde en belirgin noktalar seçilerek AKR oranı tespit edilmektedir (Mavragani et al., 2000).

Periapikal radyografilerde iki teknik bulunmaktadır. Bunlar, paralel teknik ve açıortay tekniğidir. Paralel teknikte film tutucu kullanılarak film, x-ışını tüpü baş konumu sabitlendiğinde rezorpsiyon incelemesi için standart röntgenler alınabilir. Açıortay tekniği ise birçok değişkene bağlı olduğundan eksternal kök rezorpsiyon gelişiminin periyodik incelenmesinde ideal bir yöntem değildir (Leach et al., 2001).

Dental panoramik radyografilerde görüntüsü istenen dokular odakta yerleştirilmediğinde görüntüde distorsiyonlar, kısalma veya uzamalarla karşılaşmaktadır. Bununla birlikte normal anatomik yapıların dış görüntüsü üzerine radyopak veya radyolusent görüntü olarak süperimpozisyonları da yine EKR'nu değerlendirmek açısından yanıltıcı olabilmektedir. Panoramik filmler elde edilmesi kolay olan ve hastayı az miktarda x ışını ile ekspoz eden filmlerdir. Ancak kök rezorpsiyonunun değerlendirilmesi için kullanıldıkları durumlarda ölçümü en az %20 oranında abartılı göstermektedirler (Sameshima and Asgarifar 2001). Bu nedenle

AKR'larının değerlendirilmesinde panoramik radyografi güvenilir bir yöntem değildir (Sameshima and Asgarifar 2001, Armstrong et al., 2006).

Yan kafa radyografileri özellikle üst keserlerde kök rezorpsiyon miktarı ölçümünde birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır (Copeland and Gren 1986, Goldin 1989, Parker and Harris 1998, Kuperstein 2005). Radyasyon dozunun düşük olması ve tekrarlanabilirliğinin yanı sıra sağ ve sol taraftaki yapıların süperimpozisyonları, EKR'nun ayrıntılı olarak incelenmesine izin vermemektedir (Leach et al., 2001).

Son yıllarda kullanımı sıklaşan dijital radyografi yöntemleri geleneksel yöntemlerden daha az radyasyon dozu gerektirmesi, görüntü boyutu, kontrast, renkte manipülasyonlara izin vermesi gibi avantajlar taşımaktadır. Geleneksel yöntemlerde dikkat edilmesi gereken, distorsiyon ve dış/x-ışını demetinin geometrik ilişkisi dijital yöntemlerde de dikkat gerektirmektedir (Leach et al., 2001).

Üç boyutlu olan bir yapının radyografiler ile iki boyuta aktarılarak incelenmesi özellikle bukkal ve lingual defektlerin tespitine imkân vermediğinden sınırlı güvenilirliktedir (Brezniak and Wasserstein 2002b).

Bilgisayarlı tomografi yöntemi kök rezorpsiyonunun tespit ve incelemesinde üç boyutta bilgi vermesiyle radyografi yöntemlerine göre avantajlar sağlasa da yüksek radyasyon dozu ve maliyet açısından klinik kullanım için uygun değildir. Bununla birlikte teknolojik gelişmelerle Cone Beam Computed Tomography (CBCT) yönteminde kullanılan radyasyon dozu panoramik grafilere göre halen yüksek olmakla birlikte geleneksel bilgisayarlı tomografilerin %8'i oranındadır (Mah et al., 2003). CBCT'ler üç boyutlu görüntü oluşturmalarına rağmen geleneksel radyografilere göre düşük çözünürlükte dirler (Cohenca et al., 2007). Diğer bir bilgisayarlı görüntüleme sistemi olan Flat Panel-Volumetric Computed Tomography (fpVCT) yüksek çözünürlük özelliği sunmakla birlikte yüksek radyasyon dozu nedeniyle henüz klinik uygulamaya geçmemiştir (Schaaf et al., 2008, Hahn et al., 2009). Yapılan bir çalışmada oluşturulan rezorpsiyon kraterlerinin %100'ünün fpVCT ile tespit edilebildiği ve fpVCT ile EKR'nun erken dönemde dahi teşhis edilebileceği bildirilmiştir (Hahn et al., 2009).

2.3.8.2. X-Işını Mikro Tomografisi (XMT)

Bilgisayarlı tomografilerdeki gelişmelerle konik huzme ışınli (cone beam) bilgisayarlı tomografiler dördüncü kuşak bilgisayarlı tomografiler (CT-Computed Tomography) olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte tıbbi bilgisayarlı tomografiler milimetrik kesitler düzeyinde çözünürlük sağlarken daha küçük yapıların ölçümü için 1982'de Eliot ve Dover tarafından geliştirilen X-ışını Mikro Tomografi (XMT) cihazı 12 µm'lik kesitsel çözünürlük sağlamıştır. Akılda tutulması gereken nokta ise çözünürlüğü iki kat arttırmak için x-ışını dozunu 16 katına çıkarmak gerektiğidir (Davis and Wong 1996).

İki boyutlu dijital görüntülerde birim veri pikseldir. Pikel, bir görüntünün en küçük renksel değerinin iki boyutlu parçasıdır. Bilgisayarlı tomografiler, piksel'in x ve y koordinatlarındaki boyutlarına göre değerlendirilir. Birim yüzeydeki piksel sayısı ne kadar fazla (piksel boyutları ne kadar küçük) olursa çözünürlük de o denli artar. Üç boyutlu görüntülemelerde birim veri voxeldir. Voxel, hacimsel bilgiyi x, y ve z koordinatlarında sağlar (Stock 1999).

X-Işını Miko Tomografi'lerinde medikal Bilgisayarlı Tomografilerden farklı olarak x-ışın kaynağı örnek etrafında dönmez, ışın kaynağı ve dedektör sabitken incelenen örnek kendi etrafında döner. Bu özelliği de incelenen örneğin hareketsiz olmasını gerektirir (Aras 2008).

2.3.8.3. Sky-Scan 1172 Desktop XMT Cihazı

SkyScan 1172, mikroskopi ve mikrotomografi için kullanılan kompakt masaüstü bir sistemdir. Komponentleri, X-ray shadow mikroskopik sistem ve tomografik rekonstrüksiyon yazılımı bulunan bir bilgisayardır. Örnek üzerinde hasar oluşturmaksızın iç yapısını da içerecek şekilde iki boyutlu kesitsel (x-ray shadow) projeksiyonlar oluşturularak, bunların yazılım yardımıyla üç boyutlu hale getirilmek üzere yeniden yapılandırılmasını sağlar. Sky Scan, huzme ışınli x-ışını kaynağına ve 1 µm'ye varan uzamsal çözünürlüğe sahip beşinci kuşak bir tarayıcıdır. Örnek cihaz içinde dönen bir platforma oturtulur. Yüksek radyo opak yapıların incelemesinde 360°'lik rotasyonlar kullanılırken insan dişi için 180° rotasyon gerekir. Platformun x-

ışın kaynağına olan mesafesi magnifikasyonu belirler. X-ışını dedektörü 1024×1024'lük yüksek çözünürlüğe sahiptir. Elde edilen görüntüler 16 bit'lik TIFF (Tagged Image File Format) formatında kaydedilir (Aras 2008).

Görüntünün elde edilmesi tamamlandıktan sonra aksiyal kesitlerin teker teker yeniden yapılandırılması Feldkamp cone beam algorithm (Cone beam reconstruction 2.13, SkyScan-1072) yazılımı ile gerçekleştirilir. Böylece aksiyal iki boyutlu görüntüler 8 bit'lik gri-skala dinamik aralığında 1024×1024 pixel'lik Bitmap (BMP) verilerine dönüştürülerek kaydedilmiş olur (Aras 2008).

İki boyutlu aksiyal kesitlerin üç boyutlu görüntülere dönüştürülmesi ise ayrı bir yazılım olan VG StudioMax version 1.2 (Volume Graphics, GmbH, Heidelberg, Germany) yardımıyla gerçekleştirilir. İn-vitro çalışmalarda kullanılan yüksek çözünürlükteki Skyscan-1172 dışında in-vivo çalışmalar için düşük doz (Skyscan-1076) veya yüksek işlem hızlı (Skyscan- 1178) mikrotomografi cihazları üretilmiştir. Bu alandaki yeniliklerden bir diğeri ise yaklaşık 400 nanometreye varan çözünürlük ve 150 nanometrelik piksel boyutlarıyla en son geliştirilen nano-tomografi (Skyscan-2011 High-Resolution Nano-CT) cihazıdır (Micro Photonics Inc) (Aras 2008).

X-ışını Mikro Tomografisi yöntemi, hacimsel inceleme ve hesaplamalara imkan vermesinin beraberinde farklı karakter ve yoğunluktaki dokuların kantitatif ve kısmen kalitatif analizini de mümkün kılar. Bu yöntem teknolojik gelişmeye bağlı olarak gerçekleştirilmiş az sayıda güncel in-vivo çalışma dışında yakın zamana kadar örneğin hareketsizliği şartı, ekspoz süresinin uzunluğu ve üç boyutlu yapılandırma aşaması gerektirmesi gibi nedenlerle in-vitro uygulamalarda yer almıştır (Aras 2008).

Kinney et al. (1994), insan dentin çürüğünün mineral yoğunluğunu incelemekte XMT yöntemini kullanmışlardır. Asit demineralizasyonunun mine prizmalarında oluşturduğu mineral kaybının miktarının incelenmesi (Gao et al., 1993) ve rat mandibular kesicilerde insizalden apekse doğru mineral kompozisyonundaki değişimlerin kesitsel incelenmesi (Wong et al., 2000) çalışmaları da yine XMT yönteminin diş dokularında mineralizasyonun incelendiği çalışmalardır.

Ortodontik kök rezorpsiyonunun mikro bilgisayarlı tomografi (Mikro-BT) yöntemiyle incelendiği in-vitro çalışmalar bulunmakla birlikte henüz yapılmış in-vivo çalışma mevcut değildir.

Harris et al. (2006), ağır (225 g) ve hafif (25 g) intrüziv kontrollü kuvvetlerin kök rezorpsiyonu üzerine etkisini krater hacimlerinin hesaplanmasında Mikro-BT yöntemini kullanarak incelemişler ve kontrol grubununa göre hafif kuvvet grubunda iki, ağır kuvvet grubunda ise dört kat fazla krater hacmi bulmuşlardır.

Giannopoulon et al. (2008), ortodontik diş hareketi ile oluşan servikal kök rezorpsiyonları ile klinik periodontal parametrelerin (plak indeksi, gingival indeks, cep derinliği ve sondlamada kanama) ilişkisini inceledikleri çalışmalarında Mikro-BT ile gerçekleştirdikleri yüzey incelemesi sonunda periodontal parametreler ile servikal kök rezorpsiyonu arasında ilişki saptamamışlardır.

Sürekli ve “intermittent” kuvvetlerin kök rezorpsiyonuna etkisinin incelediği Mikro-BT çalışmalarında, “intermittent” kuvvetlerin sürekli kuvvetlere oranla daha az kök rezorpsiyonuna yol açtıklarını bildirmişlerdir (Ballard et al., 2009, Aras et al., 2012).

Wu et al. (2011), hafif (25 g) ve ağır (225 g) kuvvetler ile rotasyonel hareket sonrasında oluşan kök rezorpsiyon miktarını karşılaştırmışlar ve ağır kuvvetlerde ve basınç alanında daha fazla rezorpsiyon meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Paetyangkul et al. (2011) yine aynı kuvvet gruplarında 4, 8 ve 12 hafta ile bukkal yönde devamlı kuvvet uygulaması sonrası ortodontik kök rezorpsiyonunun, kuvvet miktarı ve uygulama süresi ile doğru orantılı olarak arttığı sonucuna varmışlardır.

Bartley et al. (2011) premolar dişlerde yaptıkları 2,5° ve 15°'lik bukkal tork hareketi sonucunda iki grup arasında özellikle apikal seviyede oluşan kök rezorpsiyon miktarının anlamlı şekilde farklı olduğunu tespit etmişlerdir.

King et al. (2011), uygulanan 2,5° ve 15°'lik distal tipping hareketi sonucunda yüksek kuvvet uygulanan dişlerde ve basınç alanlarında daha fazla rezorpsiyonun meydana geldiğini saptamışlardır.

Kök rezorpsiyon kraterlerinin sayısı, hacim ve dağılımının yanında tamir süreci de Mikro-BT ile incelenmiştir (Cheng et al., 2009, Cheng et al., 2010, Gonzales et al., 2010). Maksiller-mandibuler dişler (Paetyangkul et al., 2009) ve maksiler sağ-sol dişler (Ho et al., 2011) rezorpsiyon yatkınlığı açısından yine Mikro-BT yüzey taraması ile değerlendirilmiştir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Örneklem Büyüklüğü ve Güç Analizi

Yapılan güç analizi sonucunda $U_4(cr)-y$ parametresi için $\Delta:2.75$; $SD:3$ alındığında Power: 0,80, $\beta:0,20$ ve $\alpha:0,05$ için tespit edilen örneklem sayısı her bir grup için minimum $n= 19$ olarak saptandı. Aynı bireyde bir taraf çalışma, diğer taraf kontrol grubu olarak kullanılacağından çalışmaya 20 birey ile başlanmasına karar verildi.

3.2. Bireylerin Seçimi ve Grupların Oluşturulması

Bu çalışmada uygulanacak işlemler Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı Etik Kurulu tarafından 23.06.2009 tarih ve 04/33 sayılı karar örneği ile onaylanmıştır (Ek 1). Klinik ve radyolojik muayene sonunda çalışma için aranılan şartları sağlayan bireyler ve ailelerine çalışmanın amacı, tedavi yöntemi ve uygulanacak işlemler ile ilgili ayrıntılı olarak bilgi verilmiş, bilgilendirilmiş onam formu doldurularak imzalatılmıştır (Ek 2).

Bu çalışmaya, Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı kliniğine ortodontik tedavi amacıyla başvuran, şiddetli çapraşıklığa sahip, 12 – 18 yaş arası, yaş ortalaması 15.06 ± 1.49 yıl olan 10 kız, 10 erkek toplam 20 birey dahil edilmiştir.

Bireylerin çalışmaya dahil edilme kriterleri Srivicharnkul et al. (2005)'nin tanımladığı şekilde belirlenmiştir;

- Daha öncesinde ortopedik ya da ortodontik tedavi görmemiş olması.
- Herhangi bir kraniyofasiyal anomalisinin olmaması.
- Üst premolar dişlerine herhangi bir diş tedavisi yaptırmamış olması veya halen bir tedavi ihtiyacının bulunmaması.
- Anamnezinde ve muayenesinde parafonksiyonel alışkanlıklar, diş sıkma, travma hikayesinin olmaması.

- Diş hareketi ve periodontal dokulardaki yapım-yıkımı etkileyecek herhangi bir tıbbi hikâyesinin olmaması.

Ayrıca şu kriterler de aranmıştır:

- En az, üst çenede çift taraflı birinci premolar çekimli sabit tedavi ve ideal molar ilişki sağlamak için maksiller molar distalizasyonu gereksinimi olması.
- İskeletsel Sınıf I ve ya Sınıf II ilişki olması.
- Transversal ve vertikal yönde anomali olmaması.
- Konjenital olarak ya da çekim nedeniyle diş eksikliği olmaması.
- Üst birinci premolar dişlerde kök oluşumunun tamamlanmış olması.
- Üst ikinci molar dişlerin sürmüş olması.
- Periodontal sağlığın iyi olması ve ağız hijyeninin iyi olması.
- Diş ve çene gelişim ve yapısını etkileyecek önemli medikal geçmişinin olmaması.

- Kabul edilebilir kooperasyon sağlanabilmesi.

Bireylerin çalışmadan çıkarılma kriterleri şu şekildedir:

- Hasta kooperasyonunda problemlerin olması.
- Ağız hijyeninin yetersiz olması.
- Ortodontik tedaviyi kontrendike kılan herhangi bir medikal problemin gelişmesi.
- Hastanın radyografi alınmasına engel olacak herhangi bir patolojik duruma sahip olması.
- Hastanın kullanılan metal malzemelere karşı allerjisinin olması.

Çalışmaya dahil edilen 20 bireyden distalizasyon öncesi (T1) ve distalizasyon sonunda (T2) lateral sefalometrik film, panoramik radyografi, alt-üst dijital çene modelleri ve mum kapanış, ağız içi ve cephe fotoğrafları alınmıştır (Resim 1, 2). Ölçümler, alınan toplam 40 adet lateral sefalometrik radyografi ve 40 adet çalışma modeli üzerinde yapılmıştır.



Resim 1: Örnek bir vakaya ait T1 ağız içi ve cephe fotoğrafları.



Resim 2: Örnek bir vakaya ait T2 ağız içi ve cephe fotoğrafları.

Bireysel faktörlerin elimine edilmesi amacı ile tüm bireylerde üst çenede sağ ve sol yarıda farklı kuvvet sistemleri uygulanmış, aktif kuvvet uygulanan taraf FG, uygulanmayan taraf ise DG olarak adlandırılarak gruplandırılmıştır.

3.3. Apareyin Hazırlanması ve Uygulanması

3.3.1 Minividaların Yerleştirilmesi

Çalışma için seçilen bireylerde üst çene posterior bölgenin distalizasyonu hedeflenmiş ve uygulanacak mekanik için ağız içi iskeletsel ankraj ünitesi kullanılmıştır. İskeletsel ankraj sağlamak için 2 mm çap, 8 mm boyundaki titanyum IMF kemik içi vidaları (Dual-top anchor system 20-G2-008, Guro-Gu, Seoul, Korea) (Resim 3) kullanılmıştır. Yalnızca bir bireyde mukogingival kalınlık nedeniyle 2 mm çap, 10 mm boyundaki vidalar (Dual-top anchor system 20-G2-010, Guro-Gu, Seoul, Korea) kullanılmıştır. Vidalar, bireylere uygulanan lokal anestezi altında flep kaldırmaya ve cerrahi prosedüre gerek olmaksızın ve giriş yolu açılmaksızın vida anahtarı (Jeil Medical Corporation, 111-010, Guro-Gu, Seoul, Korea) (Resim 3) ile manuel olarak vertikal kuvvet uygulayarak (self-drilling) aynı araştırmacı tarafından SDÜ Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı kliniğinde yerleştirilmiştir. Vidalar, palatinal bölgede, insizif foramenin 6-7 mm posterior ve median hattın 3-4 mm distalinde olacak şekilde bilateral olarak uygulanmıştır. Vidaların yerleşim açılarının kontrolü için Keleş et al. (2003)'nın önerdiği şekilde akrilik plak hazırlanmıştır. Alçı model orta palatal düzlemden ikiye ayrılmış, maksillanın gövdesi ve orta kesici dişler lateral sefalometrik filminden elde edilmiş ve modele aktarılmıştır. Ardından her iki yarı için tespit edilen yerleştirme noktalarında vidaların eğimi akrilik plağa açılan giriş delikleri ile belirlenmiştir. Vidaların yerleşimi sırasında akrilik plaklar ağıza yerleştirilmiş ve açısal kontrol sağlanmıştır.

İşlemi takiben vidaların pozisyonunun kontrol edilmesi için lateral sefalometrik ve panoramik radyografiler alınmıştır (Resim 4). Bireylere analjezik ve antiseptik ağız gargarası reçete edilerek bir hafta sonra apareyin hazırlanması için çağırılmıştır.



Resim 3: Kullanılan kemik içi vida ve vida anahtarı.



Resim 4: Vida yerleşimi sonrasında alınan radyografik filmler.

3.3.2. Apareyin Hazırlanması

Vidaların yerleşiminden bir hafta sonra çağırılan bireylerde üst sağ-sol birinci molar dişlere roth teknik 3 tüplü molar bantlar (Rocky Mountain Orthodontics Inc., Denver, CO, USA) ve rastgele olarak seçilmiş sağ veya sol birinci premolar dişlerden birine braketli premolar bantı (Rocky Mountain Orthodontics Inc., Denver, CO, USA) yerleştirilerek aljinat ölçü maddesi ile ölçüleri alınmıştır. Elde edilen modelde molar bantların palatinaline, dişin direnç merkezine yaklaşmak amacıyla mukozaya paralel olacak şekilde 0,045 inçlik Teusher (aktivatör) tüpleri (Leone Firenze Italy A076-45) lehimlenmiştir. Benzer bir işlem bantlı premolar diş için de yapılmış, tüpün yuvarlak, aktif telin uygulanacağı kısım banta lehimlenmiş ve retantif kısmı kesilmiştir.

Alçı modelde vida başları mum ile bloke edilmiş ve 0,040 inçlik blue elgiloy yuvarlak kesitli tel ile (Rocky Mountain Orthodontics Inc., Denver, CO, USA, E0237) bant bulunan üç diş için pendulum yaylar bükülmüştür. Hazırlanan

springlerin modele mumlanması ve modelin laklanması (Dentsply Isolant, De Trey Division, Dentsply Limited, Webridge Surey, England) sonra şeffaf ortodontik sıcak akrilik (Imicryl Polimetilmetakrilat, Tip 2, Tür 3, Imicryl Diş Malz. San. ve Tic. Aş., Konya, Türkiye) ile bükümlerin retansiyon uçları ve vidaları içine alacak şekilde Nance plak hazırlanmıştır (Resim 5). Gerekli polisaj, cilalama ve dezenfeksiyon işlemleri uygulanmıştır.



Resim 5: Apareyin hazırlığında laboratuvar aşamaları.

3.3.3. Klinik Uygulama

Laboratuvar şartlarında hazırlanan plaklar hasta ağızında denenerak vida başları ile uyumu ve mukoza ilişkisi kontrol edilmiştir. Plagın aktif unsurlarının mukozaya paralel olması ve baskı yapmamasına, Nance plagın vida başlarına pasif olarak oturması ve yine mukozaya baskı yapmamasına dikkat edilmiştir. Ağız içi uyumu sağlanan pendulum springlerin aktif uçlarına devrilmeyi önleyecek 30°'lik doğrultucu bükümler yapılmış, kuvvet kolunun dişin okluzyon düzlemi ile paralel seyredecek ve molar dişlere 250 gr, premolar dişe 100 gr kuvvet uygulayacak şekilde aktivasyonu yapılmıştır.

Bantlar cam iyonomer siman (Voco GmbH, Cuxhaven, Germany) ile yapıştırılmıştır. Nance plagındaki vida başlarının yerleşeceği boşluğa ışınla sertleşen bant yapıştırıcısı (Optibant Ultra Light Cure, Ortho Organizers Inc., Carlsbad, CA, San Diego Country) doldurularak ağıza yerleştirilmiş, ağızdan çıkarılarak taşan kısım temizlenmiştir. Plagın son olarak ağıza yerleştirilmesi ve springlerin bantlara uygulanmasından sonra yapıştırıcı LED ışık cihazı (Blue Swan, Dentanet, İstanbul, Türkiye) ile polimerize edilmiştir (Resim 6). Maksiller ikinci premolar dişlere

0.018x0.025 inch slotlu Roth teknik braketter (Rocky Mountain Orthodontics Inc., Denver, CO, USA), florid içerikli Light Bond (Reliance Orthodontic Products Inc., Itasca, IL, US) materyali ile yapıştırılmış, yapıştırma işlemi esnasında LED ışık cihazı (Blue Swan, Dentanet, İstanbul, Türkiye) kullanılmıştır. Bant yerleştirilen molar dişler ve braket yapıştırılan premolar dişler bukkal yüzeyden sekiz ligatürleri ile birbirine bağlanarak blok haline getirilmiştir. Bu iki diş için 0.18 inch paslanmaz çelik telden (Rocky Mountain Orthodontics Inc., Denver, CO, USA, E0010) pasif bölümlü arklar hazırlanmış ve ligatür teli ile braketlere bağlanmıştır (Resim 6). Böylece bireylerin üst çenesinde bir tarafta posterior blok ve 1. küçük azı dişine distal yönde kuvvet uygulanarak distal yön hareketi hedeflenmiştir. Diğer tarafta ise herhangi bir uygulama yapılmayan 1. küçük azı dişinin distalize olan posterior blok aracılığı ile transseptal fibrillerin çekim kuvveti ile distal yönde spontan olarak hareket etmesi planlanmıştır.

Bireyler dört haftada bir çağırılarak kuvvet kontrolleri ve gerektiğinde aktivasyonları yapılmıştır. Ortalama 4,5 aylık uygulama sonunda tek tarafta aktif kuvvet uygulanarak distalize edilen, diğer tarafta transseptal fibrillerin çekim kuvvetine bırakılan üst birinci premolar dişler elevasyon yapılmadan ve kök yüzeylerine dokunulmadan davye ile SDÜ Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi kliniğinde aynı kişi tarafından çekilmiştir. Çekim sonrası dişler, üzerindeki kan artıklarını uzaklaştırmak amacıyla kök yüzeylerine dokunulmaksızın izotonik solüsyonla yapılan basınçsız yıkama işlemini takiben %10'luk formalin solüsyonu içeren 5 ml'lik steril tüplere (Sarstedt AG & Co., Nümbrecht, Germany) yerleştirilmiştir. İki hafta sonra formalin solüsyonu değiştirilmiş ve kök incelemesine kadar herhangi bir işlem yapılmamıştır.

Gerekli olan tüm çekimlerin tamamlanmasının ardından bireylerin sabit ortodontik tedavilerine devam edilmiş, üst çeneye uygulanan plak pasif şekilde ankraj ünitesi olarak ağızda bırakılmıştır. Ankraj görevi tamamlanan plaklar aeretör ile vidalardan ayrılmış, vidalar lokal anestezi altında vida anahtarı ile çıkartılmıştır. Antiseptik ağız gargarası kullanımı önerilen bireylerde mukozada 1 hafta içinde iyileşme gözlenmiştir.



Resim 6: Vidaların ve hazırlanan apareyin ağız içi görüntüsü.

3.4. Sefalometrik Filmlerin İncelenmesi

Çalışmada kullanılan lateral sefalometrik ve panoramik radyografiler Planmeca röntgen cihazı (PM 2002 CC PROLINE Cephalostat CA ve CM) (Planmeca Co Ltd, Helsinki, Finlandiya) ile elde edilmiştir. Tedavi ile oluşan değişikliklerin doğru şekilde saptanabilmesi için, alınan lateral sefalometrik radyografilerin standardizasyonu sağlanmıştır. Bu amaçla her bir birey için röntgen çekimleri esnasında röntgen cihazının kilovoltajı (kVp), miliamperi (mA) ve ışınlama süresi, nazal pozisyon çubuğunun konumu, ayrıca ışın kaynağı-film arası mesafe (her bir birey için sabit ve 160cm) ve film-obje arası mesafe (her bir birey için sabit ve 16 cm) standart olarak ayarlanmıştır. Röntgen filmlerinin alınması sırasında Frankfurt horizontal düzlemin yere paralel, dudakların hafifçe temasta ve dişlerin sentrik oklüzyonda olmasına dikkat edilmiştir. Tüm röntgen filmleri aynı teknisyen tarafından çekilmiş ve 18x24 cm boyutlarında sefalometrik filmler (Kodak MXG) kullanılmıştır.

Tüm bireylerden alınan toplam 40 adet lateral sefalometrik radyografi, üzerine asetat kağıdı yerleştirilerek negatoskop üzerinde 0.3 mm kalınlığındaki kurşun kalem ile çizilmiştir. Doğrusal ölçümler dijital kumpas ile 0.01 mm, açısal ölçümler ise protraktör ile 0,5° duyarlılıkla yapılmıştır.

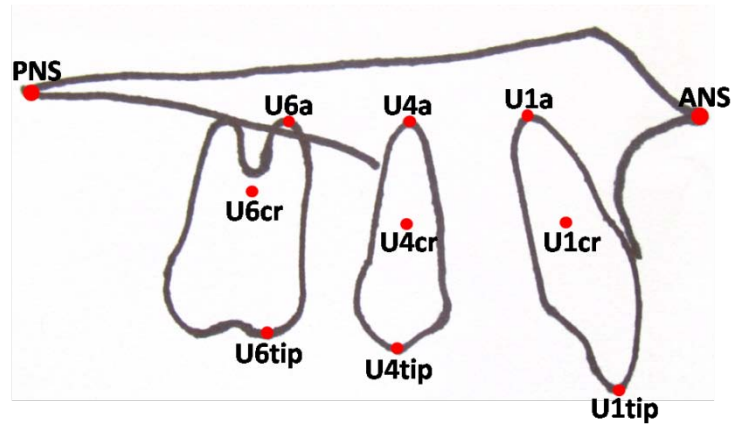
Maksiller dentoalveoler değişikliklerin kendi kemik kaideleri içinde değerlendirilebilmesi amacıyla maksiller lokal çakıştırma yapılmıştır. Maksiller lokal çakıştırma, ANS-PNS düzlemi üzerinde arka nazal çıkıntı (PNS-Posterior Nasal Spina) noktası çakıştırılarak yapılmıştır. Maksiller ölçümlerde, ANS-PNS düzlemi maksiller referans düzlemi (x) olarak görev yapmış, bu düzleme PNS noktasından dik olarak çizilen doğru maksiller vertikal referans düzlemini (y) oluşturmuştur. Maksiller horizontal ve vertikal referans düzlemleri, maksiller lokal çakıştırma ile tedavi başı filmlerden tedavi sonu filmlere aktarılmış ve tedavi sonu filmlerdeki ölçümler aktarılan referans düzlemlerine göre yapılmıştır.

Çalışmada hareketi değerlendirilen dişlerin kuron tepeleri ve direnç merkezleri referans noktalar olarak kullanılmıştır. Direnç merkezlerinin tespitinin ardından işaretlenen noktalar toplu iğne ile delinerek her diş için oluşturulan şablon T1 ve T2 filmlerinde dişlerin kuronları esas alınarak uygulanmıştır. Bu şekilde dişlerin direnç merkezleri hatasız olarak aktarılmıştır. Diş kuronlarının esas alınmasının sebebi hareket sonucu oluşabilecek kök rezorpsiyonu ve kök kısalması ihtimalidir. Şablonların yerleştirilmesi sırasında dişlerin uzun aksları da göz önünde tutulmuştur. Ayrıca sağ ve sol tarafın birbirinden ayırt edilebilmesi için aktif kuvvet uygulanmayan premolar dişin olduğu taraftaki molar dişin bandı lateral sefalometrik radyografinin alınmasından önce çıkarılmış, sonrasında tekrar uygulanmıştır. Radyografik ölçümler ile eş zamanlı olarak model kontrolü de yapılarak sağ-sol ayrımı tekrar kontrol edilmiştir.

Alınan tüm sefalometrik radyografiler üzerinde analiz yapmak amacıyla 11 adet sefalometrik nokta belirlenmiş, bu noktalarla 5 adet düzlem oluşturulmuştur. Bu nokta ve düzlemlere dayanılarak her bireyin sağ ve solu için ayrı olmak üzere 12 adet doğrusal ve 3 adet açısal olmak üzere toplam 15 dişsel ölçüm yapılmıştır. Tüm ölçümler bir ay sonra aynı kişi tarafından tekrarlanmıştır.

