



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTODONTİ ANABİLİM DALI

**PERİODONTAL LİGAMENT DİSTRAKSİYONUNUN
ORTODONTİK DİŞ HAREKETİ ÜZERİNE OLAN
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Dt. Hande USTA

Samsun

Kasım-2016



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTODONTİ ANABİLİM DALI

**PERİODONTAL LİGAMENT DİSTRAKSİYONUNUN
ORTODONTİK DİŞ HAREKETİ ÜZERİNE OLAN
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Dt. Hande USTA

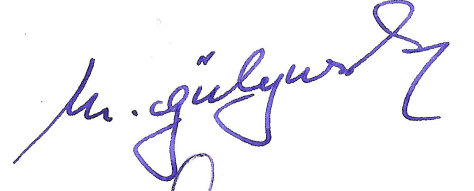
**Danışman
Prof.Dr. Selim ARICI**

**Samsun
Kasım-2016**

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Hande USTA tarafından Prof. Dr. Selim ARICI danışmanlığında hazırlanan “Periodontal Ligament Distraksiyonun Ortodontik Diş Hareketi Üzerine Olan Etkilerinin İncelenmesi” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından 28/11/2016 tarihinde yapılan sınav ile Ortodonti Anabilim Dalında DOKTORA Tezi olarak kabul edilmiştir.

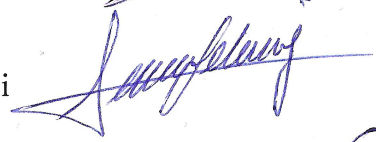
Başkan : Prof. Dr. Muzaffer GÜLYURT, Biruni Üniversitesi



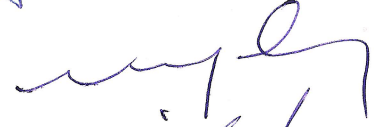
Üye : Prof. Dr. Metin ORHAN, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi



Üye : Prof. Dr. Selim ARICI, Ondokuz Mayıs Üniversitesi



Üye : Doç. Dr. Nursel ARICI, Ondokuz Mayıs Üniversitesi



Üye : Yrd. Doç. Dr. İlker KESKİNER, Ondokuz Mayıs Üniversitesi



ONAY

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

.... / /

Prof. Dr. Ahmet UZUN
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim ve tez çalışmam sırasında tecrübesini, bilgisini ve zamanını esirgemeyen, yol gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Selim Arıcı' ya,

Mesleki eğitimimdeki değerli katkılarından dolayı değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Tamer Türk, Sayın Prof. Dr. Mete Özer, Sayın Doç. Dr. Selma Elekdağ Türk' e,

Doktora tezimin hazırlanmasındaki değerli katkılarından dolayı Sayın Doç. Dr. Nursel Arıcı' ya,

Tez çalışmam sırasında hastalarımın tüm cerrahi işlemlerini özveri ile gerçekleştiren ve başka bir anabilim dalıyla birlikte çalışmayı kolaylaştıran Sayın Doç. Dr. Nilüfer Özkan' a,

Çalışmalarım sırasında desteğini esirgemeyen tez izleme komitemdeki değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. İlker Keskiner' e,

İhtiyacım olduğunda her konuda desteklerini hissettiğim yeri geldiğinde benim için birer abla ve ağabey olan Sayın Yrd. Doç. Dr. Sabahat Yazıcıoğlu' na, Sayın Yrd. Doç. Dr. Aslıhan Zeynep Öz ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Abdullah Alper Öz' e,

Birlikte çalıştığım, çalışmaktan zevk aldığım başta Semiha Arslan, Erman Canlı, Tuğba Haliloğlu Özkan, Feyza Gedik olmak üzere bütün araştırma görevlisi ve doktora öğrencisi arkadaşlarıma,

Klinikte çalışmaya başladığım günden beri yardım ve sevecenlikleri ile yanımda olan klinik ve laboratuvardaki çalışma arkadaşlarıma,

En dar vakitte imdadıma yetişen, kısa zamanda gerekli malzemeyi bana temin eden Bahadır Tıbbi Aletler A.Ş. ve Sayın Yakup Bahadır' a ve Sayın Nadir Yaman' a,

Doktora eğitimim boyunca bana destek sağlayan TÜBİTAK Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı' na,

Hayattaki en büyük destekçilerim, koşulsuz her anımda yanımda olan sevgili canım ailem; babam Fahrettin Usta'ya, annem Gülseren Usta'ya, kardeşim ve en yakın arkadaşım Emre Usta'ya sonsuz teşekkürler...

Bu çalışma, 114S510 proje numarası ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

ÖZET

PERİODONTAL LİGAMENT DİSTRAKSİYONUNUN ORTODONTİK DİŞ HAREKETİ ÜZERİNE OLAN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Amaç: Bu çalışmada, periodontal ligament distraksiyonunun (PLD) kanin dişin distalizasyon hızı, rotasyonu ve devrilme miktarı ile birinci molar dişlerdeki ankraj kaybına ve periodontal dokular üzerine olan etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot: Çalışmaya yaş ortalamaları $16,28 \pm 1,09$ yıl olan ve alt ve/veya üst premolar diş çekimi gerektiren 32 birey dahil edilmiştir. 17 hastada kanin distalizasyonu PLD tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kontrol grubunda (CONT), 15 hastada, NiTi coil yaylar ile 150 grf uygulanarak kanin distalizasyonu yapılmıştır. Kanin distalizasyonu sırasında dişlerde meydana gelen konumsal ve açısal değişimler dijital ortodontik modeller üzerinde değerlendirilmiştir. Ayrıca tedavi sırasında periodontal dokularda meydana gelen değişimleri değerlendirmek amacıyla periodontal ölçümler yapılmıştır.

Bulgular: Kanin distalizasyon hızı açısından gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak çok çok anlamlıdır. Molar ankraj kaybı değerlendirildiğinde gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. Distopalatinal rotasyon miktarı açısından fark istatistiksel olarak çok çok anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Üst kanin dişin devrilme miktarında istatistiksel olarak çok çok anlamlı derecede fark vardı. Plak indeksi ve gingival indeks açısından gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. Kanin distalizasyonu sonunda cep derinliği verilerinde gruplar arasında anlamlı bir farklılık meydana gelmiştir.

Sonuç: Periodontal ligament distraksiyonu ile yapılan hızlı kanin distalizasyonu, herhangi bir komplikasyona neden olmaksızın konvansiyonel yöntemlere alternatif olarak kanin distalizasyonu süresini kısaltmak için kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Hızlandırılmış diş hareketi, kanin distalizasyonu, ortodontik diş hareketi, periodontal ligament distraksiyonu

Hande USTA, Doktora Tezi
Ondokuz Mayıs Üniversitesi - Samsun, Kasım, 2016

ABSTRACT

EVALUATION OF THE EFFECT OF PERIODONTAL LIGAMENT DISTRACTION ON THE ORTHODONTIC TOOTH MOVEMENT

Aim: In this study, the effect of periodontal ligament distraction (PLD) on the distalization rate, rotation amount and tipping of the canine teeth, anchorage loss and periodontal status during orthodontic treatment were investigated.

Material and Method: Thirty-two individuals who had lower and/or upper first premolar extractions and with a mean age of $16,28 \pm 1,09$ years were used in this study. Canine distalization was performed with PLD technique in the 17 patients. For control group (CONT), NiTi coil springs were applied with 150 grf during canine distalization in the 15 patients. Changes in the position and angulation of the teeth during canine distalization were evaluated on digital orthodontic models. Periodontal measurements were also made to evaluate changes in periodontal tissues during treatment.

Results: The difference between the PLD and CONT groups in terms of the rate of canine distalization is statistically very significant. When molar anchorage loss was evaluated, the difference between the groups was not statistically significant. The difference in the amount of distopalatal rotation was statistically very significant. There was a statistically very significant difference in the amount of upper canine tipping between the groups. No statistically significant difference were found between the groups for plaque and gingival index measurements. A significant difference in pocket depth has occurred between the groups at the end of the canine distalization period.

Conclusion: Rapid canine distalization done with the periodontal ligament distraction could be used to shorten the duration of treatment as an alternative to conventional methods without causing any complications.

Keywords: Accelerated tooth movement, canine distalization, orthodontic tooth movement, periodontal ligament distraction

Hande USTA, PhD, Thesis
Ondokuz Mayıs University - Samsun, November, 2016

SİMGELER ve KISALTMALAR

1,25-DHCC	: 1,25 dihidroksikolekalsiferol
cAMP	: Siklik Adenozin Monofosfat
cGMP	: Siklik Guanozin Monofosfat
CD	: Cep Derinliği
CONT	: Kontrol
DD	: Dentoalveolar Distraksiyon
GI	: Gingival İndeks
IL-1	: İnterlökin 1
LR3TP	: Alt sağ kanin dişin tüberkül tepe noktası
LL3TP	: Alt sol kanin dişin tüberkül tepe noktası
LR3MP	: Alt sağ kanin dişin mezial teğet noktası
LL3MP	: Alt sol kanin dişin mezial teğet noktası
LR3DP	: Alt sağ kanin dişin distal teğet noktası
LL3DP	: Alt sol kanin dişin distal teğet noktası
UR3LA	: Alt sağ kanin dişinin uzun aksı
UL3LA	: Alt sol kanin dişinin uzun aksı
LR5MP	: Alt sağ ikinci premolar dişin mezial teğet noktası
LL5MP	: Alt sol ikinci premolar dişin mezial teğet noktası
LR6TP	: Alt sağ birinci molar dişin meziyopalatinal tüberkül tepe noktası
LL6TP	: Alt sol birinci molar dişin meziyopalatinal tüberkül tepe noktası
M-CSF	: Makrofaj Koloni Stimule Edici Faktör
ML	: Ortodontik modelin orta hattı
MMP-1	: Metalloproteinaz-1
MTDLD	: Monokortikal Diş Dislokasyonu ve Ligament Distraksiyonu
NiTi	: Nikel Titanyum
OPG	: Osteoprotegrin
PD	: Periodontal Distraksiyon
PGE	: Prostaglandin E
PI	: Plak İndeksi
PLD	: Periodontal Ligament Distraksiyonu
RANKL	: Nükleer Faktör Kappa-B Reseptör Aktivatörü

RAP	: Bölgesel Hızlanma Fenomeni (Regional Acceleratory Phenomenon)
TNF	: Tümör Nekroz Faktör
TXL3Dist	: X aşamasına ait alt kanin dişin distalizasyon miktarı
TXLSpace	: X aşamasına ait alt çenedeki çekim boşluğu miktarı
TXL6Mez	: X aşamasına ait alt molar dişin mezializasyon miktarı
TXL3Rot	: X aşamasına ait alt kanin dişin distopalatinal rotasyon değeri
TXL3Tip	: X aşamasına ait alt kanin dişin devrilme miktarı
TXU3Dist	: X aşamasına ait üst kanin dişin distalizasyon miktarı
TXUSpace	: X aşamasına ait üst çenedeki çekim boşluğu miktarı
TXU6Mez	: X aşamasına ait üst molar dişin mezializasyon miktarı
TXU3Rot	: X aşamasına ait üst kanin dişin distopalatinal rotasyon değeri
TXU3Tip	: X aşamasına ait üst kanin dişin devrilme miktarı
UR3TP	: Üst sağ kanin dişin tüberkül tepe noktası
UL3TP	: Üst sol kanin dişin tüberkül tepe noktası
UR3MP	: Üst sağ kanin dişin mezial teğet noktası
UL3MP	: Üst sol kanin dişin mezial teğet noktası
UR3DP	: Üst sağ kanin dişin distal teğet noktası
UL3DP	: Üst sol kanin dişin distal teğet noktası
UR3LA	: Üst sağ kanin dişinin uzun aksı
UL3LA	: Üst sol kanin dişinin uzun aksı
UR5MP	: Üst sağ ikinci premolar dişin mezial teğet noktası
UL5MP	: Üst sol ikinci premolar dişin mezial teğet noktası
UR6TP	: Üst sağ birinci molar dişin meziyopalatinal tüberkül tepe noktası
UL6TP	: Üst sol birinci molar dişin meziyopalatinal tüberkül tepe noktası

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
SİMGELER VE KISALTMALAR	vi
İÇİNDEKİLER	viii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Ortodontik Diş Hareketi	5
2.1.1. Ortodontik Diş Hareketi Oluşum Mekanizmaları	5
2.1.2. Ortodontik Diş Hareketinin Fazları	10
2.1.3. Ortodontik Diş Hareketini Etkileyen Faktörler	12
2.1.4. Ortodontik Diş Hareketinin Yan Etkileri	15
2.2. Ortodontide Hızlı Diş Hareketi Uygulamaları	16
2.2.1. Braket/Ark Teli Ara Yüzeyinde Sürtünmeyi Azaltan Uygulamalar	17
2.2.2. Kimyasal Uygulamalar	18
2.2.3. Mekanik-Fiziksel Uygulamalar	22
2.2.4. Cerrahi Uygulamalar	24
2.3. Distraksiyon Osteogenezis	28
2.3.1. Distraksiyon Osteogenezis Teknikleri.....	30
2.3.2. Distraksiyon Osteogenezis Biyolojisi.....	31
2.3.3. Distraksiyon Osteogenezis Fazları	32
2.4. Periodontal Ligament Distraksiyonu.....	35
3. BİREY ve YÖNTEM	41
3.1. Birey	41
3.1.1. Araştırma Gruplarının Oluşturulması.....	42
3.2. Yöntem	42
3.2.1. PLD Grubunda Tedavi Protokolü.....	43
3.2.2. Kontrol Grubunda Tedavi Protokolü.....	47
3.2.3. Dijital Ortodontik Modeller Üzerinde Yapılan Ölçüm Yöntemleri	52
3.2.4. Periodontal İndeks Ölçümleri.....	65
3.3. İstatiksel Analizler	66

4. BULGULAR	68
4.1 Grup İçi Karşılaştırmalar.....	68
4.1.1. Dijital Ortodontik Modeller Üzerinde Yapılan Ölçümler	68
4.1.2. Kanin Distalizasyon Hızı.....	73
4.1.3. Periodontal İndeks Ölçümleri.....	75
4.2. Gruplar Arası Karşılaştırmalar	77
4.2.1. Dijital Ortodontik Modellerde Yapılan Ölçümler	77
4.2.2. Periodontal İndeks Ölçümleri.....	84
5. TARTIŞMA	88
5.1. Amaç	88
5.2. Birey	89
5.3. Yöntem.....	90
5.3.1. Tedavi Protokolü	90
5.3.2. Dijital Ortodontik Modeller Üzerinde Yapılan Ölçüm Yöntemleri	94
5.4. Bulgular.....	98
5.4.1. Dijital Ortodontik Modellerde Yapılan Ölçümler	98
5.4.2. Periodontal İndeks Ölçümleri.....	103
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	105
KAYNAKLAR	106
EKLER	120
ÖZGEÇMİŞ	152

1. GİRİŞ

'Ortodonti' kelimesi Yunanca 'da doğru ve düz anlamlarına gelen 'orthos' ile diş anlamını taşıyan 'odontos' kelimelerinin birleştirilmesiyle oluşturulmuş bir terimdir.

Çapraşık, düzensiz, fırlak dişler antik çağlardan beri problem olmuş ve bu düzensizliklerin çözümü için yapılan girişimler milattan önce binli yıllara kadar dayanmıştır. Başlangıçta ortodonti düzensiz sıralanmış dişlerin düzeltilmesi ile uğraşmış olsa da daha sonra gelişen estetik kavramları ile birlikte dişlerin çene kemiği ile ilişkileri, alt ve üst çene kemiklerinin birbirleriyle olan ilişkileri, çene kemiklerinin yüz iskeletindeki konumları ve bu yapılarla ilgili yumuşak dokuların konum ve fonksiyonlarının düzeltilmesini hedeflemektedir. Kısacası modern ortodontinin hedefi, dişlerin ve çenelerin kapanış ilişkileri arasındaki dengeyi kurarak en iyi dental ve fasiyal estetiği sağlamak ve sonuçların kalıcılığını uzun dönem korumaktır.

Ortodontide temel düzeltici tedavi yöntemleri; ortodontik diş hareketleri ile dişlerin yeniden konumlandırılmaları, iskeletsel problemi olan ve büyümekte olan bireylerde fonksiyonların değiştirilmesi ile yüz büyümesinin yönlendirilmesi veya dentofasiyal büyümenin yönlendirilmesi amacıyla ortopedik kuvvetlerin uygulanması, iskeletsel problemi olan ve erişkin bireylerde ortognatik cerrahi ile çenelerin yeniden konumlandırılmasıdır.

Dişlerin yeniden konumlandırılabilmesi için mekanik ve fizyolojik kuvvetlerle dişlerin hareket ettirilmesi gerekmektedir. Dişlerin yer değiştirmelerine neden olan doku değişiklikleri dişlere iletilen basınç kuvvetinin etkisiyle olmaktadır. Ortodontik diş hareketi için gerekli kuvvetler çeşitli ortodontik aygıtlar kullanılarak dişlere ve dişler vasıtasıyla periodontal dokulara iletilir ve bu bölgedeki hücresel cevap başlar. Bir diş kuvvet uygulanmasını takiben ilk altı gün içinde dişte periodonsiyum genişliği kadar 0,2-0,3 mm bir hareket izlenir. Bundan sonra on gün içinde bir hareket gözlenmez. Kuvvet uygulanmasından on altıncı gün sonuna kadar geçen hareketin gözlenmediği bu süreye başlangıç periyodu denir. On altıncı günden sonra dişte yavaş yavaş hareket görülür. Bu nedenlerle ortodontik tedavilerde kontroller çok sık yapılmayıp dört haftada bir yapılmaktadır. Buna bağlı olarak sabit ortodontik tedavi süreci ortalama 2-3 yıl gibi uzun bir süreç gerektirmektedir.

Günümüzde yöntem ne olursa olsun ortodontik tedaviler uzun zaman almaktadır. Hastaların bilinçlenmesi, tedavi gereksinimi duyan hasta sayısının giderek artması ve

çağımızda gerek hasta gerek hekim için zamanın önem kazanması, araştırıcıların dikkatini ortodontik tedavi hızını arttırarak, tedavi süresini kısaltacak imkânların araştırılması üzerine yoğunlaştırmıştır. Diş hareketini hızlandıran uygulamalar; braket/ark teli ara yüzeyinde sürtünmeyi azaltan uygulamalar, kimyasal uygulamalar, mekanik-fiziksel uygulamalar ve cerrahi uygulamalar olarak dört ana başlık altında incelenebilir.

Başlangıçta diş hareketini hızlandırmak, braket ve ark teli arasındaki sürtünme direncini en aza indirmek amacıyla çeşitli modifikasyonlar yapılmış ve biyomekaniksel etkiler oldukça iyileştirilmiştir. Fakat bu modifikasyonlar belli bir sınıra ulaşmıştır ve diş hareketinin daha da hızlandırılması yönünde yeni uygulamalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle farklı arayışlar içine girilmiştir.

Kimyasal uygulamalar içerisinde; hücre sel cevabı etkileyen fizyolojik araçlar olarak düşünölen prostaglandinler, kortikosteroidler, sitokinler, nöropeptitler, lökotrienler ve nitrik oksit gibi maddeler, diş hareketi esnasında uygulanan kuvvete karşı dokularda oluşan direnci azaltmak ve çevresel faktörleri değiştirmek amaçlarıyla çeşitli şekillerde uygulanmıştır.

Mekanik-fiziksel stimülasyon çalışmaları daha çok deneysel aşamada olup elektromanyetik stimülasyon, laser uygulamaları, titreşim uygulayan aygıtlar ve ultrason kullanılarak yapılmıştır.

Ortodontik diş hareketinde önemli faktörlerden biri alveolar kemikte meydana gelen yeniden şekillenme sürecidir. Kemikte meydana gelen yeniden şekillenme yara iyileşmesi sırasında hızlanır. Bu fikirden yola çıkılarak alveolar çıkıntıda oluşturulacak lokal bir yaralanma, kemiğin yeniden şekillenme sürecinin hızlanması ve kemik yoğunluğunda azalma ile birlikte ortodontik diş hareketi hızının da artmasına neden olacaktır. Bu fikirden yola çıkılarak çeşitli cerrahi teknikler geliştirilmiştir.

Diş hareketini hızlandırmak amacıyla diş hareketine karşı gingival, periodontal ve alveolar doku direncinin azaltılmaya çalışılmıştır. Bu amaçlarla Liou ve Huang (1998) tarafından geliştirilen periodontal ligament distraksiyonu tekniği cerrahi bir uygulama olup doku direncinin zayıflatılmasını esas almaktadır. Bu amaçla yapılan cerrahi işlem, distraksiyon osteogenezinde olduğu gibi kemik direncinin azaltılması ve reperatif kemik dokusunun gerilimine bağlı olarak yeni kemik oluşturulmasına dayanmaktadır. Geleneksel yöntemle kaninler ayda 1 mm retrakte edilerek çekim boşluğu ortalama 6-7

ayda kapatılırken bu yöntemle hareket miktarı haftada 1,2 mm'ye çıkarılmış ve retraksiyon süresi 3 haftaya indirilmiştir.

Bu çalışmada ileri sürülen Null hipotezi “Periodontal ligament distraksiyonu (PLD), diş hareketini hızlandırarak ortodontik tedavi kalitesini artıracaktır” şeklinde tanımlanabilir. Hedeflenen amaç, bu tekniğin standardize edilmiş şartlar altında benzer malokluzyona ve yaş ortalamasına sahip bireyler üzerinde uygulanmasıyla elde edilen sonuçların özellikle tedavi kalitesine etkilerini zamana bağlı olarak karşılaştırmaktır.

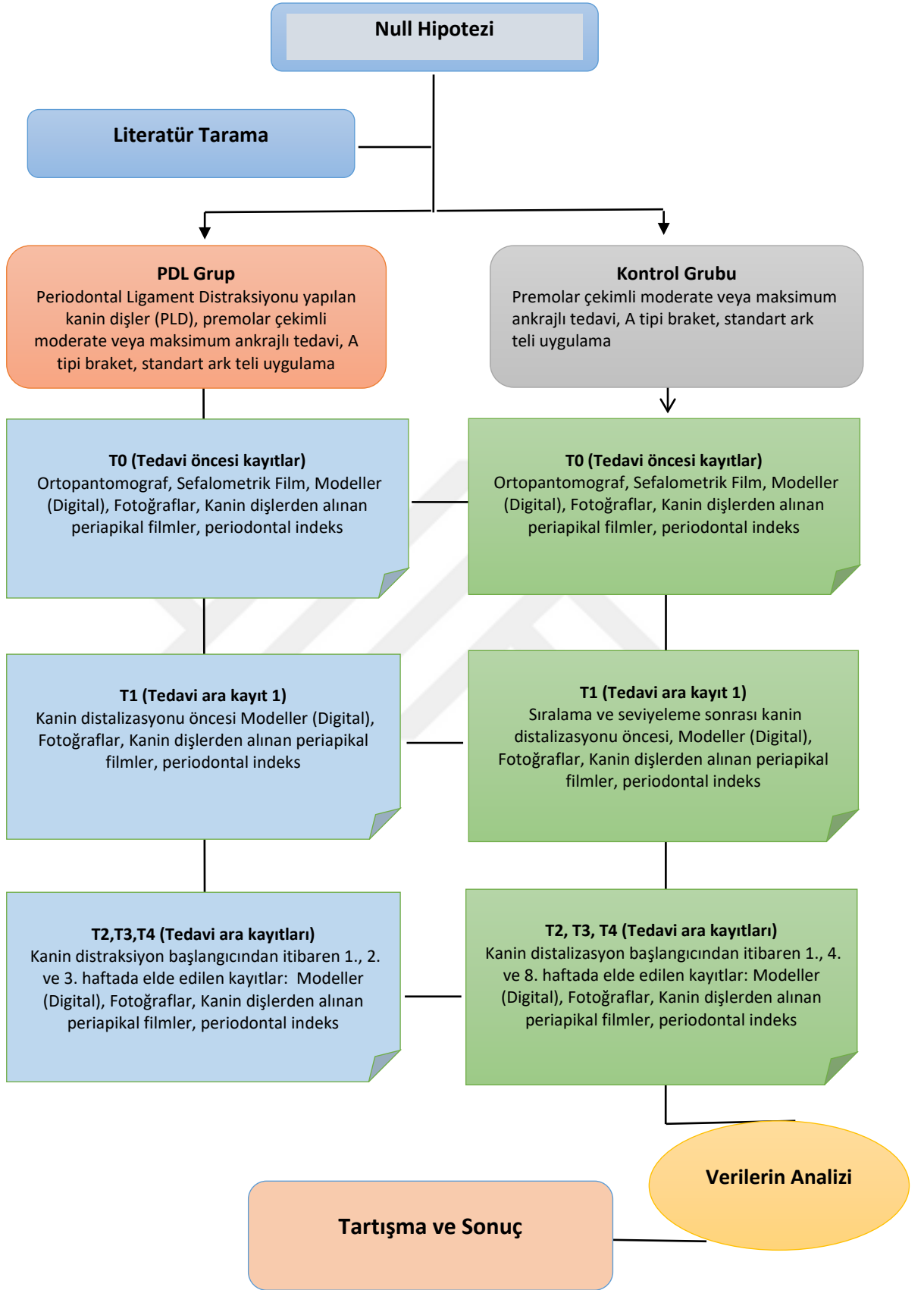
Bu çalışmanın amacı şu başlıklar altında özetlenebilir:

1. Tedavi sırasında kanin distalizasyon tekniği haricindeki tüm değişkenleri standardize etmek.

2. Alınan kayıtlarda diş hareketi hızının yanı sıra, kanin dişin açısal değişimini izlemek, alveol kemikteki ve cep derinliğindeki değişimleri, diş eti problemlerini ve hasta konforunu değerlendirmek.

3. Çalışma sırasında elde edilen sonuçları gerek kendi içerisinde gerekse klasik yöntemlerle tedavi edilen bir kontrol grubundan elde edilen verilerle geçerli istatistik testleri kullanarak karşılaştırmak.

Bu çalışmanın akış grafiği Şekil 1’ de gösterilmiştir.



Şekil 1. Bu çalışmanın akış grafiği.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Ortodontik Diş Hareketi

Ortodontik kuvvetlerden kaynaklanan mekanik stimulus, hücrelerde ve hücreler arası matrikste deformasyona, vasküler değişikliklere, inflamasyona ve aktif biyolojik ajanların salınımıyla ilerleyen karmaşık biyolojik olayların neden olduğu ortodontik diş hareketine neden olur. Dişler üzerine etkiyen ortodontik kuvvetler; uygulanan kuvvetin tipi, şiddeti, yönü, sıklığı gibi birçok değişkene bağlı olarak periodontal dokularda stres oluştururlar (Feller ve ark., 2015).

Dişlere uygulanan kuvvetin neden olduğu baskı, dişlerin etrafını saran ve dişleri kemiğe bağlayan yoğun fibröz bir bağ doku olan periodontal ligamentin kanlanmasını etkiler (Newman ve ark., 2012). Bu durum sitokinler, büyüme faktörleri, ikincil hücresel mesajcılar ve araşidonik asit metabolitleri gibi yeniden şekillenme sürecinde rol oynayan moleküllerin salınımıyla sonuçlanır (Şekil 2). Bu süreçte sorumlu başlıca hücreler, periodontal ligament ve kemik dokusu içerisinde bulunan fibroblastlar, osteoblastlar ve osteoklastlardır (Mostafa ve ark., 1983).

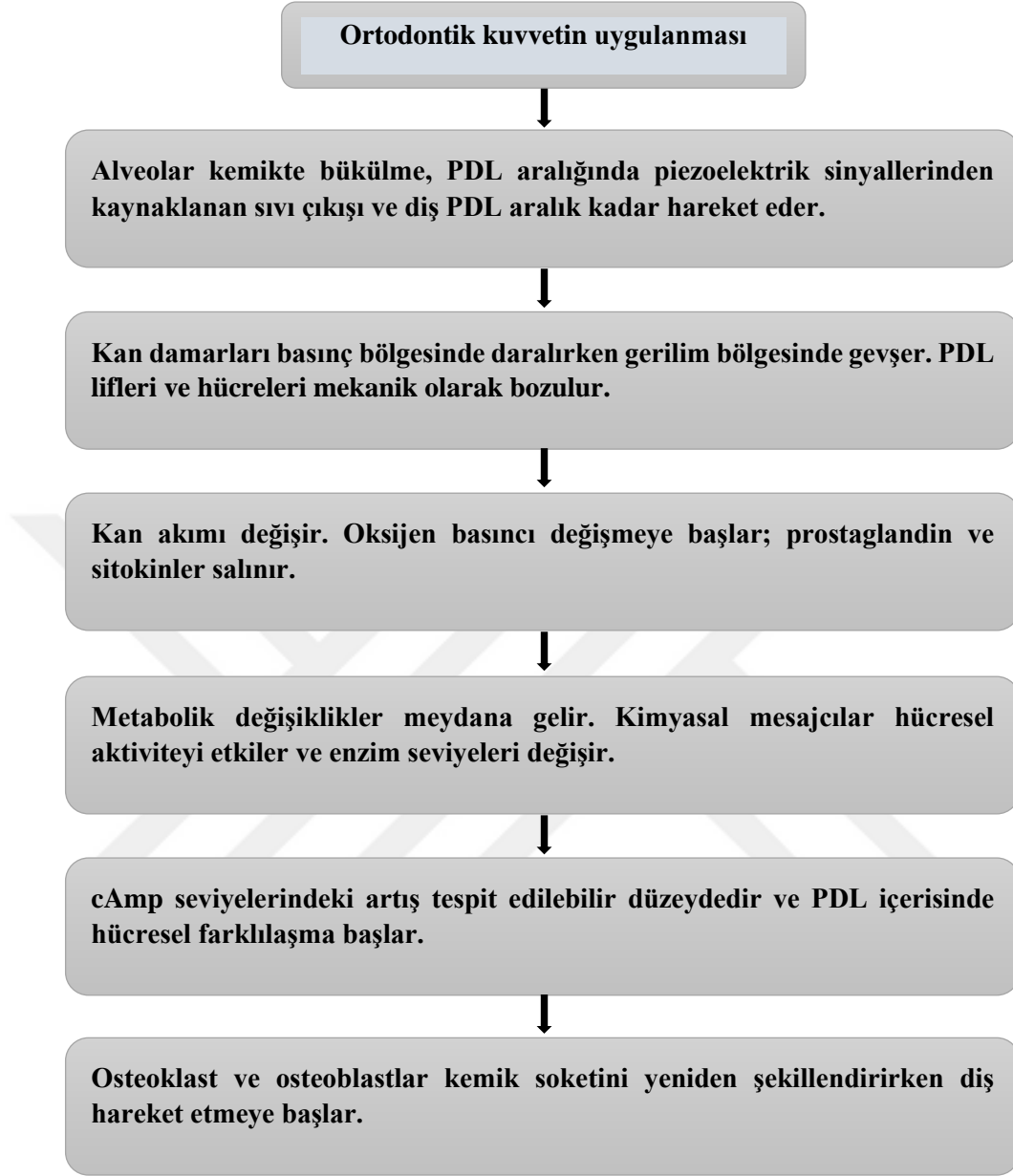
1905 yılında Sandstedt' in köpekler üzerinde yaptığı deneysel çalışma diş hareketinin rezorbsiyon ve appozisyon sürecine dayandığını göstermektedir (Sandstedt, 1905).

Diş hareketi Sandstedt'in çalışmalarından sonra 1950'li yıllara kadar çok ilgi görmeyen bir konuydu. Reitan' ın 1950 yılında yaptığı bir çalışmanın sonucu olarak yaş, cinsiyet, alveolar kemiğin tipi, uygulanan kuvvetin çeşidi, gingival ve periodontal ligament hücrelerin matriksi diş hareketinde önemli rol oynamaktadır (Reitan, 1950).

Rygh, Reitan' ın çalışmalarına devam ederek ortodontik diş hareketlerinin muhtemelen hiyalinizasyon sürecinin bir etkisi olarak dişe nasıl zarar verebileceğini araştırmıştır (Rygh, 1973).

2.1.1. Ortodontik Diş Hareketi Oluşum Mekanizmaları

Ortodontik diş hareketinde biyolojik kontrol mekanizması olarak kabul görmüş temel iki teori vardır. Basınç gerilim teorisi ortodontik kuvvetin uygulanmasını takiben periodontal ligament içerisinde oluşan basınç ve gerilimin, kan damarlarının çapında değişime -basınç bölgesinde daralma ve gerilim bölgesinde genişleme- dolayısıyla kan akımında bir değişime neden olarak diş hareketini başlattığını savunmaktadır.



Şekil 2. Ortodontik kuvvetin uygulanmasını takiben gerçekleşen fizyolojik cevap

Biyoelektrik teorisine göre dişe uygulanan hafif basınçların oluşturduğu kemikte meydana gelen bükülmeler biyolojik elektriksel sinyaller ile kemik metabolizmasını etkiler (Proffit ve ark., 2014). Bu iki temel mekanizma dışında kemikte yeniden şekillenmeyi ve ortodontik diş hareketini açıklamaya çalışan çeşitli teoriler öne sürülmüştür (Melsen, 2001; Masella ve Chung, 2008).

Basınç Gerilim Teorisi

Diş uygulanan basınç etkisiyle bir bölgede periodontal ligament sıkışırken diğer bölgede periodontal ligament gerilir ve diş periodontal ligament aralığında hareket eder. Ligament hücreleri üzerindeki bu mekanik etkiyle sitokinler, prostoglandinler ve diğer kimyasal mesajcılar salınır. Periodontal ligamentin sıkıştığı bölgede kan basıncı azalırken gerildiği bölgede artar. Bununla birlikte sıkışan bölgede oksijen seviyeleri düşerken karbondioksit seviyeleri artar; bunun tam tersi gerilim bölgesinde gerçekleşir. Bu değişiklikler diğer biyolojik aktif ajanların salınımını uyararak hücrel farklılaşmayı ve aktiviteyi uyarır (Proffit ve ark., 2014).

Basınç bölgesinde periodontal ligament, diş ve alveol kemik arasında bir sıkışma meydana gelir ve bu daralmaya bağlı olarak vasküler beslenme azalır ve kesintiye uğrar. Bu etkilerle basınç bölgesine komşu alveol kemik duvarında osteoklastik hücrelerin aktive olduğu görülür. Gerilim bölgesindeki periodontal ligamentin fiber demetlerinin gerilmesiyle oluşan stimülasyona bağlı olarak osteoblastik hücrel aktivasyon meydana gelmektedir (Meikle, 2006).

Biyoelektrik Teorisi

Piezoelektrik özelliği kristal yapıya sahip bazı maddelerin mekanik basınç veya gerilim uygulanması sonucunda elektrik alan ve elektrik potansiyellerini değiştirebilmesidir. Bu hipoteze göre diş uygulanan ortodontik kuvvet alveol kemiğine iletildiğinde kemiğin kristal yapısında meydana gelen deformite kemik yüzeyinde elektrik yükünü değiştirmektedir (Proffit ve ark., 2014).

Alveolar kemiğin bükülmesi gerilim bölgesinde osteogenezis, basınç bölgesinde kemik rezorbsiyon sürecini başlatan elektrikselsel potansiyellerin artışına neden olur (Graber ve ark., 2011). Piezoelektrik, hidroksiapatit, kollajen ve fibröz proteinler gibi kristalin yapıların deformasyonundan kaynaklanan elektrik yükleridir (Ten Cate ve ark., 1976).

Piezoelektrik sinyallerinin iki karakteristiği vardır: kristalin yapıya kuvvet uygulandığında aniden kaybolan piezoelektrik sinyalleri meydana gelir ve kuvvet ortadan kalktığında zıt yönde eşit derecede bir piezoelektrik sinyali oluşur. Bu iki karakteristik özellik, kuvvetin etkisiyle distorsiyona uğrayan kristal kafes içerisindeki elektronların göçüyle açıklanabilir (Proffit ve ark., 2014).

Elektrik akımının diş hareketi üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada elektrik akımının verildiği alanlara komşu alveol kemiğinde osteoblastik hücre ve periodontal ligament hücre sayısında artış bulunmuştur. Yine aynı çalışmada ortodontik kuvvet etkisiyle oluşan basınç tarafında pozitif yüklenme ve kemik rezorbsiyonun; gerilim tarafında ise negatif yüklenme ve kemik appozisyonunun arttığını bildirmişlerdir (Davidovitch ve ark., 1980).

Moleküler Teori

Ortodontik diş hareketi sırasında meydana gelen kemiğin yeniden şekillenme sürecinde ve konnektif doku döngüsünün düzenlenmesinde birçok sitokin rol oynar. Sitokinler, hücreler tarafından üretilen ve diğer hücrelerin davranışlarını değiştiren veya düzenleyen düşük ağırlıklı proteinlerdir. Yapılan çalışmalarda ortodontik stres uygulanması ile periodontal ligament hücre tiplerinde IL-1(interlökin-1) ve RANKL(nükleer faktör kappa-B reseptör aktivatörü) yoğunluğunda belirgin bir artış saptanmıştır (Saito ve ark., 1991; Nishijima ve ark., 2006). Mekanik olarak aktive olan bu sitokinler dokuların yeniden şekillenmesinde rezorptif ve formatif fazlardan sorumludur (Graber ve ark., 2011).

Ortodontik mekanik stresler yeniden şekillenme sürecinde osteoklastik kemik yıkımını uyaran prostaglandinlerin sentezini artırır (Yamasaki ve ark., 1984). Prostaglandinler osteoklastların sayısını ve rezorbsiyon etkilerini artırır. PGE₂' nin osteoklastik hücre farklılaşmasını uyardığı bildirilmiştir (Krishnan ve Davidovitch, 2006).

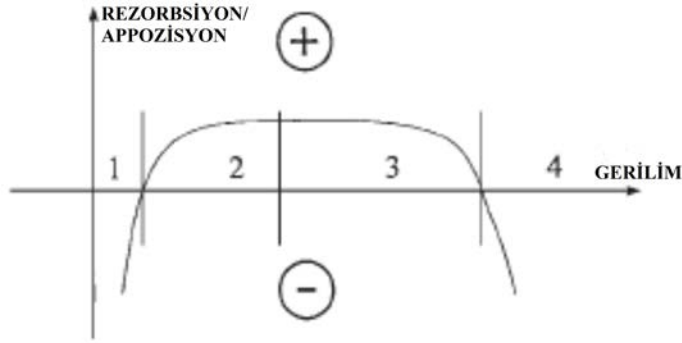
Ortodontik kuvvetin bir etkisi olarak hücre içindeki sodyum ve kalsiyum iyonlarının akışında bir değişiklik meydana gelir. Bu değişiklik siklik adenozin monofosfat (cAMP) ve siklik guanozin monofosfat (cGMP) gibi ikincil hücre mesajcılarının üretimine neden olur. Düşük seviyelerdeki cAMP ve cGMP kemik yapımı için hücre farklılaşmasını sağlar (EugeneRoberts ve Chase, 1981). Yapılan bir çalışmada kemik rezorbsiyonu ve appozisyonun meydana geldiği bölgelerde cAMP- pozitif hücre sayısında sonradan bir artış meydana geldiği gözlemlenmiştir (Davidovitch ve ark., 1975). Buna rağmen komşu alveolar kemikteki osteositler mekanik kuvvetten göreceli olarak etkilenmemişlerdir.

Kuvvet ortadan kalktığında periodontal ligament hücreleri tarafından osteoklast farklılaşmasını inhibe eden osteoprotegrin (OPG) salınımı uyarılır. OPG periodontal

ligamentte bulunan osteosit ve osteoblastlar tarafından salgılanan bir moleküldür. Ortodontik kuvvet varlığında moleküler yapıda değişim meydana gelebilir. Basınç bölgesinde OPG azalırken RANKL artar (Boyce ve Xing, 2008; Yamaguchi, 2009).

Mekanostatik Teori

1987 yılında Frost tarafından ileri sürülen teoriye göre çeşitli gerilim değerleri ile kemik rezorpsiyonu ve appozisyonu arasında bir ilişki vardır (Şekil 3). Düşük gerilim değerlerinde kemik yıkım süreci aktive olurken artmış gerilim değerlerinde kemik yapım süreci ile lamelli kemik oluşumu meydana gelir. Gerilim daha da arttığında daha sert kemik oluşumu gözlenir. Aşırı yüklemelerde ise mikrofraktürlerin oluşmasına bağlı tamir sürecinin bir sonucu olarak kemik rezorpsiyonu meydana gelir (Frost, 1987).



Şekil 3. Farklı gerilim değerlerinde kemiğin verdiği biyolojik cevabın grafik olarak gösterilmesi. (1) Düşük gerilim değerlerinde yeniden şekillenme uyarılır ve rezorpsiyonla sonuçlanır. (2) Yüksek gerilim değerlerinde lamelli kemik formasyonu meydana gelir. (3) Gerilim daha da arttığında sert kemik formasyonu ile sonuçlanır. (4) Bu gerilim değerlerinde meydana gelen mikrofraktürlerin oluşması nedeniyle tamir sürecinin sonucu olarak negatif denge devreye girer (Frost, 1987' den uyarlanmıştır).

Frost' un yaptığı çalışmanın ışığında gerilen periodontal ligament liflerinden kaynaklanan gerilim değerlerine uyan yeniden şekillenme süreci etkili olacaktır (Melsen 2001). Liflerin gerilmesi alveolar kemik duvarında hafifçe bükülmeye sebep olabilir. Daha önce Epker ve Frost (1965) tarafından öne sürülen alveolar kemik duvarındaki bu bükülme artışı yeni kemik appozisyonu ile sonuçlanır.

Direkt rezorpsiyon, gerilmiş periodontal ligament lifleri tarafından uyarılan kemik appozisyonu ve alveolar kemik duvarındaki hafif yüklenmenin neden olduğu yeniden şekillenme olarak kabul edilebilir (Melsen, 2001).

Aşırı yüklemeler periodontal ligament hücrelerinde iskemi ve hiyalinizasyona neden olarak indirekt rezorbsiyon sürecini başlatır. Osteositlerin iletişimi için gerekli olan kenar kısımdaki hücrelerin kaybolması aşırı yüklenen kemiğin patolojik bir cevabı olarak gerçekleşir (Marotti, 1996).

Dişin hareket ettiği yönde aşırı yüklemeye bağlı bir reaksiyon olarak gelişen sert kemik formasyonu bölgesel hızlanma fenomeni (Regional Acceleratory Phenomenon-RAP) ile açıklanabilir (Frost, 2009).

2.1.2. Ortodontik Diş Hareketinin Fazları

Mekanik kuvvete karşı oluşan diş hareketi üç ana faza ayrılarak incelenebilir (Graber ve ark., 2011).

Başlangıç Gerilim Fazı

Mekanik ortodontik kuvvetlerin şiddeti ve süresi diş hareketlerinde önemli rol oynamaktadır. Diş ve çevre dokularda herhangi bir patolojik olaya neden olmayacak şiddetteki kuvvet optimal kuvvettir ki periodonsiyumdaki kapiller kan basıncına eşit miktarda basınç uygulayan kuvvet olduğu ileri sürülmektedir (Schwarz, 1932; Miura, 1975).

Bir dişe hafif ancak uzun süreli optimal kuvvet uygulandığında basınç bölgesinde periodontal ligament aralığından sıvı çıkışı gerçekleşir ve diş periodontal ligament aralığı kadar hareket eder. Periodontal ligamentteki kan damarları, basınç bölgesinde sıkışırken gerilim bölgesinde gevşer. Kuvvet uygulandıktan dakikalar sonra kan basıncı ve oksijen seviyeleri değişir; prostoglandinler ve sitokinler salgılanır (Miura, 1975). Yaklaşık 4 saat sonra cAMP (siklik adenozin monofosfat) artışı tespit edilebilir ve periodontal ligamentte hücresel farklılaşma başlar. 2 gün içerisinde osteoklastlar ve osteoblastlar kemik soketini yeniden şekillendirirken diş hareket etmeye başlar (Rygh ve ark., 1982; Proffit ve ark., 2014). Periodontal ligamentin hareketine, kemik gerilimine ve dişin ekstruzyonuna bağlı olarak bir hafta içinde 0,4 mm ile 0,9 mm arasında bir gerilme meydana gelir (Reitan, 1985; Roberts ve ark., 1992).

Optimal kuvvetlerin etkisi altında basınç bölgesinde osteoklastik aktivite sonucu alveol kemik duvarı rezorbe edilir ve bu tür rezorbsiyona direkt (frontal) kemik rezorbsiyonu denilir. Gerilim bölgesinde ise osteoblastik aktivite sonucu kemik apozisyonu meydana gelir (Graber ve ark., 2011).

Başlangıç deformasyon cevabı periodontal ligament genişliğine, kök uzunluğuna, uygulanan kuvvetin şiddetine, okluzyona ve periodontal sağlık durumuna göre değişir. İlk diş hareketi saniyeler içinde meydana gelir fakat periodontal ligamentin gerçek anlamda sıkışması için yaklaşık olarak 1-3 saat zaman gerektirir (Burstone ve ark., 1978; Rygh ve ark., 1982).

Duraklama Fazı

Periodontal ligamentte meydana gelen nekroze alanlar diş hareketinin kesintiye uğramasına neden olur. Bu duraklama yaklaşık 2-3 hafta sürer ancak 10 haftaya kadar uzayabilmektedir (Reitan, 1985). Yapılan klinik ve histolojik araştırmalar bu fazın direkt olarak hastanın yaşına, alveolar kemiğin yoğunluğuna ve periodontal ligamentteki nekrotik alanların genişliğine bağlı olduğunu göstermektedir (Reitan, 1985; Roberts ve ark., 1992).

Diş uygulanan mekanik ortodontik kuvvet optimal kuvvetten daha fazla olduğunda duraklama fazı daha uzun sürer (Reitan, 1985). Periodonsiyumdaki kan damarlarında staz meydana gelir ve hücreli faaliyet duraklar. Hücre sitoplazması ve hücre çekirdeği eriyerek basınç bölgesinde histolojik olarak hücreli, camsal bir görünüme neden olur ki buna hiyalinizasyon denmektedir (Rygh, 1973). Aşırı kuvvet sonucu hiyalinizasyon bölgesinde hücreli faaliyet durmuş olduğundan kuvvet yönünde ama daha gerilerdeki alveol kemiği bölgesinde oluşan nötrofil ve makrofajlar hiyalinize dokuyu rezorbe eder (Reitan, 1957; Brudvik ve Rygh; 1994). Bu tür rezorbsiyona indirekt kemik rezorbsiyonu adı verilir. İndirekt kemik rezorbsiyonunda meydana gelen diş hareketi direkt kemik rezorbsiyonundaki diş hareketine göre daha yavaş gerçekleşir. Hiyalinize doku ortadan kaldırıldığında diş tekrar hareket etmeye başlar (Reitan, 1967).

İlerleyen Diş Hareketi Fazı

Periodontal ligamentteki nekrotik alanların indirekt rezorbsiyonundan sonra diş hareketinin ikincil fazı ya da diğer adıyla ilerleyen diş hareketi fazı başlar. Kortikal kemikte görülen direkt rezorbsiyon ve ilk yeniden şekillenme süreci ile ortodontik diş hareketi göreceli olarak artan bir hızla devam eder (Reitan, 1985).

Yoğun olan alveolar kemiğin, hızlı periodontal osteogenezisi aracılığıyla daha az olgun olan kemik doku ile yer değiştirerek yeniden şekillenmesi diş hareket hızını artırır (Roberts ve ark., 1992).

Yeniden şekillenme sürecine bağımlı olan uzun süreli diş hareketi klinik olarak önem taşımaktadır. Araştırmacılar etkili mekaniklerle ve yaklaşık 4 hafta aralıklarla yapılan düzenli aktivasyonlar sonucunda optimal hızda diş hareketi elde edilebileceğini bildirmişlerdir (Roberts ve ark., 1992). Bununla birlikte ortodontik diş hareketinde kullanılan apareylerin kırılması veya distorsiyonu, hastanın randevularına sadık kalmaması ortodontik tedavi süresinin uzamasıyla sonuçlanabilir.

2.1.3. Diş Hareketini Etkileyen Faktörler

Diş hareketi, dişe uygulanan kuvvetin şiddeti ve yönü, moment/kuvvet oranı ile dişi çevreleyen dokulardaki bireysel farklılıklar gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Daha önce belirtildiği gibi ortodontik tedavi ile dişleri hareket ettirmek amacıyla uygulanan ideal kuvvet miktarına “optimal kuvvet” denilmektedir. Diş hareketi için en uygun kuvvet, alveol kemiğin, periodontal ligamentin ve diş kökünün devamlılığını koruyarak çevre dokularda herhangi bir hasara neden olmayan ve en hızlı diş hareketini sağlayan kuvvet olarak tanımlanmıştır. Literatürde en uygun kuvveti belirlemede diş kökü yüzey alanı ve şekli, istenen diş hareketi tipi, uygulanan kuvvetin süresi ve bireysel faktörler gibi unsurların rol aldığı belirtilmiştir (Nikolai, 1975).

Kuvvetin Şiddeti

Ortodontik kuvvetler şiddetine göre hafif ve ağır kuvvetler olarak sınıflandırılabilir. Hafif kuvvetler dişin hareket edebilmesi için gerekli olan eşik kuvvet değerinde olan optimal kuvvetler olarak tanımlanabilir. Ağır kuvvetler ise periodonsiyumda aşırı sıkışma sonucunda meydana gelen iskemi ile birlikte hiyalinizasyon tabakası oluşumuna ve indirekt kemik rezorpsiyonuna neden olabilecek büyüklükteki kuvvetlerdir. Uygulanan kuvvet şiddetinin diş hareket hızını ve destek dişler üzerindeki hareket şeklini etkilediği bilinmektedir.

