

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

**DÜŞÜK DOZ LAZER TEDAVİSİ VE PIEZOSİZYON  
UYGULAMALARININ KANİN DİSTALİZASYONU  
SIRASINDA ORTODONTİK DİŞ HAREKET HIZI  
ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

**Hazırlayan  
Dt. Gökhan TÜRKER**

**Danışman  
Prof. Dr. İbrahim YAVUZ**

**Uzmanlık Tezi**

**Eylül 2016  
KAYSERİ**

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

**DÜŞÜK DOZ LAZER TEDAVİSİ VE PIEZOSİZYON  
UYGULAMALARININ KANİN DİSTALİZASYONU  
SIRASINDA ORTODONTİK DİŞ HAREKET HIZI  
ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ  
(Uzmanlık Tezi)**

**Hazırlayan  
Dt. Gökhan TÜRKER**

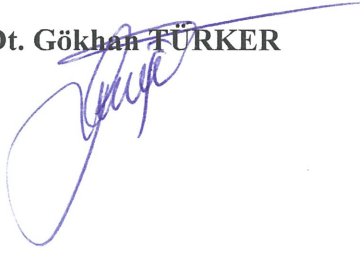
**Danışman  
Prof. Dr. İbrahim YAVUZ**

**Eylül 2016  
KAYSERİ**

## BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

**Dt. Gökhan FÜRKER**



## YÖNERGEYE UYGUNLUK ONAYI

“Düşük Doz Lazer Tedavisi ve Piezosizyon Uygulamalarının Kanin Distalizasyonu Sırasında Ortodontik Diş Hareket Hızı Üzerine Etkilerinin İncelenmesi” adlı Uzmanlık Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Dt. Gökhan TÜRKER

Danışman

Prof. Dr. İbrahim YAVUZ

Ortodonti Anabilim Dalı Başkanı  
Yrd. Doç. Dr. Nisa GÜL AMUK

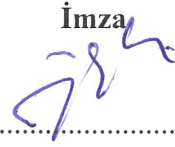
**Prof. Dr. İbrahim YAVUZ** danışmanlığında **Dt. Gökhan TÜRKER** tarafından hazırlanan “**Düşük Doz Lazer Tedavisi ve Piezosizyon Uygulamalarının Kanin Distalizasyonu Sırasında Ortodontik Diş Hareket Hızı Üzerine Etkilerinin İncelenmesi**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi **Ortodonti Anabilim Dalında Uzmanlık Tezi** olarak kabul edilmiştir.

01./09/2016

**JÜRİ**

İmza

Danışman : Prof. Dr. İbrahim YAVUZ  
(Ortodonti AD)



Üye : Prof. Dr. İsmail CEYLAN  
(Ortodonti AD)

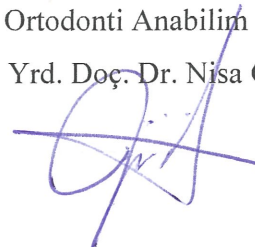


Üye : Doç. Dr. Ahmet YAĞCI  
(Ortodonti AD)

**ONAY**

Bu tezin kabulü Fakülte Anabilim Dalının ..01.09.2016..tarih ve....33.....sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Ortodonti Anabilim Dalı Başkanı  
Yrd. Doç. Dr. Nisa GÜL AMUK



## TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince ve tezimin hazırlanması sırasında bilgisi, deneyimi, sabrı ve özverisiyle bana yardımcı olup destek veren Sayın Hocam ve Danışmanım Prof. Dr. İbrahim YAVUZ'a, uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan hocalarım Doç. Dr. Ahmet YAĞCI'ya, Doç. Dr. Gökmen KURT'a, Yrd. Doç. Dr. Abdullah EKİZER'e, Yrd. Doç. Dr. Nisa GÜL AMUK'a, tezimin hazırlanmasında emeği ve yardımı olan Yrd. Doç. Dr. Zeynep Burçin GÖNEN hocama, uzmanlık eğitim hayatıma renk katan asistan arkadaşlarıma, çalışmalarım süresince birçok fedakârlıklar gösterip beni destekleyerek her an yanımda olan çok sevgili eşim Merve'ye, varlığıyla en büyük motivasyon kaynağım olan oğlum Metehan'a ve yaşamımın her döneminde yanımda olup bana destek olan aileme teşekkür ederim.

**Gökhan TÜRKER**

**Kayseri, Eylül 2016**

# **DÜŞÜK DOZ LAZER TEDAVİSİ VE PIEZOSİZYON UYGULAMALARININ KANIN DİSTALİZASYONU SIRASINDA ORTODONTİK DİŞ HAREKET HIZI ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

**Dt. Gökhan TÜRKER**

**Erciyes Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi  
Ortodonti Anabilim Dalı  
Uzmanlık Tezi, Eylül 2016  
Danışman: Prof. Dr. İbrahim YAVUZ**

## **ÖZET**

Bu çalışmanın amacı, kanin distalizasyonu sırasında piezosizyon ve düşük doz lazer tedavisi (DDLTL) uygulamalarının diş hareket hızı üzerine etkilerini incelemek ve bu uygulamaların etkilerini birbirleri ile karşılaştırmaktır.

Çalışmamızda yaş ortalaması  $16,35 \pm 1,14$  yıl olan 15 kız, 5 erkek toplam 20 hastanın full ark üzerinde minivida destekli kanin distalizasyonu yapılmıştır. Dişler iki gruba ayrılarak sağ üst kanin dişlerin mezial ve distaline piezosizyon uygulanmış ve kortikal kemikte 3 mm derinliğinde mikro hasar oluşturulmuştur. Sol üst kanin dişlere ise kanin distalizasyonu sırasında 0., 3., 7., 14., 21. ve 28. günlerde, 940 nm dalga boyunda diyet lazer 0,4 Watt ortalama güç ve  $5 \text{ J/cm}^2$  enerji yoğunluğunda kullanılarak biyostimülasyon uygulanmıştır. Parametrelerin homojenitesi Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirilmiş ve değişkenler normal dağılım gösterdiği için grup içi karşılaştırmalarda eşleştirilmiş *t*-testi, gruplar arası karşılaştırmalarda Student's *t*-testi uygulanmıştır. Her bir grupta, tedavinin farklı dönemlerinde meydana gelen değişikliklerin karşılaştırılması için tekrarlı ölçümlerde One-way ANOVA testi kullanılmış ve değişkenler arasındaki farklılığın hangi zaman aralığından kaynaklandığını belirlemek için de Least Significant Difference (LSD) testi uygulanmıştır.

Sefalometrik değerlendirmede iskeletsel ve alt keserlere ait dişsel değerlerde herhangi bir değişim görülmemiş, üst keser dişlerde ise anlamlı miktarda retrüzyon ve retraksiyon olduğu tespit edilmiştir. Her iki grupta da kanin distalizasyonu sonunda üst kanin ve molar dişlerde anlamlı miktarda devrilmeler olduğu ve gruplar arasında farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Her iki grupta da T1-T0 dönemindeki distalizasyonun diğer dönemlere göre anlamlı farklılık gösterdiği, bu farklılığın DDLTL

grubunda anlamlı olarak piezosizyon grubundan daha fazla olduğu, diğer dönemlerde gruplar arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca DDLT grubunda T2-T1 ve T3-T2 dönemi arasındaki distalizasyon miktarındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur.

Sonuç olarak, hem piezosizyon hem de DDLT uygulamalarının diş hareketini hızlandırmak amacıyla kullanılabilceği, ancak DDLT uygulamasının bu amaç için daha tercih edilebilir bir yöntem olduğu söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Diş hareket hızı, düşük doz lazer, piezosizyon





**THE EXAMINATION OF THE EFFECTS OF LOW DOSE LASER THERAPY  
AND PIEZOCISION APPLICATIONS ON THE RATE OF ORTHODONTIC  
TOOTH MOVEMENT DURING CANINE DISTALIZATION**

**Dt. Gökhan TÜRKER**

**Erciyes University, Faculty of Dentistry  
Department of Orthodontics  
Dental Specialty Education Thesis, September 2016  
Supervisor: Prof. Dr. İbrahim YAVUZ**

**ABSTRACT**

The aim of this study was to examine of the effects of piezocision and low dose laser therapy (LDLT) on the rate of orthodontic tooth movement during canine distalization and to compare the effects of this applications with each other.

In our study, miniscrew supported canine distalization was performed on full arch in twenty patients (15 female, 5 male) with a mean age of  $16,35 \pm 1,14$  years. In this split mouth design study, the piezocision was carried out on the mesial and distal attached gingiva of right maxillary canines and the micro-damages of 3 mm depth was created at cortical bone. The biostimulation was applied to left maxillary canines using a diode laser with 940 nm wavelength, 0.4 Watt average power and  $5 \text{ J/cm}^2$  energy density at 0, 3, 7, 14, 21 and 28th days. Kolmogorov-Smirnov test was used to determine whether the parameters were homogeneous or not. Paired t-test was used to determine the treatment changes within the group and Student's t-test was applied between the groups because of the variables were homogeneous. The One-way ANOVA test with repeated measures was used for the comparison of changes in different periods of treatment in each group and the Least Significant Difference (LSD) test was performed to determine the time period that the differences arise from.

In cephalometric evaluation, no changes were occurred in skeletal parameters and mandibular incisor parameters, however, significant retrusion and retraction was established in maxillary incisors. At the end of canine distalization, it was established that maxillary canines and molars were tipped significantly in both groups and no differences were appeared between two groups. It was determined that the distalization of T1-T0 period was significantly different compared to other periods and this difference was significantly increased in LDLT group in comparison with piezocision

group. In other periods, there was no statistically significant differences between two groups. However, the amount of distalization between T2-T1 and T3-T2 periods were statistically significant in DDLT group.

From the results of this study, it can be said that both piezocision and LDLT applications can be used for accelerated tooth movement and LDLT can be a more preferable method for this purpose.

**Key words:** Rate of tooth movement, low dose laser, piezocision



## İÇİNDEKİLER

### DÜŞÜK DOZ LAZER TEDAVİSİ VE PİEZOSİZYON UYGULAMALARININ KANIN DİSTALİZASYONU SIRASINDA ORTODONTİK DİŞ HAREKET HIZI ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

İÇ KAPAK.....	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK ONAYI .....	iii
KABUL VE ONAY SAYFASI .....	iv
TEŞEKKÜR .....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT .....	viii
İÇİNDEKİLER .....	x
KISALTMALAR .....	xiii
TABLolar LİSTESİ.....	xiv
ŞEKİLLER VE RESİMLER LİSTESİ.....	xv
1. GİRİŞ VE AMAÇ .....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Ortodontik Diş Hareketi .....	3
2.1.1. Ortodontik Diş Hareketi Sırasında Meydana Gelen Doku Cevabı.....	4
2.1.2. Optimum Ortodontik Kuvvet.....	5
2.2. Çekimli Ortodontik Tedaviler ve Kanin Distalizasyonu .....	7
2.3. Ortodontide Ankraj.....	9
2.3.1. Ankraj Kontrolü.....	9
2.3.1.1. Ankraj Kontrolünde Kullanılan Geleneksel Yöntemler.....	9
2.3.1.2. Ortodontik Kemik Ankrajı .....	10
2.4. Hızlandırılmış Diş Hareketi.....	12
2.4.1. Lokal-Sistemik İlaç Uygulamaları .....	12
2.4.1.1. Fizyolojik Aracı Uygulamaları .....	13

2.4.1.2. Sistemik Faktör Uygulamaları .....	15
2.4.2. Mekanik-Fiziksel Stimülasyonlar .....	17
2.4.2.1. Doğrudan Elektrik Akımları ve Elektromanyetik Stimülasyon .....	17
2.4.2.2. Titreşim Uygulamaları .....	17
2.4.2.3. Düşük Doz Lazer Uygulamaları.....	18
2.4.2.3.1. Lazer Hakkında Bilgiler .....	18
2.4.2.3.2. Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerler .....	20
2.4.2.3.3. Düşük Doz Lazer Tedavisi (DDL) ve Hızlandırılmış Diş Hareketi .....	21
2.4.2.4. Fotobiyomodülasyon.....	23
2.4.3. Cerrahi Uygulamalar.....	23
2.4.3.1. Periodontal Ligament Distraksiyonu ve Dentoalveolar Distraksiyon.....	25
2.4.3.2. Periodontal Olarak Hızlandırılmış Osteojenik Ortodonti (PAOO).....	26
2.4.3.3. Monokortikal Diş Dislokasyonu ve Ligament Distraksiyonu.....	27
2.4.3.4. Kortizisyon .....	27
2.4.3.5. Piezosizyon .....	28
2.4.3.6. Mikroosteoperforasyon .....	29
2.4.3.7. Piezopuncture .....	30
<b>3. GEREÇ VE YÖNTEM .....</b>	<b>31</b>
3.1. Bireyler ve Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri .....	31
3.2. Yöntem .....	32
3.2.1. Seviyeleme Aşaması .....	32
3.2.2. Minivida Uygulaması .....	32
3.2.3. Ortodontik Model ve Röntgen Kayıtlarının Alınması .....	33
3.2.4. Kanin Distalizasyonu .....	34
3.2.5. Piezosizyon Uygulaması.....	35
3.2.6. DDL Uygulaması .....	37
3.2.7. Sefalometrik Film Analizleri .....	38

3.2.7.1. Lateral Sefalometrik Filmlerde Kullanılan Referans Noktaları .....	39
3.2.7.2. Lateral Sefalometrik Filmlerde Kullanılan Referans Düzlemleri .....	41
3.2.7.3. Lateral Sefalometrik Filmlerde Kullanılan Ölçümler .....	43
3.2.8. Kanin Distalizasyonu Miktarı Ölçümleri.....	46
3.3. İstatistiksel Değerlendirme.....	49
3.4. Metot Hata Kontrolünün Değerlendirilmesi.....	49
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>51</b>
4.1. Lateral Sefalometrik Film Analiz Bulguları.....	52
4.1.1. Lateral Sefalometrik Filmlerde Yapılan Ölçümlerin Cinsiyetler Arasında Karşılaştırılması .....	52
4.1.2. İskeletsel Ölçümlere Ait Bulgular .....	53
4.1.3. Keser Dişlere Ait Ölçüm Bulguları .....	53
4.1.4. Üst Kanin ve Molar Dişlere Ait Ölçüm Bulguları.....	54
4.2. Üç Boyutlu Ortodontik Model Analizi Bulguları.....	55
4.2.1. Üç Boyutlu Ortodontik Modellerde Yapılan Ölçümlerin Cinsiyetler Arasında Karşılaştırılması .....	55
4.2.2. Üç Boyutlu Ortodontik Model Analizinde Kanin Distalizasyon Miktarına Ait Bulgular .....	56
<b>5. TARTIŞMA .....</b>	<b>58</b>
<b>6. SONUÇLAR .....</b>	<b>73</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>75</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>94</b>
EK-1: ETİK KURUL KARARI.....	94
EK-2: BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU.....	96
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>99</b>

## KISALTMALAR

cAMP	: Siklik Adenozin Monofosfat
cN	: Santinewton
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
DDLDT	: Düşük Doz Lazer Tedavisi
Er: YAG	: Erbium: Yttrium Aluminum Garnet
IL-1 $\beta$	: İnterlökin 1 $\beta$
LED	: Düşük Yoğunlukta Işık Yayan Diyot
M-CSF	: Makrofaj Koloni Uyarıcı Faktör
MMP-9	: Matrix Metalloproteinase-9
Nd: YAG	: Neodymium: Yttrium Aluminum Garnet
NiTi	: Nikel Titanyum
nm	: Nanometre
PAOO	: Periodontal Olarak Hızlandırılmış Osteojenik Ortodonti
PGE1	: Prostaglandin E1
PGE2	: Prostaglandin E2
RANK	: Nükleer Faktör Kappa B
RANKL	: Nükleer Faktör Kappa B Ligand
RAP	: Bölgesel Hızlanma Fenomeni (Regional Acceleratory Phenomenon)
TNF- $\alpha$	: Tümör Nekrozis Faktör $\alpha$
VEGF	: Vasküler Endotelyal Büyüme Faktörü

## TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 4.1. Birey sayıları, cinsiyet dağılımları ve tedavi başlangıcındaki kronolojik yaşa ilişkin dağılım tablosu .....	51
Tablo 4.2. Kanin distalizasyonunun 12. haftası ve başlangıcı arasında iskeletsel ve dişsel ölçümlerde oluşan farkların cinsiyet farklılığı yönünden karşılaştırılması .....	52
Tablo 4.3. Lateral sefalometrik filmler üzerinde yapılan iskeletsel ölçümlerin kanin distalizasyonu öncesi ve sonrası karşılaştırılması .....	53
Tablo 4.4. Lateral sefalometrik filmler üzerinde yapılan keser dişlere ait ölçümlerin kanin distalizasyonu öncesi ve sonrası karşılaştırılması .....	54
Tablo 4.5. Kanin distalizasyonunun 12. haftasında kanin ve molar dişlerde meydana gelen devrilme miktarının piezosizyon ve DDLT grupları arasında karşılaştırılması .....	54
Tablo 4.6. Kanin distalizasyonu başlangıcında ve 12. haftasında tüm kanin ve molar dişlerin palatal düzlem ile yaptıkları açılarda meydana gelen değişikliklerin karşılaştırılması .....	55
Tablo 4.7. Kanin distalizasyonu ile meydana gelen diş hareket miktarlarının cinsiyet farklılığı yönünden karşılaştırılması.....	56
Tablo 4.8. Farklı zaman aralıklarında oluşan kanin distalizasyonu miktarının gruplar arasında karşılaştırılması .....	57
Tablo 4.9. Farklı zaman aralıklarında oluşan kanin distalizasyonu miktarının grup içi karşılaştırılması .....	57

## ŞEKİLLER VE RESİMLER LİSTESİ

Şekil 3.1.	Lateral sefalometrik filmlerde kullanılan iskeletsel referans noktaları .....	40
Şekil 3.2.	Lateral sefalometrik filmlerde kullanılan dişsel referans noktaları .....	41
Şekil 3.3.	Lateral sefalometrik filmlerde kullanılan iskeletsel referans düzlemleri ....	42
Şekil 3.4.	Lateral sefalometrik filmlerde kullanılan dişsel referans düzlemleri .....	43
Şekil 3.5.	Lateral sefalometrik filmler üzerinde yapılan iskeletsel ölçümler .....	44
Şekil 3.6.	Lateral sefalometrik filmler üzerinde yapılan keser dişlere ait ölçümler ....	45
Şekil 3.7.	Lateral sefalometrik filmler üzerinde yapılan kanin ve molar dişlere ait açısal ölçümler .....	46
Resim 3.1.	Birinci molar ve ikinci premolar arasındaki yapışık diş etine yerleştirilen minivida .....	32
Resim 3.2.	..... Seviyeleme sonrası değerlendirme amacıyla kullanılan panoramik röntgen .....	33
Resim 3.3.	Distalizasyon öncesi ve sonrası röntgenler alınırken kanin ve molar dişlere yerleştirilen referans tellerin ağız içi sağ (a), sol (b) ve sefalometrik röntgen görünüşleri (c) .....	34
Resim 3.4.	Kanin distalizasyonu başlangıcında cephe (a), sağ (b) ve sol (c) taraflara ait ağız içi fotoğraflar.....	35
Resim 3.5.	Piezosizyonun uygulamasında kullanılan cihaz (Piezosurgery 3, MectronSpA, Carasco, İtalya) (a) ve piezosizyonun gerçekleştirildiği OT-7 uç (b).....	36
Resim 3.6.	Preoperatif ameliyat sahasının durumu (a), kanin dişin mezial ve distalinde hazırlanan mikroinsizyonlar (b), piezosizyonun mikroinsizyon bölgesinden giriş ile hazırlanması (c), postoperatif bölgenin primer kapatılması (d). ....	36
Resim 3.7.	Biyostimülasyon için kullanılan Biolase Epic 10 marka diyot lazer cihazı (a) ve derin dokuda kullanıma uygun başlık kısmı (b) .....	37
Resim 3.8.	Lazer uygulaması .....	38
Resim 3.9.	Hastalara ait modellerin taranması (a, b) ve elde edilen 3 boyutlu model (c).....	47



Resim 3.10. Modellerin akıştırılmasında kullanılan noktalar (a), çakıştırılmış modellerin görünümü (b) ve 3 boyutlu model üzerinde kanin distalizasyon hareket miktarının ölçümü (c). .....49



## 1. GİRİŞ VE AMAÇ

Çene-yüz sistemindeki dişsel ve iskeletsel bozuklukların tedavisi ile ilgilenen ortodontinin temel amacı, kabul edilebilir bir yüz estetiği ile birlikte en iyi okluzal ilişkiyi stabil bir şekilde sağlayabilmektir. Dişlerden kaynaklanan düzensizlikler nedeniyle ortodonti kliniğine başvuran hastalarda, bireyin yüz estetiğine, çeneler arası ilişkiye ve çapraşıklığın şiddetine bağlı olarak; diş kavsi genişletmesi, diş çekimi veya striping yöntemlerinden biri tercih edilmektedir (1).

Ortodontik tedavilerde diş çekimi, maksiller molar dişlerin mezializasyonu nedeniyle meydana gelen dişsel Sınıf II maloklüzyonların, dental arklardaki orta dereceli ve şiddetli çapraşıklığın, bimaksiller protrüzyon vakalarında keser eğimlerinin ve dolgun profilin, artmış overjetin, orta hat problemlerinin ve vertikal boyut uyumsuzluklarının düzeltilmesinde kullanılmaktadır (2, 3). Ortodontik tedaviler genellikle 1 ila 2 yıl kadar bir sürede tamamlanırken, çekimli vakalarda ise tedavinin tamamlanması için daha fazla zaman gerekmekte ve bu uzun süreler nedeniyle birçok hasta ortodontik tedaviyi reddetmektedir (4, 5). Ayrıca, uzun süreli ortodontik tedavilerin sonucunda, kötü oral hijyene bağlı olarak meydana gelen diş çürükleri ve periodontal hastalıklar, kooperasyon problemleri, alveol kemik rezorpsiyonları ve en önemlisi kök rezorpsiyonları meydana gelebilmektedir (6-8).

Ortodontik tedavi süresinin kısaltılabilmesi amacıyla uygulanan ortodontik kuvvetin şiddetinin artırılması periodontal membranın basınç bölgesinde kan akımının durmasına sebep olmakta ve hücrel faaliyetlerin yavaşlamasına neden olan hyalinizasyon dokusunu oluşturmaktadır (9, 10). Bu nedenle, uygulanan ortodontik kuvvetin şiddeti artırılmadan, dişin hareketi esnasında kuvvete karşı dokularda oluşan direnci azaltarak ve çevresel faktörleri değiştirerek diş hareketini hızlandırmak, buna bağlı olarak da tedavi süresini kısaltmak amacıyla çeşitli lokal-sistemik ilaç

uygulamaları, mekanik-fiziksel stimülasyonlar ve cerrahi uygulamalar kullanılmaktadır (4).

Bu teknikler arasında ilk uygulamaya geçen cerrahi destekli teknikler olmuş ve yapılan çalışmaların büyük kısmında olumlu sonuçlar elde edilmiştir (11, 12). Ancak kemik cerrahisinde kullanılan elmas ve karbid frezlerin açığa çıkardıkları ısıya bağlı olarak alveol kemiği üzerinde olumsuz etkiler oluşması nedeniyle daha güvenilir kesilerin yapılmasına olanak sağlayan aletlere duyulan ihtiyaç artmıştır (13). Piezosizyon tekniği, kortikotomi uygulandığında oluşabilecek yan etkilerin ve hasta rahatsızlıklarının önüne geçebilmek için kortikal kemikte küçük miktarda bir cerrahi işlem ile hızlı diş hareketi sağlanmasını hedefleyen bir yaklaşımdır (14). Piezosizyonun etkilerinin değerlendirildiği deneysel ve klinik çalışmalarda bu tekniğin diş hareketinin hızlandırılmasında etkili bir uygulama olduğu bildirilmiştir (14-19).

Piezosizyonun dışında, diş hareketini hızlandırmak amacıyla uygulanan kortikotomi, ilaç enjeksiyonları, titreşim, doğrudan elektrik akımları ve elektromanyetik alanlar gibi yöntemler diş hareket hızını artırmak için faydalı olsalar da, bu teknikler cerrahi prosedüre bağlı olarak inflamasyon oluşabilmesi, ilaç enjeksiyonları sırasında ağrı meydana gelmesi, diş pulpasında hasar oluşumu, kemik ve kök rezorpsiyonu görülebilmesi gibi bazı dezavantajlara sahiptirler (5, 8, 20-22). Bu uygulamalar ile karşılaştırıldığında şimdiye kadar olumsuz bir sistemik etkisi bildirilmemiş olan düşük doz lazer uygulamaları diş hareketini hızlandırmak amacıyla non-invaziv bir şekilde kullanılabilir (8, 23). Biyostimülasyon etkisi elde edilerek diş hareket hızını artırmak amacıyla lazerin kullanılacağı düşüncesi, bu uygulamanın yara iyileşmesinde, ağrı kontrolünde ve birçok biyolojik sürecin stimülasyonunda başarılı bir şekilde kullanılmasına dayanmaktadır (23-26). Literatürde lazerin biyostimülasyon etkisinden faydalanılarak diş hareket hızını artırmak amacıyla yapılan deneysel ve klinik çalışmalardan birçoğu düşük doz lazer uygulamaları ile diş hareket hızının artırabileceğini göstermiştir (25, 27-32).

Çalışmamızın amacı, kanin distalizasyonu sırasında piezosizyon ve düşük doz lazer tedavisi (DDLDT) uygulamalarının diş hareket hızı üzerine etkilerini incelemek ve bu uygulamaların etkilerini birbirleri ile karşılaştırmaktır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Ortodontik Diş Hareketi

Ortodontik diş hareketi, periodontal ligament ve kemik dokusu içerisinde bulunan fibroblastlar, osteoblastlar ve osteoklastların görev aldığı, pulpada, periodontal ligamentte, alveol kemiğinde ve dişetinde meydana gelen değişikliklerle karakterize bir remodeling olayıdır (33). Kemik yapının şeklinde veya boyutunda meydana gelen bir değişikliği ifade eden remodeling; kemiğin endosteal ve periosteal yüzeylerinde oluşan kemik apozisyonu ve rezorpsiyonu ile oluşmaktadır ve bu olay mekanik faktörler tarafından kontrol edilmektedir (34, 35).

Ortodontik diş hareketi, fizyolojik diş hareketinden farklı olarak, uygulanan kuvvetin fiziksel karakteristiklerine ve periodontal ligamentin biyolojik cevabına bağlı olarak hızlı ya da yavaş olabilmektedir (36, 37). Bununla birlikte, ortodontik tedavi sırasında, fizyolojik diş hareketine kıyasla ortodontik kuvvetlerin etkisiyle dişler çok daha hızlı hareket ettikleri için, oluşan doku değişiklikleri daha kapsamlı ve belirgindir (38).

Dişe uygulanan kuvvete bağlı olarak periodontal ligamentin damarlanması ve bu yapıdaki kan akımının değişmesine bağlı olarak nörotransmitterler, sitokinler, büyüme hormonları, koloni uyarıcı faktörler ve araşidonik asit metabolitleri gibi birçok anahtar molekül sentezlenmekte ve salınmaktadır. Bu moleküller periodontal dokularda hücrel bir tepki meydana getirerek apozisyon veya rezorpsiyon süreçlerinin başlaması için olumlu bir mikro-çevre oluşturmaktadır (39, 40).

Dişe herhangi bir kuvvet uygulandığında, periodontal dokulardaki hücreler bu kuvveti absorbe edebilmektedir. Dişlerin içinde buldukları alveol kemiğinin duvarları, basınç altında sıkışan hücre dışı matriks sıvısının kemik iliği boşluklarına doğru hareketine izin veren çok sayıda küçük kanala sahiptir. Bu kanallar, kemik iliğinden baskı alanına doğru periferik hematopoetik hücrelerin hareketine ve bu hücrelerin bir araya

toplanmalarına izin verirler. Periodontal ligamentte yer alan damarların çoğunlukla kemiğe yakın yüzeyde yerleşmiş olmaları kan damarlarından gelen hücrelerin kemik yüzeyinden kök yüzeyine doğru hareket ettiklerini göstermektedir. Bu hücreler kemik ya da sementin bağ doku alt yapısını şekillendirirler (41).

Dişleri çevreleyen alveol kemiği embriyojenik nöral krista dokusundan köken alır ve intramembranöz olarak şekillenir. Bu ince kemik yapısı uzun kemiklerde olduğu gibi süngerimsi ve kortikal alanlara sahiptir, ancak uzun kemiklerden farklı olarak alveol kemiğinin tamir süreci kırıldaksal bir faz içermez. Ortodontik diş hareketi, tedaviye bağlı olarak uygulanan travmatik bir işlem sonrasında kemik ve diş yüzeyinde meydana gelen harabiyetin, hızlı ve etkili bir biçimde birçok ara işlemle iyileştirilebilme olayıdır (42).

### **2.1.1. Ortodontik Diş Hareketi Sırasında Meydana Gelen Doku Cevabı**

Ortodontik olarak gerçekleşen diş hareketleri sırasında hem periodontal ligamentte hem de periodontal ligamente komşu kemik duvarında önemli değişiklikler oluşmaktadır. Dişin kronuna bir kuvvet uygulandığı zaman, hareket yönündeki periodontal ligamentte alveol kemiği ile dişin kökü arasında bir daralma ve basınç meydana gelirken, hareketin ters yönündeki periodontal ligamentte bir gerilme meydana gelir. Periodontal ligamentin sıkışması sonucunda basınç altındaki alanlarda alveol kemiğinde bir rezorpsiyon meydana gelirken, periodontal ligamentin gerildiği tarafta kemik apozisyonu oluşur (43).

Dişe hafif ve uzun süreli bir kuvvet uygulandığında; ilk birkaç saniye içinde kısmen sıkışmış periodontal ligamentteki kan akımı yavaşlar ve diş soketinde hareket eder. En fazla birkaç saat içinde kimyasal ortamdaki değişime bağlı olarak hücresel aktivitede farklılıklar gözlenmeye başlar. Kuvvet uygulamasının yaklaşık 4. saatinde siklik adenozin monofosfat (cAMP) seviyesinde bir artış gözlenir ve hücrelerde farklılaşma başlar. Kuvvetin uygulanmasından yaklaşık olarak 2 gün sonra osteoblastların ve osteoklastların aktiviteleri ile periodontal ligamentin sıkıştığı bölgelerde rezorptif, gerildiği bölgelerde ise apozisyonel faaliyet görülür. Bu tür kemik rezorpsiyonuna direkt kemik rezorpsiyonu veya frontal rezorpsiyon denir. Diş hareketinin oluşmasında kritik olan, 4-6 saatten daha kısa süre uygulanan kuvvetler dişlerde harekete neden olmamaktadır (44).

Eğer dişe uygulanan kuvvet damarları tamamen kapatıp periodontal ligament içerisinde bir alanda kan akımını tamamen kesecek kadar büyük ise periodontal ligamentin osteoklast oluşturmak için stimülasyonundan ziyade sıkışan alanda steril bir nekroz alanı oluşur. Sitoplazmaları ve çekirdekleri küçülmeye uğrayan hücrelerde faaliyet durur. Histolojik olarak camsal bir görünüme neden olan bu olaya hyalinizasyon denir. Artık bu alanda hücresel farklılaşmanın gerçekleşeceği canlı hücre kalmadığından, nekrozdan etkilenmemiş sağlıklı hücrelerin hyalinizasyon alanına göç etmeleri gerekmektedir. Yaklaşık 3-5 günlük bir gecikmeden sonra, komşu kemik iliği boşluklarında oluşan osteoklastlar hyalinize alanı alttan başlayarak rezorbe eder. Bu tür rezorpsiyona ise indirekt kemik rezorpsiyonu denir. Bu tip kemik rezorpsiyonu görüldüğünde, 7-14 gün sonra sıkışmış periodontal ligamente komşu olan lamina dura indirekt rezorpsiyon ile ortadan kaldırılır ve diş hareketi gerçekleşir (44).

### **2.1.2. Optimum Ortodontik Kuvvet**

Uygulanan kuvvetin büyüklüğü istenilen diş hareketinin elde edilmesinde son derece önemlidir. Bu açıdan bakıldığında uygulanan ortodontik kuvvetleri hafif ve ağır şeklinde sınıflandırmak mümkündür.

Schwarz (45), optimum kuvveti “dokuya kapiller kan damarı basıncına eşit (20-25 g/cm<sup>2</sup>) düzeyde basınç uygulayan kuvvet” şeklinde tanımlamış ve optimumdan daha düşük şiddetteki kuvvetlerin dokuda hiçbir değişiklik yaratmadığını, şiddetli kuvvetlerin ise nekroza sebep olarak alveol kemiğinin direkt rezorpsiyonunu engellediğini bildirmiştir. Optimum kuvvet büyüklüğünün dişin kök yüzeyi ile ilişkili olduğu ve diş hareketini etkileyen en önemli faktörün kuvvetin periodonsiyumda neden olduğu stres dağılımı olduğu bildirilmiştir (46).

Optimum kuvvet, mekanik uyarıların periodontal dokuların hücresel cevabı ile dengede olduğu, başka bir deyişle, dişin kökünde, periodontal ligamentte ve alveol kemiğinde en az düzeyde geri dönüşümsüz hasar yaratarak en fazla miktarda diş hareketi sağlayan kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Bu görüşe göre optimum kuvvet değeri her diş ve birey için farklıdır ve klinik açıdan ortodontik kuvvetin büyüklüğü ile dişin hareket hızı arasındaki ilişki optimum kuvvetin belirlenmesinde belirleyicidir (44, 47, 48).

Burstone (49), ortodontik kuvvetlerin periodontal ligamentte eşit olarak dağılmadığını, Storey ve Smith (50) ise bir dişe belirli bir miktardan fazla kuvvet uygulandığında kuvvet optimuma düşene kadar ankraj kaybı olduğunu bildirdikleri çalışmalarında, kanin distalizasyonu hareketi için uygulanması gereken optimum kuvvetin 150-200 gr sınırlarında olduğunu ve optimum değer altındaki kuvvetlerin herhangi bir diş hareketine neden olmadığını, bu değerden daha şiddetli kuvvetlerin ise diş hareketini azalttığını belirtmişlerdir.

Periodontal ligament içinde kuvvet dağılımı ve basınç, farklı diş hareketi tiplerinden etkilendiği için optimum kuvvet seviyelerini tartışırken kuvvet miktarının yanı sıra diş hareketi tipini de göz önünde bulundurmak gerekmektedir (44).

Ortodontik diş hareketlerinin en basit şekli devrilme (tipping) hareketidir. Devrilme hareketinde periodontal ligament alanının sadece yarısına kuvvet yüklenebilmekte ve sıkışma üçgen şeklinde iki farklı alanda olmaktadır. Uygulanan kuvvet daha küçük bir alana dağıldığı için, kuvvetin yoğunlaştığı her iki sıkışma alanında da basınç yüksektir. Bu hareket tipinde kademeli olarak direnç merkezine yaklaştıkça basınç azalır ve bu noktada minimum basınç vardır. Bu yüzden dişi devirmek için kullanılan kuvvetler çok düşük tutulmalıdır. Yapılan hayvan deneylerine ve klinik çalışmalarının sonuçlarına göre tipping kuvvetlerinin yaklaşık 50 gram olması önerilmektedir (44, 51).