3.4.1. Lateral Sefalometrik Filmlerin Analizinde Kullanılan Sefalometrik Noktalar (Şekil 1)

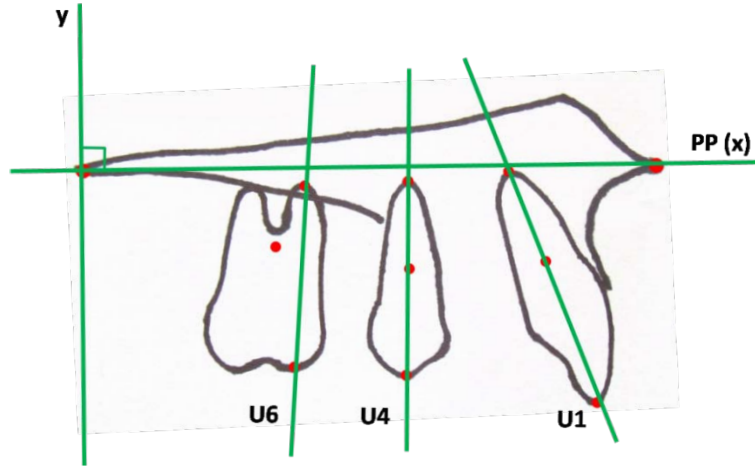
1. Spina Nazalis Anterior (ANS): Üst çenenin orta sivri kemik parçasının uç noktasıdır.
2. Spina Nazalis Posterior (PNS): Sert damağın arka uç noktasıdır.
3. Üst kesici diş direnç merkezi (U1cr): Üst orta kesici dişin uzun aksı üzerinde alveoler kret tepesi, kök ucu mesafesinin 1/3'ünde bulunan noktadır.
4. Üst kesici diş ucu (U1tip): Üst orta kesici dişin kesici kenarının en uç noktasıdır.
5. Üst kesici diş kök ucu (U1a): Üst orta kesici dişin kök ucu noktasıdır.
6. Üst 1. küçük azı direnç merkezi (U4cr): Üst 1. küçük azı dişin uzun aksı üzerinde alveoler kret tepesi, kök ucu mesafesinin %40'ında bulunan noktadır.
7. Üst 1. küçük azı diş ucu (U4tip): Üst 1. küçük azı dişinin bukkal tüberkül tepesinin uç noktasıdır.
8. Üst 1. küçük azı kök ucu (U4a): Üst 1. küçük azı dişinin bukkal kök ucu noktasıdır.
9. Üst 1. büyük azı direnç merkezi (U6cr): Üst 1. büyük azı dişinin bifurkasyonunun alt noktasıdır.
10. Üst 1. büyük azı diş ucu (U6tip): Üst 1. büyük azı dişinin meziyobukkal tüberkül tepe noktasıdır.
11. Üst 1. büyük azı kök ucu (U6a): Üst 1. büyük azı dişinin meziyobukkal kökünün uç noktasıdır.



Şekil 1: Lateral sefalometrik filmlerin analizinde kullanılan sefalometrik noktalar.

3.4.2. Lateral Sefalometrik Filmlerin Analizinde Kullanılan Sefalometrik ve Referans Düzlemler (Şekil 2)

1. Maksiller düzlem (PP): Spina Nasalis Anterior ve Spina Nasalis Posterior noktalarından geçen düzlemdir.
2. PP – Dikey referans düzlemi: Maksiller düzlemi PNS noktasından dik olarak kesen düzlemdir.
3. Üst kesici eğimi (U1): Üst kesici dişin kök ucu ile kesici ucundan geçen doğru, dişin uzun aksıdır.
4. Üst 1. küçük azı eğimi (U4): Üst 1. küçük azı dişin kök ucu ile bukkal tüberkül tepesinden geçen doğru, dişin uzun aksıdır.
5. Üst 1. büyük azı eğimi (U6): Üst 1. büyük azı dişin meziyobukkal tüberkül tepesi ile mezio-bukkal kök uzundan geçen doğru, dişin uzun aksıdır



Şekil 2: Lateral sefalometrik filmlerin analizinde kullanılan referans düzlemler.

3.4.3. Çalışmada Kullanılan Sefalometrik Ölçümler

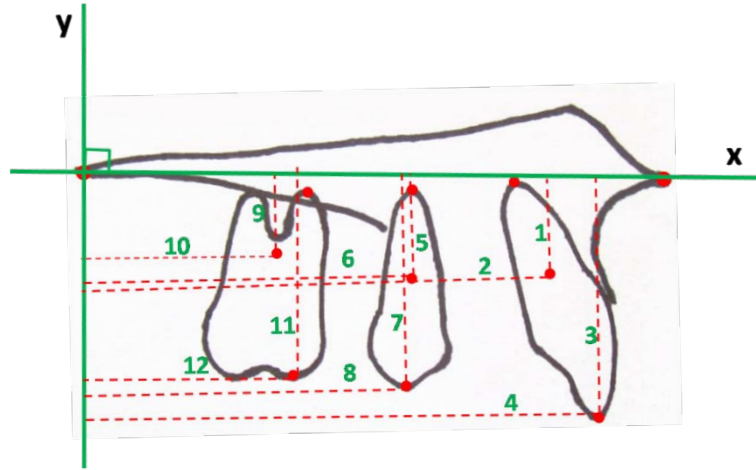
3.4.3.1. Maksiller Dentoalveoler Doğrusal Ölçümler (Şekil 3)

1. U1(cr)-x(mm): Üst kesici dişin direnç merkezinin yatay maksiller referans düzlemi üzerindeki izdüşümüdür. Üst kesici dişin direnç merkezinin dik yöndeki konumunu belirler.
2. U1(cr)-y(mm): Üst kesici dişin direnç merkezinin dikey maksiller referans düzlemi üzerindeki izdüşümüdür. Üst kesici dişin direnç merkezinin ön-arka yöndeki konumunu belirler.
3. U1(tip)-x(mm): Üst kesici dişin kesici kenarının yatay maksiller referans düzlemi üzerindeki izdüşümüdür. Üst kesici dişin kesici kenarının dik yöndeki konumunu belirler.
4. U1(tip)-y(mm): Üst kesici dişin kesici kenarının dikey maksiller referans düzlemi üzerindeki izdüşümüdür. Üst kesici dişin kesici kenarının ön-arka yöndeki konumunu belirler.
5. U4(cr)-x(mm): Üst birinci küçük azı dişin direnç merkezinin yatay maksiller referans düzlemi üzerindeki izdüşümüdür. Üst birinci küçük azı dişin direnç merkezinin dik yöndeki konumunu belirler.
6. U4(cr)-y(mm): Üst birinci küçük azı dişin direnç merkezinin dikey maksiller referans düzlemi üzerindeki izdüşümüdür. Üst birinci küçük azı dişin direnç merkezinin ön-arka yöndeki konumunu belirler.
7. U4(tip)-x(mm): Üst birinci küçük azı dişin bukkal tüberkül tepesinin yatay maksiller referans düzlemi üzerindeki izdüşümüdür. Üst birinci küçük azı dişin bukkal tüberkül tepesinin dik yöndeki konumunu belirler.
8. U4(tip)-y(mm): Üst birinci küçük azı dişin bukkal tüberkül tepesinin dikey maksiller referans düzlemi üzerindeki izdüşümüdür. Üst birinci küçük azı dişin bukkal tüberkül tepesinin ön-arka yöndeki konumunu belirler.
9. U6(cr)-x(mm): Üst birinci büyük azı dişinin direnç merkezinin yatay maksiller referans düzlemi üzerindeki izdüşümüdür. Üst birinci büyük azı dişinin direnç merkezinin dik yöndeki konumunu belirler.

10. U6(cr)-y(mm): Üst birinci büyük azı dişin direnç merkezinin dikey maksiller referans düzlemi üzerindeki izdüşümüdür. Üst birinci büyük azı dişin direnç merkezinin ön-arka yöndeki konumunu belirler.

11. U6(tip)-x(mm): Üst birinci büyük azı dişin meziyobukkal tüberkül tepesinin yatay maksiller referans düzlemi üzerindeki izdüşümüdür. Üst birinci büyük azı dişin meziyobukkal tüberkül tepesinin dik yöndeki konumunu belirler.

12. U6(tip)-y(mm): Üst birinci büyük azı dişin meziyobukkal tüberkül tepesinin dikey maksiller referans düzlemi üzerindeki izdüşümüdür. Üst birinci büyük azı dişin meziyobukkal tüberkül tepesinin ön-arka yöndeki konumunu belirler.



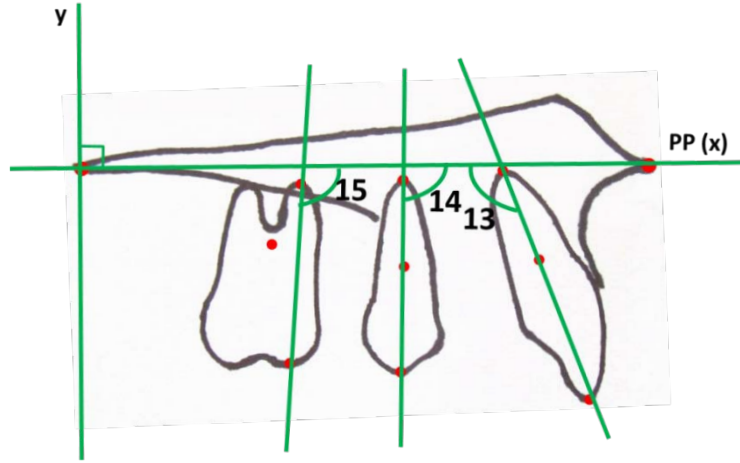
Şekil 3: Çalışmada kullanılan maksiller dentoalveoler doğrusal ölçümler.

3.4.3.2. Maksiller Dentoalveoler Açısal Ölçümler (Şekil 4)

13. U1/PP(°): Üst orta kesici dişin uzun eksenini ile maksiller düzlem arasında kalan açıdır. Anterior bölgenin öne eğilme derecesini belirler.

14. U4/PP(°): Üst birinci küçük azı dişin uzun eksenini ile maksiller düzlem arasında kalan açıdır. Üst birinci küçük azı dişin rotasyon derecesini belirler.

15. U6/PP(°): Üst birinci büyük azı dişin uzun eksenini ile maksiller düzlem arasında kalan açıdır. Üst birinci büyük azı dişin rotasyon derecesini belirler.

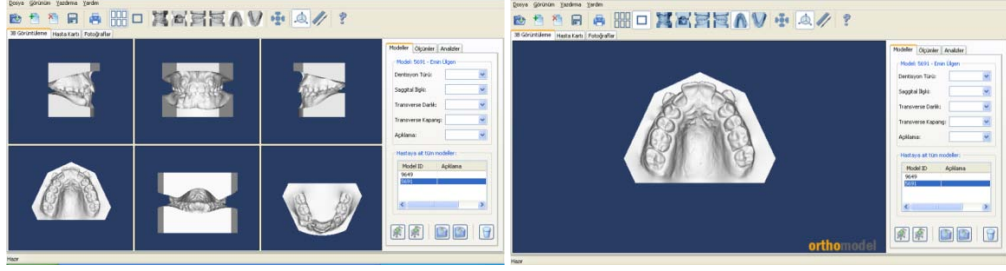


Şekil 4: Çalışmada kullanılan maksiller dentoalveoler açısal ölçümler.

3.5. Dijital Modellerin Değerlendirilmesi

Tedavi ile oluşan dental değişimlerin değerlendirilmesinde kullanılan diğer bir yöntem de bireylerden distalizasyon öncesi (T1) ve distalizasyon sonrasında (T2) alınan modellerin değerlendirilmesidir. Bireylerden alt-üst çene aljinat ölçü ve mum kapanış olmak üzere alınan kayıtlar Orthomodel programı ile dijitize edilerek bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Alt ve üst çenelerin üç boyutlu görüntüleri elde edilmiştir. Elde edilen üç boyutlu görüntülerden üst çene modelinin okluzyon düzlemindeki görüntüsü kullanılmıştır (Resim 8). Belirlenen referans nokta ve düzlemler dijital görüntü üzerinde işaretlenmiştir. Görüntülerin baskısı alınarak, doğrusal ölçümler dijital kumpas ile 0.01 mm, açısız ölçümler ise protractör ile 0,5° duyarlılık ile yapılmıştır.

Distalizasyon periyodunda meydana gelen dişsel değişimlerin değerlendirilmesi için referans olarak belirlenen 9 adet nokta ve 4 adet düzlem ile her modelin sağ ve solu için ayrı olmak üzere 2'si dişsel doğrusal ve 2'si açısız toplam 4 adet ölçüm yapılmıştır. Tüm ölçümler aynı araştırmacı tarafından bir ay sonra tekrarlanmıştır.



Resim 7: Dijital model ölçüm programı.

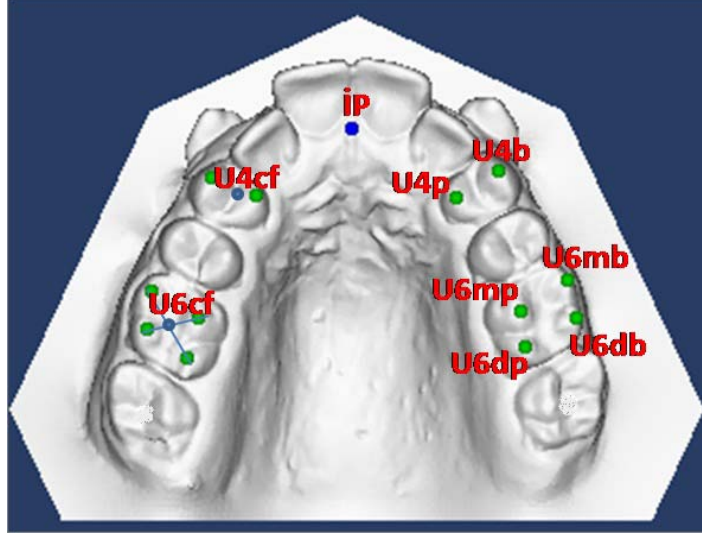
3.5.1. Dijital Modellerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Referans Noktalar (Şekil 5)

- 1- İnsizif papilla (İP): Üst orta iki kesici dişin palatinalinde, insizif forameni örten yumuşak doku kabartısının orta noktasıdır.
- 2- U4b: Üst 1. küçük azı diş bukkal tüberkül tepe noktasıdır.
- 3- U4p: Üst 1. küçük azı diş palatinal tüberkül tepe noktasıdır.
- 4- U4cf: Üst 1. küçük azı diş kuronunun orta noktasıdır.
- 5- U6mb: Üst 1. büyük azı diş meziyobukkal tüberkül tepe noktasıdır.
- 6- U6db: Üst 1. büyük azı diş distobukkal tüberkül tepe noktasıdır.
- 7- U6mp: Üst 1. büyük azı diş meziyopalatinal tüberkül tepe noktasıdır.
- 8- U6dp: Üst 1. büyük azı diş distopalatinal tüberkül tepe noktasıdır.
- 9- U6cf: Üst 1. büyük azı diş kuronunu orta noktasıdır.

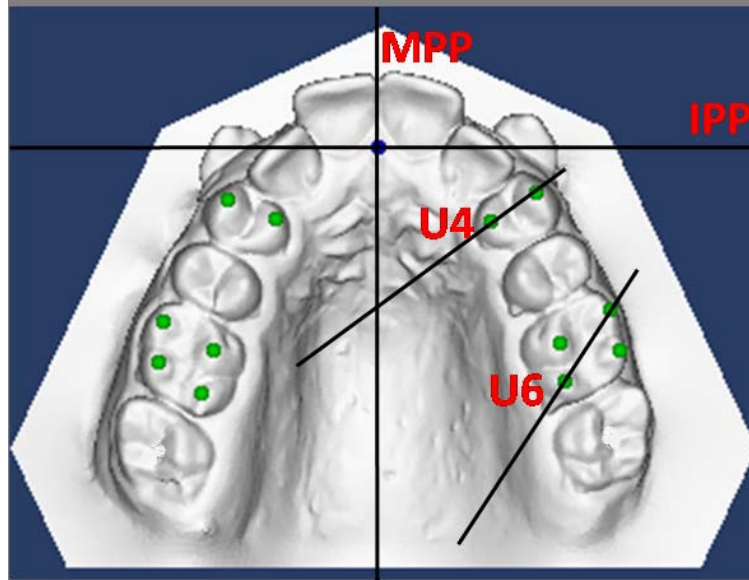
3.5.2. Dijital Modellerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Referans Düzlemler (Şekil 6)

- 1- Orta Palatinal Düzlem (MPP): Üst çene kemiğini sağ ve sol iki yarıya bölen, ön-arka yönde uzanan orta palatinal düzlemdir.
- 2- İnsiziv Papil Düzlemi (IPP): Orta palatinal düzlemin, insiziv papil bölgesinde 90°'lik açı ile kesen horizontal referans düzlemidir.
- 3- U4: Üst 1. küçük azı dişin kuron eksenini. Bukkal ve palatinal tüberkül tepe noktalarından geçen düzlemdir.

4- U6: Üst 1. büyük azı dişi kuron eksenidir. Meziyobukkal ve distopalatinal tüberkül tepe noktalarından geçen düzlemdir.



Şekil 5: Dijital modellerin değerlendirilmesinde kullanılan referans noktalar.



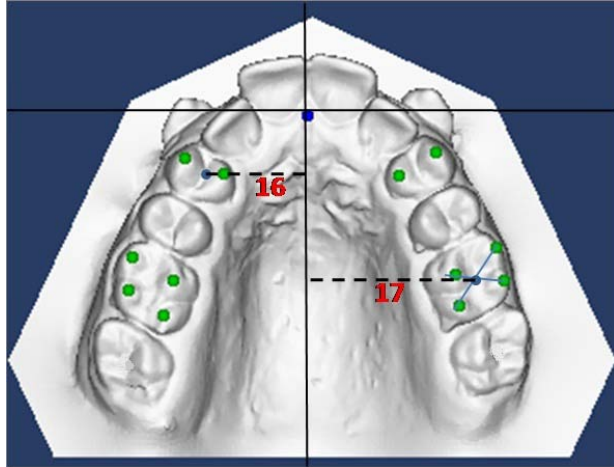
Şekil 6: Dijital modellerin değerlendirilmesinde kullanılan referans düzlemler.

3.5.3. Dijital Modellerin Değerlendirilmesinde Yapılan Ölçümler

3.5.3.1. Dijital Modellerin Değerlendirilmesinde Yapılan Dişsel Doğrusal Ölçümler (Şekil 7)

16- U4(cf)-MPP(mm): Üst birinci küçük azı diş krununun okluzal merkezinin dikey maksiller referans düzlemi üzerindeki izdüşümüdür. Üst birinci küçük azı diş krununun okluzal merkezinin transversal yöndeki konumunu belirler.

17- U6(cf)-MPP(mm): Üst birinci büyük azı diş krununun okluzal merkezinin dikey maksiller referans düzlemi üzerindeki izdüşümüdür. Üst birinci büyük azı diş krununun okluzal merkezinin transversal yöndeki konumunu belirler.

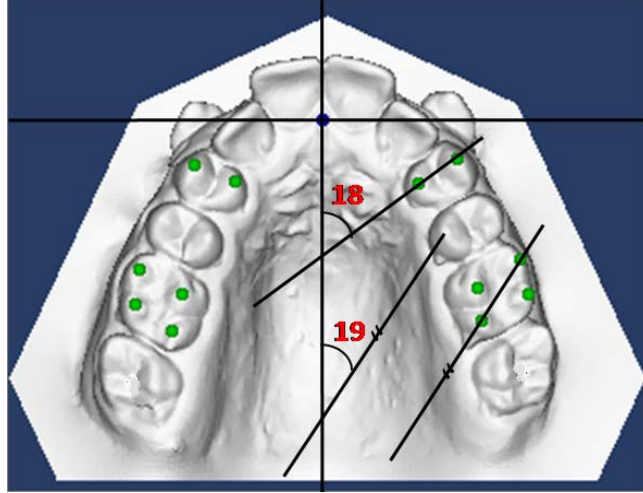


Şekil 7: Dijital modellerin değerlendirilmesinde yapılan dişsel doğrusal ölçümler.

3.5.3.2. Dijital Modellerin Değerlendirilmesinde Yapılan Dişsel Açısal Ölçümler (Şekil 8)

18- U4/MPP°: Üst birinci küçük azı dişin tüberkül tepelerinden geçen doğrunun dikey maksiller referans düzlemi ile yaptığı açıdır. Üst birinci küçük azı diş krununun meziodistal yöndeki rotasyonunu belirler.

19- U6/MPP°: Üst birinci büyük azı dişin meziodistal ve distopalatal tüberkül tepelerinden geçen doğrunun dikey maksiller referans düzlemi ile yaptığı açıdır. Üst birinci büyük azı diş krununun meziodistal yöndeki rotasyonunu belirler.



Şekil 8: Dijital modellerin değerlendirilmesinde yapılan dişsel açısal ölçümler.

3.6. Üç Boyutlu Kök Yüzey İncelemesi

3.6.1. Kök Yüzey Hazırlıkları

Mikro-tomografi ile yüzey taraması işleminde daha iyi bir görüntü kalitesi elde edebilmek amacıyla tarama öncesinde diş köklerine iki aşamalı bir yüzey hazırlık işlemi uygulandı (Harris et al., 2006).

Kök yüzeyindeki PDL artıklarının uzaklaştırılmasını kolaylaştırmak amacıyla dişler, içinde deiyonize steril su (Mili-Q; Milipore, Bedford, Mass) bulunan steril tüplere aktarıldı. Tüpler ultrasonik vibrasyon banyosunda (Transsonic Digital, Elma-Hans Schmidbauer GmbH & Co. KG, D-78224 Singen, Germany), 22°C’de, %100’lük vibrasyon düzeyinde 20 dakika tutuldu.

Bu işlem sonrasında kök yüzeyinde kalan doku artıkları deiyonize steril su ile nemlendirilmiş gazlı bezler kullanılarak uzaklaştırıldı. Bu işlem sırasında kök yüzeyinde hasar oluşturulmamasına dikkat edildi.

Diş kök yüzeylerinin temizlenmesini takiben Mikro-BT cihazının döner platformu ortasında örneklerin yerleştirildiği yuva içine oturtulacak standart boyda plastik çubuklara vinil polisiloksan ölçü maddesi yardımıyla dişler sabitlendi. Tarama sırasında x-ışın tüpü-diş mesafesinin değişmesine ve dişin tarama alanından

çıkmasına neden olabilecek aksiyal konumlardaki sapmaları önlemek için sabitleme işlemi sırasında kökün vertikal olarak merkezi yerleştirilmesine dikkat edildi. Hazırlanan örnek, tomografi cihazının döner platformu ortasında bulunan yuvaya yerleştirilerek tarama işlemine geçildi.

3.6.2. Görüntülerin Oluşturulması

Görüntülerin oluşturulmasında daha önce tanımlanmış olan yöntem izlendi (Harris ve ark., 2006). SkyScan1172 x-ışını mikro-tomografi cihazı (Resim 8) ve yazılımı (SkyScan-1172, SkyScan, Aartselaar, Belgium) kullanılarak üç boyutlu görüntü elde edildi.

Tarama işleminde diş köklerine zarar verilmeksizin iki boyutlu kesitsel projeksiyonlar oluşturuldu. X-ışını tüpü, 103 kilovolt (kV) ve 98 mikroamper (μA) alüminyum filtreye ayarlandı. Tüm dişler 14,85–17,27 mikrometre (μm) arası piksel boyutlarında çözünürlükte tarandı. Dişlerin taranmasında 180° rotasyon kullanıldı ve rotasyon adımı olarak $0,20^\circ$ seçildi. Her bir diş için toplamda 900 x-ışını absorpsiyon radyografisi oluşturuldu ve 16 bit (bilimde kullanılan en küçük bilgi birimi) TIFF formatında görüntü dosyası olarak kaydedildi.



Resim 8: SkyScan1172 x-ışını mikro-tomografi cihazı.

Kesitsel görüntülerin birleştirilmesinde özel bir yazılım olan NRecon (version 1.42, Aartselaar, Belgium) kullanılarak 8 bit'lik gri skala dinamik aralığında

1024×1024 piksel'lik BMP formatına çevrildi.

Verilerden üç boyutlu görüntü elde edilmesi işleminde VG Studio Max (Volume Graphics, version 1.2, GmbH, Heidelberg, Germany) yazılımından yararlanıldı. Tüm kraterler tek tek aksiyal kesitler boyunca belirlenerek izole edildi ve koordinatları krater hacim ölçümü için özel olarak geliştirilmiş Convex Hull 2D (CHull2D, University of Sydney, Australia) yazılımına aktarılarak hesaplandı.

Bu yazılım programı ile izole edilen krater içine yerleşebilecek maksimum birim “küp” bir başka ifade ile “voksel” sayısı hesaplandı. SkyScan mikro-tomografi cihazında 17,27 µm piksel boyutunda çözünürlükte tarandığında mm cinsinden birim voksel 0.01727 mm³'e eşittir. Bu birim voksel değeri, CHull 2D programı ile taranan kraterin içerdiği voksel sayısı ile çarpılarak kraterin mm³ cinsinden hacmi hesaplandı.

Kök yüzeyindeki rezorpsiyon kraterlerin hacimsel analiz sonuçları değerlendirilirken, tüm kök yüzeyindeki krater hacimleri toplanarak “total krater hacmi” olarak kaydedildi. Tüm kök yüzeyinin yanı sıra kökün farklı yüzey ve seviyelerindeki rezorpsiyon kraterlerinin total hacimleri de hesaplandı. Buna göre bukkal, lingual, mesiyal ve distal olmak üzere dört yüzey, servikal üçlü, orta üçlü ve apikal üçlü olmak üzere üç seviye krater hacimlerinin lokalizasyona göre hesaplanmasında ayırıcı bölgeler olarak kullanıldı. Dört yüzey ve üç seviyenin kombinasyonları (bukkal servikal, bukkal orta, bukkal apikal, lingual servikal, lingual orta, lingual apikal, meziyal servikal, meziyal orta, meziyal apikal, distal servikal, distal orta, distal apikal) şeklinde ayrıntılı lokalizasyon hesaplamaları da yapıldı.

3.7. İstatistiksel İncelemeler

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için NCSS (Number Cruncher Statistical System) 2007&PASS 2008 Statistical Software (Utah, USA) programı kullanıldı. Parametrelerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirilmiştir. Çalışma verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metodların (Ortalama, Standart sapma) yanısıra niceliksel

verilerin karşılaştırılmasında normal dağılım gösteren parametrelerin iki grup arası karşılaştırmalarında Student t test, normal dağılım göstermeyen parametrelerin iki grup arası karşılaştırmalarında Mann Whitney U test kullanıldı. Normal dağılım gösteren parametrelerin grup içi karşılaştırmalarında paired sample t testi kullanıldı. Normal dağılıma uygunluk göstermeyen parametrelerin grup içi karşılaştırmalarında Wilcoxon testi kullanıldı. Model hatasına ilişkin değerlendirmelerde sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC) hesaplandı. Anlamlılık $p < 0.05$ düzeyinde değerlendirildi.

Kuvvet uygulaması ve spontan hareket sonucunda kök yüzeyinde meydana gelen rezorpsiyon kraterlerini değerlendirebilmek için grup içi karşılaştırmada Wilcoxon, gruplar arası karşılaştırmada Mann-Whitney U testleri kullanıldı.

4. BULGULAR

4.1. Metod Hatasının Değerlendirilmesi

Bireysel çizim ve ölçüm hata düzeyinin kontrolü amacıyla, araştırma materyalini oluşturan 40 lateral sefalometrik film ve 40 model üzerinde yapılan ölçümler, ilk yapılan çizim ve ölçümlerden bağımsız olarak 1 ay sonra tekrarlanmıştır. Distalizasyon başı (T1) ve sonuna (T2) ait ölçümlerde ayrı ayrı olmak üzere, her parametreye ait ICC değeri Tablo 1’de verilmiştir. Ölçüm tekrarlama katsayıları 1.00 tam değerine yakın bulunmuştur. Metod hatasına ilişkin sınıf içi korelasyon katsayısı analizinin sonuçları, ölçümlerin sonuçları etkilemeyecek ve önemli olmayan bir hata ile tekrarlanabileceğini göstermiştir.

4.2. Üst Çene Kesici Dişlerde Distalizasyon Sonrası Meydana Gelen Değişimlerin İncelenmesi

Üst çene kesici dişlerin T1 ve T2 zamanlarındaki değerleri ve distalizasyon sonrası meydana gelen değişimler Tablo 2’de verilmiştir.

Üst çene kesici dişlerin dikey yöndeki değişimlerini tanımlayan $U1(cr)-x$ ve $U1(tip)-x$ değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış ($p<0,01$), ön-arka yöndeki değişimlerini tanımlayan $U1(cr)-y$ ve $U1(tip)-y$ değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma meydana gelmiştir ($p<0,01$). Aynı dişlerin aksiyal eğim değişimini tanımlayan $U1/PP$ açısında istatistiksel olarak anlamlı bir değişim görülmemiştir ($p>0.05$) (Tablo 2).

Tablo 1: Sefalometrik ve model ölçümlerine ilişkin metod hatası değerlendirilmesi.

Ölçümler	Parametreler	r	
		T1	T2
Sefalometrik Ölçümler	U1(cr)-x	0,988	0,990
	U1(tip)-x	0,998	0,996
	U1(cr)-y	1,000	1,000
	U1(tip)-y	1,000	1,000
	U1/PP°	0,995	0,998
	U4(cr)-x	0,986	0,988
	U4(tip)-x	1,000	0,999
	U4(cr)-y	0,986	0,985
	U4(tip)-y	0,989	0,996
	U4/PP°	0,998	0,997
	U6(cr)-x	0,968	0,974
	U6(tip)-x	1,000	0,999
	U6(cr)-y	0,979	0,982
	U6(tip)-y	1,000	1,000
	U6/PP°	0,999	0,999
Model Ölçümleri	U4(cf)-MPP	0,994	0,995
	U4/MPP°	1,000	0,999
	U6(cf)-MPP	0,994	0,998
	U6/MPP°	0,998	0,887

Tablo 2: Üst kesici dişlere ilişkin sefalometrik ölçümlerin T2-T1 zamanlarındaki değişimlerinin incelenmesi.

	T1	T2	T2-T1 farkı	P
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	
U1(cr)-x	16,57±2,59	17,03±2,65	0,45±0,56	0,001***
U1(tip)-x	31,33±2,71	31,61±2,53	0,28±0,54	0,002**
U1(cr)-y	45,26±3,96	44,82±3,76	-0,44±0,55	0,001***
U1(tip)-y	49,88±4,83	49,19±4,67	-0,69±0,42	0,001***
U1/PP	109,90±3,88	110,95±4,36	1,05±4,64	0,161 AD

AD: Anlamli Değil P> 0,05 * P≤0,05 ** P≤0,01 *** P≤0,001

4.3. Üst Çene Birinci Küçük Azı Dişlerinde Distalizasyon Sonrası Meydana Gelen Değişimlerin İncelenmesi

FG ve DG gruplarında üst çene birinci küçük azı dişlere ait T1 ve T2 zamanlarındaki sefalometrik ve model değerleri, grup içi ve gruplar arası farklar Tablo 3’de verilmiştir.

4.3.1. Üst Çene Birinci Küçük Azı Dişlerinde Distalizasyon Sonrası Meydana Gelen Değişimlerin Sefalometrik Olarak İncelenmesi

Üst çene birinci küçük azı dişlerin dikey yöndeki değişimlerini tanımlayan U4(cr)-x ve U4(tip)-x değerlerinde, DG ve FG gruplarında ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$) (Tablo 3).

Üst çene birinci küçük azı dişlerin ön-arka yöndeki değişimlerini tanımlayan U4(cr)-y ve U4(tip)-y değerlerinde DG ve FG gruplarında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma meydana gelmiş ($p<0,01$), gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir ($p<0,05$). FG grubunda distalizasyon miktarı daha fazladır (Tablo 3).

Devrilme miktarını tanımlayan U4/PP açısında DG ve FG gruplarında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış meydana gelmiş ($p<0,01$), gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$) (Tablo 3).

4.3.2. Üst Çene Birinci Küçük Azı Dişlerinde Distalizasyon Sonrası Meydana Gelen Değişimlerin Model Ölçümleri İle İncelenmesi

Üst çene birinci küçük azı dişlerin transversal yöndeki değişimlerini tanımlayan U4-MPP değeri DG grubunda istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artarken ($p<0.01$) FG grubunda anlamlı bir değişim meydana gelmemiştir ($p>0,05$). Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$) (Tablo 3).