Diş hareketi hızı açısından hafif ve ağır kuvvetlerin etkileri kıyaslandığında ağır kuvvetlerde ankraj alınan dişin istenmeyen hareketinin daha fazla olduğu bildirilmiştir (Andreasen ve Zwanziger, 1980).

Uygulanan kuvvetin büyüklüğünden ziyade kemik yoğunluğu, kemik metabolizması ve periodontal ligamentteki yenilenme hızı gibi biyolojik bireysel farklılıklar diş hareketinde farklılıklara sebep olabilmektedir (Pilon ve ark., 1996).

Kuvvetin Süresi

Uygulanan kuvvetin çevre dokularında uygun biyolojik cevap oluşturabilmesi için optimal düzeyde olmasının yanında kuvvet kaybının en az olması gerekmektedir.

Kuvvetin aktivasyon ve azalma oranına göre kuvvetler; sürekli (continuous), kesikli (interrupted) ve aralıklı (intermittent) kuvvetler olarak sınıflandırılmıştır (Proffit ve ark., 2014).

Sürekli (continuous) kuvvetler, iki seans arasında geçen sürede kuvvetin başlangıç miktarına yakın düzeyde devam etmesidir. İki aktivasyon arasında kuvvetin şiddeti gittikçe azalır ancak sıfırlanmaz. Nikel-Titanyum yayların uyguladığı kuvvetler sürekli kuvvetlere örnek verilebilir.

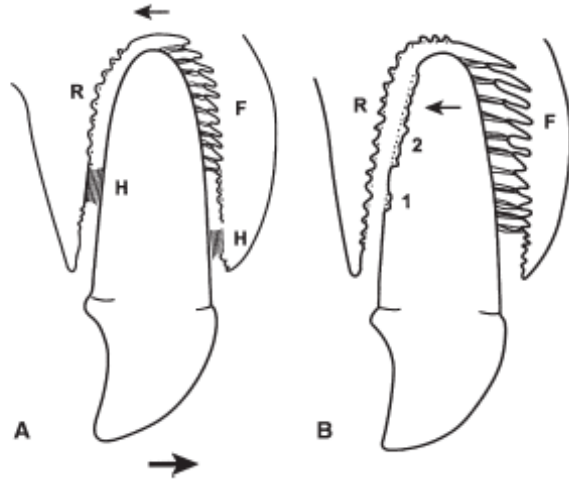
Kesik (interrupted) kuvvetlerde iki aktivasyon arasında geçen zamanda kuvvetin düzeyi sıfırlanır. Bu kuvvetin uygulanmasından sonra ikinci aktivasyona kadar çevre dokularda tamir olayları gerçekleşir. Hızlı genişletme vidaları kesik kuvvetlere örnek olarak verilebilir.

Aralıklı (intermittent) kuvvetler ise kuvvetin şiddetinde ani sıfırlanmalar meydana gelir ki hareketli apareylerle uygulanan kuvvetler buna örnektir.

Kuvvetin Dağılımı

Diş uygulanacak en uygun kuvvetin belirlenmesinde uygulanan kuvvetin miktarı kadar dağılımın gerçekleştiği periodontal ligament alanı da önemlidir. Periodontal ligament cevabı birim yüzeye düşen kuvvet miktarından etkilenir. Farklı hareket tiplerine göre de bu alanlar değişiklik göstermektedir (Proffit ve ark., 2014).

Devrilme hareketinde, basınç periodontal ligamentte belirli alanlarda yoğunlaşır. Sıkışma bölgeleri kuvvetin uygulandığı tarafta kök ucuna yakın bölgede iken diğer tarafta alveol kemiğinin üst kısmında oluşur (Şekil 4). Basınç en çok sıkışma bölgelerinde yoğunlaşır ve dişin direnç merkezine yaklaştıkça azalır (Graber ve ark., 2011; Proffit ve ark., 2014).



Şekil 4. A. Devrilme hareketinin şematik olarak gösterilmesi. H, aşırı baskıdan dolayı oluşan hyalinizasyon dokusu; R, direkt kemik rezorpsiyonu; F, periodontal ligament fibrilleri arasında meydana gelen kemik formasyonu. **B.** R, alveol, sement ve karşı taraf dentin yüzeyi boyunca kemik rezorpsiyonu (1,2). Ok işaretleri diş hareketinin yönünü göstermektedir (Reitan, 1964' den uyarlanmıştır).

Paralel diş hareketinde, kuvvet periodontal ligament alanının tamamına eşit şekilde dağılır. Paralel hareketi sağlamak zordur bu nedenle kısmen paralel kısmen de devrilme hareketi ile diş hareketi meydana gelmektedir. Bunun nedenle uygulanacak kuvvet, her iki hareket için gerekli kuvvetlerin ortalamasıdır (Proffit ve ark., 2014).

Rotasyon hareketlerinde de devrilme hareketlerinde olduğu gibi sıkışma alanları meydana gelmektedir. Saf rotasyon ve saf intrüzyon hareketlerinde diş alveol soketi içerisinde devrilme hareketi yapar. Bu nedenle rotasyon hareketleri için devrilme hareketine yakın kuvvetler uygulamak gerekmektedir (Proffit ve ark., 2014).

Ekstrüzyon hareketinde dişi alveol kemiği ile birlikte hareket ettirmek için hafif kuvvetler (25-30 gr) uygulamak gerekir, ağır kuvvetler dişin çekimi gibi yanıt verebilir (Graber ve ark., 2011).

İntrüzyon hareketinde ise uygulanan kuvvet dişin kök ucunda çok küçük bir alanda yoğunlaşacağından daha hafif kuvvetlerin uygulanması gerekmektedir. Kuvvetin sadece çok hafif olduğu durumlarda dişte intrüzyon hareketi beklenebilir (Graber ve ark., 2011; Proffit ve ark., 2014).

2.1.4. Ortodontik Diş Hareketinin Yan Etkileri

Ortodontik diş hareketi hızlı bir şekilde istenmeyen yan etkilere neden olmadan gerçekleştirilmelidir. Bununla birlikte titizlikle çalışılsa bile bazı etkilerden kaçınmak mümkün olamamaktadır.

Ortodontik tedavi sırasında inflamatuvar hücrelerinin artışına bağlı olarak ağrı oluşumu kaçınılmazdır. Ortodontik tedaviden kaynaklanan ağrı üzerine yapılan bir çalışmada ağrının ve tedavinin günlük yaşam üzerindeki etkilerinin tedaviyi bırakmadaki esas etken olduğu bildirilmiştir (Brown ve Moerenhout; 1991).

Uygun ortodontik kuvvetlerle meydana gelen ağrı oldukça azdır. Hasta sert objeleri ısırma esnasında basınca karşı hassasiyet ve orta derecede ağrı hassasiyeti hissedebilir. Bu ağrı tipik olarak 2-4 gün sürer ve ortodontik aparey tekrar aktive edilene kadar kaybolur (Proffit ve ark., 2014).

Orta derecede mobilite artışı ortodontik tedavilerde beklenen bir cevaptır. Ağır kuvvetler beklenen indirekt rezorbsiyon miktarını ve mobiliteyi artırır. Aşırı mobilite şiddetli kuvvet uygulandığının bir göstergesidir. Bazı durumlarda aşırı mobilite hastadaki parafonksiyonel alışkanlıkların veya travmatik okluzyonun etkisiyle görülebilmektedir. Kök rezorbsiyonuna bağlı olmayan aşırı mobilite kalıcı bir hasar bırakmadan düzelir (Proffit ve ark., 2014).

Ortodontik tedavi sürecinde diş vitalite kaybı ile ilgili oldukça az rapor vardır ve bu durum sıklıkla dişte önceden geçirilmiş bir travma hikayesine bağlıdır (Brin ve ark., 1991; Paulsen ve ark., 1995). Ancak kontrolsüz ortodontik kuvvetler de vitalite kaybından sorumlu olabilir.

Uygulanan ortodontik kuvvetlerin bir etkisi olarak hiyalinizasyon tabakasının oluşması kaçınılmazdır. Hafif kuvvetlerin etkisiyle bile hiyalinizasyon tabakasının oluştuğu bildirilmiştir. Hiyalinize bölgeye komşu sement yüzeyinde de osteoklastik hücre atağı meydana gelmektedir (Brudvik ve Rygh, 1994).

Kök yüzeyinde derin defektler oluşmadıkça hasarlı olan kök orijinal formunda yeniden şekillenebilir. Ortodontik tedavi ile ilişkili kök yapılarındaki daimi kayıplar sıklıkla kök ucunda meydana gelir (Proffit ve ark., 2014).

Kök rezorbsiyonu ilk kez Schwarzkopf tarafından 1887 yılında aktif diş hareketi sırasında meydana gelen bir etki olarak tanımlanmış ve o zamandan günümüze esas yan etki olarak kabul görmüştür (Reitan, 1974). Yapılan bir çalışmanın sonucunda ortodontik

tedavi gören hastalardaki kök rezorbsiyonu görülme sıklığının %86,4 olduğu bildirilmiştir (Massler ve Malone, 1954).

Araştırmacılar ortodontik tedavi sırasında oluşan rezorbsiyon boşluklarının dağılımının kök yüzeyine etki eden stres miktarı ile ilişkili olduğunu ve uygulanan kuvvetin artması ile birlikte rezorbsiyon boşluklarının da arttığını bildirmişlerdir (Harry ve Sims, 1982).

Chan ve Darendeliler (2005) yaptıkları bir çalışmada uygulanan hafif kuvvetlerin ağır kuvvetlere oranla daha fazla kök rezorpsiyonuna neden olduklarını bildirmişlerdir.

Uzun dönem etkilerin değerlendirildiği bir çalışmada ortodontik tedavi sürecinde meydana gelen periodontal ataşman kaybı kontrol grubu ile kıyaslandığında anlamlı bir farklılık göstermemiştir (Sadowsky ve BeGole, 1981).

Ortodontik tedavinin bir komplikasyonu olarak krestal kemik yüksekliğinde aşırı kayıplar neredeyse hiç görülmemektedir. Hastaların büyük bir çoğunluğunda krestal kemik yüksekliğindeki azalma 0,5 mm' den daha azdır ve yükseklikte 1 mm' e varan azalmalara neredeyse hiç rastlanmamakla birlikte bu sınıra yakın bölgeler sıklıkla diş çekilen bölgelerdir (Kennedy ve ark., 1983).

Ortodontik tedavilerde minede demineralizasyonu ve çürük gibi komplikasyonlar da görülebilmektedir. Bu komplikasyonların görülme riski tedavi süresi uzadıkça artmaktadır (Lau ve Wong, 2006).

2.2. Ortodontide Hızlı Diş Hareketi Uygulamaları

Günümüzde hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın ortodontik tedaviler uzun zaman almaktadır. Hastaların giderek bilinçlenmesi ve tedaviye ihtiyaç duyan hasta sayısının artması ile çağımızda tedavi için harcanan zamanın gerek hasta için gerekse hekim için önem kazanması araştırmacıların dikkatini ortodontik tedavi hızını arttırarak, tedavi süresini kısaltacak imkânların araştırılması üzerine yoğunlaştırmıştır (Caniklioglu ve ark., 1999).

Uzayan tedavi süresi hastanın sadece psikososyal durumunu etkilemekle kalmayıp mine demineralizasyonu, çürük, kök rezorbsiyonu, periodontal hastalıkların görülme riskini de arttırmaktadır. Bazı araştırmacılar alveol kemiğinde ve diş kökünde doku hasarı meydana gelmeden diş hareketi elde etmenin çok zor olduğunu

bildirmişlerdir (Brudvik ve Rygh, 1994). Yapılan deneysel bir çalışmada doku hasarı oluşturmada hızlı diş hareketi elde edilebileceği bildirilmiştir (Genç, 2010).

Günümüzde mevcut diş hareketini hızlandıran uygulamalar dört bölüme ayrılabilir:

- Braket/ark teli ara yüzeyinde sürtünmeyi azaltan uygulamalar
- Kimyasal uygulamalar
- Mekanik-fiziksel uygulamalar
- Cerrahi uygulamalar

2.2.1. Braket/Ark Teli Ara Yüzeyinde Sürtünmeyi Azaltan Uygulamalar

Ortodontik diş hareketleri esnasında braket ve tel arasında bir sürtünme direnci oluşmaktadır. Sabit ortodontik tedavilerde, dişleri hareket ettirmek için kullanılan kaydırma mekanizmalarının bir parçası olarak braketler ve ark telleri arasında oluşan sürtünme tedavi sırasında istenmeyen etkilere neden olmaktadır (Nikolai, 1985). Diş uygulanan kuvvetin dişte hareket meydana getirebilmesi için dişin ilişkili olduğu periodonsiyum doku direncini ve braket-ark teli arasındaki sürtünmeyi aşması gerekmektedir. Bu ara yüzeydeki sürtünme direnci yüksek olduğunda braketin diş yüzeyinden ayrılması, hiç diş hareketi olmaması, ankraj kaybı ve çevre dokularda istenmeyen etkilerin oluşması gibi problemlerle karşılaşmaktadır (Keith ve ark., 1993; Vaughan ve ark., 1995). Araştırmacılar ve üretici firmalar bu sürtünme direncini en aza indirebilmek için değişik braket sistemleri ve ark telleri geliştirerek kullanıma sunmuşlardır.

Sürtünme direncini azaltmak amacıyla braket ve ark teli yüzeylerinin mümkün olduğunca pürüzsüz olması fikrinden yola çıkılarak paslanmaz çelik, altın, krom-nikel alaşımları, epoksi ve polikarbonat plastik, alüminyum oksit ve zirkonya seramik gibi malzemeler braket üretiminde kullanılmıştır (Bazakidou ve ark., 1997; Kapur ve ark., 1999).

Braket üretim tekniklerinin de oluşan sürtünme kuvvetinde etkisi olmaktadır. İlk dönemlerde paslanmaz çelik braketler, metal kesme işlemi ile üretilmişlerdir. Oldukça pahalı, vakit alan ve insan hatasına açık bir yöntem olduğundan yerini kalıp döküm tekniğine bırakmıştır. Döküm tekniğiyle, metal tozları ısıtılarak tabi tutularak sıkı yapıda braketler elde edilir. Daha sonraları ise metal enjeksiyon döküm tekniği ile paslanmaz çelik braketler üretilmeye başlanmıştır (Arıcı, 1996).

Sürtünmeyi azaltmak için yapılan uygulamalardan biri de metal braketlerin polimer ile kaplanması veya seramik braketlerin oluşuna metal parçalar yerleştirilmesidir (Loftus ve ark., 1999).

Ark telini braket oluşu içinde tutmayı sağlayan bağlama tekniklerinin de sürtünme direncini etkilediği düşünüldüğünden son yıllarda kendinden bağlanabilen (self-ligating) braketler geliştirilmiştir (Schumacher ve ark., 1990). Kendinden bağlanan braketler ile dişler ligatür ile braket oluşuna sıkı bir şekilde bağlanmadığından dişin bireysel hareketine izin verirler (Damon, 1998). Braket ve ark teli çeşitlerinin incelendiği bir çalışmada kendinden bağlanan braketlerde daha düşük sürtünme görülmüştür (Harradine, 2008).

Başlangıçta kendinden bağlanabilen braketlerin tedavi süresini kısalttığı ileri sürülse de son dönemde yapılan çalışmalar bu görüşü desteklememektedir. Çekimli vakalarda konvansiyonel braketler ile kendinden bağlanabilen braketlerin etkinliklerinin 20 hafta süresince karşılaştırıldığı bir çalışmada, kendinden bağlanabilen braketlerin konvansiyonel braketlere göre başlangıç sıralama ve seviyelemesinde ya da boşluk kapatma aşamasında herhangi bir üstünlüğü olmadığı gösterilmiştir (Ong ve ark., 2010).

Kendinden bağlanabilen ve konvansiyonel braketlerin etkinliklerinin değerlendirildiği sistematik bir derlemede, kendinden bağlanabilen braketlerin avantajlarından biri olarak ileri sürülen tedavi süresini kısaltması ile ilgili olarak kanıtlanmış bir bilgi olmadığı ancak hasta başında geçen süreyi kısalttığı rapor edilmiştir (Chen ve ark., 2010).

Braket ve ark teli sistemlerinin devamlı modifikasyonu ile biyomekaniksel etkiler oldukça iyileştirilmiştir, fakat bu modifikasyonlar belli bir sınıra ulaşmıştır ve diş hareketinin daha da hızlandırılması yönünde yeni uygulamalara ihtiyaç duyulmaktadır (Nimeri ve ark., 2013).

2.2.2. Kimyasal Uygulamalar

Prostaglandinler, kortikosteroidler, sitokinler, nöropeptidler, lökotrienler ve nitrik oksit gibi maddeler mekanik kuvvetleri hücrel cevaba dönüştüren fizyolojik araçlar olarak düşünülür ve diş hareketi esnasında uygulanan kuvvete karşı dokularda oluşan direnci azaltarak diş hareketini hızlandırmada kullanılmıştır.

Prostaglandinler

Prostaglandinler, bazı fizyolojik işlevleri etkileyen, araşidonik asit metaboliti bir grup doymamış yağ asidi türevidir. İnflamasyonda çok önemli role sahiptir. Vücutta neredeyse bütün dokularda fiziksel veya biyokimyasal uyarılara cevap olarak salgılanabilir. Sistemik dolaşıma katılmayıp lokal etki gösteren tipleri E ve F kısaltmalarını alırlar.

Submukozal PGE₂ ve intraperional kalsiyum glukonat uygulamasının ortodontik diş hareketi ve kök rezorbsiyonu üzerine etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada ortodontik diş hareketi hızının artarken kök rezorbsiyonunun durduğu rapor edilmiştir (Seifi ve ark., 2003).

İnsanlar üzerinde yapılan lokal PGE₁ enjeksiyonunun uygulandığı bir çalışmada kontrol grubuna göre 1,6 kat daha hızlı ortodontik diş hareketi elde edildiği bildirilmiştir (Yamasaki ve ark., 1984).

Prostaglandin uygulamalarının yan etkilerinin olabileceği göz ardı edilmemelidir. İshal, kusma, korneada kanlanma, toplardamar zarının iltihabı gibi sistemik yan etkilerin ortaya çıkabileceği bildirilmiştir (Davidovitch, 1991). Ayrıca intraligamenter uygulamanın da oldukça ağrılı olduğu unutulmamalıdır.

Kortikosteroidler

Kortikosteroidler organlarda değişken derecelerde yaygın etkileri olan kolesterol türevi bir gruptur. Kortikosteroidler antiinflamatuvar, antialerjik ve immunosupresif etkileri olan maddelerdir. Antiinflamatuvar etkisi lökotrienler, prostoglandinler ve trombaksanlar olarak adlandırılan çeşitli moleküllerin sentezinin inhibisyonuyla sonuçlanır.

Oral prednisol uygulamasının ratlarda ortodontik diş hareketi hızı üzerine etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada ortodontik diş hareket miktarında anlamlı farklılıklar bulunamadığı bildirilmiştir (Ong ve ark., 2000). Yine aynı çalışmanın sonucunda prednisol uygulanan grupta basınç bölgesinde anlamlı derecede daha az kök rezorbsiyonu görüldüğünü bildirmişlerdir.

Başka bir deneysel çalışmada 8 mg/kg doz uygulanan oral metilprednisolonun diş hareket hızında artışa neden olduğu bildirilmiştir (Kalia ve ark., 2004).

Parathormon

Paratiroid bezler tarafından salgılanan, vücutta kalsiyum metabolizmasının düzenlenmesinde rol alan polipeptid yapıda bir hormondur. Vücutta kalsiyum metabolizmasını ayarlayan en önemli hormondur. Bu hormon dokularda kendi reseptörüne bağlanarak işlev göstermekte, kan kalsiyum seviyesinin yükselmesine ve kan fosfor düzeyinin düşmesine neden olur.

Ratlarda kalsiyum eksikliğinin ortodontik diş hareket hızına, kemik kaybına ve kök rezorpsiyonuna olan etkilerinin incelendiği bir çalışmada kalsiyumdan eksik diyetle beslenen grupta paratiroid hormon salgılanmasının arttığı, kemik yoğunluğunda bir azalma meydana geldiği ve bunun sonucunda da diş hareket miktarının daha fazla, kök rezorpsiyonunun ise daha az olduğunu bildirilmiştir (Goldie ve King, 1984).

Ratlar üzerinde yapılan başka bir deneysel çalışmada sürekli parathormon enjeksiyonunun diş hareketi hızını 2 kat arttırmış olduğu gözlenirken, aralıklı uygulamalarda diş hareketi hızı etkilenmemiştir (Soma ve ark., 1999).

1,25 dihidroksikolekalsiferol (1,25-DHCC)

1,25 dihidroksikolekalsiferol (1,25-DHCC) vitamin D'nin aktif metaolitidir. Böbreklerde 25-hidroksikolekalsiferolden elde edilir. Kalsiyum ve fosfat iyonlarının bağırsak ve böbreklerden emilimini arttırarak; kandaki değerlerini düzenlerler. Ayrıca kemik yapımında ve immün cevabın baskılanmasında düzenleyici olarak görev alır.

1,25-DHCC ve PGE₂'nin ortodontik diş hareketi üzerindeki etkilerinin histolojik parametreler kullanılarak değerlendirildiği deneysel bir çalışmada 1,25-DHCC ve PGE₂ uygulanan gruplarda ortodontik diş hareketi miktarının istatistiksel olarak anlamlı düzeyde arttığı ve 1,25-DHCC farmakolojik ajanının ortodontik diş hareketi sırasında kemik formasyonu ve rezorsiyonunu daha iyi dengelediği bildirilmiştir (Kale ve ark., 2004).

Lökotrienler

Lökotrienler, araşidonik asidin lipooksijenaz enzimi ile metabolize edilmesiyle oluşmaktadır. Lökotrienler ortodontik diş hareketi sırasında oluşan medyatörler olup kemik rezorpsiyonun stimülasyonunda rol oynarlar. Dolayısıyla lökotrienler ortodontik tedaviyi hızlandırmakta, lökotrien inhibitörü ilaçlar da geciktirmektedir (Tyrovola ve Spyropoulos, 2001).

Osteokalsin

Osteokalsin, osteoblastlar, odontoblastlar ve az miktarda da hipertrofik kondrositlerden sentezlenen, küçük hidroksiapatit bağlayan, kemik matriksinde yer alan ve kollajen kaynaklı olmayan bir protein olup sentezi K vitaminine bağımlıdır. Serum osteokalsin değerinin pubertedeki hızlı iskelet büyümesi ile ilişkisi kuvvetlidir. Osteokalsinin görevi tam olarak bilinmemekle birlikte negatif feedback mekanizması ile kemiğin yeniden yapılandırılmasında görev aldığı düşünülmektedir (Ljunghall ve Lindh, 1989).

Ortodontik diş hareketi esnasında lokal osteokalsin uygulamasının yapıldığı deneysel bir çalışmada osteokalsinin hareket yönünde olgun osteoklastların sayısında artış sağlayarak diş hareketini hızlandırdığı görülmüştür (Kobayashi, Takagi et al. 1998).

Hashimoto ve Kobayashi (2001), diş hareketini histolojik olarak değerlendirdikleri bir çalışmada ratların birinci molar dişine sarmal yayla mezial yönde hareket uygularken, lokal osteokalsin enjekte etmişlerdir. Sonuçta lokal osteokalsin uygulamasının diş hareketini hızlandırdığını bildirmişlerdir.

Nitrik Oksit

Nitrik oksit, memelilerde fizyolojik ve patolojik birçok olayda rol oynayan önemli bir hücrel mesajcıdır.

Yapılan bir çalışmada nitrik oksit enjeksiyonu ile çok çekirdekli osteoklastlarda, howship lakünalarında, kılcak damar sayısında ve ortodontik diş hareketi hızında artış bildirilmiştir (Akın ve ark., 2004).

Nükleer Faktör Kappa-B Reseptör Aktivatörü (RANKL)

RANKL, ilk olarak osteoblastlar ile diğer hücre tiplerinin hücre zarına bağlı bir protein olarak bulunmuştur ve tümör nekroz faktörü (TNF) ailesinin bir parçası olarak kabul edilmektedir. Yüzeylerinde RANKL içeren hücreler ile RANKL reseptörü taşıyan preosteoklastlar arası iletilen sinyaller, osteoklast üretimini ve aktivasyonunu sağlar. Osteoprotegrin (OPG), RANKL' a bağlanarak RANK-RANKL bağlantısını ve osteoklast farklılaşmasını engelleyen bir reseptördür (Yasuda ve ark., 1999).

Araştırmacılar periodontal ligamente osteoprotegrin uygulamasının RANKL tarafından gerçekleştirilen osteoklastogenezisi engelleyerek diş hareketi miktarını azaltmasından yola çıkarak peiodontal dokulara yapılan RANKL gen transferinin diş

hareketini hızlandıracağı hipotezini ortaya atmışlardır. Yaptıkları çalışmanın sonucunda periodontal ligamente lokal RANKL uygulanmasının osteoklastogenezi ve deneysel diş hareketini hızlandırdığını ve bu uygulama ile ankiloze dişlerin hareket ettirilebileceğini bildirmişlerdir (Kanzaki ve ark., 2006).

Ortodontik diş hareketini hızlandırmak amacıyla yapılan kimyasal uygulamalar çoğunlukla deneysel aşamada olup insanlar üzerinde yapılmış çok sayıda çalışma bulunmamaktadır. Lokal olarak uygulanan kimyasalların sistemik yan etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle bu uygulamalar henüz ortodontik tedavi pratiğine girememiştir.

2.2.3. Mekanik-Fiziksel Uygulamalar

Mekanik streslere karşı meydana gelen ilk hücrel cevabın yaklaşık 30 dakika sonra gerçekleştiği saptanmıştır. Mekanik stimülasyonu ele alan ilk çalışmalarda dişlere ve periodontal dokulara titreşimsel stimülasyon uygulanarak hücrelerin başlangıç cevaplarının aktivasyonu hedeflenmiştir (Emata, 1979).

Elektromanyetik Stimülasyon

Elektromanyetik alanlar hücre membran potansiyelini ve geçirgenliğini etkileyerek hücrel aktivitede değişikliklere sebep olurlar (Proffit ve ark., 2014). Yapılan deneysel bir çalışmada, atımlı elektromanyetik alanın diş hareketi başlamadan önce görülen başlangıç duraklama fazını kısaltarak diş hareket hızını arttırdığı görülmüştür (Darendeliler ve ark., 2007).

Yapılan bir derlemenin sonucunda elektrik akımının kemiğin hücre membranı etrafındaki elektrolit akımını değiştirerek diş hareketini etkilediği rapor edilmiştir (Karanth ve Shetty, 2000).

Spadaro (1997), yaptığı bir derlemede, elektromanyetik etkenlerin kemiğin yeniden şekillenmesinde rol oynayan hormonlar, büyüme faktörleri, sitokinler gibi ana faktörleri belirgin ölçüde stimüle ettiğini bildirmiştir.

Lazer Uygulamaları

Ozawa ve ark. (1998), yaptığı çalışmada lazerin hücrel proliferasyon ve diferansiyasyonu stimüle ederek osteoblastik ve osteoklastik aktiviteyi arttırdığı gösterilmiştir. Diş hareketinin hızlanmasına esas katkıyı sağlayan osteoklast sayısındaki artış ise RANKL ve M-CSF isimli iki ana peptidin salınımının artmasıyla sağlanmaktadır.

Kawasaki ve Shimizu (2000), lazerin diş hareketi üzerindeki etkisini araştırdıkları deneysel çalışmada yapılan histomorfometrik ve histolojik analizler sonucunda lazer uygulamasıyla kemiğin yeniden şekillenmesinde artış ile birlikte diş hareketinde 1,3 kat hızlanma bildirmişlerdir.

Galyum-Alüminyum-Arsenik (Ga-Al-As) diyot lazerin diş hareketi ve ağrı üzerindeki etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada lazer uygulanan grupta hem diş hareketi hızında artış hem ağrıda belirgin azalma gözlenmiştir (Youssef ve ark., 2008).

Mekanik Vibrasyon

Stres kaynaklı sinyaller iskelet yapının korunmasında önemlidir. Bu sinyaller olmadığında kemik mineral kaybeder ve genel iskelet yapı atrofiye olur. Çiğneme fonksiyonu sırasında alveolar kemiğin bükülmesinden meydana gelen sinyaller diş çevreleyen kemik yapının korunmasında önemlidir. Bununla birlikte ortodontik diş hareketi oluşturmak için uygulanan sürekli kuvvetler stres kaynaklı sinyal oluşturmada belirgin bir etki göstermemektedirler. Buradan yola çıkarak ortodontik diş hareketi ile ilgili olarak stres kaynaklı sinyaller kemiğin yeniden şekillenme sürecinde etkili olacaklarsa ortodontik tedavi sırasında dişlere vibrasyon uygulamak faydalı olabilir (Proffit ve ark., 2014).

Bu konuda yapılan ilk çalışmalarda diş hareketi sırasında uygulanan vibrasyonun çok etkili olmadığı söylenmektedir (Shapiro ve ark., 1979).

Ratlar üzerinde yapılan deneysel bir çalışmada rezonans vibrasyon uygulamasının periodontal dokularda bir hasar meydana getirmeksizin ve periodontal ligamentte RANKL salınımı arttırarak ortodontik diş hareketini hızlandırdığı görülmüştür (Nishimura ve ark., 2008).

Woodhouse ve ark. (2015), birinci premolar çekimli sabit tedavi uyguladıkları 81 hastadan rastgele seçilen 29 hastada hareketli intraoral vibrasyon cihazı, 25 hastada benzer nonfonksiyonel bir cihaz kullanmışlar ve 27 hastada vibrasyon cihazı kullanmamışlardır. Yapılan bu prospektif randomize klinik çalışmada uygulanan vibrasyonel kuvvetin başlangıç diş hareket hızını arttırdığına veya tedavi süresini kısalttığına dair bir kanıt bulunamamıştır.

Ultrason

Ortodontik diş hareketi sırasında alveol kemiğine uygulanan ultrason mevcut biyolojiyi değiştirerek kök rezorbsiyonunu azaltabilir ve diş hareketini hızlandırabilir. Teşhis amaçlı kullanılan ultrasondan farklı olarak terapötik ultrason kan akışını artırır. Bu teoriden yola çıkarak terapötik ultrason uygulaması periodontal ligament bölgesinde kan akışını artırarak hyalinize alanları azaltacak belki de elimine edecek dolayısıyla kök rezorbsiyonunu azaltacaktır (Proffit ve ark., 2014).

Bu alanda yapılan bir çalışmada birinci premolar diş çekimi gerektiren 12 hastaya kuvvet uygulanmasını takiben dört hafta boyunca maksillada tek tarafta düşük yoğunluklu ultrason uygulaması yapılmıştır. Birinci premolar dişler çekimden sonra elektron mikroskobu ile taranarak incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda ultrason uygulanan premolar dişlerde rezorbsiyon alanlarında ve rezorbsiyon lakünalarının sayısında azalma görülmüştür (El-Bialy ve ark., 2004).

2.2.4. Cerrahi Uygulamalar

Ortodontik diş hareketinde temel faktör alveolar kemikte meydana gelen yeniden şekillenme sürecidir. Kemikte meydana gelen yeniden şekillenme yara iyileşmesi sırasında hızlanır. İlk kez Frost (1983), tarafından tanımlanan bölgesel hızlanma fenomeni; kemik kırıkları, osteotomileri veya greftlemeden sonra görülen kemiğin yeniden şekillenme hızının artmasıdır. Bu fikirden yola çıkılarak alveolar çıkıntıda oluşturulacak lokal bir yaralanma, kemiğin yeniden şekillenme sürecinin hızlanması ve kemik yoğunluğunda azalma ile birlikte ortodontik diş hareketi hızının da artmasına neden olacaktır.

Ortodontik tedavi sırasında alveol kemiğinin cerrahi olarak zayıflatılması ilk olarak 1896 yılında Talbot tarafından yapılmıştır. Bu yöntemin sonucunda diş diziliminin sağlandığı, rotasyonların düzeldiği bildirilmiştir (Talbot, 1896).

Kortikotomi

Diş hareketi sırasında medullar kemikte görülen yeniden şekillenme kortikal kemiğe göre daha hızlı gerçekleşir ve harekete karşı esas direnci kortikal kemik oluşturmaktadır (Köle, 1959). Köle'nin iddiasına göre kortikal kemik direnci zayıflatıldığında ortodontik diş hareketi hızlanacaktır. Köle (1959), yaptığı çalışmada tam kalınlık flap kaldırdıktan sonra interdental alveolar kortikal kemiği kaldırarak kemik

bloğunu hareketlendirmiştir. Bunun sonucunda diş hareketinin hızlandığını, kök rezorbsiyonunun azaldığını ve retansiyon süresinin kısaldığını bildirmiştir.

2001 yılında Wilcko kardeşler tarafından birtakım modifikasyonlarla birlikte tanıtilan ‘Wilckodontics’ olarak adlandırılan kortikotomi tekniği günümüzde yaygın olarak kabul gören bir tekniktir. ‘Periodontal Hızlandırılmış Osteojenik Ortodonti’ olarak da bilinen bu teknikte araştırmacılar tedavi hızının 3-4 kat arttığını bildirmişlerdir (Wilcko ve ark., 2001).

Yapılan histolojik bir çalışmanın sonucunda kortikal aktivasyonla birlikte fibroblast, sementoplast, osteoplast ve osteoklast hücreleri olmak üzere periodontal hücrelerde belirgin artış saptanmış, ancak 6 ay sonrasında bu hücresel aktivitede beklenmedik düşüş bildirilmiştir (Cho ve ark., 2007).

Kortisizyon

Kim ve ark. (2009), kediler üzerinde yaptıkları deneysel çalışmada diş etinin bistüri ile insizyonundan sonra flap kaldırmadan doğrudan özel çekiçler kullanarak minimal cerrahi girişim ile daha kabul edilebilir bir teknik olan kortisizyon tekniğini sunmuşlardır. Lokal anestezi altında kanin dişinin mesiobukkal, distobukkal ve distopalatal bölgelerinde interradikküler yapışık dişetinde bistüri ile kesiler atılmıştır. 32 kanin dişini değerlendirmeye aldıkları çalışmalarında, kontrol grubu ile kıyaslandığında kortisizyon yapılan grupta hyalinize dokunun daha hızlı kaldırıldığını ve kemikteki direkt rezorbsiyonda artış ile yeni kemik yapımının 3,5 kat daha fazla gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

Dibart ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada, bukkal bölgede sınırlı mikroinsizyonlar yapmışlar ve insizyondan sonra piezoelektrik bıçakla kesi yaparak sert ve yumuşak doku greftine izin veren bir tünel oluşturmuşlardır. Araştırmacılar ‘Piezosizyon’ olarak adlandırdıkları bu tekniğin kortisizyona göre iki üstünlüğü olduğunu belirtmişlerdir: (1) yumuşak ve sert doku greftlemesine izin vererek periodonsiyumu güçlendirir ve (2) kortisizyonda tekrarlayan çekiçleme işleminin bir yan etkisi olarak görülebilecek baş ağrısı ve baş dönmesi ‘Piezosizyon’ tekniğinde görülmemektedir (Dibart ve ark., 2009).

Mikro Osteoperforasyon

Kortikal kemiğe uygulanan küçük perforasyonlar ortodontik tedavi sırasında salınan sitokin gibi inflamatuvar mediatörlerinde artışa neden olarak kemik rezorbsiyonunu ve diş hareketini hızlandırır (Teixeira ve ark., 2010).

Sınıf II divizyon 1 malokluzyona sahip 20 hastada yapılan bir çalışmada maksillada tek taraflı mikro osteoperforasyon uygulanmış ve 28 gün sonra kanin distalizasyon hızı ile gingival sıvı içerisindeki inflamatuvar mediatörleri değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda mikro osteoperforasyonun inflamatuvar mediatörlerinin seviyelerinde belirgin bir artışla birlikte diş hareketi hızını 2,3 kat hızlandırdığı bildirilmiştir (Alikhani ve ark., 2013).

Yapılan bir çalışmada mikro osteoperforasyon şeklindeki mikro travmanın, gingival sıvıdaki TNF α and IL-1 β seviyelerindeki artış ile uyumlu olarak kanin distalizasyon hızında artışa neden olduğu bildirilmiştir (Alikhani ve ark., 2015).

Dentoalveolar Distraksiyon

Ortodontik tedavi süresini kısaltmak için Kişnişçi ve arkadaşları tarafından sunulan teknikte birinci premolar diş çekimi gereken 11 hastada yaptıkları çalışmada distraksiyon süresi 8-12 gün arasında değişmektedir. Çalışmanın sonucunda ankraj kaybı, kök rezorbsiyonu, vitalite kaybı gibi herhangi bir komplikasyon gelişmediği bildirilmiştir (Kişnişçi ve ark., 2002).

Dentoalveolar distraksiyon yönteminin dentofasiyal yapılar üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada aktivasyon hızı 0,8 mm/gün olup kanin distalizasyonu ortalama 10,05 günde tamamlanmıştır. Distalizasyon sonucunda minimum ankraj kaybı gözlenirken kanin dişlerde 13,15 \pm 4,65 $^{\circ}$ devrilme gerçekleştiği bildirilmiştir. Ön yüz yüksekliğinde ve mandibular düzlem açısında artış meydana gelmiştir. Araştırmacılar bu yöntemin herhangi bir komplikasyona neden olmadan ortodontik tedavi süresini yarı yarıya kısaltan bir yöntem olduğunu ileri sürmüşlerdir (İşeri ve ark., 2005).

Son yıllarda yapılan bir çalışmada kanin dişler ikinci premolar dişler ile kontakt yapacak şekilde 14-16 gün boyunca distalize edilmişlerdir. Konsolidasyon periyodu için aparey bir hafta ağızda tutulmuştur. Bu çalışmanın sonucunda bütün kanin dişlerde kütleli hareket, tipping ve bukkal açılanma gözlemlenmiştir (Nair ve ark., 2014).

Periodontal Ligament Distraksiyonu

Liou ve Huang (1998) tarafından geliştirilen bu teknikte yapılan cerrahi işlem, distraksiyon osteogenezinde olduğu gibi kemik direncinin azaltılması ve reparatif kemik dokusunun gerilimine bağlı olarak yeni kemik oluşturulmasını hedeflemektedir. Araştırmacılar, alveolar-diş kompleksinin çekim boşluğuna taşınmasını sağlayan, premolar diş çekimi sırasında yapılan basit ve invaziv olmayan alveolar kemik kortokotomisini sunmuşlardır.

Gerilim bölgesinde periodontal ligamentin uzamasını (distraksiyonu) takiben alveolar kemik birikimi (osteogenezis) meydana gelir. Periodontal ligament, alveolar kemik ile diş arasındaki 'sutur' olarak kabul edilebilir. Periodontal ligament distraksiyonu tekniğindeki osteogenezis süreci hızlı maksiller ekspansiyon sırasında midpalatal suturda görülen osteogenezis ile benzerdir. Distraksiyon sırasında alveolar kemik veya serbest dişeti grefti yapılmaksızın yeni alveol segmenti ve yapışık dişeti oluşturulur. Bu teknikte posterior dişlerin ankraj kontrolü için kullanılan gecikme periyodu ve kanin distalizasyonunun felsefesi şöyle özetlenebilir: posterior dişler hala gecikme periyodunda iken ve ortodontik kuvvet istenmeyen kök rezorbsiyonuna neden olmadan önce kanin dişlerin çekim soketine hızla distalize edilir (Liou ve Huang, 1998).

Konvansiyonel ortodontik tedaviler biyolojik diş hareketine dayanır ve sınırlı bir hızda gerçekleşir. Ortodontik diş hareket hızı; uygulanan kuvvetin miktarına ve süresine, köklerin sayısı ve şekline, kemik trabeküllerinin kalitesine, kemik metabolizmasına ve hasta kooperasyonuna bağlıdır. Kuvvetin uygulanması ile kısmen anatomik faktörlerin kısmen de mekanik faktörlerin neden olduğu hyalinizasyon dokusunun oluştuğu kabul edilmektedir ve hyalinizasyon periyodu sıklıkla 2 veya 3 hafta sürmektedir (Brudvik ve Rygh 1994). Geleneksel yöntemlerle kaninler ayda ortalama 1 mm distalize edilerek çekim boşluğu ortalama 6-7 ayda kapatılırken bu yöntemle hareket miktarı haftada 1,2 mm'ye çıkarılmış ve distalizasyon süresi 3 haftaya indirilmiştir (Liou ve Huang, 1998).

Periodontal ligament distraksiyonu ile dentoalveolar distraksiyon osteogenezi arasındaki temel fark, osteotomi uygulanan bölgelerdir. Dentoalveolar distraksiyon osteogenezi tekniğinde kanin dişi etrafındaki kemiği blok olarak ayırmak amacıyla mezial, distal ve apikalden kesiler yapılır. Periodontal ligament distraksiyonunda birinci premolar dişler çekildikten sonra kaninin distalindeki interdental septumda, cerrahi frezle

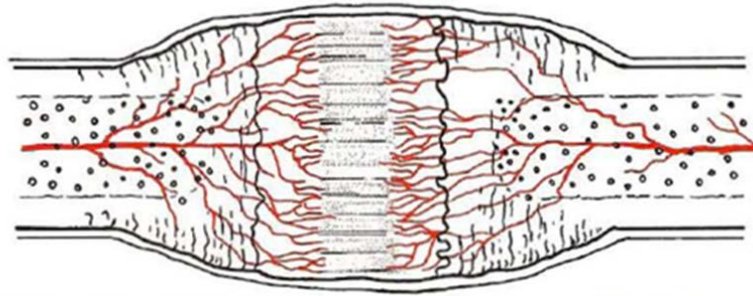
çekim socketinin içinden bukkal ve lingualde iki vertikal oluk oluşturulur ve bu oluklar socketin tabanında oblik bir kesi ile birleştirilir.

Literatürde, ortodontik diş hareketini hızlandıran birçok yöntem bulunmaktadır. Cerrahi yöntemler arasında mikroinvaziv sayılabilecek bir yöntem olan periodontal ligament distraksiyonu tekniğinde yumuşak doku fleplerine, kemik greftlerine ve dikiş atmaya gerek duyulmaksızın cerrahi prosedür diş çekimi seansında gerçekleştirilir.

Bu konu hakkında daha ayrıntılı bilgi ve literatür desteği '2.3. Distraksiyon Osteogenezis' başlıklı konudan sonra '2.4. Periodontal Ligament Distraksiyonu' ana başlığı altında verilecektir.

2.3. Distraksiyon Osteogenezis

Distraksiyon osteogenezis, osteotomi sonrasında kemik segmentlerinin aşamalı bir şekilde uzaklaştırılması ile yeni kemik formasyonunu indükleyen cerrahi bir tekniktir (Ilizarov ve ark., 1968). Bu teknik, ayrılan kemik segmentlerini bağlayan kallus dokusuna çekme kuvvetlerinin uygulanmasıyla başlar ve dokular iyice gerilene kadar devam eder (Şekil 5). Bu çekim sonucunda oluşan gerilim ile çekme kuvveti vektörüne paralel olarak yeni kemik formasyonu uyarılmaktadır (Samchukov ve ark., 1998).



Şekil 5. Uzun kemikte distraksiyon osteogenezisinin şematik olarak gösterilmesi (McNamara ve ark., 1998'den uyarlanmıştır).

Kallusu gererek yeni kemik oluşturma tekniği olan distraksiyon osteogenezisi ilk olarak Codavilla tarafından femur kemiğini uzatmak için kullanılmıştır (Codivilla, 1905). Daha sonra Ilizarov, Rus ortopedik cerrah, yeni kemik formasyon sürecinde rol oynayan biyolojik ve mekanik faktörleri açıklamış ve ilk olarak uzuvların uzunluklarını arttırmada uygulanan modern distraksiyon osteogenezisi uygulamaya başlamıştır (Ilizarov, 1987; Ilizarov, 1989).

İlizarov (1987), klinik deneyimlerine dayanarak distraksiyon osteogenezis ile ilgili olarak iki biyolojik prensip tanımlamıştır. Bu prensipler, ‘‘İlizarov Etkileri’’ olarak adlandırılmıştır. Bunlar:

- Dokuların büyüme ve gelişiminde gerilim stres etkisi; aşamalı olarak uygulanan çekme kuvvetinin oluşturduğu stres, yaşayan dokuların rejenerasyonuna ve hücrel stimülasyona neden olmaktadır. Yeni oluşan kemik, doğal kemik yapısına ulaşmak amacıyla hızlı bir şekilde yeniden şekillenir.

- Kan elemanlarının ve yüklemenin kemik ve eklemlerin şekli üzerine etkisi; kemiklerin ve eklemlerin şekli ve kütlesi mekanik yüklenme ile kan elemanları arasındaki ilişkiye bağlıdır. Eğer kan elemanları normal veya artmış mekanik yüklenmeyi desteklemede yetersiz kalırsa, kemik yapım düzeni bozulurak atrofik veya dejeneratif değişiklikler oluşmaya başlar. Bunun aksine, kan elemanları artmış mekanik yüklenmeyi yeterli derecede desteklediğinde kemikte hipertrofik değişiklikler meydana gelir.

Kemiğe uygulanan distraksiyon kuvvetleri çevre yumuşak dokularda da gerilime neden olarak distraksiyon histogenezisi denilen adaptif değişikliklere neden olur. Kemiğin aşamalı bir şekilde distrakte edilmesi sonucunda dişeti, deri, kas, kıkırdak, ligamentler, kan damarları ve periferik sinirleri içeren çevre dokularda aktif histogenezis meydana gelmektedir. Yumuşak dokularda histogenezis ile elde edilen bu adaptif değişiklikler, akut ortopedik düzeltmeler sonucunda görülebilecek relapsı önleyerek geniş iskeletsel hareketlere izin vermektedir (Annino ve ark., 1994).

Distraksiyon osteogenezisi tekniği dentofasiyal çekim, kraniofasiyal osteotomi ve iskeletsel fiksasyon yöntemleri üzerine kurulu bir tekniktir. Daha sonraki modifikasyonlar ise hep osteodistraksiyon işlemleri olarak adlandırılmış, tüm gelişmeler ilk olarak uzun kemiklerde uygulanan distraksiyon osteogenezisi fikrinden yola çıkmıştır (Cope ve ark., 1999). Ortodontik açıdan değerlendirildiğinde baskı ve çekme kuvvetlerinin kraniofasiyal iskelet kemiklerine uygulanması yeni bir yöntem değildir. Maksillaya mekanik ortopedik kuvvetlerin uygulanması ilk olarak 1859 yılında rapor edilmiştir. Çapraz kapanışa sahip on beş yaşındaki kız hastaya, çift kelepçeli teleskopik bardan oluşan bir apareyle ekspansiyon yapılmıştır (Westcott, 1859).

McCarthy ve ark. (1992), konjenital olarak hipoplastik mandibulayı uzatmada uyguladığı distraksiyon osteogenezis tekniği ile ilgili raporu, bu tekniğin insan maksillofasial uygulamasındaki ilk örneğidir.

2.3.1. Distraksiyon Osteogenezis Teknikleri

Distraksiyon osteogenezis, çekme kuvvetinin uygulandığı yere göre kallotazis ve fiziyal distraksiyon olmak üzere iki şekilde sınıflandırılmaktadır.

Kallotazis

Osteotomi veya kırık ile devamlılığı bozulan kemik çevresindeki tamir kallusunun kademeli gerilimidir. Tekniğin temel aşamaları aşağıdaki gibidir:

- Osteotomi ve kortikotominin yapılması ve kemik segmentlerini bağlayan genişletici apareyin yerleştirilmesi (osteotomi fazı). Neredeyse tüm maksillofasial uygulamalarda kortikotomiden çok osteotomi tercih edilir.
 - İyileşme sürecinin başlangıcı için gerekli zaman zarfının beklenmesi (latent faz)
 - Cerrahi alanında gerilim oluşturmak amacıyla apareyin aktivasyonu (distraksiyon fazı). Cerrahi alanında gerilim basıncı altında iyileşme başladığında bu bölgede kemik formasyonu artar. Sadece kemik uzamaz aynı zamanda kemik değişikliklerine yumuşak doku adaptasyonu ve yumuşak doku zarfında boyut artışı görülür.
 - Rejenere kemiğin remineralizasyonuna izin vermek amacıyla distraksiyon apareyinin aktive edilmeden bırakılarak yeni kemik formasyonunun olacağı distraksiyon boşluğunun korunması (konsolidasyon fazı) (Proffit ve ark., 2003).

Fiziyal Distraksiyon

Kemik gelişim plaklarının distraksiyonudur. Bu teknik temel olarak büyüme plakları arasındaki distraksiyon hızına göre ikiye ayrılır:

- Distraksiyon epifiziyolizis: Büyüme bölgelerinde günde 1-1,5 mm gerilim ile yapılan hızlı bir fiziyal distraksiyon tekniğidir. Hızlı ve artan derecedeki gerilim büyüme plaklarında kırılmaya neden olur. Sonradan epifizin metafizden ayrılması, bu büyüme plağının yerinin trabeküler kemikle dolmasına neden olmaktadır (Aldegheri ve ark., 1989).
- Kondrodiatozis: Kırılma meydana gelmeden yaklaşık 0,5 mm/gün hız ile yapılan yavaş fiziyal distraksiyon tekniğidir. Bu gerilim kırıldak hücrelerinin biyolojik aktivitesini artırır ve sonuçta osteogenezis sürecinin hızlanmasına neden olur (Aldegheri ve ark., 1989).