Paralel hareket sırasında ise kök apeksi ve kron aynı yönde eşit oranda ilerler ve uygulanan kuvvet periodontal ligamentin tüm yüzeyine aynı miktarda dağılır. Periodontal ligamentte aynı basıncı oluşturmak ve buna bağlı olarak aynı biyolojik etkiyi elde etmek amacıyla paralel harekette tippinge göre iki kat daha fazla kuvvet uygulanması gerekmektedir (44). Paralel diş hareketi elde etmek için daha büyük kuvvet uygulanmasına rağmen daha az hyalinizasyon görüldüğü rapor edilmiştir (52).

Teoride dişin uzun aksı çevresinde rotasyon yapmak için gerekli kuvvetler diğer diş hareketlerini oluşturmak için gerekli olanlardan çok daha fazladır, çünkü kuvvet dar bir vertikal banttan ziyade tüm periodontal ligament boyunca dağılmaktadır. Aslında diş soketinde eğilme olmadan rotasyonel kuvvet uygulamak imkansızdır ve bu durumda tipping hareketlerinde olduğu gibi sıkışma alanları oluşmaktadır. Bu nedenle rotasyon hareketi için gereken uygun kuvvetler tippinge benzemektedir (44).

Diş uygulanan ekstrüzyon hareketi ise periodontal ligamentte sıkışma yaratmaz, sadece gerilme olur. Ancak bu durum rotasyon hareketine benzer şekilde pratikten çok teorik bir olasılıktır, çünkü diş ekstrüze olurken eğilir ve sıkışma alanları oluşur. Bu yüzden ekstrüzyon kuvvetler tipping için gerekli olan kuvvet miktarı kadar olmalıdır (44).

İntrüzyon hareketinde, kuvvet apekte küçük bir alanda yoğunlaşacağı için diş çok hafif bir kuvvet uygulanması gerekmektedir, bu nedenle kuvvet sadece çok hafif tutulduğunda intrüzyon beklenmektedir (44).

Tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda optimum kuvvet miktarı farklı ortodontik diş hareketleri için farklılık göstermektedir. Devrilme hareketi için 50-70 gr, paralel hareket için 100-150 gr, rotasyon için 50-75 gr, ekstrüzyon için 50-75 gr, intrüzyon için ise 15-25 gr kuvvet optimum kabul edilmiştir (51). Ortodontik tedavilerde dişler hareket ettirilirken, minimum doku hasarına neden olacak optimum hareket tipi ise paralel harekettir (53).

## **2.2. Çekimli Ortodontik Tedaviler ve Kanin Distalizasyonu**

İskeletsel problemlerin ve diş-ark boyu uyumsuzluklarının ortodontik tedavisinde diş çekimleri oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Çapraşıklığın şiddeti, orta hat uyumsuzlukları, dik yön büyüme paterni, kesici dişlerle dudağın ilişkisi ve ankraj çekim kararı alınırken göz önünde bulundurulması gereken unsurlardır (2). Ayrıca, dişsel sınıf II, iskeletsel sınıf I maloklüzyonların tedavisinde üst molar dişlerin distalizasyonunun yanı sıra üst premolar dişlerin çekimi de tercih edilebilmektedir (3).

Çekimli tedaviler, tedavi süresini, hastanın yumuşak doku profilini, estetiği ve oklüzal fonksiyonu etkileyebilmeleri nedeniyle iyi bir model ve sefalometrik film analizi sonucunda ortodontik diş çekimine karar verilmelidir (9, 54).

Çapraşıklığı azaltmak için çapraşıklık bölgesine en yakın diş olan premolar dişlerinin çekimi en etkili çekim stratejisi olarak düşünülmektedir (55). Premolar dişlerin çekimi ile birlikte tedavi edilen vakalarda kanin dişlerin distalizasyonu, seviyeleme aşamasından sonraki ilk işlemdir. Kanin dişler, dental arkın anterior ve posterior segmentlerini birbirine bağlamaları nedeniyle doğru konumlandırılmaları son derece önemlidir. Bu dişlerin ankraj ihtiyacının yüksek olması paralel hareket elde edilmesini



güçleştirir. Kaninlerin kontrollü distalizasyonu biyomekanik gereksinimler nedeniyle ortodontik tedavilerin önemli bir safhasıdır (56).

Kanin dişin distalizasyonu sırasında uygulanması gereken optimum kuvvet bilimsel olarak net bir biçimde belirlenememiş olsa da literatürde kanin dişin paralel hareketi için uygulanması gereken kuvvetin 150-200 gr olması gerektiği bildirilmiştir (50, 57). Bunun yanı sıra, Nikolai (58), teorik olarak  $33 \text{ gr/cm}^2$  kuvvetin optimum olduğunu ve kanin distalizasyonunda devrilme hareketi için 60 gr, paralel hareket için 210 gr kuvvetin yeterli olduğunu bildirmiştir.

Ortodontik tedavilerde, çekim boşluğunun kapatılması amacıyla kullanılan biyomekanikler sürtünmeli ve sürtünmesiz sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır. Sürtünmesiz sistemlerde dişler ark ile birlikte taşınırken, sürtünmeli sistemlerde ise hareketi istenen dişler bir ark üzerinde kaydırılır (2).

Dişlerin ark teli üzerinde kaydırılması prensibine dayanan sürtünmeli mekaniklerde, ark boyunca yapılan diş hareketlerinde nikel-titanyum yayların kullanılması ile optimum düzeyde ve uzun süreli kuvvet uygulayabilmek mümkündür. Kanin distalizasyonu aşamasında sistem doğrudan kanin dişi üzerinde yürütüldüğü için bu dişin hareketi kontrollüdür. Bu yüzden kuvvet fazla miktarda olsa bile distalizasyon kuvvetinin uzun süreli aktivasyonu sürtünmeli mekaniklerde sakınca oluşturmaz (59, 60).

Sürtünmeli sistemde dişin hareketi sırasında braket ark teli boyunca eğilme-dikleşme şeklinde bir hareket gösterir. Bu durum, uygulanan kuvvet nedeniyle dişin eğilmesine bağlı olarak braketin ark teline takılmasıyla oluşur. Braketin ark teline takılmasını takiben dişin eğilmiş pozisyonu ark teli tarafından düzeltilinceye kadar dişin hareketi duraksamaktadır. Hareket tekrar başladıktan sonra ise yeniden bir eğilme hareketi meydana gelir (61-63). Bunun yanı sıra bu mekaniklerdeki sürtünme kuvveti, diş uygulanmak istenen kuvvetin tam olarak iletilmesini engellemektedir. Sürtünmeli mekaniklerde uygulanan kuvvetin büyük kısmı ark teli, ligatür teli ve braket arasındaki sürtünmede kaybedilmekte ve bu sistemde ankraj gereksinimi artmaktadır (60, 64).

### 2.3. Ortodontide Ankraj

Ankraj; diş hareketine karşı direnç olarak tanımlanabilir (65, 66). Ankraj bölgesi ise; uygulanan ortodontik kuvvetin destek aldığı bölge, yani harekete karşı direncin yüksek olduğu bölgedir. Diş veya diş gruplarının hareket ettirilmesi amacıyla ortodontik kuvvetin uygulandığı bölge ise çalışma bölgesidir. Newton'un etki-tepki prensibine göre uygulanan kuvvet ankraj bölgesine ve çalışma bölgesine eşit miktarda ancak zıt yönlü olarak etki eder. Esas önemli olan konu ise ankraj alınan bölgenin harekete karşı olan direnci ile çalışma bölgesinin harekete karşı olan direnci arasındaki ilişkidir. Hem çalışma bölgesinin hem de ankraj bölgesinin direncine ve hareketine ne derecede izin verilmesi gerektiği kuvvet uygulanmadan önce hesaplanmalıdır (9).

Dişlerin seviyelenmesini takiben kanin distalizasyonuna başlamadan önce vakanın ankraj gereksinimi tam olarak belirlenmelidir. Ankraj planlamasında çekim boşluğunun posterior ve anterior dişlerin ne miktarda hareketi ile kapatılacağı önemlidir. Çekim boşluğunun kullanımına göre sınıflandırıldığında, boşluğun %75'inin veya daha fazlasının anterior dişlerin retraksiyonu için kullanılacağı ankraj tipi maksimum ankraj olarak isimlendirilmektedir. Çekim boşluğunun posterior ve anterior dişlerin eşit miktardaki hareketleriyle simetrik bir biçimde kapatılması isteniyorsa moderate ankraj, %75'i veya daha fazlası posterior dişlerin mezial yönde hareketiyle kapatılması isteniyor ise minimum ankraj tanımı kullanılmaktadır (9, 67).

#### 2.3.1. Ankraj Kontrolü

Ankraj kontrolü, ortodontik tedavi planlamasının ve ortodontik tedavi sürecinin en önemli kısımlarından biridir. Özellikle maksimum ankraj vakalarında, ankrajın artırılması için kullanılan yöntemler, geleneksel yöntemler ve ortodontik kemik ankrajı olarak iki kısımda incelenebilir.

##### 2.3.1.1. Ankraj Kontrolünde Kullanılan Geleneksel Yöntemler

Geleneksel yöntemler arasında, maksillada posterior ankrajın güçlendirilmesinde en etkili yöntem ağız dışı kuvvet uygulayan headgear kullanımı olup, bunun dışında ağız içinde transpalatal ark, Nance aygıtı gibi aygıtlarda kullanılmaktadır. Lingual ark ve lip bumper ise mandibulada ağız içi ankraj sağlayan unsurlardır (9, 56, 68).

Ağız dışı aygıtların etkinlikleri hasta uyumuna bağlıdır, yaralanma riski taşırlar ve molar dişlerde distale devrilmeye neden olabilirler (2, 69, 70). Ağız içi ankraj arttırıcı aygıtlardan Nance aygıtı, damağın ön bölgesinin sığ olduğu vakalarda damak mukozası üzerinde kayabilir ve uzun süreli kullanımı kronik enflamasyona neden olabilir. Transpalatal ark ise maksillada her iki taraftaki molar dişleri birbirine bağlayarak ankraj ünitesini güçlendirir ve molar dişlere aktif bukkal kök torku verilmesinde kullanılarak kortikal kemik ankrajından yararlanmayı sağlar. Ancak bu aygıt ankrajın kritik olduğu vakalarda headgear kadar güvenilir değildir ve tork amaçlı kullanıldığında her iki taraftaki molar dişlere aynı açıyla yerleştirilmezse seviye farkına sebep olabilmektedir (2).

Bu uygulamalara ilave olarak ankraj alınan diş sayısının arttırılması, diş çekiminin hareketi istenen bölgeye yakın yapılması, ankraj arttırıcı ikinci düzen ve tork bükümleri, intermaksiller elastiklerin ve utility arkların kullanımı da tercih edilebilecek yöntemlerdir (9).

### **2.3.1.2. Ortodontik Kemik Ankraji**

Ortodontik tedavilerde sıklıkla karşılaşılan problemlerden biri resiprokal kuvvetleri dengeleyecek sabit ve sağlam bir ankraj mekaniğinin oluşturulmasındaki güçlüktür (71). Dental implantların diş hekimliğinde başarıyla protetik amaçlarla kullanılması, bu uygulamanın ortodontik ankraj amacıyla da kullanılabilceği fikrini doğurmuştur (72). Bu konuyla ilgili ilk çalışma 1945 yılında Gainsforth ve Highley (73) tarafından köpeklerin mandibular ramusuna kanin distalizasyonu amacıyla vitalyum vidalar yerleştirmesiyle yapılmış ve daha sonra ortodontik kemik ankraji, ortodonti camiasının ilgi duyduğu bir konu haline gelmiştir.

Ortodontik kemik ankraji sağlamak amacıyla kullanılan minividalar, çok sayıda dişin hareketinin gerektiği vakalarda ve dental yapının ankrajının diş eksikliği, periodontal problem gibi nedenlerle yetersiz olduğu durumlarda kullanılabilir (74). Ayrıca minividalar, dişsiz boşlukların kapatılması, anterior dişlerin retraksiyonu, keser intrüzyonu, eğimli okluzal düzlemin düzeltilmesi, orta hat düzeltimi, gömülü dişlerin ekstrüzyonu, devrilmiş dişlerin eksen eğimlerinin düzeltilmesi, molar intrüzyonu, molar distalizasyonu ve mezializasyonu, intermaksiller ankraj sağlanması ve ekspansiyon amacıyla kullanılabilir (75-78).

Günümüzde, ortodontik ankraj için kullanılabilen çeşitli boyutlarda minividalar üretilmektedir. Minividalarda uzunluk, gövde kısmının uzunluğunu ifade etmek için kullanılmaktadır. Uzunluk, üreticiye göre çeşitlilikler göstermektedir ve 4 mm'den 12 mm'ye değişen boyutlarda olabilmektedir (74). Minivida çapı ise, vidanın iki dişi arasındaki genişliği ifade etmektedir. Ortodontik amaçlı kullanımlarda 1 mm ile 4,5 mm arasındaki genişliklerde minividalardan yararlanılmaktadır (79, 80). Minivida uygulamalarında, uzunluktan fedakarlık yapılması gereken durumlarda vida çapının artırılması, çapın azaldığı durumlarda ise vida uzunluğunun artırılması gerekmektedir. Miyawaki ve ark. (81), kemik içi ankraj olarak kullanılan çeşitli çap ve uzunluktaki 134 titanyum vida ve 17 miniplağın bir yıllık ağızda kalma oranını araştırdıkları çalışmalarında, bu süre sonunda 1 mm genişlik ve 6 mm uzunluktaki vidaların tamamında başarısızlık olduğunu, 1,5 mm genişliğe ve 11 mm uzunluğa sahip vidalarda %83,9, 2,3 mm genişliğinde ve 14 mm uzunluğundaki vidalarda %85 ve 2 mm genişliğinde ve 5 mm uzunluğunda 2 vida ile yerleştirilen titanyum miniplaklarda ise %96,4 oranında başarı olduğunu bildirmişlerdir.

Minivida yerleştirilirken dikkat edilmesi gereken önemli hususlardan biri kortikal kemik kalınlığıdır. Kortikal kemik kalınlığı, primer stabilite ve uzun vadeli minivida başarısı üzerinde etkili olduğu için vida uygulanacak alanda bu yapının kalınlığının yeterli olduğundan emin olunmalıdır (82). Minivida uygulaması için retromolar bölge, alt birinci ve ikinci molarlar arasındaki bukkal alveolar kemik, üst ve alt anterior bölge, üst ikinci premolar ve birinci molar arası ve üst birinci ve ikinci molarlar arasında bulunan bukkal alveolar kemik ve üst birinci ve ikinci molarlar arasında bulunan palatal alveolar kemik en uygun bölgelerdir (83). Motoyoshi ve ark. (84), bilgisayarlı tomografi kullanarak yaptıkları çalışmanın sonuçlarında, minivida uygulanması düşünülen alanlarda en az 0,5 mm kortikal kemik olması gerektiğini ve 1 mm'den fazla kortikal kemik kalınlığının bulunmasının ise minivida stabilitesini artırdığını bildirmişlerdir.

Minividanın yerleştirileceği bölgedeki yumuşak dokuların özellikleri göz önünde bulundurulduğunda, keratinize olmayan yumuşak dokuya yerleştirilen minividanın keratinize yumuşak dokuya yerleştirilenlere oranla daha başarısız oldukları bulunmuştur (85). Ayrıca, yumuşak doku kalınlığı da minivida başarısı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kim ve ark. (86), yaptıkları çalışmada bukkal yumuşak dokunun mine-sement

sınırına en yakın ve en uzak bölgelerde en kalın, orta kısımda ise en ince olduğunu bildirmişlerdir.

Minividalar rehber yuva açılarak (self-tapping) veya açılmadan (self-drilling) hasta ağzına uygulanabilmektedir. Rehber yuva açılarak minivida yerleştirileceği durumlarda primer stabilitenin sağlanabilmesi amacıyla drillin çapı minividanın çapından 0,2-0,3 mm daha az olmalıdır (79). Bu şekilde minivida yerleştirmenin avantajları kortikal kemiğin direncinin azaltılması ve yerleştirme esnasından tork kontrolünün daha iyi sağlanabilmesidir (87). Self-drilling yöntemi ise özellikle kortikal kemiğin daha ince olduğu bölgelerde tercih edilir. Geometrisi ve sivri uç kısmı sebebiyle vida direkt yerleşime uygun olduğu için rehber yuva hazırlanmasına gerek yoktur. Yapılan çalışmalarda bu yöntemle yerleştirilen minividalarda primer stabilitenin daha iyi ve vida yivleri arasındaki kemik yoğunluğunun daha fazla olduğu gösterilmiştir (88, 89).

Minividaya kuvvet uygulama zamanı ile ilgili olarak literatürde farklı görüşler bulunmasına rağmen, özellikle kemik kalitesinin zayıf olduğu erken yükleme yapılmış minividaların mekanik stabilitesinin kabul edilebilir olduğu, fakat bu yüklemde kuvvet miktarının 50 cN’u geçmemesi gerektiği bildirilmiştir (90).

#### **2.4. Hızlandırılmış Diş Hareketi**

Ortodontik tedaviler, genellikle uzun bir süreci içeren, zaman alıcı uygulamalardır ve bu uzun süreli tedaviler, hastaların uyumunun azalmasının yanında alveolar kemik rezorpsiyonu, kök rezorpsiyonu ve diş çürükleri gibi çeşitli istenmeyen etkilerin oluşmasına neden olabilmektedir (8, 59, 91, 92). Bu istenmeyen etkilerin engellenmesi veya en aza indirgenmesi için diş hareketini hızlandırarak tedavi süresini kısaltmak amacıyla çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler, lokal-sistemik ilaç uygulamaları, mekanik-fiziksel stimülasyonlar ve cerrahi uygulamalar şeklinde üç ana başlıkta incelenmektedir (4).

##### **2.4.1. Lokal-Sistemik İlaç Uygulamaları**

Diş hareketi sırasında uygulanan kuvvete karşı dokularda meydana gelen direnci azaltmak, çevresel faktörleri değiştirmek ve sonuçta diş hareketini hızlandırarak tedavi süresini kısaltmak amacıyla sitokinler, prostaglandinler, osteokalsin, nitrik oksit,

lökotrienler, vasküler endotelial büyüme faktörü gibi mekanik kuvvetleri hücre sel cevaba dönüştüren fizyolojik araçılar kullanılmıştır (20, 48, 93-104). Ayrıca kortikosteroidler, paratiroid hormonu, 1,25-dihidroksikolekalsiferol ve relaksin gibi sistemik faktörlerin de diş hareketini hızlandırdığı literatürde bildirilmiştir (105-112).

#### **2.4.1.1. Fizyolojik Aracı Uygulamaları**

Diş üzerine mekanik kuvvet uygulanmasını takiben, basınç ve gerilim kuvvetlerinin etkisinde kalan periodontal dokularda prostaglandinlerin, nöropeptitlerin, nörotransmitterlerin, lökotrienlerin ve sitokinlerin seviyelerinde bir artış görülmektedir (93, 94).

Hücre dışı sinyal proteini olan sitokinler, ortodontik diş hareketini kolaylaştıran iki anahtar olay olan inflamatuvar reaksiyonlarda ve kemik remodelinginde doğrudan yer alırlar, aynı zamanda periodontal ligamentte hücre farklılaşmasını, aktivasyonunu ve apoptozisini kolaylaştırırlar. Bu olaylar diş hareketi sırasında interlökinler ve tümör nekroz faktör-alfa (TNF- $\alpha$ ) gibi sitokin seviyelerinin artışı ile olmaktadır. İnterlökinlerin etkileri, osteoklastların farklılaşmasını kolaylaştıran prostaglandin E2 (PGE2) ve makrofaj koloni uyarıcı faktör (M-CSF) üretimini artırılmasına aracılık etmektedir (48). Alveolar kemik rezorbsiyonunda en önemli işlemlerden biri olan osteoklastogenezis genelde nükleer faktör kappa B ligand (RANKL) reseptör aktivatörü ve M-CSF tarafından düzenlenmektedir (95).

Kanzaki ve ark. (96), yaptıkları deneysel çalışmada diş hareketi sırasında periodontal dokulara lokal RANKL geni transfer etmişler ve herhangi bir sistemik yan etki olmadan, RANKL'ın sağladığı osteoklastogenezis sayesinde ortodontik diş hareket hızında bir artış sağlamışlardır, ayrıca bu uygulama ile hem ortodontik tedavi süresinin kısaltılabileceğini hem de ankiloze bir dişin hareket ettirilebileceğini bildirmişlerdir.

Brooks ve ark.(97) pre-osteoklastların osteoklastlara farklılaşmasında önemli bir rol oynadığını göstermek ve diş hareketini hızlandırmak amacıyla deneysel olarak erkek farelere lokal M-CSF enjeksiyonu yapmışlar ve diş hareket hızında %14 oranında bir artış olduğunu göstermişlerdir.

Prostaglandinler, özellikle de PGE2 kemik metabolizmasının kuvvetli ve çok fonksiyonlu düzenleyicileridir (113). PGE2 hem mevcut osteoklastların sayısını artırır hem de bunların rezorptif etkilerini belirgin hale getirir (114). PGE2 kemik iliği içinde bulunan osteoklast formasyonuna etki etmesinin yanı sıra direkt olarak osteoblast öncü hücrelerini etkileyerek osteoblastik farklılaşma üzerinde de etkin bir rol oynar (115). Kemik rezorpsiyonu ve apozisyonu üzerine PGE2'nin etkilerinin belirlenmesi, araştırmacıların diş hareketi esnasında prostaglandinlerin rolü üzerine birçok araştırma yapılmasına sebep olmuştur. Bu konuda yapılan birçok çalışma prostaglandinin hem sistemik hem de lokal uygulamasının diş hareketini hızlandırdığını ortaya koymuştur (20, 93, 98-101).

Yapılan çeşitli deneysel çalışmalarda lokal ve sistemik olarak PGE1 ve PGE2 uygulaması sonucunda diş hareketinin hızlandığı ve osteoklast sayısının arttığı rapor edilmiştir (98-100).

Yamasaki ve ark. (93), yaptıkları klinik çalışmada, kanin distalizasyonu sırasında PGE1'i kanin dişin distaline submukozal olarak enjekte etmiş ve deney grubunda kanin dişin 2 kat daha hızlı hareket ettiğini rapor etmişlerdir, ayrıca bu işlemin hafif bir ağrı dışında hiçbir yan etki oluşturulmadığını bildirmişlerdir.

Leiker ve ark. (101), PGE2 uygulama sayısının ve dozunun ortodontik diş hareketi üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada düşük konsantrasyonlu uygulamaların, yüksek konsantrasyonlu uygulamalardan daha etkili olduğunu, tek doz uygulama ile çok sayıda uygulama arasında önemli bir fark olmadığını, ayrıca yüksek konsantrasyon ve çok sayıda enjeksiyonun kök rezorpsiyonunu artırabileceğini bildirmişlerdir.

Seifi ve ark. (20), ratlar üzerinde yaptıkları çalışmada submukozal PGE2 ve intraperitoneal kalsiyum glukonatın birlikte uygulanmasının ortodontik diş hareketi ve kök rezorpsiyonu üzerine etkilerini incelemişler ve sonuç olarak PGE2 + kalsiyum glukonat uygulamasının ortodontik diş hareket hızını artırdığını ve kök rezorpsiyonunu durdurduğunu bildirmişlerdir.

Osteokalsin, osteoblastlar tarafından sentezlenen ve normal kemik mineralizasyonunun sağlanmasında gerekli olan ve kalsiyum metabolizmasını düzenleyen hormonlar (kalsitonin, paratiroid hormonu, vitamin D) tarafından direkt olarak etkilenen bir

matriks proteindir (116). Hashimoto ve ark. (102), osteokalsinin diş hareket hızına etkisini inceledikleri deneysel çalışmada, lokal osteokalsin enjeksiyonu sonrasında 10 günlük bir süre boyunca diş hareketini histolojik olarak değerlendirmiş ve osteokalsinin lokal uygulanmasıyla diş hareketini hızlandırdığını bildirmişlerdir.

Pek çok fizyolojik ve patolojik olayda anahtar rol oynayan nitrik oksit, kemik yapım ve yıkım döngüsünde belirleyici bir faktördür (117). Ortodontik kuvvet uygulanması ile gingival dokularda nitrik oksit sentaz enzim düzeyi artmaktadır (118). Deneysel olarak nitrik oksit enjeksiyonu ile osteoklastlarda, kapiller damarlanmada ve ortodontik diş hareketinde belirgin artış olduğu gösterilmiştir (103).

Bilinen en kuvvetli anjiyogenezis uyarıcısı olan vasküler endotelial büyüme faktörü (VEGF), kemik iyileşme bölgesindeki osteoblastlar, osteoklastlar ve mezenkimal hücrelerden yoğun olarak salgılanmaktadır ve yeni damar oluşumunu artırarak kemik iyileşmesine yardımcı olmaktadır (119). Diş hareket hızı üzerine VEGF'nin etkilerini incelemek amacıyla yapılan deneysel çalışmalarda lokal VEGF uygulamasının kemik remodelingini artırarak diş hareketinin hızlanmasını sağladığı ve anti-VEGF poliklonal antikorun lokal enjeksiyonu ile diş hareket hızının azaldığı gösterilmiştir (104, 120).

#### **2.4.1.2. Sistemik Faktör Uygulamaları**

Kemik metabolizması üzerinde osteoklastik etkiye sahip olan sentetik kortikosteroidlerin uzun süreli kullanımı osteoporozis oluşumuna neden olmaktadır (121). Kortikosteroidler normal kemiğin apozisyon ve rezorpsiyon döngüsünde rezorpsiyonu artırıcı, apozisyonu ise azaltıcı yönde etkilerler ve hatta düşük dozlarda osteoblastlar üzerine direkt etkileri vardır (122). Bu etki nedeniyle, düşük doz kortikosteroid uygulamalarının genç bireylerde kemik rezorpsiyonunu az miktarda azalttığı veya değiştirmedığı literatürde gösterilmiştir (122). Kortikosteroidlerin diş hareket hızı ve kök rezorpsiyonu üzerine etkileriyle ilgili yapılan çalışmalarda doza bağlı olarak farklı sonuçlar gösterilmiştir (105, 106).

Ong ve ark. (105), ratlara 1 mg/kg dozunda kortikosteroid türevi olan prednisol uyguladıkları çalışmanın sonuçlarında diş hareket hızında anlamlı bir değişiklik olmadığını ancak tedavi grubunda kök rezorpsiyonunun daha az olduğunu bildirmişlerdir.



Ashcraft ve ark. (106), diş hareket hızı üzerine kortikosteroidlerin etkisini inceledikleri çalışmalarında, tavşanlara 15 mg/kg dozunda kortizon asetat verdikleri deney grubunda, kontrol grubuna göre 4 kat daha fazla diş hareketi olduğunu ve aktif diş hareketi sonrasında alınan kesitlerde kemik rezorpsiyon alanlarının daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Kortikosteroid uygulamaları dışında, paratiroid hormon ve D vitaminin aktif formu olan 1,25-dihidroksikolekalsiferol gibi sistemik faktörlerin de diş hareket hızı üzerine etkileri literatürde incelenmiştir (107-111). Paratiroid hormon, kalsitonin ve 1,25-dihidroksikolekalsiferol hormonları birlikte vücutta kalsiyum dengesinin düzenlenmesinden sorumlu hormonlardır. Paratiroid hormon serum kalsiyum miktarını yükseltip, fosfat miktarını düşürürken, kalsitonin serum kalsiyum ve fosfat miktarının düşmesini, D vitamini metabolitleri ise hem kalsiyum hem de fosfat miktarının yükselmesini sağlamaktadır. Söz konusu hormonlar bu düzenlemeyi birbirleri ile karmaşık bir şekilde etkileşerek ve böylece biri diğerinin etkisini tamamlayarak bütünleşmiş bir biçimde yapmaktadırlar (123). Yapılan çalışmalarda paratiroid hormon ve 1,25-dihidroksikolekalsiferol uygulamalarının diş hareket hızını artırdığı gösterilmiştir (107-111).

Kale ve ark. (110), lokal olarak uygulanan 1,25-dihidroksikolekalsiferol ve PGE2'nin ortodontik diş hareketi üzerindeki etkilerini histolojik parametreler kullanılarak değerlendirdikleri çalışmanın sonucunda, her iki uygulamanın da herhangi bir yan etki oluşturmadan diş hareket miktarını artırdığını, ancak uygulamaların etkinliğinin diş hareket hızı üzerinde benzer olduğunu bildirmişlerdir.

Ana görevi fibröz bağ dokuların turnoverını artırmak olan ve hem kadınlarda hem de erkeklerde bulunan bir hormon olan relaksinin periodontal ligament üzerinde oluşturacağı etki ile ortodontik diş hareketini hızlandırabileceği düşünülmüştür. Bu düşüncenin aksine, Madan ve ark. (124) insan relaksin hormonu ile ratlarda yaptıkları çalışmada, bu hormonun ortodontik diş hareket hızına etki etmediğini, periodontal ligament organizasyonunu ve mekanik dayanıklılığını azalttığını ve diş mobilitesini artırdığını göstermişlerdir. Liu ve ark. (112) ise insan relaksin hormonunu ratlarda uygulamış ve sonuçta bu uygulama ile erken safhada diş hareketini hızlandırılabilceğini belirtilmiştir.

## **2.4.2. Mekanik-Fiziksel Stimülasyonlar**

### **2.4.2.1. Doğrudan Elektrik Akımları ve Elektromanyetik Stimülasyon**

Elektrik akımlarının kemik metabolizması üzerine etkilerinin incelendiği ilk çalışmalarda, araştırmacılar, elektrik akımı ile birlikte, hücrelerin organellerinde kemik remodelingini etkileyen bir takım değişiklikler gözlemlemişlerdir (125, 126). 15-20 mikroamper düzeyinde uygulanan doğru akımın kemiğin hücre membranı etrafındaki elektrolit akımını değiştirerek diş hareketini hızlandırdığı bildirilmiştir (127). Ancak, elektrik akımının dokularda hasara neden olan iyonik reaksiyonlar ve kemik dokunun bağ dokuyla yer değiştirmesi gibi bazı komplikasyonlarının olabileceği rapor edilmiştir (127, 128).

Elektromanyetik alan uygulamaları, periodontal aralıkta hücresel faaliyetleri etkileyerek hem osteoklastik hem de osteoblastik aktiviteyi hızlandırmaktadır ve artan osteogenezise bağlı olarak da diş hareketi hızını artırabilmektedir (129, 130).

Stark ve Sinclair (130), kesikli elektromanyetik alanların etkisini değerlendirdikleri deneysel çalışmanın sonucunda diş hareketi hızının deney grubunda kontrol grubuna kıyasla neredeyse iki katına çıktığını gözlemlemiştir. Mıknatıslarla kesikli elektromanyetik alanlar üreterek diş hareket hızının artırıldığı daha sonra yapılan çalışmalarla da teyit edilmiştir (131, 132).

### **2.4.2.2. Titreşim Uygulamaları**

Titreşim stimulusu kullanarak diş hareketini hızlandırmak için ilk çabalar Krishtab ve ark. (133) tarafından gösterilmiştir. Bunu takiben Ohmae ve ark. (22), başarılı bir şekilde ultrasonik titreşimle diş hareket hızını artırmışlar, fakat ultrasonik titreşimin diş pulpası üzerine zararlı etkiler sergilediğini bildirmişlerdir.

Nishimura ve ark. (134), titreşim uygulayan bir sistem geliştirerek yaptıkları deneysel çalışmada rezonans titreşim ile diş hareketinde, osteoklast sayısında ve RANKL ekspresyonunda artış gözlemlemişler ve histolojik olarak kontrol grubu ile deney grubu arasında kök rezorpsiyon miktarında anlamlı bir fark olmadığını bildirmişlerdir.

Miles ve ark. (135) tarafından yapılan klinik çalışmada ise, hastalara sabit apacey tedavisi ile birlikte günde en az 20 dakika boyunca titreşim apaceyi uygulamaları söylenmiş ve 10 haftalık çalışma süresince, deney grubunda çapraşıklıkta %65'lik azalma gözlenirken, kontrol grubunda bu oran %69 olarak bulunmuştur.

Leethanakul ve ark. (136), üst birinci premolar çekimli vakalarda kanin distalizasyonu sırasında hafif ortodontik kuvvete (60gr) ek olarak hastalara sadece tek taraftaki kanin dişlerine elektrikli diş fırçası ile 2 ay boyunca günde 3 defa 15'er dakika titreşim uygulamalarını söylemiş ve sonuçta interlökin 1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ ) sekresyonunun ve diş hareket miktarının elektrikli diş fırçası kullanılan tarafta anlamlı derecede fazla olduğunu bildirmişlerdir.

### **2.4.2.3. Düşük Doz Lazer Uygulamaları**

#### **2.4.2.3.1. Lazer Hakkında Bilgiler**

LASER, Türkçe sözlük karşılığı "Uyarılmış ışımaya yoluyla ışık genliğinin yükseltimi" olan "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation" kelimelerinin baş harflerinden oluşan bir kısaltmadır (137-139). Einstein'ın (140) uygun boyutlu bir fotonun hali hazırda uyarılmış durumda bulunan bir moleküle çarpması sonucunda molekül daha düşük enerji seviyesine inerken, kendisine çarpan fotonla tamamen aynı büyüklükte ve o fotonla aynı doğrultuda hareket eden bir foton salacağını ortaya koyduğu görüşü lazer ışığının elde edilme teorisini tanımlamaktadır.

İlk lazer cihazı 1960 yılında Amerika'da Theodore Harold Maiman tarafından alüminyum oksit ve kromyum oksitten yapılmış sentetik bir yakut çubuk kullanılarak "ruby lazer" adıyla icat edilmiştir (141). Diş hekimliği alanında ilk lazer uygulamaları 1964 yılında diş sert dokularında ruby lazerin kullanımı ile gerçekleştirilmiştir (142). İlk lazer cihazının yapımından lazer ile ilişkili literatür incelendiğinde, medikal alanda ilk deneysel çalışmayı 1968 yılında Macaristan'da Mester ve ark. (143) düşük doz lazer ışınlarını kullanarak gerçekleştirmiş ve metabolizmanın biyostimülasyonu amacıyla kronik ülserin tedavisinde lazerin kullanımından bahsettiği görülmüştür. O zamandan günümüze düşük veya orta dozda lazerlerle uygulanan ışın tedavisine "Düşük Doz Lazer Tedavisi (DDLDT)" denilmektedir (144).