Üst çene birinci küçük azı dişlerin meziyodistal rotasyon miktarını tanımlayan U4/MPP° değeri her iki grupta istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış göstermiştir ($p<0.01$). Distobukkal rotasyon FG grubunda daha fazla olmakla birlikte gruplar arası fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$) (Tablo 3).

4.4. Üst Çene Birinci Büyük Azı Dişlerinde Distalizasyon Sonrası Meydana Gelen Değişimlerin İncelenmesi

FG ve DG gruplarında üst çene birinci büyük azı dişlere ait T1 ve T2 zamanlarındaki sefalometrik ve model değerleri, grup içi ve gruplar arası farklar Tablo 3’de verilmiştir.

4.4.1. Üst Çene Birinci Büyük Azı Dişlerinde Distalizasyon Sonrası Meydana Gelen Değişimlerin Sefalometrik Olarak İncelenmesi

Üst çene birinci büyük azı dişlerin dikey yöndeki değişimlerini tanımlayan U6(cr)-x ve U6(tip)-x değerlerinde, DG ve FG gruplarında ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0.05$) (Tablo 3).

Üst çene birinci büyük azı dişlerin ön-arka yöndeki değişimlerini tanımlayan U6(cr)-y ve U6(tip)-y değerlerinde DG ve FG gruplarında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma meydana gelmiş ($p<0,01$), gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$) (Tablo 3).

Devrilme miktarını tanımlayan U6/PP açısında DG ve FG gruplarında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış meydana gelmiş ($p<0,01$), gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$) (Tablo 3).

4.4.2. Üst Çene Birinci Büyük Azı Dişlerinde Distalizasyon Sonrası Meydana Gelen Değişimlerin Model Ölçümleri İle İncelenmesi

Üst çene birinci küçük azı dişlerin transversal yöndeki değişimlerini tanımlayan U6/MPP değeri DG ve FG gruplarında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artmış ($p<0,01$), gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$) (Tablo 3).

Üst çene birinci büyük azı dişlerin mesio-distal rotasyon miktarını tanımlayan U6/MPP° değeri her iki grupta azalmıştır, değişim her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$). Meziyobukkal rotasyon miktarı gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$) (Tablo 3).

Tablo 3: Sefalometrik maksiller lokal çakıştırma ve Dijital model analizi ile DG ve FG gruplarında T1 ve T2 zamanlarında elde edilen verilerin grup içi ve gruplar arası karşılaştırması.

Model	Öçümleri	DG					FG					DG – FG Fark p
		T1 $\bar{X} \pm SD$	T2 $\bar{X} \pm SD$	T2-T1 $\bar{X} \pm SD$	T2-T1 p	T1 $\bar{X} \pm SD$	T2 $\bar{X} \pm SD$	T2-T1 $\bar{X} \pm SD$	T2-T1 p			
		U4(cr)x	16,85±2,47	17,05±2,53	0,20±0,65	0,186	16,73±2,81	16,86±2,67	0,13±0,64	0,373	0,957	
		U4(tp)x	27,14±3,03	27,31±3,22	0,16±0,69	0,299	27,23±3,15	27,30±3,32	0,07±0,57	0,606	0,551	
		U4(cr)y	33,35±3,57	31,48±3,62	-1,86±0,79	0,001***	33,40±3,56	31,01±3,62	-2,38±0,74	0,001***	0,05*	
		U4(tp)y	35,02±3,44	31,97±3,69	-3,05±1,05	0,001***	34,76±3,96	31,07±3,96	-3,69±0,74	0,001***	0,019*	
		U4PP°	81,87±5,56	89,37±5,70	7,50±4,05	0,001***	82,27±5,38	91,22±6,36	8,95±5,31	0,001***	0,370	
		U6(cr)x	13,18±3,10	13,23±3,11	0,04±0,68	0,771	13,08±3,15	13,29±2,87	0,21±1,10	0,411	0,892	
		U6(tp)x	24,70±3,57	24,68±3,49	-0,02±0,72	0,915	24,55±3,73	24,55±3,56	0,00±0,92	1,000	0,860	
		U6(cr)y	20,32±3,18	18,04±3,41	-2,27±0,63	0,001***	20,20±3,19	17,57±3,22	-2,63±0,62	0,001***	0,091	
		U6(tp)y	21,84±3,79	18,17±3,88	-3,67±0,74	0,001***	21,75±3,77	17,83±3,70	-3,92±0,80	0,001***	0,316	
		U6PP°	101,17±6,45	108,57±5,53	7,40±4,90	0,001***	100,15±6,51	107,02±6,31	6,87±5,53	0,001***	0,645	
		U4(cf)MPP	15,51±1,34	16,30±1,38	0,79±0,68	0,001***	16,30±1,53	16,45±1,59	0,14±0,98	0,514	0,024*	
		U4MPP°	70,56±12,86	77,15±11,30	6,58±6,79	0,001***	71,01±10,27	81,03±9,96	10,02±7,95	0,001***	0,151	
		U6(cf)MPP	21,98±1,22	23,85±2,08	1,88±1,53	0,001***	23,18±1,52	25,08±1,87	1,90±1,37	0,001***	0,695	
		U6MPP°	26,15±6,03	26,05±9,43	-0,10±8,65	0,959	27,95±6,78	27,57±8,69	-0,38±5,79	0,917	0,830	

* P≤0,05 ** P≤0,01 *** P≤0,001

4.5. Kök Yüzey Değişimlerinin İncelenmesi

4.5.1. FG Grubunda Meydana Gelen Kök Yüzey Değişimleri

Üst çene birinci küçük azı dişine distal yönde aktif kuvvet uygulanan FG grubunda izlenen rezorpsiyon ölçümüne ilişkin istatistiksel bilgiler Tablo 4'de verilmiştir.

FG dişlerinde meydana gelen total kök rezorpsiyon hacmi 0,47839910 mm³ olarak ölçülmüştür (Tablo 4).

Distal, mezial, bukkal ve palatinal yüzeylerin ikili karşılaştırmasında distal-bukkal, distal-palatatal, mezial-bukkal, mezial-palatatal yüzeyler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,001$). Distal-mezial ve bukkal-palatatal yüzeylerin karşılaştırmasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Servikal, orta ve apikal üçlü arası karşılaştırmada istatistiksel olarak anlamlı fark görülmemiştir ($p>0,05$) (Tablo 6).

4.5.2. DG Grubunda Meydana Gelen Kök Yüzey Değişimleri

Üst çene birinci küçük azı dişine aktif kuvvet uygulanmayan DG grubunda izlenen rezorpsiyon ölçümüne ilişkin istatistiksel bilgiler Tablo 5'de verilmiştir.

DG dişlerinde meydana gelen total kök rezorpsiyon hacmi 0,06850775 mm³ olarak ölçülmüştür (Tablo 5).

Distal, mezial, bukkal ve palatinal yüzeylerin ikili karşılaştırmasında distal-bukkal ($p<0,01$), distal-palatatal ($p<0,001$), mezial-bukkal ($p<0,05$), mezial-palatatal ($p<0,01$) yüzeyler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Distal-mezial ve bukkal-palatatal yüzeylerin karşılaştırmasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Servikal, orta ve apikal üçlü arası karşılaştırmada istatistiksel olarak anlamlı fark görülmemiştir ($p>0,05$) (Tablo 6).

4.5.3. İzlenen Kök Yüzey Değişimlerinin Gruplar Arasında Karşılaştırması

4,5 ay süresince premolar dişlere distal yönde aktif kuvvet uygulanan ve kuvvet uygulanmayan FG ve DG gruplarında meydana gelen kök rezorpsiyon miktarlarının karşılaştırılmasına ilişkin bulgular Tablo 7’de verilmiştir.

Tüm yüzey, seviye ve bölgelerde tespit edilen kök rezorpsiyon miktarları gruplar arasında karşılaştırıldığında yalnızca bukkal-servikal bölgede istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Total krater hacmi, distal, meziyal, bukkal, palatal, orta, apikal ve distal-orta bölgelerinde gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,001$). Servikal, distal-servikal, distal-apikal, meziyal-orta, meziyal-apikal, bukkal-orta, bukkal-apikal ve palatal-servikal bölgelerinde gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,01$). Meziyal-servikal, palatal-orta ve palatal-apikal bölgelerinde gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$) (Tablo 7).

4.6. Diş Hareketi ve Kök Rezorpsiyonu Korelasyonu

Birinci premolar diş kökünün distal yönde hareket miktarını bildiren U4(cr)-y parametresinde meydana gelen değişimin kök rezorpsiyonu hacmi ile arasındaki korelasyon Tablo 8’de verilmiştir.

Kuvvet uygulanan FG grubunda hareket miktarı ile kök rezorpsiyonu arasında korelasyon tespit edilmemiştir (Tablo 8). Kuvvet uygulanmayan DG grubunda diş hareket miktarı ile total krater hacmi ve total palatal yüzeydeki rezorpsiyon miktarı arasındaki korelasyon katsayıları sırasıyla 0,521 ve 0,514 olarak bulunmuş olup istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$). DG grubunda diş hareketi ile total distal yüzey, total servikal üçlü, distal servikal bölge ve palatal apikal bölge arasındaki korelasyon katsayıları sırasıyla 0,591, 0,576, 0,615 ve 0,623 olarak bulunmuş olup istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,01$) (Tablo 8).

Tablo 4: FG grubunda tüm kök yüzeyinde, kökün farklı yüzeylerinde ve farklı bölgelerinde ölçülen total krater hacimlerine ilişkin minimum (min), maksimum (maks), ortalama (ort), standart hata (SE) ve standart sapma (SD) değerleri (n=20).

	FG				
	Min.	Maks.	Ort.	SE	SD
Total krater	0,014572	1,392146	0,47839910	0,072925135	0,326131120
Total distal	0,000000	1,168667	0,32037790	0,069643042	0,311453150
Total mezial	0,001226	0,351152	0,11947475	0,021608929	0,096638069
Total bukkal	0,000000	0,116703	0,02413750	0,006597062	0,029502958
Total palatal	0,000000	0,092694	0,01312880	0,005398970	0,024144927
Total servikal	0,010848	0,564002	0,17895120	0,031699842	0,141766004
Total orta	0,000263	0,395627	0,16547150	0,025151105	0,112479160
Total apikal	0,000000	0,678778	0,13397645	0,035034388	0,156678546
Distal servikal	0,000000	0,548092	0,13254675	0,031408343	0,140462381
Distal orta	0,000000	0,391705	0,12444720	0,025427079	0,113713356
Distal apikal	0,000000	0,512667	0,06338250	0,026445457	0,118267679
Mezial servikal	0,000000	0,184750	0,03867590	0,010660953	0,047677233
Mezial orta	0,000000	0,126349	0,03077625	0,008694948	0,038884990
Mezial apikal	0,000000	0,263735	0,05002275	0,016961952	0,075856154
Bukkal servikal	0,000000	0,025034	0,00303465	0,001554866	0,006953572
Bukkal orta	0,000000	0,039956	0,00697095	0,002618536	0,011710449
Bukkal apikal	0,000000	0,087517	0,01207420	0,005376681	0,024045250
Palatal servikal	0,000000	0,020009	0,00263630	0,001259792	0,005633959
Palatal orta	0,000000	0,033972	0,00327710	0,002049157	0,009164109
Palatal apikal	0,000000	0,058722	0,00849695	0,004135317	0,018493701

Tablo 5: DG grubunda tüm kök yüzeyinde, kökün farklı yüzeylerinde ve farklı bölgelerinde ölçülen total krater hacimlerine ilişkin minimum (min), maksimum (maks), ortalama (ort), standart hata (SE) ve standart sapma (SD) değerleri (n=20).

	DG				
	Min.	Maks.	Ort.	SE	SD
Total krater	0,000914	0,360408	0,06850775	0,020797597	0,093009680
Total distal	0,000000	0,308679	0,03991210	0,016095185	0,071979856
Total mezial	0,000000	0,108855	0,02624945	0,007964949	0,035620334
Total bukkal	0,000000	0,024363	0,00185565	0,001298050	0,005805057
Total palatal	0,000000	0,000078	0,00001030	0,000005657	0,000025301
Total servikal	0,000000	0,314938	0,03834815	0,016516458	0,073863847
Total orta	0,000000	0,121645	0,01464290	0,006019786	0,026921302
Total apikal	0,000000	0,103011	0,01551480	0,005994335	0,026807482
Distal servikal	0,000000	0,303028	0,02620770	0,015036700	0,067246166
Distal orta	0,000000	0,108036	0,01007250	0,005386958	0,024091207
Distal apikal	0,000000	0,035655	0,00363195	0,001972050	0,008819275
Mezial servikal	0,000000	0,096747	0,00990185	0,005936999	0,026551065
Mezial orta	0,000000	0,025474	0,00456755	0,001520927	0,006801793
Mezial apikal	0,000000	0,103011	0,01178115	0,006024715	0,026943344
Bukkal servikal	0,000000	0,024363	0,00223280	0,001354806	0,006058878
Bukkal orta	0,000000	0,000058	0,00000290	0,000002900	0,000012969
Bukkal apikal	0,000000	0,001992	0,00009960	0,000099600	0,000445425
Palatal servikal	0,000000	0,000078	0,00000760	0,000004844	0,000021663
Palatal orta	0,000000	0,000000	0,00000000	0,000000000	0,000000000
Palatal apikal	0,000000	0,000066	0,00000330	0,000003300	0,000014758

Tablo 6: FG ve DG gruplarında grup içi yüzeyler arası ve seviyeler arası rezorpsiyon krater hacimlerinin karşılaştırılması.

		FG		DG	
		Z	p	Z	p
Yüzeyler Arası Karşılaştırma	Distal-Meziyal	-2,501	0,1237	-1,120	0,2627
	Distal-Bukkal	-3,823	0,00013***	-3,157	0,0015**
	Distal-Palatal	-3,823	0,00013***	-3,783	0,00015***
	Meziyal-Bukkal	-3,548	0,0003***	-2,999	0,0027*
	Meziyal-Palatal	-3,771	0,0001***	-3,408	0,00065**
	Bukkal-Palatal	-1,207	0,2273	-1,782	0,0747
Seviyeler Arası Karşılaştırma	Servikal-Orta	-	0,1164	-	0,1336
	Sevikal-Apikal	-	0,1164	-	0,1336
	Orta-Apikal	-	0,1164	-	0,1336

* p 0,05/6 = 0,0083 **p 0,01/6= 0,0016 ***p 0,001/6= 0,00016

Tablo 7: Tüm kök yüzeyinde, kökün farklı yüzeylerinde ve farklı bölgelerinde ölçülen krater hacimlerinin FG ve DG grupları arasında karşılaştırılması.

	FG		DG		P
	Ort.	SD	Ort.	SD	
Total krater	0,47839910	0,326131120	0,06850775	0,020797597	0,0001***
Total distal	0,32037790	0,311453150	0,03991210	0,016095185	0,0003***
Total meziyal	0,11947475	0,096638069	0,02624945	0,007964949	0,0010***
Total bukkal	0,02413750	0,029502958	0,00185565	0,001298050	0,0002***
Total palatal	0,01312880	0,024144927	0,00001030	0,000005657	0,0008***
Total servikal	0,17895120	0,141766004	0,03834815	0,016516458	0,0019**
Total orta	0,16547150	0,112479160	0,01464290	0,006019786	0,0001***
Total apikal	0,13397645	0,156678546	0,01551480	0,005994335	0,0003***
Distal servikal	0,13254675	0,140462381	0,02620770	0,015036700	0,0035**
Distal orta	0,12444720	0,113713356	0,01007250	0,005386958	0,0001***
Distal apikal	0,06338250	0,118267679	0,00363195	0,001972050	0,0022**
Meziyalservikal	0,03867590	0,047677233	0,00990185	0,005936999	0,0222*
Meziyal orta	0,03077625	0,038884990	0,00456755	0,001520927	0,0016**
Meziyal apikal	0,05002275	0,075856154	0,01178115	0,006024715	0,0048**
Bukkal-servikal	0,00303465	0,006953572	0,00223280	0,001354806	0,4008
Bukkal orta	0,00697095	0,011710449	0,00000290	0,000002900	0,0018**
Bukkal apikal	0,01207420	0,024045250	0,00009960	0,000099600	0,0037**
Palatal-servikal	0,00263630	0,005633959	0,00000760	0,000004844	0,0014**
Palatal orta	0,00327710	0,009164109	0,00000000	0,000000000	0,0431*
Palatal apikal	0,00849695	0,018493701	0,00000330	0,000003300	0,0463*

P> 0,05 * P≤0,05 ** P≤0,01 *** P≤0,001

Tablo 8: Premolar diş kökü sagittal yön hareketinin rezorpsiyon miktarları ile korelasyon tablosu.

U4(cr)-y	FG		DG	
	r	p	r	p
Total krater	0,127	0,594	0,521	0,018*
Total distal	0,120	0,615	0,591	0,006**
Total meziyal	0,016	0,947	0,177	0,455
Total bukkal	0,070	0,769	0,094	0,694
Total palatal	0,240	0,308	0,514	0,020*
Total servikal	0,169	0,477	0,576	0,008**
Total orta	0,340	0,143	0,066	0,783
Total apikal	0,133	0,577	0,156	0,512
Distal servikal	0,054	0,822	0,615	0,004**
Distal orta	0,247	0,293	0,028	0,905
Distal apikal	0,013	0,955	0,210	0,375
Meziyal servikal	0,320	0,167	0,056	0,814
Meziyal orta	0,170	0,473	0,361	0,117
Meziyal apikal	0,269	0,251	0,087	0,714
Bukkal servikal	0,309	0,184	0,048	0,841
Bukkal orta	0,054	0,822	0,317	0,173
Bukkal apikal	0,231	0,328	0,078	0,743
Palatal servikal	0,321	0,168	0,189	0,425
Palatal orta	0,311	0,183	0,320	0,165
Palatal apikal	0,194	0,413	0,623	0,003**

P> 0,05 * P≤0,05 ** P≤0,01

5. TARTIŞMA

Alt çenenin sagittal yönde normal konumda bulunduğu iskeletsel sınıf I veya sınıf II malokluzyonlarda karşılaşılan sınıf 2 molar ilişkiye sıklıkla artmış overjet ve/veya anterior çapraşıklık eşlik etmektedir. Düzensizliğin minimum olduğu durumlarda genellikle üst molar dişlerin distalizasyonu, orta ve şiddetli olduğu durumlarda ise çekimli tedavi veya molar distalizasyonu tercih edilen tedavi seçenekleridir. Üst iki premolar ve alt-üst dört premolar çekimli maksimum çapraşıklık veya artmış overjet vakalarında sınıf I molar ilişki sağlamak istendiğinde üst molar dişlerin ankrajının korunması büyük önem taşımakta, hatta bazen gerek ankraj biriktirmek, gerekse molar ilişkisinin tedavisi için distalize edilmeleri gerekmektedir.

Distalizasyon mekaniklerinin ortodontide yer alması 1800'lü yıllarda headgearler ile başlamıştır. Farklı ankraj bölgeleri ve çekim kuvvetine sahip headgearler ile başarılı şekilde üst molar ile birlikte üst posterior segmentin distalizasyonu sağlanmaktadır ancak estetik kaygı nedeniyle hasta kooperasyonu sağlanamaması araştırmacıları kooperasyondan bağımsız ağız içi distalizasyon mekanikleri geliştirmeye itmiştir.

Ağız içi distalizasyon mekanikleri 1980'lerden bu yana farklı tasarımlar ve modifikasyonlar ile gündemde kalmış, kooperasyon gerektirmemesi, devamlı ve hafif kuvvetler ile başarıyla molar distalizasyonu elde edilmesi sağlanmıştır. Önemli avantajlarının yanında premolar dişlerde mezial hareket, keser protrüzyonu, overjette artış ve overbite'ta azalma ile kendini gösteren ankraj kaybı meydana geldiği pek çok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Gianelly et al., 1989, Locatelli et al., 1992, Ghosh and Nanda 1996, Dietz and Gianelly 2000, Fortini et al., 2004). Molar distalizasyonunun tamamlanmasının ardından mezialize olan diğer posterior dişlerin distalizasyonu için ilave süre ve kuvvet uygulaması gerekmektedir. Ayrıca bu aşamada molar dişlerin ankraj olarak kullanılması risk taşımakta ve relaps meydana gelebilmektedir. Bunun önüne geçebilmek için ise molar dişlerin 3-6 ay kadar retansiyon apareyleri ile sabitlenmesi ve ankraj kaynağı olarak kullanılmaması önerilmektedir (Gianelly 1998, Toroğlu et al., 2001, Angelieri et al., 2006). Bu

açından bakıldığında meydana gelen ankraj kaybının telafi edilmesi ve hedeflenen posterior segment distalizasyonunun elde edilmesi için oldukça uzun bir tedavi süresine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunların yanı sıra üst premolar dişlerin önce mezialize olması, ardından kaybedilen ankrajın geri kazanılması ve ilave distal hareketin yapılması bu dişleri kök rezorpsiyonu açısından riskli hale getirmektedir.

Ağız içi distalizasyon mekanikleri ile ortaya çıkan ankraj kaybının önüne geçmek amacıyla iskeletsel ankraj sağlayan implant, onplant, minivida, miniplak gibi elemanlardan direk veya dolaylı olarak destek alınan yöntemler geliştirilmiştir. Protetik osteointegre implantların ankraj kaynağı olarak kullanılması ile başlayan iskeletsel ankraj arayışı birçok alternatifini gündeme getirmiş, beklenen diş hareket miktarı ve yönüne göre yerleştirme ve kuvvet uygulama protokolleri geliştirilmiştir.

İskeletsel ankraj ile molar distalizasyonunun en önemli avantajı premolar ve kesici dişlerde ankraj kaybının önüne geçilmesi yanında bu dişlerin spontan olarak distalize ve retrüze olmalarıdır. Bu hareket sayesinde posterior segmentte ilave ve daha yüksek kuvvet uygulamasına gerek kalmaksızın eş zamanlı olarak sınıf I ilişkisi sağlanmakta, böylece tedavi süresi kısaltılmakta ve dişlerde meydana gelebilecek olası kök rezorpsiyonu riski azalmaktadır.

Kök rezorpsiyonu ortodontik tedavi ile oluşan ve henüz mekanizması ve nasıl engellenebileceği konusunda fikir birliğine varılamamış, istenmeyen bir durumdur. Farklı yönlerde gerçekleştirilen diş hareketleri ile meydana gelen kök rezorpsiyonu pek çok çalışma ile araştırılmış (Reitan 1974, Linge and Linge 1983, 1991, Parker and Harris 1998, Jimenez-Pellegrin and Arana-Chavez 2004, Harris et al., 2006, King et al., 2011, Wu et al., 2011, Bartley et al., 2011, Montenegro et al., 2012, Aras et al., 2012) fakat ortodontik tedavide geniş yeri olan distalizasyon hareketi ve transseptal fibrillerin çekim gücü ile oluşan spontan hareket ile kök rezorpsiyonu ilişkisi değerlendirilmemiştir.

Bu çalışmada direkt kuvvet uygulaması ile gerçekleştirilen distalizasyon ve iskeletsel ankraj kullanılan sistemlerde meydana gelen spontan distalizasyon sonrası premolar dişlerde meydana gelen kök yüzey değişikliklerinin incelenmesi hedeflenmiştir.

Bu çalışmaya dahil edilen bireylerde öncelikle üst çenede en az iki premolar çekimi endikasyonu ve maksimum ankraj gereksinimi aranmıştır. Birey seçiminde

belirlenen kriterlerin bir kısmı Malek et al. (2001) ve Srivicharnkul et al. (2005)'nın çalışmaları rehber alınarak oluşturulmuştur.

Çalışmaya dahil edilen 20 bireyin yaş ortalamaları 15,06 aydır ve kronolojik yaş aralığı 12-18'dir. Diş hareketi ile kök rezorpsiyonu ilişkisini araştıran çalışmalarda kronolojik yaş dağılımının benzer olduğu görülmektedir (Owman-Moll et al., 1994, 1996a, b, Kurol et al., 1996, Lundgren et al., 1996, Weiland 2003, Harris et al., 2006, Chutimanutskul et al., 2006, Barbagallo et al., 2008).

Kök rezorpsiyonunun cinsiyete göre gelişiminin farklı olduğunu bildiren çalışmalar olmakla birlikte (Newman 1975, Linge and Linge 1983, Baumrind 1996), cinsiyet ile kök rezorpsiyonu arasında anlamlı bir ilişki olmadığını bildiren çok sayıda çalışma da mevcuttur (Massler and Malone 1954, McFadden et al., 1989, Beck and Harris 1994, Harris et al., 1997, Parker and Harris 1998, Sameshima and Sinclair 2001b). Bu çalışmada olası farklılıkların elimine edilmesi için çalışma grubu 10 kız, 10 erkek olmak üzere toplam 20 bireyden oluşturulmuştur.

Alt çenenin anatomik yapısı, kemik yapısı ve yoğunluğu nedeniyle sağlanabilecek diş hareketleri kısıtlı kalmaktadır. Bu yüzden çalışmamızda değerlendirilmek istenen distal yönde diş hareketi alt çeneden daha çok üst çenede gerçekleştirilmektedir. Kök rezorpsiyonunu değerlendirildiği çalışmada Haris et al. (2006) kemik yoğunluğu ve diş anatomisinden kaynaklanan farkları ortadan kaldırmak için üst premolar dişleri kullanmışlardır. Paetyangkul et al. (2009) üst ve alt çene premolar dişlerinde diş hareketi sonrası kök rezorpsiyonunu değerlendirmiş ve üst premolar dişlerin kök rezorpsiyonu açısından daha hassas olduğunu bildirmiştir. Ho et al. (2011) ise alt ve üst çene premolar dişlerinde kök rezorpsiyonu açısından anlamlı bir fark tespit etmemişlerdir. Çalışmamızda distal yönde diş hareketi yapılması planlandığından dolayı uygulama alanı olarak üst çene seçilmiştir.

İnsan vücudunun simetri sergilediği ve bir tarafın diğer tarafın aynadaki yansıması kadar benzerlik gösterdiği kabul edilmiş bir gerçektir (Ermolenko and Perepada 2007). Bundan dolayı pek çok kök rezorpsiyonu çalışmasında (Owman-Moll et al., 1996, Darendeliler et al., 2004, Chan and Darendeliler 2005, 2006, Rex et al., 2006, Gonzales et al., 2008, Barbagallo et al., 2008) bir çenede tek taraf çalışma, karşıt taraf ise kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Ho et al. (2011) alt ve üst çenede sağ ve sol premolar dişleri kuvvet uygulaması sonrası kök rezorpsiyonu açısından

değerlendirilmiş ve her çenenin kendi içinde çalışma ve kontrol grupları olarak ikiye ayrılarak kullanılabilceğini bildirmiştir. Bu çalışmada rastgele seçilen bir tarafta premolar diş aktif kuvvet uygulayarak, diğer taraf ise kuvvet uygulamaksızın spontan olarak meydana gelen distalizasyon ile premolar dişlerde oluşan kök yüzey değişiklikleri incelenmiştir. Bu çalışma şekli ile ayrıca kök rezorpsiyonunu etkileyen bireysel faktörlerin elimine edilmesi hedeflenmiştir.

İkinci molar dişlerin, molar distalizasyonu üzerindeki etkisi literatürde geniş yer alan bir konudur. Worms et al. (1973) ikinci molar dişlerin, sürme aşamasına bağlı olmaksızın, birinci molar dişlerin teması ile önce distal yöndeki harekete karşı direnç oluşturduğunu ardından Tuber bölgesinde meydana gelen yeniden şekillenme ile ikinci ve üçüncü molar dişlerin benzer şekilde distalize olduğunu bildirmiştir. İkinci molar dişlerin distalizasyon ve ankraj kaybı açısından anlamlı bir etki yaratmadığı birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Muse et al. 1993, Ghosh and Nanda 1996, Byloff and Darendeliler 1997, Joseph and Butchart 2000).

Kinzinger et al. (2004a) sürmemiş ikinci ve üçüncü molar dişlerin benzer şekilde bir takoz etkisi yaratarak distalize edilen dişlerde devrilmenin artmasına neden olduğunu, ikinci molar dişlerin sürdüğü durumlarda ise üçüncü molar dişte germektomi uygulandığında birinci molar diş ile birlikte paralel şekilde distalize olduğunu fakat distalizasyon süresinin uzadığını bildirmiştir. Hilgers (1992), Gianelly (1990), Kinzinger et al. (2004), Karlsson and Bondemark (2006) ikinci molar dişler sürmeden önce daha etkili distalizasyon sağlanabileceğini bildirmişlerdir.

Fudalej et al. (2011) tarafından yapılan sistematik derlemede ise implant veya miniplak destekli distalizasyon apareyleri kullanıldığında ikinci molarların bulunup bulunmamlarının büyük bir rol oynamadığı bildirilmiştir.

Bu çalışmada premolar dişlerin distalize edilebilmesi ve bireylerin yer ve ankraj ihtiyacının karşılanması için öncelikle molar dişlerin distalize edilmesi gerekmiştir. Tanımlanan yaş aralığında 3. molar dişler hariç tüm dişler genellikle sürmüş olduğundan diş hareket miktarı açısından bireysel farkların sonuçların homojentesini etkilememesi hedeflenerek çalışmaya dahil edilen bireylerde ikinci molar dişlerin tamamen sürmüş olması ve üçüncü molar diş germlerinin mevcut olması şartı aranmıştır. Hedeflenen diş hareket miktarı büyük olmadığından ve çekim

planlanan hastalarda ark boyunun daha fazla kısılması istenmediğinden üçüncü molar dişler için germektomi uygulanmamıştır.

Hasta kooperasyonundan bağımsız olarak maksiller molar distalizasyonu sağlanması hedefi ile pek çok ağız içi distalizasyon apareyi geliştirilmiştir. Pendulum apareyi, hazırlanması, hasta ağızında uygulanması, yeniden aktive edilmesi kolay ve maliyeti düşük olduğundan en sık kullanılan apareylerdendir (Hilgers 1992). Diğer ağız içi distalizasyon mekaniklerinde olduğu gibi premolar dişlerin mezializasyonu, kesici dişlerin protruzyonu ile overjet artışı ve molar dişlerde distale devrilme ile kendini gösteren ankraj kaybı pendulum apareyinin de en büyük dezavantajıdır (Gianelly et al., 1989, Bondemark and Kurol 1992, Aras 1993, Muse et al., 1993, Doğanay 1996, Ghosh and Nanda 1996, Byloff and Darendeliler 1997, Byloff et al., 1997, Gianelly 1998, Elekdağ Türk 1999, Bussick and McNamara 2000, Ngantung et al., 2001, Taner et al., 2003, Güngör Acar 2004, Chiu et al., 2005, Kinzinger et al., 2008).

Ankraj kaybının önüne geçmek için ağız içi distalizasyon mekanikleri iskeletsel ankraj üniteleri ile birleştirilerek uygulanmaya başlanmıştır. Byloff et al. (2000) ve Karcher et al. (2002) Graz implant-destekli pendulum apareyini kullanmış, Keleş et al. (2003) Keleş slider apareyini Nance plağı yerine palatal osteointegre implantlar ile desteklemiş, Carano et al. (2004) distal-jet apareyi için minividalardan ankraj almıştır. Karaman et al. (2002) ve Gelgör et al. (2004) açık sarmal yaylar ile distalizasyon sağladıkları mekaniklerinde kemik içi vidaları dolaylı ankraj kaynağı olarak kullanmış, birinci premolar dişleri vidanın boynuna uzatılan teller ile birleştirmiştir.

Kircelli et al. (2006) tarafından geliştirilen kemik destekli pendulum apareyi (BAPA- Bone Anchored Pendulum Appliance) daha sonra Escobar et al. (2007) ve Polat-Özsoy et al. (2008) tarafından kullanılmıştır. Kemik destekli pendulum apareyinde anterior paramedian bölgeye yerleştirilen bir veya iki IMF vidası pendulum apareyinin Nance plağı ile birleştirilmiştir. Kircelli et al. (2006) bazı hastalara tek bazı hastalara ise iki adet vida yerleştirmişler; iki adet vida yerleştirmenin hem rotasyonel hareketleri engelleyeceğini hem de bu şekilde daha başarılı sonuçlar elde edilebileceğini bildirmişlerdir.