Teoride fiziyal distraksiyonun bazı avantajları vardır: Tek basamaklı operasyon, yumuşak dokuda insizyon ya da osteotomi gerektirmemesi, doğal büyümenin stimülasyonu, geniş alanda oluşan yeni kemik ile birlikte kemik grefti gereksinimine ihtiyaç duyulmaması gibi üstünlükleri vardır (Aldegheri ve ark., 1989). Ancak bu teknik epifizyal segmentin kısa olmasından ötürü fiksasyonla ilgili komplikasyonlara sebep olabilmektedir. Sonuç olarak kallotazis, deneysel ve klinik uygulamalarda distraksiyon osteogenezisinde ana yöntem olarak tercih edilmektedir.

2.3.2. Distraksiyon Osteogenezisin Biyolojisi

Distraksiyon süreci, kırık sonrasında normal iyileşme incelendiğinde daha iyi anlaşılacaktır. Normalde kemik iyileşme süreci inflamatuvar faz, yumuşak kallus formasyonu, sert kallus formasyonu ve kemiğin yeniden şekillenme süreci olmak üzere dört farklı histolojik aşamadan oluşur (Frost, 1989).

Kırıktan hemen sonra ayrılmış kemik segmentleri arasındaki boşluğa kan dolar ve inflamatuvar hücre infiltrasyonu gözlenir. Bu inflamatuvar aşama yaralanmadan hemen sonra görülür ve birkaç gün sürer.

Oluşan ilk hematoma sonrasında granülasyon dokusu ile yer değiştirir. Çok miktarda fibroblast ve mezenşimal kök hücre bölgeye göç eder ve tip I kollejen sentezi görülür. Ek olarak yeni kapiller formasyon gözlenir. Bu fibrovasküler yapılar kırık kemik segmentlerini bağlayan yumuşak kallusu meydana getirir. Bu dönem, kırık kallusunda kapillerlerin olgunlaşmaya devam etmesiyle sürer. Kırık hattının yakınındaki proksimal ve distal segmentlerin medullar kanalında mikro hücreler ve büyüyen bir kapiller ağ oluşmaktadır.

İlk yaralanmayı takiben yaklaşık 2 hafta sonra yumuşak kallusun giderek artan mineralizasyonu sert kallus formasyonu ile sonuçlanır. Sert kallus immatur kemiktir. Sert kallus aşaması 3-4 ayda tamamlanır ve remodeling safhası başlar.

Kırık tamirinin son aşamasında kemikte artan derecelerde yeniden şekillenme meydana gelir. Bu aşamada, kemik lamelli kemiğe dönüşmekte ve medullar kanal yeniden oluşmaktadır. Kemiğin normal yapısını kazanması ve medullar kanalın tamamen restorasyonu yeniden şekillenme aşamasında gerçekleşir (Proffit ve ark., 2003).

Distraksiyon osteogenezisi sırasında normal kemik iyileşmesinden farklı gelişen olay, yumuşak kallusa düzenli çekim kuvveti uygulanarak yeni kemik oluşumunun uyarılmasıdır.

2.3.3. Distraksiyon Osteogenezisin Fazları

Distraksiyon osteogeneziste kontrollü kırık (osteotomi veya kortikotomi) yapılarak iyileşmenin yumuşak kallus aşamasında kemik segmentlerinin ayrılması ile kırık iyileşmesindeki olaylar taklit edilir. Gerçekte bu, sert kallus formasyonunu geciktirir ve yumuşak kallusu gererek yeni kemik yapımına izin verir (Samchukov, 2001).

Osteotomi fazı

Ilizarov (1987), iyileşme alanında kan desteğini devam ettirmek için kortikotomiden sonra endosteum ve periosteumun korunduğu yeşil ağaç kırığını uzuvların distraksiyonu için önermektedir. Fasial iskeletteki oldukça fazla olan kan desteği bunu gereksiz kılar ve sıklıkla osteotomi önerilir. Çenelerin distraksiyonu için tam osteotomi daha güvenilirdir. Kortikotomi ile segmentlerin kırılması tahmin edilemez ve hasta için daha rahatsız bir işlemdir. Cerrahi teknik seçildiğinde doku hasarı düşünülmelidir. Sağlıklı kallus formasyonu ve kan desteğinin devamı için periosteum korunmalıdır (Proffit ve ark., 2003).

Latent faz

Latent faz kallusun yeterli maturasyonu için önemli bir süreçtir. Eğer distraksiyona çok erken başlanırsa kemik formasyonu azalır, kartilaj elemanları artar ve yeni oluşan kemiğin mekanik direnci azalır. Eğer latent periyod çok uzatılırsa (örneğin sert kallus formasyonu başlarsa) distraksiyon apareyi kemik segmentlerini ayıramayabilir.

Kırık iyileşmesinde yumuşak kallus fazı 3-7 günde başlar ve 2-3 hafta sürer; bu zaman aralığı latent periyodun sınırlarını verir. İyileşme çocuklarda daha hızlıdır. Yumuşak kallus formasyonunun başlangıcı bölgedeki kan desteğinden de etkilenir (Frost, 1989). Maksillofasiyal iskeletteki aşırı kan desteği latent periyod olmadan rejenere kemik formasyonuna izin verir ancak bunu destekleyen oldukça az bilimsel veri vardır (Swennen ve ark., 2001).

Yumuşak kallus formasyonu sırasında meydana gelen en önemli olay kırık kallus içerisine doğru kılcak damarların büyümesidir. Osteotomiden sonra beşinci günde kırık hattıyla ayrılan segmentlerin medullar kısmında büyüyen bir kapiller ağ oluşmaktadır (Irianov, 1996).

Maksillofasiyal distraksiyonda immediate aktivasyon yapılabilmekte veya latent faz 12 güne kadar uzatılabilmektedir. Yayınlanan vakaların çoğunluğunda latent periyod ortalama 5-7 gün olarak belirtilmiştir (Proffit ve ark., 2003).

Distraksiyon fazı

Yeterli latent periyottan sonra aparey aktive edilerek kemik segmentlerine gerilim uygulanır. Aktivasyonda iki önemli değişken vardır: distraksiyonun hızı yani günlük distraksiyon miktarı ve distraksiyonun ritmi yani cihazın hangi sıklıkta aktive edildiğidir.

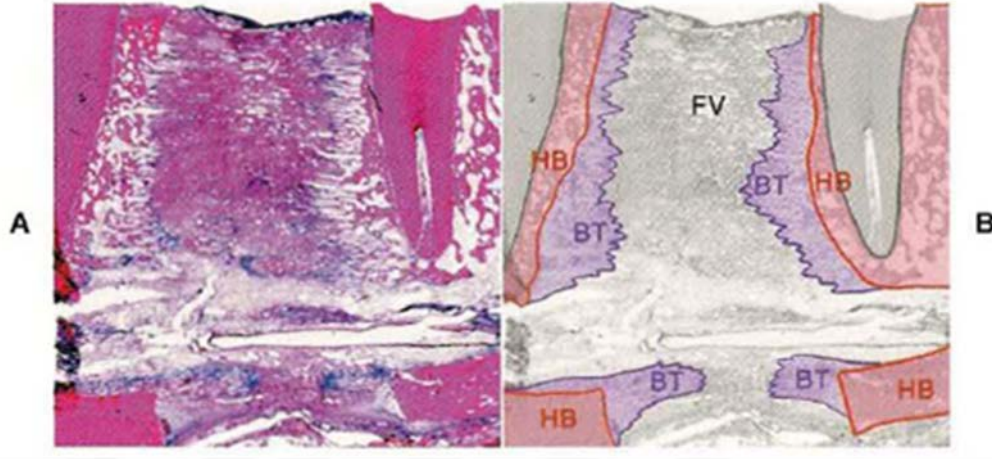
Distraksiyon hızı yetersiz olduğunda prematür konsolidasyon riski vardır. Diğer yandan hızlı distraksiyon yumuşak kallus üzerinde aşırı strese neden olarak rejenerasyonun orta kısmında her üç boyutta incelme ve distraksiyon alanında kum saati deformasyona neden olur. Distraksiyon hızı günde 1 mm olarak önerilmektedir (Proffit ve ark., 2003).

Distraksiyon ritminde ideal kabul edilen prosedür sabit aktivasyon uygulanmasıdır. Ancak bu günümüzdeki apareylerle mümkün değildir. Ilizarov osteogenetik aktivite açısından ritmin önemli olduğuna değinmiştir. Onun önerisi günde dört defa 0,25 mm aktivasyon yapılmasıdır (Ilizarov, 1989). Literatürde sunulan vakaların çoğunluğunda günde iki defa 0,5 mm en sık uygulanan protokoldür (Swennen ve ark., 2001).

Gerilimin uygulanması ile distraksiyon sürecinde kallus oluşumu tetiklenir. Bu noktadan itibaren inflamatuvar hücrelerin göçü, neovaskülarizasyon ve tip I kollajen liflerin birikmesi ile kırık iyileşmesinin mikroçevresi oluşur. Çekme kuvvetleri uygulandıkça fibroblastlar ve kemik boşluğu içinde yeni biriken kollojen lifler distraksiyon vektörüne paralel olarak uzunlamasına dizilir. Bu fibröz doku içinde yeni kapillerin büyümesi devam eder ve ikinci haftada çevre periosteumdan kaynaklanan osteoprogenitör hücreler kollajen lif ağı boyunca osteoid yığmaya başlar. Distraksiyon boşluğu içinde belirgin histolojik zon görülmeye başlanır. Mineralizasyonun çevre zonları içerisinde yeni kemik formasyonu devam ederken rejenerasyonun merkez zonu sürekli uzamaktadır (Şekil 6) (Proffit ve ark., 2003).

Standart bir distraksiyon protokolünde 1-3 haftalık süreçte yumuşak doku zarfında 5-15 mm oranında bir gerilme elde edilir. Bu kademeli çekme ve germe kuvvetinin yumuşak doku direncinin üstesinden gelmede önemli yararları vardır. Aşırı

palatal skar dokusu olan yarık maksilla vakalarında olduğu gibi yüksek doku direnci olan büyük iskeletsel değişikliklerin yapılacağı vakalarda istenilen iskeletsel hareketlere ulaşmanın tek yolu distraksiyon olabilir (Posnick ve Ruiz, 2000).



Şekil 6. A. Histolojik kesit **B.** köpekte mandibular dişler arasındaki distraksiyon aralığında görülen rejenere kemik. Rejenere alanın birçoğu göç eden kemiğin (HB) marjinlerinde başlayan primer kemik trabekülasyonu (BT) ile fibrovasküler doku (FV) tarafından meydana gelmektedir (Cope ve Samchukov, 2000' den uyarlanmıştır).

Distraksiyon fazı istenilen uzatma miktarına ulaşılan kadar devam ettirilmelidir. Yeterli konsolidasyon süresi ile birlikte relaps, kemiğin kısalması, görülmez (Proffit ve ark., 2003).

Konsolidasyon fazı

Yeterli distraksiyon elde edildikten sonra distraksiyon apareyi rejenere kemik olgunlaşana ve remodele olana kadar yerinde bırakılır. İyileşme sürecinde distraktör kemik hareketlerini önleyecek kadar rijid olmalıdır. Eğer yetersiz fiksasyon veya apareyin erken uzaklaştırılmasına bağlı hareket meydana gelirse kötü bağlanma veya fibröz eşit olmayan bir bağlanma meydana gelebilir (Ilizarov, 1989).

İdealde konsolidasyon periyodu kemik mineralizasyonun tamamlanması için gereken süreyle uyumlu olmalıdır. Konsolidasyon periyodu sonundaki kemik olgunluğu stabilite ve potansiyel relaps açısından belki de distraksiyon sürecinin kendisinden daha kritiktir. Konsolidasyon için birçok yazar tarafından tanımlanan gerekli minimum süre 3 hafta ile 3 ay arasında değişmektedir (Swennen ve ark., 2001).

Maksillofasiyal distraksiyonu takiben 6-8 haftalık konsolidasyon periyodu önerilmektedir (McCarthy ve ark., 1999; Samchukov, 2001). Yapılan histolojik bir çalışmada mandibular uzunluğu arttırmak için kullanılan distraksiyondan 1 yıl sonra bile periferal bölge ile kıyaslandığında rejenere kemiğin merkezinde immatür doku bulunduğu bildirilmiştir (McCarthy ve ark., 1999).

Yeniden Şekillenme Fazı

Distraksiyon aygıtı çıkarıldıktan sonraki dönemdir. Bu süre genellikle distraksiyonun tamamlanmasından bir yıl sonraya kadar devam etmesine rağmen, yeni oluşan kemiğin şekillenmesi distraksiyonun tamamlanması ile başlar ve konsolidasyon periyodu boyunca da devam eder. Bu dönemde ilk oluşan kemik taslağı lamelli yapı kazanarak gittikçe güçlenir. Hem kortikal kemik hem de medullar kemik yeniden düzenlenir. Kortikal yenilenmenin en son basamağı olan havers kanallı yapının kazanılmasıyla kemik yapısı tam formunu kazanır. Yeni kemik dokusunun daha önceki kemik gibi kuvvetli bir yapıya sahip olabilmesi için bir yıl veya daha fazla süre gereklidir (Samchukov, 2001).

2.4. Periodontal Ligament Distraksiyonu

Liou ve Huang (1998), birinci premolar diş çekimi ve kanin distalizasyonuna ihtiyacı olan 15 ortodontik hasta üzerinde yaptıkları çalışmada 15 üst, 11 alt kanin dişini değerlendirmişlerdir. Diş destekli hazırlanan intraoral distraksiyon apareyi çekimden hemen sonra 0,5-1 mm/gün hızla aktive edilmiştir. Kanin dişlerin çekim boşluğuna 3 hafta içerisinde 6,5 mm distrakte olduğu, distraksiyon sırasında birinci molar dişlerin %73' ünün mesiale hareket etmediği, %27' sinin ise 0,5 mm' den daha az hareket ettiği bildirilmiştir. Distraksiyondan sonra oluşan yeni kemik 3 ay içerisinde olgun kemik formunu almıştır. Radyografik değerlendirmelerde apikal veya lateral kök rezorbsiyonun minimal olduğu gözlemlenmiştir. Distraksiyon sırasında ve sonrasında periodontal defekte veya endodontik lezyona rastlanmamıştır.

Liou ve ark. (2000), distraksiyon ile elde edilen yeni fibröz kemik dokusuna ortodontik diş hareketini incelemek için köpekler üzerinde yaptıkları deneysel çalışmada mandibular üçüncü ve dördüncü premolar dişler arasına yerleştirilen kemik destekli intraoral distraksiyon apareyi iki hafta boyunca aktive edilmiştir. Bir tarafta diş hareketine distraksiyon ile aynı anda, diğer tarafta distraksiyon tamamlandıktan sonra başlanmıştır.

Distraksiyon ile elde edilen fibröz kemik dokusuna dördüncü premolar dişi hareket ettirmek için 5 hafta boyunca 50 g ortodontik kuvvet uygulanarak ayda 1,2 mm diş hareketi elde edilmiştir. Bu araştırmanın sonucunda yazarlar, başlangıç diş hareketi için en iyi zamanın distraksiyon tamamlandıktan hemen sonra olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışma, distraksiyon osteogenezis ile elde edilen boşluğa hızlı ortodontik diş hareketinin başarılı bir şekilde yapılabileceğini gösteren ilk deneysel çalışmadır.

Sayın ve ark. (2004), hızlı kanin distalizasyonunun dentaalveolar dokulara etkilerini değerlendirmek amacıyla distalizasyon sırasında bireysel diş destekli distraktör kullanmışlardır. Distraktörü 3 tur/gün ritm ve 0,75 mm/gün hız ile aktive ederek 3 haftada distalizasyon tamamlanmıştır. 18 hastada 43 kanin dişi değerlendirdikleri çalışmada maksiller kanin diş distalizasyonu 5,76 mm, distal devrilme miktarı 11,47°; maksiller birinci molar diş ankraj kaybı 0,56 mm, ekstruzyonu 0,64 mm; mandibular kanin diş distalizasyonu 3,5 mm, distal devrilme hareketi 7,16° ve maksiller kesici dişte palatal devrilme miktarı 1,44° olarak bildirilmiştir.

Bilodeau (2005), sınıf III malokluzyona sahip yetişkin hastanın tedavisinde mandibulada periodontal ligament distraksiyonu tekniğini kullanmıştır. Tedavi süresi 16 ay süren vakada tedavi sonunda normal overjet ve overbite ilişkisi sağlanmış ve fasiyal profilde iyileşme görüldüğü belirtilmiştir.

Bengi ve ark. (2006), periodontal ligament distraksiyonu uyguladıkları sınıf II divizyon 1 malokluzyona sahip 16 yaşındaki vakada konsolidasyon fazında zigomatik ankraj kullanarak kesici dişlerin retraksiyonunu gerçekleştirmiştir. Distraktörün sekiz saat aralıkla günde 3 defa toplamda 0,75 mm aktivasyonu ile kanin distalizasyonu yapılmıştır. Hastanın tedavisi hiç ankraj kaybı yaşanmadan beş ayda tamamlanmıştır. Araştırmacılar bu iki tekniğin birlikte kullanımı ile ortodontik tedavi süresinin ciddi bir şekilde azalabileceği fikrini ortaya atmışlardır.

Vercelotti ve Podesta (2007), ortodontik diş hareketi için monokortikal diş dislokasyonu ve ligament distraksiyonu (MTDLD) olarak adlandırdıkları yeni bir mikrocerrahi teknik sunmuşlardır. Bu teknik ayrı olarak çalışan iki farklı diş hareketinin kombinasyonu ile geliştirilmiştir. Hareket yönündeki kök yüzeyinde piezocerrahi mikro testerele ile kortikal kemik direncini azaltmak amacıyla vertikal ve horizontal kortikotomiler yapılmıştır. Kök ve kortikal kemiğin birlikte dislokasyonunu sağlamak amacıyla güçlü biyomekanik kuvvetler uygulanmıştır. Uygulanan kuvvet, hareketin tersi

yönünde kök yüzeyindeki ligament liflerinin hızlı distraksiyonunu sağlamıştır. Tedaviden bir yıl sonra 8 hastanın periodontal ve radyolojik kontrolleri yapılmıştır ve periodontal bir defekt saptanmamıştır. Geleneksel ortodontik tedavilerle kıyaslandığında MTDLD tekniğinin tedavi süresini ortalama %60 -70 oranında kısaltabileceği ileri sürülmüştür.

Ma ve ark. (2008), interseptal kemik direnci zayıflatıldıktan sonra yapılan periodontal ligament distraksiyonu tekniğinde $25,6\pm 4,7$ günde, $5,56\pm 1,32$ mm kanin diş hareketiyle protokolü tamamlamışlardır. Ankraj dişlerde $0,76\pm 0,75$ mm mesial hareket gözlenirken kanin dişin $12,2^\circ$ distal devrilme ve $18,53^\circ$ rotasyon yaptığı gözlemlenmiştir. Ayrıca kesici dişlerin mesial kontakt noktaları $0,67\pm 0,55$ mm linguale hareket etmiştir. Distraksiyondan sonra belirgin derecede kök rezorbsiyonuna ya da pulpa vitalite kaybına rastlanmadığı rapor edilmiştir.

Lv ve ark. (2009), yaptıkları deneysel çalışmada periodontal ligamentin herhangi bir komplikasyona neden olmadan distrakte edilebileceğini göstermişlerdir. Histolojik olarak kontrol grubuyla kıyaslandığında distraksiyon yapılan tarafta gerilim bölgesinde daha fazla kemik yapımı ve basınç bölgesinde ise daha aktif ve geniş kemik rezorbsiyonu tespit edilmiştir.

Kumar ve ark. (2009), periodontal ligament distraksiyonu ile yapılan hızlı kanin distalizasyonunun kanin diş köküne ve pulpa vitalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. 8 hastada 16 maksiller kanin dişin incelendiği araştırmada, kanin dişler $20,33\pm 1,87$ günde ikinci premolar dişle kontakt kuracak şekilde ortalama $5,25$ mm distalize olmuş ve $15,33^\circ$ distale devrilme hareketi yapmıştır. Üst molar dişler mesiale hareket etmemişlerdir ancak yaklaşık 1mm ekstruzyon hareketi görülmüştür. Minimal derecede kök rezorbsiyonu ile pulpa vitalitesinde bir kaybın gerçekleşmediği tespit edilmiştir.

Wilmes ve Drescher (2009), ankiloze maksiller kanin dişlerin seviyelenmesi amacıyla vertikal periodontal distraksiyon tekniğini denemişlerdir. 16-19 yaş grubunda 5 bayan hastada yapılan çalışmada maksiller kanin dişler cerrahi olarak lükse edildikten sonra 5-7 günlük latent fazın ardından günde $0,5$ mm hızla distraksiyona başlanmıştır. Distraksiyon süresi ortalama $43,2$ gün, distraksiyon mesafesi ortalama $10,8$ mm' dir. Vertikal periodontal ligament distraksiyonu tekniği gömülü ankiloze kanin dişlerin seviyelenmesinde minimal invaziv bir teknik olup kanin dişler distrakte olurken yumuşak ve sert doku oluşumu da uyarılır.

Sukurica ve ark. (2009), yaş ortalaması 18,5 yıl olan 8 hastanın 20 dişini değerlendirdikleri çalışmada segmental alveolar distraksiyon osteogenezis tekniği ile kanin dişleri hızlı bir şekilde distalize etmişlerdir. Distraksiyona cerrahiden 3 gün sonra günde iki kez günlük 0,5 mm aktivasyonla başlamışlardır. Distraksiyon işlemi ortalama $14,65 \pm 3,49$ günde tamamlanmıştır. Bu süreçte $5,35 \pm 1,22$ mm distal kanin hareketi ve $9,1^\circ$ distal tipping meydana gelmiştir. Birinci molar dişlerin aksiyal açılanmasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulamamışlardır.

Dentoalveolar distraksiyon (DD) ile periodontal distraksiyonun (PD) etkilerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada ortalama yaşın 20 yıl olduğu altışar kişilik iki grup oluşturulmuştur. Her iki grupta da distraktör, distraksiyon ritmi günde 4 tur ve hızı günde 0,5 mm olacak şekilde aktive edilmiş ve distraksiyondan sonra 12 hafta konsolidasyon amacıyla pasif olarak bekletilmiştir. Yapılan incelemelerde distalizasyon süresinin PD grubunda $19,5 \pm 1,7$ gün, DD grubunda $12,5 \pm 0,5$ gün; kanin devrilme miktarının PD grubunda $15,33^\circ \pm 0,27^\circ$, DD grubunda $10,61^\circ \pm 0,29^\circ$; sagittal ankraj kaybı PD grubunda $0,25 \pm 0,046$ mm, DD grubunda $0,32 \pm 0,31$ mm; verikal ankraj kaybı PD grubunda $0,65 \pm 0,046$ mm, DD grubunda $0,55 \pm 0,32$ mm olup gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak oldukça anlamlı bulunmuştur. DD grubunda kök rezorbsiyonu görülmezken PD grubunda bir vakada minimal kök rezorbsiyonu tespit edilmiştir (Kharkar ve ark., 2010).

Kumar ve ark. (2012), 14-25 yaş grubundaki 5 hasta üzerinde değerlendirdikleri periodontal ligament distraksiyonu tekniğinde günde 0,4 mm aktivasyon yapmışlardır. Distraksiyon sırasında kanin dişte meydana gelebilecek rotasyonu engellemek için palatinal bölgede elastomerik zincir kullanılmıştır. Maksiller kanin dişler, ortalama 2,43 mm/hafta hızla distalize olarak $15,1^\circ$ distal devrilme hareketi ve $7,8^\circ$ mesiobukkal rotasyon yapmıştır. Maksiller birinci molar dişlerde $6,1^\circ$ mesiale devrilme hareketi görülmüştür. Kanin distalindeki interseptal kemik kalınlığının, diş köküne ve periodontal ligament vitalitesine zarar 1,0-1,5 mm vermeden inceltilebileceği bildirilmiştir.

Mowafy ve Zaher (2012), split mouth şeklinde 30 hasta üzerinde yaptıkları randomize klinik çalışmada rastgele seçilen bir bölgede vida şeklinde dental distraktör, diğer tarafta sürekli kuvvet uygulayan coil spring distraktör kullanmışlardır. Vida kullanılan tarafta kanin distalizasyon süresi ortalama $5,3 \pm 1,3$ hafta, molar dişlerin mesial hareketi $2,5 \pm 0,9$ mm, kanin dişin distale devrilme miktarı $10,5^\circ \pm 3,1^\circ$ dir. Yay kullanılan tarafta $27,8 \pm 6,6$ haftalık süreçte molar dişlerin mesial hareketi $2,8 \pm 1,5$ mm, kanin dişin

distale devrilme miktarı $0,27^{\circ} \pm 1,75^{\circ}$ bulunmuştur. Çalışmanın sonucunda kesik veya devamlı kuvvet uygulanan her iki distraktör grubunda da ankraj kaybı meydana gelmiştir. Ankraj kaybı açısından iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir. Devamlı kuvvet uygulanarak yapılan kanin distalizasyonunda cerrahi girişim distalizasyon süresini azaltmamıştır. Kesik kuvvetin neden olduğu kanin dişin hızlı devrilme hareketinin aksine devamlı kuvvetlerin yavaş paralel harekete neden olduğu ifade edilmiştir.

Allgayer ve ark. (2013), periodontal ligament distraksiyonu tekniğinin iki yıllık stabilitesini değerlendirdikleri bir vaka raporunda, bu teknik ile ek bir ankraj gereksinimine ihtiyaç duyulmadan elde edilen gülüş estetiği ve okluzyonun tatmin edici olduğunu bildirmiştir.

Khanna ve ark. (2014), mini vidalarda destek olarak NiTi yaylar ile uyguladıkları periodontal ligament distraksiyonunun etkilerini değerlendirmişlerdir. Ortalama yaşın $18,8 \pm 2,7$ yıl olduğu 25 hastada sol taraf kontrol grubu sağ taraf çalışma grubu olarak seçilmiştir. Sadece sağ tarafta periodontal ligament distraksiyonu için kesiler yapılmıştır. Kanin diş distalizasyonunda her iki tarafta da NiTi yaylar mini vidadan destek alınarak kullanılmıştır. Kanin distalizasyonunda 3 aylık süreç değerlendirilmiştir. 1. ve 2. aylarda alınan kayıtlarda çalışma grubunda kanin hareketinde istatistiksel olarak önemli derecede hızlanma tespit edilmiştir.

Koteswara Prasad ve ark. (2014), yaşları 14-25 yaş arasında değişen, maksiller arkta birinci premolar diş çekimi gerektiren 10 hastaya periodontal ligament distraksiyonu uygulamışlardır. Günde 0,4 mm aktivasyon yapılmış ve distraksiyon tamamlandıktan sonra aparey bir ay ağızda bekletilmiştir. Maksiller kanin dişler ortalama $13,5^{\circ} \pm 3,54^{\circ}$, istatistiksel olarak oldukça önemli derecede, distopalatinal rotasyon; maksiller molar dişler ortalama $-0,20^{\circ} \pm 0,42^{\circ}$, istatistiksel olarak önemli derecede, mesiopalatinal rotasyon yapmıştır. Üç hafta içinde boşluk kapatma miktarı ortalama 7,58 mm olarak kaydedilmiştir. Distrakte edilen periodontal ligament aralığının, distraksiyon tamamlandıktan sonra bir ay içinde normal genişliğine döndüğü bildirilmiştir.

Chen ve ark. (2014), periodontal ligament distraksiyonu tekniğinde distrakte edilen dişin gerilen periodontal ligament aralığında tip I ve tip III kollajen ile matriks metalloproteinaz-1 (MMP-1) salınımındaki değişiklikleri değerlendirmek için yaptıkları deneysel çalışmada, distraksiyon yapılan bölgede tip III kollajen ve MMP-1 salınımında

daha çabuk zirve noktasına ulaşıldığını bildirmişlerdir. Kuvvet uygulanması sırasında tip I kollajen salınımı deney grubunda başlangıçta azalıp sonradan artarken kontrol grubunda devamlı olarak artmıştır. Bu çalışmanın sonucunda hızlı diş hareketinin normal fizyolojik yeniden şekillenme süreci ile uyumlu olarak periodontal ligament distraksiyonunun erken aşamalarında gerçekleştiği ve gerilim bölgesindeki periodontal dokuların deney grubunda kontrol grubuna göre daha hızlı olarak yeniden şekillendiği bildirilmiştir.



3. BİREY ve YÖNTEM

3.1 Birey

Bu çalışmada ileri sürülen Null hipotezini “Periodontal ligament distraksiyonu (PLD), diş hareketini hızlandırarak ortodontik tedavi kalitesini artıracaktır.” test etmek amacıyla Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti Kliniği’ne başvurmuş ve tedavi sırası bekleyen 3.625 hastanın bilgisayar ortamındaki kayıtları incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda alt ve/veya üst premolar diş çekimli tedaviye ihtiyacı olan (moderate veya maksimum ankraj) ve bu çalışmaya uygun olan 36 hasta araştırmaya dahil edilmiştir. Çalışmaya dahil edilen bireylerde;

- Herhangi bir sistemik hastalık nedeniyle sürekli ilaç kullanıyor olmaması,
- Ortognatik cerrahi gerektirecek düzeyde asimetri, okluzyon ve çene travması veya gelişim probleminin olmaması,
- Klinik olarak tespit edilebilen herhangi bir temporomandibular eklem probleminin olmaması,
- Konjenital diş eksikliği ve daimi diş çekimi (daimi üçüncü molarlar hariç) yapılmamış olması,
- Kooperasyon probleminin olmaması,
- Ağız hijyeninin iyi olması,
- Daimi dişlenme döneminde olması,
- Daha önce kısa süreli dahi olsa herhangi bir ortodontik tedavi görmemiş olması,
- Birinci premolar dişlerin çekimi sonrası sağ ve sol yarım çenelerin her ikisinde de köpek dişlerin geriye hareketinin gerekli olması şartları aranmıştır.

Araştırmaya dahil edilen bireylere ve velilerine sabit ortodontik tedavi ve dahil olacakları araştırma projesinde kullanılacak yöntem, çalışmanın amacı, rutin ortodontik tedavilerde ve çalışmada meydana gelebilecek komplikasyonlar hakkında bilgi verilmiştir. Çalışmada yer almak isteyen gönüllünün kendisinden veya 18 yaşını tamamlamamışsa velilerinden imzalı aydınlatılmış “Hasta Onam” formu alınmıştır (Ek 1). Ayrıca Ondokuz Mayıs Üniversitesi Etik Kurulu’ndan çalışmanın etik kurallara uygun olduğuna dair 2014/515-555 sayılı belge alınmıştır (Ek 2).

3.1.1. Araştırma Gruplarının Oluşturulması

Bu çalışma için örnek sayısı $\alpha=0,05$ ve testin gücü % 95 olacak şekilde istatistiksel güç analizi kullanılarak belirlenmiştir (PASS 2008; Power Analysis Statistical Software). Gruplar kanin distalizasyonu açısından karşılaştırıldığında her bir grupta 10 bireyin bile % 99 üzerinde güçlü bir istatistiksel veri sağlayacağı saptanmıştır. Aktif ortodontik tedavi sürecinde atrizyonların da oluşacağı düşünülerek gruplardaki birey sayısının en az 18 olmasına karar verilmiştir. Ortodontik tedaviye başladıktan sonra çeşitli nedenlerden dolayı araştırma grubunda 1 birey, kontrol grubunda ise 3 birey araştırmadan ayrılmıştır. Kontrol grubu olan hastalarda kanin dişleri konvansiyonel bir yöntemle distalize edilirken araştırma grubunda periodontal ligament distraksiyonu tekniği kullanılarak distalizasyon yapılmıştır. Gruplar oluşturulurken dikkat edilen önemli nokta birbiriyle yaş, cinsiyet, ankraj gereksinimi ve malokluzyon yönünden en çok eşleşen bireyleri her bir gruba rastgele dağıtmak olmuştur. Bu işlem ile gruplar arasında yeterli düzeyde dağılım eşitliği sağlanarak çalışma sonuçlarının daha anlamlı olması amaçlanmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Gruplar arasındaki cinsiyet, yaş dağılımı ile distalize edilen maksiller ve mandibular kanin sayısı ve distalizasyon süreleri

	Cinsiyet		Yaş Ortalaması	Maksiller Kanin sayısı	Mandibular Kanin Sayısı
	K	E			
PLD Grubu	10	7	16,44±0,91	34	14
Kontrol Grubu	9	6	16,13±1,28	30	12

3.2 Yöntem

Ortodontik tedaviye başlamadan önce çalışmaya dahil edilen tüm hastalardan anamnez ve muayene kayıtları alınarak T0 başlangıç kayıtları olan alt-üst ortodontik modeller elde edilmiş, ağız dışı ve içi fotoğrafları, panoramik ve lateral sefalogram

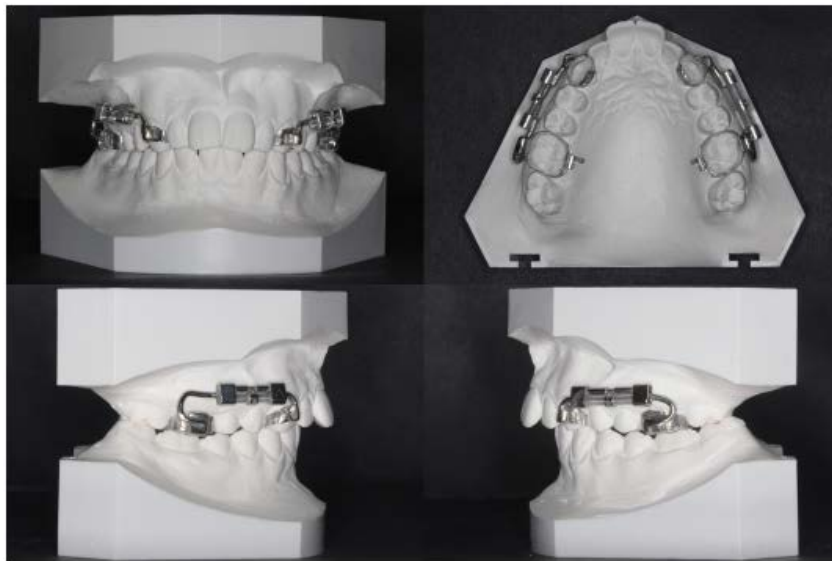
röntgen filmleri ile distalize edilecek kanin bölgelerinden periapikal filmler ve periodontal indeks -plak indeksi (PI), gingival indeks (GI), cep derinliği (PD)- kayıtları alınmıştır. Kayıtlar için alınan röntgen filmleri Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Oral Diagnoz ve Radyoloji Anabilim Dalı'nda çekilmiştir.

Hastaya, tedavi boyunca uyması gereken kurallar, dişlerini hangi fırçayla nasıl fırçalaması gerektiği modeller üzerinde ve videolarla anlatılmıştır. Tedavinin ilerleyen aşamalarında ağız hijyeni bozulan bireylere yeniden eğitim verilmiş, daha dikkatli ve özenli olmaları konusunda uyarılmışlardır.

3.2.1. PLD Grubunda Tedavi Protokolü

İntraoral Diş Destekli Distraksiyon Aygıtının Hazırlanması

PLD grubunda diş çekimi ve cerrahi işlemde bir hafta önce kanin ve molar dişler için uygun boyutlarda prefabrike bantlar seçilerek dişlere uygulanmıştır. Kanin ve molar dişler üzerindeki bantlar ağızda iken hastadan aljinat ile ölçü alınmış ve alınan ölçüye sert alçı dökülerek laboratuvar aşaması için çalışma modeli elde edilmiştir. Elde edilen çalışma modeli üzerinde küçük bir vida (Mini Compact RPE, Dentsply GAC, USA) ile kanin diş için periodontal distraksiyon apareyi, hastanın vestibül sulkus derinliği ve hastaya özgü olan bu bölgenin anatomik yapısı da göz önüne alınarak hazırlanmıştır. Apareyin uyumu ve konumu üç boyutlu kontrol edildikten sonra vida bantlara lehimlenmiştir (Şekil 7).

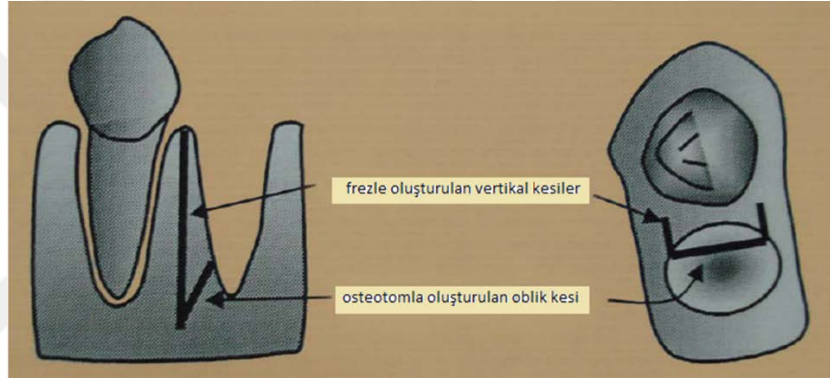


Şekil 7. Laboratuvar aşamasında hazırlanan distraktör

Cerrahi Teknik

Araştırma grubundaki tüm hastalarda cerrahi işlemler Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Hastalıkları Cerrahisi Anabilim Dalı kliniğinde aynı cerrah tarafından yapılmıştır. Cerrahi operasyon öncesinde T0 aşamasında alınmış olunan panoramik ve periapikal radyografiler kullanılarak kanin kökleri ve komşu anatomik yapılar değerlendirilmiştir. Tüm hastalar lokal anestezi altında opere edilmiştir.

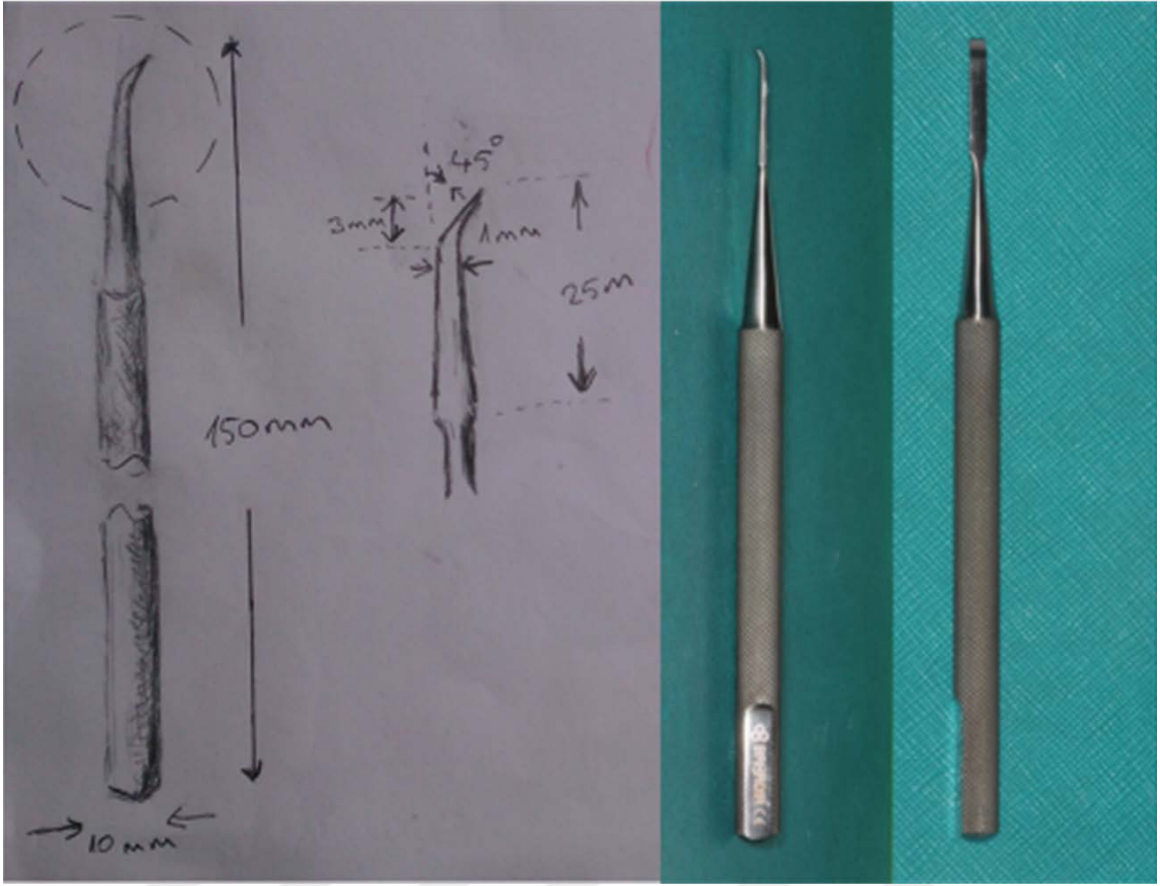
Aparey uyumlanıp simante edildikten yaklaşık iki saat sonra birinci premolar dişlerin çekimi yapılarak kaninin distalindeki interdental septumda cerrahi fissür frezle çekim socketinin içinden bukkal ve lingualde iki vertikal oluk oluşturulmuştur (Şekil 8).



Şekil 8. Cerrahi kesilerin şematik olarak gösterilmesi.

Oblik kesi elde etmek için tasarlan ve eskizleri çizilen kemik osteotomu özel olarak yaptırılmıştır (Bahadır Tıbbi Aletler A.Ş., Samsun, Türkiye) (Şekil 9). Vertikal kesiler oluşturulduktan sonra socket içerisine 45° lik açıyla yerleştirilen özel osteotom ile oblik kesi oluşturularak vertikal kesilerle birleştirilmiştir. Her hastaya cerrahi sonrasında antibiyotik, ağrı kesici ve ağız gargarası verilmiştir.

Cerrahi işlem sonrasında yapılan kontrollerde hastalarda cerrahi operasyona bağlı herhangi bir semptom (ekimoz, şişlik, ağrı vb.) gözlemlenmemiştir.



Şekil 9. Oblik kesiler için tasarlanan kemik osteotomu

Distraksiyon Protokolü

Cerrahi işlem ile birlikte vida aktivasyonuna günde 2 kez olmak üzere 12 saat aralıklarla toplamda 0,50 mm (0.25×2) aktivasyonla başlanmıştır. Hasta ve hasta yakınına vidayı nasıl çevirecekleri model üzerinde anlatılarak ilk aktivasyon kendilerine yaptırılmıştır. Distraksiyon aşamasında hastaya distraktör dışında herhangi bir ağız dışı veya ağız içi ankraj arttırıcı aparey kullanılmamıştır.

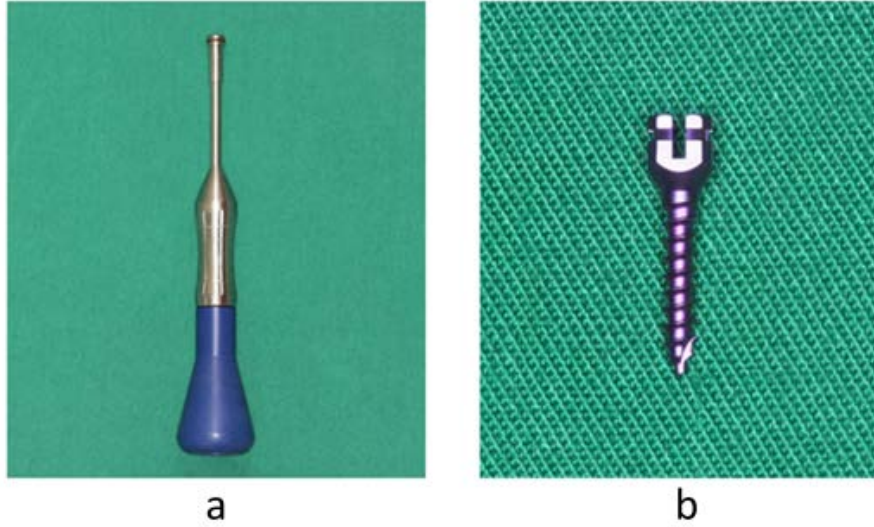
Distraksiyon başlangıç seansında (T1) aljinat ölçü, ağız içi fotoğrafları, kanin dişlerden periapikal röntgen kayıtları alınmış ve periodontal indeks ölçümleri yapılmıştır. Distraksiyona başladıktan sonraki 1.haftada (T2), 2.haftada (T3) ve 3.haftada (T4) kontrol randevuları verilmiştir. Her seansta yukarıda bahsettiğimiz aşamalar sırası ile yapılmıştır. Lateral sefalogram, kanin dişlerden periapikal röntgen film kayıtları, ve periodontal indeksler yalnızca distraksiyon başlangıcı ve bitiminde alınmıştır.

Kanin dişler Sınıf I ilişkiye geldiği anda distraksiyon işlemi sonlandırılarak vida çıkarılmış ve aynı gün hastanın sabit ortodontik tedavisine başlanmıştır.

Distraksiyon Sonrası Ortodontik Tedavi

Tüm bireylerde aynı açısal değerlere sahip aynı firmanın 22 slot braketleri kullanılmıştır (Gemini, 3M Unitek, USA). Üst birinci molar dişlere “shealt”li bantlar yerleştirilmiştir. Hazır ve çeşitli uzunlukta olan transpalatal arklar her hastaya göre uyumlandırılarak bantların “shealt”lerine takılmıştır. Transpalatal arkın shealt içerisine yerleşen kısmı 0.010 inç’lik kısa tel ligatür ile bağlanmıştır. Aynı marka ve aynı kesitteki ark teli sıralaması (0.014”, 0.016” ve 0.019x0.025” ısı ile aktive nitinol ve 0.019x0.025” paslanmaz çelik) uygulanmıştır.

Kesici dişlerin retraksiyonu aşamasına gelindiğinde 0.019x0.025 inç “brass posted” ark telleri yerleştirilmiştir. Dişlerin yeterli torqu almaları için bu telde 4 hafta beklenmiştir. Brass posted ark tellerinin yerleştirildiği seansta ankraj gereksinimine göre ankraj olarak 8 mm uzunluğunda ve 1,6 mm çapında mini vida kullanılmıştır (MTN-2 koduna sahip mini vida Prof. Dr. Metin Orhan tarafından tasarlanarak Tasarımmed, Türkiye’ de üretilmiştir) (Şekil 10).



Şekil 10. a) Mini vidayı yerleştirmek için kullandığımız anahtar **b)** Ankıraj amaçlı kullandığımız mini vida (Tasarımmed, Türkiye).

Mini vidaların yerleştirildiği seansta öncelikle hastanın panoramik filminde ikinci premolar ile birinci molar dişlerinin köklerinin konumları incelenmiştir. Bu bölge öncelikle povidon iyodür ile silinmiştir. 0.2 cc lokal anestezi yapılmıştır. Öncesinde steril edilmiş mini vidalar, steril başlıkları uyumlu anahtarlar yardımıyla ikinci premolar ve birinci molar diş kökleri arasındaki yapışık dişeti ile serbest dişeti sınırının üst çenede

hafif yukarisına alt çenede hafif aşağısına konumlanacak şekilde yerleştirilmiştir. 150 gr kuvvet uygulayan sentalloy kapalı yayların bir ucu (3M Unitek, Monrovia, Calif., USA) mini vidaya diğer ucu “brass posted ark” telinin “hook” una bağlanmıştır. Son aşamalarda gereken vakalarda çeneler arası elastikler kullanılarak hastaların tedavileri bitirilmiştir (Şekil 11).

3.2.2. Kontrol Grubunda Tedavi Protokolü

Tüm hastalarda gerekli diş çekimleri yapıldıktan sonra 7 günü geçmeyecek şekilde braketleme işlemi yapılmıştır. Tüm bireylerde aynı açısız değerlere sahip aynı firmanın 22 slot braketleri kullanılmıştır (Gemini, 3M Unitek, USA). Üst birinci molar dişlere “shealt”li bantlar yerleştirilmiştir. Hazır ve çeşitli uzunlukta olan transpalatal arklar her hastaya göre uyumlandırılarak bantların “shealt”lerine takılmıştır. Transpalatal arkın shealt içerisine yerleşen kısmı 0.010 inç’lik kısa tel ligatür ile bağlanmıştır. Aynı marka ve aynı kesitteki ark teli sıralaması (0.014”, 0.016” ve 0.019x0.025” ısı ile aktive nitinol ve 0.019x0.025” paslanmaz çelik) uygulanmıştır.

Kanin dişlerinde, distalizasyon aşamasına kadar mümkün olduğunca az hareket meydana gelmesini istediğimizden dolayı çapraşıklık çözümlene kadar 10 inç’lik uzun tel ligatürler kullanılarak bağlanan “laceback”ler pasif halde bırakılmıştır. Uzun tel ligatür bağlanmış, sıkıştırılmış sonrasında bir tur gevşetilmiş ve sondun ucu sokularak telin pasifliği kontrol edilmiştir. Ayrıca başlangıç seviyeleme aşamasında ark dışında konumlanmış kesici dişler tedaviye dahil edilmemiştir.