Lazerler, enerji yüklenmiş atomların foton salınımını kontrol eden cihazlardır. Bütün lazerler, güçlendirici ortam denilen, içinden geçen ışığın gücünü ve şiddetini arttıran enerji yüklü bir ortam veya madde kullanırlar. Bu enerji, kuvvetli bir flaş ışığı veya elektriksel boşaltım şeklinde olup bu şekilde çok sayıda yüksek enerjili elektron oluşturulmakta ve uyarılmış olan elektron kazandığı enerjiyi foton şeklinde salmak için daha kararlı bir yörüngeye inmektedir. Salınan ışık parçacığı, salınma anında elektronun sahip olduğu enerjiye göre belli bir dalga boyu ve bu dalga boyunu temsil eden bir renge sahip olmaktadır. Buna göre elektronları eşdeğer seviyedeki iki benzer atomun saldığı fotonun rengi ve dalga boyu aynı olacaktır (145).

Lazer ışığı tek renkli olması (monokromatik), doğrusal olması (collimated) ve ışığı oluşturan fotonların aynı fazda olması ve dağılmaması (koherens) şeklindeki özellikleri ile normal ışıklardan farklıdır. Lazer ışığının darlığı, yani etrafa gelişigüzel dağılmaması yüksek seviyedeki enerjinin çok küçük noktalara odaklanmasına imkan tanımaktadır. Lazer ışığının normal ışıktan farklı olan bu özelliklerinin meydana gelmesi için, uyarılmış bir salınım gerçekleşmelidir. Normal ışıpta atomlar elektronlarını gelişigüzel salarlarken uyarılmış salınımda foton salınımı organizedir. Salınım bir kez başladığında hareketlenen elektronlar kendileri gibi uyarılmış elektronlarla karşılaşır onların da foton oluşturmalarına neden olabilmektedirler (146).

Ortama bağlı olarak her zaman belirli bir dalga boyuna sahip ışın üreten lazerler ile doku arasındaki etkileşim dört şekilde olmaktadır:

Absorbsiyon (Emilim); Işının, dalga boyuna ve fotonların enerjilerine bağlı olarak termal ve non-termal etkiler yaratacak şekilde doku içerisine geçmesidir. Absorbsiyon derecesi hedef dokunun hemoglobin ve melanin yoğunluğu ile doğru orantılı olarak artmaktadır.

Transmission (Derin Dokulara Geçiş); Penetrasyon derinliği, belli bir dalga boyunda kullanılan ışığın ulaştığı en derin doku uzaklığıdır.

Reflection (Yansıma); Dokuya çarpma sırasında bir kısım ışın demetinin yansıma ile geri dönüşüdür.

Scattering (Yüzeğe çarpıp dağılma); Yansıyan ışınların orjinal yönlerini kaybederek ilerledikleri lateral yöndeki yayılım alanları, uygulanan lazerin tipine göre farklılık göstermesine rağmen genellikle dokudaki penetrasyonla aynı düzeydedir (139, 147).

#### **2.4.2.3.2. Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerler**

Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) Lazerler: 10600 nm dalga boyunda kızılötesi spektrumun sonunda yer alan bu lazerler diş hekimliğinde ve oral cerrahide kullanılan, yüksek kalite ve hıza sahip cihazlardır. Yüksek su oranına sahip mukoza, diş eti gibi yumuşak dokularda çok iyi absorbe edilirler. Yumuşak dokuyu kolaylıkla kesebilmekte ve çok iyi bir kanama kontrolü sağlayarak cerraha açık bir görüş sağlamaktadır. Bu dalga boyu, tüm dental lazerler arasında hidroksiapatitte en fazla abzorbsiyona sahiptir, bu nedenle CO<sub>2</sub> lazer kullanımı sırasında yumuşak doku cerrahi bölgesine komşu diş yapısı dikkatli bir şekilde korunmalıdır (147, 148).

Neodymiyum (Nd): YAG Lazerler: Diş hekimliğinde kullanılan Nd:YAG lazer, 1064 nm dalga boyundadır ve elektromanyetik spektrumda kızılötesine yakın bir yerdedir. Nd:YAG'ın yaklaşık %90'ı sudan iletilir. Yumuşak dokuların kesimi ve koagülasyonu, genellikle diğer lazerlere oranla daha fazla doku soğutması ile birlikte uygulanır. Bu lazer tipinin fotonları, dişin sert dokusunda çok az emilmektedir, bu da dişe komşu yumuşak dokuda güvenli bir şekilde çalışılmasını sağlamaktadır (149).

Erbium (Er): YAG Lazerler: 2940 nm dalga boyuna sahip olan bu lazerler kızılötesi, görünmez ve iyonize olmayan spektrumda yer almaktadır. Suda çok yüksek absorpsiyonu olmakla birlikte hidroksiapatite yüksek afinite göstermektedirler ve çürük uzaklaştırılması ve diş preparasyonunda kolaylıkla kullanılabilirler. Er:YAG lazerler dişte olduğu gibi kemikte de hidroksiapatit ve suyun yoğun miktarlarda bulunmasından dolayı kemiği ilgilendiren cerrahilerde ve kemik kaldırma işleminde başarıyla kullanılabilir (150).

Argon Lazerler: 458 veya 514 nm lik dalga boyunda mavi veya mavi-yeşil görünümde görülebilir spektrumda ışık yayan lazerlerdir. 458 nm dalga boyundaki ışın mavi renklidir. Kompozit restoratif materyallerin polimerizasyonunda ve ışıkla aktive olan beyazlatma sistemlerinde kullanılabilir. 514 nm dalga boyundaki argon lazer ise

hemoglobin, hemosiderin, melanin gibi pigmente moleküllere sahip dokularda maksimum absorpsiyon göstermekte ve mükemmel hemostaz sağlamaktadır (151, 152).

Diyot Lazerler: Dalga boyları 600-1000 nm arasında değişen bu lazerler, katı aktif ortamlı yarı iletkenlerdir (153). Bütün dalga boylarındaki diyot lazerler pigmente dokularda çok yüksek oranda emilmekte ve derin penetrasyon göstermektedir, fakat kanama kontrolünde argon lazerler kadar hızlı değildirler. Diğer lazerlere oranla diş dokuları tarafından absorpsiyonu daha zayıftır ve diş dokularına yakın yerlerde güvenle kullanılabilir. Diyot lazerler, düşük doz lazer tedavilerinde biyostimülasyon amacı ile başarılı bir tedavi seçeneği olarak karşımıza çıkmaktadır (8, 24).

#### **2.4.2.3.3. Düşük Doz Lazer Tedavisi (DDL) ve Hızlandırılmış Diş Hareketi**

Lazer ışınlarının dokuda en fazla 1°C'lik ısı artışı yaratarak oluşturduğu etkilere biyostimulan etkiler, lazer ışınlarının biyostimulan etkilerinden faydalanılarak yapılan tedaviye düşük seviyeli lazer tedavisi denilmektedir. En pozitif biyostimülasyon sonuçları 0,1-12 J/cm<sup>2</sup> enerji yoğunluğuna sahip radyasyon uygulandığında elde edilmektedir (23). Düşük doz lazer ışınlanması elektron transferinde sitokrom C oksidaz enzimini aktive ederek hücre içi adenosin trifosfat (ATP) üretimini artırmaktadır ve biyostimülasyon etkisinin ATP artışına bağlı olarak meydana gelen hücresel aktivite artışına bağlı olduğu düşünülmektedir (154).

Ortodonti alanında DDL uygulaması ile oluşturulan bu biyostimulan etkiler ortodontik tedaviye bağlı oluşan ağrının giderilmesinde, kemik formasyonunun artırılmasında, kök rezorpsiyonunun önlenmesinde, ortognatik cerrahi sonrası iyileşmenin hızlandırılmasında ve diş hareketinin hızlandırılmasında kullanılmaktadır (23).

Yapılan çeşitli çalışmalarda gözlenen osteoklast, osteoblast ve inflamatuvar hücre sayısı, kapiller kanlanma, yeni kemik oluşumu, osteoprogenin ve RANK/RANKL oranı, fibronektin, tip I kollagen, matrix metalloproteinase-9 (MMP-9), katepsin K ve alpha(v)beta(3) integrin salınımindaki artış, DDL'nin kemik remodelingini, dolayısıyla ortodontik diş hareketini hızlandırabileceğini göstermiştir (27, 155-157).

Diş hareket hızı üzerine DDL'nin etkisinin ilk kez incelendiği deneysel çalışmada Kawasaki ve Shimizu (28), deney hayvanlarının molar dişlerine 10 gr ortodontik kuvvet

uygulamanın yanında 12 gün boyunca 3 ayrı bölgede (bukkal, palatal, mezial) günde toplam 9 dakika  $35,3\text{W}/\text{cm}^2$  (54 Joule) 830 nm dalga boyunda diyot lazer uygulamışlardır. Yapılan histomorfometrik ve histolojik analizler sonucunda, lazer uygulamasıyla kemik remodelinginde artış ve diş hareketinde 1,3 kat hızlanma olduğunu bildirmişlerdir.

Cruz ve ark. (32), DDLT'nin diş hareketi üzerindeki etkisine yönelik ilk klinik çalışmayı yapmış ve kanin distalizasyonu sırasında her kuvvet aktivasyonu sonrasında 780 nm gücünde ve  $5\text{ J}/\text{cm}^2$  dozunda diyot lazer uygulamışlardır. İki aylık aktivasyon sonrasında, lazer uygulanan segmentte %34 oranında daha hızlı kanin distalizasyonu gözlemlenmişler ve düşük enerjili lazer kullanımıyla, tedavi süresinde, hasta rahatsızlığında ve ağrı duyusunda ciddi azalma saptamışlardır.

Daha sonra yapılan çeşitli deneysel ve klinik çalışmada farklı dalga boylarına sahip diyot lazerler kullanılarak farklı dozlarda uygulamalar yapılmış ve çalışmacıların bir kısmı DDLT'nin diş hareket hızı üzerine olumlu etkileri olduğundan bahsetmiştir (24, 25, 29-31).

Bu sonuçların aksine, Limpanichkul ve ark. (158), klinik çalışmalarında kanin distalizasyonu sırasında her aktivasyonda ve 2 gün sonrasında, 860 nm gücünde ve  $25\text{ J}/\text{cm}^2$  dozuyla toplam 23 saniye süreyle diyot lazer uygulamışlar, sonuçta DDLT'nin diş hareket hızını etkilemediğini bildirmiş ve diş hareketini stimüle etmek amacıyla kullanılması gereken lazer dozunu, tartışma konusu olarak ortaya atmışlardır.

Goulart ve ark. (159),  $5,25\text{ J}/\text{cm}^2$  ve  $35,0\text{ J}/\text{cm}^2$  lik iki dozda 780 nm dalga boyuna sahip diyot lazer kullanarak yaptıkları deneysel çalışmanın sonucunda  $5,25\text{ J}/\text{cm}^2$  lazer uygulanan grupta diş hareketinin hızlandığını;  $35,0\text{ J}/\text{cm}^2$  lazer uygulanan grupta diş hareketinin yavaşladığını bildirmişlerdir.

Ge ve ark. (8), 2015 yılında yaptıkları sistematik derleme ve meta-analiz'de DDLT uygulaması ile diş hareketinin hızlandırılabilirliğini, bu hızlandırma etkisinin alt ve üst çeneler arasında istatistiksel olarak farklılık göstermediğini ve optimum doz henüz belirlenememiş olmasına rağmen diş hareket hızının artırılmasında nispeten daha düşük ( $2,5, 5$  ve  $8\text{ J}/\text{cm}^2$ ) enerji yoğunluğuna sahip lazer kullanımının,  $20\text{ J}/\text{cm}^2, 25\text{ J}/\text{cm}^2$  ye ve daha yüksek olanlara göre daha etkili olduğunu bildirmişlerdir.

#### 2.4.2.4. Fotobiyomodülasyon

Düşük yoğunlukta ışık yayan diyot (LED) ile yapılan fotobiyomodülasyon uygulamalarının özellikle iskemik ve yaralanmış hücrelerde, hücre içi ATP üretimini uyarak yara iyileşmesini hızlandırdığı kanıtlanmış ve bu etki LED uygulamasına bağlı olarak hücre içi ATP üretiminin artmasına, hücrede metabolik olarak optimum koşulların ve daha normal hücre fonksiyonlarının oluşmasına bağlanmıştır (160).

Son zamanlarda, fotobiyomodülasyon uygulaması ile diş hareketini hızlandırma açısından başarıyla sonuçlanan araştırmalar yayınlanmıştır. Ekizer ve ark. (161) ratlara 618 nm dalga boyunda ve 20 mW/cm<sup>2</sup> çıkış gücünde LED cihazı kullanarak fotobiyomodülasyon tedavisi uygulamış, sonuçlar kontrol grubuyla karşılaştırıldığında deney grubunda daha fazla diş hareketi olduğunu ve deney grubunda kök rezorpsiyonunun daha az miktarda olduğunu bildirmişlerdir.

Kau ve ark. (162), kızılötesi ışığa yakın 850 nm dalga boylu endüstriyel standartlı LED'i 90 hastada uygulamış ve bu uygulamada yanak yüzeyi, sırasıyla, 72, 108, ve 216 J/cm<sup>2</sup> toplam enerji yoğunluğu elde etmek için 20 dakika/gün, 30 dakika/gün ve 60 dakika/hafta olacak şekilde 60 mW/cm<sup>2</sup>lik bir güç yoğunluğu ile ışınlanmıştır. Çalışmanın sonucunda kontrol grubuna oranla deney grubunda çapraşıklığın daha hızlı düzeldiği gözlemlenmiştir.

Ekizer ve ark. (163), 2016 yılında 20 hasta üzerinde yaptıkları randomize kontrollü klinik çalışmada LED uygulamasının minivida stabilitesi ve diş hareket hızı üzerine etkilerini incelemişler ve kanin distalizasyonunun ilk 21 gününde hastaların çalışma grubuna dahil edilen kanin dişlerinin olduğu üst yarım çenelerine 618 nm dalga boyunda ve 20 mW/cm<sup>2</sup> çıkış gücünde LED cihazı ile yanak derisi üzerinden fotobiyomodülasyon tedavisi uygulamışlardır. Bu çalışmanın sonucunda, LED aracılı fotobiyomodülasyon tedavisinin diş hareket hızını artırdığı ve minividaların stabilitesini olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir (163).

#### 2.4.3. Cerrahi Uygulamalar

Diş hareketine en yoğun direnci gösteren kortikal kemiğin kalınlık ve devamlılığı bozulduğu takdirde dişlerin daha rahat hareket ettirilebileceği düşüncesi ile Köle



tarafından 1959 yılında uygulanan ilk kortikotomi diş hareketini hızlandırmak amacıyla yapılan cerrahi uygulamaların ana fikrini oluşturmuştur (12). Köle, kortikotomi uygulamalarında, bukkal ve palatinal yüzeylerde diş kökleri arasında yapılan kortikotomi kesileri ve bu kesileri bukkal-lingual yönde birleştiren subapikal horizontal osteotomi kesileriyle oluşturulan “kemik blokları” nı tanımlamıştır.

1975 yılında Düker (164), köpekler üzerinde yaptığı deneysel çalışmada Köle'nin temel cerrahi tekniğini kullanarak alveolar kretten en az 2 mm apikalde olacak şekilde uygulanan kortikotomi sonrasında ortodontik hareket uygulanan dişlerde pulpal veya periodontal dokuların hasar görmediğini göstermiştir.

Kortikotomi yapılan bölgelerde diş hareketinin hızlanmasını sağlayan, remodeling ve turnover gibi artmış metabolik aktiviteler, 1983 yılında Frost tarafından “Bölgesel Hızlanma Fenomeni” (“Regional Acceleratory Phenomenon” (RAP)) olarak tanımlanmıştır. Bu görüşe göre öncelikli olarak kemikte hızlı bir osteoklastik aktivite meydana geldiği, daha sonra kemik yoğunluğunda bir azalma olduğu ve sonrasında ise hızlı bir osteoblastik aktivite ile kemiğin remodelinginin başladığı savunulmuştur (165).

1990 yılında Gantes ve ark. (166), çekimli tedavi uyguladıkları hastalarda üst çene anterior bölgedeki 6 dişi kapsayan bukkal ve palatinal kortikotomiler yardımıyla tedavi süresini geleneksel yöntemlere göre neredeyse yarı yarıya kısaltmışlar ve kortikotominin periodontal ataşmanda minimal değişikliklere sebep olduğunu savunmuştur.

1991'de Suya (167), vertikal interdental kortikotomi uyguladığı hastalarda ortodontik tedaviyi 12 aydan kısa bir sürede bitirdiğini, ağrı, kök rezorpsiyonu ve relaps açısından daha ideal sonuçlar elde edebildiğini rapor etmiştir. Kortikotomi sonrası diş hareket hızındaki artışı ise kemik blokların hareketine bağlamıştır.

Wilcko ve ark. (168), kortikotomi sonrası demineralize olan kortikal tabakadan arta kalan yumuşak doku matriksi ve osteoid adacıklarının kuvvet uygulandığında diş ile birlikte hareket ettiğini ve ortodontik hareket tamamlandığında remineralize olduğunu göstermiştir.

Sebaun ve ark. (169), kortikotomi ile meydana gelen histolojik değişiklikleri inceledikleri deneysel çalışmada, cerrahi bölgesinde 3 hafta içinde yapım ve yıkım aktivitelerinin normalin 3 katına çıktığını, süngerimsi kemiğin 2 kat hızlı dekalsifiye olduğunu ve periodontal ligament alanının 2 katına çıktığını bildirmişlerdir. Buna göre kortikotomi yapılan bölgede 3. haftada doku turn-over hızında ve diş hareketinde önemli bir artış meydana gelmekte ve bu durum 11. hafta civarında normal hızına dönmektedir (169).

Temelinde artmış kemik yapım ve yıkım döngüsü bulunan ve diş hareketini hızlandırmayı hedefleyen cerrahi uygulamalar, uygulamadaki farklılıklar nedeniyle periodontal ligament distraksiyonu, dentoalveolar distraksiyon, periodontal olarak hızlandırılmış osteojenik ortodonti (PAOO), monokortikal diş dislokasyonu ve ligament distraksiyonu, kortizisyon, piezosizyon, mikroosteoperforasyon ve piezopuncture şeklinde sınıflandırılabilir (11).

#### **2.4.3.1. Periodontal Ligament Distraksiyonu ve Dentoalveolar Distraksiyon**

Liou ve Huang (170), 1998 yılında distraksiyon osteogenezisindeki benzer şekilde kemik direncini azaltarak ve tamir edici kemik dokusunun geriliminden faydalanarak yeni kemik oluşturulmasına dayanan ve üç hafta içerisinde kanin retraksiyonunun yapılabildiği “periodontal ligament distraksiyonu” adını verdikleri yeni bir yöntem tanımlamışlardır. Bu teknikte önce hastaya özel hazırlanan molar ve kanin bantları yerleştirilir, sonrasında 1. premolarlar çekilir ve çekimden hemen sonra, kaninin distalindeki interseptal kemik, bir frez yardımıyla vertikal olarak zayıflatılır. Böylece kuvvet uygulandığında kemik boşluğa doğru eğilir ve dişi hareket yönünde izler. Cerrahi işlemler tamamlandıktan sonra distraktörler yerleştirilir ve günde 0,5-1 mm olacak şekilde aktive edilir. Yazarlar bu tekniği kullanarak periodontal veya endodontik açıdan herhangi bir komplikasyon oluşmadan, minimal kök rezorpsiyonu ile üst ve alt kaninleri üç hafta içerisinde gövdesel olarak çekim boşluğuna 6,5 mm hareket ettirmiş ve ankraj kaybı görülmediğini bildirmiştir (170).

2002 yılında Kişnişi ve ark. (171), ortodontik tedavi süresini kısaltmak amacıyla “dentoalveolar distraksiyon tekniği” ni sunmuşlardır. Araştırmacılar bu teknikte, 1. premolar çekimi ile tedavi edilen hastalarda, kanin dişlerinin etrafında osteotomi yapmış ve kanin dişi taşıyan segmenti tamamen mobilize ederek cerrahi işlem ile aynı gün,

günde iki tur 0,4 mm toplamda günlük 0,8 mm aktivasyon olacak şekilde, distraksiyona başlamışlardır. Distraksiyon dönemi 8 ile 12 gün arasında değişmiş ve birinci molarlarda ankraj kaybı gözlenmemiştir.

Kharkar ve ark.(172) yaptıkları pilot çalışmada dentoalveolar distraksiyon ile periodontal ligament distraksiyonunu kıyaslamış ve dentoalveolar distraksiyonda tedavi süresinin daha kısa ve kanin dişlerde devrilmenin daha az olduğunu, ancak dentoalveolar distraksiyonun daha invaziv bir girişim olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda, her iki uygulamada da anlamlı bir ankraj kaybı ve kök rezorpsiyonu görülmemiştir.

#### **2.4.3.2. Periodontal Olarak Hızlandırılmış Osteojenik Ortodonti (PAOO)**

Wilcko kardeşler 2000 yılından bu yana gerçekleştirdikleri klinik ve deneysel çalışmalar sonucunda kortikotomi uygularken uygulanması gereken aşamaları “Wilckodontics” ya da “Periodontally Accelerated Osteogenic Orthodontics; PAOO” yani periodontal olarak hızlandırılmış osteojenik ortodonti adları altında toplamışlardır (168, 173, 174). Yaptıkları çalışmalarda, kemik grefti uygulamasının kortikotomi sonrası oluşabilecek kemik dehisensini engellemek için mutlaka gerekli olduğunu bildirmiş ve flebin olması gereken şeklini ve ne tür greft konulması gerektiğini açıklamışlardır. Bu yöntemde uygulanması gereken aşamalar şu şekildedir:

- Braketlerin dişlere yerleştirilmesi cerrahi işlemden 1 hafta önce yapılır. Yani ideal olarak cerrahi işlemden 1 hafta önce dişlere kuvvet uygulanmaya başlanmalıdır.
- Tam kalınlık flep bukkal ve lingual tarafta dişlerin apikallerini geçecek şekilde hazırlanır. Kökler arasında elmas frezler ile alveolar kemiğin kret seviyesinin 3 mm apikalinden başlanarak vertikal kortikotomiler hazırlanır ve bu kesiler dişlerin apekslerinin 2 mm altında medüller kemiğe inmeyen horizontal kortikotomiler ile birleştirilir.
- Demineralize dondurulmuş kuru sığır kemiği grefti, klindamisin fosfat veya plateletten zengin plazma ile ıslatılarak diş eti çekilmesi, fenestrasyon ve dehisensi önlemek için uygulanır.

- İnterdental papillere dikkat edilerek flep dikilir. Cerrahi sonrası hastaya antibiyotik, analjezik ve antiseptik ağız gargaraları reçete edilir ve flebin yer değiştirmesini, embraşurlerin açılmasını ve siyah üçgenlerin oluşumunu engellemek için dikişler 2 hafta sonra alınır.
- Tedavinin 4-6 ay gibi kısa bir sürede tamamlanması arzu edildiği için ortodontik kontroller iki haftada bir yapılır (175)

PAOO, geleneksel ortodontik tedavilere göre tedavi süresini üçte bir oranında azaltmak, kortikal kemiğin direncinin azalmasına bağlı olarak kök rezorpsiyonu azaltmak, kemik grefti sayesinde daha fazla kemik desteği sağlamak, relaps oranını azaltmak, ekstraoral aygıt ihtiyacını azaltmak, tek bir diş veya dental segmentlerin hareketini hızlandırmak gibi avantajlara sahiptir. Bunların yanında, fazladan cerrahi bir işlem gerektirmesi, cerrahi işlem sonrası krestal kemik kaybı ve diş eti çekilmesi gelişebilmesi, ağrı, şişkinlik ve enfeksiyon oluşabilmesi gibi dezavantajlara sahiptir (21).

#### **2.4.3.3. Monokortikal Diş Dislokasyonu ve Ligament Distraksiyonu**

Vercelotti ve Podesta (176), 2007 yılında, geleneksel diş hareketinde vakit kaybına neden olduğu düşünülen yeniden şekillenme olaylarını elimine ederek diş korteksiyle birlikte hareket ettirmek amacıyla kullandıkları ve “monokortikal diş dislokasyonu ve ligament distraksiyonu” tekniğini tanıtmışlardır. Bu teknikte sadece dişlerin hareket ettirileceği yönde flep kaldırılır ve piezocerrahi bıçakları kullanılarak diş köklerini çevreleyen vertikal ve horizontal kortikotomiler yapılır. Arzu edilirse bu aşamada greftleme de yapılabilir. Ortodontik tedaviye bağlı olarak kemik metabolizmasındaki kontrolsüz bir artış krestal kemik başta olmak üzere periodonsiyum ve köklerde hasara neden olabileceği için, araştırmacılara göre bu teknikte hem hızlı diş hareketi elde edilebilmekte hem de kemik defektlerine yatkın erişkin bireylerde periodontal dokular korunabilmektedir.

#### **2.4.3.4. Kortizisyon**

Park ve ark. (177), 2006 yılında flep kaldırmadan hafif bir invaziv girişim yapılarak uygulanan kortizisyon adlı yeni tekniği bildirmişlerdir Bu teknikte mukozanın altından kortikal tabakada kesiler yapılmaktadır.

Kim ve ark. (178) kortizisyon uygulamasının sonucunda diş ve dişi çevreleyen dokularda patolojik bir değişim veya kök rezorpsiyonu gerçekleşmeksizin 3,5 kat daha fazla apozisyon gerçekleştiğini bildirdikleri çalışmada kortizisyon tekniğinin aşamalarını şu şekilde sıralamıştır:

Kortizisyon lokal anestezi altında kanin dişinin meziobukkal, distobukkal ve distopalatal bölgelerinde yapılır. Cerrahi bıçak, interradiküler yapışık dişeti bölgesinde kanin dişinin uzun aksıyla 45°-60° yapacak şekilde yerleştirilerek en az 400µm kalınlığında cerrahi insizyon işlemi yapılır. Daha sonra cerrahi bıçağın sapına çekiç ile vurularak dişeti, kortikal kemik ve süngerimsi kemiğin altında bulunan kemik iliğine kademeli olarak girilir. İnsizyonlar alveolar kreti korumak amacıyla gingival marjinden 2 mm uzakta ve ince yapışık dişetini korumak amacıyla da mukogingival sınırdan 1 mm ileride yapılacak şekilde işlem tamamlanır (178).

#### **2.4.3.5. Piezosizyon**

2009 yılında Dibart ve ark. (14), kortizisyon yönteminin periodontal olarak genişlemeyi sağlayacak kemik greftlemesine izin vermediği düşüncesi ile ağzın her bölgesinde kullanılabilen “piezosizyon” olarak tanımlanan yeni bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntemde, bölgesel hızlanma fenomenini başlatmak için bukkal bölgedeki dişetinde piezoelektrik bıçak kullanımına müsaade eden mikroinsizyonlar yapılmaktadır. Piezosizyon, minimal invaziv bir yaklaşım olarak tanımlanmasının yanında selektif tünelleme yoluyla sert ve yumuşak doku greftlemelerine izin vererek dişeti çekilmeleri ve kemik kayıplarını engellemek gibi bir avantaja sahiptir (17).

Piezosizyon tekniğinin aşamaları şu şekildedir:

- Lokal anestezi altında dişler arasında interdental papillanın altında piezocerrahi bıçağının girebileceği en küçük boyutlarda mikroinsizyonlar yapılır.
- Mukoperiosteal flep kaldırılmadan piezotestere ile 3 mm derinliğindeki alveolar kesiler ile dekortikasyon gerçekleştirilir. Bu aşamada istenirse tünelleme tekniğiyle greftleme de yapılabilir.
- Greft uygulanan bölgelerdeki mikroinsizyonlar 5/0 rezorbe olabilen dikiş materyali siyanoakrilat doku yapıştırıcısı ile kapatılır. Greft uygulanmayan alanlarda ise tünel oluşturulmadığı için sütür atmak zorunlu değildir (14, 17).

Keser ve Dibart (15), diş hareket hızını artıran bu yöntemin yenilikçi ve minimal invaziv bir yöntem olduğunu vurgulamış ve bu uygulamanın tam kalınlık mukoperiosteal flebin kaldırıldığı konvansiyonel cerrahi yaklaşımlara göre daha kısa sürede gerçekleştirilmesi, piezocerrahi bıçağın kullanımı ile hasta konforunun olumsuz etkilenmemesi ve dişlerde ısıya bağlı komplikasyonlar oluşmaması gibi olumlu özellikleri olduğunu bildirmişlerdir.

Aksakallı ve ark. (18), 2015 yılında yaptıkları çalışmada, kanin distalizasyonu sırasında piezosizyon uygulamışlar ve bu uygulama ile diş hareket hızının arttığını, posterior dişlerde ankraj kontrolünün daha iyi olduğunu, maksiller arkta transversal yönde bir daralma olmadığını ve periodontal sağlığın olumsuz yönde etkilenmediğini bildirmişlerdir.

Abbas ve ark. (19), kortikotomi destekli ortodonti ve piezosizyonun diş hareket hızı ve kök rezorpsiyonu üzerine etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında, kortikotomi ile diş hareketinin 1,5-2 kat, piezosizyon ile de yaklaşık 1,5 kat daha hızlı olduğunu ve kök rezorpsiyonunun her iki uygulamada da kontrol gruplarına göre daha az olduğunu belirtmişlerdir.

Buna karşın son yıllarda yapılan bir çalışmada piezosizyon uygulaması ile hastalarda geçici olarak bakteriyemi oluşabileceği için yüksek risk grubunda bulunan hastalarda bakteriyel endokardit ihtimalinin göz önünde bulundurulması gerektiği bildirilmiştir (179).

#### **2.4.3.6. Mikroosteoperforasyon**

Teixeria ve ark. (180), 2010 yılında yaptıkları deneysel çalışmada, kortikal tabakada oluşturulacak perforasyonlarla diş hareketinin hızlandırılabilirliğini öne sürerek flep kaldırıldıktan sonra rond frezle kortikal tabakada mikroperforasyonlar oluşturmuşlar ve “mikroosteoperforasyon” olarak tanımladıkları bu teknikle osteoklast aktivitesinin ve diş hareket hızının artmasına neden olan enflamatuvar markerların ekspresyonunu uyarılabileceğini göstermişlerdir.

Alikhani ve ark. (181), daha önce yapılan deneysel çalışmanın ışığında mikroosteoperforasyonu klinik olarak uygulamışlar ve kanin distalizasyonu öncesinde

flep kaldırılmadan kortikal kemikte 1,5 mm genişliğinde ve 2-3 mm derinliğinde perforasyon yapılmasını sağlayan özel tasarlanmış mikroosteoperforasyon cihazı kullanılarak kökün distalindeki kemiği oklüzogingival yönde 3 noktada perfore etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, mikroosteoperforasyon uygulaması ile kontrol grubuna kıyasla diş hareket hızının ve dişeti oluğu sıvısında sitokin seviyesinin arttığını, bunun yanında uygulama ile hastalarda hafif ve lokal bir ağrı oluştuğunu bildirmişlerdir.

#### **2.4.3.7. Piezopuncture**

2013 yılında Kim ve ark.(182) piezosizyon yöntemindeki diş eti kesilerini elimine ederek 'piezopuncture' yöntemini geliştirmişler ve yaptıkları deneysel çalışmada keskin ve kıvrık bir piezocerrahi ucuyla hareket ettirilecek dişlerin mesiobukkal, distobukkal, mesiolingual ve distolingual alveolar yüzeylerinde toplam 16 adet perforasyon oluşturmuşlardır. Sonuç olarak bu tekniğin, tedavi süresini kısaltmak için bir avantaj sağlayabileceğini bildirilmişlerdir.

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

#### 3.1. Bireyler ve Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri

Çalışmamıza, Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'na tedavi amacıyla başvuran ve üst çenesinde çift taraflı birinci premolar dişlerinin çekimi gereken 15 kız 5 erkek toplam 20 birey dahil edilmiştir. Çalışmaya katılan bireylerin tedavi başındaki ortalama yaşı  $16,35 \pm 1,14$ 'tür. Çalışmaya dahil edilecek hasta ve diş sayısı power analizi kullanılarak anlamlılık düzeyi  $\alpha=0.05$  güvenilirlikle, güç  $\beta=0.80$  olacak şekilde belirlenmiştir. Power analizinde her grup için toplam 20 diş kullanılmasının yeterli olacağı bulunmuş, bu sebeple çalışmamız 20 hasta ve 40 kanin diş üzerinde yürütülmüştür.

Çalışmaya dahil edilen hastaların seçiminde şu kriterler dikkate alınmıştır:

- Kemik yaşına bakılmaksızın kronolojik yaşın 12-18 yaş arasında olması,
- Oral hijyenin iyi olması,
- Üst çenesinde çekimli ortodontik tedavi gerektiren iskeletsel Sınıf I, dişsel Angle Sınıf II ilişkinin olması,
- Üst çenede konjenital diş eksikliği olmaması,
- Herhangi bir sistemik hastalık bulunmaması.

Ortodontik tedaviye başlamadan önce yapılacak tüm işlemler hasta ve hasta yakınlarına ayrıntılı bir şekilde anlatılmış; Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurul Komisyon Başkanlığı tarafından onaylanan "Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu" (Ek-1) tüm hastalara ve yakınlarına okutularak, doldurulup imzalatılmıştır. Çalışma grupları tamamen gönüllü bireylerden oluşturulmuştur. Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Araştırma Etik Kurulu'nun 18.04.2014 tarihli ve 2014/251 numaralı kararı ile onaylanmıştır (Ek-2).



## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Seviyeleme Aşaması

Çalışmaya dahil edilen tüm bireylerin üst birinci premolar dişleri çekildikten sonra, üst posterior dişlerin seviyelenmesi ve sıralanması amacı ile 0.018 inç slotlu straight wire braketler (American Orthodontics Corporation, Roth appliances, Twin, Metal, Master Series, ABD) uygulanmıştır. Birinci molar dişler için ise yardımcı tüpü olan 0.018 inç molar bantları (American Orthodontics, Sheboygan, Wisconsin, ABD) kullanılmıştır. Braketlere ilk olarak 0.014 nikel titanyum (NiTi) yuvarlak teller uygulanarak dişlerin seviyelenmesine başlanmıştır. Hastalar 4 hafta aralıklarla kontrol randevularına çağırılmış ve sırasıyla 0.016 inç NiTi, 0.016 x 0.016 inç NiTi ve 0.016 x 0.022 inç NiTi teller kullanılarak, seviyeleme aşaması tamamlanmıştır.