Bu çalışmada kullanılan aparey düzeneği, bahsi geçen üç çalışma örnek olarak oluşturulmuştur. Tüm bireylerde 2 mm çap 8 mm boydaki iki adet IMF vidası anterior paramedian bölgeye yerleştirilmiş, yalnızca bir hastada mukozal kalınlığı nedeni ile aynı çapta 10 mm uzunluğunda vidalar kullanılmıştır (Dual-top anchor system 20-G2-010, Guro-Gu, Seoul, Korea).

Literatürde anterior palatal bölgeye distalizasyon amacı ile yerleştirilen vidaların çapları 1,6 mm ile 3,8 mm, boyları 8 mm ile 14 mm arasında değişmektedir. (Gelgör et al., 2004, Park et al., 2005, Kircelli et al., 2006, Escobar et al., 2007, Öncağ et al., 2007, Gelgör et al., 2007, Polat-Özsoy et al., 2008, Oberti et al., 2009, Kinzinger et al., 2009). Başka araştırmacılar tarafından da bu alanda 1,5 ve 1,6 mm çaplarında ve 6-7 mm uzunluğunda mini vidaların kullanımının uygun olduğu bildirilmiştir (Melsen 2005, Kim et al., 2010). Crismani et al. (2005) ve Gedrange et al. (2005) median ve paramedian bölgeye yerleştirilen 4 ve 6 mm uzunluktaki osteoentegre implantların yeterli olduğunu, Chen et al. (2006) osteoentegre olan ve olmayan palatal implantların benzer ankraj değerine sahip olduğunu ve osteoentegrasyon için beklenerek tedavi süresinin arttırılmasına gerek olmadığını bildirmiştir. Ortodontik geçici ankraj elemanları için tam osteoentegrasyon, çıkarılma aşamasının güçleşmesi nedeni ile istenmeyen bir durumdur ve düşük entegrasyon indekslerinde bile implantlar fonksiyon görebilmektedir (Cornelis et al., 2007). Bu çalışmada kullanılan minividalar kolay yerleştirme ve çıkartma, kemik ile arasındaki retansiyon mekanik olduğundan dolayı osteoentegrasyon sürecinin olmaması ve hemen kuvvet yüklenilebilmesine olanak tanınması gibi avantajlar taşımaktadır.

Distalizasyon apareylerine destek sağlamak için kullanılan minividalar sıklıkla anterior palatal bölgeye yerleştirilmektedir. Midpalatal suturun implant yerleşimi için en uygun alan olduğunu bildiren birçok araştırmacı vardır (Triaca et al., 1992, Block and Hoffmann 1995, Wehrbein et al., 1996). Asscherickx et al. (2005) orta palatal düzleme osteoentegre implantların yerleştirilmesi ile normal transversal gelişimin engellendiğini ve paramedian bölgenin tercih edilebileceğini bildirmişlerdir. Kang et al. (2007) ve Baumgaertel (2009) yaptıkları CBCT çalışmasında palatal derinliğin, midpalatal suturdan uzaklaştıkça ve anteriordan posteriora gittikçe azaldığını tespit etmişlerdir. Bernhart et al. (2000) CBCT

çalışması sonucunda insiziv formenin 6 – 9 mm gerisinde, midpalatal suturunun 3 – 6 mm lateralindeki bölgenin palatinal implantların yerleştirilmesi için güvenli bir bölge olduğunu belirtmişlerdir. Kircelli et al. (2006) ve Polat-Özsoy et al. (2008)'nin çalışmalarında olduğu gibi bu çalışmada da minividaların yerleştirilmesi için Bernhart et al. (2000)'nin önerdiği alan seçilmiştir.

Jacobs (2000) 1,2 mm ve 1,3 mm çaplara sahip implantların 300 gr'a kadar uygulanan ortodontik kuvvetlere karşı koyabildiğini, 300 gr'dan daha büyük kuvvetlerin uygulandığı vakalarda daha büyük çaplı minividaların seçilmesi gerekebileceğini bildirmiştir. Wang and Liou (2008) çalışmalarında vidanın stabilitesi açısından 200-425 gr arası kuvvetler arasında fark tespit etmemişlerdir. Büchter et al. (2005) 200 adet implant üzerine farklı yön ve şiddette kuvvetler uygulamışlar ve 22-70 gün sonunda 900cN'u geçen kuvvetlerde implantların kaybedildiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada iki adet minividaya etkiyen toplam kuvvet miktarı 600 gr'dır.

Pendulum apareyinde TMA zembekleri 90° aktive edilerek ağız içerisine yerleştirilmesiyle aktivasyonun %30'u kaybolmakta ve 60° net aktivasyon kalmakta ve 230 gr kuvvet meydana gelmektedir (Hilgers 1992). Byloff et al. (2000) Graz implant destekli pendulum (GİDP) apareyi ile molar distalizasyonu için 250 gr, Önçağ et al. (2007) klasik pendulum ile palatinal bölgede implant destekli pendulum apareylerini karşılaştırdığı çalışmada her iki grupta 300 gr, Polat-Özsoy et al. (2008) ise 230 gr distalizasyon kuvveti uygulamışlardır. Bu çalışmada molar distalizasyonu amacıyla TMA zembekleri 250 gr kuvvet uygulayacak şekilde aktive edilmiştir.

Storey and Smith (1952), kanin dişlerin distalizasyonunda optimum kuvvet olarak 150-200g aralığını önermiş, Proffit and Fields (2000) devrilme hareketi için 50 g, gövdesel hareket için 80g kuvvetin uygun olduğunu bildirmiştir. Premolar dişlerin kök rezorpsiyonu açısından değerlendirildiği çalışmalarda 25-225 gr aralığında farklı kuvvet seviyeleri uygulanmıştır. Bu çalışmada 100 gr kuvvet uygulanması kararı, klinik uygulama, optimum kuvvet ve kök rezorpsiyonu çalışmaları göz önünde bulundurularak tespit edilmiştir.

Üst birinci molar dişlerin direnç merkezi diş kökünün trifurkasyon bölgesi civarındadır (Dermaut et al., 1986). Pendulum apareyinde meydana gelen yüksek

devrilme miktarı, apareyin dizaynından kaynaklı olarak kuvvetin direnç merkezinin kuronalinden geçmesine bağlanmıştır (Byloff and Darendeliler 1997, Bussick and McNamara 2000, Joseph and Butchart 2000, Chaques-Asensi and Kalra 2001, Chiu et al., 2005). Bu çalışmada üst birinci molar diş bantına lehimlenen Teuscher tüpü ile uygulanan kuvvet dişin direnç merkezine yaklaştırılmaya çalışılmış, premolar dişe ise palatinal bölgenin anatomik yapısı izin vermediğinden kuvvet kuron seviyesinden uygulanmıştır.

Ortodontik kuvvetler etkisinde rezorpsiyon kraterlerinin 10–35 günden sonra izlendikleri bildirilmektedir (Stenvik and Mjor 1970, Reitan 1974, Rygh 1977, Harry and Sims 1982, Kaley and Phillips 1991). Farklı yönlerde, kuvvet miktarları ve kuvvet rejimlerinde kök rezorpsiyonunun incelendiği hayvan çalışmalarında 3, 14, ve 28 günlük (Foo et al., 2007, Kepsch et al., 2007, Gonzales et al., 2008, 2010, 2011, Lim et al., 2011), klinik çalışmalarda ise 4, 8 ve 12 haftalık (Weiland 2003, Chan et al., 2004a, b, 2005, Chan and Darendeliler 2005, 2006, Barbagallo et al., 2008, Ballard et al., 2009, Paetyangkul et al., 2009, Ho et al., 2011, Wu et al., 2011, King et al., 2011, Karadeniz et al., 2011, Montenegro et al., 2012, Aras et al., 2012) uygulama süreleri kullanılmıştır. Paetyangkul et al. (2011) 4, 8, 12 haftalık uygulamaları kök rezorpsiyonu açısından karşılaştırmışlar ve tedavi süresi uzadıkça kök rezorpsiyon miktarının arttığını, en yüksek rezorpsiyon miktarını 12. hafta sonunda tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Bu çalışmada, klinik uygulama süreleri ile paralel uygulama yapılması ve kuvvet uygulanmayan tarafta ölçülebilir bir hareketin meydana gelmesi istendiğinden uygulama süresi 4,5 ay olarak belirlenmiştir.

Literatürde distalizasyon sonrası maksiller dişlerde meydana gelen sagittal hareketin ölçülmesi için pterygoid vertikal düzlem (PtV), okluzal düzleme sella noktasından indirilen dikme (OLp) veya vertikal düzlem (VP) referans düzlemler olarak kullanılmıştır. Devrilme ve vertikal yön hareketinin ölçümü için kullanılan referans düzlemler ise sella-nasion düzlemi (SN), palatal düzlem (ANSPNS) veya horizontal düzlemdir (HP) (Bondemark 2000, Mavropoulos 2005, Karlsson and Bondemark 2006, Sayınsu et al., 2006). Sella-Nasion, Frankfurt Horizontal Düzlemleri ve Sella Tursicanın ön duvarı büyüme ve gelişimin etkilerinin elimine edilmesi için kullanılan anatomik yapılar ve düzlemlerdir (Kaya 2007). Bu çalışmada dişlerin sagittal, vertikal ve açısız ölçümleri için ANS-PNS düzlemi ve bu düzleme

PNS noktasından indirilen dikme referans düzlemler olarak kullanılmıştır. Yapılan maksiler lokal çakıştırma Björk and Skieler (1983)'in tarif ettiği yapıların tam olarak görülememesinden kaynaklı hataların oluşmaması için ANS-PNS düzlemi üzerinde yapılmıştır. Bu çalışmada birincil hedef farklı uygulamalar ile hareket eden karşıt birinci premolar dişlerin birbiri ile karşılaştırmak olduğundan, büyüme ve gelişim ile meydana gelen değişimlerin birey içi çalışma ile elimine edildiği düşünülmektedir.

Sefalometrik değerlendirmelerde, hareket yönü ve miktarı tespit edilmek istenen dişlerin farklı noktalarından ölçüm yapılmakta, sıklıkla kuron tepesi, kuron merkezi, direnç merkezi ve mine sement birleşim yeri kullanılmaktadır (Bondemark and Kuroi 1998, Papadopoulos et al., 2004, Kinzinger et al., 2005a). Bu çalışmada, diğer çalışmalar ile karşılaştırma yapabilmek amacıyla dişlerin direnç merkezi ve kuron tepelerinden ölçümler yapılmıştır.

Distalizasyon sonrası model ölçümleri model fotokopisi, model fotoğrafı ve milimetrik kâğıt veya protraktör ile direkt ölçüm gibi metotlarla yapılmaktadır (Gulati et al., 1998, Keleş and Sayınsu 2000, Bolla et al., 2002, Paul 2002, Kaya 2007, Acar et al., 2010). Son yıllarda teknolojik gelişme ile üç boyutlu model analizleri kullanılmaya başlanmıştır (Mavropoulos et al., 2005, 2006, Naıçacı 2008, Oh et al., 2011). Ölçümlerin diğer yöntemlere göre daha rahat yapılabilmesi, arşivlenmesinin daha kolay ve ucuz olması ve modellerin kırılma veya kaybolma riskinin olmaması (Santaro et al., 2003, Zilberman et al., 2003, Quimby et al., 2004, Mavropoulos et al., 2005, Mullen et al., 2007), üç boyutlu modellerin avantajlarından. Horton et al. (2010) dental çalışma modelleri ve üç boyutlu dijital modelleri ölçüm tutarlılığı ve netliği açısından karşılaştırmış; güvenilirlik, uygulama kolaylığı ve ölçümlerin hızlı yapılabilmesi nedeni ile dijital modellerin, özellikle de okluzal yüzey ölçümleri için kullanılabileceğini bildirmiştir. Bu çalışmada dişlerin transversal ve rotasyonel hareketleri üç boyutlu model analizi ile okluzal düzlemden değerlendirilmiş, kullanılan düzlem ve noktalar farklı çalışmalar rehber alınarak oluşturulmuştur.

Kök rezorpsiyonunun in vivo olarak incelenmesinde geçmişten bugüne kullanılan yöntemler dijital ve geleneksel panoramik ve periapikal radyografiler ve CBCT'dir. Üç boyutlu olan bir yapının iki boyutlu olarak görüntülenmesi, apikal kısılmaya neden olacak kadar şiddetli rezorpsiyon varlığında mümkündür. Bunun

dışında geleneksel ve dijital radyografik yöntemler ile diş yüzeylerinde meydana gelen rezorpsiyon kraterleri, dağılımı ve miktarı tespit edilememektedir. CBCT güvenilir bir yöntem olarak ortaya atılmış olsa da rezorpsiyon kraterlerinin tespiti yine de mümkün olmamaktadır (Holberg et al., 2005, Gegler and Fontanella 2008, Dudic et al., 2008, Dudic et al., 2009). İn vitro olarak OOİKR'nun incelenmesinde SEM ve geliştirilmiş özel yazılım ile kraterlerin üç boyutlu olarak tespiti mümkün olmakta (Harris 2000, Jimenez-Pellegrin and Arana-Chavez 2004, Mavragani et al., 2004, Chan and Darendeliler 2005), ancak kurvatürlü yüzeylerde kraterlerin tam olarak tespit edilememesi ve kök yüzeyinin indirekt haritasının çıkarılması esasına dayandığı için bu yöntem bazı bölgelerde yetersiz kalmaktadır. Bununla birlikte üç boyutlu analizlerde güncel ve güvenilir bir yöntem olarak belirtilen X-ışını Mikro Tomografisi (XTM) tıpkı SEM gibi şimdilik in vitro uygulama olmasına karşın SEM incelemelerindeki metodolojik tasarıma dair karmaşıklıkları elimine etmesi ve diş kökünün önemli anatomik kısımlarını güvenilir olarak ayırt etmesiyle üç boyutlu yüzey incelemelerinde üstünlükler sağlamaktadır (Harris et al., 2006). Bu çalışmada üç boyutlu yüzey incelemesinde Mikro-BT yöntemi seçilmiş ve yöntemin uygulanmasında kullanılan SkyScan-1172, (Skyscan, Aartselaar, Belgium) cihazıyla elde edilen verilerden kraterlerin üç boyutlu hacimsel ölçümünü saptamak üzere özel olarak geliştirilmiş olan Convex Hull 2D (CHull2D, University of Sydney, Australia) yazılımı kullanılmıştır.

Bulguların tartışmasında öncelikle ölçümleri yapılan U6, U4 ve U1 dişlerinin hareket yön ve miktarlarına değinilecektir. Hareketi tespit edilmek istenen diş birincil olarak üst birinci premolar dişlerdir ve bu dişlerin hareketi birinci molar dişlerin hareketinden direk olarak etkilenmektedir. Bu nedenle üst birinci molar diş hareketi çalışmanın tartışma kısmında yer almaktadır. Üst kesici dişler de premolar dişlerden etkilendiğinden, tartışmada bu dişlere de yer verilecektir. Her dişte meydana gelen sagittal, vertikal, açısız, transversal ve rotasyonel olmak üzere beş yöndeki hareket sefalometrik ve model ölçümleri ile tanımlanmıştır. Tüm yönlerdeki hareketlerin anlaşılabilmesi için sefalometrik ve model ölçümlerine ait sonuçlar her diş için arka arkaya ele alınacaktır.

Çalışmamızda üst birinci molar dişler DG grubunda kuron ve kök seviyesinde sırası ile $3,67\pm 0,74$ mm ve $2,27\pm 0,63$ mm, FG grubunda yine aynı sıra ile $3,92\pm 0,80$

mm ve $2,63 \pm 0,62$ mm distalize edilmiştir. Distalizasyon miktarı her iki grup ve her iki seviyede istatistiksel olarak anlamlı iken ($p=0,001$, $p<0,05$) gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (U6(tip)-y için $p=0.316$, $p>0.05$, U6(cr)-y için $p=0.091$, $p>0.05$).

Geleneksel ağız içi distalizasyon yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalarda 1,40 mm ile 6,1 mm distalizasyon elde edilmiştir (Bondemark and Kurol 1992, Bondemark et al., 1994, Ghosh and Nanda 1996, Byloff and Darendeliler 1997, Byloff et al., 1997, Bondemark and Kurol 1998, Gulati et al., 1998, Bondemark 2000, Brickman et al., 2000, Bussick and McNamara 2000, Haydar and Üner 2000, Kinzinger et al., 2000, Chaques-Asensi and Kalra 2001, Ngantung et al., 2001, Bolla et al., 2002, Fortini et al., 2004, Kinzinger et al., 2004a, Papadopoulos et al., 2004, Bondemark and Karlsson 2005, Ferguson et al., 2005, Chiu et al., 2005, Kinzinger et al., 2005a, 2005b, Mavropoulos et al., 2005, Sayınsu et al., 2006). Ancak tüm bu çalışmalarda molar distalizasyonu gerçekleştirirken, premolar ve kesici dişlerde 4,7 mm'ye varan ankraj kayıpları gözlenmiştir.

Kemik içi vida destekli ağız içi distalizasyon çalışmalarında pendulum uygulamaları ile birinci molar dişlerde 4 mm ile 6,4 mm (Kircelli et al., 2006, Önçağ et al., 2007, Escobar et al., 2007, Polat-Özsoy et al., 2008), implant destekli modifiye transpalatal ark uygulamalarında ortalama 3.90 mm (Gelgör et al., 2004, Gelgör et al., 2007), iskeletsel ankraj ile yapılan bukkal segment distalizasyonu çalışmalarında ise birinci molarlarda 1,51 mm ve 1,64 mm distalizasyon meydana gelmiştir (Park et al., 2005, Oh et al., 2011). Sugawara et al. (2006)'nın çalışmasında zigoma ankraj sistemiyle bukkal segment distalizasyonu yapılmış, molarlarda kron seviyesinde 3,78 mm, kök seviyesinde 3,20 mm distalizasyon sağlanmıştır. Kaya (2007) ise benzer bir sistem ile 5,03 mm distalizasyon elde etmiştir. İmplant destekli sistemlerle yürütülen çalışmalarda distalizasyon süresi 4,6-20 ay arasında değişmektedir.

Diğer implant destekli yöntemlerle kıyaslandığında iskeletsel ankraj ile bukkal segment distalizasyonu çalışmalarında daha az miktarda distalizasyon elde edildiği görülmektedir (Park et al., 2004, Park et al., 2005). Bunun nedeni, kullanılan mikrovidaların molar veya premolar dişlerin kökleri arasına yerleştirilmesinden dolayı posterior dişlerdeki hareket miktarının sınırlı olması ve tam ünite dişsel Sınıf 2 ilişkiye sahip hastaların bu çalışmalara dahil edilememesi olabilir. Bu çalışmanın

bulguları implant destekli modifiye transpalatal ark uygulamaları ile (Gelgör et al., 2004, Gelgör et al., 2007) paralellik göstermektedir. Bu benzerlik molar diş uygulanan kuvvet miktarı ve uygulama süresinin bizim çalışmamız ile aynı olmasından kaynaklanıyor olabilir. Bu çalışma ile implant destekli pendulum apareyi uygulamaları benzerlik göstermekle birlikte distalizasyon miktarının daha az olması, tedavi süresinin daha kısa olmasına bağlanabilir. Ayrıca bu çalışma grubunda ikinci molar dişlerin sürmüş ve üçüncü molar germlerinin varlığı bu farka etki etmiş olabilir.

Bu çalışmada molar dişlerin PP düzlemi ile yaptığı açı DG grubunda $7,40\pm 4,90^\circ$, FG grubunda ise $6,87\pm 5,53^\circ$ artmıştır. Distalizasyon ile beraber meydana gelen distale devrilme her iki grup için istatistiksel olarak anlamlı ($p=0.001$, $p=0.001$), gruplar arasındaki fark ise istatistiksel olarak anlamsızdır ($p=0.645$, $p>0.05$).

Distalizasyon kuvvetinin üst birinci molar dişlerin direnç merkezinin kuralından geçmesinin, diş kuralının distale devrilmesine neden olacağı bildirilmiştir (Armstrong 1971, Barton 1972, Melsen 1978, Jacobson 1979, Nanda and Goldin 1980). Ancak kuvvetin dişin direnç merkezinden geçtiği horizontal yönlü kuvvet uygulamalarıyla bile devrilme olmadan distalizasyon sağlanmasının çok zor olduğu belirtilmiştir (Greenspan 1970, Armstrong 1971). Uygulanan kuvveti dişin direnç merkezine yaklaştırarak ve molar dişin rijit bir rehber ark üzerinde hareketi sağlanarak gövdesel molar distalizasyonu elde ettiğini bildiren araştırmacılar mevcuttur (Carano and Testa 1996, Keleş et al., 1999,2003, Keleş and Sayınsu 2000, Sayınsu 2000, Nalçacı 2008).

Geleneksel ağız içi distalizasyon yöntemleriyle molarlarda $14,5^\circ$ 'ye varan distale devrilme oluştuğunu bildiren çalışmalar vardır (Bondemark and Kurol 1992, Bondemark et al., 1994, Ghosh and Nanda 1996, Byloff and Darendeliler 1997, Byloff et al., 1997, Bondemark and Kurol 1998, Gulati et al., 1998, Bondemark 2000, Brickman et al., 2000, Bussick and McNamara 2000, Haydar and Üner 2000, Kinzinger et al., 2000, Chaques-Asensi and Kalra 2001, Ngantung et al., 2001, Bolla et al., 2002, Fortini et al., 2004, Kinzinger et al., 2004a, Papadopoulos et al., 2004, Bondemark and Karlsson 2005, Ferguson et al, 2005, Chiu et al., 2005, Kinzinger et al., 2005a, 2005b, Mavropoulos et al., 2005, Sayınsu et al., 2006). Bu yöntemler ile

premolar ve molar dişlerde önemli miktarda ankraj kaybedilmekte ve molar distalizasyonu büyük oranda distale devrilme ile gerçekleşmektedir.

İmplant destekli ağız içi distalizasyon sistemlerinde ise modifiye transpalatal ark ile molarlarda 9.05° 'ye (Gelgör et al., 2004, Gelgör et al., 2007), kemik içi vida destekli pendulum ile 14.4° 'ye varan distale devrilme ölçülmüştür (Kircelli et al., 2006, Önçağ et al., 2007, Escobar et al., 2007, Polat-Özsoy et al., 2008). Bukkal bölgede birinci molar ve ikinci premolar dişler arasına yerleştirilen mikrovida destekli bukkal segment distalizasyonu çalışmalarında ise birinci molarlarda 0.31° , $2,28^\circ$ 'lik distale devrilme izlenmiştir (Park et al., 2005, Oh et al 2011).

Molar diş distalize olurken meydana gelen devrilme miktarı distalizasyon miktarı, distalizasyon süresi, uygulanan kuvvet miktarı ve kuvvet uygulama noktası, ikinci ve üçüncü molar dişlerin durumu gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Bu çalışmada birinci molar dişte meydana gelen distale devrilme, ikinci molar dişlerin sürmüş ve üçüncü molar diş germlerinin mevcut olması, birinci molar dişlerin rijit bir rehber ark teli üzerinde hareket etmiyor olması nedeni ile paralel hareket sağlayan çalışmalardan daha fazladır. Distalizasyon miktarının mikrovida destekli bukkal segment distalizasyonu çalışmalarından (Park et al., 2005, Oh et al., 2011) daha fazla olması nedeni ile birinci molar dişte meydana gelen distal devrilme daha çok, kuvvetin dişin direnç merkezinden geçmesi nedeni ile kemik destekli pendulum uygulanan çalışmalardan (Kircelli et al., 2006, Önçağ et al., 2007, Escobar et al., 2007, Polat-Özsoy et al., 2008) daha azdır.

Bu çalışmada birinci molar dişlerin vertikal hareketini gösteren U6(tip)-x ve U6(cr)-x değerlerinde DG ve FG grupları içinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark meydana gelmemiştir ($p>0,05$). Gruplar arası fark da aynı şekilde istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0.05$).

Klasik ağız içi distalizasyon yöntemleri ile yapılan çalışmalarda molarların intrüze olduğu bildirilmiştir (Ghosh and Nanda 1996, Byloff and Darendeliler 1997, Byloff et al., 1997, Pieringer et al., 1997, Chaques-Asensi and Kalra 2001). Ancak, molarlarda ekstrüzyon olduğunu bildiren çalışmalar da vardır (Bondemark and Kurol 1998, Gulati et al., 1998, Haydar and Üner 2000, Fortini et al., 2004).

Kemik içi vida destekli ağız içi distalizasyon sistemlerinden pendulum ile (Kircelli et al., 2006, Escobar et al., 2007) ve mikrovida destekli bukkal segment

distalizasyonu çalışmalarında (Park et al., 2005, Oh et al., 2011), bizim çalışmamız ile uyumlu şekilde molar dişlerde önemli miktarda vertikal hareket izlenmemiştir. Molarlarda vertikal hareket görülmemesi distal yönlü kuvvet vektörünün dişin uzun aksına dik olarak uygulanmasına bağlanabilir.

Distalizasyon öncesi ve sonrasında alınan dijital modeller üzerinde yapılan ölçümlere göre DG ve FG gruplarında distalizasyon sonrasında birinci molar dişlerde sırası ile $1,88\pm 1,53$ mm ve $1,90\pm 1,37$ mm'lik ekspansiyon meydana gelmiştir. Ekspansiyon miktarı her iki grup için istatistiksel olarak anlamlı iken ($p<0.001$) gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p=0.695$, $p>0.05$).

Bulgularımız ile benzer şekilde intermolar mesafede artış bildiren çalışmalar yanında (Ghosh ve Nanda 1996, Kircelli et al., 2006, Nalçacı 2008), bulgularımızın aksine bu mesafenin aynı kaldığını bildiren çalışmalar da vardır (Keleş and Sayınsu 2000, Park et al., 2005, Escobar et al., 2007). Üst çene anatomik yapısı nedeni ile anteriordan posteriora doğru genişlemektedir ve molar dişler distale hareket ettikçe arka daha geniş bölgesinde yer almaktadır, böylece mandibular ark ile uyumlu kalarak çapraz kapanış oluşmamaktadır.

Premolar dişlere kuvvet uygulanmayan DG ve aktif kuvvet uygulanan FG gruplarında birinci molar dişlerde sırasıyla $0,10\pm 8,65^\circ$ ve $0,38\pm 5,79^\circ$ 'lik meziobukkal rotasyon meydana gelmiştir fakat değişim her iki grupta da, gruplar arasında da istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$).

Keleş ve Sayınsu (2000), Kircelli et al. (2003), Escobar et al. (2007), ve Nalçacı (2008) yaptıkları ağız içi molar distalizasyonu çalışmalarında bulgularımıza benzer şekilde molar dişlerin rotasyona uğramadan distalize olduğunu göstermişlerdir. Birçok araştırmacı ise kullandıkları ağız içi molar distalizasyonu mekaniklerinde üst birinci molar dişlere uygulanan kuvvetin molar dişe etki ettiği bölgeye bağlı olarak bu dişlerde rotasyonlar meydana geldiğini bildirmiştir (Ghosh and Nanda 1996, Gulati et al., 1998, Keleş 2001, Kinzinger et al., 2004, Gelgör et al., 2004, Mavropoulos et al., 2005).

Pendulum apareyinde normalde molar dişte meziobukkal rotasyon hareketi olması beklenir. Molar dişlerin 3 köklü olmaları nedeniyle distalizasyon hareketine daha çok direndiği ve distalizasyon yerine daha çok palatinal kök etrafında distobukkal rotasyon hareketi meydana geldiği yapılan yorumlardandır. Bu iki

hareketin birbirini kompanze edecek şekilde meydana geldiği ya da birinci molar diş ile kontakta bulunan komşu dişlerin rotasyon hareketine izin vermediği de düşünülebilir.

Bu çalışmada birinci premolar dişlerde DG grubunda kuron (U4(tip)-y) ve kök seviyesinde (U4(cr)-y) sırası ile $3,05\pm 1,05$ mm ve $1,86\pm 0,79$ mm spontan distalizasyon meydana gelmiştir ve değişim her iki seviye için anlamlıdır ($p<0.001$, $p<0.001$). FG grubunda 100 gr distal yönde kuvvet uygulaması ile yine aynı sıra ile $3,69\pm 0,74$ mm ve $2,38\pm 0,74$ mm distalizasyon sağlanmıştır ve değişim her iki seviye için istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.001$, $p<0.001$). Gruplar arasındaki fark kuron ve kök seviyesi için istatistiksel olarak anlamlıdır ($p=0.019$, $p<0.05$, $p=0.048$, $p<0.05$).

Geleneksel ağız içi molar distalizasyonu yöntemlerinde premolar dişlerde ankraj kaybına bağlı olarak mezial yönde hareket olduğu yapılan birçok çalışma ile ortaya konmuştur (Ghosh and Nanda 1996, Byloff and Darendeliler 1997, Byloff et al. 1997, Gulati et al., 1998, Bondemark 2000, Brickman et al., 2000, Keleş and Sayınsu 2000, Bussick and McNamara 2000, Haydar and Üner 2000, Chaques-Asensi and Kalra 2001, Ngantung et al., 2001, Bolla et al., 2002, Fortini et al., 2004, Papadopoulos et al., 2004, Chiu et al., 2005, Kinzinger et al., 2005a, Mavropoulos et al., 2005, Sayınsu et al., 2006).

Kemik içi vida veya implantlardan direkt destek alınarak yapılan ağız içi molar distalizasyonu çalışmalarında, bizim çalışmamızın DG grubunda meydana gelen değişime paralel şekilde 1,7 mm ile 5,4 mm arasında değişen üst premolar distalizasyonu gözlenmiştir (Kircelli et al., 2006, Escobar et al., 2007, Cornelis and De Clerk 2007, Önçağ et al., 2007, Nalçacı 2008, Polat-Özsoy et al., 2008). Premolar dişlerin spontan olarak distalizasyonu transseptal fibrillerin etkisi ile meydana gelmektedir.

Üst posterior segmentin grup olarak distalize edildiği çalışmalara bakıldığında, Kaya (2007), çalışmasında birinci ve ikinci premolar dişlerde sırasıyla 4.63 mm ve 4.80 mm, Park et al. (2005) birinci premolar dişlerde $1.20\pm 2,94$ mm, Oh et al. (2011) ise 1.42 ± 1.87 mm distalizasyon tespit etmiştir. Bu çalışmada FG grubunda birinci premolar diş distal yönde 100gr'lık kuvvet uygulandığından bu dişte meydana gelen değişimler direkt kuvvete maruz kalan dişler ile karşılaştırılacaktır.

Bu çalışmada FG grubunda elde edilen hareket Park et al. (2005) ve Oh et al. (2011)'nin bulgularından daha fazla, Kaya (2007)'nin bulgularına yakın olmakla birlikte daha azdır. Premolar dişin hareket alanı, molar dişin distalizasyon miktarı ile doğrudan ilişkilidir. Bu çalışmada kısa tedavi süresine rağmen uygulanan kuvvet Park et al. (2005) ve Oh et al. (2011)'nin çalışmasına göre yüksek olduğundan molar ve premolar distalizasyon miktarı daha fazladır. Kaya (2007)'nin çalışması ile karşılaştırıldığında ise uygulanan kuvvet yakın olmasına rağmen bizim çalışmamızda tedavi süresi daha kısa olduğundan molar ve premolar distalizasyon miktarı daha azdır.