Kanin distalizasyon aşamasına gelindiğinde 0.019x0.025 inç “brass posted” ark telleri yerleştirilmiştir. Dişlerin yeterli torku almaları için bu telde 4 hafta beklenmiştir. “Brass posted” ark tellerinin yerleştirildiği seansta tüm hastalarda tedavi planlaması aşamasında karar verilen ankraj gereksinimine göre ankraj olarak aynı tip ve marka mini vida uygulanmıştır. Mini vidaların yerleştirildiği seansta öncelikle hastanın panoramik filminde ikinci premolar ile birinci molar dişlerinin köklerinin konumları incelenmiştir. Bu bölge öncelikle povidon iyodür ile silinmiştir. 0.2 cc lokal anestezi yapılmıştır. Öncesinde steril edilmiş mini vidalar, steril başlıkları uyumlu anahtarlar yardımıyla ikinci premolar diş kökü ve birinci molar diş kökü arasındaki yapışık dişeti ile serbest dişetinin sınırına üst çenede hafif yukarı alt çenede hafif aşağı konumlanacak şekilde yerleştirilmiştir.





C



D

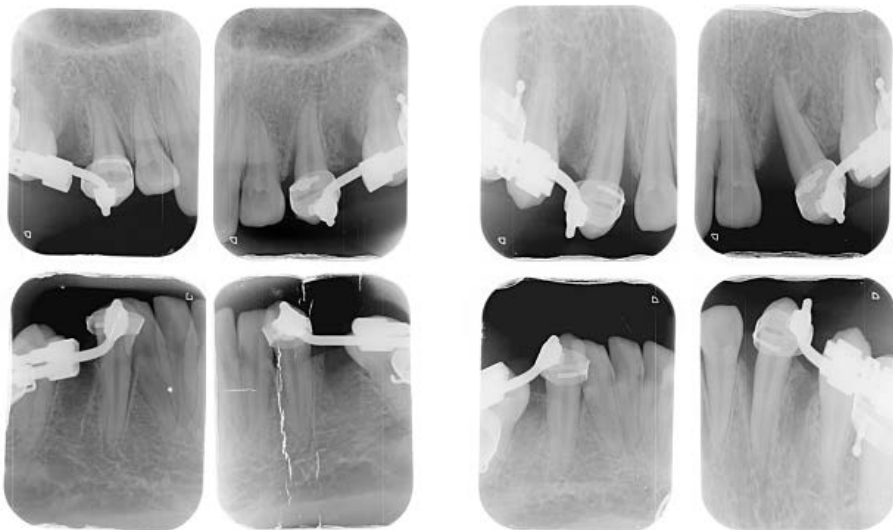


E

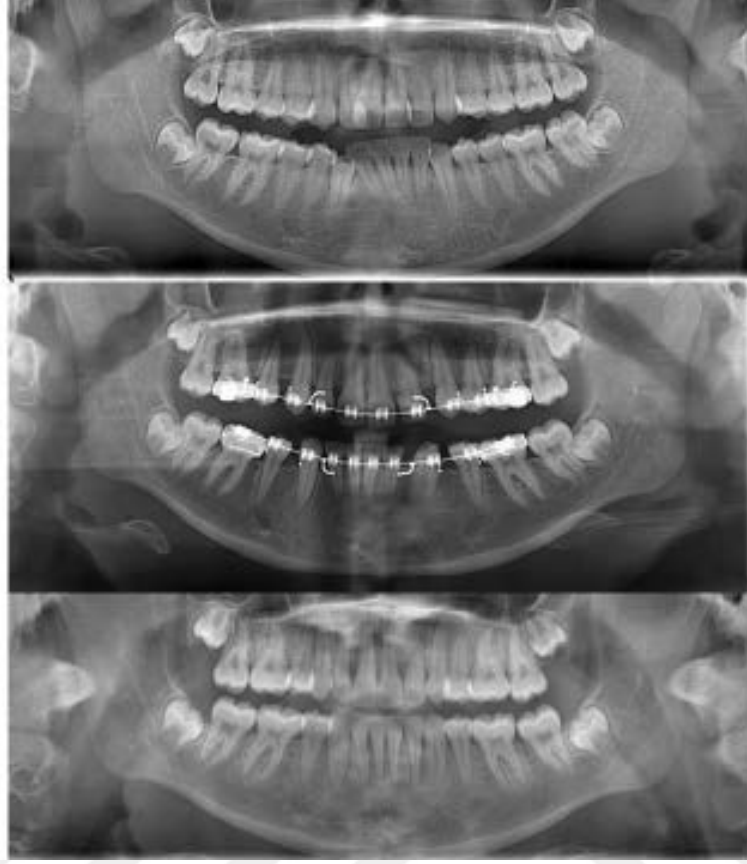




F



G



H



I

Şekil 11. A. Tedavi öncesi fotoğraf kayıtları B. Distraksiyonun 1. haftasına ait fotoğraf kayıtları C. Distraksiyonun 2. haftasına ait fotoğraf kayıtları D. Distraksiyonun 3. haftası, braketleme işleminden sonraki fotoğraf kayıtları E. Kesici dişlerin retraksiyonu aşamasına ait fotoğraf kayıtları F. Tedavi sonrası fotoğraf kayıtları G. Distraksiyonun 1. Ve 3. haftasına ait periapikal filmler H. Tedavi öncesi, Kesici dişlerin retraksiyonu ve Tedavi sonrası (sırasıyla) aşamalarına ait oral panoramik röntgen filmleri I. Tedavi öncesi ve sonrası lateral sefalogram röntgen filmi.

Moderate ankraj gereksinimi olan vakalarda da kanin dişlerin istenen distal hareketi bitene kadar -yani kanin dişler sınıf I ilişkiye gelene kadar- ankraj olarak yine mini vida uygulanmıştır.

Kanın distalizasyonu başlangıç seansında (T1) aljinat ile ölçü alınmıştır. 150 gr kuvvet uygulayan sentalloy kapalı yayların bir ucu (3M Unitek, Monrovia, Calif., USA) mini vidaya diğer ucu kanin braketinin “hook” una bağlanmıştır. Hastanın ağız içi fotoğrafları çekilmiş, kanin dişlerden periapikal röntgen film kayıtları alınmış ve periodontal indeksleri yapılmıştır. Hastalara kanin distalizasyonu başladıktan sonraki 1.haftada (T2), 4.haftada (T3) ve 8.haftada (T4) kontrol randevuları verilmiştir. Her seansta yukarıda bahsettiğimiz aşamalar sırası ile yapılmıştır. Kanin dişlerden periapikal röntgen film kayıtları ve periodontal indeksler yalnızca kanin distalizasyon başlangıcı ve bitiminde alınmıştır. Kanin dişi Angle Sınıf I ilişkiye oturmuş hastalarda distalizasyon işlemi sonlandırılmış, oturmamış hastalarda devam edilmiş ve tüm kayıtlar distalizasyon sona erene kadar aynı şekilde tekrarlanmıştır (Şekil 12).

3.2.3. Dijital Ortodontik Modeller Üzerinde Yapılan Ölçüm Yöntemleri

Çalışmamızda PLD grubunda kanin distraksiyonu başı (T1), 1 hafta sonrasında (T2), 2 hafta sonrasında (T3) ve 3 hafta sonrasında (T4); kontrol grubunda kanin distalizasyonunun başında (T1), 1 hafta sonrasında (T2), 4 hafta sonrasında (T3) ve 8 hafta sonrasında (T4) elde edilen alçı modeller üç boyutlu model tarama cihazı ile (Orthoanalyzer, 3Shape, Kopenhag, Danimarka) taranarak bilgisayar ortamında kayıt altına alınmıştır. Aynı bireyden elde edilen modeller T1-T2, T1-T3 ve T1-T4 safhalarında Orthoanalyzer (3Shape, Copenhagen, Denmark) analiz programı kullanılarak karşılaştırılmıştır. Üst çene dijital modelleri palatal rugaların medial ve lateral noktaları; alt çene dijital modelleri ise alt sağ ve sol ikinci molar dişin mesial kontakt noktaları ile alt santral kesici dişlerin gingival kontakt noktaları üzerinden ‘en iyi eşleşme yöntemi’ ile karşılaştırılmıştır. (Şekil 13). Karşılaştırılan modeller üzerinde kanin distalizasyon miktarı (mm), çekim boşluğu miktarı (mm), molar dişin çekim boşluğuna mezial hareketi (mm), kanin dişin distopalatinal rotasyonu (°) ve distale devrilme (°) miktarları ölçülmüştür. Bu ölçümlerin yapılabilmesi için referans noktalar ve düzlemler belirlenmiştir. Belirlenen bu nokta ve düzlemlerin tanımları yapılmıştır.



A

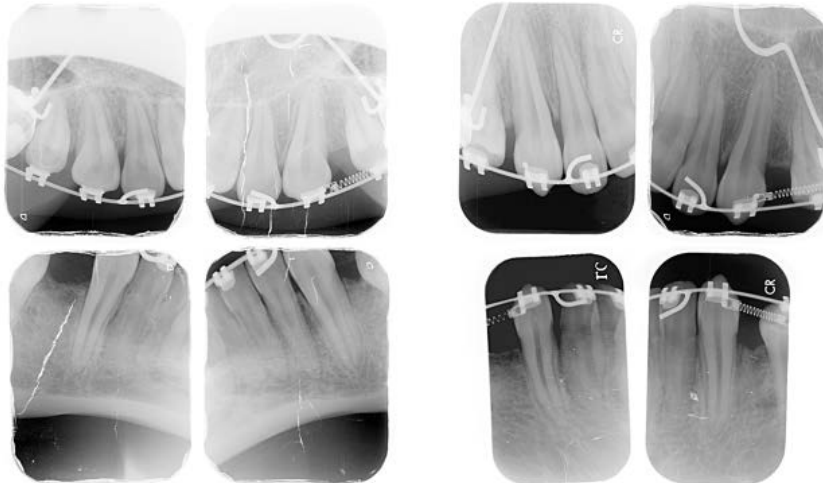


B

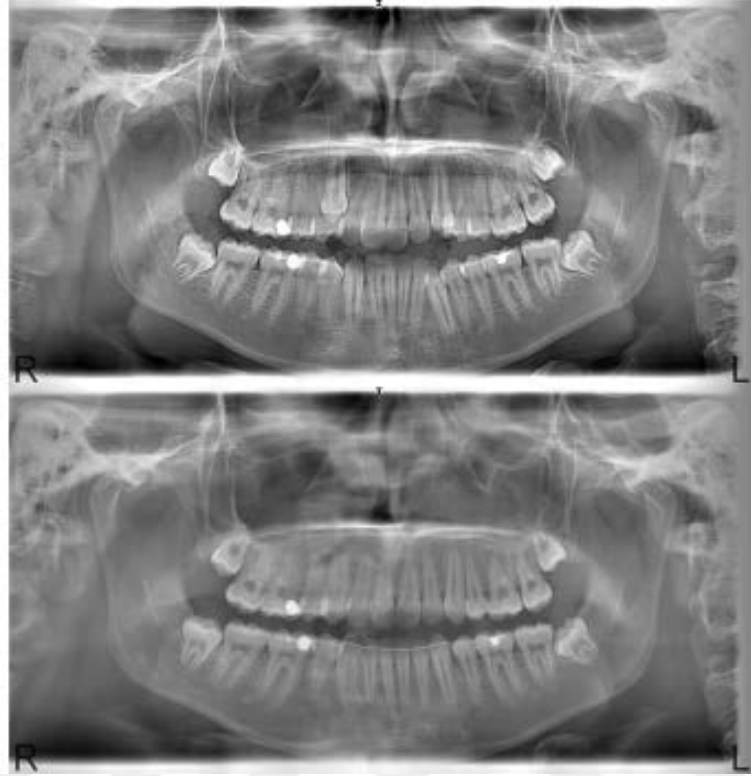




F



G

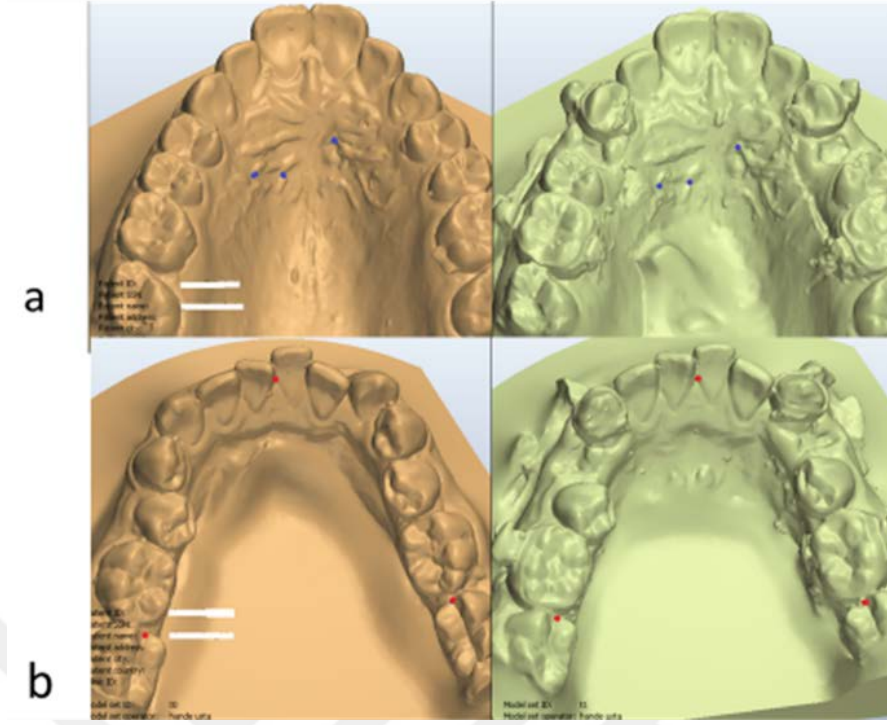


H



I

Şekil 12. A. Tedavi öncesi fotoğraf kayıtları **B.** Kanin distalizasyonu başlangıcı **C.** Distalizasyonun 1. haftasına ait fotoğraf kayıtları **D.** Distalizasyonun 4. haftasına ait fotoğraf kayıtları **E.** Distalizasyonun 8. haftasına ait fotoğraf kayıtları **F.** Tedavi sonrası fotoğraf kayıtları **G.** Distalizasyonun 1. Ve 8. haftasına ait periapikal filmler **H.** Tedavi öncesi ve Tedavi sonrası oral panoramik röntgen filmleri **I.** Tedavi öncesi ve sonrası lateral sefalogram röntgen filmi



Şekil 13. Maksiller (a) ve mandibular (b) dijital ortodontik modellerde karşılaştırma noktaları.

Dijital Ortodontik Model Üzerinde Belirlenen Noktalar (Şekil 14)

1. Üst Sağ 3_Tüberkül (UR3TP) Noktası: Taranmış modele okluzalden bakıldığında üst sağ kanin dişinin tüberkül tepesi.
2. Üst Sol 3_Tüberkül (UL3TP) Noktası: Taranmış modele okluzalden bakıldığında üst sol kanin dişinin tüberkül tepesi.
3. Üst Sağ 3_Meziyal (UR3MP) Noktası: Taranmış modele okluzalden bakıldığında üst sağ kanin dişinin meziyal kenarına teğet çizildiğinde elde edilen nokta.
4. Üst Sol 3_Meziyal (UL3MP) Noktası: Taranmış modele okluzalden bakıldığında üst sol kanin dişinin meziyal kenarına teğet çizildiğinde elde edilen nokta.
5. Üst Sağ 3_Distal (UR3DP) Noktası: Taranmış modele okluzalden bakıldığında üst sağ kanin dişinin distal kenarına teğet çizildiğinde elde edilen nokta.
6. Üst Sol 3_Distal (UL3DP) Noktası: Taranmış modele okluzalden bakıldığında üst sol kanin dişinin distal kenarına teğet çizildiğinde elde edilen nokta.
7. Üst Sağ 5_Meziyal (UR5MP) Noktası: Taranmış modele okluzalden bakıldığında üst sağ ikinci premolar dişin meziyal kenarına teğet çizildiğinde elde edilen nokta.

8. Üst Sol 5_Meziyal (UL5MP) Noktası: Taranmış modele oklüzalden bakıldığında üst sol ikinci premolar dişin meziyal kenarına teğet çizildiğinde elde edilen nokta.

9. Üst Sağ_6 Tüberkül (UR6TP) Noktası: Taranmış modele oklüzalden bakıldığında üst sağ birinci molar dişin meziyopalatinal tüberkül tepesi.

10. Üst Sol_6 Tüberkül (UL6TP) Noktası: Taranmış modele oklüzalden bakıldığında üst sol birinci molar dişin meziyopalatinal tüberkül tepesi.

11. Alt Sağ 3_Tüberkül (LR3TP) Noktası: Taranmış modele oklüzalden bakıldığında alt sağ kanin dişinin tüberkül tepesi.

12. Alt Sol 3_Tüberkül (LL3TP) Noktası: Taranmış modele oklüzalden bakıldığında alt sol kanin dişinin tüberkül tepesi.

13. Alt Sağ 3_Meziyal (LR3MP) Noktası: Taranmış modele oklüzalden bakıldığında alt sağ kanin dişinin meziyal kenarına teğet çizildiğinde elde edilen nokta.

14. Alt Sol 3_Meziyal (LL3MP) Noktası: Taranmış modele oklüzalden bakıldığında alt sol kanin dişinin meziyal kenarına teğet çizildiğinde elde edilen nokta.

15. Alt Sağ 3_Distal (LR3DP) Noktası: Taranmış modele oklüzalden bakıldığında alt sağ kanin dişinin distal kenarına teğet çizildiğinde elde edilen nokta.

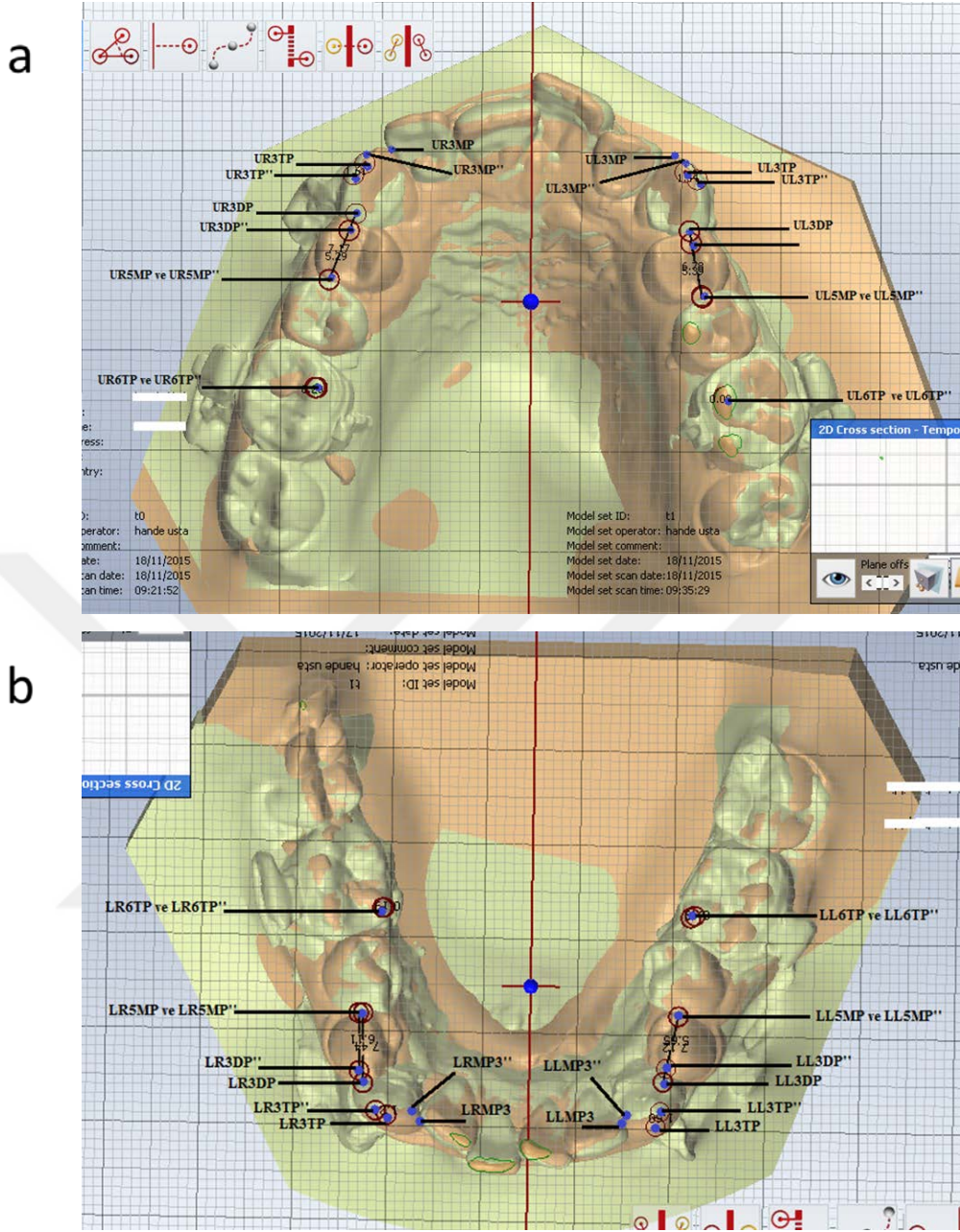
16. Alt Sol 3_Distal (LL3DP) Noktası: Taranmış modele oklüzalden bakıldığında alt sol kanin dişinin distal kenarına teğet çizildiğinde elde edilen nokta.

17. Alt Sağ 5_Meziyal (LR5MP) Noktası: Taranmış modele oklüzalden bakıldığında alt sağ ikinci premolar dişin meziyal kenarına teğet çizildiğinde elde edilen nokta.

18. Alt Sol 5_Meziyal (LL5MP) Noktası: Taranmış modele oklüzalden bakıldığında alt sol ikinci premolar dişin meziyal kenarına teğet çizildiğinde elde edilen nokta.

19. Alt Sağ_6 Tüberkül (LR6TP) Noktası: Taranmış modele oklüzalden bakıldığında alt sağ birinci molar dişin meziyopalatinal tüberkül tepesi..

20. Alt Sol_6 Tüberkül (LL6TP) Noktası: Taranmış modele oklüzalden bakıldığında alt sol birinci molar dişin meziyopalatinal tüberkül tepesi.



Şekil 14. Maksiller (a) ve mandibular (b) dijital ortodontik modeller üzerinde belirlenen noktalar

Dijital Ortodontik Model Üzerinde Yapılan Mesafe Ölçümleri (Şekil 15)

1. UR3TP-UR3TP'': Çakıştırılan iki model üzerinde üst çene sağ taraftaki kanin dişlerinin tüberkül tepeleri arasındaki mesafe.
2. UL3TP-UL3TP'': Çakıştırılan iki model üzerinde üst çene sol taraftaki kanin dişlerinin tüberkül tepeleri arasındaki mesafe.

3. UR3DP-UR5MP: akıştırmada seçilen ilk modele oklüzalden bakıldığında üst çene sağ kanin dişinin distaline çizilen teğetin temas noktası ile ikinci premolar dişin mezialine çizilen teğetin temas noktası arasındaki mesafe.

4. UR3DP''-UR5MP'': akıştırmada seçilen ikinci modele oklüzalden bakıldığında üst çene sağ kanin dişinin distaline çizilen teğetin temas noktası ile ikinci premolar dişin mezialine çizilen teğetin temas noktası arasındaki mesafe.

5. UL3DP-UL5MP: akıştırmada seçilen ilk modele oklüzalden bakıldığında üst çene sol kanin dişinin distaline çizilen teğetin temas noktası ile ikinci premolar dişin mezialine çizilen teğetin temas noktası arasındaki mesafe.

6. UL3DP''-UL5MP'': akıştırmada seçilen ikinci modele oklüzalden bakıldığında üst çene sol kanin dişinin distaline çizilen teğetin temas noktası ile ikinci premolar dişin mezialine çizilen teğetin temas noktası arasındaki mesafe.

7. UR6TP-UR6TP'': Çakıştırılan iki model üzerinde üst sağ birinci molar dişlerin mezyopalatinal tüberkül tepeleri arasındaki mesafe.

8. UL6TP-UL6TP'': Çakıştırılan iki model üzerinde üst sol birinci molar dişlerin mezyopalatinal tüberkül tepeleri arasındaki mesafe.

9. LR3TP-LR3TP'': Çakıştırılan iki model üzerinde alt çene sağ taraftaki kanin dişlerinin tüberkül tepeleri arasındaki mesafe.

10. LL3TP-LL3TP'': Çakıştırılan iki model üzerinde alt çene sol taraftaki kanin dişlerinin tüberkül tepeleri arasındaki mesafe

11. LR3DP-LR5MP: akıştırmada seçilen ilk modele oklüzalden bakıldığında alt çene sağ kanin dişinin distaline çizilen teğetin temas noktası ile ikinci premolar dişin mezialine çizilen teğetin temas noktası arasındaki mesafe.

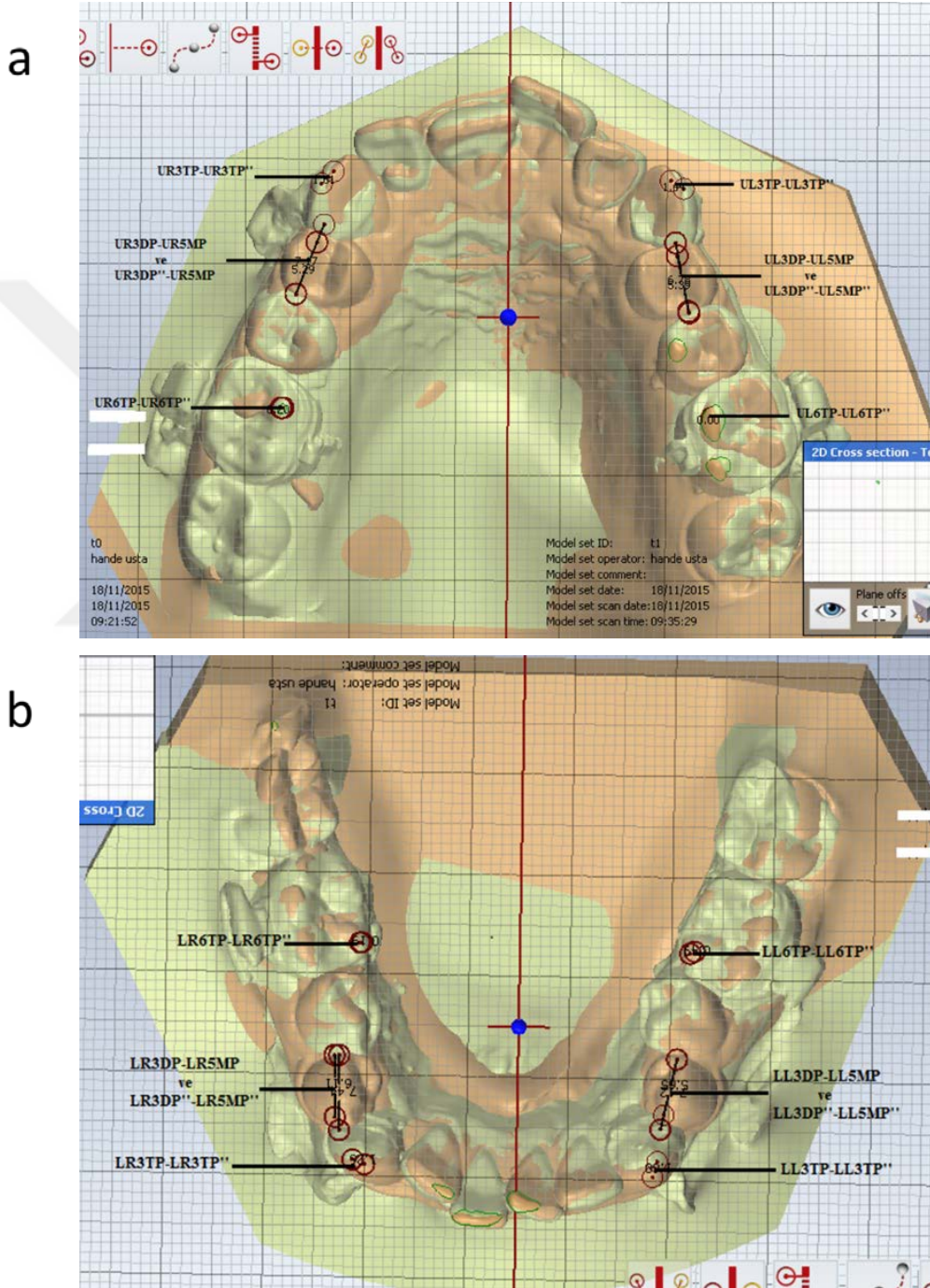
12. LR3DP''-LR5MP'': akıştırmada seçilen ikinci modele oklüzalden bakıldığında alt çene sağ kanin dişinin distaline çizilen teğetin temas noktası ile ikinci premolar dişin mezialine çizilen teğetin temas noktası arasındaki mesafe.

13. LL3DP-LL5MP: akıştırmada seçilen ilk modele oklüzalden bakıldığında alt çene sol kanin dişinin distaline çizilen teğetin temas noktası ile ikinci küçük azı dişinin mezialine çizilen teğetin temas noktası arasındaki mesafe.

14. LL3DP''-LL5MP'': akıştırmada seçilen ikinci modele oklüzalden bakıldığında alt çene sol kanin dişinin distaline çizilen teğetin temas noktası ile ikinci premolar dişinin mezialine çizilen teğetin temas noktası arasındaki mesafe.

15. LR6MPTP-LR6MPTP'': Çakıştırılan iki model üzerinde alt sağ birinci molar dişlerin meziyopalatinal tüberkül tepeleri arasındaki mesafe.

16. LL6MPTP-LL6MPTP'': Çakıştırılan iki model üzerinde alt sol birinci molar dişlerin meziyopalatinal tüberkül tepeleri arasındaki mesafe.



Şekil 15. Maksiller (a) ve mandibular (b) dijital ortodontik modeller üzerinde yapılan mesafe ölçümleri

Kanin Distalizasyon Miktarının Ölçülmesi (mm)

Aynı bireye ait taranmış dijital modeller T1-T2, T1-T3, T1-T4 olacak şekilde daha önce tanımlanan anatomik noktalar üzerinde karşılaştırılmıştır. Üst çenede santral kesici dişlerin okluzal temas noktası ile üst sağ ve sol birinci molar dişlerin meziyopalatinal tüberküllerinin oluşturduğu fonksiyonel okluzal düzlem üzerinde aynı taraftaki kanin dişlerinin tüberkül tepeleri işaretlenip iki tüberkül tepe noktaları arasındaki uzaklık mm cinsinden ölçülerek kaydedilmiştir. Alt çenede alt santral kesici dişlerin okluzal temas noktası ile alt sağ ve sol ikinci molar dişlerin bukkal tüberküllerinin oluşturduğu fonksiyonel okluzal düzlem üzerinde aynı taraftaki kanin dişlerinin tüberkül tepeleri işaretlenip iki tüberkül tepe noktaları arasındaki uzaklık mm cinsinden ölçülerek kaydedilmiştir. T1 safhasına ait modelde üst çene sağ kanin dişinin tüberkül tepesi (UR3TP) ile T2 safhasına ait modelde üst çene sağ kanin dişinin tüberkül tepesi (UR3TP'') arasındaki mesafe T2U3Dist Right değeri olarak kaydedilmiştir (T2U3Dist Right = UR3TP – UR3TP''). Ölçümler T1-T2 (T2U3Dist), T1-T3 (T3U3Dist), T1-T4 (T4U3Dist) safhaları olmak üzere üst sağ ve sol kanin dişleri için aynı yöntem kullanılarak ayrı ayrı yapılmıştır. Benzer şekilde alt çene ölçümleri de aynı yöntemle sağ sol ayrı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir (T2L3Dist Right = LR3TP – LR3TP'').

Çekim Boşluğu Miktarının Ölçülmesi (mm)

Aynı bireye ait karşılaştırılmış dijital modeller üzerinde seçilen ilk modelde ve ikinci modelde ayrı olarak her bir yarım çenedeki kanin dişinin oklüzalden bakıldığında distaline çizilen teğetin temas noktası ile ikinci premolar dişin meziyaline çizilen teğetin temas noktası arasındaki mesafe ölçülmüştür. Üst sağ arkta tanımlanan mesafe T1USpace Right değeri olarak kaydedilmiştir (T1USpace Right = UR3DP – UR5MP). Ölçümler T1 (T1USpace), T2 (T2USpace), T3 (T3USpace), T4 (T4USpace) safhaları olmak üzere üst sağ ve sol kanin dişleri için aynı yöntem kullanılarak ayrı ayrı yapılmıştır. Benzer şekilde alt çene ölçümleri de aynı yöntemle sağ sol ayrı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir (T1LSpace Right = LR3DP – LR5MP).

Molar Dişin Çekim Boşluğuna Meziyal Hareketinin Ölçülmesi (mm)

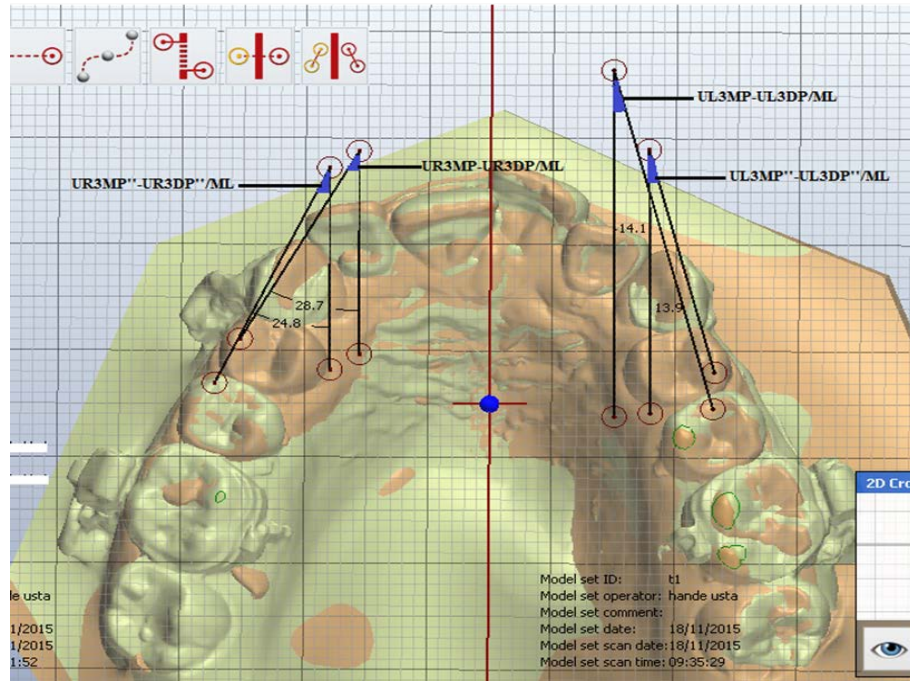
Aynı bireye ait karşılaştırılmış dijital modeller üzerinde aynı taraftaki birinci molar dişlerin meziyopalatinal tüberkül tepeleri arasındaki uzaklık mm cinsinden ölçülerek kaydedilmiştir. T1 safhasına ait modelde üst çene sağ birinci molar dişin meziyopalatinal

tüberkül tepesi (UR6TP) ile T2 safhasına ait modelde üst birinci molar dişin meziyopalatal tüberkül tepesi (UR6TP'') arasındaki mesafe T2U6Mez Right değeri olarak kaydedilmiştir (T2U6Mez Right = UR6TP - UR6TP''). Ölçümler T1-T2 (T2U6Mez), T1-T3 (T3U6Mez), T1-T4 (T4U6Mez) safhaları olmak üzere üst sağ ve sol birinci molar dişler için aynı yöntem kullanılarak ayrı ayrı yapılmıştır. Benzer şekilde alt çene ölçümleri de aynı yöntemle sağ sol ayrı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir (T2L6Mez Right = LR6TP - LR6TP'').

Dijital Ortodontik Model Üzerinde Yapılan Açısal Ölçümler

Kanin Dişi Rotasyon Miktarının Ölçülmesi (°) (Şekil 16)

1. UR3MP-UR3DP /ML: Üst sağ kanin dişinin meziyal ve distal noktalarından geçen doğrunun, üst ortodontik modelin orta hattı (ML) ile oluşturduğu açı.
2. UL3MP-UL3DP / ML: Üst sol kanin dişinin meziyal ve distal noktalarından geçen doğrunun, üst ortodontik modelin orta hattı (ML) ile oluşturduğu açı.
3. LR3MP-LR3DP / ML: Alt sağ kanin dişinin meziyal ve distal noktalarından geçen doğrunun, alt ortodontik modelin orta hattı (ML) ile oluşturduğu açı.
4. LL3MP-LL3DP / ML: Alt sol kanin dişinin meziyal ve distal noktalarından geçen doğrunun, alt ortodontik modelin orta hattı (ML) ile oluşturduğu açı.



Şekil 16. Dijital ortodontik modeller üzerinde kanin dişi rotasyon miktarının ölçülmesi

Aynı bireye ait çakıştırılmış dijital modeller üzerinde her bir yarım çenedeki kanin dişinin mezial ve distalinden geçen doğrunun, üst çenede üst ortodontik modelin orta hattı (ML) ile oluşturduğu ve alt çenede alt ortodontik modelin orta hattı (ML) ile oluşturduğu açı ölçülmüştür. T1 safhasında üst sağ kanin dişinin mezial ve distal noktalarından geçen doğrunun, üst ortodontik modelin orta hattı (ML) ile oluşturduğu açı T1U3Rot Right değeri olarak kaydedilmiştir (T1U3Rot Right = UR3MP-UR3DP /ML). Ölçümler T1 (T1U3Rot), T2 (T2U3Rot), T3 (T3U3Rot), T4 (T4U3Rot) safhaları olmak üzere üst sağ ve sol kanin dişleri için aynı yöntem kullanılarak ayrı ayrı yapılmıştır. Benzer şekilde alt çene ölçümleri de aynı yöntemle sağ sol ayrı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir (T1L3Rot Right = LR3MP – LR3DP/ML).

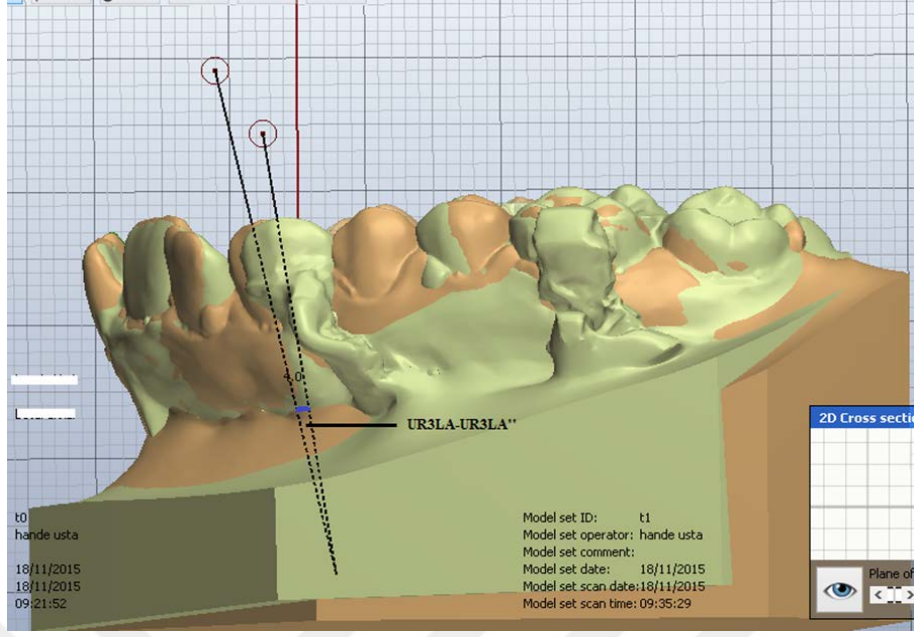
Kanın Dişi Devrilme Miktarının Ölçülmesi (°)(Şekil 17)

1. UR3LA-UR3LA'': Çakıştırılan modellere sagittal düzlemden bakıldığında birinci modelde üst sağ kanin dişinin uzun aksı ile ikinci modelde üst sağ kanin dişinin uzun aksı arasında oluşan açı.

2. UL3LA-UL3LA'': Çakıştırılan modellere sagittal düzlemden bakıldığında birinci modelde üst sol kanin dişinin uzun aksı ile ikinci modelde üst sol kanin dişinin uzun aksı arasında oluşan açı.

3. LR3LA-LR3LA'': Çakıştırılan modellere sagittal düzlemden bakıldığında birinci modelde üst sağ kanin dişinin uzun aksı ile ikinci modelde üst sağ kanin dişinin uzun aksı arasında oluşan açı.

4. LL3LA-LL3LA'': Çakıştırılan modellere sagittal düzlemden bakıldığında birinci modelde üst sol kanin dişinin uzun aksı ile ikinci modelde üst sol kanin dişinin uzun aksı arasında oluşan açı.



Şekil 17. Dijital ortodontik modeller üzerinde kanin dişin devrilme miktarının ölçülmesi

Aynı bireye ait çakıştırılmış dijital modeller üzerinde sagittal düzlemden bakıldığında her bir yarım çenede ölçümler ayrı ayrı yapılmıştır. Birinci modelde (T1) üst sağ kanin dişinin uzun aksı ile ikinci modelde (T2) üst sağ kanin dişinin uzun aksı arasında oluşan açı ölçülerek T2U3Tip Right değeri olarak kaydedilmiştir (T2U3Tip Right = UR3LA-UR3LA''). Ölçümler T1-T2 (T2U3Tip), T1-T3 (T3U3Tip), T1-T4 (T4U3Tip) safhaları olmak üzere üst sağ ve sol kanin dişleri için aynı yöntem kullanılarak ayrı ayrı yapılmıştır. Benzer şekilde alt çene ölçümleri de aynı yöntemle sağ sol ayrı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir (T2L3Tip Right = LR3LA-UL3LA'').

3.2.4. Periodontal İndeks Ölçümleri

Araştırma ve kontrol grubundaki bireylerde T0, T1 ve T4 aşamalarında plak indeksi, dişeti indeksi ve cep derinliği ölçümleri yapılmıştır. Değerlendirmeye sağ ikinci premolar dişten başlanarak sol ikinci premolar dişe kadar olan tüm dişler dahil edilmiştir. Her hastada önceden hazırlanmış periodontal indeks formu doldurulmuştur (Ek 3).

Plak İndeksi (Silness ve Løe, 1964)

Tüm dişlerin mesial, distal, vestibül ve lingual olmak üzere dört kısımdaki yüzeylerinin dental plak kalınlığı sond yardımı ile değerlendirilir. Bu değerler toplanıp aritmetik ortalaması alınarak bireyin plak indeksi değeri belirlenmiştir.

Plak indeksi değerleri;

- 0 Plak yok
- 1 Serbest dişeti kenarı ve komşu diş yüzeyinde film şeklinde plak var. Çıplak gözle görülemez ancak sond yardımı ile belirlenebilir.
- 2 Dişeti kenarı, dişeti cebi ve komşu diş yüzeylerinde çıplak gözle görülebilir seviyede plak birikimi var.
- 3 Dişeti kenarında ve cebinde fazla miktarda plak birikimi var.

Dişeti indeksi (Löe ve Silness, 1963)

Tüm dişlerin mesial, distal, vestibül ve lingual olmak üzere dört kısımdaki yüzeylerinin kanaması değerlendirilir. Bu değerler toplanır ve aritmetik ortalaması alınarak bireyin dişeti indeksi değeri belirlenmiş olur.

Dişeti indeksi değerleri;

- 0 Enflamasyon yok.
- 1 Hafif enflamasyon, renk değişikliği ve ödem var, sondalamada kanama yok.
- 2 Orta seviyede enflamasyon, renk değişikliği ve ödem var, sondalamada kanama var.
- 3 İleri seviyede enflamasyon, renk değişikliği ve ödem var, kendiliğinden kanama görülebilir.

Tüm klinik ölçümler tek bir periodontal sond ile aynı araştırmacı tarafından yapılmıştır. PI, GI ve CD ölçümleri, dişlerin her dört yüzeyinden (vestibül, mesial, distal ve palatinal/lingual yüzeyler) alınmıştır. PI ve GI tüm dişlerin ölçümlerinden elde edilen değerlerin ortalaması alınarak bulunmuştur.

3.3. İstatistik Analizler

Bu çalışmada dijital ölçümlerdeki hata payını hesaplamak amacıyla 34 adet dijital ölçüm aynı araştırmacı tarafından 2 hafta sonra tekrarlandı. Dijital modeller üzerinde açısal ve doğrusal ölçümlerin tekrarı yapılarak önceden hazırlanmış formlara aktarıldı. Ölçümlerdeki hata payının saptanmasında tekrarlanan bu iki ölçüm kullanıldı. Hata payı, Dahlberg formülüne göre hesaplandı. Bu formül:

$$Se = \sqrt{\sum d^2 / 2 n}$$

Bu formülde Se = hata payı, d = yapılan her iki ölçüm arasındaki fark ve n = yapılan ikili ölçümlerin sayısıdır. Dijital ölçümde belirlenen noktalar ikinci kez

belirlenmediği için bu noktaların lokalizasyonuna ilişkin her hangi bir hata payı hesaplanmadı. Ancak yapılan açısal ve doğrusal ölçümlerdeki hata payı saptandı ve bu hata paylarının açısal ölçümler için $\pm 0,4^\circ$ 'yi ve doğrusal ölçüm için ± 0.15 mm' yi geçmediği saptandı.

Elde edilen tüm verilerin normal bir dağılım gösterip göstermediğinin tespiti için Shapiro-Wilk normal dağılım istatistiği kullanıldı. Bu istatistik sonucunda normal dağılım ($p < 0.05$) gösteren verilerin karşılaştırılması için parametrik istatistik testleri (eşleştirilmiş ve eşleşmemiş Student's t-testi, Tek Yönlü ANOVA, Factorial ANOVA), normal dağılım göstermeyen veriler için non-parametrik istatistik testleri kullanıldı (Wilcoxon Signed ve Mann-Whitney U, Friedman testi).

PLD ve CONT gruplarında grup içi T0, T1, T2 ve T3 ölçümleri arasındaki karşılaştırmalar normal dağılım gösteren veriler için eşleştirilmiş (paired) Students' t testi uygulandı. Gruplar arası farkların araştırılmasında normal dağılıma sahip verilerde eşleşmemiş (independent) Students' t-testi uygulandı. Normal dağılım göstermeyen verilerde, grup içi karşılaştırmalar Wilcoxon Signed ve gruplar arası karşılaştırmalar Mann-Whitney U-testi ile yapıldı. Bütün testler %95 ($p \leq 0.05$) güvenilirlik sınırlarında uygulandı.

Bu çalışmadaki bütün tanımlayıcı istatistikler ve analizler SPSS (versiyon 23.0) istatistik paketi kullanılarak yapıldı.

4. BULGULAR

Bu bölümde, premolar diş çekimi sonrasında periodontal ligament distraksiyonu ile kanin distalizasyonu yapılan araştırma grubu (PLD) ve konvansiyonel braket sistemi ile ark üzerinde kanin distalizasyonu yapılan kontrol grubunun (CONT) dijital model ve periodontal indeks ölçümlerinden elde edilen verilerin genel değerlendirilmesi, grup içi ve gruplar arası karşılaştırmaların istatistiksel analiz sonuçları verilmektedir.

Araştırma ve kontrol gruplarından elde edilen veriler iki ana başlık altında değerlendirilecektir. Öncelikle araştırma ve kontrol gruplarının kendi içlerinde (grup içi) yapılan değerlendirmeler sonucunda elde edilen verilerin istatistik analiz sonuçları ve takiben gruplar arası karşılaştırmalara ait sonuçlar verilmektedir.

4.1. Grup İçi Karşılaştırmalar

4.1.1. Dijital Ortodontik Modeller Üzerinde Yapılan Ölçümler

Üst ve alt kanin dişlerin distalizasyonları sırasında kanin dişin hareket miktarı, rotasyonu ve tippingi ile molar dişlerin mezyalizasyon miktarlarının ölçüldüğü bu çalışma sırasında elde edilen verilerin genel değerlendirmesi yapılmaktadır (Ek-4,5).

PLD grubunda verilerin bir kısmının normal dağılım göstermediği saptandı (Ek-6, 7, 8, 9). Bu nedenle grup içi verilerin (sağ-sol ölçümlerin) karşılaştırılmasında nonparametrik testler (Mann-Whitney U) kullanıldı (Tablo 2).

PLD grubu içerisinde üst çeneden ve alt çeneden elde edilen veriler kıyaslandığında her iki çene arasında bazı ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu saptandı. Bu nedenle her iki çeneye ait veriler ayrı ayrı değerlendirildi. Ancak aynı çenedeki sağ-sol veriler kıyaslandığında hiçbir veri grubunda istatistiksel olarak anlamlı farka rastlanmadı (Tablo 2). Bundan dolayı aynı (üst veya alt) çenedeki sağ ve sol ölçümlerinden elde edilen veriler aynı havuzda toplandı (data pooled). Bundan sonraki tüm istatistiksel analizlerde aynı çenedeki sağ-sol verilerin birleştirilmiş hali kullanıldı.

Tablo 2. PLD grubu verilerin sağ-sol tanımlayıcı istatistiği ve Mann-Whitney U testi ile karşılaştırma sonuçları.