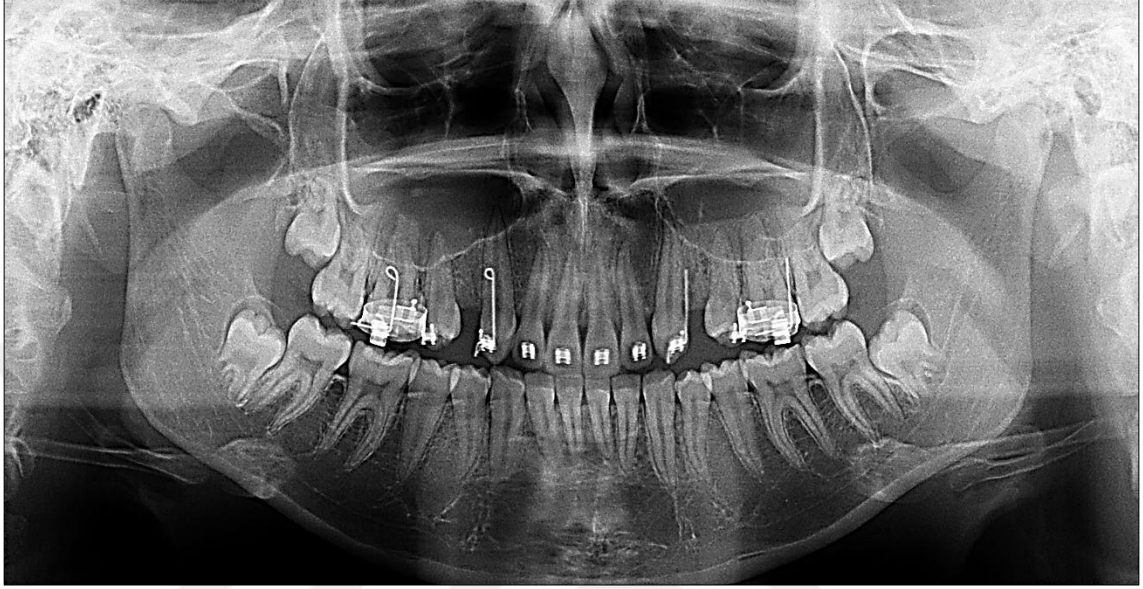
### 3.2.2. Minivida Uygulaması

Çalışmaya dahil edilen tüm hastalarda maksimum ankraj gereksinimi olduğu için kanin distalizasyonu minivida (PSM Medical Solutions, Premium Implants, 1,5 x 7 mm, Tuttlingen, Almanya) destekli olarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 1,5 mm çapında, 7 mm uzunluğunda ve kendinden yuva açarak yerleşen 'self drilling' minividalar kullanılmıştır. Minividaların yerleştirilme işlemi lokal anestezi (Ultracaine D-S forte, Sanofi-Aventis İlaçları, Levent, İstanbul, Türkiye) altında yapılmıştır. Her hastanın sağ ve sol üst birinci molar ve ikinci premolar dişleri arasındaki bölgelere minividalar yerleştirilmiştir (Resim 3.1).



Resim 3.1. Birinci molar ve ikinci premolar arasındaki yapışık diş etine yerleştirilen minivida

Her hastadan kanin distalizasyonu öncesinde alınan panoramik filmler incelenerek minividaların yerleştirileceği kökler arası alanın komşu dişler ve anatomik yapılar ile olan ilişkisi değerlendirilmiştir (Resim 3.2).



Resim 3.2. Seviyeleme sonrası değerlendirme amacıyla kullanılan panoramik röntgen

### 3.2.3. Ortodontik Model ve Röntgen Kayıtlarının Alınması

Hastalardan ortodontik tedavi öncesinde, lateral sefalometrik, panoramik röntgen, ortodontik model ve fotoğraf kayıtları alınmıştır. Kanin distalizasyonu başlangıcından sonuna kadar olan dönemde tüm hastalardan, alçı model elde edilmek üzere ölçüler ve ağız içi fotoğraflar aşağıdaki zamanlarda alınmıştır:

T0: Kanin distalizasyonuna başlanacak seans

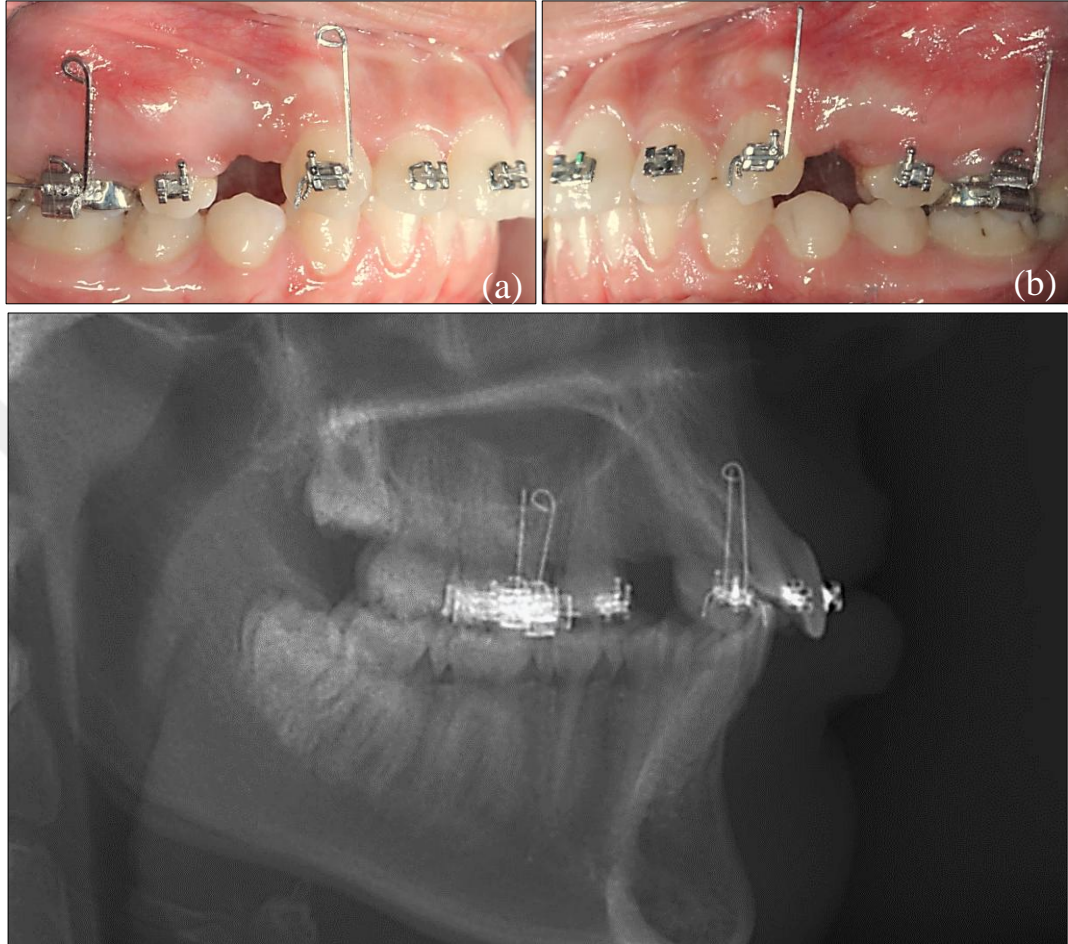
T1: Kanin distalizasyonuna başladıktan sonraki 4. hafta

T2: Kanin distalizasyonuna başladıktan sonraki 8. hafta

T3: Kanin distalizasyonuna başladıktan sonraki 12. hafta

Ayrıca kanin distalizasyonuna başlanacağı seans (T0) ve kanin distalizasyonuna başladıktan sonraki 12. haftada (T3) hastalardan lateral sefalometrik ve panoramik röntgen kayıtları alınmıştır. Bu seanslarda kayıtlar alınmadan önce birinci büyük azı ve kanin dişlere 0.017x0.025 inç paslanmaz çelik telden bükülmüş referans telleri ligatürlenmiştir. Sağ taraf için heliksli, sol taraf için ise düz sonlanan referans telleri sağ tarafta mezialden sol tarafta distalden olmak üzere braket ve tüplere yerleştirilerek

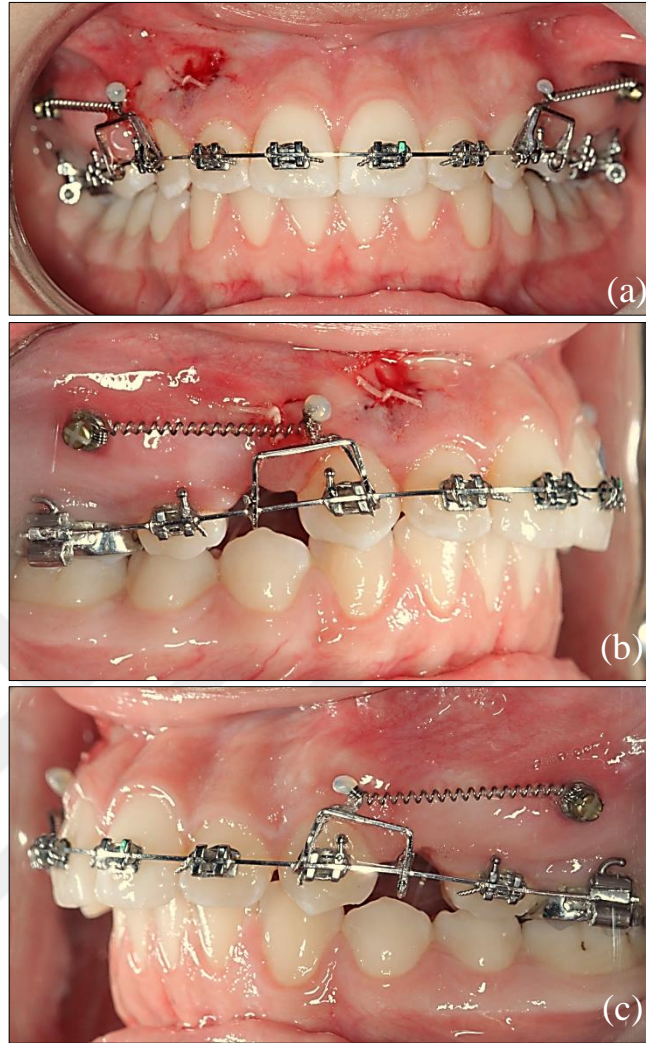
sefalometrik röntgenler alınmıştır. Bu sayede tek röntgen üzerinde sağ ve sol dişlere ait ölçümler gerçekleştirilebilmiştir (Resim 3.3.a.b.c).



Resim 3.3. Distalizasyon öncesi ve sonrası röntgenler alınırken kanin ve molar dişlere yerleştirilen referans tellerin ağız içi sağ (a), sol (b) ve sefalometrik röntgen görüntüleri (c)

#### 3.2.4. Kanin Distalizasyonu

20 hastaya ait 40 üst kanin dişin sağ tarafta yer alan 20'sine distalizasyona başlanılacak seansta piezosizyon uygulanmış, sol tarafta yer alan 20 dişe ise DDLT uygulanmıştır. Kanin distalizasyonu 0.016x0.022 inç paslanmaz çelik ark teli üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kuvvet kolunun kanin dişin direnç merkezine yakın olması amacıyla 0.017x0.025 inç paslanmaz çelik telden kanin diş braketinin mezialine dayanan jigler bükülmüştür ve jiglerin hookları ile minividalar arasına NiTi kapalı yaylar (OrthoForce G4™ NiTi Coil Springs With Eyelets, G&H ®Wire Company, ABD) 150 gr kuvvet uygulayacak şekilde yerleştirilmiştir (Resim 3.4.a.b.c).



Resim 3.4. Kanin distalizasyonu başlangıcında cephe (a), sağ (b) ve sol (c) taraflara ait ağız içi fotoğraflar

### 3.2.5. Piezosizyon Uygulaması

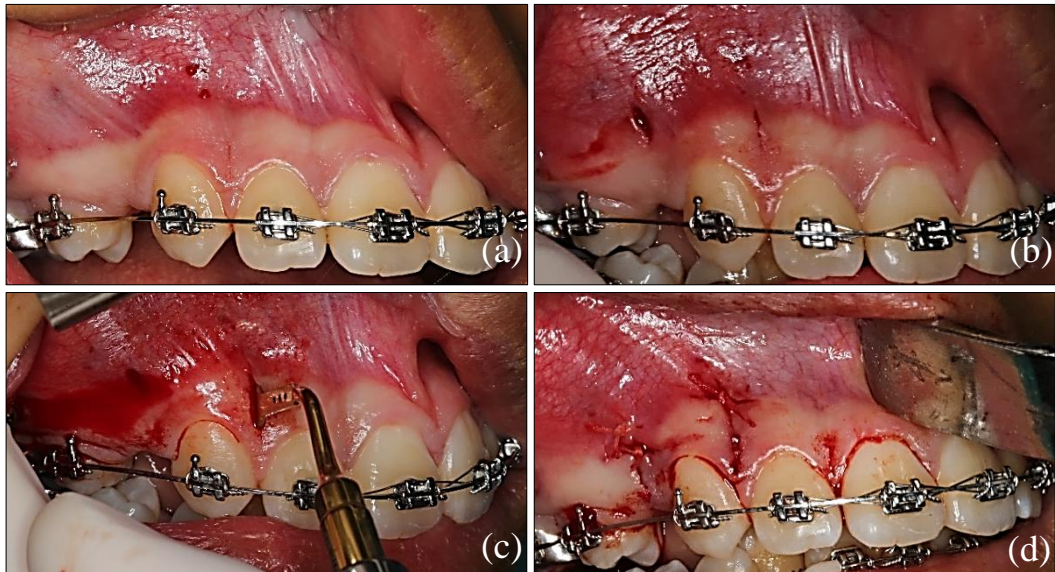
Kanin distalizasyonuna başlanılan seansta hastaların sağ maksiller yarım çenesinde kanin diş bölgesine 2cc lokal anestetik infiltrasyonu (Ultracaine D-S forte, Sanofi-Aventis İlaçları, Levent, İstanbul, Türkiye) uygulandıktan sonra mikroinsizyon için 15C bisturi (Skalpell klinge, Ünaldı Medikal, İstanbul, Türkiye) kullanarak kanin dişin mezial ve distalinde, interdental papillanın hemen üzerindeki yapışık dişetinde apikal yönde 3 mm 'lik insizyonlar gerçekleştirildi, ardından flep kaldırılmadan sadece bir miktar tünel şeklinde rahatlatma sağlandıktan sonra piezotestere cihazının (Piezosurgery 3, MectronSpA, Carasco, İtalya) OT-7 testere ucu kullanılarak işlem gerçekleştirildi. Cihazın kemik modunda kortikal mod seçildi (Resim 3.5.a.b).





Resim 3.5. Piezosizyonun uygulamasında kullanılan cihaz (Piezosurgery 3, MectronSpA, Carasco, İtalya) (a) ve piezosizyonun gerçekleştirildiği OT-7 uç (b)

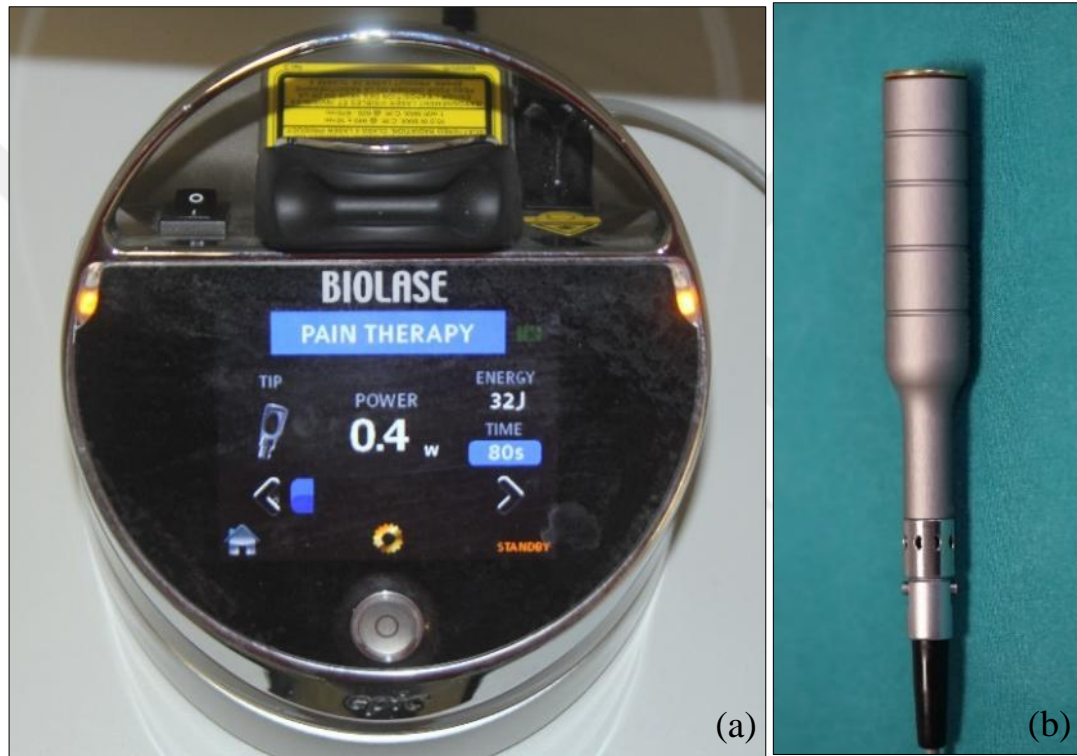
Üçüncü seviye serum fizyolojik pompası altında, kanin dişin hem distalinde hem de mezialindeki kortikal kemikte 3 mm derinliğinde mikro hasar oluşturuldu. Korteks kesisi sonrası üzerindeki dişeti eriyebilen dikiş materyali ile primer olarak kapatıldı. Postoperatif bakım için hastalara klorheksidinli ağız gargarası önerildi ve piezosizyon bölgesi postoperatif olarak 7.günde kontrol edildi. Tüm hastalara ait piezosizyon işlemleri ve kontroller hep aynı cerrah tarafından gerçekleştirildi (Resim 3.6.a.b.c.d).



Resim 3.6. Preoperatif ameliyat sahasının durumu (a), kanin dişin mezial ve distalinde hazırlanan mikroinsizyonlar (b), piezosizyonun mikroinsizyon bölgesinden girişi ile hazırlanması (c), postoperatif bölgenin primer kapatılması (d).

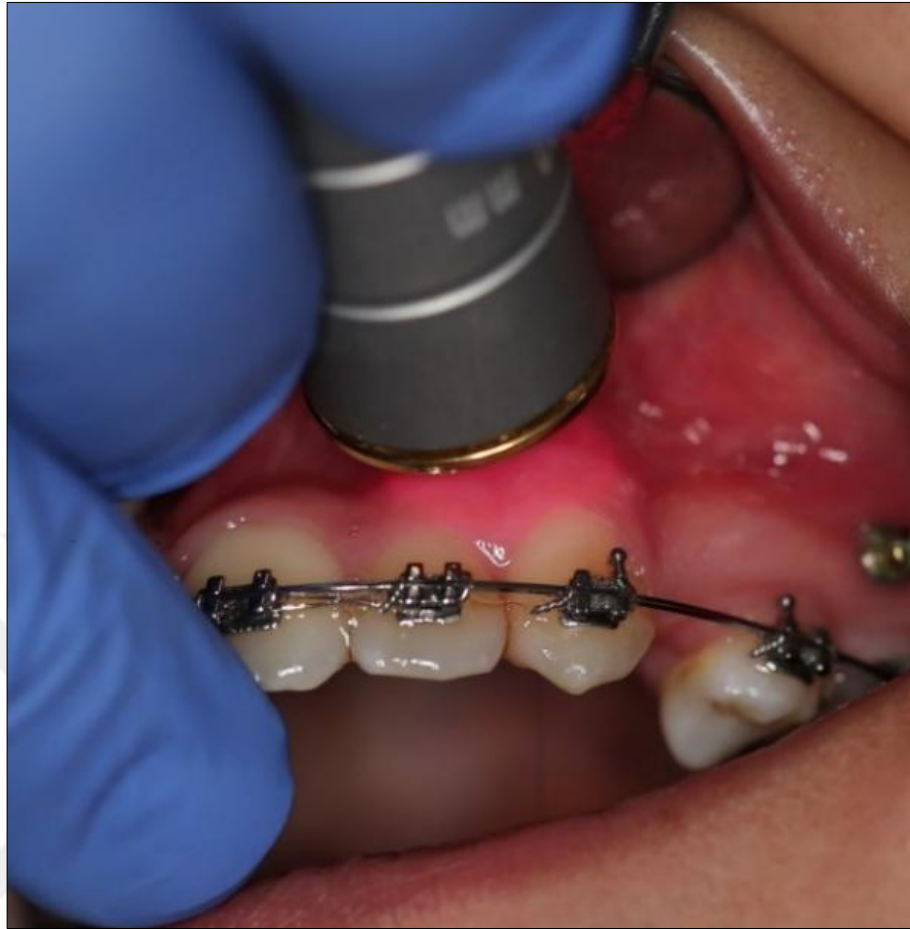
### 3.2.6. DDLT Uygulaması

Kanın distalizasyonu sırasında 940 nm dalga boyuna sahip lazer cihazı (Epic 10, Biolase Inc., Irvine, Kaliforniya, ABD) “Pain Therapy” ayarında, 0.4 Watt ortalama güç, 5 J/cm<sup>2</sup> enerji yoğunluğunda ve toplam 32 Joule (J) enerji kullanılarak hastaların sol üst yarım çenesinde bulunan kanin dişlerine biyostimülasyon uygulandı (Resim 3.7.a.b).



Resim 3.7. Biyostimülasyon için kullanılan Biolase Epic 10 marka diyot lazer cihazı (a) ve derin dokuda kullanıma uygun başlık kısmı (b)

Diyot lazer, üst kanin dişin bukkalinden ve palatinalinden servikal bölgeye 10 saniye, orta bölgeye 20 saniye (mezial 10 saniye, distal 10 saniye) ve apikal bölgeye 10 saniye olacak şekilde toplam 8 bölgeye, kapama yayı aktivasyonununun 0, 3, 7, 14, 21 ve 28. günlerinde, lazer probu uygulama esnasında hastanın periodontal dokularına temas ettirilmeyecek şekilde uygulandı (Resim 3.8).



Resim 3.8. Lazer uygulaması

### 3.2.7. Sefalometrik Film Analizleri

Çalışmamızda Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş Çene Radyolojisi Anabilim Dalı'nda bulunan, 4-12 mA akım şiddeti ve 60-240 kV güç ile çalışan röntgen cihazı (Planmeca Prone X, Finland) ile çekilmiş dijital lateral sefalometrik film kayıtları kullanılmıştır. Işın kaynağı ve kaset arası uzaklık 119 cm olarak sabitlenmiş, film çekimi sırasında hasta dik olarak ayakta tutulmuş ve kulak çubukları yerleştirildikten sonra baş, nasion çubuğu yardımıyla Frankfurt düzlemi yere paralel olacak şekilde sabitlenmiştir. Hastanın dişleri sentrik oklüzyonda kapatıldıktan sonra merkezi ışın hastanın orta oksal düzlemine dik olacak şekilde ayarlanmış, 80 kV gücündeki ışın 0,60 saniye süreyle uygulanmıştır. Sağ ve sol yarımçenede yer alan üst birinci molar ve kanin dişlerin çizim sırasında belirlenmesini kolaylaştırmak için referans telleri dişlere yerleştirildikten sonra filmler alınmıştır. Her hasta için hazırlanan referans telleri araştırma süresince saklanmış ve aynı bireyden distalizasyon öncesi ve distalizasyon bitiminde röntgen alınması esnasında aynı teller kullanılmıştır. Sefalometrik film

analizleri, Dolphin Imaging 11.8 (Patterson Dental Supply, Chatsworth, ABD) bilgisayar programı kullanılarak yapılmıştır.

### 3.2.7.1. Lateral Sefalometrik Filmlerde Kullanılan Referans Noktaları

**Sella (S):** Sfenoid kemikte yer alan Sella Tursica'nın geometrik orta noktasıdır.

**Nasion (N):** Frontonasal sütünun orta oksal düzlemle kesiştiği en ileri noktadır.

**Anatomik Porion (Po):** Sağ ve sol dış kulak yollarının oluşturduğu ovoid görüntülerin en üst noktalarının orta kesişim noktasıdır.

**Orbita (Or):** Sağ ve sol infraorbital marjinlerin en derin kısımlarının orta kesişim noktasıdır.

**Spina Nasalis Anterior(ANS):** Sert damağın en ön ve premaksillanın midsagital düzlemdeki en uç noktasıdır.

**Spina Nasalis Posterior (PNS):** Sagital düzlemde sert damağın en arka ve orta noktasıdır.

**A Noktası (A):** Sagital düzlemde maksilla ön yüzeyinde, spina nazalis anterior ile prosthion arasındaki içbükeyliğin en derin noktasıdır.

**B Noktası (B):** Sagital düzlemde mandibulada infradentale ile pogonion arasındaki içbükeyliğin en derin noktasıdır.

**Pogonion (Pg):** Alt çene simfizi dış konturu üzerinde yer alan en ileri noktadır.

**Menton (Me):** Mandibular simfizin en alt noktasıdır.

**Gnathion (Gn):** Me ve Pg noktalarının arasında kalan mandibular simfiz bölgesinin orta noktasıdır.

**Gonion (Go):** Ramus mandibulanın arka kenarına çizilen teğet ile corpus mandibulanın alt kenarına çizilen teğetin kesişme noktasıdır (Şekil 3.1).





Şekil 3.1. Lateral sefalometrik filmlerde kullanılan iskeletsel referans noktaları

**Üst kesici apeksi (aU1):** En protrüziv konumdaki üst santral kesici dişin apeks noktasıdır.

**Üst kesici kenarı (iU1):** En protrüziv konumdaki üst santral kesici dişin insizal kenarının orta noktasıdır.

**Alt kesici apeksi (aL1):** En protrüziv konumdaki alt santral kesici dişin apeks noktasıdır.

**Alt kesici kenarı: (iL1):** En protrüziv konumdaki alt santral kesici dişin insizal kenarının orta noktasıdır.

**Sağ üst kanin oklüzal noktası (o13):** Sağ üst kanin dişe yerleştirilen referans telinin sağ kanin braket slotunun mezialli ile kesiştiği noktadır.

**Sol üst kanin oklüzal noktası (o23):** Sol üst kanin dişe yerleştirilen referans telinin sol kanin braket slotunun distali ile kesiştiği noktadır.

**Sağ üst 1. molar oklüzal noktası (o16):** Sağ üst birinci molar dişe yerleştirilen referans telinin sağ birinci molar tüpünün meziali ile kesiştiği noktadır.

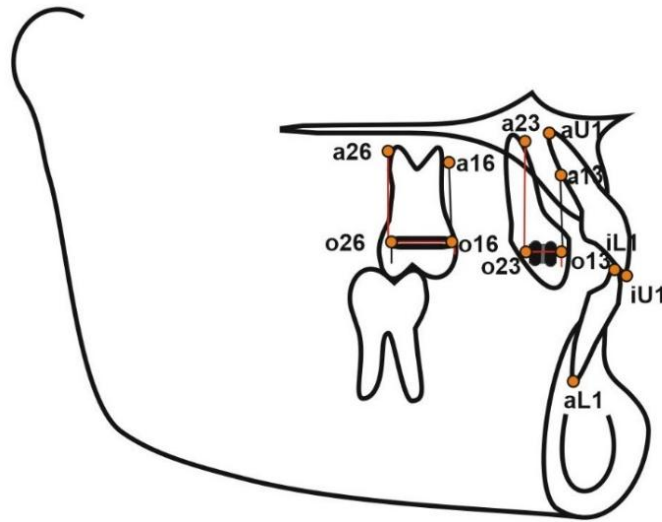
**Sol üst 1. molar oklüzal noktası (o26):** Sol üst birinci molar dişe yerleştirilen referans telinin sol birinci molar tüpünün distali ile kesiştiği noktadır.

**Sağ üst kanin apikal noktası (a13):** Sağ üst kanin dişe yerleştirilen referans telinin heliksten önceki en apikal noktasıdır.

**Sol üst kanin apikal noktası (a23):** Sol üst kanin dişe yerleştirilen referans telinin en apikal noktasıdır.

**Sağ üst 1. molar apikal noktası (a16):** Sağ üst birinci molar dişe yerleştirilen referans telinin heliksten önceki en apikal noktasıdır.

**Sol üst 1. molar apikal noktası (a26):** Sol üst birinci molar dişe yerleştirilen referans telinin en apikal noktasıdır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Lateral sefalometrik filmlerde kullanılan dişsel referans noktaları

### 3.2.7.2. Lateral Sefalometrik Filmlerde Kullanılan Referans Düzlemleri

**Sella-Nasion düzlemi (SN):** Sella ve nasion noktalarından geçen düzlemdir.

**Nasion-A doğrusu (NA):** Nasion ve A noktaları arasında çizilen doğrudur.

**Nasion-B doğrusu (NB):** Nasion ve B noktaları arasında çizilen doğrudur.

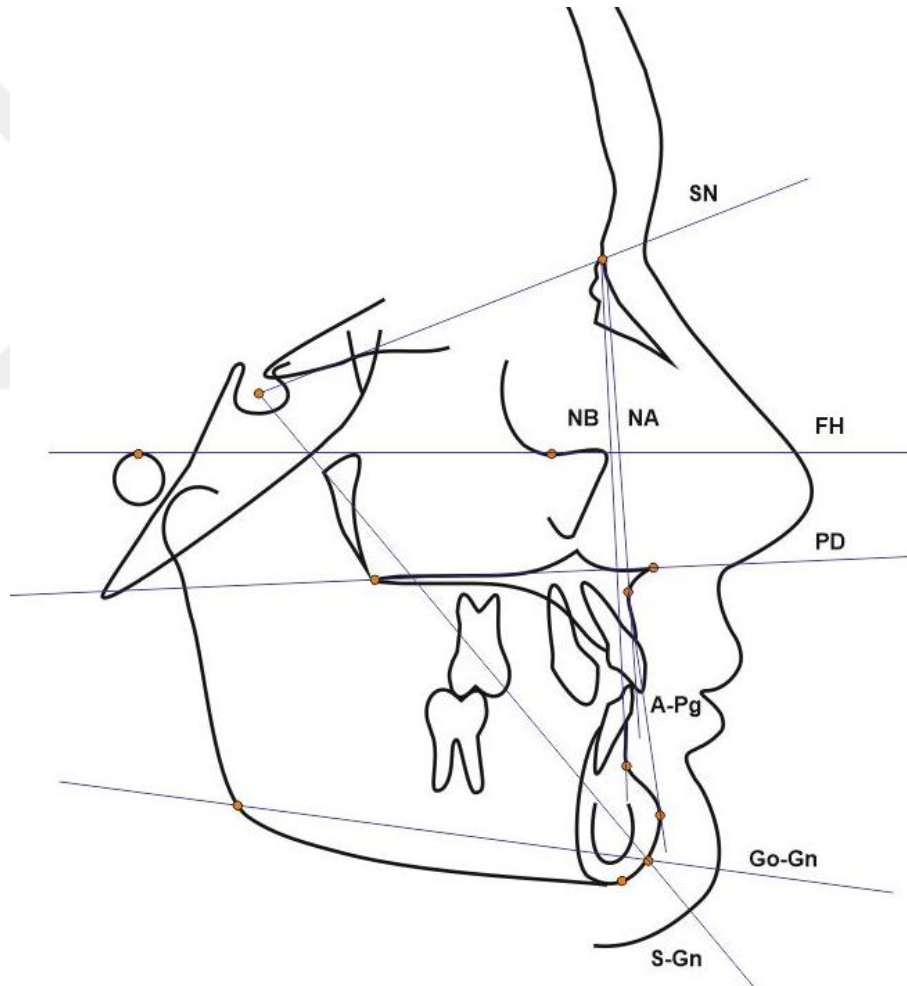
**Palatal düzlem (PD):** ANS ve PNS noktalarından geçen düzlemdir.

**S-Gn düzlemi:** Sella ve gnation noktalarından geçen düzlemdir.

**Frankfort horizontal düzlemi (FH):** P ve Or noktalarını birleştiren düzlemdir

**Mandibular düzlem (Go-Gn):** Go ve Gn noktaları arasında çizilen düzlemdir.

**A-Pogonion Düzlemi (APog):** A noktası ve Pg arasında çizilen düzlemdir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Lateral sefalometrik filmlerde kullanılan iskeletsel referans düzlemleri

**Üst kesici düzlemi (U1D):** U1a ve U1i noktaları arasında çizilen düzlemdir.

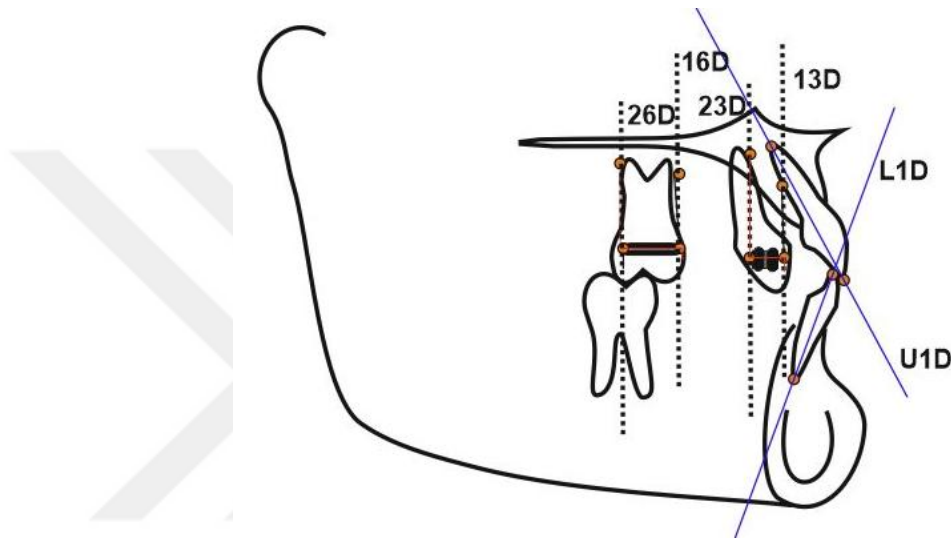
**Alt kesici düzlemi (L1D):** L1a ve L1i noktalarını birleştiren düzlemdir.

**Sağ üst kanin düzlemi (13D):** 13o ve 13a noktaları arasında çizilen düzlemdir.

**Sol üst kanin düzlemi (23D):** 23o ve 23a noktaları arasında çizilen düzlemdir.

**Sağ üst molar düzlemi (16D):** 16o ve 16a noktaları arasında çizilen düzlemdir.

**Sol üst molar düzlemi (26D):** 26o ve 26a noktaları arasında çizilen düzlemdir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Lateral sefalometrik filmlerde kullanılan dişsel referans düzlemleri

### 3.2.7.3. Lateral Sefalometrik Filmlerde Kullanılan Ölçümler

Kanin distalizasyonunun başlangıcı ve sonu arasında meydana gelen iskeletsel değişikliklerin belirlenmesi amacıyla kullanılan ölçümler şunlardır:

**SNA:** SN ve NA düzlemlerinin nasion noktasında oluşturdukları açıdır. Üst çenenin ön kafa kaidesine göre konumunu belirler.

**SNB:** SN ve NB düzlemlerinin nasion noktasında oluşturdukları açıdır. Alt çenenin ön kafa kaidesine göre konumunu belirler.