Üst birinci premolar dişin palatal düzlem ile yaptığı açıda (U4/PP°) meydana gelen değişim, DG ve FG gruplarında sırasıyla $7,50\pm 4,05^\circ$ ve $8,95\pm 5,31^\circ$ lik, istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,001$, $p<0,001$) distal devrilmeyi göstermektedir. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p=0,370$, $p>0,05$). Burada, bahsi geçen dişlerden birine direkt 100 gr'lık kuvvet uygulandığı, karşıt dişe ise uygulanmamasına rağmen benzer şekilde distale devrilme göstermeleri dikkat çekicidir.

Geleneksel ağız içi molar distalizasyonu yöntemlerinde premolar dişlerde $1,29^\circ$ ile $9,53^\circ$ arasında mezial yönde devrilme olduğu bildirilmektedir (Ghosh and Nanda 1996, Byloff and Darendeliler 1997, Byloff et al., 1997, Gulati et al., 1998, Bussick and McNamara 2000, Bondemark 2000, Brickman et al. 2000, Haydar and Üner 2000, Keleş and Sayınsu 2000, Chaques-Asensi and Kalra 2001, Ngantung et al., 2001, Bolla et al., 2002, Fortini et al., 2004, Papadopoulos et al., 2004, Chiu et al., 2005, Kinzinger et al., 2005a, Mavropoulos et al., 2005). Bu sistemlerde premolar dişlerden ankraj alındığından resiprokal kuvvetlerin etkisiyle ankraj kaybı ve meziyale devrilme meydana gelmektedir.

Kemik içi ankraj ünitesine premolar dişlerin de dahil edildiği çalışmaların bir kısmında, bu dişlerde herhangi bir değişiklik gözlenmezken (Giancotti et al., 2002, Karaman et al., 2002), bir kısmında ise mezial yönde devrilme ile birlikte ankraj kaybı olduğu görülmüştür (Wehrbein et al., 1996, Gelgör et al., 2004, 2007). Kemik içi ankraj ünitesine rağmen destek alınan premolar dişlerde mezial yönde devrilme olduğunu bulan araştırmacılar, transpalatal arkların elastikiyetinden dolayı bu devrilmelerin meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Üst premolar dişlerden ankraj alınmadan kemik içi vida veya implantlardan destek alınarak yapılan ağız içi molar distalizasyonu çalışmalarında, premolar dişlerde 3,4° ile 16°'lik distale devrilme olduğu görülmüştür (Kircelli et al., 2006, Escobar et al., 2007, Öncü et al., 2007, Nalçacı 2008, Polat-Özsoy et al., 2008). Bizim çalışmamızda DG grubunda kuvvet uygulanmayan premolar dişte meydana gelen distale devrilme bu çalışmalar ile paralellik göstermektedir ve bunun premolar dişlerin transseptal fibrillerin etkisiyle distalize olurken rehber bir tel üzerinde kaymamalarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Üst posterior segmentin grup olarak distalize edildiği çalışmalarda (Park et al., 2005, Kaya 2007, Oh et al., 2011) birinci premolar dişlerde meydana gelen distale devrilme diğer sistemler ile kıyaslandığında çok daha düşüktür. Kaya (2007) birinci ve ikinci premolar dişlerde sırasıyla 0.93° ve 2.00°'lik, Park et al., (2005) birinci premolar dişte 0,06°'lik ve Oh et al. (2011) aynı dişte 3.43°'lik distale devrilme tespit etmişlerdir.

Bir dişe direnç merkezinin kuralından kuvvet uygulandığında o dişte devrilme hareketi, direnç merkezi hizasından uygulandığında ise gövdesel hareket meydana gelmektedir. Park et al. (2005), Kaya (2007) ve Oh et al. (2011)'nin çalışmalarında premolar dişlere distal yönde kuvvet bukkalden ve direnç merkezinden uygulanmış, dişler rijit arklara bağlanarak hareket ettirilmiştir. Bunun yanında uzun tedavi süreleri ve yine dişlerin arka bağlı olduğu düşünülürse bu dişlerin devrildikten sonra dikleşme meydana geldiği düşünülebilir. Bu çalışmada ise diğer çalışmaların aksine premolar dişe palatal bölgeden ve kural seviyesinden kuvvet uygulanmış, ayrıca bu dişler rijit bir arka bağlanmamıştır. Bu nedenle FG grubunda daha fazla distale devrilme olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada premolar dişlerin vertikal hareketini gösteren U4(tip)-x ve U4(cr)-x değerlerinde DG ve FG grupları içinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark meydana gelmemiştir ($p>0,05$). Gruplar arası fark da aynı şekilde istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$).

Klasik ağız içi distalizasyon yöntemleri ile yapılan çalışmalarda premolarlarda ankraj olarak kullanıldıkları için ekstrüzyon gözlenmiştir (Ghosh and Nanda 1996, Byloff et al., 1997, Keleş and Sayınsu 2000, Bussick and McNamara 2000, Brickman et al., 2000, Haydar and Üner 2000, Chaques-Asensi and Kalra 2001, Ngantung et

al., 2001, Bolla et al., 2002, Fortini et al., 2004, Chiu et al., 2005). Kemik içi vida destekli ağız içi distalizasyon sistemlerinde (Kircelli et al., 2006, Escobar et al., 2007, Nalçacı 2008) ve bukkal segment distalizasyonu çalışmalarında (Park et al., 2005, Kaya 2007, Oh et al., 2011), bu çalışmanın bulguları ile uyumlu şekilde, premolarlarda vertikal yönde hareket olmamıştır. Premolarlarda vertikal hareket görülmemesi, distal yönlü kuvvet vektörünün dişin uzun aksına dik olarak uygulanmasına bağlanabilir.

Distalizasyon öncesi ve sonrasında alınan üç boyutlu modellerin üzerinde yapılan ölçümlere göre DG ve FG gruplarında birinci premolar dişlerde sırası ile $0,79\pm 0,68$ mm ve $0,14\pm 0,98$ mm'lik ekspansiyon meydana gelmiştir. Ekspansiyon miktarı DG grubu için istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.001$) iken FG grubunda anlamlı değildir ($p=0.514$, $p>0.05$). Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p=0.024$, $p<0.05$).

Premolar dişlere aktif kuvvet uygulanmayan DG grubunda spontan olarak distalize olan birinci premolar dişler eş zamanlı olarak da ekspansiyon olmuş, üst çene genişliğinin posteriora gittikçe arttığı göz önünde bulundurulduğunda, mandibular ark ile uyumlu kalarak çapraz kapanışa geçmemişlerdir. FG grubunda ise anlamlı miktarda ekspansiyon meydana gelmeyişi, dişlere uygulanan kuvvet kolunun bu harekete izin vermediğini ya da kuvvet aktivasyonu sırasında aktif ucun dişten uzaklaştırılmış olabileceğini düşündürmektedir.

Premolar dişlere aktif kuvvet uygulanmayan DG ve aktif kuvvet uygulanan FG gruplarında distalizasyon sonrasında birinci premolar dişlerde sırası ile $6,58\pm 6,79^\circ$ ve $10,02\pm 7,95^\circ$ 'lik distobukkal rotasyon meydana gelmiştir ve grup içi farklar istatistiksel olarak anlamlı iken ($p<0,001$), gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$).

Premolar dişlere aktif kuvvet uygulanmayan DG grubunda meydana gelen rotasyon, distalizasyon ve ekspansiyon hareketinin etkisi ile ya da birinci premolar dişlerin mandibular dişler ile kontaklarından kaynaklanmış olabilir. FG grubunda ise rotasyonun, yine mandibular dişler ile olan kontakten kaynaklı ya da kuvvet aktivasyonu sırasında aktif ucun dişten uzaklaştırılmış olması ihtimali nedeni ile gerçekleşmiş olabilir.

Bu çalışmada uygulama sonrasında üst keser dişlerde kuron seviyesinde (U1(tip)-y) $0,69 \pm 0,42$ mm, kök seviyesinde (U1(cr)-y) $0,44 \pm 0,55$ mm'lik retrüzyon ve (U1/PP) $1,05 \pm 4,64^\circ$ lik retroklinasyon meydana gelmiştir. U1(tip)-y ve U1(cr)-y parametrelerinde meydana gelen değişim istatistiksel olarak anlamlı iken ($p < 0.001$) U1/PP parametresindeki değişim anlamlı değildir ($p = 0,161$, $p > 0,01$). Keser dişlerdeki retrüzyonun, spontan olarak distalize olan premolar dişlerin transseptal fibriller yardımıyla anterior bölgedeki dişleri de etkilemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Geleneksel ağız içi molar distalizasyonu çalışmalarında, distalizasyon sonrası üst kesici dişlerde 1 mm ile 8 mm protrüzyon ve $0,9^\circ$ ile 10° arasında öne eğilme saptanmıştır (Gianelly et al., 1989, Gianelly et al., 1991, Bondemark and Kurol 1992, Muse et al., 1993, Carano and Testa 1996, Ghosh and Nanda 1996, Bondemark and Kurol 1998, Gulati et al., 1998, Keleş and İşgüden 1999, Haas and Cisneros 2000, Rana and Becher 2000, Dietz and Gianelly 2000, Joseph and Butchart 2000, Fortini et al., 2004, Mavropoulos et al., 2005). Araştırmacılar meydana gelen protrüzyonu ankraj kaybı ile mezialize olan premolar dişlerin resiprokal kuvveti interproksimal kontaklar aracılığı ile kesici dişlere iletmesine ve ankraj ünitesinde yer alan Nance plağa etkiyen resiprokal kuvvetin anterior palatal bölgeden kesicilere yansımaya bağlamışlardır.

Kemik içi vida veya implantlardan destek alınarak yapılan ağız içi molar distalizasyonu çalışmaları incelendiğinde ise bu çalışmaların bir kısmında (Karaman et al., 2002, Kärcher et al., 2002, Keleş et al., 2003, Park et al., 2005, Kircelli et al., 2006) üst keser dişlerin distalizasyon sonrası retrüze olduğu fakat istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığından dişlerin pozisyonlarının sabit kaldığı bildirilmiştir. 0,1 mm ile 1,4 mm ve $0,6^\circ$ ile $2,5^\circ$ lik retrüzyonun anlamlı bulunduğu çalışmalar yanında (Escobar et al., 2007, Cornelis and De Clerck 2007, Önçağ et al., 2007, Nalçacı 2008, Polat-Özsoy et al., 2008, Oberti et al., 2009) protrüzyon meydana geldiği bildirilen çalışmalara da mevcuttur (Gelgör et al., 2004, 2007). Kemik içi ankraj ünitesinden indirek olarak ankraj alınan ve transpalatal arklar ile premolar dişlere birleştirilen çalışmalarda keser protrüzyonu meydana gelmiş, bunun sebebinin ankraj ünitesinde yer alan transpalatal arkların elastikiyetine bağlı ankraj kayıpları olduğu bildirilmiştir (Giancotti et al., 2002, Gelgör et al., 2007). Gelgör et al. (2007), ankraj

alınan kemik içi vidanın akrille desteklenmesinin, vidanın kemikte daha stabil kalmasını sağlayarak olası ankraj kayıplarını azaltacağını bildirmişlerdir.

Bu çalışmada vidanın akril plakla desteklenmesi, vidalarda direkt ankraj alınması, premolar dişlerin ankraj ünitesine dahil edilmemesi ankraj kayıplarını önlemiştir. Bu sayede üst molar dişlerdeki distalizasyon sonucu üst keser dişlerin de spontan olarak retrüze olması sağlanmıştır. Bu çalışmadaki bulgular ile paralel olacak şekilde kesicilerde retrüzyon tespit edilen çalışmalarda istatistiksel olarak anlamlılık düzeylerinin değişmesi, ölçümlerde farklı noktalar ve düzlemlerin tercih edilmesinden kaynaklanıyor olabilir.

Üst kesici dişlerin vertikal yön hareketini gösteren U1(tip)-x ve U1(cr)-x parametrelerinde gözlenen artış istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.001$) miktarda ekstrüzyon meydana geldiğini göstermektedir. Oluşan ekstrüzyon miktarı kuron ve kök seviyesi için sırasıyla $0,28\pm 0,54$ mm ve $0,45\pm 0,56$ mm'dir.

Geleneksel ağız içi distalizasyon yöntemlerinde (Ghosh and Nanda 1996, Byloff and Darendeliler 1997, Byloff et al., 1997, Bussick and McNamara 2000, Haydar and Üner 2000, Chaques-Asensi and Kalra 2001, Bolla et al., 2002, Papadopoulos et al., 2004, Kinzinger et al., 2005a) kesici dişlerde ekstrüzyon meydana geldiği bildirilmiştir. Meydana gelen ekstrüzyon, palatal bölgenin anatomik yapısı nedeni ile Nance plağa etkiyen resiprokal kuvvetin kesici dişlere öne-aşağı yönde etkimesine bağlanmıştır. Kemik içi vida destekli ağız içi distalizasyon yöntemlerinde (Karaman et al., 2002, Kärcher et al., 2002, Keleş et al., 2003, Park et al., 2005, Kircelli et al., 2006, Cornelis and De Clerck 2007, Escobar et al., 2007, Önçağ et al., 2007, Nalçacı 2008, Polat-Özsoy et al., 2008, Oberti et al., 2009) çalışmamız ile uygun şekilde kesici dişlerde ekstrüzyon tespit edilmiştir. Literatürde de yorumlandığı gibi, bu çalışmada üst kesici dişlerde meydana gelen ekstrüzyonunun nedeninin bu dişlerde meydana gelen retrüzyonun yansıması olduğu düşünülmektedir.

Asıl değerlendirilmek istenen birinci premolar dişlerin tüm yönlerdeki hareketini özetleyecek olursak;

Aktif kuvvet uygulanmayan DG grubunda birinci premolar dişlerde, kuron ve kök seviyesinde sırası ile $3,05\pm 1,05$ mm ve $1,86\pm 0,79$ mm spontan distalizasyon,

7,50±4,05°'lik distale devrilme, 0,79±0,68 mm ekspansiyon ve 6,58±6,79°'lik distobukkal rotasyon meydana gelmiştir.

Distal yönde 100 gr'lık kuvvet uygulanan FG grubunda birinci premolar dişlerde, kuron ve kök seviyesinde sırası ile 3,69±0,74 mm ve 2,38±0,74 mm distalizasyon, 8,95±5,31°'lik distale devrilme, 0,14±0,98 mm ekspansiyon ve 10,02±7,95°'lik distobukkal rotasyon meydana gelmiştir.

Gruplar arasında yalnızca distalizasyon ve ekspansiyon miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur.

Kök rezorpsiyonuna ait bulgular, önce toplam rezorpsiyon hacmi, ardından ise farklı yüzeyler ve seviyeler ele alınarak tartışılacaktır. Literatürde, bu çalışmada kullanılan mekanik, uygulanan kuvvet, uygulama süresi, elde edilen diş hareketi yönünden benzer çalışmalar yer almadığından bulgular kendi içinde tartışılacaktır.

Mikro-BT ve Chull-2D programı ile kök rezorpsiyonunun araştırılması ile aktif olarak kuvvet uygulanan ve klinik kuvvet uygulanmayan FG ve DG gruplarının her ikisinde de kök rezorpsiyonu tespit edilmiştir (Tablo 4, 5).

Kök rezorpsiyonu mineralize sement ve dentinden madde kaybı ile tanımlanan fizyolojik veya patolojik bir süreçtir (Brudvik and Right 1993a, Cohen and Burns 1998). Ortodontik kuvvet uygulamasını takiben periodontal ligamentte basınç, bu alanda lokal enflamasyon ve histolojik olarak hiyalinizasyon olarak tanımlanan aseptik nekroz dokusu gelişir. Hiyalinize doku, zarar görmemiş komşu periodonsiyumdan invaze olan hücrelerce kan damarları yolu ile uzaklaştırılır (Brudvik and Right 1993b, 1994). Bu süreç ile alveoler kemikte rezorpsiyon gerçekleşir ve diş hareketi sağlanır. Ne var ki bu sırada diş dokularında da kayıplar meydana gelir (Reitan 1974, Brudvik and Right 1994). Rezorpsiyon sadece ortodontik kuvvete maruz kalan dişlerde saptanmaz, ortodontik tedavi uygulanmayan dişlerde de oluşmaktadır ve bu durum normal, fizyolojik bir süreç olarak değerlendirilmektedir (Brezniak and Wasserstein 1993 a, b, Vlaskalic et al., 1998, Harris and Darendeliler 2006).

Bu açıdan düşünüldüğünde kuvvet uygulanan dişlerde rezorpsiyon meydana gelmesi kadar kuvvet uygulanmayan dişlerde de rezorpsiyon saptanması şaşırtıcı değildir.

Kök rezorpsiyonu insidansının araştırıldığı birçok çalışmada ortodontik tedavi görmeyen bireylerde dahi rezorpsiyon saptandığı bildirilmiştir. Populasyonun %10 ile %90'ında en az bir dişte rezorpsiyon gözlemlendiği (Massler and Malone 1954, Harris ve Butler 1992, Haris et al., 1993, Lupi et al., 1996, Kurol and Owman-Moll 1998, Harris and Darendeliler 2006), rezorpsiyon sahalarının bulunduğu dişlerin OOİRR açısından risk taşıdığı rapor edilmiştir (Massler and Malone 1954, Harris and Butler 1992). Çalışmamızda birey içi kontrol grubu oluşturulamadığından DG grubunda tespit edilen rezorpsiyonun, zaten var olan bir durum olup olmadığı ile ilgili soru işareti oluşmaktadır. Karşit dişlerin simetrik karakter taşıdığı göz önünde bulundurulduğunda her iki grupta (taraf) mevcut rezorpsiyonun FG grubunda uygulanan kuvvet ile şiddetlendiği düşünülebilir.

Bununla birlikte çalışmamızda DG grubunda klinik olarak aktif kuvvet uygulanmamış olsa da transseptal fibrillerin ölçülemeyen çekme kuvveti ile fizyolojik, spontan bir hareket gerçekleşmiştir. Dişlerin fizyolojik migrasyon ve erupsiyonları ile dahi kök rezorpsiyonu meydana geldiği literatürde yer alan bir bilgidir (Henry and Wieneman 1951, Brezniak and Wasserstein 1993 a, b, Proffit and Fields 2000). Çalışmamızda spontan olarak gerçekleşmiş de olsa ölçülebilir boyutta diş hareketi sağlanmıştır. Kuvvet uygulanmayan DG grubunda elde edilen diş hareket miktarı ile özellikle total krater hacmi ve distal yüzeyde saptanan rezorpsiyon hacmi arasında pozitif korelasyon bulunmuştur (Tablo 8). Bu noktada diş hareketinin kök rezorpsiyonu açısından birincil faktör olduğu düşünülürse her iki grupta da rezorpsiyon saptanması beklenen bir sonuçtur.

Kök rezorpsiyonun değerlendirildiği birçok çalışmada araştırılan dişlerin okluzal kuvvetlerden veya kontaklardan etkilenmemesi için okluzyon yükseltilmiştir (Harris et al., 2006, Aras 2008, Ballard et al., 2009, King et al., 2011, Bartley et al., 2011). Bu çalışmanın gözlem süresi nispeten uzun olduğundan etik ve hasta konforu açısından doğru bulunmadığından okluzyon yükseltilmemiştir. Yani dişler hareket sırasında karşit ark ile kontak halinde kalmaya devam etmiştir. Bu nedenle maruz kalınan okluzal kuvvet her iki grubu da etkilemiştir. Kuvvet uygulanmayan tarafta da rezorpsiyon tespit edilmesinin bir sebebi de bu durum olabilir.

Aktif kuvvet uygulanan FG grubunda DG grubuna göre kuron ve kök seviyesinde sırası ile 1,20 ve 1,28 kat daha fazla hareket meydana gelmiştir ve fark

en düşük seviyede istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Tespit edilen toplam kök rezorpsiyon hacmi ele alındığında FG grubunda DG grubuna göre ortalama yedi kat daha fazla kök rezorpsiyonu oluşmuştur ($p < 0,001$). FG grubu için toplam rezorpsiyon hacmi $0,4783991 \text{ mm}^3$, DG grubunda ise $0,06850775 \text{ mm}^3$ 'tür.

Dişin kat ettiği mesafe arttıkça rezorpsiyon riskinin de arttığı bilinmektedir (Philips 1955, Vonder Ahe 1973, Hollender et al., 1980, Dermaut and De Munck 1986, Sharpe et al., 1987, Sameshima and Sinclair 2001b, Cheng et al., 2009). Bu durumda hareket miktarı daha fazla olan FG grubunda yine rezorpsiyonun da daha fazla olması şaşırtıcı olmamakla birlikte aradaki farkın bu denli büyük olmasını açıklamamaktadır. Kuvvet uygulanan FG grubunda diş hareket miktarı ile rezorpsiyon hacmi arasında korelasyon saptanmazken, DG grubunda pozitif korelasyon saptanmıştır (Tablo 8). İstatistiksel olarak düşük seviyede anlamlılık gösteren ortalama 0,5 mm'lik diş hareket farkı klinik olarak büyük önem taşımamaktadır ve göz ardı edilebilir. Hareket açısından fark olmadığı varsayılırsa diş hareket miktarının kök rezorpsiyonunda birincil etken olmadığı, aktif kuvvet uygulamasının kök rezorpsiyon miktarını arttırdığı sonucuna varılabilir.

Spontan olarak meydana gelen diş hareketinin oluşum mekanizması tam olarak bilinmemekle birlikte, bir diş hareket ettiğinde gerilim tarafındaki komşu diş de transseptal fibrillerin uzaması ve gerilmesi ile aynı yönde harekete zorlanır. Bu durumda spontan hareket eden dişin de fizyolojik bir kuvvete maruz kaldığı düşünülebilir.

Rezorbe alanların tamir potansiyeli vardır ve bazı çalışmalara göre rezorpsiyon süreci ile başlayan tamir mekanizması (Stenvik and Mjor 1970, Harry and Sims 1982, Fritz et al., 2005) birçok çalışmaya göre kuvvet ortadan kalktığında veya fizyolojik sınırlara düştüğünde çalışmaya başlar (VonderAhe 1973, Hollender et al., 1980, Copeland ve Green 1986, Remington et al., 1989, Owman-Moll and Kuroi 1998, Kadioglu et al., 2008, Cheng et al., 2009, Cheng et al., 2011). Çalışmamızda histolojik değerlendirme yapılmadığından dolayı tamir potansiyelinin DG grubunda nasıl etkili olduğu bilinmemektedir. Fakat literatür bilgileri göz önüne alındığında DG grubunun maruz kaldığı varsayılan kuvvet ile rezorpsiyon geliştiği ve kuvvetin karakterinden dolayı rezorpsiyon şiddetlenmeden tamir mekanizmasının ortaya çıktığı, dolayısı ile daha az kök rezorpsiyonu meydana geldiği yorumu yapılabilir.

FG grubunda uygulanan 100gr'lık kuvvet, klinik olarak uygulanmakta olan bir kuvvet seviyesidir. Kök rezorpsiyonunun araştırıldığı birçok klinik çalışmada 25gr'lık hafif kuvvetler ile 225gr'lık ağır kuvvetler karşılaştırmalı olarak kullanılmıştır (Chan et al., 2004a, b, 2005, 2006, Darendeliler et al., 2004, Rex et al., 2006, Deane et al., 2009, Ballard et al., 2009, Paetyangkul et al., 2009, Cheng et al., 2009, 2011, Wu et al., 2011, Montenegro et al., 2012, Paetyangkul et al., 2011). 100 gr seviyesindeki kuvvetlerin kullanıldığı çalışmalar da mevcuttur.

Harry and Sims (1982), 50, 100 ve 200 g'lık intrüziv kuvvetlerin etkilerine 14, 35 ve 70. günlerde yaptıkları SEM incelemesiyle ağır kuvvetlerin ve kuvvetin uzun süreli uygulanmasının rezorpsiyon kraterlerini arttırdığını gözlemlemişlerdir. Faltin et al. (2001), transmisyon elektron mikroskopunda 50 ve 100cN'luk intrüziv kuvvetlerin etkilerini incelemiş ve 100cN'luk kuvvetin daha fazla rezorpsiyon oluşturduğunu bildirmişlerdir.

Owman-Moll et al. (1996a) dört ve yedi hafta süresince 50 ve 100g bukkal kuvvetlerin etkilerini karşılaştırdıkları histolojik çalışmada rezorpsiyon miktarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulamamışlardır.

Acar et al. (1999), 9 hafta süre ile 100 gr'lık bukkal yönlü, aralıklı ve sürekli kuvvetlerin etkilerini incelemiştir. Kök rezorpsiyonu tanımlama işlemi SEM ile yapılmış ve etkilenen yüzey alanı ve apikal küntleşme değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonunda araştırmacılar, sürekli kuvvet uygulanan grupta daha fazla kök rezorpsiyonu meydana geldiğini bildirmişler ve kontrol grubundaki 6 diştin 2'sinde rezorpsiyon tespit etmişlerdir.

Aras (2008) yaptığı doktora tez çalışmasında, 12 hafta boyunca uyguladığı 150 gr'lık bukkal yönlü kuvvet uygulaması ile çalışmamıza yakın kuvvet miktarı ve uygulama süresi göstermektedir. Sürekli ve kesikli kuvvetlerin kullanıldığı çalışmada bizim çalışmamız ile aynı rezorpsiyon tespit yöntemi kullanılmıştır. Bir grupta sürekli kuvvet uygulanan tarafta 4,91 mm hareket sağlanmış ve toplam 1,011443 mm³'lük rezorpsiyon alanı tespit edilmiştir. Diğer grup için de rakamlar 4,44 mm hareket ile 1,129724 mm³'lük toplam rezorpsiyondur. Çalışmamızda uygulama süresi bu çalışmanın 1,5 katıdır. Bu çalışmanın kuvvet miktarı bizim çalışmamızın 1,5 katıdır. Çalışmamızda FG grubunda kök seviyesinde 2,38 mm'lik hareket ile 0,47839910 mm³'lük toplam rezorpsiyon meydana gelmiştir.

Meydana gelen diş hareket tipi ile kök rezorpsiyonu arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalar sonunda uygulanan kuvvetin PDL üzerinde daha geniş alanda dağılmasından dolayı gövdesel hareketin tipping hareketine göre daha az rezorpsiyona neden olduğu bildirilmiştir (Reitan 1964, 1974, 1985, Linge and Linge 1983, Weinright 1991, Pilon et al., 1996, Park and Harris 1998, Proffit 2000, Thilander et al., 2000, Graber et al., 2005.). Ayrıca spongioz kemik içinde hareket sağlandığından meziodistal hareketlerde yine daha az rezorpsiyon tespit edilmiştir (Reitan 1985). Çalışmamızda tam gövdesel hareket elde edilememiş olsa da kök seviyesinde de distale hareket meydana gelmiştir ki, bu direnç merkezi etrafında rotasyon hareketi ile oluşan tipping hareketinden farklıdır. Bu bilgiler ile birlikte, alışmamızda Aras (2008)'ın bulgularına göre göreceli olarak daha düşük miktarda rezorpsiyon tespit edilmesi, uygulama süresinin daha uzun olmasına karşın, hareket miktarının ve kuvvetin daha az olması, hareket tipi ve yönünün avantajından kaynaklanmış olabilir.

Ortodontik kök rezorpsiyonunu etkilediği bildirilen tedavi süresi, uygulanan kuvvet miktarı ve yönü, diş hareket miktarı ve tipi gibi, birçok bireysel faktör de söz konusudur. Owmann-Moll (1996a; 1996b) mekanik faktörlerden çok bireysel cevabın varyasyonlarından dolayı farklı rezorpsiyon oranlarının görüldüğünü, Rygh (1977) ise birey içinde dahi farklı zamanlarda doku cevabının değiştiğini bildirmişlerdir.

Kök rezorpsiyonu ölçümlerimize ait grup içi verilerin bulunduğu Tablo 4 ve Tablo 5 incelendiğinde her iki grupta da toplam krater hacminde minimum ve maksimum değerlerin birbirinden çok uzak olması, burada bireysel cevabın etkin rol oynadığını göstermektedir.

Bununla birlikte çalışmanın yürütüldüğü Isparta ilinin içme suyunda yüksek miktarda flor bulunduğu bilinmektedir. Florun kök rezorpsiyonunu azalttığını bildiren birçok çalışma mevcuttur (Hellsing and Hammarstrom 1991, Miyagi et al., 1994, Darendeliler et al., 2004, Foo et al., 2007, Gonzales et al., 2011, Lim et al., 2011, Karadeniz et al., 2011). Çalışmaya dahil edilen bireylerden 6 tanesi Isparta ilinde doğmuştur, diğer bireyler ise evre illerden gelmektedir. Bireylerin hiçbirinde klinik olarak florozis saptanmamıştır. Yine de bireysel cevap farklılığı, sistemik flor alımının farklı seviyelerinden kaynaklanıyor olabilir. Çalışmanın planlanması sırasında bu faktör göz önüne alınarak, daha önce de önerildiği gibi birey içi farklı

uygulamalar yapılması ile sonuçta gruplar arası karşılaştırmanın bireysel faktörlerden etkilenmeyeceği düşünülmüştür.

Üç boyutlu inceleme yapılan dişler distal, mezial, palatal ve bukkal olmak üzere dört yüzey ve servikal, orta, ve apikal üçlü olarak üç seviyede incelenmiştir. Ayrıca her yüzeyin farklı seviyelerinde meydana gelen rezorpsiyon kraterleri de değerlendirilmiştir.

Kuvvet uygulanan FG grubunda saptanan toplam kök rezorpsiyonu hacminin ortalama %67'si distal, %25'i ise mezial yüzeyde ölçülmüştür. Yüzeyler arası farkın tespit edilmesi için distal, mezial, bukkal ve palatal yüzeyler arasında ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. Anlamlılık düzeyinin saptanması için p değeri indirgenmiştir. Karşılaştırmalar sonucunda distal ve mezial yüzeylerde meydana gelen rezorpsiyonun bukkal ve palatal yüzeylerden istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha fazla olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte distal-mezial ve bukkal-palatal yüzeyler arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiş olsa da, değerlere bakıldığında distal yüzeyde saptanan kök rezorpsiyon hacmi mezial yüzeyden ortalama 2,6 kat fazladır.

Diş hareketi ile dişin karşıt yüzeylerinde baskı ve gerilim alanları oluşmakta, dişin hareket yönünde oluşan baskı yüzeyinde diğer yüzeylere oranla yüksek miktarda kök rezorpsiyonu meydana gelmektedir. Bununla birlikte gerilim bölgesinde de daha düşük oranda olmakla beraber rezorpsiyon gelişmektedir (Reitan 1974, Acar 1999, Casa et al., 2001, Aras 2008, Viecilli et al., 2008). Çalışmamızın sonuçlarında, distal yönde daha yüksek miktarda rezorpsiyon saptanırken mezial yüzeyde de rezorpsiyon meydana gelmesi diğer çalışmaların tespitleri ile uygunluk göstermektedir.

Reitan (1964) intrüzyon ve ekstrüzyon hareketlerinde kök yüzey değişikliklerini incelediğinde, intrüzyon hareketinde apikal bölgede rezorpsiyon gelişmesini beklenen bir sonuç olarak değerlendirmiş fakat ekstrüzyon hareketinde de apikal bölgede rezorpsiyon kraterlerinin saptanmasını şaşırtıcı bulmuştur. Daha sonra yapılan birçok çalışmada Reitan'ın bulguları desteklenmiş ve gerilim tarafında da rezorpsiyon saptandığı bildirilmiştir.