		Örnek Sayısı	Ort.	Std. Sapma	Std. Hata	GA (%95)		Min.	Maks.	P
						Alt Sınır	Üst Sınır			
T2U3Dist	PLD/SAĞ	17	2,38	1,51	0,37	1,59	3,16	0,45	6,06	0,823
	PLD/SOL	17	2,27	1,24	0,30	1,63	2,91	0,45	5,30	
	Total	34	2,32	1,36	0,23	1,84	2,80	0,45	6,06	
T3U3Dist	PLD/SAĞ	17	5,45	2,11	0,51	4,36	6,54	1,54	10,05	0,770
	PLD/SOL	17	5,43	1,92	0,46	4,44	6,42	2,50	8,68	
	Total	34	5,44	1,99	0,34	4,75	6,14	1,54	10,05	
T4U3Dist	PLD/SAĞ	8	6,79	2,08	0,74	5,05	8,53	2,24	8,72	0,958
	PLD/SOL	8	7,19	1,65	0,58	5,81	8,57	5,05	9,96	
	Total	16	6,99	1,83	0,46	6,02	7,97	2,24	9,96	
T1U3Space	PLD/SAĞ	17	7,05	0,41	0,10	6,84	7,27	6,24	7,76	0,293
	PLD/SOL	17	6,89	0,41	0,10	6,68	7,11	6,13	7,75	
	Total	34	6,97	0,41	0,07	6,83	7,12	6,13	7,76	
T2U3Space	PLD/SAĞ	17	4,62	1,21	0,29	3,99	5,24	1,77	6,61	0,959
	PLD/SOL	17	4,62	1,16	0,28	4,02	5,22	1,82	6,03	
	Total	34	4,62	1,17	0,20	4,21	5,03	1,77	6,61	
T3U3Space	PLD/SAĞ	17	2,29	1,46	0,35	1,54	3,05	0,00	5,10	0,959
	PLD/SOL	17	2,22	1,63	0,39	1,38	3,06	0,00	5,17	
	Total	34	2,26	1,52	0,26	1,73	2,79	0,00	5,17	
T4U3Space	PLD/SAĞ	8	1,07	1,70	0,60	-0,35	2,50	0,00	5,00	0,584
	PLD/SOL	8	0,47	1,14	0,40	-0,48	1,43	-1,43	2,54	
	Total	16	0,77	1,43	0,36	0,01	1,54	-1,43	5,00	
T2U6Mez	PLD/SAĞ	17	0,42	0,51	0,12	0,16	0,68	0,00	1,73	0,397
	PLD/SOL	17	0,33	0,50	0,12	0,08	0,59	0,00	1,77	
	Total	34	0,37	0,50	0,09	0,20	0,55	0,00	1,77	
T3U6Mez	PLD/SAĞ	17	0,46	0,45	0,10	0,23	0,69	0,00	1,49	0,469
	PLD/SOL	17	0,34	0,39	0,09	0,15	0,54	0,00	1,28	
	Total	34	0,40	0,42	0,07	0,26	0,55	0,00	1,49	
T4U6Mez	PLD/SAĞ	8	0,68	0,79	0,28	0,01	1,34	0,00	1,83	0,671
	PLD/SOL	8	0,47	0,55	0,19	0,01	0,93	0,00	1,38	
	Total	16	0,57	0,67	0,17	0,22	0,93	0,00	1,83	
T1U3Rot	PLD/SAĞ	17	38,23	9,78	2,37	33,19	43,26	25,70	64,40	0,630
	PLD/SOL	17	36,89	11,88	2,88	30,78	43,00	14,10	63,20	
	Total	34	37,56	10,74	1,84	33,81	41,31	14,10	64,40	
T2U3Rot	PLD/SAĞ	17	28,66	8,82	2,14	24,13	33,20	16,80	49,90	0,823
	PLD/SOL	17	28,46	8,80	2,13	23,94	32,99	13,90	46,40	
	Total	34	28,56	8,68	1,49	25,53	31,59	13,90	49,90	
T3U3Rot	PLD/SAĞ	17	21,35	8,92	2,16	16,76	25,94	3,60	39,10	0,770
	PLD/SOL	17	20,59	9,34	2,26	15,78	25,39	3,60	38,50	
	Total	34	20,97	9,00	1,54	17,82	24,11	3,60	39,10	
T4U3Rot	PLD/SAĞ	8	17,29	7,31	2,59	11,17	23,40	4,30	24,30	0,834
	PLD/SOL	8	16,22	7,82	2,76	9,69	22,76	5,80	25,30	
	Total	16	16,75	7,33	1,83	12,84	20,66	4,30	25,30	
T2U3Tip	PLD/SAĞ	17	4,66	5,31	1,28	1,93	7,39	0,00	21,10	0,849
	PLD/SOL	17	3,72	2,60	0,63	2,38	5,05	0,00	8,10	
	Total	34	4,19	4,14	0,71	2,74	5,64	0,00	21,10	
T3U3Tip	PLD/SAĞ	17	7,76	5,33	1,29	5,02	10,51	0,00	20,20	0,959
	PLD/SOL	17	8,04	5,52	1,34	5,19	10,87	0,00	17,70	
	Total	34	7,90	5,35	0,92	6,03	9,76	0,00	20,20	
T4U3Tip	PLD/SAĞ	8	8,67	4,83	1,70	4,64	12,71	1,20	16,30	0,636
	PLD/SOL	8	8,10	2,41	0,85	6,08	10,12	4,90	10,80	
	Total	16	8,39	3,69	0,92	6,42	10,36	1,20	16,30	

Tablo 2 (devam). PLD grubu verilerin sağ-sol tanımlayıcı istatistiği ve Mann-Whitney U testi ile karşılaştırma sonuçları.

T2L3Dist	PLD/SAĞ	7	1,66	0,41	0,15	1,28	2,03	1,26	2,44	0,654
	PLD/SOL	7	1,51	0,51	0,19	1,04	1,98	0,88	2,37	
	Total	14	1,58	0,45	0,12	1,32	1,84	0,88	2,44	
T3L3Dist	PLD/SAĞ	7	3,77	2,09	0,79	1,84	5,70	1,44	7,83	0,277
	PLD/SOL	7	2,93	1,76	0,66	1,30	4,55	1,85	6,76	
	Total	14	3,35	1,90	0,51	2,25	4,45	1,44	7,83	
T4L3Dist	PLD/SAĞ	2	4,77	0,37	0,26	1,41	8,14	4,51	5,04	0,121
	PLD/SOL	2	2,51	0,10	0,07	1,62	3,40	2,44	2,58	
	Total	4	3,64	1,32	0,66	1,53	5,75	2,44	5,04	
T1LSpace	PLD/SAĞ	7	6,91	0,69	0,26	6,26	7,55	5,53	7,63	0,180
	PLD/SOL	7	7,35	0,40	0,15	6,98	7,73	6,82	7,89	
	Total	14	7,13	0,59	0,16	6,79	7,47	5,53	7,89	
T2LSpace	PLD/SAĞ	7	5,13	0,71	0,27	4,47	5,79	3,87	6,11	0,406
	PLD/SOL	7	5,39	0,69	0,26	4,75	6,03	4,45	6,18	
	Total	14	5,26	0,69	0,18	4,86	5,66	3,87	6,18	
T3LSpace	PLD/SAĞ	7	3,05	1,44	0,54	1,72	4,37	1,00	4,76	0,142
	PLD/SOL	7	4,18	1,69	0,64	2,61	5,74	0,77	5,68	
	Total	14	3,61	1,62	0,43	2,68	4,55	0,77	5,68	
T4LSpace	PLD/SAĞ	2	2,47	0,11	0,07	1,52	3,43	2,40	2,55	0,121
	PLD/SOL	2	4,73	0,42	0,29	0,98	8,48	4,44	5,03	
	Total	4	3,60	1,32	0,66	1,49	5,72	2,40	5,03	
T2L6Mez	PLD/SAĞ	7	0,28	0,31	0,12	-0,01	0,57	0,00	0,96	0,654
	PLD/SOL	7	0,22	0,20	0,07	0,04	0,40	0,00	0,49	
	Total	14	0,25	0,25	0,06	0,10	0,40	0,00	0,96	
T3L6Mez	PLD/SAĞ	7	0,41	0,41	0,15	0,04	0,79	0,00	1,05	0,564
	PLD/SOL	7	0,57	0,49	0,18	0,12	1,02	0,00	1,23	
	Total	14	0,49	0,44	0,12	0,24	0,75	0,00	1,23	
T4L6Mez	PLD/SAĞ	2	0,39	0,44	0,31	-3,61	4,39	0,08	0,71	1,000
	PLD/SOL	2	0,36	0,51	0,36	-4,27	5,00	0,00	0,73	
	Total	4	0,38	0,39	0,20	-0,25	1,01	0,00	0,73	
T1L3Rot	PLD/SAĞ	7	41,80	18,34	6,93	24,83	58,77	26,10	79,80	0,482
	PLD/SOL	7	36,37	10,25	3,87	26,89	45,85	25,90	52,80	
	Total	14	39,08	14,55	3,89	30,68	47,49	25,90	79,80	
T2L3Rot	PLD/SAĞ	7	34,66	17,80	6,73	18,19	51,12	11,20	64,20	0,848
	PLD/SOL	7	33,26	11,20	4,53	22,16	44,35	15,70	48,70	
	Total	14	33,96	14,60	3,90	25,53	42,39	11,20	64,20	
T3L3Rot	PLD/SAĞ	7	29,60	25,76	9,74	5,78	53,42	4,20	78,20	0,749
	PLD/SOL	7	28,24	15,37	5,81	14,03	42,45	10,60	55,40	
	Total	14	28,92	20,39	5,45	17,15	40,69	4,20	78,20	
T4L3Rot	PLD/SAĞ	2	54,20	31,67	22,40	-230,4	338,81	31,80	76,60	1,000
	PLD/SOL	2	45,70	5,23	3,70	-1,31	92,71	42,00	49,40	
	Total	4	49,95	19,17	9,59	19,43	80,46	31,80	76,60	
T2L3Tip	PLD/SAĞ	7	2,74	1,88	0,71	0,99	4,49	0,00	4,10	0,746
	PLD/SOL	7	3,22	2,61	0,99	0,80	5,64	0,00	5,90	
	Total	14	2,98	2,20	0,59	1,71	4,26	0,00	5,90	
T3L3Tip	PLD/SAĞ	7	4,96	3,77	1,42	1,47	8,44	0,00	11,20	0,701
	PLD/SOL	7	6,24	4,76	1,80	1,84	10,64	0,00	15,90	
	Total	14	5,60	4,18	1,12	3,19	8,01	0,00	15,90	
T4L3Tip	PLD/SAĞ	2	6,85	2,19	1,55	-12,84	26,54	5,30	8,40	0,439
	PLD/SOL	2	5,20	2,12	1,50	-13,85	24,26	3,70	6,70	
	Total	4	6,02	2,00	1,00	2,83	9,21	3,70	8,40	

Kontrol grubundaki verilerin de bir kısmının normal dağılım göstermediği saptandı (Ek. 10, 11, 12, 13). Bu nedenle grup içi (sağ-sol) verilerin karşılaştırılmasında nonparametrik testler (Mann-Whitney U) kullanıldı (Tablo 3). Kontrol grubu içerisinde üst-alt çene ve sağ-sol veriler kıyaslandığında hiçbir veri grubunda istatistiksel olarak anlamlı farka rastlanmadı. Bu nedenle PLD grubunda yapıldığı gibi her iki çenede sağ ve sol bölge ölçümlerinden elde edilen veriler aynı havuzda toplandı. Bundan sonraki tüm istatistiksel analizlerde sağ-sol birleştirilmiş hali kullanıldı.

Tablo 3. CONT grubu verilerin sağ-sol tanımlayıcı istatistiği ve Mann-Whitney U testi ile karşılaştırma sonuçları.

		Örnek Sayısı	Ort.	Std. Sapma	Std. Hata	GA (%95)		Min.	Maks.	P
						Alt Sınır	Üst Sınır			
T2U3Dist	CONT/SAĞ	15	0,58	0,38	0,10	0,37	0,79	0,10	1,38	0,950
	CONT/SOL	15	0,57	0,43	0,11	0,33	0,82	0,02	1,51	
	Total	30	0,58	0,40	0,07	0,43	0,73	0,02	1,51	
T3U3Dist	CONT/SAĞ	15	1,33	0,72	0,19	0,93	1,73	0,18	2,58	0,917
	CONT/SOL	15	1,39	0,93	0,24	0,88	1,91	0,09	3,30	
	Total	30	1,36	0,82	0,15	1,05	1,67	0,09	3,30	
T4U3Dist	CONT/SAĞ	12	2,20	0,83	0,24	1,67	2,73	0,96	3,85	0,544
	CONT/SOL	12	2,01	0,84	0,24	1,48	2,54	0,50	3,46	
	Total	24	2,11	0,82	0,17	1,76	2,45	0,50	3,85	
T1U3Space	CONT/SAĞ	15	3,88	1,90	0,49	2,83	4,93	0,51	7,62	0,678
	CONT/SOL	15	4,10	1,22	0,31	3,43	4,78	1,06	6,20	
	Total	30	3,99	1,57	0,29	3,40	4,58	0,51	7,62	
T2U3Space	CONT/SAĞ	15	3,38	1,91	0,49	2,33	4,44	0,39	7,27	0,663
	CONT/SOL	15	3,52	1,06	0,27	2,93	4,11	1,03	5,72	
	Total	30	3,45	1,52	0,28	2,88	4,02	0,39	7,27	
T3U3Space	CONT/SAĞ	15	2,67	1,92	0,49	1,61	3,73	0,18	6,73	0,820
	CONT/SOL	15	2,67	1,24	0,32	1,98	3,35	0,99	5,34	
	Total	30	2,67	1,58	0,29	2,08	3,26	0,18	6,73	
T4U3Space	CONT/SAĞ	12	2,14	1,75	0,50	1,03	3,25	0,09	5,72	0,419
	CONT/SOL	12	2,29	1,14	0,33	1,56	3,01	0,80	4,95	
	Total	24	2,21	1,44	0,29	1,60	2,83	0,09	5,72	
T2U6Mez	CONT/SAĞ	15	0,09	0,04	0,01	0,07	0,12	0,00	0,15	0,587
	CONT/SOL	15	0,09	0,06	0,02	0,05	0,13	0,00	0,24	
	Total	30	0,09	0,05	0,01	0,07	0,11	0,00	0,24	
T3U6Mez	CONT/SAĞ	15	0,42	0,50	0,12	0,14	0,69	0,00	1,75	0,213
	CONT/SOL	15	0,24	0,26	0,07	0,10	0,38	0,00	0,95	
	Total	30	0,33	0,40	0,07	0,18	0,48	0,00	1,75	
T4U6Mez	CONT/SAĞ	12	0,43	0,47	0,13	0,13	0,73	0,00	1,46	0,977
	CONT/SOL	12	0,30	0,25	0,07	0,14	0,46	0,00	1,02	
	Total	24	0,37	0,37	0,07	0,21	0,52	0,00	1,46	
T1U3Rot	CONT/SAĞ	15	35,27	7,44	1,92	31,15	39,39	22,40	56,20	0,351
	CONT/SOL	15	32,41	5,64	1,45	29,28	35,54	20,50	41,90	
	Total	30	33,84	6,65	1,21	31,36	36,32	20,50	56,20	
T2U3Rot	CONT/SAĞ	15	32,80	8,17	2,10	28,27	37,32	22,90	55,80	0,480
	CONT/SOL	15	30,26	5,24	1,35	27,36	33,16	19,90	38,50	
	Total	30	31,53	6,86	1,25	28,96	34,09	19,90	55,80	

Tablo 3 (devam). CONT grubu verilerin sağ-sol tanımlayıcı istatistiği ve Mann-Whitney U testi ile karşılaştırma sonuçları.

T3U3Rot	CONT/SAĞ	15	30,39	8,24	2,13	25,82	34,95	19,80	54,80	0,884
	CONT/SOL	15	28,51	6,02	1,55	25,17	31,84	16,10	36,80	
	Total	30	29,45	7,16	1,31	26,77	32,12	16,10	54,80	
T4U3Rot	CONT/SAĞ	12	26,63	7,62	2,20	21,79	31,47	11,60	39,60	0,225
	CONT/SOL	12	28,61	4,51	1,30	25,74	31,47	17,50	34,30	
	Total	24	27,62	6,21	1,27	25,00	30,24	11,60	39,60	
T2U3Tip	CONT/SAĞ	15	1,67	1,56	0,40	0,80	2,53	0,00	5,20	0,348
	CONT/SOL	15	2,05	1,35	0,35	1,30	2,79	0,80	5,70	
	Total	30	1,86	1,44	0,26	1,32	2,40	0,00	5,70	
T3U3Tip	CONT/SAĞ	15	3,37	3,34	0,86	1,52	5,23	0,00	13,60	0,884
	CONT/SOL	15	3,12	2,04	0,52	1,99	4,25	1,00	8,10	
	Total	30	3,25	2,72	0,50	2,23	4,26	0,00	13,60	
T4U3Tip	CONT/SAĞ	12	4,34	2,17	0,63	2,96	5,72	1,30	9,00	0,862
	CONT/SOL	12	4,08	1,48	0,43	3,14	5,02	1,90	6,10	
	Total	24	4,21	1,82	0,37	3,44	4,98	1,30	9,00	
T2L3Dist	CONT/SAĞ	6	0,59	0,59	0,24	-0,02	1,21	0,13	1,73	0,470
	CONT/SOL	6	0,42	0,43	0,18	-0,03	0,88	0,06	1,28	
	Total	12	0,51	0,50	0,14	0,19	0,83	0,06	1,73	
T3L3Dist	CONT/SAĞ	6	1,13	0,89	0,36	0,19	2,06	0,34	2,61	0,936
	CONT/SOL	6	0,89	0,55	0,22	0,32	1,47	0,37	1,57	
	Total	12	1,01	0,71	0,21	0,56	1,47	0,34	2,61	
T4L3Dist	CONT/SAĞ	6	2,13	0,87	0,35	1,23	3,05	1,23	3,53	0,200
	CONT/SOL	6	1,50	0,93	0,38	0,52	2,48	0,47	2,67	
	Total	12	1,82	0,92	0,26	1,23	2,40	0,47	3,53	
T1LSpace	CONT/SAĞ	6	4,64	1,68	0,69	2,88	6,40	2,22	7,27	0,936
	CONT/SOL	6	4,81	1,55	0,63	3,18	6,44	2,13	6,57	
	Total	12	4,72	1,54	0,45	3,74	5,71	2,13	7,27	
T2LSpace	CONT/SAĞ	6	4,09	1,41	0,58	2,61	5,57	1,53	5,62	0,873
	CONT/SOL	6	4,24	1,61	0,66	2,55	5,94	1,81	6,35	
	Total	12	4,17	1,45	0,42	3,25	5,09	1,53	6,35	
T3LSpace	CONT/SAĞ	6	3,54	1,52	0,62	1,94	5,14	0,77	5,04	0,575
	CONT/SOL	6	3,95	1,60	0,65	2,28	5,63	1,35	5,88	
	Total	12	3,75	1,50	0,43	2,79	4,70	0,77	5,88	
T4LSpace	CONT/SAĞ	6	2,44	1,55	0,63	0,82	4,06	0,16	4,27	0,423
	CONT/SOL	6	3,20	1,43	0,58	1,69	4,70	1,06	5,02	
	Total	12	2,82	1,47	0,43	1,88	3,76	0,16	5,02	
T2L6Mez	CONT/SAĞ	6	0,14	0,06	0,02	0,08	0,21	0,09	0,24	0,630
	CONT/SOL	6	0,15	0,12	0,05	0,01	0,28	0,06	0,40	
	Total	12	0,14	0,09	0,02	0,08	0,21	0,06	0,40	
T3L6Mez	CONT/SAĞ	6	0,19	0,11	0,05	0,07	0,30	0,06	0,37	0,809
	CONT/SOL	6	0,17	0,08	0,03	0,08	0,25	0,10	0,32	
	Total	12	0,18	0,09	0,03	0,12	0,24	0,06	0,37	
T4L6Mez	CONT/SAĞ	6	0,27	0,17	0,07	0,08	0,45	0,11	0,61	0,749
	CONT/SOL	6	0,32	0,24	0,10	0,07	0,57	0,10	0,77	
	Total	12	0,29	0,20	0,06	0,17	0,42	0,10	0,77	
T1L3Rot	CONT/SAĞ	6	36,27	7,70	3,14	28,19	44,34	22,90	43,70	0,810
	CONT/SOL	6	36,80	4,02	1,64	32,58	41,02	31,50	42,10	
	Total	12	36,53	5,86	1,69	32,81	40,26	22,90	43,70	
T2L3Rot	CONT/SAĞ	6	34,25	7,48	3,05	26,40	42,10	22,40	42,90	1,000
	CONT/SOL	6	35,57	4,81	1,96	30,52	40,61	27,80	41,90	
	Total	12	34,91	6,03	1,74	31,07	38,74	22,40	42,90	

Tablo 3 (devam). CONT grubu verilerin sağ-sol tanımlayıcı istatistiği ve Mann-Whitney U testi ile karşılaştırma sonuçları.

T3L3Rot	CONT/SAĞ	6	29,53	8,96	3,66	20,13	38,93	15,70	42,60	0,631
	CONT/SOL	6	32,25	5,12	2,09	26,86	37,63	26,90	40,70	
	Total	12	30,89	7,10	2,05	26,38	35,40	15,70	42,60	
T4L3Rot	CONT/SAĞ	6	24,08	7,04	2,87	16,69	31,47	11,60	31,00	0,150
	CONT/SOL	6	31,02	5,33	2,18	25,42	36,61	25,70	40,60	
	Total	12	27,55	6,97	2,01	23,12	31,98	11,60	40,60	
T2L3Tip	CONT/SAĞ	6	1,98	1,45	0,59	0,46	3,51	1,10	4,90	0,078
	CONT/SOL	6	1,33	1,22	0,50	0,05	2,62	0,60	3,80	
	Total	12	1,66	1,33	0,38	0,81	2,50	0,60	4,90	
T3L3Tip	CONT/SAĞ	6	2,90	1,93	0,79	,87	4,92	1,10	6,50	0,470
	CONT/SOL	6	3,88	1,72	0,70	2,07	5,69	1,70	5,70	
	Total	12	3,39	1,82	0,52	2,24	4,54	1,10	6,50	
T4L3Tip	CONT/SAĞ	6	4,92	2,33	0,95	2,46	7,37	1,70	7,60	1,000
	CONT/SOL	6	4,85	2,39	0,98	2,34	7,36	2,10	8,40	
	Total	12	4,88	2,25	0,65	3,45	6,31	1,70	8,40	

4.1.2. Kanin Distalizasyon Hızı

PLD grubunda kanin distalizasyonunun birinci haftasında (T2), ikinci haftasında (T3) ve üçüncü haftasında (T4) dijital ortodontik model ölçümlerinden elde edilen verilerin grup içi genel değerlendirilmesi yapıldı ve karşılaştırmaların istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4 ve 5’ de verildi.

Tablo 4. PLD grubu T2, T3, T4 verilerinin tanımlayıcı istatistiği

	Örnek Sayısı	Ortalama	Std. Sapma	Min.	Maks.	P
TU3Dist.1WK	34	2,32	1,37	0,45	6,06	0,099
TU3Dist.2WK	34	3,12	1,61	0,01	6,54	
TU3Dist.3WK	16	1,92	1,66	0,08	5,86	
TL3Dist.1WK	14	1,58	0,45	0,88	2,44	0,472
TL3Dist.2WK	14	1,77	1,95	-0,35	6,29	
TL3Dist.3WK	4	1,25	0,78	0,57	2,28	

PLD grubunda üst çenede ilk hafta (T2) kanin distalizasyon hızı ortalama 2,32 mm/hafta iken, ikinci haftada (T3) 3,12 mm/hafta, üçüncü hafta (T4) 1,92 mm/hafta olarak ölçüldü. Safhaların ikili karşılaştırmasında üst çenede T2 ve T3 arasında kanin distalizasyon hızında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark olduğu saptandı ($p=0,050$). T3 ve T4 arasında kanin distalizasyon hızında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı saptandı ($p=0,063$). Benzer şekilde T2 ve T4 arasında kanin distalizasyon hızında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu ($p=0,897$) (Tablo 4 ve 5).

Tablo 5. PLD grubu verilerin kanin distalizasyon hızı verilerinin Wilcoxon Signed testi ile karşılaştırma sonuçları.

		Örnek Sayısı	Ortalama Değerler	Değerlerin Yığılması	P
TU3Dist.2WK - TU3Dist.1WK	Negatif Değerler	13	14,08	183,00	0,050
	Pozitif Değerler	21	19,62	412,00	
	Eşitlikler	0			
	Total	34			
TU3Dist.3WK - TU3Dist.2WK	Negatif Değerler	6	5,33	32,00	0,063
	Pozitif Değerler	10	10,40	104,00	
	Eşitlikler	0			
	Total	16			
TU3Dist.3WK - TU3Dist.1WK	Negatif Değerler	9	7,83	70,50	0,897
	Pozitif Değerler	7	9,36	65,50	
	Eşitlikler	0			
	Total	16			
TL3Dist.2WK - TL3Dist.1WK	Negatif Değerler	8	6,38	51,00	0,925
	Pozitif Değerler	6	9,00	54,00	
	Eşitlikler	0			
	Total	14			
TL3Dist.3WK - TL3Dist.1WK	Negatif Değerler	2	3,50	7,00	0,465
	Pozitif Değerler	2	1,50	3,00	
	Eşitlikler	0			
	Total	4			
TL3Dist.3WK - TL3Dist.2WK	Negatif Değerler	1	3,00	3,00	0,465
	Pozitif Değerler	3	2,33	7,00	
	Eşitlikler	0			
	Total	4			

PLD grubunda alt çenede ilk hafta (T2) kanin distalizasyon hızı ortalama 1,58 mm/hafta iken, ikinci haftada (T3) 1,77 mm/hafta, üçüncü hafta (T4) 1,25 mm/hafta olarak ölçüldü. Alt çenede T2-T3 arasında kanin distalizasyon hızında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu ($p=0,925$). Benzer şekilde sırasıyla T3-T4 ($p=0,465$) ve T2-T4 ($p=0,465$) arasında da kanin distalizasyon hızında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı (Tablo 4 ve 5).

CONT grubunda kanin distalizasyonunun dördüncü haftasında (T3) ve sekizinci haftasında (T4) dijital model ölçümlerinden elde edilen kanin distalizasyon hızı verilerinin grup içi genel değerlendirilmesi ve karşılaştırmaların istatistiksel analiz sonuçları Tablo 6 ve 7 verilmektedir.

Tablo 6. CONT grubu T3, T4 verilerinin tanımlayıcı istatistiği

	Örnek Sayısı	Ortalama	Std. Sapma	Min.	Max.
TU3Dist. 4WK	30	1,36	0,82	0,09	3,30
TU3Dist. 8WK	24	0,89	0,40	0,16	1,56
TL3Dist. 4WK	12	1,01	0,71	0,34	2,61
TL3Dist. 8WK	12	0,80	0,45	0,09	1,40

CONT grubunda üst çenede ilk ay (T3) kanin distalizasyon hızı ortalama 1,36 mm/ay iken, ikinci ay (T4) 0,89 mm/ay olarak ölçüldü. T3-T4 arasında kanin distalizasyon hızında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı ($p=0,253$) (Tablo 6 ve 7).

Tablo 7. CONT grubu verilerin kanin distalizasyon hızı verilerinin Wilcoxon Signed testi ile karşılaştırma sonuçları.

		Örnek Sayısı	Ortalama Değerler	Değerlerin Yığılımı	P
TU3Dist.8WK - TU3Dist.4WK	Negatif Değerler	12	15,83	190,00	0,253
	Pozitif Değerler	12	9,17	110,00	
	Eşitlikler	0			
	Total	24			
TL3DisT.8WK - TL3Dist.4WK	Negatif Değerler	8	6,25	50,00	0,388
	Pozitif Değerler	4	7,00	28,00	
	Eşitlikler	0			
	Total	12			

CONT grubunda alt çenede ilk ay (T3) kanin distalizasyon hızı ortalama 1,01 mm/ay iken, ikinci ay (T4) 0,88 mm/ay olarak belirlendi. T3-T4 arasında kanin distalizasyon hızında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu ($p=0,388$) (Tablo 6 ve 7).

4.1.3. Periodontal İndeks Ölçümleri

Uygulanan sabit ortodontik tedavilerle üst ve alt kanin dişlerin distalizasyonları sırasında periodontal sağlıkta meydana gelen değişimler -plak indeksi (PI), gingival indeks (GI) ve cep derinliği (PD)- bu çalışma sırasında değerlendirildi (Ek-14).

PLD ve CONT grubunda verilerin bir kısmının normal dağılım göstermediği saptandı (Ek-15, 16, 17). Bu nedenle grup içi verilerin (T0, T1, T4 safhaları) karşılaştırılmasında nonparametrik testler (Friedman testi) kullanıldı (Tablo 8, 9).

Tablo 8. PLD grubu verilerin T0, T1, T4 tanımlayıcı istatistiği ve Friedman testi ile karşılaştırma sonuçları.

	Örnek Sayısı	Ort.	Std. Sapma	Std. Hata	GA (%95)		Min.	Max.	P	
PI	PLD-T0	34	0,43	0,33	0,06	0,32	0,55	0,00	1,20	0,107
	PLD-T1	34	0,43	0,33	0,06	0,32	0,55	0,00	1,20	
	PLD-T4	34	0,59	0,37	0,06	0,46	0,71	0,00	1,50	
	Total	102	0,48	0,34	0,03	0,41	0,55	0,00	1,50	
GI	PLD-T0	34	0,46	0,42	0,07	0,32	0,61	0,00	1,29	0,968
	PLD-T1	34	0,46	0,42	0,07	0,32	0,61	0,00	1,29	
	PLD-T4	34	0,44	0,40	0,07	0,30	0,58	0,00	1,29	
	Total	102	0,46	0,41	0,04	0,37	0,54	0,00	1,29	
PD	PLD-T0	34	1,39	0,11	0,01	1,35	1,43	1,17	1,69	0,000
	PLD-T1	34	1,39	0,11	0,01	1,35	1,43	1,17	1,69	
	PLD-T4	34	1,98	0,15	0,02	1,92	2,04	1,64	2,30	
	Total	102	1,59	0,31	0,03	1,53	1,65	1,17	2,30	

Tablo 9. CONT grubu verilerin T0, T1, T4 tanımlayıcı istatistiği ve Friedman testi ile karşılaştırma sonuçları.

	Örnek Sayısı	Ort.	Std. Sapma	Std. Hata	GA (%95)		Min.	Max.	P	
PI	CONT-T0	30	0,46	0,42	0,08	0,30	0,61	0,00	1,43	0,239
	CONT-T1	30	0,62	0,49	0,09	0,44	0,80	0,00	1,83	
	CONT-T4	30	0,65	0,48	0,09	0,46	0,83	0,00	1,56	
	Total	90	0,57	0,47	0,05	0,48	0,67	0,00	1,83	
GI	CONT-T0	30	0,52	0,46	0,08	0,35	0,69	0,00	1,70	0,392
	CONT-T1	30	0,51	0,40	0,07	0,36	0,66	0,00	1,66	
	CONT-T4	30	0,65	0,44	0,08	0,49	0,82	0,00	1,43	
	Total	90	0,56	0,43	0,04	0,47	0,65	0,00	1,70	
PD	CONT-T0	30	1,12	0,58	0,10	0,90	1,33	0,10	2,00	0,200
	CONT-T1	30	1,36	0,76	0,14	1,07	1,64	0,10	2,54	
	CONT-T4	30	1,44	0,82	0,15	1,14	1,75	0,10	2,90	
	Total	90	1,30	0,73	0,08	1,15	1,46	0,10	2,90	

PLD grubu içi değerlendirmelerinde T0, T1 ve T4 safhaları arasında plak indeksi (PI) ve gingival indeks (GI) açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu (sırasıyla $p=0,107$; $p=0,968$). Ancak cep derinliği (PD) açısından T0-T4 ve T1-T4 safhaları arasında çok çok anlamlı farklar mevcuttu ($p=0,000$) (Tablo 8).

CONT grubu içi değerlendirmelerinde T0, T1 ve T4 safhaları arasında plak indeksi (PI), gingival indeks (GI) ve cep derinliği (PD) açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu (sırasıyla $p=0,239$; $p=0,392$; $p=0,200$) (Tablo 9).

4.2. Gruplar Arası Karşılaştırmalar

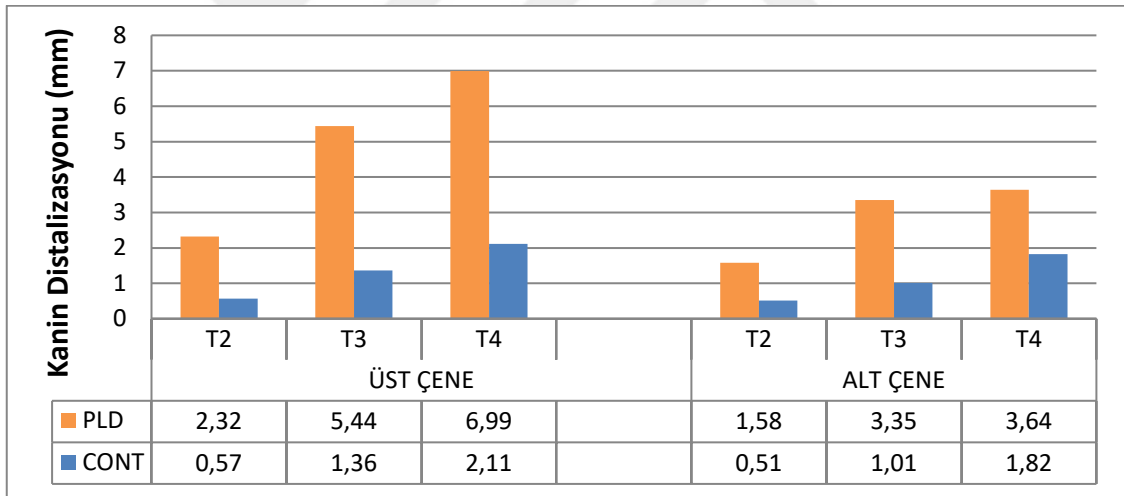
4.2.1. Dijital Ortodontik Modellerde Yapılan Ölçümler

Kanin Distalizasyon Miktarı (Tablo 10, Şekil 18)

T2 safhasında (T2U3Dist) ortalama üst kanin distalizasyon miktarı PLD grubunda 2,32 mm iken CONT grubunda 0,57 mm olarak bulundu. Her iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak çok çok anlamlıydı ($p=0,000$).

T3 safhasında (T3U3Dist) ortalama üst kanin distalizasyon miktarı PLD grubunda 5,44 mm, CONT grubunda 1,36 mm olarak bulundu. Her iki grup arasında istatistiksel olarak çok çok anlamlı derecede farklılık saptandı ($p=0,000$).

T4 safhasında (T4U3Dist) ortalama üst kanin distalizasyon miktarı PLD grubunda 6,99 mm iken CONT grubunda 2,11 mm olarak bulundu. Her iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak çok çok anlamlıydı ($p=0,000$).



Şekil 18. PLD ve CONT gruplarında ortalama kanin distalizasyon miktarları

T2 safhasında (T2L3Dist) ortalama alt kanin distalizasyon miktarı PLD grubunda 1,58 mm iken CONT grubunda 0,51 mm idi ve gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak çok çok anlamlı ($p=0,000$) olarak saptandı.

T3 safhasında (T3L3Dist) ortalama alt kanin distalizasyon miktarı PLD grubunda 3,35 mm, CONT grubunda 1,01 mm olarak bulundu. Gruplar arası fark istatistiksel olarak çok çok anlamlı derecedeydi ($p=0,000$).

T4 safhasında (T4L3Dist) ortalama alt kanin distalizasyonu PLD grubunda 3,64 mm iken CONT grubunda 1,82 mm olarak bulundu. Her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark vardı ($p=0,039$).

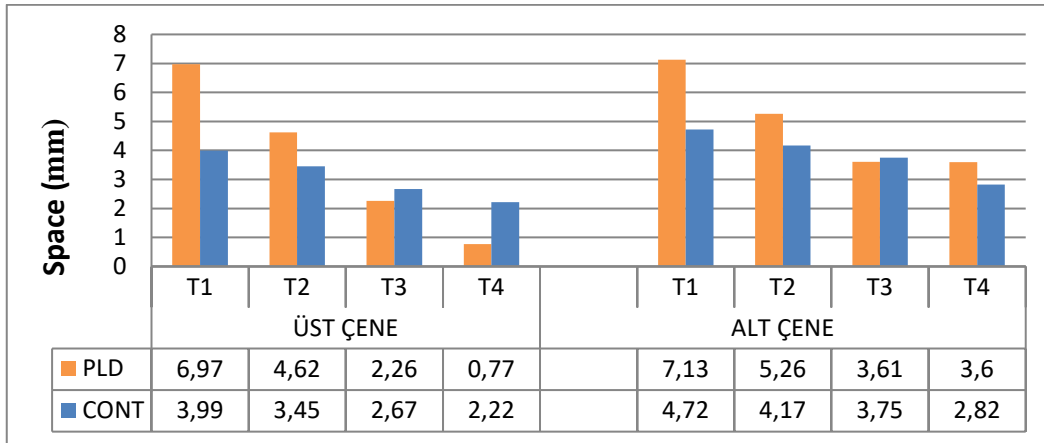
Çekim Boşluklarının Değerlendirilmesi (Tablo 10, Şekil 19)

Kanın distalizasyonu/distraksiyonuna başlamadan hemen önce üst kanin dişin distalindeki çekim boşluklarının ölçüldüğü dönemde (T1USpace) ortalama çekim boşluğu PLD grubunda 6,97 mm ve CONT grubunda 3,99 mm olarak saptandı. Her iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak çok çok anlamlı derecede farklıydı ($p=0,000$).

T2 safhasındaki ölçümlerde (T2USpace) bu boşluk PLD grubunda 4,62 mm, CONT grubunda 3,45 mm bulundu. Her iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak çok çok anlamlı derecede farklıydı ($p=0,000$).

T3 safhasındaki ölçümlerde (T3USpace) bu boşluk PLD grubunda 2,26 mm, CONT grubunda 2,67 mm bulundu. Bu safhada iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı ($p=0,378$).

T4 safhasındaki ölçümlerde (T4USpace) bu boşluk PLD grubunda 0,77 mm, CONT grubunda 2,22 mm bulundu. Gruplar arasındaki fark bu safhada tekrar istatistiksel olarak çok çok anlamlı dereceye ulaşmıştı ($p=0,001$).



Şekil 19. PLD ve CONT gruplarında ortalama çekim boşluklarındaki değişim miktarları

Kanın distalizasyonu/distraksiyonuna başlamadan hemen önce alt kanin dişin distalindeki çekim boşluklarının ölçüldüğü dönemde (T1LSpace) ortalama çekim boşluğu PLD grubunda 7,13 mm ve CONT grubunda 4,72 mm olarak saptandı. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak çok çok anlamlı derecede farklıydı ($p=0,000$).

T2 safhasındaki ölçümlerde (T2LSpace) bu boşluk PLD grubunda 5,26 mm, CONT grubunda 4,17 mm bulundu. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterdi ($p=0,031$).

T3 safhasındaki ölçümlerde (T3LSpace) bu boşluk PLD grubunda 3,61 mm, CONT grubunda 3,75 mm bulundu. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı ($p=0,898$).

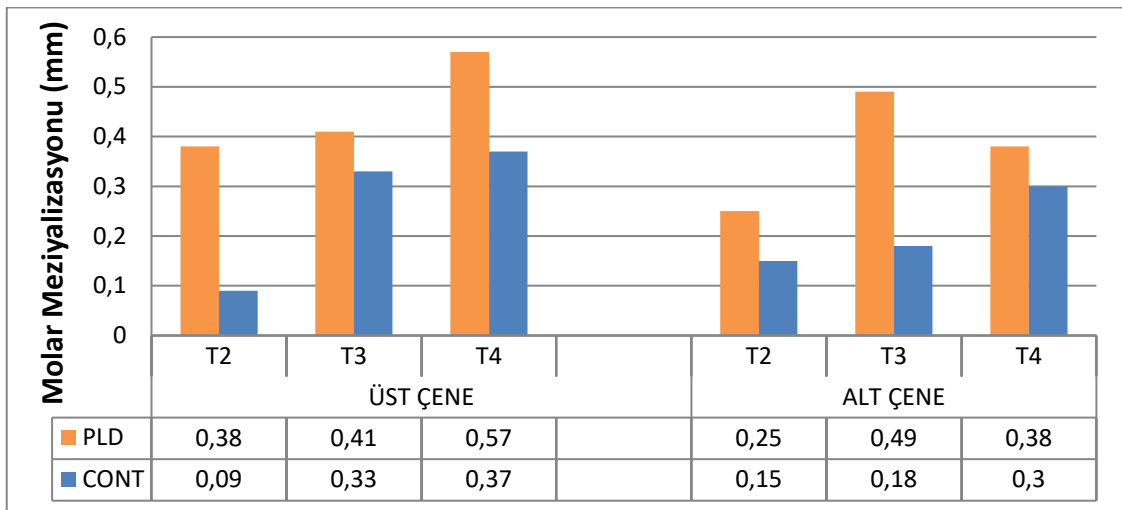
T4 safhasındaki ölçümlerde (T4LSpace) bu boşluk PLD grubunda 3,60 mm, CONT grubunda 2,82 mm bulundu. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı ($p=0,396$).

Molar Dişin Çekim Boşluğuna Meziyal Hareketi (Tablo 10, Şekil 20)

T2 safhasında üst molar dişin çekim boşluğuna meziyal hareket miktarı (T2U6Mez) ortalama olarak PLD grubunda 0,38 mm, CONT grubunda 0,09 mm olarak ölçülmüştür. Her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu ($p=0,081$).

T3 safhasında üst molar dişin çekim boşluğuna meziyal hareket miktarı (T3U6Mez) ortalama olarak PLD grubunda 0,41 mm, CONT grubunda 0,33 mm olarak ölçülmüştür. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı ($p=0,595$).

T4 safhasında üst molar dişin çekim boşluğuna meziyal hareket miktarı (T4U6Mez) ortalama olarak PLD grubunda 0,57 mm, CONT grubunda 0,37 mm olarak ölçülmüştür. Bu safhada da gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu ($p=0,978$).



Şekil 20. PLD ve CONT gruplarında ortalama molar meziyalizasyonu değişim

T2 safhasında alt molar dişin çekim boşluğuna mezial hareket miktarı (T2L6Mez) ortalama olarak PLD grubunda 0,25 mm, CONT grubunda 0,15 mm olarak ölçülmüştür. Her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu ($p=0,216$).

T3 safhasında alt molar dişin çekim boşluğuna mezial hareket miktarı (T3L6Mez) ortalama olarak PLD grubunda 0,49 mm iken CONT grubunda 0,18 mm olarak ölçülmüştür. Her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı ($p=0,135$).

T4 safhasında alt molar dişin çekim boşluğuna mezial hareket miktarı (T4L6Mez) ortalama olarak PLD grubunda 0,38 mm, CONT grubunda 0,3 mm olarak ölçülmüştür. Her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu ($p=0,808$).

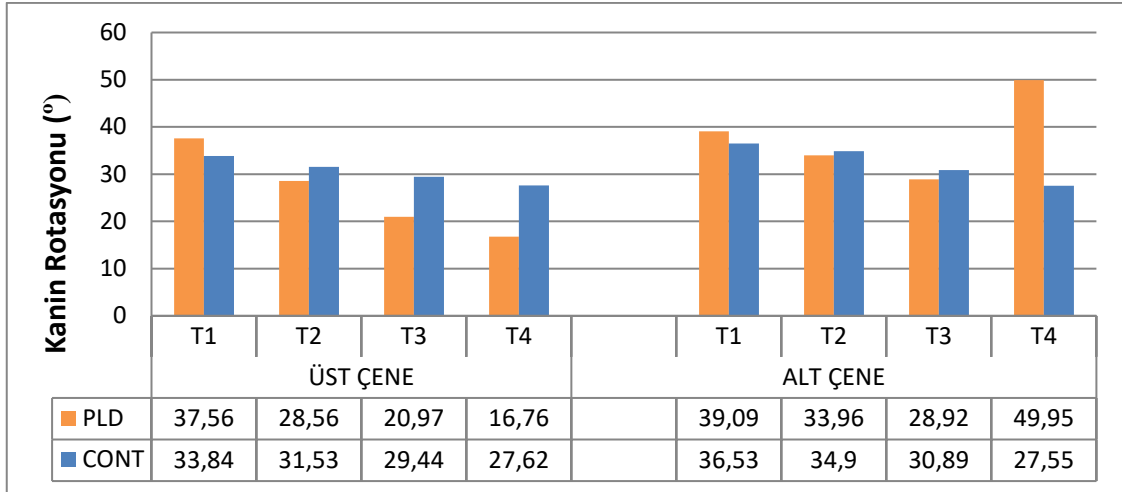
Kanın Dişin Distopalatinal Rotasyonu (Tablo 10, Şekil 21)

Distraksiyona/distalizasyona başlamadan (T1U3Rot) üst kanin dişlerin insizal kenarının orta hat ile yaptığı açı (başlangıçtaki konumu) değerlendirildiğinde PLD grubunda $37,56^\circ$, CONT grubunda $33,84^\circ$ bulundu. Başlangıç safhasında her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu ($p=0,170$).

T2 safhasında (T2U3Rot) üst kanin dişlerin insizal kenarının orta hat ile yaptığı açı (başlangıçtaki konumu) değerlendirildiğinde PLD grubunda $28,56^\circ$, CONT grubunda $31,53^\circ$ bulundu. Değerlerde meydana gelen düşüş, kanin dişin distopalatinal rotasyonunu göstermektedir. Her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p=0,078$).

T3 safhasında (T3U3Rot) üst kanin dişlerin insizal kenarının orta hat ile yaptığı açı (başlangıçtaki konumu) değerlendirildiğinde PLD grubunda $20,97^\circ$, CONT grubunda $29,44^\circ$ bulundu. Gruplar arasında istatistiksel olarak çok çok anlamlı derecede fark saptandı ($p=0,000$).

T4 safhasında (T4U3Rot) üst kanin dişlerin insizal kenarının orta hat ile yaptığı açı (başlangıçtaki konumu) değerlendirildiğinde PLD grubunda $16,76^\circ$, CONT grubunda $27,62^\circ$ bulundu. Her iki grup arasında istatistiksel olarak çok çok anlamlı derecede fark vardı ($p=0,000$).



Şekil 21. PLD ve CONT gruplarında ortalama kanin rotasyonundaki açısal değişim

Distraksiyona/distalizasyona başlamadan (T1L3Rot) alt kanin dişlerin insizal kenarının orta hat ile yaptığı açı (başlangıçtaki konumu) değerlendirildiğinde PLD grubunda 39,09°, CONT grubunda 36,53° bulundu. Her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p=0,662$).

T2 safhasında (T2L3Rot) alt kanin dişlerin insizal kenarının orta hat ile yaptığı açı (başlangıçtaki konumu) değerlendirildiğinde PLD grubunda 33,96°, CONT grubunda 34,90° bulundu. Değerlerde meydana gelen düşüş, kanin dişin distopalatinal rotasyonunu göstermektedir. Her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p=0,738$).

T3 safhasında (T3L3Rot) alt kanin dişlerin insizal kenarının orta hat ile yaptığı açı (başlangıçtaki konumu) değerlendirildiğinde PLD grubunda 28,92°, CONT grubunda 30,89° bulundu. Her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p=0,411$).

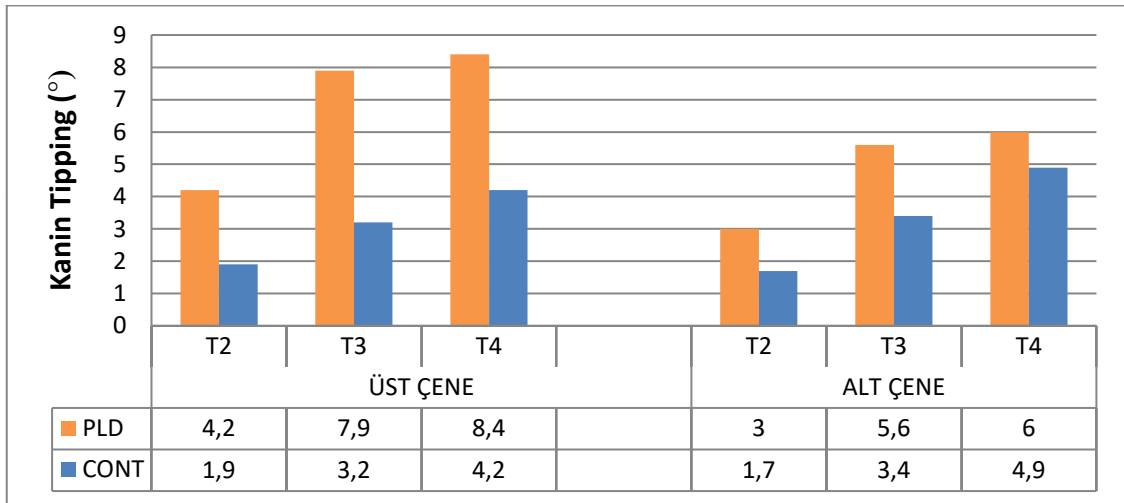
T4 safhasında (T4L3Rot) alt kanin dişlerin insizal kenarının orta hat ile yaptığı açı (başlangıçtaki konumu) değerlendirildiğinde PLD grubunda 49,95°, CONT grubunda 27,55° bulundu. Her iki grup arasında istatistiksel olarak çok anlamlı derecede fark saptandı ($p=0,008$).