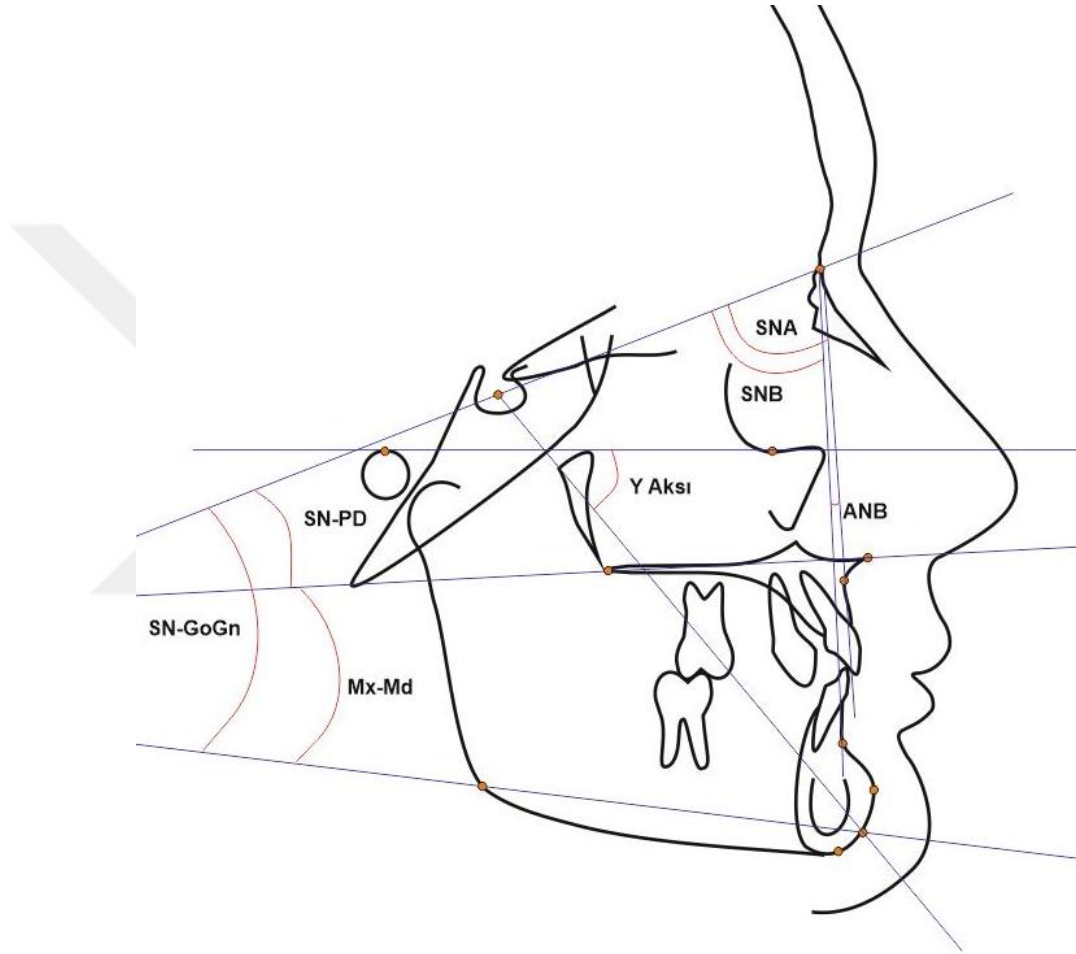
**ANB:** NA ve NB düzlemlerinin nasion noktasında oluşturdukları açıdır. Alt ve üst çenenin birbirlerine göre konumunu belirler.

**Y Aksı (SGn-FH):** S-Gn ve FH düzlemleri arasında ölçülen açıdır. Alt çenenin rotasyonunu ve dik yönde meydana gelen değişimleri gösterir.

**SN-GoGn:** SN ve Go-Gn düzlemleri arasında ölçülen ve dik yönde meydana gelen değişiklikleri gösteren açıdır.

**SN-PD:** SN düzlemi ve PD arasındaki açıdır

**Mx-Md Açısı:** Mandibular düzlem ile PD arasındaki açıdır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Lateral sefalometrik filmler üzerinde yapılan iskeletsel ölçümler

Keser dişlere ait dentoalveolar ölçümler şu şekildedir:

**U1/PD açısı:** U1D'in PD ile yaptığı açıdır.

**U1/SN açısı:** U1D'in SN ile yaptığı açıdır

**U1/NA açısı:** U1D'nin NA düzlemi ile yaptığı açıdır.

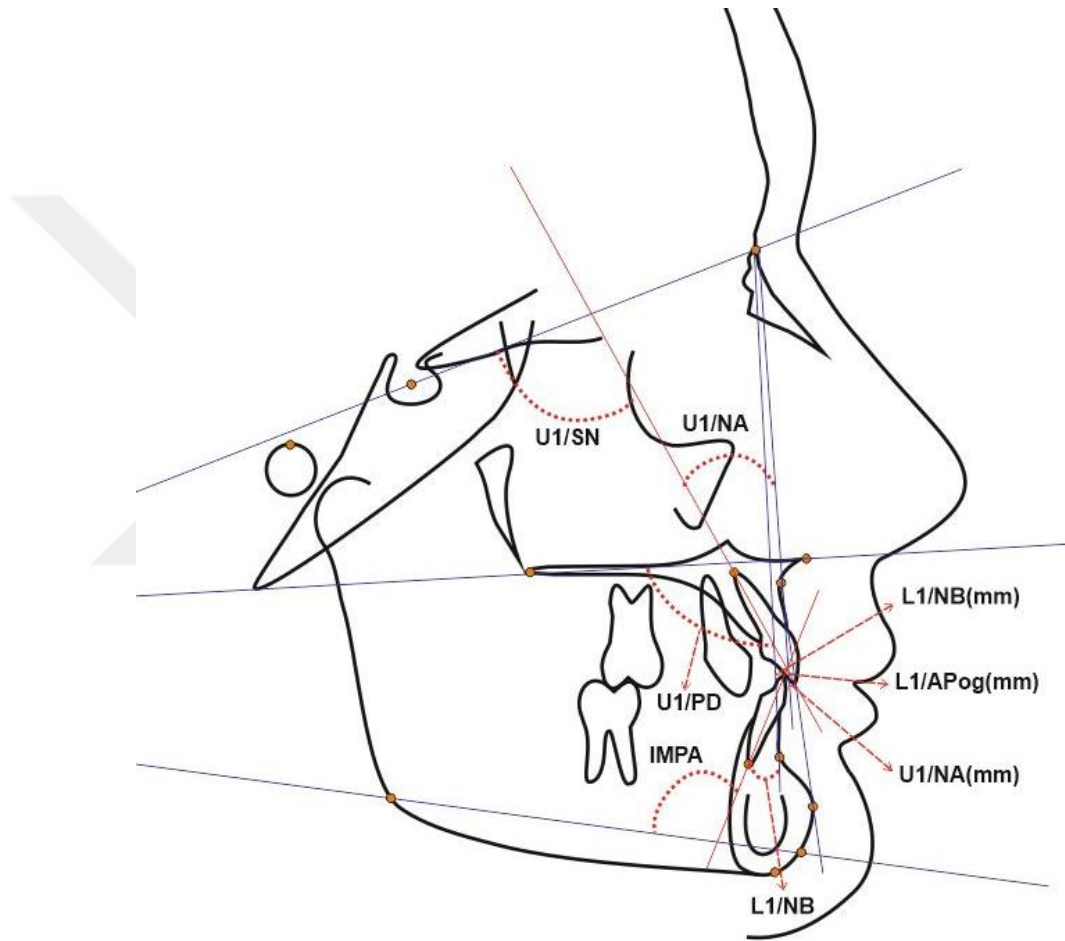
**U1/NA mm:** U1i noktasından NA düzlemine ölçülen dik uzaklıktır.

**L1/APog:** L1i noktasından APog düzlemine ölçülen dik uzaklıktır.

**IMPA:** L1D ile Go-Gn düzlemi arasında ölçülen açıdır.

**L1/NB açısı:** L1D'nin NB düzlemi ile yaptığı açıdır.

**L1/NB mm:** L1i noktasından NB düzlemine ölçülen dik uzaklıktır (Şekil 3.6)



Şekil 3.6. Lateral sefalometrik filmler üzerinde yapılan keser dişlere ait ölçümler

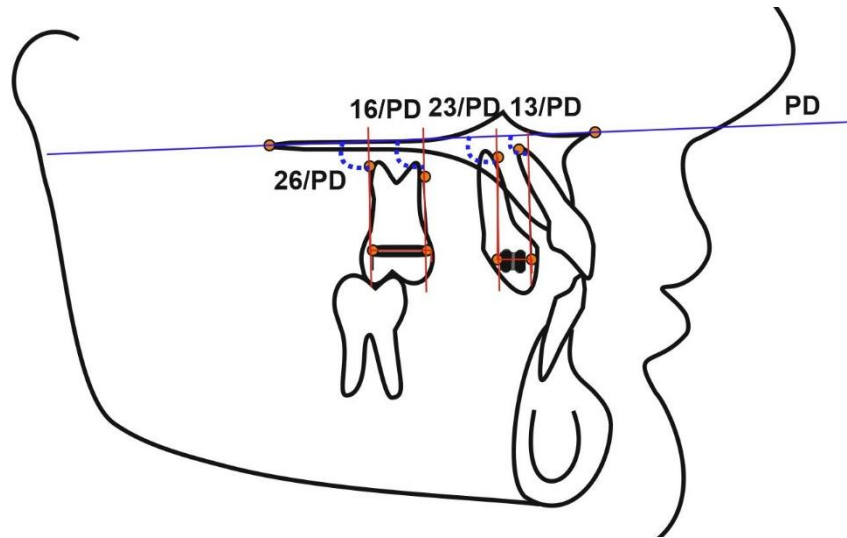
Kanin ve büyük azılara ait dentoalveolar ölçümler ise şöyledir:

**13D/PD açısı:** 13D ile PD arasındaki açıdır.

**23D/PD açısı:** 23D ile PD arasındaki açıdır.

**16D/PD açısı:** 16D ile PD arasındaki açıdır.

**26D/PD açısı:** 26D ile PD arasındaki açıdır (Şekil 3.7).

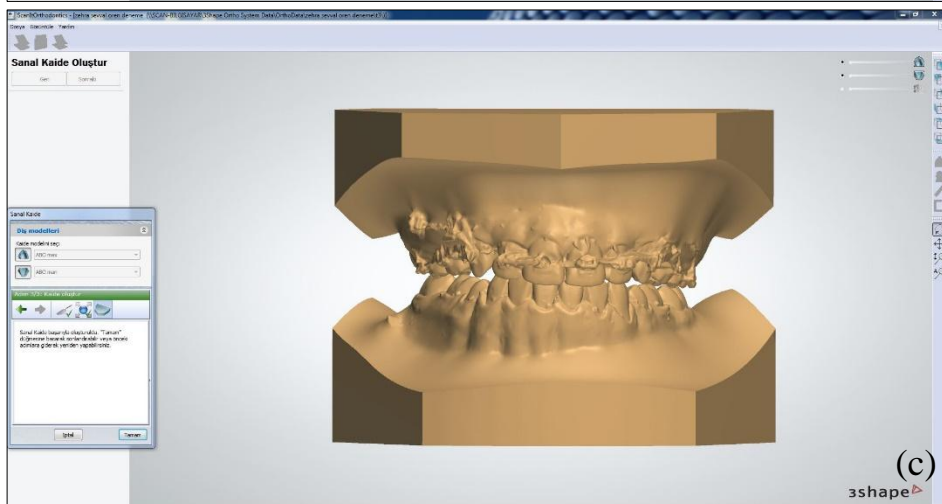
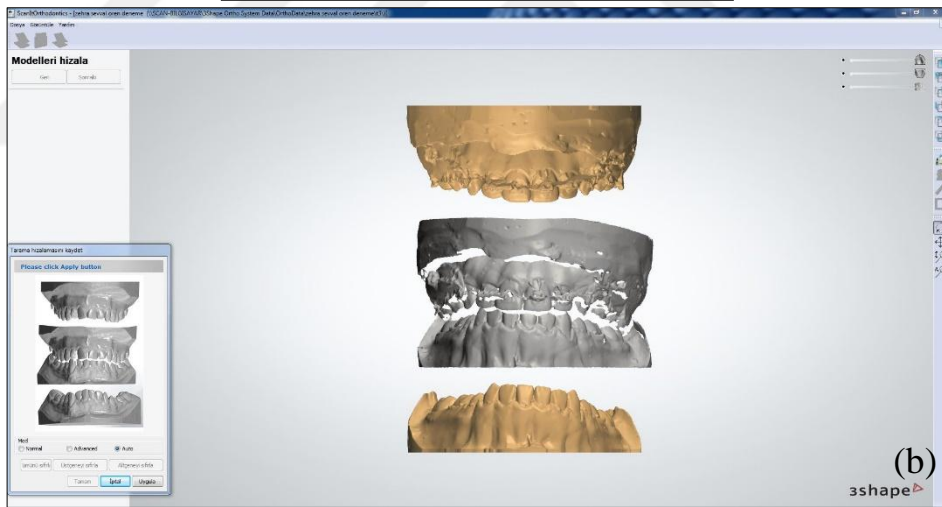


Şekil 3.7. Lateral sefalometrik filmler üzerinde yapılan kanin ve molar dişlere ait açısal ölçümler

### 3.2.8. Kanin Distalizasyonu Miktarı Ölçümleri

T0, T1, T2 ve T3 dönemlerinde alınan ölçülerden beyaz sert alçı modeller elde edilmiştir. Toplam 80 alçı model 3 boyutlu lazer model tarama cihazı (3shape, R 700 Desktop Scanner, Szczecin, Poland) ile taranarak dijital ortama aktarılmış ve cihaza ait analiz yazılımı (3Shape Ortho Analyzer™ 12) kullanılarak analiz edilmiştir (Resim 3.9. a.b.c).





Resim 3.9. Hastalara ait modellerin taranması (a, b) ve elde edilen 3 boyutlu model (c)



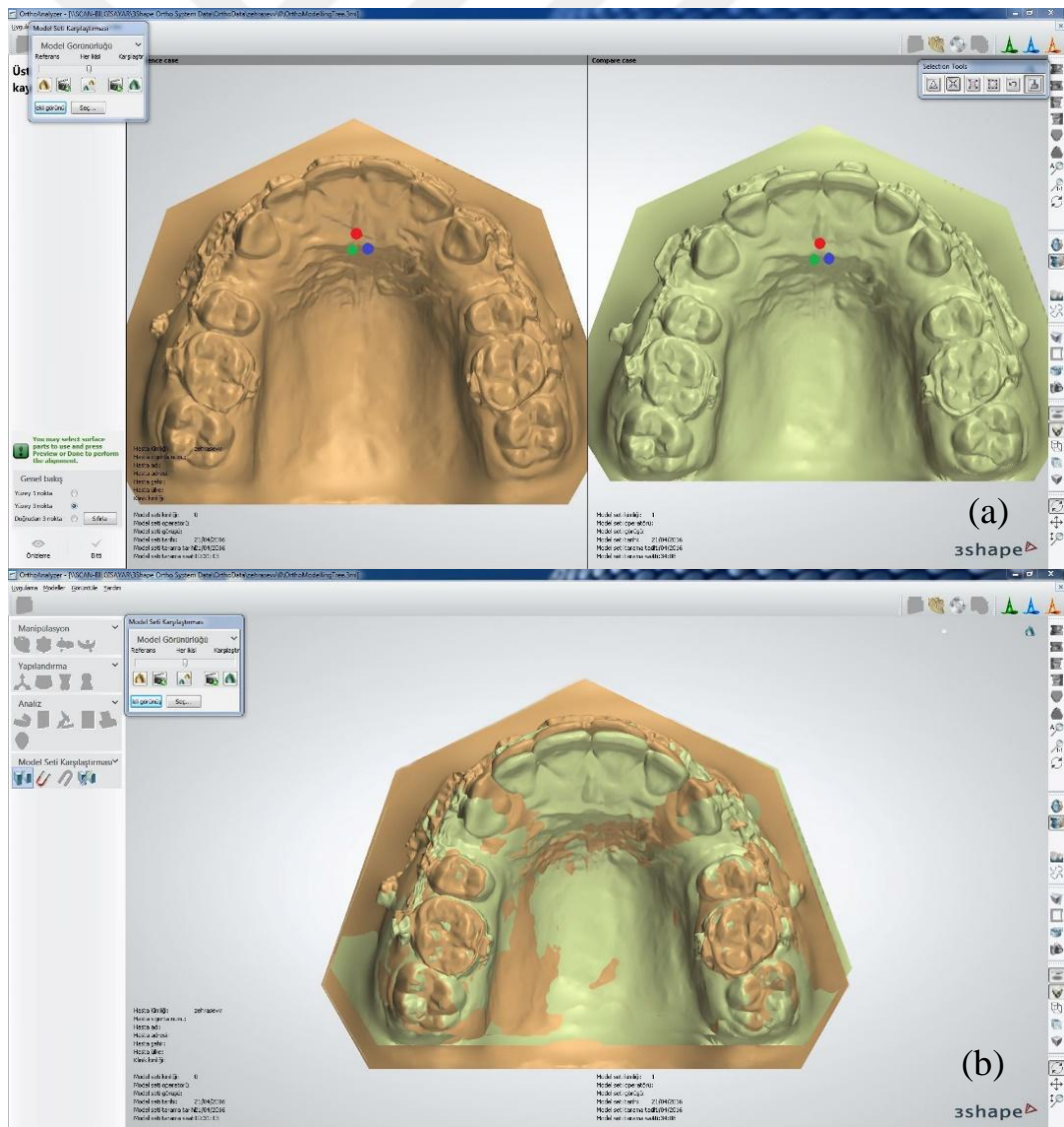
Hastalara ait modeller sırasıyla T0-T1, T1-T2, T2-T3 ve T0-T3 dönemlerinde alınan kayıtlar olacak şekilde her hasta için 4 defa cihazın 3 nokta yüzey çakıştırma seçeneği ile 3 nokta işaretlenerek çakıştırılmıştır. Çakırtmada seçilen referans noktaları:

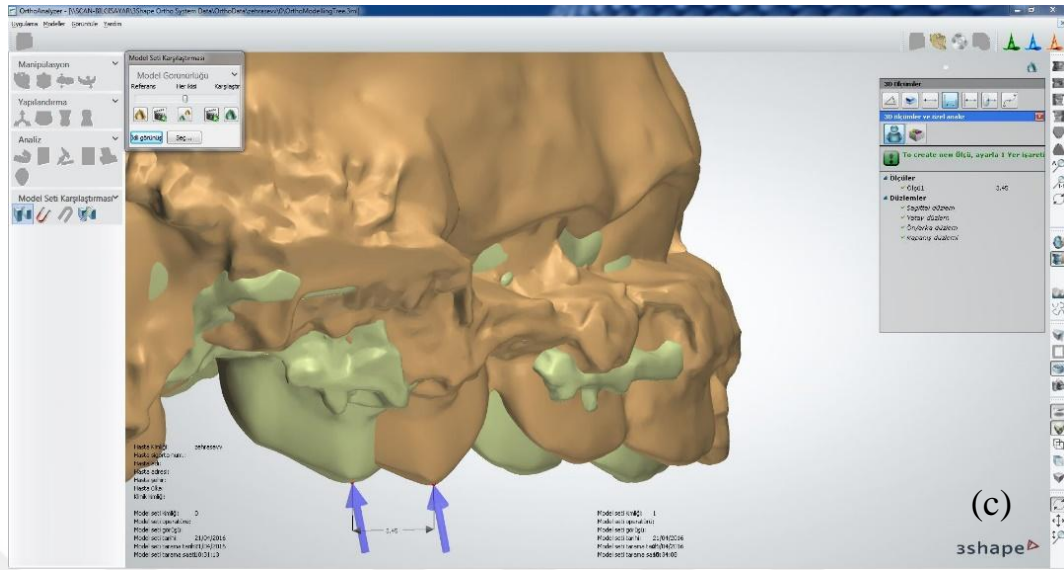
**A:** Sağ 1. ruganın medial noktası,

**B:** Sol 1. ruganın medial noktası ve

**C:** İnsiziv papillanın en posterior noktası şeklinde belirlenmiştir (183, 184).

Kanın distalizasyon hareketi miktarı çakıştırılan modellerdeki kanin dişlere ait tüberkül tepeleri arasındaki doğrusal mesafe ölçülerek hesaplanmıştır. Piezosizyon ve DDLT grupları için ölçümler ayrı ayrı yapılarak kaydedilmiştir (Resim 3.10.a.b.c).





Resim 3.10. Modellerin karşılaştırılmasında kullanılan noktalar (a), karşılaştırılmış modellerin görünümü (b) ve 3 boyutlu model üzerinde kanin distalizasyon hareket miktarının ölçümü (c).

### 3.3. İstatistiksel Değerlendirme

Bu çalışmadaki tüm istatistiksel değerlendirmeler, SPSS (Social Sciences Software Package for Windows 22.0, SPSS, Chicago, ABD) paket programı kullanılarak yapılmıştır.

Gruplardan elde edilen verilerin normal dağılıma uygunluğunu test etmek için Kolmogorov-Smirnov testi uygulanmış ve değişkenlerin normal dağılım gösterip göstermediği belirlenmiştir.

Değişkenlerin normal dağılım göstermesi nedeniyle grup içi değişimler incelenirken eşleştirilmiş *t*-testi, gruplar arası değişimler incelenirken de Student's *t*-testi uygulandı.

Her bir grupta, tedavinin farklı dönemlerinde meydana gelen değişikliklerin karşılaştırılması için tekrarlı ölçümlerde One-way ANOVA testi kullanılmış ve değişkenler arasındaki farklılığın hangi zaman aralığından kaynaklandığını belirlemek için de Least Significant Difference (LSD) testi uygulanmıştır.

### 3.4. Metot Hata Kontrolünün Değerlendirilmesi

Yapılan ölçümler için hata payının hesaplanması amacıyla rastgele seçilen 10 bireyin lateral sefalometrik filmlerine ve modellerine ait tüm ölçümler aynı araştırmacı

tarafından 15 gün sonra tekrarlanmış ve standart yöntem hatası hesaplanmıştır. Standart yöntem hatasını hesaplamak için “Dahlberg” formülü kullanılmıştır (185).

$$SH = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}}$$

SH: Standart yöntem hatası

d: Birinci ve ikinci ölçüm arasındaki fark

n: Tekrarlanan ölçüm sayısı



## 4. BULGULAR

Çalışmamız yaşları 13,66 yıl ile 17,83 yıl arasında değişen yaş ortalaması  $16,35 \pm 1,14$  yıl olan 15 kız 5 erkek hasta üzerinde yapılmıştır. Bireylerin yaş ve cinsiyet dağılımları Tablo 4.1’de verilmiştir. Kız ve erkek hastaların yaş dağılımında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ( $p=0,686$ ).

Tablo 4.1. Birey sayıları, cinsiyet dağılımları ve tedavi başlangıcındaki kronolojik yaşa ilişkin dağılım tablosu

CİNSİYET	N	YAŞ (YIL)			
		MİN.	MAK.	ORT.	S.S.
KIZ	15	13,66	17,83	16,34	1,15
ERKEK	5	14,66	17,66	16,38	1,24
TOPLAM	20	13,66	17,83	16,35	1,14

ORT.: Ortalama, S.S.: Standart Sapma

Çalışmaya ait verilerin homojenitesi değerlendirilmiş ve gruplardaki dağılımın homojen olduğu tespit edilmiştir ( $p>0,05$ ). Dahlberg formülü kullanılarak yapılan değerlendirmenin sonucuna göre metot hatası lateral sefalometrik filmlerde doğrusal ölçümler için 0,13-0,17 mm ve açısal ölçümler için  $0,06^{\circ}$ - $0,22^{\circ}$  arasında, model ölçümleri için ise 0,008- 0,014 mm arasında değişim göstermiştir. Bu veriler 2 hafta arayla yapılan ölçümler arasında hata paylarının önemsiz olduğunu ve bu çalışmadaki sonuçların istatistiksel olarak önemli oranda etkilenmeyeceğini göstermektedir (185).

#### 4.1. Lateral Sefalometrik Film Analiz Bulguları

##### 4.1.1. Lateral Sefalometrik Filmlerde Yapılan Ölçümlerin Cinsiyetler Arasında Karşılaştırılması

Tedaviyle meydana gelen değişimlerin cinsiyetler arasında farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için farklar arasında uygulanan Student's *t*-testi sonuçları Tablo 4.2'de gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre cinsiyetler arasında farklılık tespit edilmediği için ( $p>0,05$ ), kız ve erkek hasta grupları birleştirilerek değerlendirmeler yapılmıştır.

Tablo 4.2. Kanin distalizasyonunun 12. haftası ve başlangıcı arasında iskeletsel ve dişsel ölçümlerde oluşan farkların cinsiyet farklılığı yönünden karşılaştırılması

DEĞİŞKENLER	KIZ		ERKEK		<i>t</i> değeri
	ORT.	S.S.	ORT.	S.S.	
SNA (°)	-0,14	0,15	0,08	0,37	-1,94
SNB (°)	-0,12	0,34	0,10	0,40	-1,19
ANB (°)	-0,02	0,27	-0,02	0,17	0,00
Y Aksı (°)	0,07	1,09	0,38	0,82	-0,57
SN-GoGn (°)	-0,15	0,82	0,12	0,33	-0,71
SN-PD (°)	0,14	0,66	0,68	0,46	-1,67
Mx-Md (°)	-0,31	0,90	-0,54	0,67	0,51
U1-SN (°)	4,62	3,12	4,28	3,74	0,20
U1-PD (°)	4,73	2,76	4,92	3,31	-0,12
U1-NA (mm)	1,08	1,28	0,82	0,71	0,43
U1-NA (°)	4,74	3,14	4,14	3,36	0,36
L1-APog (mm)	0,07	0,52	0,02	0,41	0,21
IMPA (°)	0,25	2,63	-0,20	3,17	0,31
L1-NB (mm)	0,12	0,66	0,06	0,73	0,19
L1-NB (°)	0,38	2,74	0,34	3,13	0,03

ORT.: Ortalama, S.S.: Standart Sapma

#### 4.1.2. İskeletsel Ölçümlere Ait Bulgular

Lateral sefalometrik filmler üzerinde yapılan iskeletsel ölçümlerin T0-T3 dönemleri arasındaki istatistiksel olarak değişimleri Tablo 4.3'te gösterilmiştir. T0-T3 dönemleri arasında SNA, SNB, ANB, Y Aksı, SN-GoGn, SN-PD açıları ve Mx-Md açığına ait ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik tespit edilmemiştir ( $p>0,05$ ).

Tablo 4.3. Lateral sefalometrik filmler üzerinde yapılan iskeletsel ölçümlerin kanin distalizasyonu öncesi ve sonrası karşılaştırılması

	T0		T3		t değeri
	ORT.	S.S.	ORT.	S.S.	
SNA (°)	80,05	2,57	80,14	2,61	-1,62
SNB (°)	77,13	2,75	77,19	2,80	-0,76
ANB (°)	2,91	1,01	2,94	0,98	-0,56
Y Aksı (°)	60,57	3,77	60,42	3,81	0,65
SN-GoGn (°)	32,55	5,92	32,64	5,89	-0,51
SN-PD (°)	8,70	2,22	8,43	2,20	1,88
Mx-Md (°)	23,84	5,57	24,21	5,40	-1,97

ORT.: Ortalama, S.S.: Standart Sapma

#### 4.1.3. Keser Dişlere Ait Ölçüm Bulguları

Tedavi öncesi ve sonrası değerler karşılaştırıldığında üst keser dişlere ait ölçümlerin tamamında istatistiksel olarak önemli fark olduğu tespit edilmiştir. Açısal ölçümlerde T0-T3 döneminde azalma  $p<0,001$  düzeyinde önemli iken, U1-NA (mm) ölçümündeki azalmanın  $p<0,01$  düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir. T0-T3 dönemleri arasında alt keser dişlere ait ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik tespit edilmemiştir ( $p>0,05$ ). Bu ölçümlere ait değişimler Tablo 4.4'te gösterilmiştir.

Tablo 4.4. Lateral sefalometrik filmler üzerinde yapılan keser dişlere ait ölçümlerin kanin distalizasyonu öncesi ve sonrası karşılaştırılması

	T0		T3		t değeri
	ORT.	S.S.	ORT.	S.S.	
U1-SN (°)	104,45	3,96	99,91	3,81	6,36***
U1-PD (°)	113,15	3,62	108,37	3,75	7,58***
U1-NA (mm)	4,83	1,46	3,81	1,71	3,94**
U1-NA (°)	24,40	3,38	19,81	3,18	6,57***
L1-APog (mm)	1,62	2,27	1,56	2,18	0,55
IMPA	93,82	6,55	93,69	7,29	0,22
L1-NB (mm)	4,74	2,64	4,63	2,51	0,75
L1-NB (°)	25,60	5,97	25,22	5,84	0,61

ORT.: Ortalama, S.S.: Standart Sapma, \*\*:  $p<0,01$ , \*\*\*:  $p<0,001$

#### 4.1.4. Üst Kanin ve Molar Dişlere Ait Ölçüm Bulguları

Lateral sefalometrik filmlerde yapılan ölçümlerde üst kanin ve birinci molar dişlerde T0-T3 dönemleri arasında meydana gelen devrilme miktarı ve dişlerde oluşan devrilmenin piezosizyon ve DDLT grupları arasında karşılaştırılması Tablo 4.5’de gösterilmiştir. Kanin distalizasyonu için kuvvet uygulaması sonucunda üst kanin ve molar dişlerde meydana gelen devrilme miktarı gruplar arasında anlamlı fark göstermemiştir ( $p>0,05$ ).

Tablo 4.5. Kanin distalizasyonunun 12. haftasında kanin ve molar dişlerde meydana gelen devrilme miktarının piezosizyon ve DDLT grupları arasında karşılaştırılması

	N	PIEZOSİZYON GRUBU		DDL T GRUBU		t değeri
		ORT.	S.S.	ORT.	S.S.	
KANİN DEVRİLME (°)	20	2,92	1,76	2,72	1,52	0,37
MOLAR DEVRİLME (°)	20	-1,24	1,72	-1,16	1,76	-0,14

ORT.: Ortalama, S.S.: Standart Sapma

Kanin distalizasyonu sırasında kanin ve molar dişlerde meydana gelen devrilme miktarının gruplar arasında anlamlı fark göstermemesi nedeniyle, bu dişlerin palatal düzlem ile yaptıkları açılarda meydana gelen değişiklikler tek grup halinde değerlendirilmiştir (Tablo 4.6). 12 haftanın sonunda üst kanin dişlerin palatal düzlemle yaptıkları açıda anlamlı miktarda bir azalma, üst molar dişlerin palatal düzlemle yaptıkları açıda ise anlamlı bir artış tespit edilmiştir ( $p<0,001$ ). Bu bulgulara göre üst kanin dişlerde distal yönde, üst molar dişlerde ise mezial yönde bir devrilme olduğu görülmektedir.

Tablo 4.6. Kanin distalizasyonu başlangıcında ve 12. haftasında tüm kanin ve molar dişlerin palatal düzlem ile yaptıkları açılarda meydana gelen değişikliklerin karşılaştırılması

DEĞİŞKENLER	N	T0		T3		t değeri
		ORT.	S.S.	ORT.	S.S.	
ÜST KANİN-PD (°)	40	84,82	3,05	82,00	2,74	10,92***
ÜST MOLAR-PD (°)	40	80,21	3,84	81,41	3,20	-4,42***

ORT.: Ortalama, S.S.: Standart Sapma, \*\*\*:  $p<0.001$

## 4.2. Üç Boyutlu Ortodontik Model Analizi Bulguları

### 4.2.1. Üç Boyutlu Ortodontik Modellerde Yapılan Ölçümlerin Cinsiyetler Arasında Karşılaştırılması

Kanin distalizasyon miktarının cinsiyetler arasında farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için uygulanan Student's *t*-testi sonuçları Tablo 4.7'de gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre cinsiyetler arasında T1-T0, T2-T1, T3-T2 ve T3-T0 dönemlerinde farklılık tespit edilmemesi nedeniyle ( $p>0,05$ ), kız ve erkek hasta grupları birleştirilerek değerlendirmeler yapılmıştır.



Tablo 4.7. Kanin distalizasyonu ile meydana gelen diş hareket miktarlarının cinsiyet farklılığı yönünden karşılaştırılması

ZAMAN ARALIĞI	PIEOSİZYON GRUBU					DDL T GRUBU				
	KIZ (N:15)		ERKEK (N:5)		<i>t</i> değeri	KIZ (N:15)		ERKEK (N:5)		<i>t</i> değeri
	ORT. (mm)	S.S.	ORT. (mm)	S.S.		ORT. (mm)	S.S.	ORT. (mm)	S.S.	
<b>T1-T0</b>	1,32	0,12	1,39	0,26	-0,82	1,51	0,18	1,55	0,28	-0,41
<b>T2-T1</b>	1,18	0,13	1,26	0,17	-1,08	1,22	0,14	1,33	0,23	-1,38
<b>T3-T2</b>	1,19	0,16	1,13	0,14	0,77	1,16	0,13	1,14	0,12	0,44
<b>T3-T0</b>	3,64	0,38	3,79	0,54	-0,64	3,85	0,34	4,03	0,61	-0,83

ORT.: Ortalama, S.S.: Standart Sapma

#### 4.2.2.Üç Boyutlu Ortodontik Model Analizinde Kanin Distalizasyon Miktarına Ait Bulgular

Üç boyutlu model analizi ölçümlerine göre T1-T0, T2-T1, T3-T2 ve T3-T0 dönemlerinde meydana gelen kanin distalizasyon miktarlarına ait bulguların gruplar arası karşılaştırılması Tablo 4.8’de, farklı zaman aralıklarında meydana gelen değişimlerin grup içi karşılaştırılması ve farklılıkların hangi dönemler arasında olduğunu gösteren bulgular Tablo 4.9’de gösterilmiştir.

Gruplar arası değerler istatistiksel olarak karşılaştırıldığında kanin distalizasyonunun ilk 4 haftasında (T1-T0) DDLT uygulanan grupta piezosizyon uygulanan gruba kıyasla kanin diş hareketinin anlamlı olarak daha hızlı olduğu gözlemlenmiştir ( $p<0,01$ ). Kanin distalizasyonunun daha sonraki dönemlerinde (T2-T1, T3-T2) ve toplam 12 haftalık dönemde (T3-T0) ise gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir.

Tablo 4.8. Farklı zaman aralıklarında oluşan kanin distalizasyonu miktarının gruplar arasında karşılaştırılması

ZAMAN ARALIĞI	PIEZOSİZYON GRUBU			DDL T GRUBU			t değeri
	N	ORT.(mm)	S.S.	N	ORT.(mm)	S.S.	
T1-T0	20	1,34	0,16	20	1,52	0,18	-3,24**
T2-T1	20	1,21	0,14	20	1,25	0,17	-0,89
T3-T2	20	1,18	0,16	20	1,16	0,13	0,43
T3-T0	20	3,68	0,42	20	3,89	0,41	-1,57

ORT.: Ortalama, S.S.: Standart Sapma, \*\*:  $p < 0,01$

Piezosizyon grubunda T1-T0 döneminde elde edilen distalizasyon miktarı diğer dönemlerde elde edilen distalizasyon miktarlarından istatistiksel olarak  $p < 0,001$  düzeyinde önemli farklılık gösterirken, T2-T1 ve T3-T2 dönemleri arasında kanin distalizasyon hızında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ( $p > 0,05$ ).