Dişe bir noktadan uygulanan kuvvet üç yönde vektörlere sahiptir ve bu nedenle sadece hedeflenen yönde değil diğer yönlerde de kuvvet dağılımı meydana gelir

(Zhao et al., 2007, Viecilli et al., 2008). Distal yönde uygulanan aktif kuvvetin ana vektörü yine distal yönde olmakta ve en geniş basınç alanını dişin bu yüzeyinde oluşturmaktadır. Bununla beraber diğer vektörlerin etkisi ile vertikal, transversal ve rotasyonel hareketler de gerçekleşmekte ve dişin diğer yüzeylerinde de kuvvet etkimesine bağlı olarak rezorpsiyon kraterlerine rastlanmaktadır (Viecilli et al., 2008). Çalışmamızda FG grubundaki dişlerde transversal yönde hareket meydana gelmemekle birlikte bukkal ve palatal yüzeylerde de önemsenmeyecek miktarlarda rezorpsiyon tespit edilmiştir. Bu noktada anlamlı hareket oluşmasa bile kuvvet etkimesi sonucu rezorpsiyon sahalarının oluşması beklenen bir sonuçtur.

Henry an Wieneman (1951) dişlerin fizyolojik göç doğrultusunda yer alan mesial ve bukkal yüzeylerde rezorpsiyonun daha çabuk oluştuğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda aradaki fark anlamlı olmamakla birlikte değerlere bakıldığında FG grubunda bukkal yüzeyde saptanan rezorpsiyonun palatal yüzeyden daha fazla olması ve mezial yüzeyde de azımsanmayacak boyutta rezorpsiyon meydana gelmesi Henry and Wieneman'ın (1951) bulgularını destekler niteliktedir.

Kuvvet uygulanan FG grubunda servikal, orta ve apikal üçlüde ölçülen rezorpsiyon hacimleri açısından bir fark yoktur. Seviyeler arası ikili karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmemiştir. Üç seviyede homojen şekilde rezorpsiyon meydana geldiği söylenebilir. Literatürde yer alan çalışmalarda her ne kadar genel kanı korondan apikale doğru rezorpsiyonun arttığı yönündeyse de rezorpsiyon kraterlerinin lokalizasyonunda anatomik komşuluklar, kuvvetin yönü ve tipi belirleyici faktörler olarak rol oynamaktadır (Henry and Weinmann 1951, Darendeliler et al., 2004).

Sonlu eleman model analizi yöntemi ile yapılan bir çalışma sonucunda intrüzyon, ekstrüzyon ve rotasyon hareketlerinin kuvveti apekte, tipping hareketinin alveol krette yoğunlaştırdığı ancak paralel hareketin kuvveti PDL aracılığıyla dağıttığı bildirilmiştir (Rudolph et al., 2001). Distal yönde gövdesel hareket ve distal yönde tipping oluşturan kuvvetlerin dağılımının incelendiği aynı yöntemli diğer çalışmalar da benzer sonuçlara varmışlardır (Nakajima et al., 2007, Zhao et al., 2007, Viecilli et al., 2008, Field et al., 2009). Diğer bir sonlu elemanlar model analizi çalışmasında ise distale tipping yapıcı kuvvetin dişin orta üçlüsünde daha fazla yoğunlaştığı bildirilmiştir (Nakajima et al., 2007).

Çalışmamızda aktif kuvvet uygulanan dişlerde vertikal ve transversal yönde anlamlı boyutta hareket meydana gelmemiş fakat distal yönde kuron köke göre daha fazla yol kat etmiş ve devrilme oluşmuştur. Ayrıca rotasyon da meydana geldiğinden dişte saptanan rezorpsiyon dağılımını gövdesel hareket, tipping ve rotasyonel hareketlerin kombinasyonu kapsamında değerlendirmek yerinde olacaktır. Bu bağlamda meydana gelen hareketlerin kuvvet dağılımı ile kök yüzeyinde üç seviyede eşit değerlerde rezorpsiyon meydana gelmesi şaşırtıcı bir sonuç değildir.

Kuvvet uygulanan FG grubunda distal yüzeyde saptanan toplam rezorpsiyon farklı seviyelerde incelendiğinde, servikal ve orta üçlüde eşit, apikal üçlüde ise diğer seviyelerin yarısı kadar rezorpsiyon meydana geldiği görülmektedir. Meziyal yüzeyde ise en yüksek rezorpsiyon apikal üçlüde saptanmıştır. Aynı şekilde bukkal ve palatal yüzeylerde de apikal üçlüde rezorpsiyon oranı diğer seviyelere göre yüksek bulunmuştur.

Gövdesel distalizasyon hareketinde kuvvet distal yüzeyde eşit dağılmakla birlikte distale devrilme hareketinde daha çok disto-servikal ve mezio-apikal bölgelerde yoğunlaşmaktadır (Reitan 1964, 1974, 1985, Linge and Linge 1983, Weinright 1991, Pilon et al., 1996, Park and Harris 1998, Proffit 2000, Thilander et al., 2000, Rudolph et al., 2001, Graber et al., 2005, Nakajima et al., 2007, Zhao et al., 2007, Viecilli et al., 2008, Fields et al., 2009). Pratikte gövdesel hareket sağlamak zordur, bu nedenle kısmen paralel kısmen de devrilme hareketi ile diş hareketi meydana gelmektedir (Smith and Burstone 1984, Proffit and Fields 2000). Bu nedenle gövdesel hareket elde edildiğinde dahi tipping hareketinde gözlenecek rezorpsiyon sahalarının gözlenmesi şaşırtıcı olmamalıdır. Çalışmamızda kuvvet uygulanan dişlerde distale devrilme meydana geldiğinden yüzeylerin farklı seviyelerinde meydana gelen rezorpsiyon dağılımı tipping hareketinin dağılımı ile benzer şekilde meydana gelmiştir.

Kuvvet uygulanmayan DG grubunda saptanan toplam kök rezorpsiyonu hacminin ortalama %58'i distal, %38'i ise meziyal yüzeyde ölçülmüştür. Bu grupta da diş hareket yönünde daha fazla, hareketin karşıt yönünde ise daha az rezorpsiyon meydana gelmiştir.

Yüzeyler arası ikili karşılaştırmalarda, diğer grupta olduğu gibi distal ve meziyal yüzeylerde meydana gelen rezorpsiyonun bukkal ve palatal yüzeylerden

istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha fazla olduğu, distal-meziyal ve bukkal-palatal yüzeyler arasındaki farkın ise istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Kuvvet uygulanmayan DG grubunda distal yüzeyde saptanan rezorpsiyon meziyal yüzeyin ortalama 1,5 katıdır.

Kuvvet uygulanmayan DG grubunda da yüzeyler arası rezorpsiyon dağılımı FG grubu ile benzerdir. Aktif kuvvet uygulanmamış olsa da transseptal fibrillerin gerilmesi ile oluşan fizyolojik kuvvet dişin spontan olarak hareket etmesini sağlamıştır. Bu sebeple FG grubu için yapılan değerlendirmeler bu grup için de geçerli sayılabilir.

Kuvvet uygulanmayan DG grubunda servikal, orta ve apikal üçlüde ölçülen rezorpsiyon hacimlerine bakıldığında, toplam kök rezorpsiyonunun ortalama olarak yarısının servikal, diğer yarısının ise eşit olarak orta ve apikal üçlüde yer aldığı görülmektedir. Seviyeler arası ikili karşılaştırmalarda istatistiksel olarak fark tespit edilmemiş olsa da servikal seviyede diğer seviyelerden ortalama 2 kat fazla rezorpsiyon meydana gelmiştir.

Sonlu eleman model analizi ile yapılan bir çalışmada distale devrilme hareketi ile diş kökü ve alveol kemiğini birbirine birleştiren PDL'de en yüksek stres meziyo-servikal bölgede tespit edilmiş ve bu stresin germe basıncından meydana geldiği bildirilmiştir (Nakajima et al., 2007). Aynı yöntem ile yapılan iki çalışmada kanin dişin distale devrilmesi ile oluşan stresin alveol kemiği ve PDL aracılığı ile komşu kesici dişin distal servikal bölgesine de önemli miktarda yansıdığı tespit edilmiştir (Viecilli et al., 2008, Fields et al., 2009). Bu sonuçtan yola çıkıldığında spontan hareketi gerçekleşen birinci premolar dişin servikal bölgesinde yoğunlaşan kuvvet ile bağlantılı olarak rezorpsiyonun daha fazla gerçekleştiği düşünülebilir.

Sement dokunun kök yüzeyindeki dağılımına bakıldığında, kökün en çok servikal ve daha sonra orta üçlüsünde hücresiz, apikal üçlüde ise daha çok hücreli sement yer alır (Ten Cate 2008). Sement yüzeyinde yer alan non-mineralize ve rezorpsiyona karşı dirençli olan presegmentum tabakası ise hücresiz sement üzerinde daha ince, hücreli sement üzerinde ise daha kalındır ve sürekli olarak birikmeye devam eder (Reitan 1974, 1985). Buna göre servikal bölgenin rezorpsiyona direnci daha düşüktür denilebilir ve devrilmeye neden olan koşullar altında bu seviyede daha fazla kök rezorpsiyonu meydana gelmesi beklenebilir.

Distal yüzeydeki rezorpsiyon hacmi servikalden apikale doğru azalmış, mezial yüzeyde ise tam tersi olarak artmıştır. Bukkal ve palatal yüzeylerde ise en yüksek rezorpsiyon miktarı servikal üçlüde tespit edilmiştir.

Kuvvet uygulanmayan DG grubunda da yüzeylerin farklı seviyelerinde meydana gelen kök rezorpsiyonu tipik devrilme hareketindeki rezorpsiyon dağılımını göstermektedir.

Çalışmamızda oluşturduğumuz iki grup farklı yüzey ve seviyeler açısından karşılaştırılmıştır. Dört yüzey açısından bakıldığında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir ($p < 0,001$). Toplam krater hacminin değerlendirildiği kısımda belirttiğimiz üzere aktif kuvvet uygulanmış olması ve daha fazla diş hareketi gerçekleşmesi nedeni ile FG grubunda daha fazla kök rezorpsiyonu meydana gelmiş olması beklenen bir sonuçtur.

Seviyeler arası karşılaştırmalarda servikal üçlüde anlamlılık düzeyi biraz daha düşük olmakla birlikte ($p < 0,01$) orta ve apikal yüzeylerde de ($p < 0,001$) gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir. Her iki grupta seviyeler arası kök rezorpsiyonu dağılımı hemen hemen benzer paternde meydana gelmiştir. Ancak daha önce bildirdiğimiz sebepler ile spontan hareket eden dişte kuvvetin servikal seviyede yoğunlaşması diğer seviyelerden daha fazla rezorpsiyon oluşmasına neden olmuş ve FG grubunun aynı seviyesindeki rezorpsiyon miktarına biraz daha yaklaşmıştır.

Dört yüzeyin üç seviyedeki toplam 12 bölgenin karşılaştırmasında bukkal-servikal bölge hariç ($p > 0,05$) tüm bölgelerde istatistiksel olarak farklı düzeylerde anlamlılık tespit edilmiştir. Tek bir bölgede fark tespit edilmemesi iki grup arasında transversal yöndeki hareket farklılığından kaynaklanıyor olabilir. DG grubunda birinci premolar diş anlamlı şekilde ekspansiyon olmuşken FG grubunda ekspansiyon meydana gelmemiştir. Maksiller bukkal bölgedeki kortikal kemik kalınlığı anteriordan posteriora doğru gittikçe artmaktadır (Katrancı et al., 2007). Bu durumda DG grubunda meydana gelen ekspansiyon ile birlikte diş ile kortikal kemiğin temasında ve bukkal-servikal bölgede kök rezorpsiyonunda artış meydana gelmiş olabilir. Kuvvet uygulanan dişlerde ise ekspansiyon olmamış ve bukkal-servikal bölgede daha az rezorpsiyon meydana gelmiş olabilir. Böylece bukkal-servikal bölgede rezorpsiyon açısından gruplar arası fark bulunmadığı düşünülebilir.

Kök rezorpsiyon ölçümlerine ait veriler genel olarak değerlendirildiğinde her iki grupta da baskı ve gerilim alanlarında rezorpsiyon saptanmıştır. Baskı alanı olan distal yüzeyde rezorpsiyon miktarı daha fazladır. Meydana gelen diş hareket yönü ile ilişkili olarak kök rezorpsiyon dağılımı baskı tarafında apikalden kuronale doğru artmış, gerilim tarafında ise azalmıştır. Aktif kuvvet uygulanan FG grubunda toplamda, tüm yüzey, seviye ve bukko-servikal bölge hariç tüm bölgelerde spontan hareket sağlanan DG grubuna göre anlamlı miktarda fazla rezorpsiyon meydana gelmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Aktif kuvvet uygulaması ve fizyolojik olarak distalize edilen birinci premolar dişlerde kök yüzey değişikliklerinin incelendiği çalışmamızda şu sonuçlar elde edilmiştir:

1. Çalışmanın hedefi doğrultusunda birinci premolar dişlerin distalize edilebilmesi için önce birinci molar dişlerin distalize edilmesi amacı ile geliştirilen modifiye kemik içi vida destekli pendulum apareyi ile klinik olarak başarılı sonuçlar alınmıştır.
2. Çalışma grubunda üst çenede bir taraftaki birinci premolar dişe aktif kuvvet uygulanmış ve bu dişler molar dişler ile eş zamanlı olarak distalize edilmiş, distal yönde devrilme de tespit edilmiştir. Anı zamanda bu dişte distobukkal rotasyon da meydana gelmiştir
3. Kuvvet uygulanmayan birinci premolar dişler birinci molar dişler ile eş zamanlı olarak transseptal fibrillerin etkisi ile spontan olarak distalize olmuş ve distal yönde devrilmiştir. Ayrıca bu dişlerde ekspansiyon ve distobukkal rotasyon da meydana gelmiştir.
4. Kök yüzeyinin üç boyutlu olarak incelenmesi rezorpsiyon kraterlerinin hacimlerinin hesaplanması ile DG ve FG gruplarının her ikisinde de rezorpsiyon saptanmıştır.
5. FG grubunda ölçülen toplam rezorpsiyon hacmi DG grubuna göre ortalama 7 kat olmak üzere anlamlı şekilde fazladır.
6. Her iki grupta yüzeyler arası değerlendirmeye göre en büyük rezorpsiyon miktarı distal yüzeyde saptanmıştır ve sırasıyla mezial, bukkal, palatal yüzeylerde de rezorpsiyon meydana gelmiştir.
7. Distal yüzeyde rezorpsiyon miktarı servikalden apikale gittikçe azalmış, mezial yüzeyde ise artmıştır. Her iki grupta da devrilme hareketi sonucu oluşan tipik rezorpsiyon dağılımı gözlenmiştir.
8. Gruplar arası karşılaştırmada bukkoservikal bölge hariç, dört yüzey, üç seviye ve her yüzeyin farklı seviyelerinde FG grubunda ölçülen rezorpsiyon miktarı DG grubundan daha fazladır.

Çalışma sonucunda verebileceğimiz öneriler şu şekildedir:

- Kemik içi vida destekli apareyler ile hasta işbirliği gerekmeksizin hızlı ve etkili şekilde molar distalizasyonu sağlanabilmektedir. Ayrıca premolar ve kesici dişlerde ankraj kaybı yaşanmadığı gibi spontan distalizasyon ile tedavi süresi kısalmaktadır. Premolar dişler, molar dişin distalize olurken izlediği yolu takip etmektedir. Bu noktada molar dişte distale devrilme meydana gelmezse premolar dişlerin de daha paralel hareket edeceği varsayılabilir.
- Molar dişe uygulanan kuvvet her ne kadar dişin direnç merkezine yaklaştırılmışsa da aktif springlerin esnekliği ve serbest sonlanması nedeni ile distale devrilme engellenememiştir. Sürtünmeli sistemlerde uygulandığı üzere molar dişlerin rijit bir ark üzerinde kayarak distalize edilmesi ile istenmeyen yönlere kontrolsüz hareketlerin oluşması engellenebilir.
- Bir taraftaki premolar dişlerde aktif kuvvet uygulaması ile diğer tarafta ise spontan olarak sağlanan distalizasyon istatistiksel olarak farklı olsa da klinik olarak göz ardı edilebilir miktardadır.
- Gruplar arasında hareket farkı çok yüksek olmamasına rağmen rezorpsiyon farkı oldukça yüksektir. Bu noktada, rezorpsiyon riskini arttırmadan dişlerin spontan olarak hareket etmesi sağlanabiliyor ise ilave kuvvet uygulamasına gerek yoktur denilebilir.
- Yürütülen bu çalışmanın en büyük eksiği kontrol grubu olarak kuvvet uygulanmamış ve hareket etmemiş dişlerin olmaması sebebi ile DG grubunda meydana gelen rezorpsiyonun ne kadarının diş hareketine bağlı olduğunun tespit edilememiş olmasıdır. Kontrol grubu ilavesi ile planlanabilecek çalışmalar bu eksığe ışık tutacaktır.

ÖZET

Maksiller 1. Küçük Azı Dişlerin Aktif Distalizasyonları ve Fizyolojik Sürüklenmeleri Sonrasında Oluşan Kök Yüzey Değişikliklerinin İncelenmesi

Bu çalışmanın amacı; maksiller molar distalizasyonu sırasında aktif kuvvet kolu ilavesi ile distalize edilen ve karşıt tarafta distale sürüklenen olan birinci premolar dişlerde kök yüzey değişikliklerinin değerlendirilmesidir.

Bu çalışma grubu Angle sınıf II maloklüzyona ve şiddetli çapraşıklığa sahip, üst çenede çift taraflı premolar çekimi endikasyonu olan 20 bireyden elde edilen 40 dişten oluşmaktadır. Modifiye kemik destekli pendulum apareyi kullanılmış ve tek tarafta birinci premolar dişi distalize etmek üzere kuvvet kolu ilave edilmiştir. Karşıt taraftaki birinci premolar diş transseptal fibrillerin etkisi ile distal yönde sürüklenmeye bırakılmıştır. Birinci premolar dişe kuvvet uygulanan taraf Kuvvet Grubu (FG), diğer taraf ise Drift Grubu (DG) olarak isimlendirilmiştir. Distalizasyon öncesi ve sonrası alınan sefalometrik radyografiler ve üç boyutlu dijital modeller diş hareketinin belirlenmesi amacı ile değerlendirilmiştir. Deneysel diş hareketinin tamamlanmasının ardından dişler çekilmiş ve diş kök yüzeyleri MikroBT (Sky Scan 1172, Belgium) ve direk hacimsel analiz yapmak amacı ile geliştirilen bilgisayar programı (CHull2D) ile incelenmiştir. Sefalometrik ve model ölçümlerin istatistiksel değerlendirmesi için Student t, Mann Whitney U, Wilcoxon ve paired sample t testi, kök rezorpsiyon hacim miktarları için Wilcoxon ve Mann Whitney U testleri kullanılmıştır.

Her iki grupta distalizasyon miktarı istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.001$) ve gruplar arasındaki fark da anlamlıdır ($p<0.05$). Toplam kök rezorpsiyon miktarı FG grubunda DG grubuna göre anlamlı olarak daha fazladır ($p<0,0001$). İki grup arasındaki fark tüm yüzeyler, seviyeler ve bukkoservikal bölge hariç tüm bölgelerde anlamlıdır. Özellikle distal yüzeyde anlamlılık yüksek seviyededir ($p<0,0001$).

Sonuç olarak, distalizasyon miktarı açısından önemli fark olmamakla birlikte FG grubunda anlamlı miktarda daha fazla kök rezorpsiyonu meydana gelmiştir. Buna göre dişleri distal yönde drifte bırakmak kök rezorpsiyonu açısından daha güvenlidir.

Anahtar Sözcükler: Distalizasyon; Diş Hareketi; İskeletsel Ankraj; Kök Rezorpsiyonu; MikroBT.

ABSTRACT

Investigation of First Premolars Root Surface Alteration After Active Distalization and Physiological Drift

The aim of this study is to assess of root surface alterations of maxillary first premolars that is distalized by a force arm and in controlateral side drifted distally during maxillary molar distalization.

The study group comprised 40 teeth of 20 with Angle Class II malocclusion and severe crowding that had definite bilateral maxillary premolar extraction indication. Modified bone anchored pendulum appliance was used and a unilateral force arm was added to move maxillary first premolar distally. Controlateral first premolar was left to drift distally with the help of transseptal fibers. The side that force was applied to first premolar was named as Force Group (FG) and other side Drift Group (DG). Before and after distalization period lateral cephalometric radiographies and three dimensional digital casts were obtained and evaluated. After experimental tooth movement completed both first premolars were extracted and the root surface analysis was performed by MicroCT (Sky Scan 1172, Belgium) and by a software specially designed (CHull2D) for direct volumetric analysis. The cephalometric and dental cast values were evaluated by Student t, Mann Whitney U, Wilcoxon and paired sample t tests and amount of root resorption by Wilcoxon and Mann Whitney U tests.

Distal movement of premolars in both groups ($p < 0.001$) and between groups were significant ($p < 0.05$). Total resorption volume amount of FG was significantly larger than DG ($p < 0,0001$). Differences between two groups was significant in all surfaces, levels and regions except buccoservical region. Significance was in high level especially on the distal surface ($p < 0,0001$).

It was concluded that, distalization amount was not so different but resorption on FG was significantly more than the DG. Therefore it is safer in terms of root resorption to let the teeth to drift distally.

Key Words: Distalization; MicroCT; Root Resorption; Skeletal Anchorage; Tooth Movement.

KAYNAKLAR

- Acar AG, Gürsoy S, Dinçer M. Molar distalization with a pendulum appliance K-loop combination. *Eur J Orthod* 2010; 32(4):459-65. Epub 2010 Mar 15.
- Acar A, Canyurek U, Kocaaga M, Erverdi N. Continuous vs. discontinuous force application and root resorption. *Angle Orthodontis*. 1999; 69(2), 159-63; discussion 163-4.
- Alexander SA. Levels of root resorption associated with continuous arch and sectional arch mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996; 110:321-4.
- Al-Qawasmi RA, Hartsfield JK Jr, Everett ET, Flury L, Liu L, Foroud TM et al. Genetic predisposition to external apical root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003a; 123, 242-52.
- Al-Qawasmi RA, Hartsfield JK Jr, Everett ET, Flury L, Liu L, Foroud TM et al. Genetic predisposition to external apical root resorption in orthodontic patients: linkage of chromosome- 18 marker. *Journal of Dental Research* 2003b; 82, 356-60.
- Al-Qawasmi RA, Hartsfield JK Jr, Everett ET, Weaver MR, Foroud TM, Faust DM et al. Root resorption associated with orthodontic force in inbred mice: genetic contributions. *Eur J Orthod* 2005; 28(1):13-9.
- Andreasen GF and Zwanziger D. A clinical evaluation of the differential force concept as applied to the edgewise bracket. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1980; 78(1), 25-40.
- Andreasen JO. External root resorption: it's implication in dental traumatology, paedodontics, periodontics, orthodontics and endodontics. *Int Endod J* 1985; 18: 109-118.
- Andreasen JO. Review of root resorption systems and models. Etiology of root resorption and the homeostatic mechanisms of the periodontal ligament. In *Biological mechanisms of tooth eruption*. Davidovitch Z, Ed. 1988a; p. 9- 22.
- Andreasen, J.O. Summary of root resorption. In *Biological Mechanisms of Tooth Eruption and Root Resorption*. Davidovitch Z, Ed. 1988b; p. 399-401.
- Angelieri F, Almeida RR, Almeida MR, Fuziy A. Dentoalveolar and skeletal changes associated with the pendulum appliance followed by fixed orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 129: 520-7.
- Antonarakis GS, Kiliaridis S. Maxillary molar distalization with noncompliance intramaxillary appliances in Class II malocclusion. A systematic review. *Angle Orthod* 2008; 78(6):1133-40. Review.
- Aras B, Cheng LL, Turk T, Elekdag-Turk S, Jones AS, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: Part 23. Effects of 2 or 3 weekly reactivated continuous

or intermittent orthodontic forces on root resorption and tooth movement: A microcomputed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012; 141(2):e29-37.

Aras B. Sürekli ve kesik kontrollü ortodontik kuvvetlerin kök rezorpsiyonu üzerine etkilerinin karşılaştırılması. Ondokuzmayıs Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Samsun, (Prof. Dr. Tamer Türk), 2008.

Aras K. 3D bimetrik maksiller distalizasyon arklarının dentofasiyal sisteme etkilerinin sefalometrik olarak incelenmesi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, (Doç. Dr. Ata Ü. Aksoy), 1993.

Armstrong MM. Controlling the magnitude, direction, and duration of extraoral force. *Am J Orthod* 1971; 59(3):217-43.

Armstrong D, Kharbanda OP, Petocz P, Darendeliler MA. Root resorption after orthodontic treatment. *Aust Orthod J* 2006; 22(2),153-60.

Artun J, Smale I, Behbehani F, Doppel D, Van't Hof M, Kujipers-Jagtman AM. Apical root resorption six and 12 months after initiation of fixed orthodontic appliance therapy. *Angle Orthod* 2005; 75: 919-926.

Asscherickx K, Hanssens JL, Wehrbein H, Sabzevar MM. Orthodontic anchorage implants inserted in the median palatal suture and normal transverse maxillary growth in growing dogs: a biometric and radiographic study. *Angle Orthod* 2005; 75(5):826-31.

Badell MC. An evaluation of extraoral combined high-pull traction and cervical traction to the maxilla. *Am J Orthod* 1976; 69(4):431-46.

Ballard DJ, Jones AS, Petocz P, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: part 11. Continuous vs intermittent controlled orthodontic forces on root resorption. A microcomputed-tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009; 136(1):8.e1-8; discussion 8-9.

Barbagallo LJ, Jones AS, Petocz P, Darendeliler MA. 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 Dentofacial Orthop* 2008; 133(2), 218 – 227.

Bartley N, Türk T, Colak C, Elekdağ-Türk S, Jones A, Petocz P 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 Dentofacial Orthop* 2011; 139(4):e353-60.

Barton JJ. High pull headgear versus cervical traction: a cephalometric comparison. *Am J Orthod* 1972; 62: 517-529.

- Baumgaertel S. Quantitative investigation of palatal bone depth and cortical bone thickness for mini-implant placement in adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009; 136(1):104-8.
- Baumrind S, Molthen R, West EE, Miller DM. Distal displacement of the maxilla and the upper first molar. *Am J Orthod* 1979; 75(6):630-40.
- Baumrind S, Korn EL, Boyd RL. Apical root resorption in orthodontically treated adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996; 110(3):311-20.
- Beck BW, Harris EF. Apical root resorption in orthodontically treated subjects: analysis of edgewise and light wire mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994; 105:350-61.
- Becks, H. Orthodontic prognosis: evaluation of routine dentomedical examination to determine "good and poor risks". *Am J Orthod* 1939; 25: 610-21.
- Bench, RW, Gugino CF, Hilgers JJ. Bioprogressive therapy Part 6: Forces used in bioprogressive therapy. *J Clin Orthod* 1978; 12: 123-139.
- Bernhart T, Vollgruber A, Gahleitner A, Dortbudak O, Haas R. Alternative to the median region of the palate for placement of an orthodontic implant. *Clin Oral Implants Res* 2000; 11(6):595-601.
- Björk A, Skieller V. Normal and abnormal growth of the mandible. A synthesis of longitudinal cephalometric implant studies over a period of 25 years. *Eur J Orthod* 1983; 5: 1-46.
- Blake M, Woodside DG, Pharoah MJ. A radiographic comparison of apical root resorption after orthodontic treatment with the edgewise and Speed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995; 108: 76-84.
- Block MS, Hoffman DR. A new device for absolute anchorage for orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995; 3: 251-258.
- Boecler PR, Riolo ML, Keeling SD, TenHave TR. Skeletal changes associated with extraoral appliance therapy: an evaluation of 200 consecutively treated cases. *Angle Orthod* 1989; 59(4):263-70.
- Bolla E, Muratore F, Carano A, Bowman SJ. Evaluation of maxillary molar distalization with the distal jet: a comparison with other contemporary methods. *Angle Orthod* 2002; 72(5):481-94.
- Bondemark L, Kurol J. Distalization of maxillary first and second molars simultaneously with repelling magnets. *Eur J Orthod* 1992;14: 264-272.
- Bondemark L, Kurol J, Bernhold M. Repelling magnets versus superelastic nickel-titanium coils in simultaneous distal movement of maxillary first and second molars. *Angle Orthod* 1994; 64: 189 - 198.

- Bondemark L, Kurol J. Class II correction with magnets and superelastic coils followed by straight-wire mechanotherapy: occlusal changes during and after dental therapy. *J Orofac Orthop* 1998; 59: 127–138.
- Bondemark L. A comparative analysis of distal maxillary movement produced by a new lingual intra-arch Ni-Ti coil appliance and a magnetic appliance. *Eur J Orthod* 2000; 22: 683–695.
- Bondemark L, Karlsson I. Extraoral vs intraoral appliance for distal movement of maxillary first molars: a randomized controlled trial. *Angle Orthod* 2005; 75(5):699-706.
- Boyd RL. Complex orthodontic treatment using a new protocol for the Invisalign appliance. *J Clin Orthod* 2007; 41(9), 525–547.
- Brezniak N, Wasserstein A. Root resorption after orthodontic treatment: Part 1. Literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1993a; 103(1):62-6.
- Brezniak N, Wasserstein A. Root resorption after orthodontic treatment: Part 2. Literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993b; 103(2):138-46.
- Brezniak N, Wasserstein A. Orthodontically induced inflammatory root resorption. Part II: The clinical aspects. *Angle Orthod* 2002; 72, 180-4.
- Brezniak N, Wasserstein A. Root resorption following treatment with aligners. *Angle Orthod* 2008; 78(6), 1119-1124.
- Brickman CD, Sinha PK, Nanda RS. Evaluation of the Jones jig appliance for distal molar movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000; 118(5):526-34.
- Brin I, Ben-Bassat Y, Heling I, Engelberg A. The influence of orthodontic treatment on previously traumatized permanent incisors. *Eur J Orthod* 1991; 13(5), 372-377.
- Brin I, Tulloch JFC, Koroluk L, Philips C. External apical root resorption in Class II malocclusion: a retrospective review of 1- versus 2-phase treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;124:151-6.
- Brown WAB. Resorption of permanent teeth. *British J Orthod* 1982; 9, 212–220.
- Brudvik P, Rygh P. The initial phase of orthodontic root resorption incident to local compression of the periodontal ligament. *Eur J Orthod* 1993a; 15, 249-63.
- Brudvik P, Rygh P. Non-clast cells start orthodontic root resorption in the periphery of hyalinized zones. *Eur J Orthod* 1993b; 15, 467-80.
- Brudvik P, Rygh P. Multi-nucleated cells remove the main hyalinized tissue and start resorption of adjacent root surfaces. *Eur J Orthod* 1994a; 16, 265-73.
- Brudvik P, Rygh P. Root resorption beneath the main hyalinized zone. *Eur J Orthod* 1994b; 16, 249-63.
- Brudvik P, Rygh P. Transition and determinants of orthodontic root resorption repair sequence. *Eur J Orthod* 1995a; 17, 177-188.