Kanin Dişinin Distale Devrilme Miktarı (Tipping) (Tablo 10, Şekil 22)

T2 safhasında (T2U3Tip) üst kanin dişin distale devrilme miktarı ortalama olarak PLD grubunda 4,2°, CONT grubunda 1,9° ölçülmüştür. Bu safhada gruplar arasında istatistiksel olarak çok anlamlı bir fark mevcuttur ($p=0,008$).

T3 safhasında (T3U3Tip) üst kanin dişin distale devrilme miktarı ortalama olarak PLD grubunda 7,9°, CONT grubunda 3,2° ölçülmüştür. Her iki grup arasında istatistiksel olarak çok anlamlı derecede fark saptandı (p=0,001).

T4 safhasında (T4U3Tip) üst kanin dişin distale devrilme miktarı ortalama olarak PLD grubunda 8,4°, CONT grubunda 4,2° ölçülmüştür. Her iki grup arasında istatistiksel olarak çok çok anlamlı bir fark bulunmuştur (p=0,000).



Şekil 22. PLD ve CONT gruplarında ortalama kanin dişinin distale devrilme hareketindeki açısal değişim

T2 safhasında (T2L3Tip) alt kanin dişin distale tippingi ortalama olarak PLD grubunda 3,0°, CONT grubunda 1,7° ölçülmüştür. Her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu (p=0,207).

T3 safhasında (T3U3Tip) alt kanin dişin distale tippingi ortalama olarak PLD grubunda 5,6°, CONT grubunda 3,4° ölçülmüştür. Bu safhada her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu (p=0,116).

T4 safhasında (T4U3Tip) alt kanin dişin distale tippingi ortalama olarak PLD grubunda 6,0°, CONT grubunda 4,9° ölçülmüştür. Her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı (p=0,362).

Tablo 10. PLD ve CONT grubu verilerinin birlikte tanımlayıcı istatistiği ve Mann-Whitney U testi ile karşılaştırma sonuçları.

	Grup	Örnek Sayısı	Ort.	Std. Sapma	Std. Hata	P
T2U3Dist	PLD	34	2,32	1,37	0,23	0,000
	CONT	30	0,58	0,40	0,07	
T3U3Dist	PLD	34	5,44	1,99	0,34	0,000
	CONT	30	1,36	0,82	0,15	
T4U3Dist	PLD	16	6,99	1,83	0,46	0,000
	CONT	24	2,11	0,82	0,17	
T1USpace	PLD	34	6,97	0,41	0,07	0,000
	CONT	30	3,99	1,57	0,29	
T2USpace	PLD	34	4,62	1,17	0,20	0,000
	CONT	30	3,45	1,52	0,28	
T3USpace	PLD	34	2,26	1,52	0,26	0,378
	CONT	30	2,67	1,58	0,29	
T4USpace	PLD	16	0,77	1,43	0,36	0,001
	CONT	24	2,21	1,45	0,29	
T2U6Mez	PLD	34	0,38	0,50	0,09	0,081
	CONT	30	0,09	0,05	0,01	
T3U6Mez	PLD	34	0,41	0,42	0,07	0,595
	CONT	30	0,33	0,40	0,07	
T4U6Mez	PLD	16	0,57	0,67	0,17	0,978
	CONT	24	0,37	0,37	0,08	
T1U3Rot	PLD	34	37,56	10,74	1,84	0,170
	CONT	30	33,84	6,65	1,21	
T2U3Rot	PLD	34	28,56	8,68	1,49	0,078
	CONT	30	31,53	6,86	1,25	
T3U3Rot	PLD	34	20,97	9,00	1,54	0,000
	CONT	30	29,45	7,16	1,31	
T4U3Rot	PLD	16	16,76	7,33	1,83	0,000
	CONT	24	27,62	6,20	1,27	
T2U3Tip	PLD	34	4,19	4,14	0,71	0,008
	CONT	30	1,86	1,44	0,26	
T3U3Tip	PLD	34	7,90	5,35	0,92	0,001
	CONT	30	3,25	2,72	0,50	
T4U3Tip	PLD	16	8,39	3,70	0,92	0,000
	CONT	24	4,21	1,82	0,37	
T2L3Dist	PLD	14	1,58	0,45	0,12	0,000
	CONT	12	0,51	0,50	0,14	
T3L3Dist	PLD	14	3,35	1,90	0,51	0,000
	CONT	12	1,01	0,71	0,21	
T4L3Dist	PLD	4	3,64	1,33	0,66	0,039
	CONT	12	1,82	0,92	0,26	
T1LSpace	PLD	14	7,13	0,59	0,16	0,000
	CONT	12	4,72	1,54	0,45	
T2LSpace	PLD	14	5,26	0,69	0,18	0,031
	CONT	12	4,17	1,45	0,42	
T3LSpace	PLD	14	3,61	1,62	0,43	0,898
	CONT	12	3,75	1,50	0,43	
T4LSpace	PLD	4	3,60	1,33	0,66	0,396
	CONT	12	2,82	1,48	0,43	
T2L6Mez	PLD	14	0,25	0,25	0,07	0,216
	CONT	12	0,14	0,09	0,03	

Tablo 10 (devam). PLD ve CONT grubu verilerinin birlikte tanımlayıcı istatistiği ve Mann-Whitney U testi ile karşılaştırma sonuçları.

T3L6Mez	PLD	14	0,49	0,44	0,12	0,135
	CONT	12	0,18	0,09	0,03	
T4L6Mez	PLD	4	0,38	0,39	0,20	0,808
	CONT	12	0,29	0,20	0,06	
T1L3Rot	PLD	14	39,08	14,55	3,89	0,662
	CONT	12	36,53	5,86	1,69	
T2L3Rot	PLD	14	33,96	14,60	3,90	0,738
	CONT	12	34,91	6,03	1,74	
T3L3Rot	PLD	14	28,92	20,39	5,45	0,411
	CONT	12	30,89	7,10	2,05	
T4L3Rot	PLD	4	49,95	19,17	9,59	0,008
	CONT	12	27,55	6,97	2,01	
T2L3Tip	PLD	14	2,98	2,20	0,59	0,207
	CONT	12	1,66	1,33	0,38	
T3L3Tip	PLD	14	5,60	4,18	1,12	0,116
	CONT	12	3,39	1,82	0,52	
T4L3Tip	PLD	4	6,02	2,00	1,00	0,362
	CONT	12	4,88	2,25	0,65	

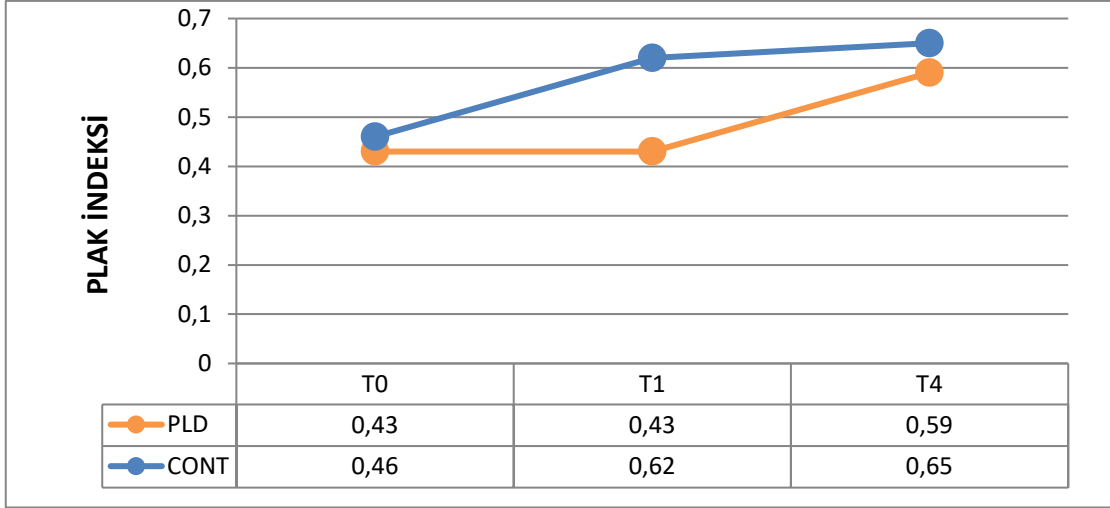
4.2.2. Periodontal İndeks Ölçümleri

Plak İndeksi (Tablo 11, Şekil 23)

T0 safhasında tüm ağız plak indeks değeri ortalama olarak PLD grubunda 0,43; CONT grubunda 0,46 ölçülmüştür. Tedavilerin başlangıç safhasında her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu ($p=0,757$).

T1 safhasında tüm ağız plak indeks değeri ortalama olarak PLD grubunda 0,43; CONT grubunda 0,62 ölçülmüştür. Kanin distalizasyonu başlangıç safhasında da gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p=0,164$).

T4 safhasında tüm ağız plak indeks değeri ortalama olarak PLD grubunda 0,59; CONT grubunda 0,65 ölçülmüştür. Her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu ($p=0,925$).



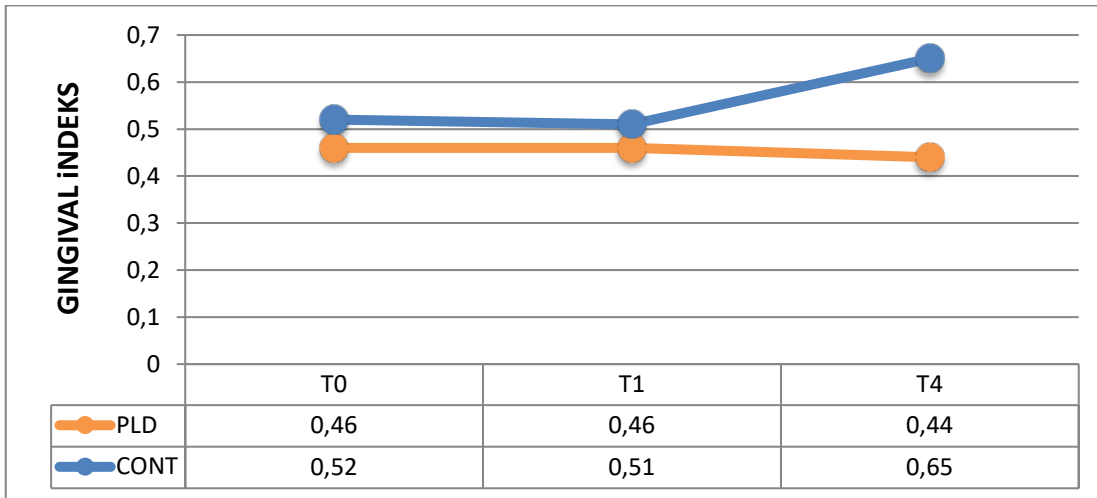
Şekil 23. PLD ve CONT gruplarında plak indeksinde meydana gelen değişim

Gingival İndeks (Tablo 11, Şekil 24)

T0 safhasında tüm ağız gingival indeks değeri ortalama olarak PLD grubunda 0,46; CONT grubunda 0,52 ölçülmüştür. Her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu ($p=0,666$).

T1 safhasında tüm ağız gingival indeks değeri ortalama olarak PLD grubunda 0,46; CONT grubunda 0,51 ölçülmüştür. Her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı ($p=0,411$).

T4 safhasında tüm ağız gingival indeks değeri ortalama olarak PLD grubunda 0,44; CONT grubunda 0,65 ölçülmüştür. Her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu ($p=0,051$).



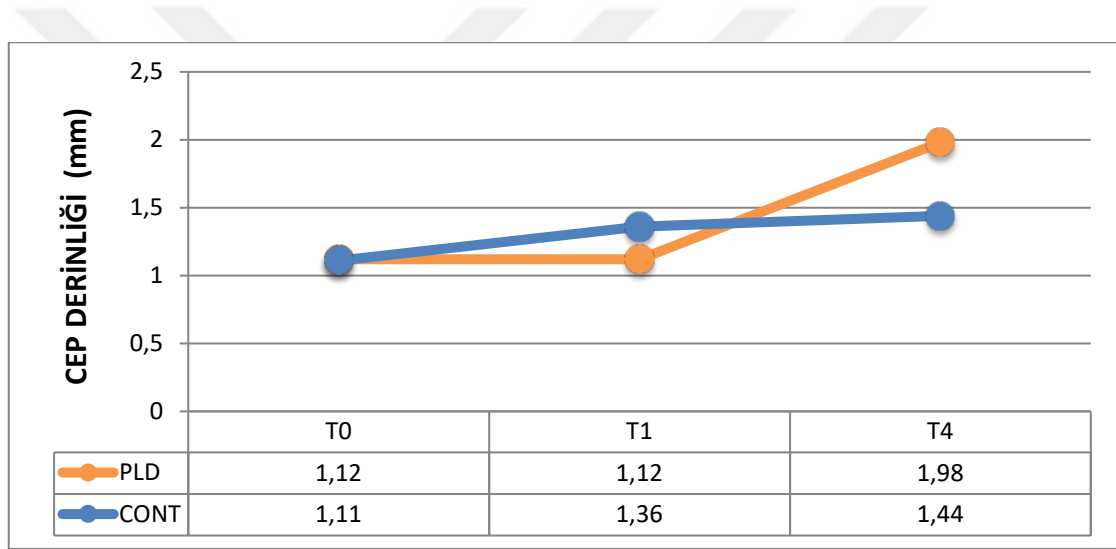
Şekil 24. PLD ve CONT gruplarında gingival indekste meydana gelen değişim

Cep Derinliği (Tablo 11, Şekil 25)

T0 safhasında cep derinliği değeri ortalama olarak PLD grubunda 1,12; CONT grubunda 1,11 ölçölmüŐtür. Tedavi başında her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu ($p=0,525$).

T1 safhasında cep derinliği değeri ortalama olarak PLD grubunda 1,12; CONT grubunda 1,36 ölçölmüŐtür. Her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p=0,276$).

T4 safhasında cep derinliği değeri ortalama olarak PLD grubunda 1,98; CONT grubunda 1,44 ölçölmüŐtür. Her iki grup arasında istatistiksel olarak çok anlamlı derecede fark saptandı ($p=0,008$).



Şekil 26. PLD ve CONT gruplarında gingival indekste meydana gelen değişim

Tablo 11. PLD ve CONT grubu periodontal indeks verilerinin birlikte tanımlayıcı istatistiği ve Mann-Whitney U testi ile karşılaştırma sonuçları.

	Grup-Safha	Örnek Sayısı	Ort.	Std. Sapma	Std. Hata	P
PI	CONT-T0	30	0,46	0,42	0,08	
	PLD-T0	34	0,43	0,33	0,06	0,757
GI	CONT-T0	30	0,52	0,46	0,08	
	PLD-T0	34	0,46	0,42	0,07	0,666
PD	CONT-T0	30	1,12	0,58	0,10	
	PLD-T0	34	1,12	0,11	0,02	0,525
PI	CONT-T1	30	0,62	0,49	0,09	
	PLD-T1	34	0,43	0,33	0,06	0,164
GI	CONT-T1	30	0,51	0,40	0,07	
	PLD-T1	34	0,46	0,42	0,07	0,411
PD	CONT-T1	30	1,36	0,76	0,14	
	PLD-T1	34	1,12	0,11	0,02	0,276
PI	CONT-T4	30	0,65	0,48	0,09	
	PLD-T4	34	0,59	0,36	0,06	0,925
GI	CONT-T4	30	0,65	0,44	0,08	
	PLD-T4	34	0,44	0,40	0,07	0,0510
PD	CONT-T4	30	1,44	0,82	0,15	
	PLD-T4	34	1,98	0,15	0,03	0,008

5. TARTIŞMA

Bu bölümde çalışmanın amacı, planlanması, bireylerin seçimi, yöntemi ve grup içi ve gruplar arası verilerden elde edilen bulgular tartışılmaktadır.

5. 1. Amaç

Günümüzde hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın ortodontik tedaviler uzun zaman almaktadır. Ortodontik tedaviler 21-35 ay kadar uzun sürelerde tamamlanabilmektedir (Buschang ve ark., 2012). Uzayan tedavi süresi hastanın sadece psikososyal durumunu etkilemekle kalmayıp mine demineralizasyonu, çürük, kök rezorbsiyonu, periodontal hastalıkların görülme riskini de arttırmaktadır (Lau ve Wong, 2006).

Ortodontik tedavi süresini kısaltmak amacıyla farklı materyallerin kullanılması, ilaç uygulamaları, laser uygulamaları, manyetik alanın kullanılması gibi çeşitli uygulamalar denenmiştir. Bu amaçla denenmiş uygulamalardan birisi de cerrahi uygulamalardır.

Literatüre baktığımızda diş hareketini hızlandırmak amacıyla yapılan cerrahi tekniklerin çoğunun hasta açısından invaziv, travmatik ve kabul edilebilmesinin güç, hekim açısından uygulamanın zor olduğu görülmektedir. Bu yöntemlerin çoğunda uygulanacak olan cerrahi işlem, diş çekiminden sonra başka bir seans gerektirdiğinden ikinci defa anestezi yapılması ve flap kaldırılması hastada yeni bir travma oluşturmaktadır. Flap kaldırılmayan piezo cerrahilerinin bile öne çıkan dezavantajı, kortikotomi işlemini gerçekleştirmek için gereken sürenin, konvansiyonel yöntemle göre çok daha uzun olmasıdır (Fiorellini, 2005).

Diş hareketini hızlandırmak amacıyla kullanılan cerrahi tekniklerden biri olan periodontal ligament distraksiyonu, 1998 yılında Liou ve Huang tarafından alveolar-diş kompleksinin çekim boşluğuna taşınmasını sağlayan, premolar diş çekimi sırasında yapılan basit ve invaziv olmayan alveolar kemik kortokotomisi olarak sunulmuştur.

“Periodontal ligament distraksiyonu (PLD), diş hareketini hızlandırarak ortodontik tedavi kalitesini artıracaktır.” test etmek amacıyla PLD tekniğinin etkileri kontrol grubu ile karşılaştırılmıştır. Birinci premolar diş çekimli vakalarda, çekim boşluğunun mezialinde kalan interdental septumda yapılan cerrahi işlem sonrasında gerçekleştirilen periodontal ligament distraksiyonunun alt ve üst çenedeki kanin

distalizasyonu hızına, kanin rotasyon ve devrilme miktarı ile birinci molar dişlerdeki ankraj kaybına ve periodontal dokular üzerindeki etkilerinin klinik olarak incelenmesi amaçlanmıştır.

5.2. Birey

Bu çalışmaya Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti Anabilim Dalı'nda tedavi sırasında beklemekte olan ve mevcut ortodontik anomalinin (artmış overjet veya çapraşıklık) düzelmesi için birinci premolar diş çekimi gerektiren 32 (19 Kız, 13 Erkek) hasta dahil edilmiştir. Çalışmaya dahil edilen bireylerin yaşları 14-18 yaşları arasında değişmektedir. PLD grubunda yaş ortalaması $16,44 \pm 0,91$ olan 17 bireyde (10 Kız, 7 Erkek) 34 maksiller kanin ve 14 mandibular kanin; CONT grubunda yaş ortalaması $16,13 \pm 1,28$ olan 15 bireyde (9 Kız, 6 Erkek) 30 maksiller kanin ve 12 mandibular kanin dişe distalizasyon yapılmıştır.

Liou ve Huang (1998)'ın çalışmalarında yaşları 10-19 yıl arasında değişen 15 hastada periodontal ligament distraksiyonunun etkisini değerlendirmişlerdir. Kişnişçi ve ark., (2002)'nin hızlı kanin retraksiyonu amacıyla dentoalveolar distraksiyon uyguladıkları çalışmalarında yaşları 13-18 yıl arasında olan 11 hasta üzerinde çalışmışlardır. Sayın ve ark. (2004), hızlı kanin distalizasyonunun dentoalveolar dokulara etkilerini yaş ortalaması 16,7 yıl olan 18 hastada değerlendirmişlerdir. Sukurica ve ark. (2009), yaş ortalaması 18,5 yıl olan 8 hastanın 20 dişini değerlendirdikleri çalışmada segmental alveolar distraksiyon osteogenezis tekniği ile kanin dişleri hızlı bir şekilde distalize etmişlerdir. Dentoalveolar distraksiyon ile periodontal distraksiyonun etkilerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada ortalama yaşın 20 yıl olduğu altışar kişilik iki grup oluşturulmuştur (Kharkar ve ark., 2010). Kumar ve ark. (2012), 14-25 yaş grubundaki 5 hasta üzerinde periodontal ligament distraksiyonu tekniğini değerlendirmişlerdir. Koteswara Prasad ve ark. (2014), yaşları 14-25 yaş arasında değişen, maksiller arkta birinci premolar diş çekimi gerektiren 10 hastaya periodontal ligament distraksiyonu uygulamışlardır. Khanna ve ark., (2014)'nin 25 bireyin dahil edildiği çalışmada bireylerin yaş ortalaması $18,8 \pm 2,7$ yıldır. Literatüre bakıldığında konuyla ilgili çalışmalara genç erişkin bireylerin dahil edildiği görülmektedir. Çalışmamızda yer alan hastaların yaş ortalaması $16,28 \pm 1,09$ 'dur ve diğer çalışmalarla benzerdir.

Yaş ve cinsiyetin ortodontik diş hareketi hızı üzerine etkilerinin değerlendirildiği çalışmalarda yaşın diş hareketinde etkili olduğu, genç hastalarda ortodontik diş

hareketinin daha hızlı olduğu ancak cinsiyetin diş hareketi miktarı ve hızı üzerindeki etkisinin minimal olduğu bildirilmiştir (Milne ve ark., 2009; Dibart ve ark., 2010). Çalışmamızda gruplar oluşturulurken birbiriyle yaş, cinsiyet, ankraj gereksinimi ve malokluzyon yönünden en çok eşleşen bireylerin her bir gruba rastgele dağıtılması ile gruplar arasında yeterli düzeyde dağılım eşitliği sağlanarak çalışma sonuçlarının daha anlamlı olması amaçlanmıştır.

Gruplar kanin distalizasyonu açısından karşılaştırıldığında her bir grupta 10 bireyin bile % 99 üzerinde güclü bir istatistiksel veri sağlayacağı saptanmıştır. Aktif ortodontik tedavi sürecinde atrizyonların da oluşacağı düşünülerek gruplardaki birey sayısının en az 18 olmasına karar verilmiştir. Ancak ortodontik tedaviye başlandıktan sonra çeşitli nedenlerden dolayı araştırma grubunda 1 birey, kontrol grubunda ise 3 birey araştırmadan ayrılmıştır. Literatürdeki alışmalar değerlendirildiğinde konuyla ilgili kontrollü klinik çalışma sayısının yetersiz olduğu ve kontrollü klinik çalışmalardaki birey sayısının azlığı dikkat çekmektedir.

5.3. Yöntem

5.3.1. Tedavi Protokolü

Distraksiyon Aygıtı

PLD grubunda kanin ve molar dişler için uygun boyutlarda seçilen prefabrike bantlar ve küçük bir vida ile diş destekli distraksiyon aygıtı laboratuvar ortamında hazırlanmıştır. Liou ve Huang (1998), Sayın ve ark. (2004), Kumar ve ark. (2012) ve Koteswara Prasad ve ark. (2014) tarafından kullanılan kanin ve molar bantlara lehimlenen diş destekli distraksiyon aygıtlarını kendileri dizayn etmişlerdir. Sukurica ve ark. (2009) ile Allgayer ve ark. (2013) yaptıkları çalışmalarında konvansiyonel hyraks vidasını modifiye ederek diş destekli distraksiyon aygıtını kullanmışlardır. Çalışmamızda kullanılan distraksiyon aygıtı diğer diş destekli aygıtlardan farklı olup prefabrike olduğundan laboratuvar aşamasında kolaylık sağlamaktadır.

Cerrahi Teknik

Çalışmamızda kullanılan cerrahi teknik Liou ve Huang (1998)'in tarif ettiği yöntemle benzerdir. Bu yöntemde birinci premolar dişin çekimini takiben kanin dişin distalindeki interdental septum inceltilmekte ve kemik direncinin azaltılması için alveol

kemikte vertikal ve oblik oluklar açılmaktadır. Kanin ve lateral diş arasında herhangi bir kemik kesisi yapılmamakta ve bu bölgede periodontal ligament liflerinin uygulanan kuvvetin etkisiyle gerilmesi sonucu reperatif kemik oluşumu uyarılmaktadır. Bu yöntem distraksiyon osteogenezi prensiplerine dayanmakta esas olarak gerilim ve sıkışma alanlarının uyardığı hızlı diş hareketi gerçekleşmektedir. Çalışmamızda farklı olarak oblik kesiyi gerçekleştirmek amacıyla özel olarak tasarlanan ve diş çekim soketi içerisinden uygulanan kemik osteotomu kullanılmıştır.

Distraksiyon Protokolü

Aktivasyonda iki önemli değişken vardır: birincisi distraksiyonun hızı yani günlük distraksiyon miktarı ve ikinci olarak distraksiyonun ritmi yani cihazın hangi sıklıkta aktive edildiğidir. Distraksiyon hızının düzenli ve ritmik olması yeni oluşacak olan kemiğin yapısını etkiler.

Distraksiyon hızı yetersiz olduğunda prematür konsolidasyon riski vardır. Diğer yandan hızlı distraksiyon yumuşak kallus üzerinde aşırı stres dolayısıyla lokal iskemiye bağlı rejenerer kemiğin orta kısmında deformasyona neden olur. Distraksiyon hızı günde 1 mm olarak önerilmektedir (Proffit ve ark., 2003). Distraksiyon ritminde ideal kabul edilen prosedür sabit aktivasyon uygulanmasıdır. Ancak bu günümüzdeki apareylerle mümkün değildir. Ilizarov (1989), osteogenetik aktivite açısından ritimin önemli olduğuna değinmiştir. Onun önerisi günde dört defa 0,25 mm aktivasyon yapılmasıdır.

Liou ve Huang (1998) distraksiyon protokolüne cerrahi işlemten hemen sonra günde 0,5-1 mm aktivasyon ile başlamışlardır. Bu konuda yapılan başka bir çalışmada yine benzer şekilde distraksiyona cerrahi işlemten hemen sonra günde 3 kez 0,25 mm olmak üzere başlanmış ve distraksiyon sonrasında konsolidasyon fazı için 2 hafta beklenilmiştir (Sayin ve ark., 2004). Sukurica ve ark. (2009), distraksiyona cerrahiden 3 gün sonra günde iki kez günlük 0,5 mm aktivasyonla başlamışlardır. Kharkar ve ark. (2010)'nın periodontal ligament distraksiyonu (PLD) ile dentoalveolar distraksiyonun (DAD) etkilerini karşılaştırdıkları çalışmalarında PLD grubunda distraksiyon protokolüne cerrahiden hemen sonra, DAD grubunda 2 gün latent periyodun ardından günde 4 kez (0,125×4) toplamda 0,50 mm aktivasyona başlamışlardır (Kharkar ve ark., 2010). Allgayer ve ark. (2013)'nın sunduğu vaka raporunda distraksiyona cerrahiden hemen sonra 0,25×3 ritm ile başlanmış ve distraksiyon sonrasında distraktör retansiyon

amacıyla 3 gün ağızda tutulmuştur. Son yıllarda yapılan başka bir çalışmada günde 2 kez 0,2 mm aktivasyon yapılmış ve sonrasında konsolidasyon fazı için 1 ay beklenilmiştir.

Dentoalveolar distraksiyon gibi flap kaldırılmasını gerektiren cerrahi teknikler hasta açısından invaziv ve travmatik olduğundan hasta konforu ve distraktörü aktive edebilme kolaylığının sağlanabilmesi açısından cerrahi işlem sonrasında latent dönemin uygulanması önerilmektedir (Kurt, 2005; Kharkar ve ark., 2010). Cerrahi yöntemler arasında mikroinvaziv sayılabilecek bir yöntem olan periodontal ligament distraksiyonu tekniğinde yumuşak doku flebi, kemik grefti ve dikiş gibi ekstra cerrahi işlemler yapılmadığından iyileşme açısından bekleme sürecine ihtiyaç duyulmamaktadır. Literatürdeki çalışmalarda da latent faz beklenmeden cerrahi işlem ile aynı gün aktivasyona başlanmaktadır (Liou ve Huang, 1998; Sayin ve ark., 2004; Kumar ve ark., 2009; Allgayer ve ark., 2013).

Çalışmamızda cerrahi işlem ile aynı gün vida aktivasyonuna günde 2 kez olmak üzere 12 saat aralıklarla toplamda 0,50 mm (0,25×2) aktivasyon olacak şekilde başlanmıştır. Çalışmamız, distraksiyon protokolündeki distraksiyona başlama zamanı, aktivasyon miktarı ve ritmi açısından literatürdeki çalışmalarla benzerlik göstermektedir (Liou ve Huang 1998; Kumar ve ark., 2009).

Kanın dişler Sınıf I ilişkiye geldiği anda distraksiyon işlemi sonlandırılarak vida çıkarılmış ve aynı gün hastanın sabit ortodontik tedavisine başlanmıştır. Distraktör retansiyon amacıyla bekletilmemiştir. Kanin dişler, braketleme işleminden sonra transpalatal ark ile ankrajı arttırılan posterior bölge dişlerine sekiz ligatür ile bağlanmıştır. Liou ve ark. (2000), yaptıkları çalışmada ortodontik diş hareketi için en uygun zamanlamanın distraksiyon osteogenezis sonrasında yeni fibröz kemiğin oluştuğu dönem olduğunu ileri sürmüşlerdir. Kanin dişin distraksiyonundan sonra apareyin retansiyon amacıyla pasif olarak bekletilmesini öneren yayınlar da mevcuttur (Kharkar ve ark., 2010; Allgayer ve ark., 2013; Koteswara Prasad ve ark., 2014). Ancak kanin dişin mesialinde yer alan olgun olmayan fibröz kemikte diş hareketinin kolay olacağı dolayısıyla seviyeleme ve keser retraksiyonu aşamalarının daha kısa sürede tamamlanacağı düşünüldüğünden çalışmamızda konsolidasyon fazı için beklenmemiştir.

Distraksiyon Sonrası Ortodontik Tedavi

Tüm bireylerde aynı açısız değerlere sahip aynı firmanın 22 slot braketleri kullanılmıştır. Hazır transpalatal arklar her hastaya göre “shealt”li bantlara

uyumlandırılarak takılmıştır. Kesici dişlerin retraksiyonu aşamasına gelindiğinde 0.019×0.025 inç “brass posted” ark telleri yerleştirilmiştir. Brass posted ark tellerinin yerleştirildiği seansta ankraj gereksinimine göre kesici dişlerin en masse retraksiyonunun gerektiği bireylerde ankraj olarak mini vida kullanılmıştır.

Ortodontik mini vidalar ortodontide molar dişlerinin distalizasyonu, molar ve kesici dişlerin intrüzyonu, çekim boşluklarının kapatılması, gömülü dişlerin sürdürülmesi, kesici dişlerin retraksiyonu ve kanin distalizasyonu amacıyla kullanılmaktadır. Literatürde, çalışmamızda olduğu gibi kesici dişlerin retraksiyonu sırasında iskeletsel ankraj kullanılabileceğini ifade eden birçok çalışma vardır (Bae ve ark., 2002; Deguchi ve ark., 2003; Park ve Kwon, 2004).

Alt ve üst çenede ortodontik mini vidaların yerleştirilebileceği bölgeler farklı anatomik yapılar nedeniyle değişkenlik göstermektedir. Üst çenede bukkal ve palatinal kortikal kemik, midpalatal suture, spina nasalis anterior alt yüzeyi, infrazigomatik sırt, alt çenede ise simfizis ve alveolar kemik, retromolar bölge, iskeletsel ankraj için mini vidaların yerleştirilebileceği bölgelerdir (Bae ve ark., 2002; Melsen, 2005). Mini vidaların yerleştirileceği bölgeler, hareketi istenen diş veya diş gruplarına, elde edilmek istenen diş hareketine ve ankraj istenen bölgeye göre değişiklik göstermektedir. Çalışmamızda PLD grubunda kesici dişlerin retraksiyonu ve CONT grubunda kanin distalizasyonu ve kesici diş retraksiyonu aşamalarında mini vidalar kullanıldığından dolayı, alt ve üst çenelerde birinci molar ve ikinci premolar dişlerin kökleri arasındaki alveol kemiğe yerleştirilmişlerdir.

Mini vidalar yerleştirilmeden önce bölgenin asepsisi için klorheksidin içerikli ağız gargaraları, hastanın işlem sırasında rahatsızlık duymaması açısından topikal ve lokal anestezi uygulamaları önerilmektedir (Melsen, 2005). Çalışmamızda bölgenin asepsisini sağlamak amacıyla mini vidaların yerleştirildiği seansta öncelikle povidon iyodür uygulanmış ve sonrasında 0.2 cc lokal anestezi yapılmıştır. Öncesinde steril edilmiş mini vidalar, steril başlıkları uyumlu anahtarlar yardımıyla ikinci premolar ve birinci molar diş kökleri arasındaki yapışık dişeti ile serbest dişeti sınırında üst çenede hafif yukarı alt çenede hafif aşağı doğru açılı şekilde yerleştirilmiştir. Diş köklerini korumak ve daha fazla kortikal kemik teması elde etmek amacıyla mini vidalar açılı yerleştirilmiştir. Yerleştirme sırasında mini vidaların hareketli mukozaya yerleştirmekten

kaçınılması yapışık dişetinde konumlandırılması gerektiği bildirilmektedir (Fortini ve ark., 2004; Melsen, 2005).

Ortodontik mini vidalara kuvvet yükleme zamanlaması için farklı görüşler vardır. Mini vida yerleştirildikten sonra hemen kuvvet uygulanabileceğini belirten çalışmalar olduğu gibi (Melsen, 2005), kuvvet uygulamaya geçmeden önce osteointegrasyon açısından 4-6 ay kadar beklemek gerektiğini bildiren çalışmalar da mevcuttur (Higuchi ve Slack, 1991). Ancak osteointegrasyon daha çok iskeletsel ankraj gerektiren durumlarda önem kazanmaktadır. Ortodontik ankraj için ise mini vidaların osteointegrasyonuna gerek olmadığı bilinmektedir. Kuvvet yüklemesi yapılmadan önce 1 hafta yumuşak doku iyileşmesi açısından beklemenin mini vida başarısını arttırdığı bildirilmiştir (Paik, 2009). Çalışmamızda brass posted ark tellerinin yerleştirildiği seansta mini vidalar uygulandığından kesicilerin tork alması ve önerildiği üzere yumuşak doku iyileşmesi açısından bir ay sonra kuvvet uygulanmıştır.

Literatürde kanin distalizasyonu sırasında uygulanan kuvvet büyüklüğü ile ilgili tam bir görüş birliği olmamakla birlikte 75 grf ve 300 grf arasında değişmektedir (Boester ve Johnston, 1974; Ricketts, 1974; Iwasaki ve ark., 2000). Kütlesel retraksiyon hedeflenen bir çalışmada maksimum ankraj için mini vida kullanılmasının en etkili yöntemlerden olduğu ve Ni-Ti yaylarla daha sabit kuvvetler uygulanabildiği bildirilmiştir (Tizini ve Ibrahim, 2014). Kuvvetin literatürde belirtilen ortalama ve optimal kuvvet değerlerinde olmasına dikkat edilerek sentalloy kapalı yaylar ile 150 grf uygulanmıştır.

5.3.2. Dijital Ortodontik Modeller Üzerinde Yapılan Ölçüm Yöntemleri

Çekim boşluğu kapanma miktarı intraoral yöntemlerle ölçülebilmektedir (Deguchi ve ark., 2007). Literatürde kanin dişlerde meydana gelen distalizasyon miktarını kaliper yardımıyla intraoral olarak ölçen birçok çalışma bulunmaktadır (Liou ve Huang, 1998; Sayin ve ark., 2004; Kumar ve ark., 2012; Koteswara Prasad ve ark., 2014). Dişlerde meydana gelen açısal değişiklikler ve ankraj kayıpları radyografik metodlarla değerlendirilebilmektedir. Bununla birlikte literatürde dijital model analizleri ile devrilme, tork ve rotasyon ölçümlerinin hassas bir şekilde yapılabileceğini bildiren çalışmalar mevcuttur (Ferrario ve ark., 2001; Hayashi ve ark., 2002; Grauer ve Proffit, 2011). Sadece ölçüm yapabilmek için kısa aralıklarla hastaları radyasyona maruz bırakmanın etik olmaması ve kaninlerde meydana gelen rotasyon miktarının radyografilerde ölçülememesi gibi nedenlerle birçok çalışmada radyografiler yerine

ortodontik modeller kullanılmıştır (Deguchi ve ark., 2007; Barlow ve Kula, 2008; Shpack ve ark., 2008). Bu nedenle çalışmamızda tedavi sırasında dişlerde meydana gelen konum ve açı değişikliklerinin değerlendirilmesinde üç boyutlu dijital ortodontik modeller tercih edilmiştir.

Üç boyutlu tarama, üretim süresi ve maliyetlerin azaltılması, standardizasyonun sağlanması, modellerin doğruluğunu arttırmak gibi amaçlarla geliştirilmiştir. Günümüzde üç boyutlu görsel model analizi diş boyutlarının ölçülmesi, dental ark formunun değerlendirilmesi amacıyla kullanılabilir. Ayrıca üç boyutlu modeller diş hareketlerinin tedavi öncesi ve tedavi sonrası modellerinin karşılaştırılması için de kullanılabilir. Üç boyutlu görsel modellerin karşılaştırılması ark boyutlarının ve diş hareketlerinin görsel olarak planlanması aşamasında da önerilmektedir (Redmond, 2001; Chong ve ark., 2005; Cha, ve ark, 2007).

Dental modellerin karşılaştırılmasında 'en iyi eşleşme (best fit) metodu' kullanılan ve önerilen bir yöntemdir. En iyi eşleşme metodu iki adımdan meydana gelir. Birinci adımda model üzerindeki referans noktaları belirlenir ve sonrasında en çok eşleşen algoritma uygulanır. Karşılaştırma işlemini gerçekleştirmek için yüzey alanları da seçilebilir. Ancak bu işlem daha hassas bir çalışma gerektirir ve yüzeyler arasındaki farkı en aza indirmek için bu prosedür birkaç defa tekrarlanır (Khambay ve ark., 2002).

Median palatal raphe, palatal rugalar ve sağ-sol üst birinci molar dişlerin etrafındaki sert damak üst çene modellerinin analizinde önerilen referans noktalarıdır (Peavy ve Kendrick, 1967; Almeida ve ark., 1995; Cha, ve ark., 2007). Üç boyutlu dental modellerin karşılaştırılmasında palatal rugaların referans olarak stabilitesini değerlendirmek amacıyla yapılan bir çalışmada 'palatal ruga karşılaştırma yöntemi' nin 'mini vida karşılaştırma yöntemi' kadar güvenilir olduğu bildirilmiştir (Jang ve ark., 2009).

Literatürde alt çene modellerinin karşılaştırılması için üst çenede olduğu gibi bilinen stabil noktalar ve yüzeyler belirtilmemiştir. Mevcut teknolojiye rağmen alt çenede dental ark üzerindeki üç boyutlu ortodontik diş hareketlerinin ortodontik modeller üzerinde değerlendirilmesinde kesin ve tekrarlanabilir bir yöntem tanımlanamamıştır.

An ve ark., (2015), alt çene dijital modellerin karşılaştırılmasında stabil referans bölgelerinin tanımlanması için yaptıkları çalışmalarında dört bölge tanımlamışlardır: (1) bilateral posterior dişlerin lingual yüzeyindeki alveolar çukurluklar (2) anterior ve posterior dişlerin lingual alveolar yüzeyleri (3) bilateral posterior dişlerin bukkal ve lingual

alveolar yüzeyleri (4) bilateral mandibular toruslar. Bu bölgelerin doğruluğunu test etmek için sefalometrik filmler üzerinde de ölçümler yapmışlardır. Sonuç olarak mandibular torusların çakıştırmada kullanılacak stabil noktalar olduğunu ancak dentisyona yakın bukkal ve alveolar yüzeylerin üç boyutlu alt çene modellerinin çakıştırılmasında referans olarak uygun olmadığını belirtmişlerdir.

de Oliveira Ruellas ve ark. (2016), alt çenede tedavi öncesi ve sonrası kayıtların CBCT üzerinde çakıştırılmasında ramus, kondil, alveolar kemik ve dişleri içermeyen alt çene gövdesinin üç boyutlu bölgesel çakıştırma için güvenilir bir referans olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmamızda T1, T2, T3 ve T4 safhalarında aynı bireyden elde ettiğimiz alçı modeller, T1-T2, T1-T3 ve T1-T4 safhalarında eşleştirilerek çakıştırılmıştır. Üst çene dijital modelleri literatürde önerildiği gibi palatal rugaların medial ve lateral kısımlarında belirlenen üç nokta üzerinden ‘en iyi eşleşme yöntemi’ ile çakıştırılmıştır. Alt çene dijital modellerinin çakıştırılmasında ise literatürde üst çenede olduğu gibi kesin referans noktaları ve yüzeyleri belirtilmemiş ve daha önce açıklanan sebeplerden ötürü ölçüm yöntemi olarak filmler tercih edilmemiştir. Bu nedenle alt çene dijital modelleri, kayıt alınan safhalar arasında tedaviden etkilenmeyeceği düşünülen tedaviye dahil edilmeyen alt sağ ve sol ikinci molar dişin mesial kontakt noktaları ile alt santral kesici dişlerin gingival kontakt noktaları olmak üzere belirlenen üç nokta üzerinden ‘en iyi eşleşme yöntemi’ ile çakıştırılmıştır.

Çakıştırılan modeller üzerinde kanin distalizasyon miktarı (mm), çekim boşluğu miktarı (mm), molar dişin çekim boşluğuna mezial hareketi (mm), kanin dişin distopalatal rotasyonu ($^{\circ}$) ve distale devrilme ($^{\circ}$) miktarları ölçülmüştür. Bu ölçümlerin yapılabilmesi için referans noktalar ve düzlemler belirlenmiştir.

Kanin distalizasyon miktarı veya hızının ölçülmesinde çeşitli yöntemler tanımlanmıştır. Literatürde kanin distalizasyonunu değerlendirmek için kaliper ile intraoral ölçüm yapan araştırmalar (Liou ve Huang 1998; Kumar ve ark., 2012; Koteswara Prasad ve ark., 2014), ortodontik çalışma modellerini kullanan araştırmalar (Deguchi ve ark., 2007; Shpack, ve ark., 2008; Kharkar ve ark.,2010; Khanna ve ark., 2014) olduğu gibi lateral sefalometrik radyografileri (Sayin ve ark., 2004) değerlendiren araştırmalar da vardır. Kharkar ve ark. (2010), kanin distalizasyon hızını değerlendirmek amacıyla çalışma modelleri üzerinde kanin dişin orta noktası ve birinci molar dişin mesial

kısmı arasındaki mesafeyi ölçmüşlerdir. Ancak molar dişlerde ankraj kaybı meydana gelebilmektedir. Palatinelde gömülü kalmış kaninlerin kortikotomi destekli cerrahi ile sürdürüldüğü bir araştırmada kanin diş sürdükten sonra ark içine yerleşene kadar olan süreçte hareketini değerlendirmek amacıyla tüberkül tepeleri arasındaki mesafe ölçülmüştür (Fischer, 2007). Aksakallı ve ark. (2015), piezoinsizyon tekniğinin etkilerini inceledikleri çalışmada kanin distalizasyonu ve molar mesializasyonu miktarını dişlerin çakıştırılmış modeller üzerindeki ilk ve son konumlarını işaretleyip aradaki mesafeyi ölçerek değerlendirmişlerdir. Çalışmamızda bu çalışmaya benzer şekilde kanin distalizasyonu hareket öncesi ve sonrasındaki tüberkül tepeleri arasındaki mesafe, molar dişin çekim boşluğuna mezial hareketi ise hareket öncesi ve sonrasındaki meziyopalatinal tüberkül tepeleri arasındaki mesafe kaydedilerek değerlendirilmiştir.

Paralel ve devrilme hareketi elde edilen mekaniklerin kanin distalizasyonu süresine ve ankraj üzerindeki etkilerinin kıyaslandığı bir çalışmada kanin dişin rotasyon miktarını belirlemede midpalatal suturdan geçen doğru ile kanin dişin mesial ve distal teğet noktalarından geçen doğru arasında kalan açıyı ölçmüşlerdir. (Shpack ve ark., 2008). Çalışmamızda aynı yöntem dijital modeller üzerinde uygulanarak kanin rotasyon açısı değerlendirilmiştir.

Antagonisti olmayan molar dişlerin vertikal konumu, rotasyonu ve devrilme miktarının değerlendirildiği bir çalışmada devrilme açısı, molar dişin uzun eksenini ve oklüzal düzlem ile arasında kalan açı olarak tanımlanmıştır (Kiliaridis ve ark., 2000). Wu ve ark. (2015), hızlandırılmış osteojenik ortodontik tedavi uyguladıkları sınıf III cerrahi hastalarında diş hareketini üç boyutlu olarak değerlendirmek amacıyla dijital ortodontik modelleri kullanmışlardır. Kanin diş hareketini değerlendirmek için kanin dişte bukkal, distal ve apikal yönlerinde üç doğru belirlemiştir. Çakıştırdıkları dijital modeller üzerinde bu doğrular arasındaki açıyı ölçmüş ve kanin dişin devrilme miktarını değerlendirmişlerdir. Dijital modeller üzerinde yapılan başka bir çalışmada devrilme açısını, oklüzal düzleme paralel olarak seçilen referans düzlemi ile dişin uzun eksenini arasındaki açı olarak tanımlamışlardır (Scuola ve ark., 2013). Bu çalışmalarla benzer şekilde çalışmamızda kanin dişlerin devrilme miktarının ölçülmesinde çakıştırılmış modeller üzerinde kanin dişlerin uzun eksenleri çizilmiş ve arada kalan açı kanin dişin devrilme miktarı olarak tanımlanmıştır.

5.4. Bulgular

5.4.1. Dijital Ortodontik Modellerde Yapılan Ölçümler

Kanın Distalizasyon Hızı

Kümülatif kanin distalizasyon hızı çalışma grubunda üst kanin dişler için birinci haftada 2,32 mm, ikinci haftada 5,44 mm, üçüncü haftada 6,99 mm; alt kanin dişleri için sırasıyla 1,58 mm, 3,35 mm ve 3,64 mm olarak gerçekleşmiştir. Çalışmamızdaki üst kanin distalizasyon hızı Liou ve Huang (1998) 'ın rapor ettikleri hareket miktarları ile uyumludur. Liou ve Huang (1998) üç hafta sonunda üst kanin dişi hareketini 6,5 mm, alt kanin dişi hareketini 6,6 mm bulmuştur. İki çalışma arasında alt kanin distalizasyon miktarındaki bu farklılık, çalışmamızda kanin distalizasyonunun kanin dişler sınıf I ilişkiye geldiği veya çapraşıklık çözüldüğü anda sonlandırılması yani alt arkta gereken kanin distalizasyon miktarının azalması ile açıklanabilir.

Seher ve ark. (2004), yaptıkları çalışmada üç hafta sonunda sefalometrik değerlendirmelerde üst kanin distalizasyon miktarını 5,76 mm, alt kanin distalizasyon miktarını 3,5 mm bulurken ortodontik model değerlendirmelerinde sırasıyla 6,03 mm ve 4,96 mm bulmuşlardır. İki ölçüm arasındaki farkı maksiller molar dişlerin mesial hareketi göz önüne alındığında ortodontik modellerde hata payı olması ile açıklamışlardır. Ancak ölçümleri alçı model üzerinde kaliper kullanarak yapmışlardır. Çalışmamızda üç boyutlu dijital ortodontik modeller en iyi eşleşme metodu ile karşılaştırılmıştır. İki model sabit referans noktalarından karşılaştırıldıktan sonra diş hareketi hızı değerlendirilmiştir. Bu durumda her diş hareketi bireysel olarak değerlendirilebileceğinden bu hata payı elimine edilmiştir.

Ma ve ark. (2008), periodontal ligament distraksiyonu tekniğini kullanarak yaptıkları çalışmada 25,6±4,7 günde, 5,56±1,32 mm kanin diş hareketiyle protokolü tamamlamışlardır. Sukurica ve ark. (2009), segmental alveolar distraksiyon osteogenezis tekniğini değerlendirdikleri çalışmalarında distraksiyon işlemi ortalama 14,65±3,49 günde tamamlanmıştır. Kumar ve ark. (2012), çalışmalarında yaklaşık 24 günde 6,42 mm üst kanin hareketi gözlemlemişlerdir. Kotesawara Prasad ve ark. (2014), ortalama üç haftalık süreçte 7,58 mm kanin retraksiyonu elde etmişlerdir.

Çalışmamızda kümülatif kanin distalizasyon hızı gruplar arası karşılaştırıldığında tüm aşamalarda çalışma grubunda kanin dişler kontrol grubuna çok

anlamli derecede hizli distalize olmuştur. Diş çekiminden sonra çekim boşluğu 3-4 hafta içinde tamir kemik dokusuyla dolmaya başlar ve yaklaşık 3 ayda bu doku dirençli ve sert bir yapı haline gelir (Shafer ve ark., 2006). Konvansiyonel mekanikler ile duraklama fazından sonra başlayan kanin distalizasyonu, kanin dişin distalindeki kemiğin rezorbsiyon süreci ile devam eder. Kanin distalizasyonunun devam ettiği süreçte çekim soketi sert kemikle dolmaya ve kanin distalizasyonu için direnç oluşturmaya başlar. Konvansiyonel mekaniklerle yapılan kanin retraksiyonunun uzun zaman alması bu durumla açıklanabilir.