DDL T uygulanan grupta ise T1-T0 döneminde elde edilen distalizasyon miktarının diğer dönemlerde elde edilen distalizasyon miktarlarından istatistiksel olarak  $p < 0,001$  düzeyinde önemli farklılık gösterdiği ve T2-T1 döneminde oluşan kanin diş hareketinin de T3-T2 döneminden istatistiksel olarak  $p < 0,05$  düzeyinde önemli farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Tablo 4.9. Farklı zaman aralıklarında oluşan kanin distalizasyonu miktarının grup içi karşılaştırılması

ÇALIŞMA GRUPLARI	T1-T0 (I)		T2-T1 (II)		T3-T2 (III)		p değeri		
	ORT.	S.S.	ORT.	S.S.	ORT.	S.S.	I-II	I-III	II-III
PIEZOSİZYON	1,34	0,16	1,21	0,14	1,18	0,16	< 0,001***	< 0,001***	0,427
DDL T	1,52	0,18	1,25	0,17	1,16	0,13	< 0,001***	< 0,001***	0,02*

ORT.: Ortalama, S.S.: Standart Sapma, \*:  $p < 0,05$ , \*\*\*:  $p < 0,001$

## 5. TARTIŞMA

Uzun süreli ortodontik tedaviler nedeniyle dental ve periodontal dokularda meydana gelen yan etkilerin ve hasta uyumsuzluklarının önüne geçebilmek için tedavi süresinin kısaltılması amacıyla diş hareket hızının artırılması gerekmektedir (8). Ortodontik tedavi süresini kısaltmak için ya uygulanan kuvvetin şiddeti artırılmalı ya da dokunun kuvvete karşı vereceği cevap hızlandırılmalıdır. Tedavi sırasında uygulanan mekanik kuvvetlerin artırılması, hücre ve doku cevaplarına bağlı olarak kök rezorpsiyonu, periodontal liflerde ezilme ve hyalinizasyon dokusu oluşması gibi istenmeyen durumların ortaya çıkmasına sebep olmaktadır (186, 187). Ortodontik diş hareketi, kemiğin rezorpsiyonunu ve apozisyonunu içeren kemik remodelingi ile ilerleyen bir süreç olduğu için, kemiğin remodeling sürecini hızlandırmak amacıyla lokal-sistemik ilaç uygulamaları (20, 48, 93-112), mekanik-fiziksel stimülasyonlar (8, 22, 24, 25, 27-32, 130-136, 155-159, 161-163) ve cerrahi uygulamalar (12, 14-19, 21, 164-182) çeşitli çalışmalarda kullanılmıştır (8, 12, 14-22, 24, 25, 27-32, 48, 93-112, 119, 130-136, 155-159, 161-182).

Diş hareketini hızlandırmak amacıyla uygulanan ilaç enjeksiyonları, titreşim, doğrudan elektrik akımları, elektromanyetik alanlar ve kortikotomi gibi yöntemler faydalı olsalar da, diş pulpasında hasar oluşumu, kemik ve kök rezorpsiyonu ve cerrahi prosedüre bağlı olarak ağrı ve inflamasyon meydana gelmesi gibi bazı dezavantajlara sahiptirler (8, 20-22). Bu dezavantajların yanı sıra, direkt elektrik akımı uygulamaları doku hasarına neden olabilen iyonik reaksiyonlara yol açabilir, titreşimli elektromanyetik alan uygulamaları protein metabolizmasını ve kas aktivitesini olumsuz yönde etkileyebilir, ilaç enjeksiyonları ise hastalar açısından ağrılı ve rahatsızlık verici olabilmektedir (5). Diş hareket hızını artırmak için kullanılan distraksiyon uygulamaları ise ortodontik tedavilerde rutin olarak kullanılamamakta ve ciddi kök rezorpsiyonlarından kaçınmak için distraksiyon osteogenezisi sonrasında olgunlaşmamış kemik içerisinde dişlerin hızlı şekilde hareket ettirilmesi tavsiye edilmemektedir (188).

Ortodontik diş hareketini hızlandırmak için kullanılan cerrahi yöntemler göz önünde bulundurulduğunda, kortikotomi destekli ortodontik tedavi, etkili ve öngörülebilir olmakla birlikte, post operatif komplikasyonlara neden olabilen geniş bir flep kaldırılmasını ve invaziv kemik cerrahisini içeren bir yöntemdir (16). Ortodontik tedavi sırasında diş hareket hızını artırmak için kullanılan invaziv cerrahi uygulamalara göre daha konservatif bir yaklaşım olan piezosizyon tekniği flep kaldırılmadan yapılan minimal piezoelektrik kesilerini içermektedir (17). Piezosizyon uygulaması ile kortikotomi uygulandığında oluşabilecek yan etkilerin ve hasta rahatsızlıklarının önüne geçebilmek için kortikal kemikte minimal bir cerrahi işlem ile hızlı diş hareketi sağlanması hedeflenmektedir (14, 15). Ayrıca bu uygulama ile kemikte hızlı bir osteoklastik aktiviteyi takip eden hızlı bir osteoblastik aktiviteye bağlı olarak kemiğin remodelinginin hızlanması için alveol kemiğinde oluşturulan dekortikasyonlar bölgesel hızlanma fenomenini başlatmakta ve bu şekilde ortodontik diş hareket hızı artırılabilir (165).

Dibart ve ark. (16), ratlar üzerinde yaptıkları çalışmada, bölgesel hızlanma fenomenini başlatmak için uygulanan yöntemlerden biri olan piezosizyon uygulaması ile alveol kemiğinde osteoklastik ve osteoblastik aktivitelerde lokal bir artış oluşturulduğunu, buna bağlı olarak da kemik yoğunluğunda bir azalma ve kemik metabolizmasında hızlanma olduğunu göstermişlerdir. Bu çalışmada, sadece ortodontik kuvvet uygulanan dişlerde kuvvet uygulamasının 3-7. günleri arasında alveol kemik rezorpsiyonunun durduğu, ortodontik kuvvet ile birlikte piezosizyon uygulanması sonucunda ise rezorpsiyonun devam ettiği gösterilmiştir. Aynı zamanda, hem sadece kuvvet uygulanan hem de piezosizyon ile birlikte kuvvet uygulanan dişlerde diş hareketinin 28. gününe kadar alveol kemik rezorpsiyonunun benzer şekilde devam ettiği ve 56. günde kemik içeriğinin başlangıçtaki seviyeye ulaştığı, 14-28. günler arasında ise dişlere uygulanan kuvvetin piezosizyonun etkisini indükleyici bir faktör olduğu belirtilmiştir. Piezosizyon ile birlikte ortodontik kuvvet uygulamasının 7. gününde alveol kemiğindeki osteoklast sayısının en fazla olduğu, 28. günde ise osteoklastik aktivitenin başlangıç seviyesinin altına indiği histolojik olarak gösterilmiştir (16).

Literatürde, piezosizyonun etkilerinin değerlendirildiği hayvan çalışmaları, vaka raporları ve klinik çalışmalarda bu uygulamanın diş hareketinin hızlandırılmasında etkili bir yöntem olduğu bildirilmiştir (14-18).

Diş hareket hızını artırmak amacıyla kullanılan cerrahi, kimyasal ve mekanik uygulamaların yanında lazerin bu amaçla kullanılabileceği düşüncesi lazerin yara iyileşmesinde, ağrı kontrolünde, fibroblast ve kondroblast proliferasyonu, kollajen sentezi ve kemik hücrelerinin diferansiyasyon ve proliferasyonu gibi birçok biyolojik sürecin stimülasyonunda başarılı bir şekilde kullanılmasına dayanmaktadır (23, 25, 26). Yapılan çeşitli çalışmalarda gözlenen osteoklast, osteoblast, inflamatuvar hücre sayısında ve inflamatuvar mediatörlerin miktarında meydana gelen artış DDLT'nin kemik remodelingini, dolayısıyla ortodontik diş hareketini hızlandırdığını göstermiştir (27, 155-157). Kawasaki ve Shimizu (28), yaptıkları deneysel çalışmada hızlı diş hareketi elde etmek amacıyla DDLT uygulanan ratların kemik dokusunda kontrol grubuna kıyasla ilk iki günde osteoklast sayısının arttığını ve 4. günde azalmaya başladığını bildirmişlerdir. Diş hareketini hızlandıran diğer yöntemler ile karşılaştırıldığında DDLT ile ilgili şimdiye kadar olumsuz sistematik etkiler bildirilmemiştir ve bu yöntem çok yönlü biyostimülasyon etkisi, non-invaziv olması ve kolay erişilebilir olması nedeniyle diş hekimliğinde gelecek vaat eden bir teknik olarak kabul edilmektedir (8). Ayrıca, lazer ile biyostimülasyon uygulamalarının invaziv olmaması hastalar için daha iyi bir deneyim sağlamak ve hasta rahatsızlığını en aza indirmektedir (8). Literatürde ortodontik tedavi sırasında lazerin biyostimülasyon etkisinden faydalanılarak diş hareket hızını artırmak amacıyla yapılan deneysel ve klinik çalışmalardan birçoğu DDLT'nin diş hareket hızını artırabileceğini göstermiştir (25, 27-32).

Çalışmamızda, ortodontik tedavi sırasında diş hareketini hızlandırmak amacıyla kullanılan yöntemlerden minimal invaziv bir uygulama olan piezosizyon ile invaziv olmayan DDLT'nin üst kanin dişinin distalizasyon hızı üzerine etkilerinin klinik olarak karşılaştırılması amaçlanmıştır.

İskeletsel ve dişsel sınıf II maloklüzyonlar, toplumda sıklıkla rastlanan ortodontik anomalilerdir. İskeletsel sınıf II bozukluklarda büyüme ve gelişim tamamlanmadan önce ortopedik ve ortodontik düzeltmeler hedeflenirken, büyüme ve gelişim tamamlandıktan sonra bozukluğun şiddetine göre cerrahi yaklaşımlar veya kamuflej tedavileri hedeflenebilmektedir (189-191). Dişsel sınıf II bozukluklarda ise iskeletsel bir problem olmadığı için tedavi seçeneği olarak üst molar dişlerin distalizasyonu veya üst premolar dişlerin çekimi tercih edilmektedir (3). Dişsel sınıf II maloklüzyonların tedavilerinde diş

çekiminin profili düzleştirdiğini ve dudakların belirginliğini azalttığını bildiren çalışmalar olmasına rağmen, birçok çalışmada çekimli tedavilerin profili, ark genişliğini ve dik yön boyutlarını etkilemediği bildirilmiştir (192-194). Çalışmamıza dahil edilen hastalar, kabul edilebilir yumuşak doku profiline ve iskeletsel sınıf I, dişsel sınıf II maloklüzyona sahip hastalar olduğu için bu hastalara çift taraflı üst birinci premolar dişlerin çekimini içeren sabit ortodontik tedavi uygulanmıştır.

Çalışmamıza 12-18 yaş aralığında ve tedavi başındaki ortalama yaşları  $16,35 \pm 1,14$  olan 15 kız 5 erkek toplam 20 birey dahil edilmiştir. Power analizinde her grup için toplam 20 diş kullanılmasının yeterli olacağı bulunmuş, bu sebeple çalışmamız 20 hasta ve 40 kanin diş üzerinde yürütülmüştür. Çalışmamızda kullanılan tüm ölçümlerde yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda cinsiyet farklılığı tespit edilmediği için, kız ve erkek hasta grupları birleştirilerek değerlendirmeler yapılmıştır.

Karışık dişlenme döneminin sonlanıp daimi dişlenmenin tamamlanması yaklaşık 12 yaş civarına denk gelmektedir (9). Çalışmamıza dahil edilen hastaların en az 12 yaşında olmalarının sebebi, daha küçük yaşlardaki bireylerde daimi dişlenmenin henüz tamamlanmamış olma ihtimalinin yüksek olmasıdır. Ortodontik tedavilerde 18 yaş üstündeki bireyler erişkin kabul edilmekte ve erişkin bireylerde kemik yapısında osteoklastların sayısı azalmakta, aktif apozisyon alanları küçülmekte, bunlara bağlı olarak da ortodontik kuvvetlere karşı verilen doku cevabı değişmekte ve diş hareketinde gecikmeler meydana gelebilmektedir (195). Yapılan çalışmalar genç bireylerde diş hareketinin daha hızlı olduğunu göstermiştir (46, 196). Darendeliler ve ark. (46), kanin distalizasyonu çalışmalarına yaşları 11,8-21,6 arasında değişen bireyleri dahil etmişler ve bu bireyleri 18 yaş sınır olarak belirleyip erişkin ve erişkin olmayan şeklinde ayırmışlar ve diş hareketinin erişkin olmayan bireylerde daha hızlı olduğunu bildirmişlerdir. Erişkin bireylerin kemik yapısında ve doku cevabında oluşabilecek bu değişiklikler göz önünde bulundurularak, çalışmamıza dahil edilen bireylerin üst yaş sınırı 18 olarak belirlenmiştir.

Kişnişçi ve ark. (171)'nin kanin distalizasyonu için dentoalveolar distraksiyon tekniklerini uyguladıkları çalışmalarında yer alan toplam 11 bireyin (7 kız, 4 erkek) yaşları 13-18 yaş arasındadır. Liou ve Haung (170) periodontal ligament distraksiyonu ile kanin distalizasyonu yaptıkları çalışmalarında 10-19 yaş aralığında olan 8 kız 7 erkek

toplam 15 hasta üzerinde çalışmışlardır. Cruz ve ark. (32), DDLT'nin diş hareket hızı üzerine etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarına çift taraflı üst kanin distalizasyonu yapılacak 12-18 yaş arası 11 hasta dahil etmişlerdir. Aksakallı ve ark. (18), piezosizyon uygulamasının diş hareket hızı ve maksiller ark genişliği üzerine etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarına yaş ortalamaları  $16,3 \pm 2,4$  olan toplam 10 birey ve bu bireylere ait 20 kanin diş dahil etmişlerdir. Bu çalışmaların yanında, Dudic ve ark. (196) tarafından yapılan çalışmanın sonucunda cinsiyetin diş hareket hızı üzerinde bir etkisi olmadığı gösterilmiştir. Çalışmamızda yer alan hastaların yaş ortalaması literatürdeki diğer çalışmalarla uyum içerisindedir. Ayrıca çalışmamız 20 hasta ve 40 kanin diş üzerinde yapıldığı için istatistiksel olarak daha kapsamlı bir değerlendirme yapılabilmektedir.

Premolar dişlerin çekimi ile birlikte tedavi edilen vakalarda kaninlerin kontrollü distalizasyonu biyomekanik gereksinimler nedeniyle ortodontik tedavilerin önemli bir safhasıdır (56). Çekimli vakalarda kullanılan sürtünmeli mekanikler; nikel titanyum yayların kullanımıyla fizyolojik ve devamlı kuvvetlerin uygulanmasına izin vermesi, hastaya hijyen kolaylığı sağlaması, ark geometrisini koruması ve loop bükümleri gerektirmemesi sebebiyle sürtünmesiz mekaniklere göre avantajlıdır (2). Ayrıca sürtünmeli sistemlerde, sistem doğrudan kanin dişi üzerinde yürütülmesi nedeniyle dişin hareketi kontrollüdür (59, 60). Buna karşın sürtünmeli mekaniklerin en büyük dezavantajı posterior dişlerin braket slotları ve ark teli arasında meydana gelen sürtünmeye bağlı kuvvet kaybı ve hareket hızındaki yavaşlamadır (197). Tosun (198), distalizasyon kuvvetinin etki çizgisi dişin direnç merkezinin uzağından geçtiğinde meydana gelen momentin etkisiyle dişte distal yönde bir devrilme oluştuğunu ve kuvvetin etki çizgisinin direnç merkezine yaklaştırılması için kuvvetin braket hizası yerine brakete bağlı değişik uzunlukta çengeller üzerinden uygulanabileceğini belirtmiştir. Yapılan çalışmalarda anterior retraksiyon sırasında kuvvet kollarının ya da hookların yerleştirilmesi ile direnç merkezine daha yakın kuvvet uygulanacağı ve bu sayede de dişlerde paralel hareket oluşacağı bildirilmiştir (199, 200). Ekizer ve ark. (163), yaptıkları klinik çalışmada, kanin distalizasyonu için sürtünmeli sistemlerden faydalanmış ve uygulanan kuvvetin kanin dişin direnç merkezine yakın olması ve buna bağlı olarak da paralel hareket elde edebilmesi için 150 gr kuvvet veren kapalı yayları EZ slider hookları üzerinden vermişlerdir. Çalışmamızda hareket kontrolünün

sağlanabilmesi, fizyolojik-devamlı kuvvet uygulanabilmesi ve diğer avantajlarından faydalanılabilmesi amacıyla sürtünmeli mekanikler ile yapılan kanin distalizasyonu tercih edilmiş ve paralel diş hareketi elde etmek amacıyla jigler üzerinden kuvvet mekanikleri uygulanmıştır.

Sürtünmeli mekaniklerde uygulanan kuvvetin bir kısmı ark teli, ligatür teli ve braket arasındaki sürtünmede kaybedilmesi nedeniyle ankraj gereksinimi artmıştır (60, 64). Minividalar son yıllarda maksimum ankraj vakalarında sıklıkla kullanılmakta ve başarılı sonuçlar elde edilmektedir (201). Minivida çapında 1,5 mm çapın üstündeki değerlerin ideal olduğu bildirilmiş ve minivida çapının 1,5-2,3 mm arasında olduğu durumlarda başarı oranlarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı belirtilmiştir (81). Deguchi ve ark. (202) ise en ideal minivida çapının 1,5 mm, boyunun ise 6-8 mm olduğunu ifade etmiştir. Üst çenede ankraj için kullanılan minividaların yerleşim bölgesi olarak ikinci premolar ile birinci molar arası ve servikal çizginin 6 mm apikali en güvenli saha olarak belirtilmiştir (203). Çalışmamızda maksimum ankraj vakaları üzerinde çalışılmış ve posterior dişlerin ankrajının kuvvetlendirilmesi amacıyla minividalardan destek alınmıştır. Kullandığımız minividalar literatür ile uyumlu olarak 1,5 mm çapında, 7 mm uzunluğunda seçilmiş ve üst çenede birinci molar ve ikinci premolar dişler arasına uygulanmıştır.

Ankraj kontrolünün yanı sıra diş çekimini gerektiren ortodontik tedavilerde, istenen diş hareketlerinin kemiğin remodeling sürecine bağlı olarak oldukça uzun zamanlarda meydana gelmesi nedeniyle kuvvete karşı dokularda oluşan direnci azaltarak ve çevresel faktörleri değiştirerek diş hareketini hızlandırabilen çeşitli teknikler uygulanabilmektedir (4, 5). Bu teknikler arasında çalışmamızda kullandığımız piezosizyon tekniği çeşitli klinik çalışmalarda (14, 15, 17-19) insizyon boyutundaki küçük farklılıklar dışında benzer yöntemler kullanılarak diş hareket hızını artırmak için uygulanmıştır. Dibart ve ark. yaptıkları çalışmalarda (14, 17), piezosizyon tekniğinde lokal anestezi altında dişler arasında interdental papillanın altındaki dişetinde piezocerrahi bıçağının girebileceği en küçük boyutlarda mikroinsizyonlar yaparak mukoperiosteal flep kaldırılmadan piezotestere ile 3 mm derinliğindeki alveolar kesiler ile dekortikasyon gerçekleştirmişlerdir. Keser ve ark. (15), yayınlanan vaka raporlarında benzer şekilde yapışık dişetinde çok küçük insizyonlar yapmış ve flep kaldırmadan piezotestere ucu ile dişlerin mezial ve distallerinde kortikal tabakada 3 mm derinliğinde



dekortikasyonlar gerçekleştirmişlerdir. Aksakallı ve ark. (18), piezosizyon yöntemini kullanarak hızlı kanin distalizasyonu yaptıkları çalışmalarında kanin dişlerin mezial ve distalinde apikal yönde 5 mm'lik kesiler uygulamış ve sonrasında piezotestere ucu ile kortikal kemik tabakasında 3 mm derinliğinde kemik kesileri yapmışlardır. Çalışmamızda diş hareketini hızlandırmada minimal invaziv bir yöntem olarak adlandırılan piezosizyon tekniği kullanılmıştır. Hastalarımızın üst sağ yarım çenesinde yer alan kanin dişlerinin mezial ve distalindeki yapışık dişetinde literatür ile uyumlu olarak apikal yönde minimal (3 mm'lik) insizyonlar uygulanmış ve piezotestere ucu ile 3 mm derinliğinde dekortikasyon gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızda piezosizyon yapılan bölgelerdeki dekortikasyon derinliği literatürde yayınlanan daha önceki çalışmalarla uyum göstermektedir.

Çalışmamızda kullandığımız diğer teknik olan DDLT birçok klinik çalışmada (24, 25, 29, 31, 32, 158), diş hareketini hızlandırmak için farklı enerji yoğunluğunda ve dalga boyunda diyot lazerler kullanılarak uygulanmıştır. Cruz ve ark. (32), 740 nm dalga boyuna sahip diyot lazeri kanin distalizasyonu sırasında her ayın 0., 3., 7. ve 14. günlerinde 5 J/cm<sup>2</sup> dozunda uygulamıştır. Limpanichkul ve ark. (158), yaptıkları 3 aylık takip çalışmasında kanin distalizasyonu sürecinde her ayın 1., 2. ve 3. günlerinde 860 nm dalga boyuna sahip diyot lazeri 25 J/cm<sup>2</sup> dozunda uygulamıştır. Youssef ve ark. (24), kanin distalizasyonu sırasında 3 haftada bir kuvvet aktivasyonu yapmış ve her aktivasyon sonrası 0., 3., 7., 14. günlerde ve 809 nm dalga boyuna sahip diyot lazeri 8 J/cm<sup>2</sup> dozunda uygulayarak DDLT'nin etkilerini değerlendirmişlerdir. Da Silva Sousa ve ark. (31), üst ve alt çenelerde yer alan toplam 26 kanin dişin 13'üne kanin distalizasyonunun 3 aylık sürecinde her ayın 0., 3. ve 7. günlerinde 5 J/cm<sup>2</sup> dozunda DDLT uygulamışlardır. Genç ve ark. (29), yaptıkları klinik çalışmada lateral dişin retraksiyonu için kuvvet uygulamasının 0., 3., 7., 14., 21., ve 28. günlerinde 0,71 J/cm<sup>2</sup> dozunda DDLT uygulamışlardır. Ge ve ark. (8) tüm bu farklı enerji yoğunluğu ve dalga boylarını değerlendirdikleri sistematik derleme ve meta analizde optimum doz henüz belirlenememiş olmasına rağmen diş hareket hızının artırılmasında nispeten daha düşük (2,5, 5 ve 8 J/cm<sup>2</sup>) enerji yoğunluğuna sahip lazer kullanımının, 20 J/cm<sup>2</sup>, 25 J/cm<sup>2</sup> ye ve daha yüksek olanlara göre daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Üşümez ve ark. (204), 660, 810, 980 ve 1064 nm dalga boyuna sahip lazerlerin yara iyileşmesi üzerine etkilerini inceledikleri deneysel çalışmada tüm dalga boylarında 8 J/cm<sup>2</sup> dozunda

uygulama yapmış, sonuçta yara iyileşmesinin 980 nm dalga boyuna sahip diyot ve 1064 nm dalga boyuna sahip Nd:YAG lazer uygulamalarından olumlu yönde etkilendiğini bildirmişlerdir. Üşümez ve ark. (204)'nin bulguları göz önünde bulundurularak çalışmamızda 980 nm' ye yakın bir dalga boyu olan 940 nm'lik dalga boyuna sahip diyot lazer tercih edilmiş ve diş hareketini hızlandırmak amacıyla hastaların sol üst yarım çenelerinde yer alan kanin dişlerine, kanin distalizasyonunun 0., 3., 7., 14., 21. ve 28. günlerinde, 5 J/cm<sup>2</sup> dozunda uygulanmıştır.

Yapılan histolojik çalışmalarda piezosizyon ile birlikte kuvvet uygulamasının 28. gününde osteoklast sayısının başlangıç seviyesinin altına indiği (16) ve DDLT uygulaması ile artan osteoklast sayısının 4. günde azalmaya başladığı (28) gösterildiği için çalışmamızda bir kez piezosizyon uygulaması ve 28 günlük dönem boyunca 6 doz DDLT uygulaması yapılmıştır. Ayrıca bu uygulamaların etkinliklerinin klinik olarak ne kadar sürdüğünü değerlendirebilmek amacıyla 4 haftada bir kanin distalizasyon miktarları ölçülmüş ve toplam 12 haftalık sürede karşılaştırmalar yapılmıştır.

Son zamanlarda ortodontik tanıda ve tedavi sonuçlarının değerlendirilmesinde 3 boyutlu analiz yöntemleri sıklıkla kullanılır hale gelmiştir. 3 boyutlu modellerin ortodontide en yaygın kullanım amaçları model depolama ve ark boyu diş boyu analizleridir (205). Literatürde 3 boyutlu modeller üzerinde yapılan ölçümlerin, geleneksel alçı modeller üzerinde yapılan ölçümlere benzer sonuçlar verdiğini gösteren çalışmalar mevcuttur (206, 207). Ayrıca 3 boyutlu modellerde iki farklı modelin birbiri ile karşılaştırılması yapılabilmektedir. 3 boyutlu model programlarında iki farklı zamanda alınmış olan modeller iki farklı renkte görülmekte ve bu şekilde dişlerde meydana gelen pozisyonel değişikliklerin gözle görülür olmasını sağlamaktadır (208). Bu nedenlerle çalışmamızda diş hareketleri 3 boyutlu modeller üzerinde incelenmiştir.

3 boyutlu model analizleri ve karşılaştırma prosedürünün yaygınlaşması ile birlikte karşılaştırma işlemi için en uygun noktaların araştırılması gündeme gelmiş ve üst çenede zamanla en az değişiklik görülen bölgenin palatal ruga bölgesi olduğu belirlenmiştir (209, 210). Ayrıca palatal ruga bölgesinin yanında insiziv papilla da karşılaştırmalar için referans noktası olarak kullanılabilir (183). Hoggan ve Sadowsky (184), karşılaştırma işlemi için birinci, ikinci ve üçüncü palatal rugaların en güvenilir bölgeler olduğunu göstermiş, fakat üçüncü palatal rujanın lateral noktalarının kanin dişin

hareketlerinden etkilenebileceğini bildirmişlerdir. Yapılan çalışmalarda insiziv papillanın en posterior noktasının üç boyutlu model çakıştırmalarında kullanılabilceği ve bu noktanın dahil edildiği çakıştırmalarda elde edilen sonuçların geleneksel yöntemler ile tutarlı olduğu rapor edilmiştir (211, 212). Ekizer ve ark. (163), kanin distalizasyon miktarını 3 boyutlu modeller kullanarak ölçtükleri çalışmalarında, çakıştırma için sağ ve sol birinci palatal rugaların medial noktalarını ve insiziv papillanın en posterior noktasını kullanmışlardır. Çalışmamızda literatürle uyumlu olarak kanin dişin hareket yolu üzerinde olmaması nedeniyle birinci palatal rugaların medial noktaları ve insiziv papillanın en posterior noktası referans noktası olarak tercih edilmiştir.

Ortodontide kraniofasiyal yapıların şekil ve büyüklüklerinin ölçülmesi ve kaydedilmesi için çeşitli görüntüleme tekniklerinden faydalanılmaktadır (213). Bu görüntüleme teknikleri içerisinde ortodonti alanında en sık kullanılanlardan biri olan sefalometrik filmler, büyüme ve ortodontik tedaviye eşlik eden dişsel ve iskeletsel değişiklikler hakkında daha iyi bilgi edinme amacıyla kullanılmaktadır (214). Çalışmamızda kanin distalizasyonu başlangıcında ve 12 hafta sonrasında alınan lateral sefalometrik filmler üzerinde iskeletsel ve dişsel değişimlerin değerlendirmesi yapılmıştır.

Aylıkçı (215), kesikli ve devamlı kuvvet uygulamalarının kanin distalizasyonu üzerine etkilerini değerlendirdiği tez çalışmasında lateral sefalometrik filmler kullanarak yaptığı ölçümlerin bulgularında SNA, SNB, ANB, Y aksı, SN-GoGn ve SN-PD açılarının hiçbirinde kanin distalizasyonu sonunda anlamlı bir değişiklik olmadığını bildirmiştir. Özkan (216), direkt ve indirekt iskeletsel ankraj kullanılarak yapılan iki farklı kanin distalizasyon tekniğinin etkinliklerini karşılaştırdığı çalışmanın bulgularında SNA, SNB, ANB, SN-GoGn, SN-PD açılarında ve Mx-Md açıda kanin distalizasyonu sonrasında anlamlı bir değişiklik görülmediğini göstermiştir. Çalışmamızda da değerlendirilen iskeletsel ölçümlerde, literatür ile uyumlu olarak istatistiksel öneme sahip değişikliklerin olmadığı tespit edilmiştir. Çalışmamızın ölçüm zaman aralığının iskeletsel değişim meydana gelmesi için kısa bir süre olan 12 hafta olması ve iskeletsel yapıya etki edecek kuvvet sistemi, fonksiyonel tedavi veya ortognatik cerrahi uygulanmamış olması nedeni ile sagittal ve vertikal yönde anlamlı bir iskeletsel değişiklik görülmediği düşünülmektedir.

Üst kanin dişlerin distalizasyonu sırasında üst keser dişlerde spontan bir retraksiyon olabilmektedir (217). Sayın ve ark. (218) periodontal ligament distraksiyonu ile hızlı kanin distalizasyonu yaptıkları ve ortalama 3 hafta süren çalışmalarında üst keser dişlerin Frankfurt horizontal düzlemi ile yaptığı açının  $110,67^\circ$ 'den  $109,23^\circ$ 'ye düştüğünü ve üst keserlerde bir miktar devrilme olduğunu bildirmişlerdir. Özkan (216), 4 aylık sürede kanin distalizasyonu yaptığı tez çalışmasının bulgularında U1-PD açısında direkt iskeletsel ankraj grubunda  $2,3^\circ$ , indirekt iskeletsel ankraj grubunda ise  $1,69^\circ$ 'lik bir azalma ile birlikte iki grupta da keser dişlerin bir miktar retrüze olduğunu göstermiştir. Aylıkçı (215), üst keser dişleri arka dahil etmeden kanin distalizasyonu yaptığı çalışmanın bulgularında, kanin distalizasyonu sonunda U1-NA( $^\circ$ ) değerinde  $2,87^\circ$ , U1-NA(mm) değerinde  $1,76$  mm'lik istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğunu ve U1-PD açısında ise anlamlı bir değişim olmadığını göstermiştir. Çalışmamızda, 12 haftalık süre sonunda U1-SN( $^\circ$ ) değeri  $104,45^\circ$ 'den  $99,91^\circ$ 'ye, U1-PD( $^\circ$ ) değeri  $113,15^\circ$ 'den  $108,37^\circ$ 'ye, U1-NA( $^\circ$ ) değeri  $24,4^\circ$ 'den  $19,81^\circ$ 'ye ve U1-NA(mm) değeri de  $4,83$  mm'den  $3,81$  mm'ye azalmıştır. Azalmalar istatistiksel olarak  $p<0,001$  düzeyinde önemlidir. Çalışma süresinin sonunda üst keser dişlerde görülen retrüzyon ve retraksiyonun nedeninin kanin dişlerin mezialindeki transeptal fibrillerin gerilimine bağlı olarak oluşan spontan keser retraksiyonu olabileceğini düşünmekteyiz. Çalışmamızda üst keserlerde görülen retraksiyon ve retrüzyonun literatürdeki çalışmalarla uyumlu olduğu, ancak miktarlarının bu çalışmalara göre fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılıkların hem literatürden farklı olarak kanin distalizasyonunun full ark üzerinden yapılmasına hem de bireysel farklılıklara bağlı olabileceği düşünülmektedir.

Çalışmamızda kullandığımız piezosizyon ve DDLT tekniklerinin uygulandığı literatürdeki diğer çalışmalardan sadece birinde (19) kanin distalizasyonu sırasında kanin dişlerde meydana gelen devrilme miktarı ölçülmüştür. Bu çalışmada, Abbas ve ark.(19) , kanin distalizasyonu yaptıkları hastalarına iki ayrı grupta kortikotomi ve piezosizyon uygulamış ve kanin dişlere NiTi kapalı yaylar ile  $150$  gr kuvvet uygulamışlardır. 12 haftalık süre sonunda çalışmamızla uyumlu olarak kortikotomi grubunda  $2,75^\circ$ , piezosizyon grubunda ise  $2,89^\circ$  distale devrilme olduğunu göstermişlerdir.

Literatürde kanin distalizasyonu ile meydana gelen kanin diş devrilmesini değerlendiren diğer çalışmalara baktığımızda, Hayashi ve ark. (219), molar tüpü ve kanin braketleri arasına uyguladıkları NiTi kapalı yaylar ile kanin dişlere 150 gr kuvvet uygulamış ve 7,94° distal yönde devrilme meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Öz ve ark. (220) ise farklı olarak NiTi kapalı yayları molar tüpü üzerinden değil de minivida üzerinden kanin braketine uygulamış ve self-ligating braketli dişlerde 5,15°, ikiz braketli dişlerde ise 5,58° devrilme bulmuşlardır. Aylıkçı (215), üst kanin dişlerin distalizasyonu için Hycon aygıtı ile kesikli kuvvetler ve NiTi kapalı yaylar ile sürekli kuvvetler uygulamış ve kanin braketleri üzerinden 150 gr kuvvet uygulayarak, kanin distalizasyonunun sonunda kesikli kuvvet uygulanan grupta 4,58°, sürekli kuvvet uygulanan grupta ise 10,08° kanin dişlerde distale devrilme olduğunu göstermiştir. Çalışmamızda kanin distalizasyonu sırasında uygulanan kuvvetin direnç merkezine yakın bir şekilde uygulanması amacıyla jig bükümlerinden faydalanılmıştır. Piezosizyon grubundaki kanin devrilme miktarları DDLT grubu ile karşılaştırıldığında 12 haftalık çalışma süresi sonunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Piezosizyon grubundaki kanin dişlerde ortalama 2,92±1,76°, DDLT grubundaki kanin dişlerde ise ortalama 2,72±1,52° devrilme ölçülmüştür. Çalışmamızda, kanin dişlerde görülen distal devrilmenin literatürdeki direkt kanin braketleri üzerine kuvvet uygulanan çalışmalara kıyasla daha az miktarda olması, uygulanan kuvvet kolunun dişin direnç merkezine daha yakın bir bölgede yerleştirilmesi olabilir.