- Brudvik P, Rygh P. The repair of orthodontic root resorption: an ultrastructural study. *Eur J Orthod* 1995b; 17, 189-98.
- Burstone CJ. Application of Bioengineering to Clinical Orthodontics. In: *Current Principles and Techniques*. Graber TM, Vanarsdall RL, Eds. Orthodontics: St. Louis: Mosby, Inc.; 2000.
- Burstone CJ. Biomechanics of tooth movement. In: *Vistas in orthodontics*. Kraus BS, Reidel RA, Eds. Philadelphia: Lea & Febiger, 1962; p. 200-2.
- Burstone CJ. The mechanics of the segmented arch techniques. *Angle Orthod* 1966; 36(2):99-120.
- Bussick TJ, McNamara JA. Dentoalveolar and skeletal changes associated with the pendulum appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000; 117: 333-343.
- Büchter A, Wiechmann D, Koerdt S, Wiesmann HP, Piffko J, Meyer U. Load-related implant reaction of mini-implants used for orthodontic anchorage. *Clin Oral Implants Res* 2005; 16(4):473-9.
- Byloff FK, Darendeliler MA. Distal molar movement using the pendulum appliance. Part 1: Clinical and radiological evaluation. *Angle Orthod* 1997;67(4):249-60.
- Byloff FK, Darendeliler MA, Clar E, Darendeliler A. Distal molar movement using the pendulum appliance. Part 2: The effects of maxillary molar root uprighting bends. *Angle Orthod* 1997; 67(4):261-70.
- Byloff FK, Kärcher H, Clar E, Stoff F. An implant to eliminate anchorage loss during molar distalization: a case report involving the Graz implant-supported pendulum. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 2000; 15(2):129-37.
- Carano A, Testa M. The distal jet appliance for upper molar distalization. *J Clin Orthod* 1996; 30: 374-380.
- Carano A, Velo S, Incorvati C, Poggio P. Clinical applications of the Mini-Screw-Anchorage-System (M.A.S.) in the maxillary alveolar bone. *Prog Orthod* 2004; 5(2):212-35.
- Casa MA, Faltin RM, Faltin K, Sander FG, Arana-Chavez VE. Root resorptions in upper first premolars after application of continuous torque moment. Intra-individual study. *J Orofac Orthop* 2001; 62(4):285-95.
- Casa MA, Faltin RM, Faltin K, Arana-Chavez VE. Root resorption on torqued human premolars shown by tartrate-resistant acid phosphatase histochemistry and transmission electron microscopy. *Angle Orthod* 2006; 76(6):1015-21.
- Chan EK, Darendeliler MA. Exploring the third dimension in root resorption. *Orthod Craniofac Res* 2004; 7(2):64-70. Review.
- Chan E, 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 Dentofacial Orthop* 2005; 127(2):186-95.

- Chan E, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: part 7. Extent of root resorption under areas of compression and tension. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 129(4):504-10.
- Chan EK, Darendeliler MA, Petocz P, Jones AS. A new method for volumetric measurement of orthodontically induced root resorption craters. *Eur J Oral Sci* 2004a; 112(2):134-9.
- Chan EK, Darendeliler MA, Jones AS, Kaplin IJ. A calibration method used for volumetric measurement of orthodontically induced root resorption craters. *Ann Biomed Eng* 2004b; 32(6):880-8.
- Chan EK, Petocz P, Darendeliler MA. Validation of two-dimensional measurements of root resorption craters on human premolars after 28 days of force application. *Eur J Orthod* 2005; 27(4): 390-5.
- Chaqués-Asensi J, Kalra V. Effects of the pendulum appliance on the dentofacial complex. *J Clin Orthod* 2001; 35(4):254-7.
- Chen F, Terada K, Hanada K, Saito I. Anchorage effect of osseointegrated vs nonosseointegrated palatal implants. *Angle Orthod* 2006; 76(4):660-5.
- Cheng LL, Türk T, Elekdağ-Türk S, Jones AS, Petocz P, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: Part 13. Repair of root resorption 4 and 8 weeks after the application of continuous light and heavy forces for 4 weeks: a microcomputed-tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009; 136(3):320.e1-10; discussion 320-1.
- Cheng LL, Türk T, Elekdağ-Türk S, Jones AS, Yu Y, Darendeliler MA. Repair of root resorption 4 and 8 weeks after application of continuous light and heavy forces on premolars for 4 weeks: a histology study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010; 138(6):727-34.
- Chiu PP, McNamara JA Jr, Franchi L. A comparison of two intraoral molar distalization appliances: distal jet versus pendulum. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005; 128(3):353-65.
- Christiansen RL. Commentary: thyroxine administration and its effects on root resorption. *Angle Orthod* 1994; 64: 399-400.
- Chutimanutskul W, Ali Darendeliler M, Shen G, Petocz P, Swain MV. Changes in the physical properties of human premolar cementum after application of 4 weeks of controlled orthodontic forces. *Eur J Orthod* 2006; 28(4):313-8.
- Cohen S, Burns RC. *Pathways of the pulp*. 7th ed. St Louis: Mosby; 1998.
- Cohenca N, Simon JH, Mathur A, Malfaz JM. Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma. Part 2: root resorption. *Dent Traumatol* 2007; 23(2):105-13.
- Copeland S, Green LJ. Root resorption in maxillary central incisors following active orthodontic treatment. *Am J Orthod* 1986; 89(1):51-5.

- Cornelis MA, De Clerck HJ. Maxillary molar distalization with miniplates assessed on digital models: a prospective clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; 132:373-7.
- Creekmore T, Eklund MK. The possibility of skeletal anchorage. *J Clin Orthod* 1983; 17: 266-9.
- Crismani AG, Bernhart T, Schwarz K, Celar AG, Bantleon HP, Watzek G. Ninety percent success in palatal implants loaded 1 week after placement: a clinical evaluation by resonance frequency analysis. *Clin Oral Implants Res* 2006; 17(4): 445-50.
- Cureton SL, Regennitter FJ, Yancey JM. Clinical versus quantitative assessment of headgear compliance. *Am J Orthod and Dentofac Orthop* 1993; 104:277-28
- Darendeliler MA, Kharbanda OP, Chan EK, Srivicharnkul P, Rex T, Swain MV et al. Root resorption and its association with alterations in physical properties, mineral contents and resorption craters in human premolars following application of light and heavy controlled orthodontic forces. *Orthod Craniofac Res* 2004; 7(2):79-97.
- Davidovitch Z, Goldwin, S.L., Part, Y.G., Taverne, A.A., Dobeck, J.M., Lilly, C.M. The etiology of root resorption. In: *Orthodontic Treatment: Management of Unfavourable Sequelae*. Proceedings of the Twenty-Second Annual Moyers Symposium, Ann Arbor, MI. Craniofacial Growth Series 1995; 31, 93-117.
- Davidovitch Z, Lee YJ, Counts AL, Park YG, Bursac Z. The immune system possibly modulates orthodontic root resorption. In: *Biological Mechanisms of Tooth Movement and Craniofacial Adaptation*, Davidovitch Z. Eds, 2000: p. 207-217: Boston.
- Davis GR, Wong FS. X-ray microtomography of bones and teeth. *Physiol Meas* 1996; 17(3):121-46. Review.
- De Freitas MR, Beltrão RT, Janson G, Henriques JF, Chiqueto K. Evaluation of root resorption after open bite treatment with and without extractions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; 132(2):143.e15-22.
- Deane S, Jones AS, Petocz P, Darendeliler MA. 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 Dentofacial Orthop* 2009; 136(2):148.e1-9; discussion 148-9.
- Dermaut LR, De Munck A. Apical root resorption of upper incisors caused by intrusive tooth movement: a radiographic study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1986; 90(4):321-6.
- Dietz VS, Gianelly AA. Molar distalization with the Acrylic Cervical Occipital Appliance. *Semin Orthod* 2000; 6: 91-97.

Doğanay A. Üst birinci molar distalizasyonunda bimetrik maksiller distalizasyon arklarının klinik etkinliğinin araştırılması. Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul 1996.

Dougherty HL. The effect of mechanical forces upon the mandibular buccal segments during orthodontic treatment. *Am J Orthod* 1968; 54(2):83-103.

Dudic A, Giannopoulou C, Martinez M, Montet X, Kiliaridis S. Diagnostic accuracy of digitized periapical radiographs validated against micro-computed tomography scanning in evaluating orthodontically induced apical root resorption. *Eur J Oral Sci* 2008;116:467-72.

Dudic A, Giannopoulou C, Leuzinger M, Kiliaridis S. Detection of apical root resorption after orthodontic treatment by using panoramic radiography and cone-beam computed tomography of super-high resolution. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009; 135(4):434-7.

El H, Taner T. Ortodonti pratiğinde kemik içi ankraj kullanımı. *Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Dergisi* Cilt: 31, Sayı: 4, Sayfa: 81-88, 2007.

Elekdağ Türk ST. Farklı kuvvet uygulayan pendulum zemberekleri ile büyükazı dişlerinin distalizasyonu sırasında oluşan dentofasiyal etkilerin karşılaştırılması. Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, (Doç. Dr. Ali Gültan), 1999.

Engström C, Granström G, Thilander B. Effect of orthodontic force on periodontal tissue metabolism. A histologic and biochemical study in normal and hypocalcemic young rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988; 93(6):486-95.

Ermolenko AE, Perepada EA. The symmetry of man. *Acta Biomed* 2007; 78(Suppl1):13-20.

Escobar SA, Tellez PA, Moncada CA, Villegas CA, Latorre CM, Oberti G. Distalization of maxillary molars with the bone-supported pendulum: a clinical study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; 131(4):545-9.

Faltin RM, Arana-Chavez VE, Faltin K, Sander FG, Wichelhaus A. Root resorptions in upper first premolars after application of continuous intrusive forces. Intra-individual study. *J Orofac Orthop* 1998;59(4):208-19. Review.

Faltin RM, Faltin K, Sander FG, Arana-Chavez VE. Ultrastructure of cementum and periodontal ligament after continuous intrusion in humans: a transmission electron microscopy study. *Eur J Orthod* 2001; 23(1):35-49.

Favero L. Lingual orthodontics in pediatric patients. In: *Lingual Orthodontics* Romano R. Ed, B.C.Decker, London 1998; p.:30-32.

Fekonja A. Hypodontia in orthodontically treated children. *Eur J Orthod* 2005; 27(5):457-60.

- Ferguson DJ, Carano A, Bowman SJ, Davis EC, Gutierrez Vega ME, Lee SH. A comparison of two maxillary molar distalizing appliances with the distal jet. *World J Orthod* 2005; 6: 382–390.
- Field C, Ichim I, Swain MV, Chan E, Darendeliler MA, Li W, Li Q. Mechanical responses to orthodontic loading: a 3-dimensional finite element multi-tooth model. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009; 135(2):174-81.
- Filho PF, Letra A, Carvalhal JC, Menezes R. Orthodontically induced inflammatory root resorptions: a case report. *Dent Traumatol* 2006; 22(6):350-3.
- Firouz M, Zernik J, Nanda R. Dental and orthopedic effects of high-pull headgear in treatment of Class II, division 1 malocclusion. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1992; 102: 197-205.
- Foo M, Jones A, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: part 9. Effect of systemic fluoride intake on root resorption in rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131: 34-43
- Fortini A, Lupoli M, Giuntoli F, Franchi L. Dentoskeletal effects induced by rapid molar distalization with the first class appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004; 125(6):697-704; discussion 704-5.
- Fritz U, Rudzki-Janson I, Paschos E, Diedrich P. Light microscopic and SEM findings after orthodontic treatment--analysis of a human specimen. *J Orofac Orthop* 2005; 66(1):39-53.
- Fudalej P, Antoszewska J. Are orthodontic distalizers reinforced with the temporary skeletal anchorage devices effective? *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011; 139(6):722-9. Review.
- Gainsforth BL, Higley LB. A study of orthodontic anchorage possibilities in basal bone. *Am J Orthod* 1945; 31: 406–17.
- Gao XJ, Elliott JC, Anderson P. Scanning microradiographic study of the kinetics of subsurface demineralization in tooth sections under constant-composition and small constant-volume conditions. *Journal of Dental Research* 1993;72, 923-30.
- Gedrange T, Hietschold V, Mai R, Wolf P, Nicklisch M, Harzer W. An evaluation of resonance frequency analysis for the determination of the primary stability of orthodontic palatal implants. A study in human cadavers. *Clin Oral Implants Res* 2005; 16(4):425-31.
- Gegler A, Fontanella V. In vitro evaluation of a method for obtaining periapical radiographs for diagnosis of external apical root resorption. *Eur J Orthod* 2008; 30(3):315-9.
- Gelgör İE, Büyükyılmaz T, Karaman Aİ, Dolanmaz D, Kalaycı A. Intraosseous screw-supported upper molar distalization. *Angle Orthod* 2004; 74: 838-850.

- Gelgör İE, Karaman Aİ, Büyükyılmaz T. Comparison of 2 distalization systems supported by intraosseous screws. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; 131: 161.e1-161.e8.
- Ghafari JG. Root resorption associated with combined orthodontic treatment and orthognathic surgery: modified definitions of the resorptive process suggested. In *Biological Mechanisms of Tooth Eruption, Resorption & Replacement by Implants*, Davidovitch Z. Ed 1994;p. 545-56. EBSCO Media: Birmingham.
- Ghosh J, Nanda RS. Evaluation of an intraoral maxillary molar distalization technique. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996a; 110(6):639-46.
- Ghosh J, Nanda RS. Class II, Division 1 malocclusion treated with molar distalization therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996b; 110(6):672-7.
- Giancotti A, Muzzi F, Greco M, Arcuri C. Palatal implant supported distalizing devices: clinical application of the Strauman Orthosystem. *World J Orthod* 2002; 3: 135-9.
- Gianelly AA, Vaitas AS, Thomas WM. The use of magnets to move molars distally. *Am J Orthod* 1989; 96: 161-167.
- Gianelly AA, Bednar J, Dietz VS. Japanese NiTi coils to move molars distally. *Am J Orthod* 1991;99: 564-566.
- Gianelly AA. Distal movement of the maxillary molars. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998; 114: 66-72.
- Giannopoulou C, Dudic A, Montet X, Kiliaridis S, Mombelli A. Periodontal parameters and cervical root resorption during orthodontic tooth movement. *J Clin Periodontol* 2008; 35, 501-506.
- Goldie RS, King GJ. Root resorption and tooth movement in orthodontically treated, calcium-deficient, and lactating rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1984; 85(5): 424-430.
- Goldin B. Labial root torque: effect on the maxilla and incisor root apex. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989; 95: 209-219.
- Goldson L, Henrikson CO. Root resorption during Begg treatment: a longitudinal roentgenologic study. *Am J Orthod* 1975; 68: 55-66.
- Gong XY, Jian XC, Lei YH, Yao ZY, Hong T, Ma DY. An experimental study of the effects of root-canal treatment on orthodontic movement in cat cuspids. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue* 2007; 16(2):206-10.
- Gonzales C, Hotokezaka H, Yoshimatsu M, Yozgatian JH, Darendeliler MA, Yoshida N. Force magnitude and duration effects on amount of tooth movement and root resorption in the rat molar. *Angle Orthod* 2008; 78: 502-9.
- Gonzales C, Hotokezaka H, Darendeliler MA, and Yoshida N. Repair of root resorption 2 to 16 weeks after the application of continuous forces on maxillary first

molars in rats: A 2- and 3-dimensional quantitative evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:477-85.

Gonzales C, Hotokezaka H, Karadeniz EI, Miyazaki T, Kobayashi E, Darendeliler MA, Yoshida N. Effects of fluoride intake on orthodontic tooth movement and orthodontically induced root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011; 139(2):196-205.

Graber TM, Swain BF. *Current orthodontic concepts and techniques*. 2nd ed. St. Louis: CV Mosby. 1975; 365-452.

Graber TM, Vanarsdall RL, Vig K. *Orthodontics Current Principles and Techniques*. 4th ed. Philadelphia: Mosby Elsevier 2005; 152-215.

Gray JB, Steen ME, King GJ, Clark AE. Studies on the efficacy of implants as orthodontic anchorage. *Am J Orthod* 1983; 83(4):311-7.

Greenspan RA. Reference charts for controlled extraoral force application to maxillary molars. *Am J Orthod* 1970; 58(5):486-91.

Gulati S, Kharbanda OP, Parkash H. Dental and skeletal changes after intraoral molar distalization with sectional jig assembly. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998; 114(3):319-27.

Güngör Acar A. Molar distalizasyonunda pendulum apareyi-K loop apareyinin kombine kullanımı ile servikal headgear kullanımı sonucu oluşan dentofasiyal etkilerin karşılaştırılması. Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, (Doç. Dr. Seda Gürsoy, Prof. Dr. Müfide Dinçer), 2004.

Gürton Ü, Ölmez H, Sağdıç D, Bengi O, Erdogan E. Modifiye Pendulum Apareyi ve Kombine Headgear'in Molar Distalizasyonundaki Etkilerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. *Türk Ortodonti Dergisi* 1997; 10: 321-8.

Güvenç TN, Kocadereli İ. Ankraj sistemlerine genel bakış: Ortodontide mikroimplant ankraj sistemleri. *Cumhuriyet Üniv Diş Hek Fak Dergisi* 2006; 9: 68-75.

Haas SE, Cisneros GJ. The Goshgarian Transpalatal Bar, A Clinical and an Experimental Investigation. *Semin Orthod* 2000; 6: 98-105.

Hahn W, Fricke-Zech S, Fialka-Fricke J, Dullin C, Zapf A, Gruber R, et al. Imaging of the midpalatal suture in a porcine model: flat-panel volume computed tomography compared with multislice computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009; 108(3):443-9.

Hall AM. Upper incisor root resorption during stage II of the Begg technique: two case reports. *Br J Orthod* 1978;5(1):47-50.

Han G, Huang S, Von den Hoff JW, Zeng X, Kuijpers-Jagtman AM. Root resorption after orthodontic intrusion and extrusion: an intraindividual study. *Angle Orthod* 2005; 75(6):912-8.

- Harris EF, Baker WC. Loss of root length and crestal bone height before and during treatment in adolescent and adult orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990; 98: 463-469.
- Harris EF, Butler ML. Patterns of incisor root resorption before and after orthodontic correction in cases with anterior open bites. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992; 101(2):112-9.
- Harris EF, Hassankiadeh S, Harris JT. Maxillary incisor crown-root relationships in different angle malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993 Jan;103(1):48-53.
- Harris EF, Kineret SE, Tolley EA. A heritable component for external apical root resorption in patients treated orthodontically. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997; 111(3):301-9.
- Harris EF. Root resorption during orthodontic therapy. *Semin Orthod* 2000; 6, 183-194.
- Harris DA, Jones AS, 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 Dentofacial Orthop* 2006; 130(5):639-47. Erratum in: *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; 132(3):277.
- Harry MR, Sims MR. Root resorption in bicuspid intrusion. A scanning electron microscope study. *Angle Orthod* 1982; 52(3):235-58.
- Haydar S, Uner O. Comparison of Jones jig molar distalization appliance with extraoral traction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000; 117(1):49-53.
- Helsing E, Hammarstrom L. The effects of pregnancy and fluoride on orthodontic tooth movements in rats. *Eur J Orthod* 1991;13: 223-30.
- Hendrix I, Carels C, Kuijpers-Jagtman AM, Van 'T Hof M. A radiographic study of posterior apical root resorption in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994; 105(4):345-9.
- Henneman S, Von den Hoff JW, Maltha JC. Mechanobiology of tooth movement. *Eur J Orthod* 2008; 30(3): 299–306.
- Henry JL, Weinmann JP. The pattern of resorption and repair of human cementum. *J Am Dent Assoc* 1951; 42: 270-90. In: Brezniak N, Wasserstein A. Root resorption after orthodontic treatment: Part 2. Literature Review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993; 103(2): 138–146.
- Higuchi KW, Slack JM. The use of titanium fixtures for intraoral anchorage to facilitate orthodontic tooth movement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991; 6(3):338-44.
- Hilgers JJ. The pendulum appliance for Class II non-compliance therapy. *J Clin Orthod* 1992; 6: 700–713.

- Hilgers JJ, Bennett RK. The pendulum appliance, maintaining the gain, Part II. *Clinical Impressions* 1994; 3(4): 6-9, 14-22.
- Hines FB Jr. A radiographic evaluation of the response of previously avulsed teeth and partially avulsed teeth to orthodontic movement. *Am J Orthod* 1979; 75(1):1-19.
- Hixon EH, Atikian H, Callow GE, McDonald HW, Tacy RJ. Optimal force, differential force, and anchorage. *Am J Orthod* 1969; 55(5):437-57.
- Hixon EH, Aasen TO, Clark RA, Klosterman R, Miller SS, Odom WM. On force and tooth movement. *Am J Orthod* 1970; 57(5):476-8.
- Ho C, Türk T, Elekdağ-Türk S, Jones AS, Petocz P, Cheng LL, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: Part 19. Comparison of the amounts of root resorption between the right and left first premolars after application of buccally directed heavy orthodontic tipping forces. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011; 140(1):e49-52. Erratum in: *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011 Nov;140(5):602. Ho, Caroline [corrected to Oh, Caroline].
- Holberg C, Steinhäuser S, Geis P, Rudzki-Janson I. Cone-beam computed tomography in orthodontics: benefits and limitations. *J Orofac Orthop* 2005; 66(6):434-44.
- Hollender L, Rönnerman A, Thilander B. Root resorption, marginal bone support and clinical crown length in orthodontically treated patients. *Eur J Orthod* 1980; 2(4):197-205.
- Horiuchi A, Hotokezaka H, Kobayashi K. Correlation between cortical plate proximity and apical root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998; 114(3):311-8.
- Horton HM, Miller JR, Gaillard PR, Larson BE. Technique comparison for efficient orthodontic tooth measurements using digital models. *Angle Orthod* 2010; 80(2):254-61.
- Hubbard GW, Nanda RS, Currier GF. A cephalometric evaluation of nonextraction cervical headgear treatment in Class II malocclusions. *Angle Orthod* 1994; 64(5):359-70.
- Ishiguro K, Nakagaki H, Takeuchi K, Mukai M, Yoshioka I, Miyauchi K, Robinson C, Weatherell JA. Distribution of fluoride in the dental tissues and their supporting mandibular bone from the same individual. *Arch Oral Biol* 1994; 39(6):535-7.
- Iwasaki LR, Beatty MW, Randall CJ, Nickel JC. Clinical ligation forces and intraoral friction during sliding on a stainless steel archwire. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003; 123(4):408-15.
- Jacobs R. Preoperative radiologic planning of implant surgery in compromised patients. *Periodontol 2000* 2003; 33: 12 - 25.
- Jacobson A. A key to the understanding of extraoral forces. *Am J Orthod* 1979; 75(4):361-86.

- Janson GR, De Luca Canto G, Martins DR, Henriques JF, De Freitas MR. A radiographic comparison of apical root resorption after orthodontic treatment with 3 different fixed appliance techniques. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999; 118: 262-73.
- Jimenez-Pellegrin C, Arana-Chavez VE. Root resorption in human mandibular first premolars after rotation as detected by scanning electron microscopy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004; 126(2):178-84; discussion 184-5.
- Joseph A, Butchart CJ. An Evaluation of the Pendulum Distalizing Appliance. *Semin Orthod* 2000; 6: 129–35.
- Jung YH, Cho BH. External root resorption after orthodontic treatment: a study of contributing factors. *Imaging Sci Dent* 2011; 41(1):17-21.
- Kadioglu O, Büyükyılmaz T, Zachrisson BU, Maino BG. Contact damage to root surfaces of premolars touching miniscrews during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008; 134(3):353-60.
- Kaley J, Phillips C. Factors related to root resorption in edgewise practice. *Angle Orthod* 1991; 61: 125-32.
- Kalkwarf KL, Krejci RF, Pao YC. Effect of apical root resorption on periodontal support. *J Prosthet Dent* 1986; 56(3):317-9.
- Kang S, Lee SJ, Ahn SJ, Heo MS, Kim TW. Bone thickness of the palate for orthodontic mini-implant anchorage in adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; 131(4 Suppl):S74-81.
- Karadeniz EI, Gonzales C, Nebioglu-Dalci O, Dwarte D, Turk T, Isci D, et al. Physical properties of root cementum: part 20. Effect of fluoride on orthodontically induced root resorption with light and heavy orthodontic forces for 4 weeks: a microcomputed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011; 140(5):e199-210.
- Karaman AI, Basciftci FA, Polat O. Unilateral distal molar movement with an implant-supported distal jet appliance. *Angle Orthod* 2002; 72(2):167-74.
- Kärcher H, Byloff FK, Clar E. The Graz implant supported pendulum, a technical note. *J Craniomaxillofac Surg* 2002; 30(2):87-90.
- Karlsson I, Bondemark L. Intraoral maxillary molar distalization: movement before and after eruption of second molars. *Angle Orthod* 2006; 76: 923–929.
- Karrer S, Landthaler M, Schmalz G. Ehlers-Danlos type VIII. Review of the literature. *Clin Oral Investig* 2000; 4(2):66-9. Review.
- Katranji A, Misch K, Wang HL. Cortical bone thickness in dentate and edentulous human cadavers. *J Periodontol* 2007; 78(5):874-8.

- Kawata T, Hirota K, Sumitani K, Umehara K, Yano K, Tzeng HJ, Tabuchi T. A new orthodontic force system of magnetic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987; 92(3):241-8.
- Kaya B, Arman A, Uçkan S, Yazici AC. Comparison of the zygoma anchorage system with cervical headgear in buccal segment distalization. *Eur J Orthod* 2009; 31(4):417-24.
- Kaya B. Bukkal segment distalizasyonunda zigoma ankrajı ve ağız dışı ankraj uygulamalarının karşılaştırılması. Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Ankara, (Prof. Dr. Sina Uçkan), 2007.
- Kebisch M, Wilkinson M, Petocz P, Darendeliler MA. The effect of fluoride administration on rat serum osteocalcin expression during orthodontic movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; 131(4):515-24.
- Keleş A, İşgüden B. Unilateral molar distalization with molar slider (Two Case Report). *Türk Ortodonti Dergisi* 1999;12: 193–202.
- Keleş A, Sayinsu K. A new approach in maxillary molar distalization: intraoral bodily molar distalizer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000; 117(1):39-48.
- Keleş A. Maxillary unilateral molar distalization with sliding mechanics: a preliminary investigation. *Eur J Orthod* 2001; 23: 507–15.
- Keleş A, Erverdi N, Sezen S. Bodily distalization of molars with absolute anchorage. *Angle Orthod* 2003; 73(4):471-82.
- Kennedy D, Joondeph D, Osterberg S, Little R. The effect of extraction and orthodontic treatment on dentoalveolar support. *Am J Orthod* 1983; 84: 183-90.
- Killiany DM. Root resorption caused by orthodontic treatment: review of literature from 1998 to 2001 for evidence. *Prog Orthod* 2002; 3: 2-5.
- Kim YH, Yang S, Kim S, Lee JY, Kim KE, Gianelly AA, Kyung S. Midpalatal miniscrews for orthodontic anchorage: Factors affecting clinical success. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2010; 137: 66-72.
- King AD, Turk T, Colak C, Elekdag-Turk S, Jones AS, Petocz P, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: part 21. Extent of root resorption after the application of 2.5° and 15° tips for 4 weeks: a microcomputed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011; 140(6):e299-305.
- Kinney JH, Marshall GW Jr, Marshall SJ. Three-dimensional mapping of mineral densities in carious dentin: theory and method. *Scanning Microsc* 1994; 8(2):197-204; discussion 204-5.
- Kinzinger G, Fuhrmann R, Gross U, Diedrich P. Modified pendulum appliance including distal screw and uprighting activation for non-compliance therapy of class II malocclusion in children and adolescents. *J Orofac Orthop* 2000; 61: 175-190.

- Kinzinger GSM, Fritz UB, Sander FG, Diedrich PR. Efficiency of a pendulum appliance for molar distalization related to second and third molar eruption stage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004; 125: 8 – 23.
- Kinzinger GSM, Gross U, Fritz UB, Diedrich PR. Anchorage quality of deciduous molars versus premolars for molar distalization with a pendulum appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005a; 127: 314 – 323.
- Kinzinger GSM, Wehrbein H, Diedrich PR. Molar distalization with a modified pendulum appliance — *in vitro* analysis of the force systems and *in vivo* study in children and adolescents. *Angle Orthod* 2005b; 75: 558 – 567.
- Kinzinger GS, Eren M, Diedrich PR. Treatment effects of intraoral appliances with conventional anchorage designs for non-compliance maxillary molar distalization: a literature review. *Eur J Orthod* 2008; 30(6):558-71. Epub 2008 Sep 27. Review.
- Kinzinger GS, Gülден N, Yildizhan F, Diedrich PR. Efficiency of a skeletonized distal jet appliance supported by miniscrew anchorage for noncompliance maxillary molar distalization. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:578-86.
- Kircelli BH, Pektaş ZO, Kircelli C. Maxillary molar distalization with a bone-anchored pendulum appliance. *Angle Orthod* 2006; 76(4):650-9.
- Kirjavainen M, Kirjavainen T, Haavikko K. Changes in dental arch dimensions by use of an orthopedic cervical headgear in Class II correction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997; 111(1):59-66.
- Kjaer I. Morphological characteristics of dentitions developing excessive root resorption during orthodontic treatment. *Eur J Orthod* 1995; 17(1):25-34.
- Kloehn SJ. Guiding Alveolar Growth and Eruption of Teeth to Reduce Treatment Time and Produce a More Balanced Denture and Face. *Angle Orthod* 1947; 17: 10–33.
- Kloehn SJ. Orthodontics-Force or Persuasion. *Angle Orthod* 1953; 23: 56–65.
- Kook YA, Park S, Sameshima GT. Peg-shaped and small lateral incisors not at higher risk for root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003; 123(3):253-8.
- Krishnan V, Davidovitch Z. Cellular, molecular, and tissue-level reactions to orthodontic force. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 129(4): 1-32.
- Kuperstein R. External apical root resorption of the maxillary central incisor in anterior open bite malocclusion In: Jacopson A. Book reviews and article abstracts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005; 127: 393-394.
- Kurol J, Owman-Moll P, Lundgren D. Time-related root resorption after application of a controlled continuous orthodontic force. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996; 110(3):303-10.
- Kurol J, Owman-Moll P. Hyalinization and root resorption during early orthodontic tooth movement in adolescents. *Angle Orthod* 1998; 68(2):161-5.

- Kurt G, Sakin Ç. Sınıf II malokluzyonların tedavisinde maksiller molar distalizasyon yöntemleri. *Sağlık Bilimleri Dergisi (J Health Sciences)* 2010; 19(2) 151-157,
- Leach HA, Ireland AJ, Whaites EJ. Radiographic diagnosis of root resorption in relation to orthodontics. *Br Dent J* 2001; 13;190(1):16-22. Review.
- Lee RY, Artun J, Alonzo TA. Are dental anomalies risk factors for apical root resorption in orthodontic patients? *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999; 116(2):187-95.
- Levander E, Malmgren O. Evaluation of the risk of root resorption during orthodontic treatment: a study of upper incisors. *Eur J Orthod* 1988; 10: 30-8.
- Levander E, Malmgren O, Eliasson S. Evaluation of root resorption in relation to two orthodontic treatment regimes. A clinical experimental study. *Eur J Orthod* 1994; 16: 223-8.
- Levander E, Malmgren O, Stenback K. Apical root resorption during orthodontic treatment of patients with multiple aplasia: a study of maxillary incisors. *Eur J Orthod* 1998; 20: 427-34.
- Levander E, Malmgren O. Long-term follow-up of maxillary incisors with severe apical root resorption. *Eur J Orthod* 2000; 22: 85-92.
- Lew K. Intrusion and apical resorption of mandibular incisors in Begg treatment: anchorage bend or curve? *Aust Orthod J* 1990; 11: 164-8.
- Lim E, Belton D, Petocz P, Arora M, Cheng LL, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: part 15. Analysis of elemental composition by using proton-induced x-ray and gamma-ray emissions in orthodontically induced root resorption craters of rat molar cementum after exposure to systemic fluoride. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011; 139(2):e193-202.
- Lima Filho RM, Lima AL, de Oliveira Ruellas AC. Mandibular changes in skeletal class II patients treated with Kloehe cervical headgear. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003; 124(1):83-90.
- Lin Y, Zhong PP, Zhang DQ. Investigation of the possible factors related to root resorption during orthodontic treatment in adolescents. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue* 2007; 16(1):24-7.
- Linge BO, Linge L. Apical root resorption in upper anterior teeth. *Eur J Orthod* 1983; 5(3):173-83.
- Linge L, Linge BO. Patient characteristics and treatment variables associated with apical root resorption during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991; 99(1):35-43.
- Linkow LI. Implanto-orthodontics. *J Clin Orthod* 1970; 4(12):685-90.
- Llamas-Carreras JM, Amarilla A, Espinar-Escalona E, Castellanos-Cosano L, Martín-González J, Sánchez-Domínguez B, López-Frías FJ. External apical root

- resorption in maxillary root-filled incisors after orthodontic treatment: A split-mouth design study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2011; 6. [Epub ahead of print]
- Loberg EL, Engstrom C. Thyroid administration to reduce root resorption. *Angle Orthod* 1994; 64: 395-9.
- Locatelli R, Bednar J, Dietz VS, Gianelly AA. Molar distalization with super elastic NiTi Wire. *J Clin Orthod* 1992; 26: 277-79.
- Low E, Zoellner H, Kharbanda OP, Darendeliler MA. Expression of mRNA for osteoprotegerin and receptor activator of nuclear factor kappa beta ligand (RANKL) during root resorption induced by the application of heavy orthodontic forces on rat molars. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005; 128(4):497-503.
- Lundgren D, Owman-Moll P, Kurol J. Early tooth movement pattern after application of a controlled continuous orthodontic force. A human experimental model. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996; 110(3):287-94.
- Lupi JE, Handelman CS, Sadowsky C. Prevalence and severity of apical root resorption and alveolar bone loss in orthodontically treated adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996; 109(1):28-37.
- Mah JK, Danforth RA, Bumann A, Hatcher D. Radiation absorbed in maxillofacial imaging with a new dental computed tomography device. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003; 96(4):508-13.
- Malek S, Darendeliler MA, Swain MV. Physical properties of root cementum: Part I. A new method for 3-dimensional evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001; 120(2):198-208.
- Malmgren O, Goldson L, Hill C, Orwin A, Petrini L, Lundberg M. Root resorption after orthodontic treatment of traumatized teeth. *Am J Orthod* 1982; 82: 487-91.
- Maltha JC, Dijkman GE. Discontinuous forces cause less extensive root resorption than continuous forces. *Eur J Orthod Abstract of lecture*. 1996; 18, 420.
- Mandall N, Lowe C, Worthington H, Sandler J, Derwent S, Abdi- Oskouei M, et al. Which orthodontic archwire sequence? A randomized clinical trial. *Eur J Orthod* 2006; 28: 561-6.
- Männchen R. A new supraconstruction for palatal orthodontic implants. *J Clin Orthod* 1999; 33(7):373-82.
- Massler M, Malone AJ. Root resorption in human permanent teeth. A roentgenographic study. *Am J Orthod* 1954; 40, 619-33.
- Mavragani M, Vergari A, Selliseth NJ, Bøe OE, Wisth PL. 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(6):665-74.