Çekim Boşlukları

Kanin distalizasyonu/distraksiyonuna başlamadan hemen önce üst kanin dişin distalindeki çekim boşluklarının ölçüldüğü dönemde ortalama çekim boşluğu çalışma grubunda 6,97 mm ve kontrol grubunda 3,99 mm olarak saptandı. Her iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak çok çok anlamlıydı ($p=0,000$). Kontrol grubunda kanin dişlerinde, distalizasyon aşamasına kadar mümkün olduğunca az hareket meydana gelmesini istediğimizden dolayı çapraşıklık çözülene kadar uzun tel ligatürler ile pasif halde bırakılmıştır. Ayrıca başlangıç seviyeleme aşamasında ark dışında konumlanmış kesici dişler tedaviye dahil edilmemiştir. Yine de bu tedbirlere rağmen vestibulapozisyondaki kaninler ve kesici dişler bölgesindeki çapraşıklık seviyeleme ve sıralama aşamasında kontrol grubunda çekim boşluğunun azalmasına neden olmuştur.

Çalışma grubunda üst kanin distalizasyonu hızının oldukça hızlı olması nedeniyle çekim boşluğu daha hızlı azalarak T3 safhasında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamazken T4 safhasında gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak çok çok anlamlı derecede bulunmuştur. Çalışma grubunda T4 safhasında üst birinci premolar çekim boşluğu neredeyse kapanmıştır.

Alt çenedeki çekim boşluğu değerlendirildiğinde kanin distalizasyonu-distraksiyonuna başlamadan hemen önceki safhada ortalama çekim boşluğu çalışma grubunda 7,13 mm ve kontrol grubunda 4,72 mm olarak saptanmıştır. Gruplar arasında istatistiksel olarak çok çok anlamlı derecede fark bulunmuştur ($p=0,000$). Bu farklılık üst çenede olduğu gibi seviyeleme ve sıralama aşamasında kontrol grubunda çekim boşluğunun azalması ile ilişkilendirilebilir. Alt çene çekim boşluğunda T2 aşamasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmakla birlikte T3 ve T4 aşamalarında gruplar arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır. Bu durum alt çenedeki kanin

distalizasyonunun, üst çene kanin distalizasyonundan daha az ve yavaş olmasına bağlanabilir.

Literatüre bakıldığında özellikle kanin distalizasyon miktarının dolaylı olarak çekim boşluğunun azalması ile değerlendirildiği görülecektir. Yapılan çalışmalarda intraoral olarak kaliper yardımıyla çekim boşluğundaki değişim kaydedilerek kanin distalizasyon hızı değerlendirilmiştir (Liou ve Huang 1998; Sayin ve ark., 2004; Kumar ve ark., 2012; Koteswara Prasad ve ark., 2014). Çalışmamızda karşılaştırılan üç boyutlu modeller üzerinde kanin distalizasyonu direkt olarak kanin dişin ark üzerindeki hareketi üzerinden değerlendirilmiştir. Çekim boşluğunun değerlendirilmesindeki amaç kanin ve birinci molar dişlerin hareketi ile çekim boşluğunun azalması arasındaki uyumu tespit etmektir. Çalışmamızdaki verilerden elde edilen bulgulara göre çekim boşluğunun diş hareketlerine uyumlu bir şekilde kapandığı görülecektir.

Molar Dişin Çekim Boşluğuna Meziyal Hareketi

Çalışmamızda molar ankraj kaybı değerlendirildiğinde tüm safhalarda alt ve üst çenede çalışma ve kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Ortodontik kuvvet uygulanmasını takiben periodontal ligament aralığı kadar gerçekleşen ilk diş hareketinden sonra yaklaşık 2-3 hafta süren bir duraklama fazı görülür (Reitan, 1957; Pilon ve ark., 1996). Periodontal ligament distraksiyonu tekniğinde kanin distraksiyonu, birinci molar dişler duraklama fazında iken tamamlandığından ankraj kaybı görülmemektedir. 3 haftadan daha uzun süren kanin distalizasyonu tekniklerinde ankraj kaybı görülme ihtimali fazladır. Kontrol grubunda ankrajı korumak için ekstra önlemler alınarak mini vidalar ve ekspansif transpalatal arklar kullanılmıştır.

PLD grubunda üç hafta sonunda üst molar dişin çekim boşluğuna meziyal hareket miktarı 0,57 mm iken alt molar dişin hareket miktarı 0,38 mm olarak bulunmuştur. Liou ve Huang (1998), sefalometrik karşıtırmalarda birinci molar dişlerin %73' ü meziyale hareket etmemişken %27' si 0,5 mm' den daha az hareket etmiştir. Maksiller birinci molar dişlerin meziyal hareketi 0,1 mm, mandibular birinci molar dişlerin 0,2 mm olarak ölçülmüştür. Çalışmamızda birinci molar dişlerin meziyal hareketindeki artış ölçüm yönteminin farklı olması ile ilişkili olabilir.

Sayin ve ark. (2004), çalışma modellerini değerlendirdiklerinde üst birinci molar dişlerde 0,52 mm, alt birinci molar dişlerde 0,59 mm meziyal hareket olduğunu, Ma ve ark. (2008) ankraj dişlerde $0,76\pm 0,75$ mm meziyal hareket gözlemlendiğini bildirmişlerdir.

Kumar ve ark. (2009), üst birinci molar dişlerin mezial hareketini açısal olarak değerlendirmişler ve $6,1^\circ$ lik devrilme kaydetmişlerdir. Sukurica ve ark. (2009), birinci molar dişlerin aksiyal açılanmasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulamamışlardır. Mowafy ve Zaher (2012), yaptıkları çalışmalarında vida kullanılan grupta molar dişlerin mezial hareketinin $2,5\pm 0,9$ mm iken NiTi yayların kullanıldığı grupta molar dişlerin mezial hareketinin $2,8\pm 1,5$ mm olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada ankraj kaybındaki artış uzun distalizasyon süresine bağlı olabilir.

Kanın Dişin Distopalatinal Rotasyonu

Kanın distalizasyonu sırasında kanın dişin ark üzerindeki hareketi sırasında distopalatinal rotasyona uğramaları beklenen bir sonuçtur. Çalışmamızda distalizasyon sonunda üst kanın dişlerin gösterdikleri rotasyon PLD grubunda $20,8^\circ$ iken CONT grubunda $6,22^\circ$; alt kanın dişlerin rotasyonu ise PLD grubunda $10,17^\circ$ iken CONT grubunda $5,74^\circ$ olarak ölçülmüştür. Çalışma grubunda kanın dişlerin distalizasyon sonunda gösterdikleri distopalatinal rotasyon miktarı ortalaması, kontrol grubundan çok çok anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. PLD grubunda meydana gelen rotasyonun daha fazla olması, interdental septumda yapılan cerrahi işlem nedeniyle kanın dişine gösterilen kemik direncinin azalması ile ilişkili olabilir.

Shpack ve ark. (2008), yaptıkları çalışmada devrilme mekaniklerinin kullanıldığı grupta kanın distalizasyonu sırasında 15° ; paralel mekaniklerin kullanıldığı grupta ise 18° distopalatinal rotasyon meydana geldiğini bildirmişlerdir. Kumar ve ark. (2012), yaptıkları klinik araştırmada maksiller kanın dişlerin $7,8^\circ$ meziyobukkal rotasyona uğradıklarını belirtmişlerdir. Piezoinsizyonun ortodontik kanın distalizasyonu hızına olan etkisinin araştırıldığı bir çalışmada piezoinsizyon yapılan dişlerde ortalama $8,94^\circ\pm 4,11$ distopalatinal rotasyon kaydedilirken kontrol grubunda $7,16^\circ\pm 4,47$ olarak belirtilmiş ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (Oktay Gün, 2014). Dental distraksiyon yapılan bir çalışmada maksiller kanın dişlerin ortalama $13,5^\circ\pm 3,54^\circ$, istatistiksel olarak oldukça önemli derecede, distopalatinal rotasyon yaptığı kaydedilmiştir (Koteswara Prasad ve ark., 2014). Araştırmacılar bu rotasyonu tamamen bukkal yüzeylerden uygulanan ve kanın dişin direnç merkezine uzak olan distraksiyon kuvvetine bağlamışlardır.

Kanin Dişinin Distale Devrilme Miktarı (Tipping)

PLD grubunda distraksiyon sonunda üst kanin dişte $8,4^\circ$, alt kanin dişte 6° distale devrilme hareketi meydana gelmiştir. Liou ve Huang (1998) yaptıkları çalışmada kanin dişlerin çoğunlukla paralel hareket ettiğini ancak bazı kanin dişlerin distraksiyondan sonra hafifçe devrildiklerini belirtmişler ancak açısal değer vermemişlerdir. Sayın ve ark. (2004) üst kanin dişlerde $11,47^\circ$, alt kanin dişlerde $7,16^\circ$ distale açısal değişim olduğunu, Ma ve ark. (2008) üst kanin dişlerin $12,2^\circ$ devrildiğini, Kumar ve ark. (2009) kanin dişlerde $15,33^\circ$ distale devrilme hareketi gerçekleştiğini belirtirken Sukurica ve ark. (2009) $9,1^\circ$ distal devrilme hareketi gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda literatürden farklı olarak kanin dişlerde daha az devrilme hareketi meydana geldiği görülmektedir. Bu durum ölçümde kullanılan materyal ve yöntemin farklı olmasına bağlanabilir. Yapılan çalışmalara bakıldığında birçoğunda kanin dişin devrilme hareketinin ölçülmesinde sefalometrik ve panoramik filmlerin kullanıldığı görülmektedir. Daha öncede açıklanan sebeplerden ötürü çalışmamızda üç boyutlu dijital modeller kullanılmıştır.

Mowafy ve Zaher (2012), split mouth şeklinde 30 hasta üzerinde yaptıkları randomize klinik çalışmada vida kullanılan tarafta kanin dişin distale devrilme miktarını $10,5^\circ \pm 3,1^\circ$ iken yay kullanılan tarafta $0,27^\circ \pm 1,75^\circ$ bulmuşlardır. Mowafy ve Zaher (2012), iki grup arasındaki bu farkı kesik kesik uygulanan kuvvetlerin kanin dişin hızlı bir şekilde devrilmesine neden olması ve devamlı olarak uygulanan kuvvetlerin kanin dişin yavaş gövdesel retraksiyonunu sağlamasından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Çalışmamızda PLD grubunda distraksiyon sonunda üst kanin dişin devrilme miktarı $8,4^\circ$ iken CONT grubunda distalizasyon sonunda $4,2^\circ$ bulunmuştur. Her iki grup arasında istatistiksel olarak çok çok anlamlı derecede fark vardır ($p=0,000$). Üst kanin dişlerde iki grup arasındaki fark uygulanan kuvvetin süresi ile ilişkilendirilebilir. Distraksiyon grubunda vidanın etkisiyle kesik uygulanan kuvvetler Mowafy ve Zaher (2012)'in çalışmalarında olduğu gibi devrilme hareketinin daha belirgin olmasına neden olabilir. Alt kanin dişler için devrilme miktarı PLD grubunda $6,0^\circ$, CONT grubunda $4,9^\circ$ ölçülmüştür. Her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p=0,362$). Alt çenede gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmayışı alt kanin dişlerde elde edilen distalizasyon miktarının az olması dolayısıyla devrilme miktarındaki farkın azalması ile ilişkilendirilebilir.

5.4.2. Periodontal İndeks Ölçümleri

Sabit ortodontik tedavilerin plak için tutucu alanlar oluşturduğu dil ve dudakların dişler üzerindeki temizleyici etkisini zorlaştırdığı bilinmektedir. Sabit ortodontik tedavilerin periodontal sağlık üzerindeki olumsuz etkilerini bildiren çalışmalar (Mitchell, 1992; Lau ve Wong 2006; Babacan ve ark., 2011) olduğu gibi hastaların oral hijyen motivasyonundaki artışa bağlı sabit ortodontik aygıtların uygulanmasından hemen sonra alınan plak indeksinde azalma olduğunu belirten yayınlar (Zachrisson ve Zachrisson 1972; Pellegrini ve ark., 2009) da mevcuttur.

Sabit ortodontik tedavilerin ağız kokusu, gingival ve plak indeksi üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada sabit apareylerin uygulamasından bir hafta sonra ağız kokusu, gingival ve plak indeks değerlerinde artışın olduğu, dört hafta sonra ise plak ve gingival indeks değerlerinin sabit kaldığı ancak ağız kokusundaki artışın devam ettiği bildirilmiştir (Babacan ve ark., 2011).

Ortodontik tedavi ile çekim boşluğuna hareket ettirilen dişlerin hareket yönünde cep derinliğinde artış olabileceği bildirilmektedir (Årtun ve Osterberg, 1987).

Sukurica ve ark. (2009) segmental alveolar distraksiyon osteogenezisi ile yapılan hızlı kanin distalizasyonunun etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında distraksiyon başı ve altı ay sonrasında yaptıkları periodontal ölçümler neticesinde sadece cep derinliği değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir. Cep derinliğindeki bu artışı kanin dişlerdeki bant kullanımı ile ilişkilendirmişlerdir.

Kurt (2005), dentoalveolar distraksiyonu değerlendirdiği çalışmasında distraksiyondan önce, hemen sonra ve distraksiyondan 1, 3 ve 6 ay sonra periodontal indeks ölçümlerini yapmıştır. Distraksiyon grubunda en yüksek PI ve GI değerlerini distraksiyondan hemen sonra ve 1. ayda olduğunu belirtmiştir. Bu durumu hastaların oral hijyenlerini distraksiyon aygıtı nedeniyle efektif bir şekilde gerçekleştirememelerine bağlamıştır. Distalizasyon grubunda ise PI değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir fark kaydetmezken GI değerlerinde 6. ayda istatistiksel olarak önemli fark olduğunu saptamıştır. Distraksiyon sonunda kanin dişin mezial, bukkal ve distal cep derinliklerinde istatistiksel olarak çok çok anlamlı derecede artış meydana geldiğini bildirmiştir. Bu artışın operasyon ve distraksiyon aygıtının ağız hijyenini olumsuz yönde etkilemesinden kaynaklandığını savunmuştur. Distraksiyon grubu ile distalizasyon grubunu CD açısından distalizasyon öncesi ve 6. ayda kıyasladığında istatistiksel olarak önemli bir fark bulamamıştır.

Yaptığımız çalışmada grup içi değerlendirmelerde elde ettiğimiz bulgulara göre PLD grubunda T0, T1 ve T4 safhaları arasında plak indeksi (PI) ve gingival indeks (GI) açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Ancak cep derinliği (CD) açısından kanin distraksiyonu başlangıcında ve sonunda elde edilen veriler arasında çok çok anlamlı farklar kaydedilmiştir. Kanin distraksiyonu başlangıcı ve sonu arasındaki üç haftalık süreç, kanin dişin mesialinde kalan distraksiyon bölgesinde sert kemik formasyonu için yeterli bir süreç değildir. Cep derinliğindeki artış bu bölgede meydana gelen artış ile açıklanabilir. CONT grubunda ise bu safhalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar görülmemiştir.

Çalışmamızda elde ettiğimiz veriler gruplar arasında karşılaştırıldığında kanin distalizasyonu sonunda PI'nde her iki grupta da hafif bir artış görülmekle birlikte tüm safhalar değerlendirildiğinde PI ve GI açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p > 0.05$) bir fark bulunamamıştır. Hastalar her kontrol seansında ağız hijyeni açısından değerlendirilerek ağız hijyeni bozulan bireylere yeniden eğitim verilmiş, daha dikkatli ve özenli olmaları konusunda uyarılmışlardır. Gruplar arasında tedavi başlangıcı ve kanin distalizasyon sonu aşamasında ağız hijyeninde belirgin bir bozulma olmaması hastaların dikkatli bir şekilde takip edilmesine bağlanabilir.

Yaptığımız çalışmada cep derinliği değerlendirildiğinde T0 ve T1 safhalarında PLD ve CONT grupları arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmazken T4 safhasında PLD grubunda cep derinliğindeki artışa bağlı gruplar arasında anlamlı bir farklılık meydana gelmiştir. PLD grubunda cep derinliğindeki artışın kanin distraksiyonu için yapılan cerrahi ve hızlı kanin distalizasyonu nedeniyle kanin dişin mesialindeki cep derinliğindeki artışa bağlı olduğu düşünülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Minimal invaziv bir yöntem olan periodontal ligament distraksiyonu ile yapılan kanin distalizasyonunun, diş hareketi hızını hem alt hem üst çenede hızlandırdığı görülmüştür.

2. Kanin distalizasyon hızındaki artış üst çenede alt çeneye göre daha fazla olmuştur.

3. Molar ankraj kaybı açısından alt ve üst çenede çalışma ve kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Ancak kontrol grubunda ankrajı korumak için ekstra önlemler alınarak mini vidalar ve ekspansif transpalatal arklar kullanılmıştır.

4. Çalışma grubunda kanin dişlerin distalizasyon sonunda gösterdikleri distopalatal rotasyon, kontrol grubundan çok çok anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. PLD grubunda meydana gelen rotasyonun daha fazla olması, interdental septumda yapılan cerrahi işlem nedeniyle kanin dişine gösterilen kemik direncinin azalması ile ilişkilendirilmiştir.

5. Çalışmamızda literatürden farklı olarak kanin dişlerde daha az devrilme hareketi meydana geldiği görülmüştür.

6. Periodontal ligament distraksiyonu tekniğinin periodontal etkileri incelendiğinde plak indeksi ve gingival indeks açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Kanin distalizasyonu sonunda cep derinliği verilerinde ise gruplar arasında anlamlı bir farklılık meydana gelmiştir. Cep derinliğindeki artışın interdental septumda yapılan cerrahi işlemin bir sonucu olarak geçici bir süre için meydana geldiği düşünülmektedir.

7. Cerrahi yöntemler arasında mikroinvaziv sayılabilecek bir yöntem olan periodontal ligament distraksiyonu tekniğinde yumuşak doku fleplerine, kemik greftlerine ve dikiş atmaya gerek duyulmaksızın cerrahi işlem diş çekimi ile aynı günde ve tek seansta uygulanabilir olması nedeniyle literatürdeki klasik kortikotomi işlemlerine alternatif bir yöntemdir.

Bu çalışmanın sonucunda şu önerilerde bulunulabilir:

1. Hastalar tarafından daha kolay tolere edilebilecek daha küçük distraktörler geliştirilebilir.

2. Periodontal ligament distraksiyonu tekniği ile kanin distalizasyonu yapılan vakalarda kısa dönemde herhangi bir komplikasyonla karşılaşılmamıştır. Ancak distrakte edilen dişlerin periodontal sağlığını ve yeni oluşan kemiğin maturasyonunu değerlendirmek, kısacası yöntemin uzun dönem etkilerini daha iyi anlayabilmek için uzun dönem takip çalışmalarına ihtiyaç vardır.



KAYNAKLAR

- Akın E, Gurton AU, Ölmez H. Effects of nitric oxide in orthodontic tooth movement in rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;126(5): 608-614.
- Aksakalli S, Çalık B, Kara B, Ezirganlı Ş. Accelerated tooth movement with piezocision and its periodontal-transversal effects in patients with Class II malocclusion. *The Angle Orthod* 2015;86(1): 59-65.
- Aldegheri R, Trivella G, Lavini F. Epiphyseal Distraction Chondrodiatasis. *Clin Orthop Relat Res* 1989;241: 117-127.
- Aldegheri R, Renzi-Brivio L, Agostini S. The callotasis method of limb lengthening. *Clin Orthop Relat Res* 1989;241: 137-145.
- Alikhani M, Raptis M, Zoldan B, Sangsuwon C, Lee YB, Alyami B, Corpodan C, Barrera LM, Alansari S, Khoo E, Teixeira C. Effect of micro-osteoperforations on the rate of tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;144(5):639-648.
- Alikhani M, Alansari S, Sangsuwon C, Alikhani M, Chou, MY, Alyami B, Nervina JM, Teixeira C. Micro-osteoperforations: Minimally invasive accelerated tooth movement. *Semin Orthod* 2015;21(3):162–169.
- Allgayer S, Rosenbach G, Tavares CA, Polido WD. Periodontal ligament distraction: esthetics and occlusal stability at the 2-year follow-up. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;143:535-546.
- Almeida MA, Phillips C, Kula K, Tulloch C. Stability of the palatal rugae as landmarks for analysis of dental casts. *Angle Orthod* 1995;65(1):43-48.
- An K, Jang I, Choi DS, Jost-Brinkmann PG, Cha BK. Identification of a stable reference area for superimposing mandibular digital models. *J Orofac Orthop / Fortschr Kieferorthop* 2015;76(6): 508-519.
- Andreasen GF, Zwanziger D. A clinical evaluation of the differential force concept as applied to the edgewise bracket. *Am J Orthod* 1980;78(1): 25-40.
- Annino DJ, Goguen LA, Karmody CS. Distraction osteogenesis for reconstruction of mandibular symphyseal defects. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*;120(9): 911-916.
- Aricı S. A Laminate Base for Orthodontic Ceramic Brackets. Thesis of Doctor of Philosophy, University of Sheffield, England, 1996.
- Årtun J, Osterberg SK. Periodontal Status of Teeth Facing Extraction Sites Long-Term after Orthodontic Treatment. *J Periodontol* 1987;58(1): 24-29.

- Babacan H, Sokucu O, Marakoğlu İ, Özdemir H, Nalcacı R. Effect of fixed appliances on oral malodor. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139(3): 351-355.
- Bae SM, Park HS, Kyung HM, Kwon OW, Sung JH. Clinical application of micro-implant anchorage. *J Clin Orthod* 2002;36(5): 298.
- Barlow M, Kula K. Factors influencing efficiency of sliding mechanics to close extraction space: a systematic review. *Orthod Craniofac Res* 2008;11(2): 65-73.
- Bazakidou E, Nanda RS, Duncanson MG, Sinha P. Evaluation of frictional resistance in esthetic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112(2): 138-144.
- Bengi AO, Karacay S, Akin E, Olmez H, Okçu KM, Mermut S. Use of zygomatic anchors during rapid canine distalization: a preliminary case report. *Angle Orthod* 2006;76(1): 137-147.
- Bilodeau JE. Nonsurgical treatment with rapid mandibular canine retraction via periodontal ligament distraction in an adult with a Class III malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128(3): 388-396.
- Boester CH, Johnston LE. A clinical investigation of the concepts of differential and optimal force in canine retraction. *Angle Orthod* 1974;44(2): 113-119.
- Boyce BF, Xing L. Functions of RANKL/RANK/OPG in bone modeling and remodeling. *Arch Biochem Biophys* 2008;473(2): 139-146.
- Brin I, Ben-Bassat Y, Heling I, Engelberg A. The influence of orthodontic treatment on previously traumatized permanent incisors. *Eur J Orthod* 1991;13(5): 372-377.
- Brown DF, Moerenhout RG. The pain experience and psychological adjustment to orthodontic treatment of preadolescents, adolescents, and adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991;100(4): 349-356.
- 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): 265-274.
- Burstone C, Pryputniewicz RJ, Bowley WW. Holographic measurement of tooth mobility in three dimensions. *J Periodontal Res* 1978;13(4): 283-294.
- Buschang PH, Campbell PM, Ruso S. Accelerating tooth movement with corticotomies: is it possible and desirable? *Semin Orthod* 2012;18(4):286-294.
- Caniklioğlu MC, Kırılıç Y, Olgaç V. Lokal paratiroid hormon uygulamasinin ortodontik dis hareketi üzerine olan etkisinin incelenmesi. *Turk Ortodonti Derg* 1999;12(1): 11-17.

- Cha BK, Lee JY, Jost-Brinkmann PG, Yoshida N. Analysis of tooth movement in extraction cases using three-dimensional reverse engineering technology. *Eur J Orthod* 2007;29(4): 325-331.
- Chan E, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: Part 5. Volumetric analysis of root resorption craters after application of light and heavy orthodontic forces. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;127(2): 186-195.
- Chen SS-H, Greenlee GM, Kim JE, Smith CL, Huang GJ. Systematic review of self-ligating brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137(6): 721-726.
- Chen X, Li N, Liu J, Chen J, Liu H. Expression of collagen I, collagen III and MMP-1 on the tension side of distracted tooth using periodontal ligament distraction osteogenesis in beagle dogs. *Arch Oral Biol* 2014;59(11): 1217-1225.
- Cho KW, Cho SW, Oh CO, Ryu YK, Ohshima H, Jung HS. The effect of cortical activation on orthodontic tooth movement. *Oral Dis* 2007;13(3): 314-319.
- Chong DR, Jang YJ, Chun YS, Jung SH, Lee SK. The evaluation of rotational movements of maxillary posterior teeth using three dimensional images in cases of extraction of maxillary first premolar. *Korean J Orthod* 2005;35(6): 451-458.
- Codivilla A. On the means of lengthening, in the lower limbs, the muscles and tissues which are shortened through deformity. *J Bone Joint Surg* 1905;2(4): 353-369.
- Cope JB, Samchukov ML. Regenerate bone formation and remodeling during mandibular osteodistraction. *Angle Orthod* 2000;70(2): 99-111.
- Cope JB, Samchukov ML, Cherkashin AM. Mandibular distraction osteogenesis: a historic perspective and future directions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;115(4): 448-460.
- Damon DH. The Damon low-friction bracket: A biologically compatible straight-wire system. *J Clin Orthod* 1998;32(11):670-680.
- Darendeliler MA, Zea A, Shen G, Zoellner 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): 282-287.
- Davidovitch Z. Tooth movement. *Crit Rev Oral Biol Med* 1991;2(4): 411-450.
- Davidovitch Z, Montgomery PC, Eckerdal O, Gustafson GT. Cellular localization of cyclic AMP in periodontal tissues during experimental tooth movement in cats. *Calcif Tissue Res* 1975;19(1): 317-329.
- Davidovich Z, Finkelson M, Steigman S, Shanfeld J, Monrgomery P, Korostoff E. Electric currents, bone remodelling and orthodontic tooth movement: II. The effects

- of electric current on periodontal cyclic nucleotides. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1980;77(1):33-47.
- de Oliveira Ruellas AC, Yatabe MS, Souki BQ, Benavides E, Nguyen T, Luiz RR, Franchi Lorenzo, Cevidanes LHS. 3D mandibular superimposition: comparison of regions of reference for voxel-based registration. *PLoS One* 2016;11(6): e0157625.
- Deguchi T, Imai M, Sugawara Y, Ando R, Kushima K, Takano-Yamamoto T. Clinical evaluation of a low-friction attachment device during canine retraction. *Angle Orthod* 2007;77(6):968-972.
- Deguchi T, Takano-Yamamoto T, Kanomi R, Hartsfield JK Jr, Roberts WE, Garetto LP. The use of small titanium screws for orthodontic anchorage. *J Dent Res* 2003;82(5):377-381.
- Dibart S, David Sebaoun J, Surmenian J. Piezocision: a minimally invasive, periodontally accelerated orthodontic tooth movement procedure. *Compend Contin Educ Dent* 2009;30(6): 342-350.
- 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.
- El-Bialy T, El-Shamy I, Graber TM. Repair of orthodontically induced root resorption by ultrasound in humans. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;126(2): 186-193.
- Emata T. The mechanical response of the periodontal structure in the maxillary lateral incisor of the macaca fuscata yakui, loading by a vibrating force. *J Oral Biol Sci*, 1979;21:571-585.
- Epker B, Frost H. Correlation of bone resorption and formation with the physical behavior of loaded bone. *J Dent Res* 1965;44(1): 33-41.
- Eugene Roberts W, Chase DC. Kinetics of cell proliferation and migration associated with orthodontically-induced osteogenesis. *J Dent Res* 1981;60(2): 174-181.
- Feller L, Khammissa R.A, Schechter I, Moodley A, Thomadakis G, Lemmer J, Periodontal Biological Events Associated with Orthodontic Tooth Movement: The Biomechanics of the Cytoskeleton and the Extracellular Matrix. *ScientificWorldJournal* 2015: 894123.
- Ferrario VF, Sforza C, Colombo A, Ciusa V, Serrao G. Three-Dimensional inclination of the dental axes in healthy permanent dentitions-a cross-sectional study in a normal population. *Angle Orthod* 2001;71(4): 257-264.
- Fiorellini JP. Osseous response following resective therapy with piezosurgery. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25:543-549.

- Fischer T. Orthodontic treatment acceleration with corticotomy-assisted exposure of palatally impacted canines: a preliminary study. *Angle Orthod* 2007;77(3): 417-420.
- Fortini A, Cacciafesta V, Sfondrini MF, Cambi S, Lupoli M. Clinical applications and efficiency of miniscrews for extradental anchorage. *Orthodontics* 2004;1(2):1-11
- Frost HM. The regional acceleratory phenomenon: a review. *Henry Ford Hosp Med J* 1983;31(1): 3.
- Frost HM. The biology of fracture healing: an overview for clinicians. Part I. *Clin Orthop Relat Res* 1989;248: 283-293.
- Frost HM. The mechanostat: a proposed pathogenetic mechanism of osteoporoses and the bone mass effects of mechanical and nonmechanical agents. *Bone Miner* 1987;2: 73-85.
- Frost HM. Wolff's Law and bone's structural adaptations to mechanical usage: an overview for clinicians. *Angle Orthod* 1994;64(3):175-188
- Genç G. Düşük Doz Lazer Uygulamalarının Ortodontik Diş Hareketi Üzerine Etkilerinin İncelenmesi Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Doktora Tezi, 2010;1-108.
- Goldie RS, King GJ. Root resorption and tooth movement in orthodontically treated, calcium-deficient, and lactating rats. *Am J Orthod* 1984;85(5): 424-430.
- Graber TM, Vanarsdall RL, Vig KWL. *Orthodontics: current principles and techniques*. 4th edition, Elsevier Health Sciences. 2011
- Grauer D, Proffit WR. Accuracy in tooth positioning with a fully customized lingual orthodontic appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;140(3): 433-443.
- Harradine NWT. The history and development of self-ligating brackets. *Semin Orthod* 2008;14(1):5-18.
- Harry M, Sims M. Root resorption in bicuspid intrusion: a scanning electron microscope study. *Angle Orthod* 1982;52(3): 235-258.
- Hashimoto F, Kobayashi Y, Matakı 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): 535-546.
- Hayashi K, Araki Y, Uechi J, Ohno H, Mizoguchi I. A novel method for the three-dimensional (3-D) analysis of orthodontic tooth movement—calculation of rotation about and translation along the finite helical axis. *J biomech* 2002;35(1): 45-51.

- Higuchi KW, Slack JM. The use of titanium fixtures for intraoral anchorage to facilitate orthodontic tooth movement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;6(3).
- Ilizarov GA. The principles of the Ilizarov method. *Bull Hosp Jt Dis Orthop Inst* 1987;48(1): 1-11.
- Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues: Part I. The influence of stability of fixation and soft-tissue preservation. *Clin Orthop Relat Res* 1989;238: 249-281.
- Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues: Part II. The influence of the rate and frequency of distraction. *Clin Orthop Relat Res* 1989;239: 263-285.
- Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues: Part II. The influence of the rate and frequency of distraction. *Clin Orthop Relat Res* 1989;239: 263-285.
- Ilizarov GA, The course of compact bone reparative regeneration in distraction osteosynthesis under different conditions of bone fragment fixation (experimental study). *Eksp Khir Anesteziol* 1968;14(6): 3-12.
- Irianov Y. Spatial organization of a microcirculatory bed in distraction bone regenerates. *Genij Ortopedii* 1996;1:14-18.
- Iwasaki LR, Haack JE, Nickel JC, Morton J. Human tooth movement in response to continuous stress of low magnitude. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;117(2): 175-183.
- İşeri H, Kişnişi R, Bzizi N, Tüz H. Rapid canine retraction and orthodontic treatment with dentoalveolar distraction osteogenesis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop orthopedics* 2005;127(5): 533-541.
- Jang I, Tanaka M, Koga Y, Iijima S, Yozgatian JH, Cha BK, Yoshida N. A novel method for the assessment of three-dimensional tooth movement during orthodontic treatment." *Angle Orthod* 2009;79(3): 447-453.
- Kale S, Kocadereli I, Atilla P, Aşan E. Comparison of the effects of 1,25 dihydroxycholecalciferol and prostaglandin E2 on orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;125(5):607–614.
- Kalia S, Melsen B, Verna C. Tissue reaction to orthodontic tooth movement in acute and chronic corticosteroid treatment. *Orthod Craniofac Res* 2004;7(1): 26-34.
- Kanzaki H, Chiba M, Arai K, Takahashi I, Haruyama N, Nishimura M, Mitani H. Local RANKL gene transfer to the periodontal tissue accelerates orthodontic tooth movement. *Gene Therapy* 2006;13(8):678–685.

- Kapur R, Sinha PK, Nanda RS. Comparison of frictional resistance in titanium and stainless steel brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;116(3):271-274.
- Karant H, Shetty K. Orthodontic tooth movement and bioelectricity. *Indian J Dent Res* 2000;12(4): 212-221.
- 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):282–291.
- Keith O, Jones SP, Davies EH. The influence of bracket material, ligation force and wear on frictional resistance of orthodontic brackets. *Br J Orthod* 1993;20(2):109-115.
- Kennedy DB, Joondeph DR, Osterberg SK, Little RM. The effect of extraction and orthodontic treatment on dentoalveolar support. *Am J Orthod* 1983;84(3): 183-190.
- Khambay BS, Nebel JC, Bowman J, Ayoub AF, Walker F, Hadley D. A pilot study: 3D stereo photogrammetric image superimposition on to 3D CT scan images—the future of orthognathic surgery. *Int J Adult Orthod Orthog Surg* 2002;17: 244-252.
- Khanna R, Tikku T, Sachan K, Maurya RP, Verma G, Ojha V. Evaluation of canine retraction following periodontal distraction using NiTi coil spring and implants - A clinical study. *J Oral Biol Craniofac Res* 2014;4(3): 192-199.
- Kharkar VR, Kotrashetti SM. 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): 1074-1079.
- Kiliaridis S, Lyka I, Friede H, Carlsson GE, Ahlqwist M. Vertical position, rotation, and tipping of molars without antagonists. *Int J Prosthodont* 2000;13(6).
- Kim S, Park Y, Kang S. Effects of corticision on paradental remodeling in orthodontic tooth movement. *Angle Orthod* 2009;79(2): 284-291.
- Kişnişci RŞ, İşeri H, Tüz HH, Altug AT. Dentoalveolar distraction osteogenesis for rapid orthodontic canine retraction. *J Maxillofac Oral Surg* 2002;60(4):389-394.
- Kobayashi Y, Takagi H, Sakai H, Hashimoto F, Matak S, Kobayashi K, Kato Y. Effects of local administration of osteocalcin on experimental tooth movement. *Angle Orthod* 1998;68(3): 259-266.
- Koteswara Prasad NK, Chitharanjan A, Kailasam V. Rapid maxillary canine retraction by dental distraction: A clinical study. *Natl J Maxillofac Surg* 2014;5(1): 6-13.
- Köle H. Surgical operations on the alveolar ridge to correct occlusal abnormalities. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 1959;12(5): 515-529.

- Krishnan V, Davidovitch Z. Cellular, molecular, and tissue-level reactions to orthodontic force. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;(4): 469. e461-469. e432.
- Kumar KV, Umashankar K, Kumar DP, Kumar DP. Evaluation of canine retraction through distraction of the periodontal ligament: a clinical study. *J Contemp Dent Pract* 2012;13(6): 799-805.
- Kumar PS, Saxena R, Patil S, Keluskar KM, Nagaraj K, Kotrashetti SM. Clinical investigation of periodontal ligament distraction osteogenesis for rapid orthodontic canine retraction. *Aust Orthod J* 2009;25(2): 147-152.
- Kurt G. Distraksiyon osteogenezi yöntemi ile uygulanan hızlı kanin distalizasyonu tekniğinin dentofasiyal yapılar üzerindeki etkilerinin incelenmesi. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Doktora Tezi, 2005;76.
- Lau PYW, Wong RWK. Risks and complications in orthodontic treatment. *Hong Kong Dental Journal* 2006;3(1): 15-22.
- Liou EJ, Huang CS. Rapid canine retraction through distraction of the periodontal ligament. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;114(4):372-382.
- Liou EJW, Figueroa AA, Polley JW. Rapid orthodontic tooth movement into newly distracted bone after mandibular distraction osteogenesis in a canine model. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;117(4): 391-398.
- Ljunghall S, Lindh E. Assessment of bone turnover with biochemical markers. *J Int Med* 1989; 225(4): 219-220.
- 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):336-345.
- Löe H, Silness J. Periodontal disease in pregnancy I. Prevalence and severity. *Acta Odontol Scand* 1963;21(6):533-551.
- Lv T, Kang N, Wang C, Han X, Chen Y, Bai D. Biologic response of rapid tooth movement with periodontal ligament distraction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136(3): 401-411.
- Ma W, Dong FS, Ren GY, Feng LX, Hou Y. Rapid canine distalization through distraction of the periodontal ligament after reducing interseptal bone resistance. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi* 2008;43(9): 546-550.
- Marotti G. The structure of bone tissues and the cellular control of their deposition. *Ital J Anat Embryol* 1996;101(4): 25.
- Masella RS, Chung PL. Thinking beyond the wire: emerging biologic relationships in orthodontics and periodontology. *Semin Orthod* 2008;14:290-304.

- Massler M, Malone AJ. Root resorption in human permanent teeth: a roentgenographic study. *Am J Orthod* 1954;40(8): 619-633.
- McCarthy JG, Grayson B, Williams JK, Turk A. Lengthening the human mandible by gradual distraction. *Plast Reconstr Surg* 1992;89(1): 1
- McCarthy JG, Schreiber J, Karp N, Thorne CH, Grayson BH. Distraction of the mandible. In: McCarthy JG. *Distraction of the craniofacial skeleton*, Springer: 1999;80-203.
- McNamara JA, Samchukov M, Trotman CA, Ferrara A. *Distraction osteogenesis and tissue engineering*, Needham Pr. 1998
- Meikle MC. The tissue, cellular and molecular regulation of orthodontic tooth movement : 100 years after Carl Sandstedt. *Eur J Orthod* 2006;28(3):221–240.
- Melsen B. Tissue reaction to orthodontic tooth movement--a new paradigm. *Eur J Orthod* 2001;23(6): 671-681.
- Melsen B. Mini-implants: where are we? *J Clin Orthod* 2005;39(9): 539.
- Milne TJ, Ichim I, Patel B, McNaughton A, Meikle MC. Induction of osteopenia during experimental tooth movement in the rat: alveolar bone remodelling and the mechanostat theory. *Eur J Orthod* 2009;31(3): 221-231.
- Mitchell L. Decalcification during orthodontic treatment with fixed appliances--an overview. *Br J Orthod* 1992;19(3): 199.
- Miura F. Effect of orthodontic force on blood circulation in periodontal membrane. *Transactions of the Third International Orthodontic Congress*, Crosby Lockwood Staples London. 1975
- Mostafa YA, Weeks-Dybvig M, Osdoby P. Orchestration of tooth movement. *Am J Orthod* 1983;83(3): 245-250.
- Mowafy MI, Zaher AR. Anchorage loss during canine retraction using intermittent versus continuous force distractions; a split mouth randomized clinical trial. *Prog Orthod* 2012;13(2): 117-125.
- Nair A, Kumar JP, Venkataramana V, Yuvaraj A, Reddy VS, Kumar S. Kishore Dento-Alveolar distraction osteogenesis using rigid intra-oral tooth borne distraction device. *J Int Oral Health* 2014;6(2): 106.
- Newman MG, Takei H, Klokkevold PR, Carranza FA. *Carranza's clinical periodontology*. 11th. Ed., Los Angeles, California, USA, Elsevier health sciences. 2011; 28-32.
- Nikolai RJ. On optimum orthodontic force theory as applied to canine retraction. *Am J Orthod* 1975;68(3): 290-302.

- Nikolai, R. J. (1985). *Bioengineering: Analysis of Orthodontic Mechanics*, Lea & Febiger.
- Nimeri G, Kau CH, Abou-kheir NS, Corona R. Acceleration of tooth movement during orthodontic treatment - a frontier in Orthodontics. *Prog Orthod* 2013;14(42):1-8.
- Nishijima Y, Yamaguchi M, Kojima T, Aihara N, Nakajima R, Kasai K. Levels of RANKL and OPG in gingival crevicular fluid during orthodontic tooth movement and effect of compression force on releases from periodontal ligament cells in vitro *Orthod Craniofac Res* 2006;9(2): 63-70.
- Nishimura M, Chiba M, Ohashi T, Sato M, Shimizu Y, Igarashi K, Mitani H. Periodontal tissue activation by vibration: Intermittent stimulation by resonance vibration accelerates experimental tooth movement in rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133(4):572-583.
- Oktay Gün I. Piezoinisizyon'un ortodontik kanin distalizasyonu hızına olan etkisinin incelenmesi. Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Doktora Tezi, 2014.
- Ong CK, Walsh LJ, Harbrow D, Taverne AA, Symons AL. Orthodontic tooth movement in the prednisolone-treated rat. *Angle Orthod* 2000;70(2):118-125.
- Ong E, McCallum H, Griffin MP, Ho C. Efficiency of self-ligating vs conventionally ligated brackets during initial alignment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138(2): 131-138
- Ozawa Y, Shimizu N, Kariya G, Abiko Y. Low-energy laser irradiation stimulates bone nodule formation at early stages of cell culture in rat calvarial cells. *Bone* 1998; 22(4): 347-354.
- Paik CH. *Orthodontic Miniscrew Implants: Clinical Applications*, Elsevier Health Sciences. 2009
- Park HS, Kwon TG. Sliding mechanics with microscrew implant anchorage. *Angle Orthod* 2004;74(5):703-710.
- Paulsen HU, Andreasen JO, Schwartz O. Pulp and periodontal healing, root development and root resorption subsequent to transplantation and orthodontic rotation: a long-term study of autotransplanted premolars. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;108(6): 630-640.
- Peavy DC, Kendrick GS. The effects of tooth movement on the palatine rugae. *J Prosthet Dent* 1967;18(6): 536-542.
- Pellegrini P, Sauerwein R, Finlayson T, Mcleod J, Jr DAC, Maier T, Machida CA. Plaque retention by self-ligating vs elastomeric orthodontic brackets: Quantitative

- comparison of oral bacteria and detection with adenosine triphosphate-driven bioluminescence. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135(4):426
- Pilon JGM, Kuijpers-Jagtman AM, Maltha JC. Magnitude of orthodontic forces and rate of bodily tooth movement. An experimental study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;110(1):16-23.
- Posnick J, Ruiz R. Discussion of management of secondary orofacial cleft deformities. The unfavorable result in plastic surgery: avoidance and treatment. 3rd ed. Philadelphia (PA): Lippincott, Williams and Wilkins, 2000.
- Proffit WR, White RP, Sarver DM. Contemporary treatment of dentofacial deformity, Mosby St Louis, Mo, 2003.
- Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. Contemporary orthodontics, Elsevier Health Sciences, 2014.
- Redmond WR. Digital models: a new diagnostic tool. *J Clin Orthod* 2001;35(6): 386-387.
- Reitan K. The initial tissue reaction incident to orthodontic tooth movement as related to the influence of function; an experimental histologic study on animal and human material. *Acta Odontol Scand* 1950;6:1-240.
- Reitan K. Some factors determining the evaluation of forces in orthodontics. *Am J Orthod* 1957;43(1):32-45.
- Reitan K. Clinical and histologic observations on tooth movement during and after orthodontic treatment. *Am J Orthod* 1967;53(10):721-745.
- Reitan K. Initial tissue behavior during apical root resorption. *Angle Orthod* 1974;44(1): 68-82.
- Reitan K. Biological principles and reactions. Orthodontics, current orthodontic concepts and techniques. 1985;101-192.
- Ricketts R. Development of retraction sections. *Foundations of Orthodontic Research Newsletter* 1974;5: 41-44.
- Roberts WE, Garetto LP, Katona TR. Principles of orthodontic biomechanics: metabolic and mechanical control mechanisms. Bone biodynamics in orthodontic and orthopedic treatment. 1992; Monograph 27.
- Rygh P. Ultrastructural changes in pressure zones of human periodontium incident to orthodontic tooth movement. *Acta Odontol Scand* 1973;31(2): 109-122.
- Rygh P, Moxham BJ, Berkovitz BKB. The effects of external forces on the periodontal ligament—the response to horizontal loads. In: Berkovitz BKB, Moxham BJ,

- Newman HN. The periodontal ligament in health and disease 1st ed. London, Baltimore, Mosby-Wolfe. 1982;269-290.
- Sadowsky C, BeGole EA. Long-term effects of orthodontic treatment on periodontal health. *Am J Orthod* 1981;80(2):156-172.
- Saito M, Saito S, Ngan PW, Shanfeld J, Davidovitch Z. Interleukin 1 beta and prostaglandin E are involved in the response of periodontal cells to mechanical stress in vivo and in vitro. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991;99(3):226-240.
- Samchukov ML. Craniofacial distraction osteogenesis, Mosby Incorporated, 2001.
- Samchukov ML, Cope JB, Harper RP, Ross JD. Biomechanical considerations of mandibular lengthening and widening by gradual distraction using a computer model. *J Oral Maxillofac Surg* 1998;56(1): 51-59.
- Sandstedt C. Einige Beiträge zur Theorie der Zahnregulierung. *Nord. Tändl. Tidskr* 1905;6: 141.
- Sayin S, Bengi AO, Gürton AÜ, Ortakoğlu K. Rapid canine distalization using distraction of the periodontal ligament: a preliminary clinical validation of the original technique. *Angle Orthod* 2004;74(3): 304-315.
- Schumacher HA, Bourauel C, Drescher D. The effect of the ligature on the friction between bracket and arch. *Fortschr Kieferorthop* 1990;51(2): 106-116.
- Schwarz AM. Tissue changes incidental to orthodontic tooth movement. *International Journal of Orthodontia, Oral Surgery and Radiography* 1932;18(4): 331-352.
- Scuola P. Dimensional Dental Imaging Through Virtual Study Models. *Università Degli Studi Di Milano, Dottora Tezi*, 2012-2013; 18-19
- 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.
- Shafer WG, Hine MK, Levy BM. Shafer's textbook of oral pathology. Diseases of the Skin. Rajendran R, editor. 5th ed. New Delhi: Reed Elsevier India Private Limited. 2006;1103-1107.
- Shapiro E, Roeber FW, Klempner LS. Orthodontic movement using pulsating force-induced piezoelectricity. *Am J Orthod* 1979;76(1): 59-66.
- Shpack, N, Davidovitch M, Sarne O, Panayi N, Vardimon AD. Duration and anchorage management of canine retraction with bodily versus tipping mechanics. *Angle Orthod* 2008;78(1):95-100.

- Silness J, Løe H. Periodontal disease in pregnancy II. Correlation between oral hygiene and periodontal condition. *Acta Odontol Scand* 1964;22(1):121-135.
- Soma S, Iwamoto M, Higuchi Y, Kurisu K. Effects of continuous infusion of PTH on experimental tooth movement in rats. *J Bone Miner Res* 1999;14(4):546-554.
- Spadaro JA. Mechanical and electrical interactions in bone remodeling. *Bioelectromagnetics* 1997;18(3):193-202.
- Sukurica Y, Karaman A, Gu H. Rapid Canine Distalization through Segmental Alveolar Distraction Osteogenesis. *Angle Orthod* 2007;77(2):226-236.
- Swennen G, Schliephake H, Dempf R, Schierle H, Malevez C. Craniofacial distraction osteogenesis: a review of the literature. Part 1: clinical studies. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2001;30(2): 89-103.
- Talbot E. Teeth irregularities and their surgical correction. *Dental cosmos* 1896;38: 907-911.
- Teixeira C, Khoo E, Tran J, Chartres I, Liu Y, Thant LM, Khabensky I, Gart LP, Cisneros G, Alikhani M. Cytokine expression and accelerated tooth movement. *J Dent Res* 2010;89(10): 1135-1141.
- Ten Cate A, Deporter DA, Freeman E. The role of fibroblasts in the remodeling of periodontal ligament during physiologic tooth movement. *Am J Orthod* 1976;69(2): 155-168.
- Tizini M, Ibrahim G. Retraction of the upper maxillary incisors with corticotomy-facilitated orthodontics and mini-implants. *Saudi J Dent Res* 2014;5(2): 146-151.
- Tyrovola JB, Spyropoulos MN. Effects of drugs and systemic factors on orthodontic treatment. *Quintessence Int* 2001;32(5): 365-371.
- Vaughan JL, Duncanson MG, Nanda RS, Currier GF. Relative kinetic frictional forces between sintered stainless steel brackets and orthodontic wires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;107(1): 20-27.
- Vercellotti T, Podesta A. Orthodontic microsurgery: a new surgically guided technique for dental movement. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2007;27(4): 325.
- Westcott A. A case of irregularity Philadelphia: SS White Dental Manufacturing Company, 1859. In: Cope JB, Samchukov ML, Cherkashin AM Mandibular distraction osteogenesis; Historical perspective and future directions, *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1999;115, 448-460.
- Wilcko WM, Wilcko T, Bouquot JE, Ferguson DJ. Rapid orthodontics with alveolar reshaping: two case reports of decrowding. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2001;(21): 9-19.