Çalışmamızda kullandığımız diş hareket hızını artırmayı amaçlayan yöntemlerin uygulandığı daha önceki çalışmalar arasında kanin distalizasyonu sonunda molar dişlerin mezial devrilme miktarını gösteren herhangi bir çalışma mevcut değildir. Aylıkçı (215), kesikli ve sürekli kuvvetler uygulayarak kanin distalizasyonu yaptığı çalışmasında minivida kullanmış ve molar dişlere indirekt ankraj uygulamıştır, çalışmanın sonucunda kesikli kuvvet uygulanan grupta 1,21°, sürekli kuvvet uygulanan grupta ise 1,79° molar dişlerde meziale devrilme olduğunu göstermiştir. Öz ve ark. (220), braket tiplerinin kanin distalizasyonu sırasındaki etkilerini değerlendirdikleri çalışmada, 0.019x0.025 inç paslanmaz çelik tel üzerinde minivida üzerinden kanin dişlere direkt olarak 200 gr kuvvet uygulamışlar ve 8 hafta sonunda molar dişlerde ikiz braket uygulanan grupta 0,40°, self-ligating braket uygulanan grupta ise 0,26° meziale devrilme olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda piezosizyon ve DDLT uygulanan

kanin dişlerin bulunduğu çenede yer alan birinci molar dişlerde sırası ile  $1,24^\circ$  ve  $1,16^\circ$  meziale devrilme ölçülmüştür ve bu değerler Aylıkçı (215)'nin bulguları ile uyumludur. Gruplar arasında molar devrilme miktarları açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Kanin dişlere minividalar üzerinden kuvvet uygulanması ve birinci molar dişlere mezial yönde herhangi bir kuvvet uygulanmamış olması nedeniyle, bu ölçümlerin periodontal aralığın izin verdiği miktarda meydana gelen devrilmeler olduğunu düşünmekteyiz. Ayrıca, full ark üzerinden uygulanan kuvvetlerin ve kaninlerin distal yönde devrilmesinin molarlarda da meziale doğru eğilmeye sebebiyet vermiş olabileceği düşünülmektedir. Çalışma süremizin 12 hafta olması ve kanin distalizasyonun  $0.016 \times 0.022$  inç paslanmaz çelik tel üzerinde yapılması nedeniyle üst molar dişlerde mezial yönde meydana gelen devrilmenin Öz ve ark. (220)'nin çalışmasına kıyasla bir miktar daha fazla olduğu düşünülebilir.

Literatürde, piezosizyon (14-19) ve DDLT (8, 24, 25, 27-32, 155-159) uygulamalarının diş hareket hızı üzerine etkilerini deneysel ve klinik olarak inceleyen birçok çalışma mevcuttur. Bizim çalışmamızda literatürden farklı olarak kanin distalizasyonu aşamasında hastaların üst çenesinin bir tarafındaki kanin dişine piezosizyon diğer taraftakine ise DDLT uygulaması yapılmış ve bulgular hangi uygulamanın daha etkili olduğunu belirlemek için değerlendirilmiştir. Çalışmamızın bulgularına göre kanin dişlerde piezosizyon grubunda T1-T0, T2-T1, T3-T2 ve T3-T0 dönemlerinde sırasıyla  $1,34 \pm 0,16$ ,  $1,21 \pm 0,14$ ,  $1,18 \pm 0,16$  ve  $3,68 \pm 0,42$  mm distalizasyon hareketi gözlemlenmiştir. Aynı dönemlerde DDLT grubunda ise sırasıyla  $1,52 \pm 0,18$ ,  $1,25 \pm 0,17$ ,  $1,16 \pm 0,13$  ve  $3,89 \pm 0,41$  mm kanin distalizasyonu gerçekleşmiştir. Çalışmamızın ilk 4 haftalık zaman aralığında DDLT uygulanan grupta meydana gelen kanin diş hareketi piezosizyon grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha fazla bulunmuş, diğer dönemlerde ve toplam 12 haftalık süre sonunda ise gruplar arasında anlamlı bir fark görülmemiştir.

Literatürde farklı enerji yoğunluklarında ve farklı sürelerde uygulanan lazer dozlarının etkileri ile ilgili kesin bir bilgi henüz mevcut değildir (8). Cruz ve ark. (32), her ayın 0., 3., 7. ve 14. günlerinde çalışmamızda kullanılan ile aynı enerji yoğunluğunda DDLT uyguladıkları çalışmalarının sonucunda, DDLT uygulanan grupta 2 ayda  $4,39 \pm 0,27$  mm kanin distalizasyonu elde edildiğini ve bu rakamın kontrol grubuna göre %34 daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Youssef ve ark. (24),  $8 \text{ J/cm}^2$  dozunda diyot lazer uygulayarak

günlük kanin distalizasyon hızını yaklaşık olarak 2 kat artırdıklarını bildirmişlerdir. Da Silva Sousa ve ark. (31)'da yine çalışmamızda kullandığımız  $5 \text{ J/cm}^2$  enerji yoğunluğunda lazer ışığını her ayın 0., 3. ve 7. günlerinde toplam 13 alt ve üst kanin dişe uygulayarak 3 aylık süre sonunda  $3,09 \pm 1,06 \text{ mm}$ 'lik kanin distalizasyonu elde etmiş ve kontrol grubuna kıyasla diş hareketinin anlamlı şekilde fazla olduğunu bildirmişlerdir. Doshi-Mehta ve ark. (25), yaptıkları klinik çalışmada kanin distalizasyonu sırasında  $20 \text{ J/cm}^2$  dozunda diyot lazeri uygulayarak üst kanin dişlerde ayda ortalama  $1,43 \text{ mm}$  diş hareketi elde ettiklerini ve kontrol grubuna kıyasla daha hızlı diş hareketi elde ettiklerini bildirmişlerdir. Limpanichkul ve ark. (158), ise bu çalışmalardan farklı olarak  $25 \text{ J/cm}^2$  enerji yoğunluğu ile uygulanan DDLT'nin diş hareket hızı üzerine etkisi olmadığını bildirmiştir. Çalışmamızın DDLT uygulanan ilk 4 haftasında lazer uygulanan dişlerde elde ettiğimiz ortalama  $1,52 \text{ mm}$ 'lik kanin distalizasyonu, Doshi-Mehta ve ark. (25) 'nın üst kanin dişlerde elde ettikleri ortalama bir aylık distalizasyon miktarı ile uyumludur. Çalışmamızda DDLT uygulanan dişlerde elde edilen diş hareketi miktarının literatürdeki bazı çalışmalarla (31, 32) farklılık göstermesinin nedeni, çalışmalardan birinde (32), molar mezializasyonu hesaba katılmaksızın kanin diş hareketinin ölçülmesi ve her ayın 0., 3., 7. ve 14. günlerinde yeniden DDLT uygulanması, diğerinde (31) ise hem üst hem de alt kanin dişlerin çalışmaya dahil edilmiş olması olabileceğini düşünmekteyiz. Çalışmamızda elde ettiğimiz distalizasyon miktarı benzer enerji yoğunluğuna sahip DDLT uygulamalarının sonuçları ile uyumluysen, Limpanichkul ve ark. (158)'nin sonuçlarıyla uyumsuzdur. Bunun sebebinin ise, enerji yoğunluğunun bizim çalışmamızda uygulananından çok daha yüksek olmasına bağlı olabileceğini düşünmekteyiz. Yapılan bir sistematik derlemede (8),  $20 \text{ J/cm}^2$ ,  $25 \text{ J/cm}^2$  ve daha yüksek enerji yoğunluklarının  $5 \text{ J/cm}^2$  ve  $8 \text{ J/cm}^2$  gibi dozlara göre daha etkisiz olabileceği bildirilmiş ve çalışmamızın sonuçlarıyla uyumlu olduğu görülmüştür.

Çalışmamızda, lazer uygulaması yapılmayan T2-T1 ve T3-T2 dönemlerinde oluşan kanin distalizasyonu miktarı DDLT uyguladığımız T1-T0 döneminden daha az bulunmuştur, bu bulgu bize lazerin aktif olarak uygulandığı dönemde etkili olduğunu düşündürmüştür. Çalışmamızın T2-T1 döneminde oluşan diş hareket miktarının T3-T2 dönemine göre anlamlı şekilde daha fazla olmasının T2 başlangıcı olan 28. günde de lazer uygulanmış olması olabileceğini düşünmekteyiz. Bu bulgumuz, Kawasaki ve

Shimizu (28)'nin yaptıkları deneysel çalışmada DDLT uygulaması ile daha hızlı diş hareketi elde edilirken, aynı zamanda kemik dokusunda kontrol grubuna kıyasla ilk iki günde osteoklast sayısının arttığını ve 4. günde azalmaya başladığını ve ilk 12 günde yeni kemik formasyonunun arttığını bildirdikleri çalışma ile uyumludur.

DDLT uygulamalarında kullanılan diyet lazerlerin dalga boyu ile LED cihazı tarafından üretilen ışığın dalga boyu benzerdir (600-1000 nm) ve hem LED uygulamaları hem de DDLT ile biyostimülasyon etkisi sağlanabilmektedir (154). Ekizer ve ark. (163), yaptıkları randomize kontrollü klinik çalışmada kanin distalizasyonunun ilk 21 gününde 618 nm dalga boyuna sahip LED cihazı ile fotobiyomodülasyon tedavisi uygulamışlar ve sonuçta 3 aylık süreçte diş hareketinin anlamlı şekilde hızlandığını bildirmişlerdir. LED ve diyet lazerlerin benzer aralıkta dalga boyuna sahip ışık ürettikleri göz önünde bulundurulduğunda çalışmamızın bulguları LED cihazı kullanılarak biyostimülasyon yapılan çalışmalar ile uyumludur.

Piezosizyon uygulamalarının diş hareket hızı üzerine olumlu etkileri olduğunu bildiren çeşitli çalışmalar mevcuttur (14-19). Bu çalışmalar içerisinde piezosizyonun kanin distalizasyon hızı üzerine etkilerini inceleyen iki klinik çalışma göze çarpmaktadır (18, 19). Aksakallı ve ark. (18), 10 hasta ve 20 kanin diş üzerinde yürüttükleri klinik çalışmada, 3 boyutlu modeller üzerinde yaptıkları ölçümlerde, piezosizyon uygulaması ile başlangıca göre birinci ayın sonunda  $1,53 \pm 0,67$  mm ve ikinci ayın sonunda  $2,90 \pm 0,86$  mm kanin distalizasyonu elde etmişler ve kontrol grubuna kıyasla piezosizyon uygulanan kanin dişlerin anlamlı şekilde daha hızlı hareket ettiğini bildirmişlerdir. Abbas ve ark. (19) ise piezosizyon ve kortikotomi uygulamalarının diş hareket hızına etkilerini inceledikleri çalışmada piezosizyon ile de yaklaşık 1,5 kat hızlandığını bildirmişler ve piezosizyon uygulanan dişlerde ilk 4 hafta sonunda 0,5 mm, 12. haftanın sonunda ise 0,99 mm kanin distalizasyonu elde etmişlerdir. Çalışmamızın takip dönemlerinde piezosizyon grubunda elde edilen kanin distalizasyonu miktarı Aksakallı ve ark.(18)'nin çalışmasına göre bir miktar daha az, Abbas ve ark.(19)'nin çalışmasına göre oldukça fazla olmasının, kuvvet uygulama yöntemlerindeki farklılıklardan, örneklem boyutunun çalışmamızda daha büyük olmasından ve yaş aralığındaki farklılıklardan kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz.



Dibart ve ark. (16), yaptıkları deneysel çalışmada piezosizyon uygulanan dişlerin etrafındaki kemik içeriğini ve osteoklastik aktiviteyi 0, 1, 3, 7, 14, 28, 42 ve 56. günlerde değerlendirmiş ve kemik yoğunluğunun 28. gününde en düşük seviyeye geldiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızın ilk 28 günlük T1-T0 döneminde piezosizyon uygulanan grupta elde edilen kanin distalizasyonu miktarının T2-T1 ve T3-T2 dönemlerine göre anlamlı şekilde fazla olması bu bulguyu desteklemektedir.

Piezosizyon tekniğinin dışında minimal invaziv cerrahi yöntemler olarak belirtilen mikroosteoperforasyon ve piezopuncture yöntemlerinin de diş hareket hızı üzerine olumlu etkileri olduğu bildirilmiştir (180-182). Kim ve ark. (182), piezosizyon yöntemindeki diş eti kesilerini elimine ederek yaptıkları deneysel çalışmada piezopuncture yöntemi ile ortodontik tedavi süresinin kısaltılabileceğini bildirmişlerdir. Teixeira ve ark. (180) ise yaptıkları hayvan çalışmasında, ortodontik diş hareketi süresince alveol kemik üzerine mikroosteoperforasyon uygulanmasının osteoklast aktivitesinin ve diş hareket hızının artmasına neden olan bu enflamatuvar markerların ekspresyonunu uyarabileceğini göstermişlerdir. Bu hayvan çalışmasının devamı niteliğindeki klinik çalışmanın sonuçlarında mikroosteoperforasyon uygulaması ile 28 günlük bir zaman aralığında sitokin ve kemokinlerin ekspresyonu artırılarak osteoklast öncülerinin bölgeye gelmesinin ve osteoklast farklılaşmasının uyarıldığı ve diş hareket hızının yaklaşık 2,3 kat arttığı bildirilmiştir (181). Çalışmamızın bulguları diş hareket hızını artırmak amacıyla piezosizyonun veya diğer minimal invaziv uygulamaların yapıldığı çalışmalar ile uyumlu olarak piezosizyon uygulaması sonrasındaki ilk 4 haftada diş hareketinin daha sonraki dönemlere kıyasla daha hızlı olduğunu göstermiştir.

## 6. SONUÇLAR

Çalışmamızda kanin distalizasyonu sırasında diş hareket hızını artırmak amacıyla uygulanan piezosizyon ve DDLT uygulamalarının etkinlikleri değerlendirilmiş ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Kanin distalizasyonu sırasında direkt minivida üzerinden kanin dişin direnç merkezine yakın bir şekilde uygulanan 150 gram'lık distalizasyon kuvveti kanin dişlerde bir miktar distal yönlü devrilmeye neden olmaktadır.
2. Kanin distalizasyonu sırasında uygulanan kuvvete ve kanin dişin distal yönlü hareketine bağlı olarak, üst keser dişlerde spontan retraksiyon ve retrüzyon görülmüştür.
3. Benzer kuvvet sistemleri ile yapılan kanin distalizasyonu sırasında piezosizyon ve DDLT uygulamalarının kanin ve molar dişlerin devrilmesine etkileri benzerdir.
4. Kanin distalizasyon hızı açısından ilk 4 haftalık süreçte DDLT uygulaması piezosizyon uygulamasına kıyasla daha etkili bulunmuştur.
5. Her iki tedavi grubu arasında 4-8., 8-12. haftalar arasında ve toplam 12 haftalık süreçte kanin distalizasyon hızı üzerine etki açısından anlamlı bir fark gözlenmemiştir.
6. Piezosizyon uygulamasını takip eden ilk 4 hafta içerisinde meydana gelen kanin diş hareketi aynı grubun 4-8 ve 8-12 haftalar arasında meydana gelen diş hareketine göre daha fazla bulunmuş ve bu durum piezosizyon tekniğinin, uygulama sonrası ilk 4 haftalık süreçte diş hareketini hızlandırma açısından daha etkili olduğunu göstermiştir.
7. Lazer uygulamasının aktif olarak yapıldığı zaman aralığı olan kanin distalizasyonunun ilk 4 haftasında DDLT uygulanan grupta oluşan diş hareketi, daha sonraki 4'er haftalık süreçlere göre daha fazla olmuş, 4-8. haftalar arasında oluşan diş hareketi ise 8-12. haftalar arasında görülenden daha fazla

bulunmuştur. Bu durum, DDLT uygulanan dönemde diş hareketinin daha hızlı olduğunu hatta takip eden 4 haftalık süreçte de etkinliğini devam ettiğini göstermektedir.

8. Tüm bu sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, hem piezosizyon hem de DDLT uygulamalarının diş hareketini hızlandırmak amacıyla kullanılabileceği, ancak DDLT uygulamasının daha tercih edilebilir bir yöntem olduğu söylenebilir.



## KAYNAKÇA

1. Proffit WR, Fields Jr HW, Sarver DM. Orthodontic Treatment Planning: From Problem List to Specific Plan. In: Proffit WR, Fields Jr HW, Sarver DM, editors. Contemporary Orthodontics. 5th ed. St. Louis: Mosby Elsevier; 2014. p. 220-77.
2. Nanda RS, Tosun Y. Biomechanics in Orthodontics: Principles and Practice. Bywaters LC, editor. New Malden, Surrey, UK: Quintessence Publishing Company; 2010: 160.
3. Bishara SE. Textbook of Orthodontics. 1st ed. Philadelphia: Saunders Company; 2001: 83-374.
4. Ren A, Lv T, Kang N, Zhao B, Chen Y, Bai D. Rapid orthodontic tooth movement aided by alveolar surgery in beagles. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2007;131(2):160. e1-. e10.
5. Buschang PH, Campbell PM, Ruso S. Accelerating tooth movement with corticotomies: is it possible and desirable? Semin Orthod. 2012;18:286-94.
6. Kurol J, Owman-Moll P, Lundgren D. Time-related root resorption after application of acontrolled continuous orthodontic force. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1996;110(3):303-10.
7. Ristic M, Svabic MV, Sasic M, Zelic O. Clinical and microbiological effects of fixed orthodontic appliances on periodontal tissues in adolescents. Orthod Craniofac Res. 2007;10(4):187-95.
8. Ge M, He W, Chen J, Wen C, Yin X, Hu Z, et al. Efficacy of low-level laser therapy for accelerating tooth movement during orthodontic treatment: a systematic review and meta-analysis. Lasers Med Sci. 2015;30(5):1609-18.
9. Ülgen M. Ortodontik Tedavi Prensipleri (7. baskı). Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi; 2005: 544.
10. 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.
11. Tunçer Nİ, Özçırpıcı AA. Hızlandırılmış diş hareketi alanında cerrahi destekli teknikler. Türkiye Klinikleri Journal of Orthodontics-Special Topics. 2015;1(1):34-41.

12. Köle H. Surgical operations on the alveolar ridge to correct occlusal abnormalities. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1959;12(5):515-29.
13. Kerawala C, Martin I, Allan W, Williams E. The effects of operator technique and bur design on temperature during osseous preparation for osteosynthesis self-tapping screws. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1999;88(2):145-50.
14. Dibart S, Sebaoun JD, Surmenian J. Piezocision: a minimally invasive, periodontally accelerated orthodontic tooth movement procedure. *Compend Contin Educ Dent.* 2009;30(6):342-50.
15. Keser EI, Dibart S. Sequential piezocision: A novel approach to accelerated orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;144(6):879-89.
16. Dibart S, Yee C, Surmenian J, Sebaoun JD, Baloul S, Goguet-Surmenian E, et al. Tissue response during Piezocision-assisted tooth movement: a histological study in rats. *Eur J Orthod.* 2014;36(4):457-64.
17. Dibart S, Surmenian J, David Sebaoun J, Montesani L. Rapid treatment of Class II malocclusion with piezocision: two case reports. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2010;30(5):487.
18. Aksakalli S, Calik B, Kara B, Ezirganli S. Accelerated tooth movement with piezocision and its periodontal-transversal effects in patients with Class II malocclusion. *Angle Orthod.* 2015;86(1):59-65.
19. Abbas NH, Sabet NE, Hassan IT. Evaluation of corticotomy-facilitated orthodontics and piezocision in rapid canine retraction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016;149(4):473-80.
20. Seifi M, Eslami B, Saffar AS. The effect of prostaglandin E2 and calcium gluconate on orthodontic tooth movement and root resorption in rats. *Eur J Orthod.* 2003;25(2):199-204.
21. AlGhamdi AST. Corticotomy facilitated orthodontics: Review of a technique. *Saudi Dent J.* 2010;22(1):1-5.
22. Ohmae M, Saito S, Morohashi T, Qu H, Seki K, Kurabayashi H. Biomechanical acceleration of experimental tooth movement by ultrasonic vibration in vivo—part 1:

- Homo-directional application of ultrasonication to orthodontic force. *Orthod Waves*. 2001;60:201-12.
23. Altan AB. Ortodontide lazer uygulamaları. *Turkiye Klinikleri Journal of Orthodontics-Special Topics*. 2015;1(1):42-9.
  24. Youssef M, Ashkar S, Hamade E, Gutknecht N, Lampert F, Mir M. The effect of low-level laser therapy during orthodontic movement: a preliminary study. *Lasers Med Sci*. 2008;23(1):27-33.
  25. Doshi-Mehta G, Bhad-Patil WA. Efficacy of low-intensity laser therapy in reducing treatment time and orthodontic pain: a clinical investigation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2012;141(3):289-97.
  26. Altan AB, Bicakci AA, Avunduk MC, Esen H. The effect of dosage on the efficiency of LLLT in new bone formation at the expanded suture in rats. *Lasers Med Sci*. 2015;30(1):255-62.
  27. Yoshida T, Yamaguchi M, Utsunomiya T, Kato M, Arai Y, Kaneda T, et al. Low energy laser irradiation accelerates the velocity of tooth movement via stimulation of the alveolar bone remodeling. *Orthod Craniofac Res*. 2009;12(4):289-98.
  28. Kawasaki K, Shimizu N. Effects of low-energy laser irradiation on bone remodeling during experimental tooth movement in rats. *Lasers Surg Med*. 2000;26(3):282-91.
  29. Genc G, Kocadereli İ, Tasar F, Kilinc K, El S, Sarkarati B. Effect of low-level laser therapy (LLLT) on orthodontic tooth movement. *Lasers Med Sci*. 2013;28(1):41-7.
  30. Fujita S, Yamaguchi M, Utsunomiya T, Yamamoto H, Kasai K. Low-energy laser stimulates tooth movement velocity via expression of RANK and RANKL. *Orthod Craniofac Res*. 2008;11(3):143-55.
  31. da Silva Sousa MV, Scanavini MA, Sannomiya EK, Velasco LG, Angelieri F. Influence of low-level laser on the speed of orthodontic movement. *Photomed Laser Surg*. 2011;29(3):191-6.
  32. Cruz DR, Kohara EK, Ribeiro MS, Wetter NU. Effects of low intensity laser therapy on the orthodontic movement velocity of human teeth: A preliminary study. *Lasers Surg Med*. 2004;35(2):117-20.

33. Mostafa YA, Weeks-Dybvig M, Osdoby P. Orchestration of tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1983;83(3):245-50.
34. Katona TR, Paydar NH, Akay HU, Roberts WE. Stress analysis of bone modelling response to rat molar orthodontics. *J Biomechan.* 1995;28(1):27-38.
35. Frost HM. Wolff's Law and bone's structural adaptations to mechanical usage: an overview for clinicians. *Angle Orthod.* 1994;64(3):175-88.
36. Reitan K. Tissue behavior during orthodontic tooth movement. *Am J Orthod.* 1960;46(12):881-900.
37. Rygh P, Brudvik P. The histological responses of the periodontal ligament to horizontal orthodontic loads. *The Periodontal Ligament in Health and Disease* London: Mosby-Wolfe. 1995:243-58.
38. Reitan K. Clinical and histologic observations on tooth movement during and after orthodontic treatment. *Am J Orthod.* 1967;53(10):721-45.
39. Davidovitch Z, Nicolay O, Ngan P, Shanfeld J. Neurotransmitters, cytokines, and the control of alveolar bone remodeling in orthodontics. *Dent Clin North Am.* 1988;32(3):411-35.
40. Davidovitch Z. Tooth movement. *Crit Rev Oral Biol Med.* 1991;2(4):411-50.
41. Norton LA. Fundamental principles of the biology of tooth movement. *Semin Orthod.* 2000;6:139-44.
42. Çağlaroğlu M. Farklı Yöntemlerle Uygulanan Prostaglandin E2'nin Diş Hareketi ve Kemik Metabolizması Üzerine Etkilerinin Histopatolojik Olarak İncelenmesi: Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Erzurum; 2006: 90.
43. Persson M. A 100th anniversary: Sandstedt's experiments on tissue changes during tooth movement. *J Orthod.* 2005;32(1):27-8.
44. Proffit WR. The Biologic Basis of Orthodontic Therapy. In: Proffit WR, Fields Jr HW, Sarver DM, editors. *Contemporary Orthodontics.* 5th ed. St. Louis: Mosby Elsevier; 2014. p. 278-311.
45. Schwarz AM. Tissue changes incidental to orthodontic tooth movement. *Int J Orthod.* 1932;18(4):331-52.

46. Darendeliler MA, Darendeliler H, Üner O. The drum spring (DS) retractor: a constant and continuous force for canine retraction. *Eur J Orthod.* 1997;19(2):115-30.
47. Ren Y, Maltha JC, Kuijpers-Jagtman AM. Optimum force magnitude for orthodontic tooth movement: a systematic literature review. *Angle Orthod.* 2003;73(1):86-92.
48. Krishnan V, Davidovitch Ze. Cellular, molecular, and tissue-level reactions to orthodontic force. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;129(4):469. e1-. e32.
49. Burstone CJ. The biomechanics of tooth movement. *Vistas in orthodontics: Lea & Febiger Philadelphia; 1962.* p. 197-213.
50. Storey E, Smith R. Force in orthodontics and its relation to tooth movement. *Aust J Dent.* 1952;56(1):11-8.
51. Heasman PA, Millett DT, Chapple IL. *The periodontium and orthodontics in health and disease: Oxford University Press, USA; 1996.*
52. Reitan K. Some factors determining the evaluation of forces in orthodontics. *Am J Orthod.* 1957;43(1):32-45.
53. Siatkowski RE. Continuous arch wire closing loop design, optimization, and verification. Part I. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997;112(4):393-402.
54. Vig PS, Orth D, Weintraub JA, Brown C, Kowalski CJ. The duration of orthodontic treatment with and without extractions: a pilot study of five selected practices. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1990;97(1):45-51.
55. Rajcich MLM, Sadowsky C. Efficacy of intraarch mechanics using differential moments for achieving anchorage control in extraction cases. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997;112(4):441-8.
56. Perez CA, de Alba JA, Caputo AA, Chaconas SJ. Canine retraction with J hook headgear. *Am J Orthod.* 1980;78(5):538-47.
57. Burstone CJ, Koenig HA. Optimizing anterior and canine retraction. *Am J Orthod.* 1976;70(1):1-19.
58. Nikolai RJ. On optimum orthodontic force theory as applied to canine retraction. *Am J Orthod.* 1975;68(3):290-302.



59. 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(6):395-401.
60. Gjessing P. A universal retraction spring. *J Clin Orthod.* 1994;28:222-42.
61. Tselepis M, Brockhurst P, West VC. The dynamic frictional resistance between orthodontic brackets and arch wires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994;106(2):131-8.
62. Kusy RP, Whitley JQ. Influence of archwire and bracket dimensions on sliding mechanics: derivations and determinations of the critical contact angles for binding. *Eur J Orthod.* 1999;21(2):199-208.
63. Loftus BP, Årtun J, Nicholls JI, Alonzo TA, Stoner JA. Evaluation of friction during sliding tooth movement in various bracket-arch wire combinations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;116(3):336-45.
64. Schlegel V. Relative friction minimization in fixed orthodontic bracket appliances. *J Biomech.* 1996;29(4):483-91.
65. Feldmann I, Bondemark L. Orthodontic anchorage: a systematic review. *Angle Orthod.* 2006;76(3):493-501.
66. Melsen B, Bosch C. Different approaches to anchorage: a survey and an evaluation. *Angle Orthod.* 1997;67(1):23-30.
67. Nanda R, Kuhlberg A, Uribe F. Biomechanic basis of extraction space closure. *Biomechanics and esthetic strategies in clinical orthodontics* St Louis: Elsevier Saunders. 2005:194-210.
68. McLaughlin R, Bennett JC. Anchorage control during leveling and aligning with a preadjusted appliance system. *J Clin Orthod.* 1991;25(11):687-96.
69. Booth-Mason S, Birnie D. Penetrating eye injury from orthodontic headgear—a case report. *Eur J Orthod.* 1988;10(2):111-4.
70. Clemmer EJ, Hayes EW. Patient cooperation in wearing orthodontic headgear. *American journal of orthodontics.* 1979;75(5):517-24.

71. Glatzmaier J, Wehrbein H, Peter D. Biodegradable implants for orthodontic anchorage. A preliminary biomechanical study. *Eur J Orthod*. 1996;18(5):465-9.
72. Melsen B, Verna C. Miniscrew implants: the Aarhus anchorage system. *Sem Orthod*. 2005;11:24-31.
73. Gainsforth BL, Higley L. A study of orthodontic anchorage possibilities in basal bone. *Am J Orthod Oral Surg*. 1945;31(8):406-17.
74. Prabhu J, Cousley RR. Current products and practice: bone anchorage devices in orthodontics. *J Orthod*. 2006;33(4):288-307.
75. Carano A, Velo S, Leone P, Siciliani G. Clinical applications of the miniscrew anchorage system. *J Clin Orthod*. 2005;39(1):9-24.
76. Jeon YJ, Kim YH, Son WS, Hans MG. Correction of a canted occlusal plane with miniscrews in a patient with facial asymmetry. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006;130(2):244-52.
77. Baumgaertel S, Razavi MR, Hans MG. Mini-implant anchorage for the orthodontic practitioner. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008;133(4):621-7.
78. Lee TC-K, Leung MT-C, Wong RW-K, Rabie ABM. Versatility of skeletal anchorage in orthodontics. *World J Orthod*. 2008;9(3).
79. Kyung H-M, Park H-S, Bae S-M, Sung J-H, Kim I-B. Development of orthodontic micro-implants for intraoral anchorage. *J Clin Orthod*. 2003;37(6):321-8; quiz 14.
80. Keles A, Erverdi N, Sezen S. Bodily distalization of molars with absolute anchorage. *Angle Orthod*. 2003;73(4):471-82.
81. Miyawaki S, Koyama I, Inoue M, Mishima K, Sugahara T, Takano-Yamamoto T. Factors associated with the stability of titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2003;124(4):373-8.
82. Ludwig B, Glasl B, Landes C. Insertion of miniscrews. In: Ludwig B, Baumgaertel S, Bowman S, Johnston L, editors. *Mini-implants in Orthodontics Innovative Anchorage Concepts*. 1st ed. London: Quintessence Publishing; 2008. p. 73-85.
83. Park H-S, Kwon T-G, Sung J-H. Nonextraction treatment with microscrew implants. *Angle Orthod*. 2004;74(4):539-49.

84. Motoyoshi M, Yoshida T, Ono A, Shimizu N. Effect of cortical bone thickness and implant placement torque on stability of orthodontic mini-implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2007;22(5).
85. Cheng S-J, Tseng I-Y, Lee J-J, Kok S-H. A prospective study of the risk factors associated with failure of mini-implants used for orthodontic anchorage. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2004;19(1).
86. Kim H-J, Yun H-S, Park H-D, Kim D-H, Park Y-C. Soft-tissue and cortical-bone thickness at orthodontic implant sites. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006;130(2):177-82.
87. Heidemann W, Gerlach KL, Gröbel K-H, Köllner H-G. Influence of different pilot hole sizes on torque measurements and pullout analysis of osteosynthesis screws. *J Craniomaxillofac Surg*. 1998;26(1):50-5.
88. Heidemann W, Terheyden H, Gerlach KL. Analysis of the osseous/metal interface of drill free screws and self-tapping screws. *J Craniomaxillofac Surg*. 2001;29(2):69-74.
89. Kim JW, Ahn SJ, Chang YI. Histomorphometric and mechanical analyses of the drill-free screw as orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2005;128(2):190-4.
90. Melsen B. Mini-implants: where are we? *J Clinic Orthod*. 2005;39(9):539.
91. Årtun J, Brobakken BO. Prevalence of carious white spots after orthodontic treatment with multibonded appliances. *Eur J Orthod*. 1986;8(4):229-34.
92. Årtun J, Osterberg SK, Kokich VG. Long-term effect of thin interdental alveolar bone on periodontal health after orthodontic treatment. *J Periodontol*. 1986;57(6):341-6.
93. Yamasaki K, Shibata Y, Imai S, Tani Y, Shibasaki Y, Fukuhara T. Clinical application of prostaglandin E 1 (PGE 1) upon orthodontic tooth movement. *Am J Orthod*. 1984;85(6):508-18.
94. Mohammed AH, Tatakis DN, Dziak R. Leukotrienes in orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1989;95(3):231-7.
95. Krishnan V, Davidovitch Z. Biologic orthodontics: Methods to accelerate or decelerate orthodontic tooth movement. In: Krishnan V, Davidovitch Z, editors. *Biological*

- Mechanisms of Tooth Movement. 2nd ed. West Sussex: John Wiley & Sons; 2015. p. 191-209.
96. Kanzaki H, Chiba M, Arai K, Takahashi I, Haruyama N, Nishimura M, et al. Local RANKL gene transfer to the periodontal tissue accelerates orthodontic tooth movement. *Gene Therapy*. 2006;13(8):678-85.
  97. Brooks PJ, Heckler AF, Wei K, Gong S-G. M-CSF accelerates orthodontic tooth movement by targeting preosteoclasts in mice. *Angle Orthod*. 2011;81(2):277-83.
  98. Yamasaki K, Miura F, Suda T. Prostaglandin as a mediator of bone resorption induced by experimental tooth movement in rats. *J Dent Res*. 1980;59(10).
  99. Yamasaki K, Shibata Y, Fukuhara T. The effect of prostaglandins on experimental tooth movement in monkeys (*Macaca fuscata*). *J Dent Res*. 1982;61(12):1444-6.
  100. Lee W. Experimental study of the effect of prostaglandin administration on tooth movement—with particular emphasis on the relationship to the method of PGE 1 administration. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1990;98(3):231-41.
  101. Leiker BJ, Nanda RS, Currier GF, Howes RI, Sinha PK. The effects of exogenous prostaglandins on orthodontic tooth movement in rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1995;108(4):380-8.
  102. Hashimoto F, Kobayashi Y, Mataka S, Kobayashi K, Kato Y, Sakai H. Administration of osteocalcin accelerates orthodontic tooth movement induced by a closed coil spring in rats. *Eur J Orthod*. 2001;23(5):535-45.
  103. Akin E, Gurton AU, Ölmez H. Effects of nitric oxide in orthodontic tooth movement in rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2004;126(5):608-14.
  104. Kaku M, Kohno S, Kawata T, Fujita T, Tokimasa C, Tsutsui K, et al. Effects of vascular endothelial growth factor on osteoclast induction during tooth movement in mice. *J Dent Res*. 2001;80(10):1880-3.
  105. Ong CK, Walsh LJ, Harbrow D, Taverne AA, Symons AL. Orthodontic tooth movement in the prednisolone-treated rat. *Angle Orthod*. 2000;70(2):118-25.
  106. Ashcraft MB, Southard KA, Tolley EA. The effect of corticosteroid-induced osteoporosis on orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1992;102(4):310-9.