- Mavragani M, Amundsen OC, Selliseth NJ, Brudvik P, Selvig KA. Early root alterations after orthodontic force application studied by light and scanning electron microscopy. *Eur J Orthod* 2004; 26(2):119-28.
- Mavropoulos A, Karamouzos A, Kiliaridis S, Papadopoulos MA. Efficiency of noncompliance simultaneous first and second upper molar distalization: a three-dimensional tooth movement analysis. *Angle Orthod* 2005; 75: 532–539.
- Mavropoulos A, Sayinsu K, Allaf F, Kiliaridis S, Papadopoulos MA, Keles AO. Noncompliance unilateral maxillary molar distalization. *Angle Orthod* 2006; 76(3):382-7.
- McFadden WM, Engstrom C, Engstrom H, Anholm JM. A study of the relationship between incisor intrusion and root shortening. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989; 96(5):390-6.
- McLaughlin KD. Quantitative determination of root resorption during orthodontic treatment. *Am J Orthod* 1964;50: 143.
- McNab S, Battistutta D, Taverne A, Symons AL. External apical root resorption following orthodontic treatment. *Angle Orthod* 2000; 70: 227-32.
- McNab S, Battistutta D, Taverne A, Symons AL. External apical root resorption of posterior teeth in asthmatics after orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;116:545-51.
- Melsen, B. Effects of cervical anchorage during and after treatment: an implant study. *Am J Orthod* 1978; 73: 526-540.
- Melsen B. Mini-Implants: Where are we? *J Clin Orthod* 2005; 39: 539 - 547.
- Mirabella AD, Artun J. Prevalence and severity of apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. *Eur J Orthod* 1995; 17(2):93-9.
- Miyagi M, Tsuruda K, Kawamura M, Morishita M, Iwamoto Y. Effects of fluoride intake on the mineral content, acid solubility and resorption caused by experimental periodontitis of rat alveolar bone. *Arch Oral Biol* 1994; 39: 163-6.
- Montenegro VC, Jones A, Petocz P, Gonzales C, Darendeliler MA. 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 Dentofacial Orthop* 2012; 141(1):e1-9.
- Mullen SR, Martin CA, Ngan P, Gladwin M. Accuracy of space analysis with emodels and plaster models. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2007; 132: 346–52.
- Muse DS, Fillman MJ, Emmerson WJ, Mitchell RD. Molar and incisor changes with Wilson rapid molar distalization. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993; 104(6): 556-65.

- Nakajima A, Murata M, Tanaka E, Arai Y, Fukase Y, Nishi Y, et al. Development of three-dimensional FE modeling system from the limited cone beam CT images for orthodontic tipping tooth movement. *Dent Mater J* 2007; 26(6):882-91.
- Nalçacı R. Hasta kooperasyonu gerektirmeyen kemik içi vida destekli molar distalizasyonu. Cumhuriyet Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Sivas, (Doç. Dr. Ali Altuğ Bıçakçı), 2008.
- Nanda R, Goldin B. Biomechanical approaches to the study of alterations of facial morphology. *Am J Orthod* 1980; 78(2):213-26.
- Newman MG, Takei H, Klokkevold PR, Fea, C. *Carranzas's Clinical Periodontology*. 9th Ed. London, New York Saunders Elsevier, 2002.
- Newman WG. Possible etiologic factors in external root resorption. *Am J Orthod* 1975; 67(5):522-39.
- Ngantung V, Nanda RS, Bowman SJ. Posttreatment evaluation of the distal jet appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;120:179–185.
- Nigul K, Jagomagi T. Factors related to apical root resorption of maxillary incisors in orthodontic patients. *Stomatologija* 2006;8(3):76-9.
- Nikolai RJ. On optimum orthodontic force theory as applied to canine retraction. *Am J Orthod* 1975; 68(3): 290-302.
- Nishioka M, Ioi H, Nakata S, Nakasima A, Counts A. Root resorption and immune system factors in the Japanese. *Angle Orthod* 2006; 76(1):103-8.
- Oberti G, Villegas C, Ealo M, Palacio JC, Baccetti T. Maxillary molar distalization with the dual-force distalizer supported by mini-implants: a clinical study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135:282.e1-5.
- Odenrick L, Brattström V. Nailbiting: frequency and association with root resorption during orthodontic treatment. *Br J Orthod* 1985; 12(2):78-81.
- Oh YH, Park HS, Kwon TG. Treatment effects of microimplant-aided sliding mechanics on distal retraction of posterior teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139(4):470-81
- Oppenheim A. Human tissue response to orthodontic intervention of short and long duration. *Am J Orthod Oral Surg* 1942; 28(5): 263-301.
- Otis LL, Hong JS, Tuncay OC. Bone structure effect on root resorption. *Orthod Craniofac Res* 2004 Aug;7(3):165-77.
- Owman-Moll P, Kurol J, Lundgren D. Continuous versus interrupted continuous orthodontic force related to early tooth movement and root resorption. *Angle Orthod* 1995; 65: 395-401.

- Owman-Moll P, Kurol J, Lundgren D. Effects of a doubled orthodontic force magnitude on tooth movement and root resorptions. An inter-individual study in adolescents. *Eur J Orthod* 1996a; 18(2):141-50.
- Owman-Moll P, Kurol J, Lundgren D. The effects of a four-fold increased orthodontic force magnitude on tooth movement and root resorptions. An intra-individual study in adolescents. *Eur J Orthod* 1996b; 18(3):287-94.
- Owman-Moll P, Kurol J. The early reparative process of orthodontically induced root resorption in adolescents--location and type of tissue. *Eur J Orthod* 1998; 20(6): 727-32.
- Owman-Moll P, Kurol J. Root resorption after orthodontic treatment in high-and low-risk patients: analysis of allergy as a possible predisposing factor. *Eur J Orthod* 2000; 22(6): 657-63.
- Önçağ G, Seçkin O, Dinçer B, Arikan F. Osseointegrated implants with pendulum springs for maxillary molar distalization: a cephalometric study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; 131(1):16-26.
- Paetyangkul A, Türk T, Elekdağ-Türk S, Jones AS, Petocz P, Darendeliler MA. 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 Dentofacial Orthop* 2009; 136(4): 492.e1-9; discussion 492-3.
- Paetyangkul A, Türk T, Elekdağ-Türk S, Jones AS, Petocz P, Cheng LL, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: Part 16. Comparisons of root resorption and resorption craters after the application of light and heavy continuous and controlled orthodontic forces for 4, 8, and 12 weeks. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011; 139(3):e279-84.
- Pandis N, Nasika M, Polychronopoulou A, Eliades T. External apical root resorption in patients treated with conventional and self-ligating brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008; 134:646-51.
- Papaconstantinou S. Chapter-4, Metabolic profile of orthodontic patients exhibiting root resorption. In: *Risk Management in Orthodontics*. Graber TM, Eliades T, Athanasiou AE. Ed(s) Quintessence Publishing Co. 2004; 47-59.
- Papadopoulos MA, Mavropoulos A, Karamouzos A. Cephalometric changes following simultaneous first and second maxillary molar distalization using a non-compliance intraoral appliance. *J Orofac Orthop* 2004; 65: 123–136.
- Park HS, Kwon TG. Sliding mechanics with microscrew implant anchorage. *Angle Orthod* 2004;74(5):703-10.
- Park HS, Kwon TG, Sung JH. Nonextraction treatment with microscrew implants. *Angle Orthod* 2004; 74(4):539-49.

- Park HS, Lee SK, Kwon OW. Group distal movement of teeth using microscrew implant anchorage. *Angle Orthod* 2005; 75(4):602-9.
- Parker RJ, Harris EF. Directions of orthodontic tooth movements associated with external apical root resorption of the maxillary central incisor. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;114:677-83.
- Parker WS. Root resorption-long-term outcome. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997; 112(2):119-23.
- Paul LD, O'Brien KD, Mandall NA. Upper removable appliance or Jones Jig for distalizing first molars? A randomized clinical trial. *Orthod Craniofac Res* 2002; 5(4):238-42.
- Pfeiffer JP, Grobéty D. A philosophy of combined orthopedic-orthodontic treatment. *Am J Orthod* 1982; 81(3):185-201.
- Phillips JR. Apical root resorption under orthodontic therapy. *Angle Orthod* 1955; 25, 1-22.
- Pieringer M, Droschl H, Permann R. Distalization with a Nance appliance and coil springs. *J Clin Orthod* 1997; 31(5):321-6.
- Pilon JJ, Kuijpers-Jagtman AM, Maltha JC. Magnitude of orthodontic forces and rate of bodily tooth movement. An experimental study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996; 110(1):16-23.
- Polat-Ozsoy O, Kircelli BH, Arman-Ozçirpici A, Pektaş ZO, Uçkan S. Pendulum appliances with 2 anchorage designs: conventional anchorage vs bone anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008; 133(3):339.e9-339.e17.
- Poulton DR. The influence of extraoral traction. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1967; 53: 8-185.
- Poumpros E, Loberg E, Engström C. Thyroid function and root resorption. *Angle Orthod* 1994;64(5):389-93; discussion 394.
- Proffit WR, Fields HW. *Contemporary Orthodontics*, 3th Ed, Mosby, Inc. Missouri, 2000; 272-274, 277, 307, 383.
- Quimby ML, Vig KW, Rashid RG, Firestone AR. The accuracy and reliability of measurements made on computer-based digital models. *Angle Orthod* 2004; 74: 298–303.
- Quinn RS, Yoshikawa DK. A reassessment of force magnitude in orthodontics. *Am J Orthod* 1985; 88(3), 252–260.
- Ramfjord SP, Kohler CA. Periodontal reaction to functional occlusal stress. *Journal of Periodontology* 1959; 30, 95–112. In: Harris EF. Root resorption during orthodontic therapy. *Semin Orthod* 2000; 6: 183– 194.

- Rana R, Becher MK. Class II Correction Using the Bimetric Distalizing Arch. *Semin Orthod* 2000; 6: 106–18.
- Reitan K. Some factors determining the evaluation of forces in orthodontics. *Am J Orthod* 1957; 43, 32–45.
- Reitan, K. Tissue behavior during orthodontic tooth movement. *Am J Orthod* 1960; 46: 881-890.
- Reitan K. Effects of force magnitude and direction of tooth movement on different alveolar bone types. *Angle Orthod* 1964; 34: 244–255.
- Reitan K. Clinical and histologic observations on tooth movement during and after orthodontic treatment. *Am J Orthod* 1967; 53: 721-745
- Reitan K. Initial tissue behavior during apical root resorption. *Angle Orthod* 1974; 44: 68-82.
- Reitan K. Biomechanical principles and reactions. In *Orthodontics: Current Principles and Techniques*. Graber TM, Swain BF. Ed(s), CV Mosby: St Louis. 1985; p: 101- 92.
- Remington DN, Joondeph DR, Artun J, Riedel RA, Chapko MK. Long-term evaluation of root resorption occurring during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989; 96(1):43-6.
- Remmeling HJ, van der Molen AL. Effects of anteroposterior incisor repositioning on the root and cortical plate: a follow-up study. *J Clin Orthod* 1984; 18(1):42-9.
- Reukers E, Sanderink G, Kuijpers-Jagtman AM, van't Hof M. Assessment of apical root resorption using digital reconstruction. *Dentomaxillofac Radiol* 1998; 27(1): 25-9.
- Rex T, Kharbanda OP, Petocz P, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: part 6. A comparative quantitative analysis of the mineral composition of human premolar cementum after the application of orthodontic forces. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:358-67.
- Ricketts RM, Bench RW, Gugino CF, Hilgers JJ, Schulhof RJ. *Bioprogressive therapy book 1*, First ed. Rocky Mountain Orthodontics, Denver, Colorado. 1979; 93-94, 109.
- Roberts WE, Helm FR, Marshall KJ, Gongloff RK. Rigid endosseous implants for orthodontic and orthopedic anchorage. *Angle Orthod* 1989; 59: 247–56.
- Rondeau BHM. The pendulum Appliance. *Func Orthod* 1994; 11: 5-12.
- Rosenberg HN. An evaluation of the incidence and amount of apical root resorption and dilaceration occurring in orthodontically treated teeth having incompletely formed roots at the beginning of Begg treatment. *Am J Orthod* 1972; 61, 524-525.

- Rudolph CE. An evaluation of root resorption during orthodontic treatment. *J Dent Res* 1940; 19(4); 367-371.
- Rudolph DJ, Willes PMG, Sameshima GT. A finite element model of apical force distribution from orthodontic tooth movement. *Angle Orthod* 2001; 71(2): 127-31.
- Rygh P. Ultrastructural changes in pressure zones of human periodontium to orthodontic tooth movement. *Acta Odontol Scand* 1973; 1,109–22.
- Rygh, P. Ortodontic rooth resorption studied by electron microscopy. *Angle Orthod* 1977; 44, 1-16.
- Sameshima GT, Sinclair PM. Predicting and preventing root resorption: Part I. Diagnostic factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001a;119(5):505-10.
- Sameshima GT, Sinclair PM. Predicting and preventing root resorption: Part II. Treatment factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001b;119(5):511-5.
- Sameshima GT, Sinclair PM. Characteristics of patients with severe root resorption. *Orthod Craniofac Res* 2004; 7: 108-14.
- Sameshima GT, Asgarifar KO. Assessment of root resorption and root shape: periapical vs panoramic films. *Angle Orthod* 2001; 71(3):185-9
- Santoro M, Galkin S, Teredesai M, Nicolay OF, Cangialosi TJ. Comparison of measurements made on digital and plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003; 124: 101–5.
- Sayınsu K. Yeni geliştirilen ağız içi maksiller molar distalizasyon apareyinin etkilerinin sefalometrik ölçümler ve model analizi ile değerlendirilmesi. Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul (Yrd. Doç. Dr. Ahmet Keleş), 2000.
- Sayınsu K, Isik F, Allaf F, Arun T. Unilateral molar distalization with a modified slider. *Eur J Orthod* 2006; 28: 361–365.
- Schaaf H, Streckbein P, Obert M, Goertz B, Christophis P, Howaldt HP, Traupe H. High resolution imaging of craniofacial bone specimens by flat-panel volumetric computed tomography. *J Craniomaxillofac Surg* 2008; 36(4):234-8. Epub 2008 Apr 9.
- Schiavon Gandini MR, Gandini LG Jr, Da Rosa Martins JC, Del Santo M Jr. Effects of cervical headgear and edgewise appliances on growing patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001; 119(5):531-8; discussion 538-9.
- Schütze SF, Gedrange T, Zellmann MR, Harzer W. Effects of unilateral molar distalization with a modified pendulum appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; 131(5):600-8.
- Scott P, DiBiase AT, Sherriff M, Cobourne MT. Alignment efficiency of Damon3 self-ligating and conventional orthodontic bracket systems: a randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134:470.e1-8.

- Scuzzo G, Pisani F, Takemoto K. Maxillary molar distalization with a modified pendulum appliance. *J Clin Orthod* 1999; 33: 645-650.
- Shafer WG; Hine MK, Levi BM: *A textbook of oral pathology*. 4. ed. Philadelphia: WB Saunders,; 328–32. 1983.
- Sharpe W, Reed B, Subtelny JD, Polson A. Orthodontic relapse, apical root resorption, and crestal alveolar bone levels. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987; 91(3): 252-8.
- Shirazi M, Dehpour AR, Jefari F. The effect of thyroid hormone on orthodontic tooth movement in rats. *J Clin Pediatr Dent* 1999; 23: 259-64.
- Smale I, Artun J, Behbehani F, Doppel D, van't Hof M, Kuijpers-Jagtman AM. Apical root resorption 6 months after initiation of fixed orthodontic appliance therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005; 128(1):57-67.
- Smith JR. Bone dynamics associated with the controlled loading of bioglasscoated aluminum oxide endosteal implants. *Am J Orthod* 1979; 76: 618–36.
- Smith RJ, Burstone CJ. Mechanics of tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1984; 85: 294-307.
- Smith NH. Monostotic Paget's disease of the mandible presenting with progressive resorption of the teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1978; 46(2):246-53.
- Snodgrass DJ. A fixed appliance for maxillary expansion, molar rotation and molar distalization. *J Clin Orthod* 1996; 30: 156-159.
- Spurrier SW, Hall SH, Joondeph DR, Shapiro PA, Riedel RA. A comparison of apical root resorption during orthodontic treatment in endodontically treated and vital teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990; 97(2):130-4.
- Srivicharnkul P, Kharbanda OP, Swain MV, Petocz P, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: Part 3. Hardness and elastic modulus after application of light and heavy forces. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005 Feb;127(2):168-76; quiz 260.
- Stenvik A, Mjor IA. Pulp and dentine reactions to experimental tooth intrusion. A histological study of the initial changes. *Am J Orthod* 1970; 5: 370-85.
- Stock SR. X-ray microtomography of materials. *International Materials Reviews* 1999; 44: 141-164.
- Storey E, Smith R. Force in orthodontics and its relation to tooth movement. *Aust Dent J* 1952; 56, 11-8.
- Sugawara J, Kanzaki R, Takahashi I, Nagasaka H, Nanda R. Distal movement of maxillary molars in nongrowing patients with the skeletal anchorage system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 129(6):723-33.

- Taithongchai R, Sookkorn K, Killiany DM. Facial and dentoalveolar structure and the prediction of apical root shortening. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;110:311-20.
- Taner TU, Yukay F, Pehlivanoglu M, Cakirer B. A comparative analysis of maxillary tooth movement produced by cervical headgear and pend-x appliance. *Angle Orthod* 2003; (6):686-91.
- Taner T, Cığer S, Sençift Y. Evaluation of apical root resorption following extraction therapy in subjects with Class I and Class II malocclusions. *Eur J Orthod* 1999 Oct;21(5):491-6.
- Tangney NJ. Hypophosphatasia: a case report and literature review. *Ir Med J* 1979; 72(12):530-1. Review.
- Ten Cate AR. *Oral histology, development, structure and function*. Seventh Ed. Nanci A.Ed. C.V. Mosby: St. Louis.(India). 2008; 239–267.
- TenHoeve A, Mulie RM. The effects of antero-postero incisor repositioning on the palatal cortex as studied with laminagraphy. *J Clin Orthod* 1976; 10: 804-22.
- Tenti FV. Orthodontic therapy of a skeletal Class II dysharmony: anatomo-clinical principles and a proposed modular therapeutic system with prefabricated modular parts. *J Am Dent Assoc* 1986; 2(1):65-77.
- Thilander B, Rygh P, Kaare R. Tissue Reactions in Orthodontics; In: *Orthodontics: Current Principles and Techniques*. Graber TM, Vanarsdall RL, Ed(s). St. Louis: Mosby, Inc. 2000; pp 117-191.
- Toroğlu MS, Uzel İ, Çam OY, Hancıoğlu ZB. Cephalometric evaluation of the effects of pendulum appliance on various vertical growth patterns and of the changes during short-term stabilization. *Clin Orthod Res* 2001; 4: 15-27.
- Tosun Y. *Sabit Ortodontik Apareylerin Biyomekanik Prensipleri*. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi; 1999.
- Triaca A, Antonini M, Wintermantel E. Ein neues titan-Flachschrauben-Implantat zur orthodontischen Verankerung am anterioren Gaumen. *Inf Orthod Kieferorthop* 1992; 2: 251-255.
- Tronstrad L. Root resorption - a multidisciplinary problem in dentistry. In *The Biological Mechanisms of Tooth Eruption and Root Resorption*, Davidovitch, Z. Ed. EBSCO Media: Birmingham. 1988; 293-301.
- Ülger G, Arun T, Sayinsu K, Isik F. The role of cervical headgear and lower utility arch in the control of the vertical dimension. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006 Oct;130(4):492-501.
- Van de Velde JP, Kuitert RB, van Ginkel FC, Prahl-Andersen B. Histologic reactions in gingival and alveolar tissues during tooth movement in rabbits. *Eur J Orthod* 1988 Nov;10(4):296-308.

- Van Leeuwen EJ, Maltha JC, Kuijpers-Jagtman AM. Tooth movement with light continuous and discontinuous forces in beagle dogs. *Eur J Oral Sci* 1999; 107(6): 468–474.
- Vandevska-Radunovic V. Neural modulation of inflammatory reactions in dental tissues incident to orthodontic tooth movement. A review of the literature. *Eur J Orthod* 1999; 21(3):231-47. Review.
- Vardimon AD, Graber TM, Voss LR, Lenke J. Determinants controlling iatrogenic external root resorption and repair during and after palatal expansion. *Angle Orthod* 199; 61(2):113-22; discussion 123-4.
- Verna C, Dalstra M, Melsen B. Bone turnover rate in rats does not influence root resorption induced by orthodontic treatment. *Eur J Orthod* 2003; 25(4):359-63.
- Viecelli RF, Katona TR, Chen J, Hartsfield JK Jr, Roberts WE. Three-dimensional mechanical environment of orthodontic tooth movement and root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008; 133(6):791.e11-26.
- Vlaskalic V, Boyd RL. Chapter 26: Root resorptions and tissue changes during orthodontic treatment. In: *Textbook of Orthodontics*. Bishara SE. Ed W.B. Saunders Comp, Philadelphia. 2001; 463–475.
- Vlaskalic V, Boyd RL, Baumrind S. Etiology and sequelae of root resorption. *Semin Orthod* 1998; 4: 124-31.
- VonderAhe G. Postretention status of maxillary incisors with root-end resorption. *Angle Orthod* 1973 Jul;43(3):247-55.
- Wang YC, Liou EJ. Comparison of the loading behavior of self-drilling and predrilled miniscrews throughout orthodontic loading. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008; 133: 38–43.
- Watson WG. A computerized appraisal of the high-pull face-bow. *Am J Orthod* 1972; 62(6):561-79.
- Wehrbein H, Merz BR, Diedrich P, Glatzmaier J. The use of palatal implants for orthodontic anchorage. Design and clinical application of the orthosystem. *Clin Oral Implants Res* 199; 7(4):410-6.
- Weiland F. Constant versus dissipating forces in orthodontics: the effect on initial tooth movement and root resorption. *Eur J Orthod* 2003; 25(4):335-42.
- Weinright M. External root resorption. *Angle Orthod* 1991; 2: 113–124.
- Wickwire NA, Mc Neil MH, Norton LA, Duell RC. The effects of tooth movement upon endodontically treated teeth. *Angle Orthod* 1974-;44(3):235-42.
- Wilson WL, Wilson RC. Modular 3D appliances. Problem solving in edgewise, straightwire, and lightwire treatment. *J Clin Orthod* 1984; 18(4):272-81.

- Wilson WL, Wilson RC. Multi-directional 3D functional Class II treatment. *J Clin Orthod* 1987; 21(3):186-9.
- Wong AM, Rabie AB, Hagg U. The use of pendulum appliance in the treatment of class II malocclusion. *Br Dent J* 1999; 187: 367-370.
- Wong FS, Elliott JC, Davis GR, Anderson P. X-ray microtomographic study of mineral distribution in enamel of mandibular rat incisors. *J Anat* 2000; 196 (Pt 3): 405-13.
- Worms FW, Isaacson RJ, Speidel TM. A concept and classification of centers of rotation and extraoral force systems. *Angle Orthod* 1973; 43(4):384-401.
- Wu AT, Turk T, Colak C, Elekdağ-Turk S, Jones AS, Petocz P, Darendeliler MA. 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 Dentofacial Orthop* 2011; 139(5):e495-503.
- Yamaguchi M, Aihara N, Kojima T, Kasai K. RANKL increase in compressed periodontal ligament cells from root resorption. *J Dent Res* 2006; 85(8):751-6.
- Yoshida N, Jost-Brinkmann PG, Yamada Y. Initial tooth movement under extraoral force and considerations for controlled molar movement. *Angle Orthod* 1995;65(3):199-208.
- Zhao Z, Fan Y, Bai D, Wang J, Li Y. The adaptive response of periodontal ligament to orthodontic force loading - a combined biomechanical and biological study. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2008;23 Suppl 1:S59-66. Epub 2007.
- Zilberman O, Huggare JA, Parikakis KA. Evaluation of the validity of tooth size and arch width measurements using conventional and three-dimensional virtual orthodontic models. *Angle Orthod* 2003; 73: 301-6.

EKLER

Ek 1. Çalışma İçin Alınan Etik Kurul Onay Formu

S.D.Ü. TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞI FAKÜLTE ETİK KURULU KARARLARI

TOPLANTI TARİHİ	TOPLANTI SAYISI	KARAR SAYISI
23.06.2009	04	33

Fakülte Etik Kurulu 23 Haziran 2009 tarihinde Saat 15:00'da toplanarak aşağıdaki kararları almıştır.,

33- SDÜ Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Yrd.Doç.Dr.Alev AKSOY DOĞAN'ın "Maksiler 1. Küçük Azı Dişlerin Aktif Distalizasyonları ve Fizyolojik Sürüklenmeleri Sonrasında Oluşan Kök Yüzey Değişikliklerinin İncelenmesi." konulu çalışma;

Etik Kurul tarafından uygun görülmüştür.

(İMZA)
Prof. Dr.Yıldıran SONGÜR
BAŞKAN

(KATILMADI)
Prof. Dr. Ahmet Rifat ÖRMECİ
ÜYE

(KATILMADI)
Prof.Dr.Mahmut BÜLBÜL
ÜYE

(İMZA)
Doç.Dr.Pınar YÜKSEL BAŞAK
ÜYE

(İMZA)
Yrd.Doç. Dr. Esin KULAÇ
ÜYE

Doç.Dr.Nilgün KAPUCUOĞLU
ÜYE
(İMZA)

Yrd.Doç.Dr.Duygu KUMBUL DOĞUŞ
ÜYE
(İMZA)

Yrd. Doç. Dr.Ekrem ÇİÇEK
ÜYE
(İMZA)

Yrd.Doç. Dr. Ekrem ÇİÇEK
(Raportör)

ASL GİBİDİR

30.06.2009

Ek 2. Bilgilendirilmiş Hasta Onam Formu

HASTA OLUR (MUVAFFAKAT) FORMU

Kliniğimizde, üst diş arklarında küçük azı diş çekimi ve palatal bölgeye 2 adet implantın cerrahi olarak yerleşimini gerektirecek şiddette dişsel çapraşıklığa ya da aykırılığa sahip hastaların, hafif ve nispeten ağır kuvvetlerin uygulanacağı boşluk kapama mekanikleri yardımıyla gerçekleştirilecek sabit ortodontik yöntemlerle tedavisini amaçlayan bir çalışma başlatmış bulunuyoruz. Bu çalışma, uygulamaların gelişimine ışık tutacaktır.

Çalışmaya katılmayı kabul eden hastalarımızdan, tedavi için bize başvurdukları seansta, teşhise yönelik ortodontik modeller, fotoğraflar ve radyografiler alınacaktır. Bu kayıtlar incelenip değerlendirildikten sonra çalışma için uygun hastalara ve ebeveynlere çalışmada yapılacak tedavi ve diğer alternatif tedavi yöntemleri ayrıntılı olarak anlatılacak ve uygulamayı kabul eden hastalar araştırmaya dahil edilecektir. Uygulanacak bu yöntemin süresi yaklaşık 4 aydır. Bu süreden sonra araştırma sonlandırılacak ve hastaların rutin ortodontik tedavilerine devam edilecektir.

Gönüllünün uygulama sırasında karşılaşılabileceği rahatsızlıklar ve riskler minimaldir. Bu minimal riskler sabit ortodontik tedaviler sırasında her olguda görülebilen kök rezorpsiyonları ve interseptal kemik kayıplarıdır. Muhtemel zarar durumunda gönüllünün veya yakınının bilgi için iletişim kuracağı kişi; Dr. Alev AKSOY DOĞAN'dır.

Araştırmaya katılmak tamamen hastamızın kendi rızasıyla olacak ve hastaya bir yükümlülük getirmeyecektir. Hastalar araştırma başladıktan sonra devam etmek istememe hakkına sahiptir.

40 gönüllü bireyin kullanılacağı çalışmada, çalışmayı bitirme ve aktif tedavide kooperasyon problemi olan hastayı çalışma dışı bırakma yetkisi araştırmacıya ait olacaktır.

Yukarıda gönüllüye araştırmadan önce verilmesi gereken bilgileri gösteren metni okudum. Bunlar hakkında bana yazılı ve sözlü açıklama yapıldı. Bu koşullarla söz konusu olan klinik araştırmayı kendi rızamla, hiçbir baskı altında kalmadan ve zorlama olmaksızın kabul ediyorum

Gönüllünün

Adı-Soyadı:

İmzası :

Adresi :

Tel :

Velayet ve vesayet altında bulunanlar için veli veya vasisinin

Adı-Soyadı:

İmzası :

Adresi :

Tel :

Açıklamaları yapan araştırmacının

Adı-Soyadı:

İmzası :

ÖZGEÇMİŞ

26 Mayıs 1983 tarihinde Bulgaristan'da doğdum. İlköğrenimimi 1994 yılında Çorlu Hanife-Şefik Celep İlkokulu'nda, orta öğrenimimi 1998 yılında Çorlu Mehmet Akif Ersoy Anadolu Lisesi'nde, lise öğrenimimi 2001 yılında Edirne Süleyman Demirel Fen Lisesi'nde tamamladım. Lisans öğrenimime 2001 yılında başladığım İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'ni 2006 yılında tamamladım. Aynı yıl Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'nda doktora eğitimime başladım. Türk Ortodonti Derneği ve Avrupa Ortodonti Derneği üyesiyim. Evliyim, bir çocuk annesiyim.