107. Goldie RS, King GJ. Root resorption and tooth movement in orthodontically treated, calcium-deficient, and lactating rats. *Am J Orthod.* 1984;85(5):424-30.
108. Gianelly AA, Schnur RM. The use of parathyroid hormone to assist orthodontic tooth movement. *Am J Orthod.* 1969;55(3):305.
109. Takano-Yamamoto T, Kawakami M, Yamashiro T. Effect of age on the rate of tooth movement in combination with local use of 1, 25 (OH) 2D3 and mechanical force in the rat. *J Dent Res.* 1992;71(8):1487-92.
110. Kale S, Kocadereli Il, Atilla P, Aşan E. Comparison of the effects of 1, 25 dihydroxycholecalciferol and prostaglandin E 2 on orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004;125(5):607-14.
111. Collins MK, Sinclair PM. The local use of vitamin D to increase the rate of orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1988;94(4):278-84.
112. Liu ZJ, King GJ, Gu GM, Shin JY, Stewart DR. Does human relaxin accelerate orthodontic tooth movement in rats? *Ann N Y Acad Sci.* 2005;1041(1):388-94.
113. Sakuma Y, Li Z, Pilbeam CC, Alander CB, Chikazu D, Kawaguchi H, et al. Stimulation of cAMP production and cyclooxygenase-2 by prostaglandin E 2 and selective prostaglandin receptor agonists in murine osteoblastic cells. *Bone.* 2004;34(5):827-34.
114. Rifkin BR, Baker RL, Somerman MJ, Pointon SE, Coleman SJ, Au WY. Osteoid resorption by mononuclear cells in vitro. *Cell Tissue Res.* 1980;210(3):493-500.
115. Itonaga I, Sabokbar A, Neale SD, Athanasou NA. 1, 25-Dihydroxyvitamin D 3 and prostaglandin E 2 act directly on circulating human osteoclast precursors. *Biochem Biophys Res Commun.* 1999;264(2):590-5.
116. Magnusson P, Hager A, Larsson L. Serum osteocalcin and bone and liver alkaline phosphatase isoforms in healthy children and adolescents. *Pediatr Res.* 1995;38(6):955-61.
117. Brennan P, Thomas G, Langdon J. The role of nitric oxide in oral diseases. *Arch Oral Biol.* 2003;48(2):93-100.
118. D'Attilio M, Di Maio F, D'Arcangela C, Rita Filippi M, Felaco M, Lohinai Z, et al. Gingival endothelial and inducible nitric oxide synthase levels during orthodontic treatment: a cross-sectional study. *Angle Orthod.* 2004;74(6):851-8.

119. Zhang F, Richards L, Angel MF, Zhang J, Liu H, Dorsett-Martin W. Accelerating flap maturation by vascular endothelium growth factor in a rat tube flap model. *Br J Plast Surg.* 2002;55(1):59-63.
120. Kohno S, Kaku M, Kawata T, Fujita T, Tsutsui K, Ohtani J, et al. Neutralizing effects of an anti-vascular endothelial growth factor antibody on tooth movement. *Angle Orthod.* 2005;75(5):797-804.
121. Delany AM, Dong Y, Canalis E. Mechanisms of glucocorticoid action in bone cells. *J Cell Biochem.* 1994;56(3):295-302.
122. Lems W, Jacobs J, Van Rijn H, Bijlsma J. Changes in calcium and bone metabolism during treatment with low dose prednisone in young, healthy, male volunteers. *Clin Rheumatol.* 1995;14(4):420-4.
123. Reeve J, Zanelli JM. Parathyroid hormone and bone. *Clin Sci.* 1986;71(3):231-8.
124. Madan MS, Liu ZJ, Gu GM, King GJ. Effects of human relaxin on orthodontic tooth movement and periodontal ligaments in rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;131(1):8. e1-8. e10.
125. Rodan GA, Bourret LA, Norton LA. DNA synthesis in cartilage cells is stimulated by oscillating electric fields. *Science.* 1978;199(4329):690-2.
126. Lavine L, Lustrin I, Rinaldi R, Shamos M. Clinical and ultrastructural investigations of electrical enhancement of bone healing. *Ann N Y Acad Sci.* 1974;238(1):552-63.
127. Karanth H, Shetty K. Orthodontic tooth movement and bioelectricity. *Indian J Dent Res.* 2000;12(4):212-21.
128. Davidovitch Z, Finkelson MD, Steigman S, Shanfeld JL, Montgomery PC, Korostoff E. Electric currents, bone remodeling, and orthodontic tooth movement: II. Increase in rate of tooth movement and periodontal cyclic nucleotide levels by combined force and electric current. *Am J Orthod.* 1980;77(1):33-47.
129. Kawata T, Hirota K, Sumitani K, Umehara K, Yano K, Tzeng HJ, et al. A new orthodontic force system of magnetic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1987;92(3):241-8.
130. Stark TM, Sinclair PM. Effect of pulsed electromagnetic fields on orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1987;91(2):91-104.

131. Darendeliler MA, Zea A, Shen G, Zoeliner H. Effects of pulsed electromagnetic field vibration on tooth movement induced by magnetic and mechanical forces: a preliminary study. *Aust Dent J.* 2007;52(4):282-7.
132. Showkatbakhsh R, Jamilian A, Showkatbakhsh M. The effect of pulsed electromagnetic fields on the acceleration of tooth movement. *World J Orthod.* 2010;11(4):e52-e6.
133. Krishtab S, Doroshenko S, Liutik G. Use of vibratory action on the teeth to accelerate orthodontic treatment. *Stomatologiya.* 1986;65(3):61.
134. Nishimura M, Chiba M, Ohashi T, Sato M, Shimizu Y, Igarashi K, et al. Periodontal tissue activation by vibration: intermittent stimulation by resonance vibration accelerates experimental tooth movement in rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133(4):572-83.
135. Miles P, Smith H, Weyant R, Rinchuse DJ. The effects of a vibrational appliance on tooth movement and patient discomfort: a prospective randomised clinical trial. *Aust Orthod J.* 2012;28(2):213.
136. Leethanakul C, Suamphan S, Jitpukdeebodindra S, Thongudomporn U, Charoemratrote C. Vibratory stimulation increases interleukin-1 beta secretion during orthodontic tooth movement. *Angle Orthod.* 2015;86(1):74-80.
137. Üşümez S, Üşümez A. Dental lazer sistemleri ve ortodonti alanında kullanımları. *Türk Ortodonti Derg.* 2002;15(1):66-74.
138. Myers ML. The effect of laser irradiation on oral tissues. *J Prosthet Dent.* 1991;66(3):395-7.
139. Cernavin I, Pugatschew A, Boer N, Tyas MJ. Laser applications in dentistry: a review of the literature. *Aust Dent J.* 1994;39(1):28-32.
140. Einstein A. On the quantum mechanics of radiation (english translation). *Physikalische Zeitschrift.* 1917;18:121-8.
141. Maiman TH. Stimulated optical radiation by ruby. *Nature.* 1960;187:493-4.
142. Goldman L, Hornby P, Meyer R, Goldman B. Impact of the laser on dental caries. *Nature.* 1964;203:417.

143. Mester E, Ludany M, Seller M. The simulating effect of low power laser ray on biological systems. *Laser Rev.* 1968;1:3.
144. Schindl A, Schindl M, Pernerstorfer-Schön H, Schindl L. Low-intensity laser therapy: a review. *J Investig Med.* 2000;48(5):312-26.
145. Coluzzi DJ. An overview of laser wavelengths used in dentistry. *Dent Clin North Am.* 2000;44(4):753-65.
146. Strauss RA, Magid KS. Esthetics and Laser Surgery. In: Kenneth AW, editor. *Esthetic Dentistry: A Clinical Approach to Techniques and Materials.* 3rd ed. St. Louis: Elsevier Mosby; 2014. p. 446-54.
147. Kutsch VK. Lasers in dentistry: comparing wavelengths. *JADA.* 1993;124(2):49-54.
148. Pecaro BC, Garehime WJ. The CO<sub>2</sub> laser in oral and maxillofacial surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 1983;41(11):725-8.
149. White JM, Goodis HE, Rose CL. Use of the pulsed Nd: YAG laser for intraoral soft tissue surgery. *Lasers Surg Med.* 1991;11(5):455-61.
150. Keller U, Hibst R. Effects of Er: YAG laser in caries treatment: a clinical pilot study. *Lasers Surg Med.* 1997;20(1):32-8.
151. Finkbeiner RL. The results of 1328 periodontal pockets treated with the argon laser: Selective pocket thermolysis. *J Clin Laser Med Surg.* 1995;13(4):273-81.
152. Powell G, Ellis R, Blankenau R, Schouten J. Evaluation of argon laser and conventional light-cured composites. *J Clin Laser Med Surg.* 1995;13(5):315-7.
153. Walsh L. The current status of laser applications in dentistry. *Aust Dent J.* 2003;48(3):146-55.
154. Eells JT, Wong-Riley MT, VerHoeve J, Henry M, Buchman EV, Kane MP, et al. Mitochondrial signal transduction in accelerated wound and retinal healing by near-infrared light therapy. *Mitochondrion.* 2004;4(5):559-67.
155. Kim Y-D, Kim S-S, Kim S-J, Kwon D-W, Jeon E-S, Son W-S. Low-level laser irradiation facilitates fibronectin and collagen type I turnover during tooth movement in rats. *Lasers Med Sci.* 2010;25(1):25-31.



156. Yamaguchi M, Hayashi M, Fujita S, Yoshida T, Utsunomiya T, Yamamoto H, et al. Low-energy laser irradiation facilitates the velocity of tooth movement and the expressions of matrix metalloproteinase-9, cathepsin K, and alpha (v) beta (3) integrin in rats. *Eur J Orthod.* 2010;32(2):131-9.
157. Altan BA, Sokucu O, Ozkut MM, Inan S. Metrical and histological investigation of the effects of low-level laser therapy on orthodontic tooth movement. *Lasers Med Sci.* 2012;27(1):131-40.
158. Limpanichkul W, Godfrey K, Srisuk N, Rattanayatikul C. Effects of low level laser therapy on the rate of orthodontic tooth movement. *Orthod Craniofac Res.* 2006;9(1):38-43.
159. Goulart CS, Nouer PRA, Mouramartins L, Garbin IU, Lizarelli RdFZ. Photoradiation and orthodontic movement: experimental study with canines. *Photomed Laser Surg.* 2006;24(2):192-6.
160. Wong-Riley MT, Liang HL, Eells JT, Chance B, Henry MM, Buchmann E, et al. Photobiomodulation Directly Benefits Primary Neurons Functionally Inactivated by Toxins. Role of Cytochrome c oxidase. *J Biol Chem.* 2005;280(6):4761-71.
161. Ekizer A, Uysal T, Güray E, Akkuş D. Effect of LED-mediated-photobiomodulation therapy on orthodontic tooth movement and root resorption in rats. *Lasers Med Sci.* 2015;30(2):779-85.
162. Kau CH, Kantarci A, Shaughnessy T, Vachirammon A, Santiwong P, de la Fuente A, et al. Photobiomodulation accelerates orthodontic alignment in the early phase of treatment. *Prog Orthod.* 2013;14:30.
163. Ekizer A, Türker G, Uysal T, Güray E, Taşdemir Z. Light emitting diode mediated photobiomodulation therapy improves orthodontic tooth movement and miniscrew stability: A randomized controlled clinical trial. *Lasers Surg Med.* 2016.
164. Düker J. Experimental animal research into segmental alveolar movement after corticotomy. *J Maxillofac Surg.* 1975;3:81-4.
165. Frost H. The regional acceleratory phenomenon: a review. *Henry Ford Hosp Med J.* 1983;31(1):3.

166. Gantes B, Rathbun E, Anholm M. Effects on the periodontium following corticotomy-facilitated orthodontics. Case reports. *J Periodontol.* 1990;61(4):234-8.
167. Suya H. Corticotomy in orthodontics. Mechanical and biological basics in orthodontic therapy Heidelberg, Germany: Huthig Buch Verlag. 1991:207-26.
168. Wilcko WM, Wilcko MT, Bouquot J, Ferguson DJ. Rapid orthodontics with alveolar reshaping: two case reports of decrowding. *Int J Periodontics and Restorative Dent.* 2001;21(1):9-20.
169. Sebaoun J-D, Kantarci A, Turner JW, Carvalho RS, Van Dyke TE, Ferguson DJ. Modeling of trabecular bone and lamina dura following selective alveolar decortication in rats. *J Periodontol.* 2008;79(9):1679-88.
170. Liou EJ, Huang CS. Rapid canine retraction through distraction of the periodontal ligament. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;114(4):372-82.
171. Kişnişci RŞ, İşeri H, Tüz HH, Altug AT. Dentoalveolar distraction osteogenesis for rapid orthodontic canine retraction. *J Oral Maxillofac Surg.* 2002;60(4):389-94.
172. Kharkar V, Kotrashetti S, Kulkarni P. Comparative evaluation of dento-alveolar distraction and periodontal distraction assisted rapid retraction of the maxillary canine: a pilot study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2010;39(11):1074-9.
173. Wilcko W, Wilcko M, Bouquot J, Ferguson D. Accelerated orthodontics with alveolar reshaping. *J Orthod Practice.* 2000;11:63-70.
174. Wilcko MT, Wilcko WM, Bissada NF, editors. An evidence-based analysis of periodontally accelerated orthodontic and osteogenic techniques: a synthesis of scientific perspectives. *Sem Orthod;* 2008: Elsevier.
175. Murphy KG, Wilcko MT, Wilcko WM, Ferguson DJ. Periodontal accelerated osteogenic orthodontics: a description of the surgical technique. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009;67(10):2160-6.
176. Vercellotti T, Podesta A. Orthodontic microsurgery: a new surgically guided technique for dental movement. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2007;27(4):325.
177. Park YG, Kang SG, Kim SJ. Accelerated tooth movement by corticision as an osseous orthodontic paradigm. *Kinki Tokai Kyosei Shika Gakkai Gakujuysu Taikai, Sokai.* 2006;48:6-15.

178. Kim SJ, Park YG, Kang SG. Effects of corticision on paradental remodeling in orthodontic tooth movement. *Angle Orthod.* 2009;79(2):284-91.
179. Ileri Z, Akin M, Erdur EA, Dagi HT, Findik D. Bacteremia after piezocision. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014;146(4):430-6.
180. Teixeira C, Khoo E, Tran J, Chartres I, Liu Y, Thant L, et al. Cytokine expression and accelerated tooth movement. *J Dent Res.* 2010;89(10):1135-41.
181. Alikhani M, Raptis M, Zoldan B, Sangsuwon C, Lee YB, Alyami B, et al. Effect of micro-osteoperforations on the rate of tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;144(5):639-48.
182. Kim YS, Kim SJ, Yoon HJ, Lee PJ, Moon W, Park YG. Effect of piezopuncture on tooth movement and bone remodeling in dogs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;144(1):23-31.
183. Kim H-K, Moon S-C, Lee S-J, Park Y-S. Three-dimensional biometric study of palatine rugae in children with a mixed-model analysis: a 9-year longitudinal study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;141(5):590-7.
184. Hoggan BR, Sadowsky C. The use of palatal rugae for the assessment of anteroposterior tooth movements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001;119(5):482-8.
185. Dahlberg G. *Statistical Methods for Medical and Biological Students.* New York: Interscience Publications; 1940.
186. Brudvik P, Rygh P. Multi-nucleated cells remove the main hyalinized tissue and start resorption of adjacent root surfaces. *Eur J Orthod.* 1994;16(4):265-73.
187. Brudvik P, Rygh P. The initial phase of orthodontic root resorption incident to local compression of the periodontal ligament. *Eur J Orthod.* 1993;15(4):249-63.
188. Nakamoto N, Nagasaka H, Daimaruya T, Takahashi I, Sugawara J, Mitani H. Experimental tooth movement through mature and immature bone regenerates after distraction osteogenesis in dogs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002;121(4):385-95.
189. Vargervik K, Harvold EP. Response to activator treatment in Class II malocclusions. *Am J Orthod.* 1985;88(3):242-51.

190. Epker BN, Fish LC. The surgical-orthodontic correction of mandibular deficiency. Part I. *Am J Orthod.* 1983;84(5):408-21.
191. Harnick DJ. Case report: Class II correction using a modified Wilson bimetric distalizing arch and maxillary second molar extraction. *Angle Orthod.* 1998;68(3):275-80.
192. Kocadereli II. The effect of first premolar extraction on vertical dimension. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;116(1):41-5.
193. Basciftci FA, Usumez S. Effects of extraction and nonextraction treatment on class I and class II subjects. *Angle Orthod.* 2003;73(1):36-42.
194. Gianelly AA. Arch width after extraction and nonextraction treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003;123(1):25-8.
195. Bulut H. Erişkinlerde Ortodonti: Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir; 1994: 109.
196. Dudic A, Giannopoulou C, Kiliaridis S. Factors related to the rate of orthodontically induced tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;143(5):616-21.
197. Kojima Y, Fukui H. Numerical simulation of canine retraction by sliding mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005;127(5):542-51.
198. Tosun Y. Sabit Ortodontik Aparentlerin Biyomekanik Prensipleri. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi; 1999: 246.
199. Kim T, Suh J, Kim N, Lee M. Optimum conditions for parallel translation of maxillary anterior teeth under retraction force determined with the finite element method. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137(5):639-47.
200. Tominaga J-y, Tanaka M, Koga Y, Gonzales C, Kobayashi M, Yoshida N. Optimal loading conditions for controlled movement of anterior teeth in sliding mechanics: A 3D finite element study. *Angle Orthod.* 2009;79(6):1102-7.
201. Papadopoulos MA, Tarawneh F. The use of miniscrew implants for temporary skeletal anchorage in orthodontics: a comprehensive review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007;103(5):e6-e15.

202. Deguchi T, Nasu M, Murakami K, Yabuuchi T, Kamioka H, Takano-Yamamoto T. Quantitative evaluation of cortical bone thickness with computed tomographic scanning for orthodontic implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;129(6):721. e7-. e12.
203. Hu K-S, Kang M-K, Kim T-W, Kim K-H, Kim H-J. Relationships between dental roots and surrounding tissues for orthodontic miniscrew installation. *Angle Orthod.* 2009;79(1):37-45.
204. Usumez A, Cengiz B, Oztuzcu S, Demir T, Aras MH, Gutknecht N. Effects of laser irradiation at different wavelengths (660, 810, 980, and 1,064 nm) on mucositis in an animal model of wound healing. *Lasers Med Sci.* 2014;29(6):1807-13.
205. El-Zanaty HM, El-Beialy AR, El-Ezz AMA, Attia KH, El-Bialy AR, Mostafa YA. Three-dimensional dental measurements: an alternative to plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137(2):259-65.
206. Keating AP, Knox J, Bibb R, Zhurov AI. A comparison of plaster, digital and reconstructed study model accuracy. *J Orthod.* 2008;35(3):191-201.
207. Fleming P, Marinho V, Johal A. Orthodontic measurements on digital study models compared with plaster models: a systematic review. *Orthod Craniofac Res.* 2011;14(1):1-16.
208. Juan X, Hongbo L. Image superimposition method in tooth movement and arch dimension changes evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;139(5):575-6.
209. Jang I, Tanaka M, Koga Y, Iijima S, Yozgatian JH, Cha BK, et al. A novel method for the assessment of three-dimensional tooth movement during orthodontic treatment. *Angle Orthod.* 2009;79(3):447-53.
210. Chen G, Chen S, Zhang X, Jiang R, Liu Y, Shi F, et al. Stable region for maxillary dental cast superimposition in adults, studied with the aid of stable miniscrews. *Orthod Craniofac Res.* 2011;14(2):70-9.
211. Nalcaci R, Kocoglu-Altan AB, Bicakci AA, Ozturk F, Babacan H. A reliable method for evaluating upper molar distalization: Superimposition of three-dimensional digital models. *Korean J Orthod.* 2015;45(2):82-8.

212. Talaat S, Kaboudan A, Breuning H, Ragy N, Elshebiny T, Kula K, et al. Reliability of linear and angular dental measurements with the OrthoMechanics Sequential Analyzer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015;147(2):264-9.
213. Carlos Quintero J, Trosien A, Hatcher D, Kapila S. Craniofacial imaging in orthodontics: historical perspective, current status, and future developments. *Angle Orthod.* 1999;69(6):491-506.
214. Athanasiou AE. *Orthodontic Cephalometry.* 1st ed. London: Mosby-Wolfe; 1995: 105.
215. Aylıkçı Ö. Farklı Kuvvet Tiplerinin Ortodontik Diş Hareketine Etkilerinin Değerlendirilmesi: Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kayseri; 2013: 185.
216. Özkan S. Direkt ve İndirekt İskeletsel Ankraj Kullanılarak Yapılan İki Farklı Kanin Distalizasyon Tekniğinin Etkinliklerinin Karşılaştırılması: Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Trabzon; 2012: 119.
217. Davis H, Usiskin L. Retraction of canines with axial control using extra-oral traction. *Br J Orthod.* 1981;8(1):23-30.
218. Sayin S, Bengi AO, Gürton AU, Ortakoğlu K. Rapid canine distalization using distraction of the periodontal ligament: a preliminary clinical validation of the original technique. *Angle Orthod.* 2004;74(3):304-15.
219. Hayashi K, Uechi J, Murata M, Mizoguchi I. Comparison of maxillary canine retraction with sliding mechanics and a retraction spring: a three-dimensional analysis based on a midpalatal orthodontic implant. *Eur J Orthod.* 2004;26(6):585-9.
220. Oz AA, Arici N, Arici S. The clinical and laboratory effects of bracket type during canine distalization with sliding mechanics. *Angle Orthod.* 2011;82(2):326-32.

## EKLER

## EK-1: ETİK KURUL KARARI

ERCIYES ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU				
ETİK KURULUN ADI	: ERCİYES ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU			
AÇIK ADRES	: Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı Melikgazi/KAYSERİ			
TELEFON	: 0 352 437 40 10 - 11			
FAKS	: 0 352 437 52 85			
E-POSTA	: byancar@erciyes.edu.tr			
BAŞVURU BİLGİLERİ	ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Düşük doz lazer ve piezocision uygulamalarının kanın distalizasyonu sırasında ortodontik diş hareket hızı üzerine etkilerinin incelenmesi		
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜNÜN KODU			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI ÜNVANI/ADI/SOYADI	Prof.Dr. İbrahim Yavuz		
	KOORDİNATÖR SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Ortodonti		
	KOORDİNATÖRÜN ÜNVANI/ADI/SOYADI	Prof.Dr. İbrahim Yavuz		
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi /Kayseri		
	DESTEKLEYİCİ			
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ			
	ARAŞTIRMA FAZI	FAZ 1	<input type="checkbox"/>	
		FAZ 2	<input type="checkbox"/>	
FAZ 3		<input type="checkbox"/>		
FAZ 4		<input type="checkbox"/>		
ARAŞTIRMANIN TÜRÜ	Yeni Bir Endikasyon	<input type="checkbox"/>		
	Yüksek Doz Araştırması	<input type="checkbox"/>		
	Diğer İse Belirtiniz	<input checked="" type="checkbox"/>	Uzmanlık Tezi	
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEKMERKEZ <input checked="" type="checkbox"/>	ÇOKMERKEZ <input type="checkbox"/>	ULUSAL <input checked="" type="checkbox"/> ULUSLARARASI <input type="checkbox"/>	
DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	BELGE ADI	Tarihi	Versiyon Numarası	
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ			
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GONÜLLÜ OLUR FORMU			
	OLGU RAPOR FORMU			
ARAŞTIRMA BROŞÜRÜ				
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	BELGE ADI	Açıklama		
	TÜRKÇE ETİKET ÖRNEĞİ	<input type="checkbox"/>		
	SİGORTA	<input type="checkbox"/>		
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	<input type="checkbox"/>		
	BIYOLOJİK MATERYEL TRANSFERFORMU	<input type="checkbox"/>		
	HASTA KARTI/GÜNLÜKLERİ	<input type="checkbox"/>		
	İLAN	<input type="checkbox"/>		
	YILLIK BİLDİRİM	<input type="checkbox"/>		
SONUÇ RAPORU	<input type="checkbox"/>			
<p style="text-align: center;"><b>ASLI GİBİDİR</b></p> <p style="text-align: center;"><b>T.C.</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Bahri YANCAR</b></p> <p style="text-align: center;">Fakülte Şefi</p>				
<p>Etik Kurul Başkanının Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Ruhan DÜŞÜNSEL</p> <p>İmza:</p>				



DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	GÜVENLİK BİLDİRİMLERİ	<input type="checkbox"/>	
	DİĞER	<input type="checkbox"/>	



KARAR BİLGİLERİ	Karar No : 2014/251	Karar Tarihi : 18.04.2014
	Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup, araştırmanın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir.	

## ERCİYES ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU

ÇALIŞMA ESASI	Klinik Araştırmalar Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamalar Kılavuzu
---------------	--

ETİK KURUL BAŞKANI UNVANI/ADI/SOYADI : Prof. Dr. Ruhan DÜŞÜNSEL

## ETİK KURUL ÜYELERİ

Ünvanı/ Adı Soyadı Ek Üyelği	Uzmanlık Dalı	Kurumu	Cinsiyeti	İlişki (*)	Katılım (**)	İmza
Prof. Dr. Ruhan DÜŞÜNSEL	Çocuk Sağ. ve Hast.	E.Ü. Tıp Fak.	E <input type="checkbox"/> K <input checked="" type="checkbox"/> X	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/> X	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Sami AYDOĞAN	Fizyoloji	E.Ü. Tıp Fak.	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/> X	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Karamehmet YILDIZ	Anest. ve Rean.	E.Ü. Tıp Fak.	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/> X	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Salih KUK	Tıbbi Parazitoloji	E.Ü. Tıp Fak.	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/> X	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Kemal DENİZ	Patoloji	E.Ü. Tıp Fak.	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/> X	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Musa KARAKÜKÇÜ	Çocuk Sağ. ve Hast.	E.Ü. Tıp Fak.	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/> X	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Hüseyin ARINÇ	Kardiyoloji	Kayseri Eğitim Hastanesi	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/> X	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Erdem KILIÇ	Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi	E.Ü. Diş Hek. Fak.	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/> X	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Aydın ÜNAL	İç Hastalıklar	E.Ü. Tıp Fak.	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/> X	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Yard. Doç. Dr. Afra YILDIRIM	Radyoloji	E.Ü. Tıp Fak.	E <input type="checkbox"/> K <input checked="" type="checkbox"/> X	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/> X	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Yard. Doç. Dr. Zafer SEZER	Farmakoloji	E.Ü. Tıp Fak.	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/> X	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Yard. Doç. Dr. Ferhan ELMALI	Biyostatistik	E.Ü. Tıp Fak.	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/> X	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Av. Zafer Tuğrul SARIASLAN	Avukat	Hukuk Müşaviri	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/> X	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Ecz. Şükran TERZİ	Eczacı	Serbest Eczacı	E <input type="checkbox"/> K <input checked="" type="checkbox"/> X	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/> X	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Serkan KARACA	Sivil Üye	Öğretmen	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/> X	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	

Etik Kurul Başkanının  
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Ruhan DÜŞÜNSEL  
İmza:



**EK-2: BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU**  
**ERCİYES ÜNİVERSİTESİ DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ ORTODONTİ**  
**ANABİLİM DALI ÇEKİMLİ ORTODONTİK TEDAVİ BİLGİLENDİRİLMİŞ**  
**GÖNÜLLÜ OLUR FORMU (BGOF)**

**1. BÖLÜM: BİLGİLENDİRME**

Muayene, fotoğraf, alçı model ve röntgen filmi incelemeleri sonucunda ortodontik sorununuzun, diş boyu ile dişlerin üzerinde olduğu çene kemiği arasındaki boyut uyumsuzluğundan kaynaklanan çapraşıklık olduğu ve dişlerin düzgün sıralanması için çene kemiği üzerinde yeterli yer olmadığı tespit edilmiştir. Bu problemin düzeltilmesi dişlerinizin ilerideki sağlıkları açısından gereklidir.

Bu çapraşıklığı gidermek amacıyla uygulanacak çeşitli yöntemler mevcuttur. Yer darlığı miktarına göre boyutu büyük olan dişlerin ara yüzeylerinden minimal miktarda aşındırmalar yapılabilir veya dişler biyolojik sınırlar çerçevesinde yer kazanacak şekilde hareket ettirilebilir. Ancak çapraşıklık fazla miktarda olduğunda, yer kazanmak için uygulanabilecek en etkin yöntem diş çekimidir.

Diş çekimi yapıldıktan sonra dişleri ideal şekilde sıralamak için geleneksel yöntemler mevcuttur. Normal ortodontik tedavi sürecinde dişlerin düzgün sıralanması için belirli bir süreye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sürenin uzun olması halinde ortodontik tedavinin diş köklerinde erime, dişetlerinde büyüme ve çevre kemik dokuda çekilmelere sebep olma, hastaların motivasyonlarının kırılması, kullanılan mekanik parçalardaki yıpranma gibi yan etkileri ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenlerle ortodontik tedavilerdeki temel amaç istenilen sonuca en kısa sürede ulaşabilmektir. Tedavi süresinin kısaltmak amacıyla, çekim yapılan bölgeye ve bu bölgeye komşu dişlere, lazer ışığı uygulamasıyla ve yine bu bölgeler yapılacak diş eti ve altındaki kemiğe uygulanan kesiler ile bu bölgelerdeki hücreler uyarılarak biyostimülasyon uygulanabilir. Lazer ışığı kullanılarak ve ya diş etinde ve onun altındaki kemikte yapılan kesiler ile dişlere ve dişlerin çevre dokularına uyarı verilmekte ve dişler daha hızlı hareket etmektedir. Bu da tedavi süresini kısaltmaktadır. Bu amaçla kliniğimizde bu yöntem ile tedavi edilmesi gereken hastalarımızın klinik kayıtlarından faydalanacağımız bir araştırma planlanmıştır.

Bu araştırmanın adı; **Düşük Doz Lazer ve Piezosizyon Uygulamalarının Kanin Distalizasyonu Sırasında Ortodontik Diş Hareket Hızı Üzerine Etkilerinin İncelenmesi**'dir.

**Araştırmanın amacı:** Bu çalışmanın amacı ortodontik tedavi sırasında düşük doz lazer ve piezocision uygulamalarının, ortodontik diş hareketi hızı üzerindeki etkilerinin aynı birey üzerinde karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesidir.

Çalışmanın sağlıklı sonuç verebilmesi için gereken gönüllü sayısı '20' dir.

Teşhis için başlangıç lateral sefalometrik radyograflar, ölçüler ve ortodontik fotoğraflar alınacaktır. Tedavi süresince diş hareket hızı ve miktarını belirlemek amacıyla sefalometrik ve panoramik film, ortodontik model kayıtları ve periodontal ölçüm kayıtları alınacaktır. Hastalara tedavi boyunca ağız hijyenlerini istenilen seviyede tutabilmeleri için gerekli bilgi ve motivasyon sağlanacaktır.

Diş hareket hızını arttırmak amacıyla dişetine ve altındaki kemiğe uygulanacak kesi işlemi sırasında ve sonrasında komplikasyonlar ortaya çıkabilir. Bu riskler, kesiler esnasında yandaki dişlerin zarar görmesi, diş köklerinde ameliyata bağlı kırık, ameliyat sonrasında ilgili bölgede dişeti çekilmesi olarak sıralanabilir. Bu durumda eğer herhangi bir dişinizi kaybederseniz ortodontik tedaviniz ona göre tekrar düzenlenecek ve o bölge kapatılacaktır. Dişeti çekilmesi oluşur ise ortodontik tedavi ile dişiniz dişeti içine doğru hareketlendirilerek sorun çözülecek veya tedaviniz sonrasında bölgeye dişeti nakli yapılacaktır. Bu cerrahi işlem dışında, ortodontik tedavi süresince tedavinin gerektirdiği şekilde ve hekimin uyarıları doğrultusunda hareket edildiği takdirde tedavi başka bir risk içermemektedir. Ağız hijyenine dikkat edilmesi, önerilen hijyen sağlama yöntemleri ve araçlarının önerilen biçimde ve sıklıkta kullanılması ile istenmeyen etkiler önlenmiş olacaktır. Hastanın tedavi boyunca diyet şeklinin değiştirilmesi (klinikimizde her ortodontik tedavi hastası ağızındaki mekaniklerin zarar görmemesi için asitli yiyeceklerden uzak durması, sert olanları dilimleyerek veya pişirerek, çekirdekli olanları çekirdeklerini çıkararak yemesi konusunda uyarılır.) ve bir takım alışkanlıklarının tedavi sonuna kadar terkedilmesi (hastanın uğraştığı bir spor dalı vücuduna veya yüzüne darbe almasına neden olabilecekse tüm ortodontik tedavilerde tedavi süresi içinde dikkatli olması ve mümkünse bırakması istenir. Ayrıca diş sıkma, gıcırdatma, alt çeneyi yanlara kaydırma, dili öne çıkarma, parmak emme vb. zararlı alışkanlıkları da bırakması öğütlenir.) istenecektir. Hekim hastayı ortalama 4 haftada 1 kez görmek isteyecektir. Ancak çekim boşluğunun kapatılmasına başlandığı seanstan itibaren hekim hastayı ilk gün, 3.gün, 7.gün, 14.gün, 21.gün, 28.gün, 56.gün ve 72.günlerde görmek isteyecektir. Daha sonra başlangıçta olduğu gibi hastanın ortalama

4 haftada 1 kez görülmesi planlanmaktadır. Hastanın randevularına zamanında gelmesi ve aksatmaması tedavinin etkinliği açısından son derece önemlidir.

Bu araştırmaya katılım hastanın isteğine bağlıdır, hasta istediği zaman herhangi bir ceza veya yaptırıma maruz kalmaksızın araştırmaya katılmaktan vazgeçebilir.

Hastanın kimliğini ortaya koyacak kayıtlar gizli tutulacaktır; kamuoyuna açıklanmayacak; araştırma sonuçlarının yayımlanması halinde bile hastanın kimliği gizli kalacaktır.

Araştırma süresince ulaşılabilecek hekim; Gökhan TÜRKER

Telefon numarası: 0 506 667 5817

## 2. BÖLÜM: GÖNÜLLÜ OLURU

Yukarıdaki metni okudum. Gerekli olan ve yapılması gereken tedavi ve alınması gereken kayıtlar hakkında bana doktorum Gökhan TÜRKER tarafından yazılı ve sözlü açıklamalar yapıldı. Araştırmaya gönüllü olarak katıldığımı, **“istediğim zaman gerekçeli veya gerekçesiz olarak araştırmadan ayrılabilceğimi ve kendi isteğime bakılmaksızın araştırmacı tarafından araştırma dışı bırakılabileceğimi biliyorum”**

Söz konusu araştırmaya, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın kendi rızamla katılmayı ve alınan bu kayıtların ve tedavi sonuçlarının ulusal ve uluslararası dergilerde **kullanılmasını kabul ediyorum.**

### **Hastanın:**

Adı soyadı, adresi, telefonu, tarih ve imzası:

Yasal yeterliliği olmayan hastalar için hastanın velisi / yasal vasisi tarafından doldurulacaktır.

### **Hasta velisinin:**

Adı soyadı, adresi, telefonu, tarih ve imzası:

### **Açıklamaları yapan doktorun ( Araştırmacının):**

Adı soyadı ve imzası

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Gökhan TÜRKER

Uyruğu: Türkiye (TC)

Doğum Tarihi ve Yeri: 02.05.1987/DÖRTYOL

Medeni Durumu: Evli

Tel: + 90 506 667 5817

Fax:

E mail: gokhanturker532@hotmail.com

Yazışma Adresi: Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti AD 38039

Melikgazi/KAYSERİ

### EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2009
Lise	Gaziantep Vehbi Dinçerler Fen Lisesi	2004

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2012- Halen	ERÜ Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti AD	Araştırma Görevlisi

### YABANCI DİL

İngilizce