- Wilmes B, Drescher D. Vertical periodontal ligament distraction—a new method for aligning ankylosed and displaced canines. *J Orofac Orthop* 2009;70:213–23
- Woodhouse N, DiBiase AT, Johnson N, Slipper C, Grant J, Alsaleh M, Donaldson ANA, Cobourne MT. Supplemental Vibrational Force During Orthodontic Alignment A Randomized Trial. *J Dent Res* 2015;94(5): 682-689.
- Wu J, Jiang JH, Xu L, Liang C, Bai YY, Zou W. A pilot clinical study of Class III surgical patients facilitated by improved accelerated osteogenic orthodontic treatments. *Angle Orthod* 2015;85(4): 616-624.
- Yamaguchi M. RANK/RANKL/OPG during orthodontic tooth movement. *Orthod Craniofac Res* 2009;12(2): 113-119.
- Yamasaki K, Shibata Y, Imai S, Tani Y, Shibasaki Y, Fukuhara T. Clinical application of prostaglandin E1 (PGE1) upon orthodontic tooth movement. *Am J Orthod* 1984;85(6): 508-518.
- Yasuda H, Shima N, Nakagawa N, Yamaguchi K, Kinosaki M, Goto M, Mochizuki SI, Tsuda E, Morinaga T, Udagawa N. A novel molecular mechanism modulating osteoclast differentiation and function. *Bone* 1999;25(1): 109-113.
- 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.
- Zachrisson S, Zachrisson BU. Gingival condition associated with orthodontic treatment. *Angle Orthod* 1972;42(1): 26-34.

EKLER

Ek 1: Hasta Onam Formu

HASTA BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ VELİSİNİN OLUR FORMU ÖRNEĞİ

ARAŞTIRMANIN ADI (ÇALIŞMANIN AÇIK ADI): periodontal ligament distraksiyonu ile yapılan hızlı kanin retraksiyonu

Gönüllünün Baş Harfleri

Bir araştırma çalışmasına velisi bulunduğunuz gönüllünün katılması istenmektedir. Velisi bulunduğunuz gönüllünün çalışmaya katılmasını isteyip istemediğinize karar vermeden önce araştırmanın neden yapıldığını bilgilerinizin nasıl kullanılacağını çalışmanın neleri içerdiğini ve olası yararlarını risklerini ve rahatsızlık verebilecek konuları anlamanız önemlidir Lütfen aşağıdaki bilgileri dikkatlice okumak için zaman ayırınız ve eğer istiyorsanız özel veya aile doktorunuzla konuyu değerlendiriniz. Eğer velisi bulunduğunuz gönüllü bir başka çalışmada da yer alıyorsa bu çalışmada yer alamaz.

BU ÇALIŞMAYA KATILMAK ZORUNLU MUDUR?

Velisi bulunduğunuz gönüllünün çalışmaya katılıp katılmaması kararı tamamen size aittir. Eğer çalışmaya katılmaya karar verirsiniz imzalamanız için size bu Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu verilecektir. Katılmaya karar verirsiniz, çalışmadan herhangi bir zamanda ayrılmakta özgürsünüz. Bu durum sizin aldığımız tedavinin standardını etkilemeyecektir. Eğer isterseniz, bu klinik çalışmaya katılımınızla ilgili olarak hekiminiz / aile doktorunuz bilgilendirilecektir.

ÇALIŞMANIN KONUSU VE AMACI NEDİR?

Kliniğimizde periodontal ligament distraksiyonu adı verilen bir teknikte diş hareketini hızlandırmak ve tedavi süresini kısaltmak amacıyla bir çalışma başlatmış bulunuyoruz. Bu çalışmanın amacı diş çekimi yapılarak tedavi görece bireylerde kanin dişin hızlı bir şekilde geri hareket ettirilmesinin tedavi süresi üzerine etkisinin değerlendirilmesidir.

ÇALIŞMA İŞLEMLERİ:

Çapraşıklığın tedavisi için diş çekim gerektiren hastalar çalışmaya dahil edilecektir. Araştırmaya dahil olan bireylerde rutinde alınan ortodontik kayıtlar (fotoğraflar, röntgenler) alınacaktır. Diş çekiminin yapıldığı seansta periodontal ligament distraksiyonunun uygulanacağı bölgede kanin dişin distalindeki interdental kemiğe vertikal ve oblik kemik kesileri uygulanacaktır. O bölgeye yerleştirilen distraktör günde 3 kez aktive edilerek boşluk kapatma işlemi gerçekleştirilecektir.

Araştırmaya katılmak tamamen hastamızın kendi rızasıyla olacak ve hastaya bir yükümlülük getirmeyecektir. Hastalar araştırma başladıktan sonra devam etmek istememe hakkına sahiptir. Bu çalışmada, çalışmayı bitirme ve tedavide uyum problemi olan hastayı çalışma dışı bırakma yetkisi araştırmacıya aittir.

NE YAPILMASI GEREKİYOR?

Çalışma doktorunuzun talimatlarına uymaya, randevu ve vizitelere katılmaya ve yukarıda anlatılan çalışmayla ilgili tüm işlemlere uymaya istekli olmalısınız. Çalışma doktorunuzu ziyarete belirlenen günlerde gelmelisiniz ve bir sonraki ziyaretiniz de, ziyaretten ayrılmadan önce planlanmalıdır.

ÇALIŞMAYA KATILIMIN NE GİBİ OLASI YAN ETKİLERİ, RİSKLERİ VE RAHATSIZLIKLARI VARDIR?

Çalışmada hastaların ortodontik tedavisini aksatabilecek herhangi bir işlem yapılmamaktadır. Bu çalışma rutin tedavi basamaklarını içermektedir. Hastanın karşılaşılabileceği yan etkiler bütün ortodontik tedaviler sırasında meydana gelebilecek yan etkilerle aynıdır. Sağlıklı dişler ve güzel bir gülümsemenin önemli faydaları vardır, bununla beraber, vücudun herhangi bir bölgesinin tedavisi gibi, ortodontik tedavinin de bazı riskleri bulunmaktadır. Bu riskler ise aşağıdaki başlıklar altında açıklanmaktadır.

Dekalsifikasyon (kalıcı renklenme), çürük veya dişeti hastalıkları tedavi sırasında hastalar dişlerini yeterince fırçalamazsa karşılaşılabilen sorunlardır. Çok iyi diş temizliği tedavi sırasında olmazsa olmaz bir kuraldır. Yemek öğünleri arasındaki atıştırmalar ve şekerli gıdalar azaltılmalıdır. Düzenli diş hekimi kontrollerine devam edilmelidir.

Dişler ortodontik tedaviden sonra eski konumlarına geri dönme eğilimindedir. Bu duruma nüks adı verilmektedir. Problem ne kadar ciddiye nükse yatkınlık da o derecede

fazladır. Nükse en yatkın bölge alt ön dişlerdir. Tedavi bittikten sonra, nüksü önlemek için yeni apayerler takılarak retansiyon tedavisi uygulanmaktadır, bu aşamada hastanın hekimle çok iyi işbirliği yapması şarttır. Tedavi sırasında dişleriniz olabilecek en iyi şekilde sıralanacak, bazen de nüksün azaltılması için fazladan hareket ettirilecektir. Retansiyon bittikten sonra dahi aynı vücudun zamanla değişmesi gibi dişler de zamanla değişebilmektedir. Bazı durumlarda kalıcı retansiyon uygulanması gerekmektedir.

Dişlerin devital olması (ölmesi). Derin dolguya sahip veya bir travmaya uğramış dişler, ortodontik tedavi görseler de görmeseler de zamanla ölebilir. Fark edilmemiş ölü dişler ortodontik tedavi sırasında ağrıya sebep olabilir ve kanal tedavisine ihtiyaç duyabilir.

Sigara ve diğer tütün mamullerinin kullanılması ortodontik tedaviyi etkiletebilir. Bu ürünleri kullanan hastalar hekimlerini bilgilendirmelidir.

Bazı durumlarda dişlerin kökleri kısılabilmektedir. Buna kök rezorpsiyonu denilmektedir. Normalde diş köklerinin kısılması herhangi bir olumsuzluk yaratmaz. Fakat diş eti rahatsızlığı görülmesi durumunda kısa kökler dişlerin ömrünü kısaltabilir. Bütün kök rezorpsiyonları ortodontik tedaviden kaynaklanmamaktadır. Travmalar, hormonal bozukluklar ve henüz belirlenememiş sebeplerden de kök kısılması görülebilmektedir.

GÖNÜLLÜ KATILIM

Bu araştırmaya velisi bulunduğum gönüllünün katılma kararını tamamen gönüllü olarak veriyorum. Bu çalışmaya katılmayı reddedebileceğimizin veya katıldıktan sonra istediğimiz zaman, bu tedavi kurumunda velisi bulunduğum gönüllünün göreceği bakım ve tedaviler etkilenmeksizin ve hiçbir sorumluluk almadan ayrılabilirimizin bilincindeyim. Çalışmadan her hangi bir zamanda ayrılırsak, ayrılma nedenlerini, ayrılışımızın sonuçlarını ve izleyen dönemde velisi bulunduğum gönüllünün alacağı tedavileri doktorumla tartışacağım.

ÇALIŞMAYA KATILMANIN MALİYETİ NEDİR?

Çalışmaya katılım rutin tedavi basamakların içerdiği için size fazladan bir tedavi maliyeti çıkarmayacaktır. Size veya bağlı olduğunuz özel sigorta veya resmi sosyal güvenlik kurumuna fazladan herhangi bir ücret ödetilmeyecektir. Herhangi bir yan etki veya fiziksel zarar gelişirse hemen çalışma doktorunuzu gereken tedavinin uygulanabilmesi için bilgilendiriniz.

KİŞİSEL BİLGİLER NASIL KULLANILACAK?

Çalışma kapsamında elde edilecek veriler tedavi ya da çalışma dışında herhangi bir amaçla kullanılmayacaktır. Bu kapsama velisi bulunduğunuz gönüllüden alınan muayene ve bilgilendirme formları da dahildir. Eğer onayınızda vazgeçerseniz, doktorunuz çalışma velisi bulunduğunuz gönüllünün verilerini artık kullanamayacak ya da diğer kişilerle paylaşamayacaktır. Bu formu imzalayarak, çalışma verilerinin bu formda tanımlandığı şekilde kullanımına onay vermekteyim.

ARAŞTIRMA SÜRESİNCE 24 SAAT ULAŞILABİLECEK KİŞİLER:

Ad, soyad ve telefon numaraları

Hande Usta 05545406772

ÇALIŞMADAN ÇIKARILMAYI GEREKTİRECEK DURUMLAR:

- 1) Hasta kooperasyonunda problemlerin olması
- 2) Ağız hijyenin yetersiz olması

YENİ BİLGİLER ÇALIŞMADAKİ ROLÜ NASIL ETKİLEYEBİLİR

Çalışma sürerken ortaya çıkmış olan bütün yeni bilgiler bana derhal iletilecektir.

Çalışmaya Katılma Onayı

Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formundaki tüm açıklamaları okudum. Bana, yukarıda konusu ve amacı belirtilen araştırma ile ilgili yazılı ve sözlü açıklama aşağıda adı belirtilen hekim tarafından yapıldı. Araştırmaya velisi bulunduğum gönüllünün katılımını onaylıyorum, istediğimiz zaman gerekçeli veya gerekçesiz olarak araştırmadan ayrılabilirimizi ve isteğimize bakılmaksızın araştırmacı tarafından araştırma dışı bırakılabileceğimizi biliyorum. Söz konusu araştırmaya, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın velisi bulunduğum gönüllünün çalışmaya katılmasını kabul ediyorum. Doktorumuz saklamam için bu belgenin bir kopyasını çalışma sırasında dikkat edeceğim noktaları da içerecek şekilde bana teslim etmiştir.

Gönüllünün Adı / Soyadı / İmzası / Tarih

Açıklamaları Yapan Kişinin Adı / Soyadı / İmzası / Tarih

Gerekliyse Olur İşlemine Tanık Olan Kişinin Adı / Soyadı / İmzası / Tarih

Gerekliyse Yasal Temsilcinin Adı / Soyadı / İmzası / Tarih

Ek 2: Etik Kurul Belgesi

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARARLARI

TOPLANTI SAYISI	KARAR SAYISI	KARAR TARİHİ
21	2014/515-555	27.02.2014

Klinik Araştırmalar Etik Kurulu 27.02.2014 tarihinde başkanlığında Prof.Dr.Abdulkerim BEDİR toplandı

KARAR NO:540

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı tarafından komisyonumuza sunulan **Hızlandırılmış diş hareketi tekniklerinin ortodontik tedavi süresi ve kalitesine etkisi : Karşılaştırmalı bir çalışma** başlıklı Prof.Dr. Selim Arıcı'ya ait olan OMÜ KA EK 2014/540 Karar nolu Klinik çalışma nitelikli araştırma projeniz: Amaç, gerekçe, yaklaşım ve yöntemle ilgili açıklamaları, Klinik Araştırmalar Etik Kurulu yönergelerine göre 27.02.2014 tarihli Etik Kurulumuzda incelenmiş etik açıdan uygun bulunmuştur. Ancak araştırma bütçesinin maddi desteği henüz sağlanamadığından projeye bütçe desteği sağlanıp, tarafımıza bildirilmesinden sonra **başlanmasına** oy birliği ile karar verilmiştir

Prof.Dr.Abdulkerim BEDİR
Başkan

Doç.Dr.A.Tevfik SÜNER
Başkan Yardımcısı

Doç.Dr.M.Y.TAŞMEKTEPLİGİL
Üye

Y. Doç. Dr. Fatih İLKAYA
Üye

Prf.Dr..Dr.Hulusi ATMACA
Üye

Y. Doç. Dr. İlyas EMİNOĞLU
Üye

Osman YUMBUL
Üye MAZERETLİ

Doç.Dr. Canan ALBAYRAK
Üye

Prf..Dr. Fatma AYDIN
Üye

Doç.Dr.Emine SENTUNÇ
Üye

Prf.Dr.Cafer POLAT
Üye

Uz.Dr.Nurullah DİKMEN
Üye

Yrd.Doç.Dr.Berfin MELİKOĞLU
Üye

Yrd.Doç.Dr.Mustafa ÇAKIR
Üye

Yrd.Doç.Dr.Gülây AYDIN
Üye

Ek 3: Periodontal İndeks Formu

ADI SOYADI:

T1	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8
PI	X															
	X															
	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8
GI	X															
	X															
	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8
PD	X															
	X															
T2	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8
PI	X															
	X															
	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8
GI	X															
	X															
	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8
PD	X															
	X															
T4	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8
PI	X															
	X															
	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8
GI	X															
	X															
	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8
PD	X															
	X															

Ek 4: PLD grubunda yapılan dijital ölçümlerde verilerin tanımlanması

		Geçerli		Eksik		Toplam	
		Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
T2U3Dist	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T3U3Dist	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T4U3Dist	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T1USpace	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T2USpace	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T3USpace	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T4USpace	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T2U6Mez	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T3U6Mez	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T4U6Mez	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T1U3Rot	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T2U3Rot	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T3U3Rot	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T4U3Rot	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T2U3Tip	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T3U3Tip	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T4U3Tip	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T2L3Dist	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T3L3Dist	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T4L3Dist	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T1LSpace	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T2LSpace	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T3LSpace	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T4LSpace	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T2L6Mez	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T3L6Mez	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T4L6Mez	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T1L3Rot	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T2L3Rot	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T3L3Rot	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T4L3Rot	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T2L3Tip	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T3L3Tip	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
T4L3Tip	PLD/SAĞ	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%
	PLD/SOL	2	11,8%	15	88,2%	17	100,0%

Ek 5: CONT grubunda yapılan dijital ölçümlerde verilerin tanımlanması

		Geçerli		Eksik		Toplam	
		Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
T2U3Dist	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T3U3Dist	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T4U3Dist	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T1U3Space	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T2U3Space	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T3U3Space	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T4U3Space	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T2U6Mez	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T3U6Mez	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T4U6Mez	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T1U3Rot	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T2U3Rot	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T3U3Rot	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T4U3Rot	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T2U3Tip	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T3U3Tip	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T4U3Tip	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T2L3Dist	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T3L3Dist	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T4L3Dist	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T1L3Space	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T2L3Space	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T3L3Space	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T4L3Space	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T2L6Mez	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T3L6Mez	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T4L6Mez	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T1L3Rot	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T2L3Rot	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T3L3Rot	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T4L3Rot	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T2L3Tip	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T3L3Tip	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
T4L3Tip	CONT/SAĞ	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%
	CONT/SOL	5	33,3%	10	66,7%	15	100,0%

Ek 6: PLD grubunda yapılan dijital ölçümlerin veri dağılımını gösteren genel istatistik tablosu

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	P	İstatistik	df	P
T2U3Dist	0,247	7	0,200*	0,903	7	0,351
T3U3Dist	0,175	7	0,200*	0,955	7	0,776
T1USpace	0,231	7	0,200*	0,944	7	0,675
T2USpace	0,135	7	0,200*	0,980	7	0,959
T3USpace	0,123	7	0,200*	0,977	7	0,943
T2U6Mez	0,280	7	0,104	0,843	7	0,106
T3U6Mez	0,335	7	0,017	0,831	7	0,081
T1U3Rot	0,314	7	0,035	0,757	7	0,015
T2U3Rot	0,162	7	0,200*	0,927	7	0,528
T3U3Rot	0,238	7	0,200*	0,929	7	0,546
T2U3Tip	0,274	7	0,121	0,822	7	0,067
T3U3Tip	0,336	7	0,017	0,815	7	0,057
T2L3Dist	0,229	7	0,200*	0,877	7	0,214
T3L3Dist	0,210	7	0,200*	0,910	7	0,394
T1LSpace	0,256	7	0,184	0,879	7	0,222
T2LSpace	0,149	7	0,200*	0,968	7	0,885
T3LSpace	0,157	7	0,200*	0,934	7	0,583
T2L6Mez	0,332	7	0,019	0,731	7	0,008
T3L6Mez	0,228	7	0,200*	0,874	7	0,201
T1L3Rot	0,236	7	0,200*	0,800	7	0,041
T2L3Rot	0,142	7	0,200*	0,971	7	0,904
T3L3Rot	0,213	7	0,200*	0,878	7	0,218
T2L3Tip	0,370	7	0,004	0,691	7	0,003
T3L3Tip	0,142	7	0,200*	0,976	7	0,938

Ek 7: PLD grubunda sağ/sol verilerin karşılaştırılması

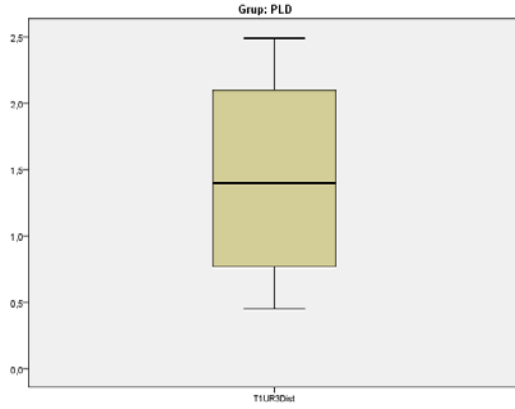
		Örnek Sayısı	Ortalama Değerler	Değerlerin Yığılması
T2U3Dist	PLD/SAĞ	17	17,12	291,00
	PLD/SOL	17	17,88	304,00
	Total	34		
T3U3Dist	PLD/SAĞ	17	17,00	289,00
	PLD/SOL	17	18,00	306,00
	Total	34		
T4U3Dist	PLD/SAĞ	8	8,56	68,50
	PLD/SOL	8	8,44	67,50
	Total	16		
T1USpace	PLD/SAĞ	17	19,29	328,00
	PLD/SOL	17	15,71	267,00
	Total	34		
T2USpace	PLD/SAĞ	17	17,41	296,00
	PLD/SOL	17	17,59	299,00
	Total	34		
T3USpace	PLD/SAĞ	17	17,59	299,00
	PLD/SOL	17	17,41	296,00
	Total	34		
T4USpace	PLD/SAĞ	8	9,13	73,00
	PLD/SOL	8	7,88	63,00
	Total	16		
T2U6Mez	PLD/SAĞ	17	18,94	322,00
	PLD/SOL	17	16,06	273,00
	Total	34		
T3U6Mez	PLD/SAĞ	17	18,74	318,50
	PLD/SOL	17	16,26	276,50
	Total	34		
T4U6Mez	PLD/SAĞ	8	9,00	72,00
	PLD/SOL	8	8,00	64,00
	Total	16		
T1U3Rot	PLD/SAĞ	17	18,32	311,50
	PLD/SOL	17	16,68	283,50
	Total	34		
T2U3Rot	PLD/SAĞ	17	17,12	291,00
	PLD/SOL	17	17,88	304,00
	Total	34		
T3U3Rot	PLD/SAĞ	17	18,00	306,00
	PLD/SOL	17	17,00	289,00
	Total	34		
T4U3Rot	PLD/SAĞ	8	8,75	70,00
	PLD/SOL	8	8,25	66,00
	Total	16		
T2U3Tip	PLD/SAĞ	17	17,82	303,00
	PLD/SOL	17	17,18	292,00
	Total	34		
T3U3Tip	PLD/SAĞ	17	17,41	296,00
	PLD/SOL	17	17,59	299,00
	Total	34		
T4U3Tip	PLD/SAĞ	8	9,06	72,50
	PLD/SOL	8	7,94	63,50
	Total	16		

Ek 7 devamı: PLD grubunda sağ/sol verilerin karşılaştırılması

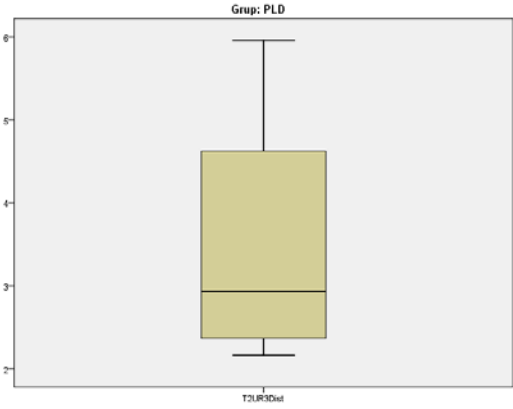
T2L3Dist	PLD/SAĞ	7	8,00	56,00
	PLD/SOL	7	7,00	49,00
	Total	14		
T3L3Dist	PLD/SAĞ	7	8,71	61,00
	PLD/SOL	7	6,29	44,00
	Total	14		
T4L3Dist	PLD/SAĞ	2	3,50	7,00
	PLD/SOL	2	1,50	3,00
	Total	4		
T1LSpace	PLD/SAĞ	7	6,00	42,00
	PLD/SOL	7	9,00	63,00
	Total	14		
T2LSpace	PLD/SAĞ	7	6,57	46,00
	PLD/SOL	7	8,43	59,00
	Total	14		
T3LSpace	PLD/SAĞ	7	5,86	41,00
	PLD/SOL	7	9,14	64,00
	Total	14		
T4LSpace	PLD/SAĞ	2	1,50	3,00
	PLD/SOL	2	3,50	7,00
	Total	4		
T2L6Mez	PLD/SAĞ	7	8,00	56,00
	PLD/SOL	7	7,00	49,00
	Total	14		
T3L6Mez	PLD/SAĞ	7	6,86	48,00
	PLD/SOL	7	8,14	57,00
	Total	14		
T4L6Mez	PLD/SAĞ	2	2,50	5,00
	PLD/SOL	2	2,50	5,00
	Total	4		
T1L3Rot	PLD/SAĞ	7	8,29	58,00
	PLD/SOL	7	6,71	47,00
	Total	14		
T2L3Rot	PLD/SAĞ	7	7,71	54,00
	PLD/SOL	7	7,29	51,00
	Total	14		
T3L3Rot	PLD/SAĞ	7	7,14	50,00
	PLD/SOL	7	7,86	55,00
	Total	14		
T4L3Rot	PLD/SAĞ	2	2,50	5,00
	PLD/SOL	2	2,50	5,00
	Total	4		
T2L3Tip	PLD/SAĞ	7	7,14	50,00
	PLD/SOL	7	7,86	55,00
	Total	14		
T3L3Tip	PLD/SAĞ	7	7,07	49,50
	PLD/SOL	7	7,93	55,50
	Total	14		
T4L3Tip	PLD/SAĞ	2	3,00	6,00
	PLD/SOL	2	2,00	4,00
	Total	4		

Ek 8: PLD grubunda sağ-sol veriler grup içinde birleştirildikten sonra yapılan genel istatistik değerlendirmede her bir ölçümden elde edilen verilerin genel dağılımlarını gösteren grafikler

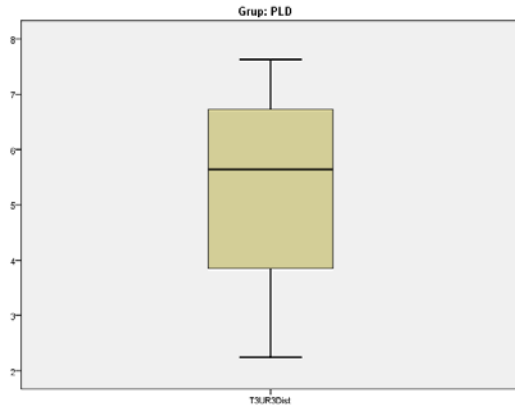
T2UR3Dist



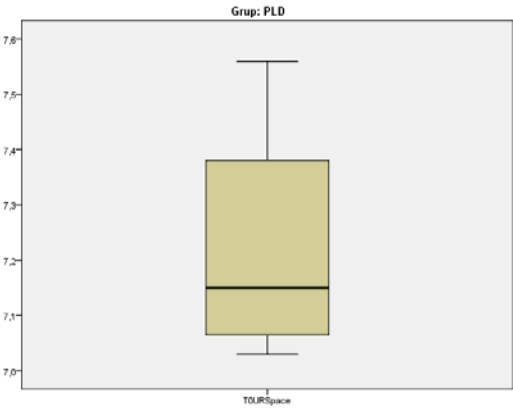
T3UR3Dist



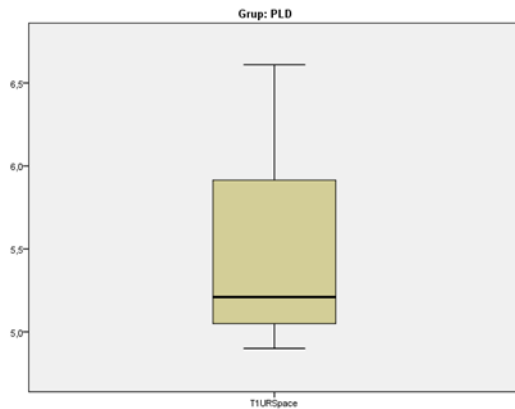
T4UR3Dist



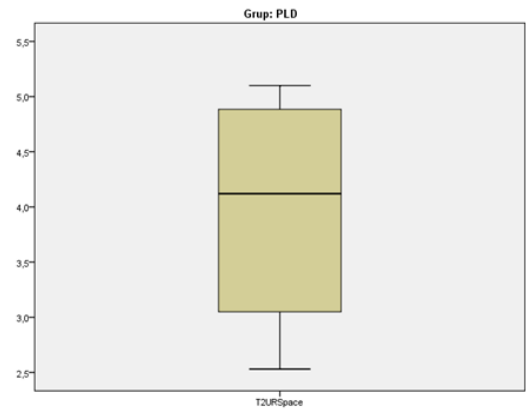
T1URSpace



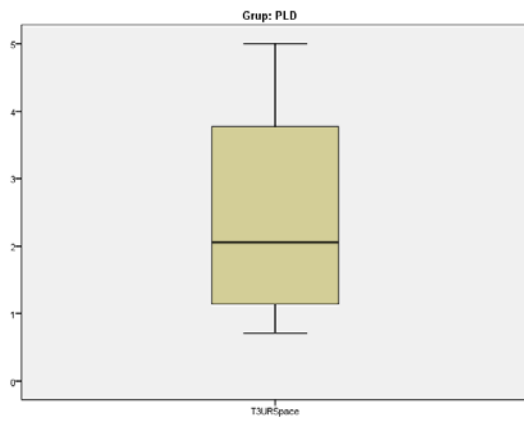
T2URSpace



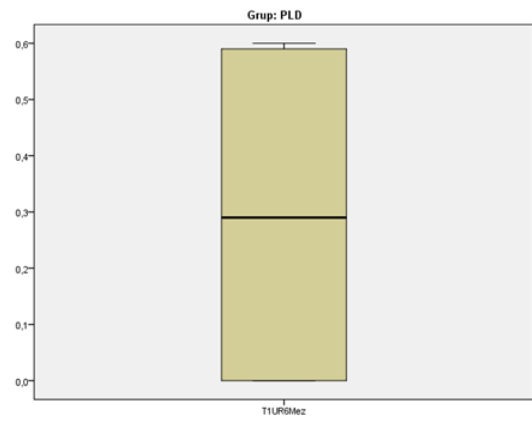
T3URSpace



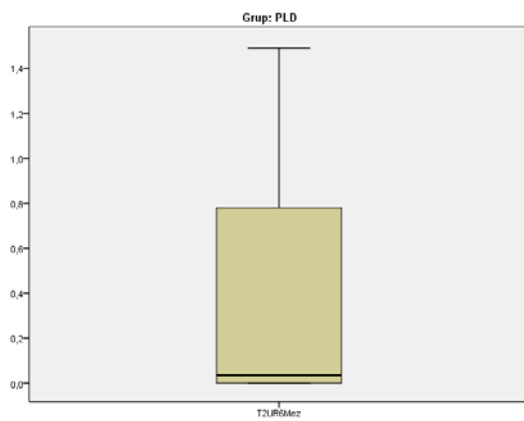
T4URSpace



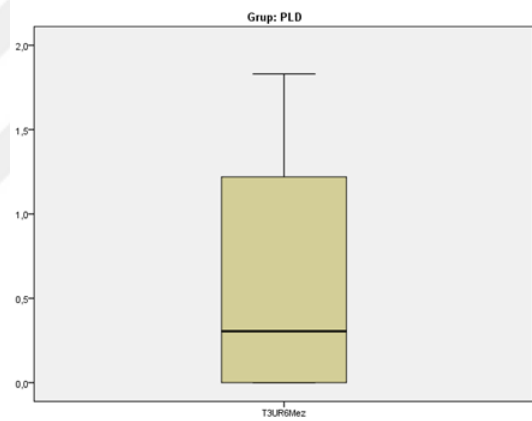
T1UR6Mez



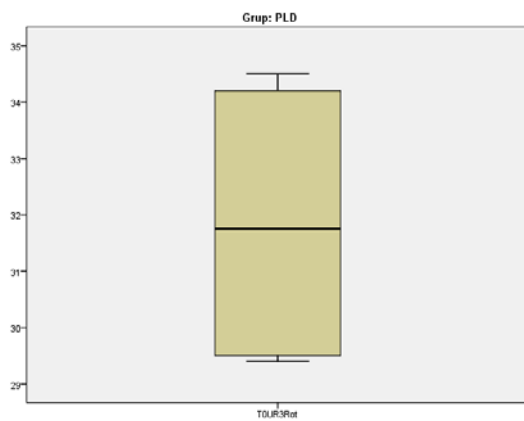
T3UR6Mez



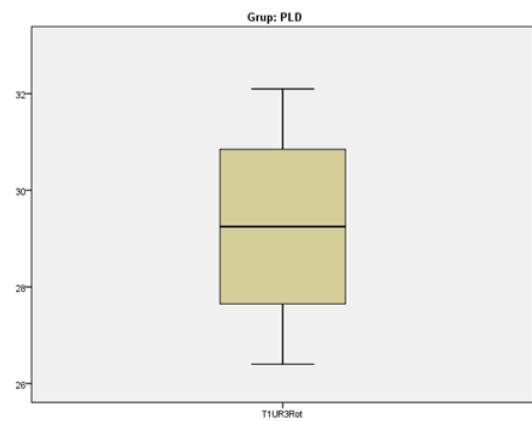
T4UR6Mez



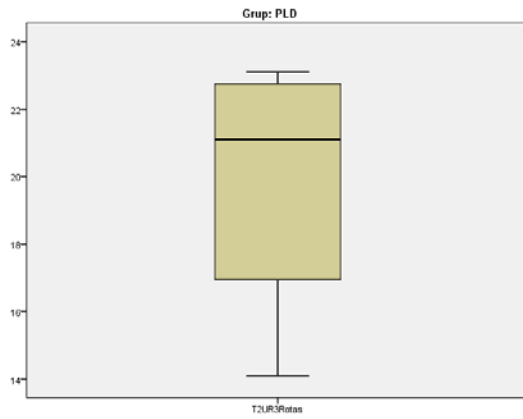
T1UR3Rot



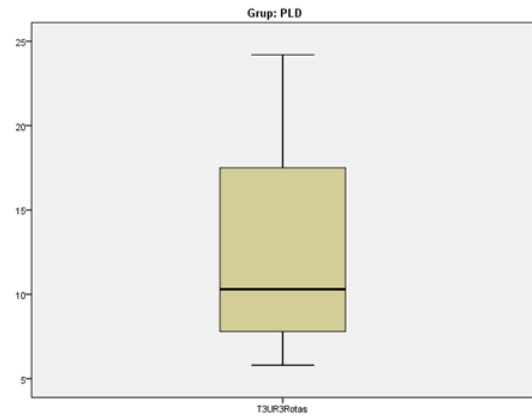
T2UR3Rot



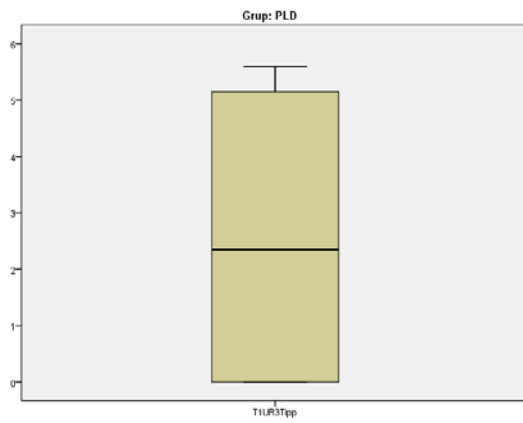
T3UR3Rotas



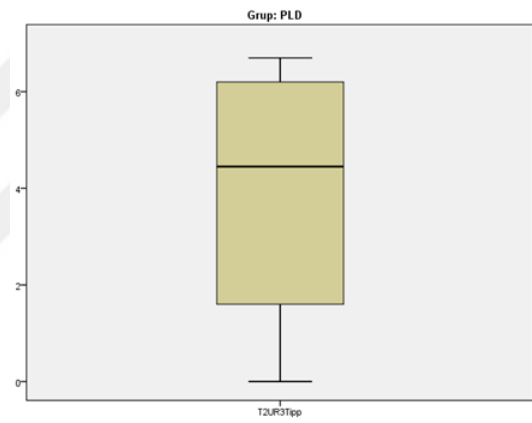
T4UR3Rotas



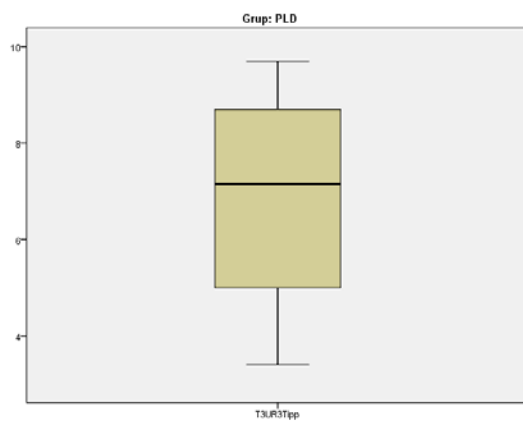
T2UR3Tipp



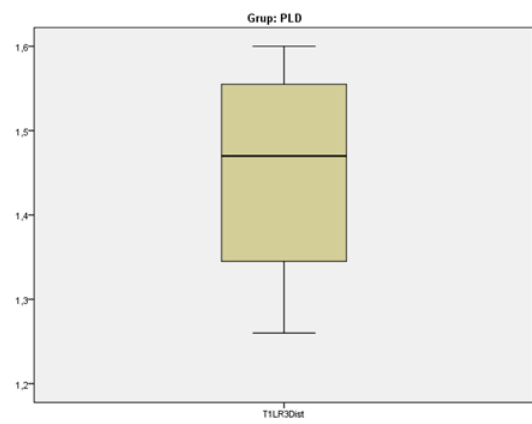
T3UR3Tipp



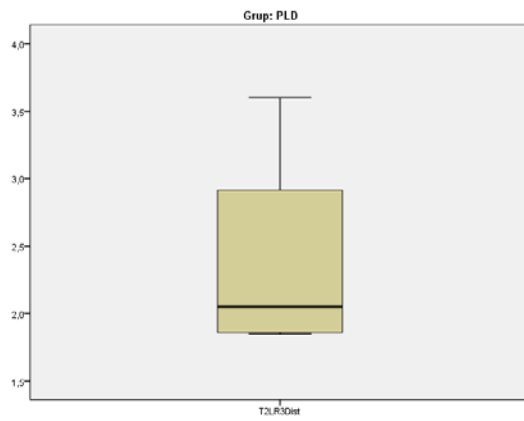
T4UR3Tipp



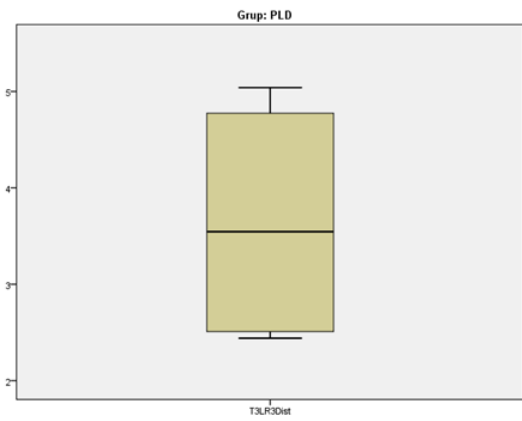
T2LR3Dist



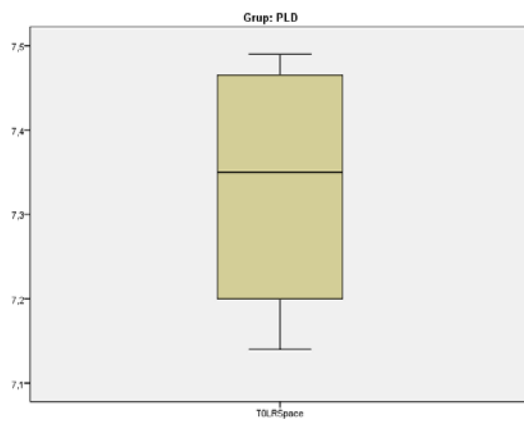
T3LR3Dist



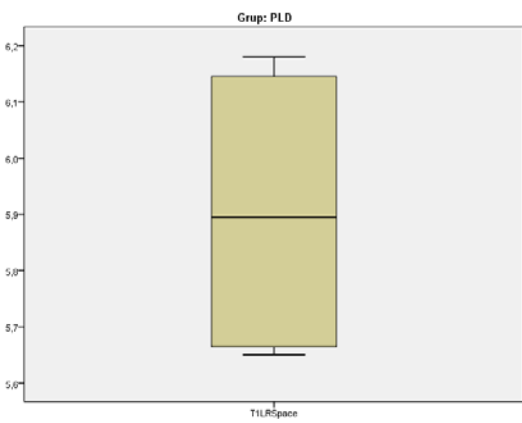
T4LR3Dist



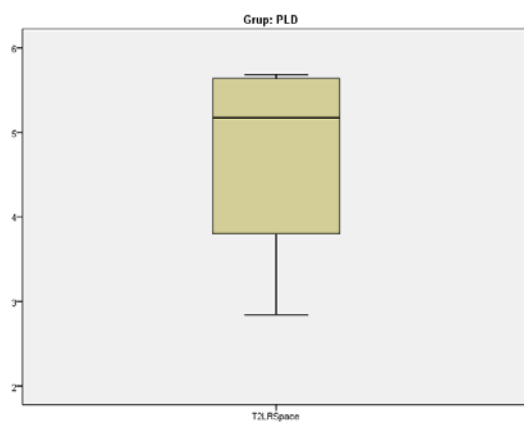
T1LRSpace



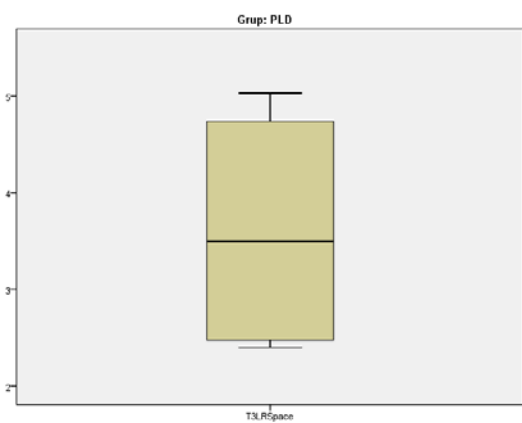
T2LRSpace



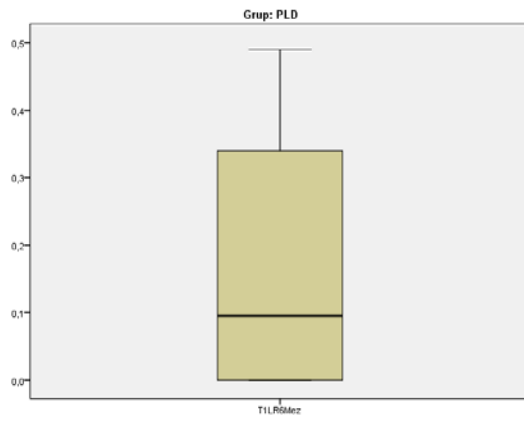
T3LRSpace



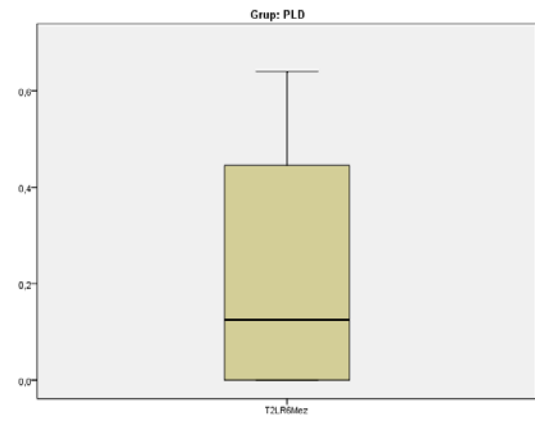
T4LRSpace



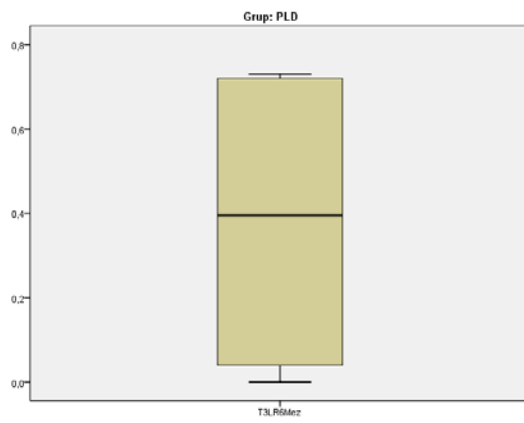
T2LR6Mez



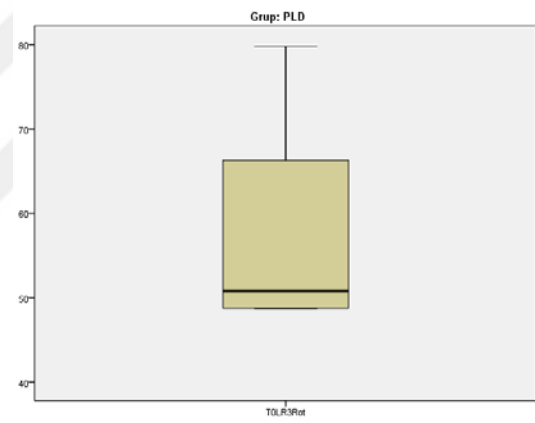
T3LR6Mez



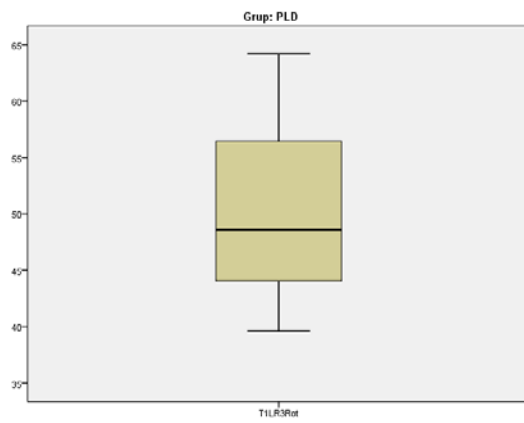
T4LR6Mez



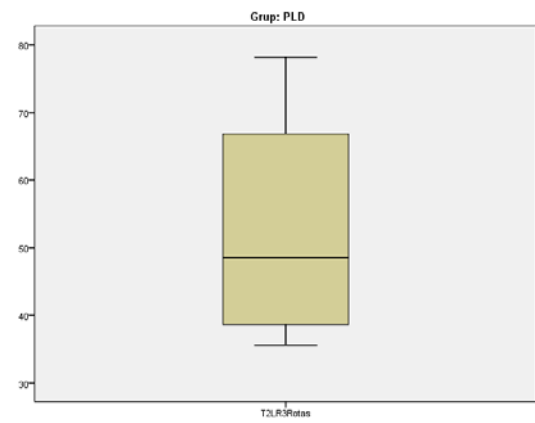
T1LR3Rot



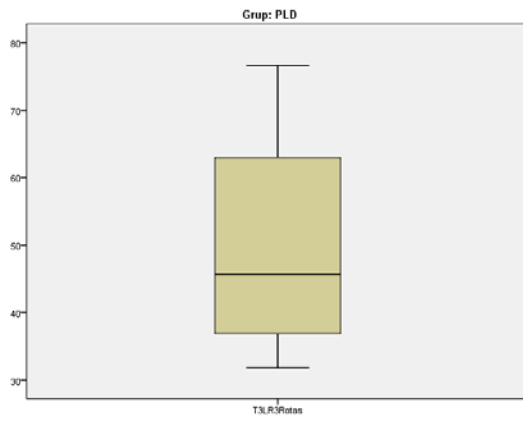
T2LR3Rot



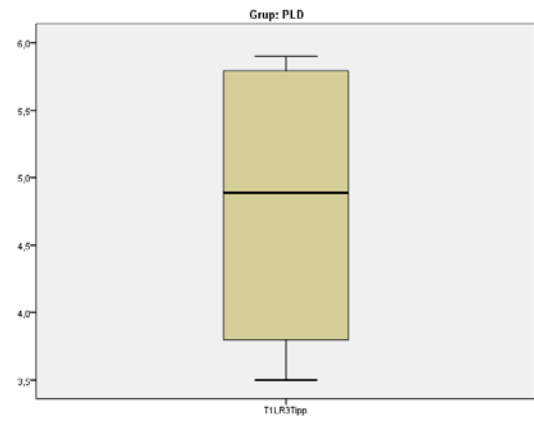
T3LR3Rotas



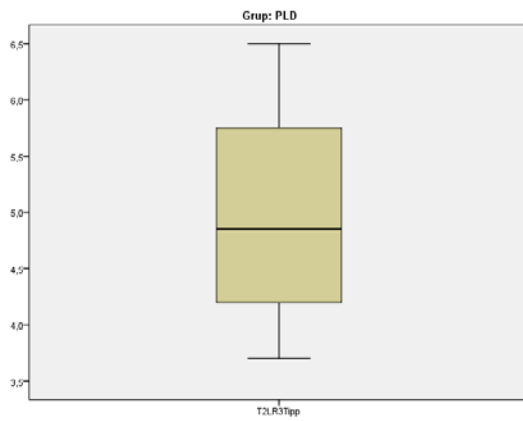
T3LR3Rotas



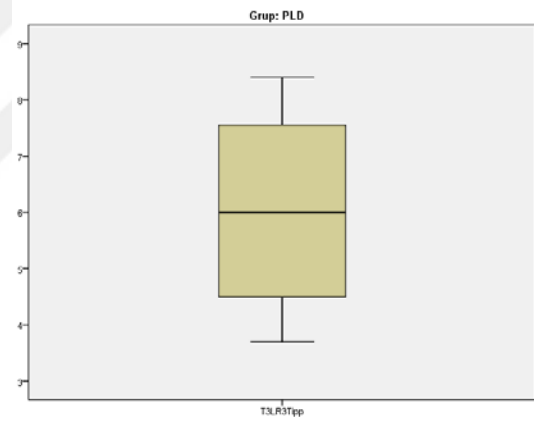
T2LR3Tipp



T3LR3Tipp



T4LR3Tipp



Ek 9: PLD grubunda sağ-sol verilerin birleştirilmesi sonucunda oluşturulan dağılım homojenliğini gösteren tablo

	Levene istatistik	df1	df2	Sig.
T2U3Dist	0,646	1	32	0,428
T3U3Dist	0,010	1	32	0,920
T4U3Dist	0,091	1	14	0,768
T1U3Space	0,245	1	32	0,624
T2U3Space	0,021	1	32	0,887
T3U3Space	0,227	1	32	0,637
T4U3Space	0,364	1	14	0,556
T2U6Mez	0,316	1	32	0,578
T3U6Mez	1,263	1	32	0,270
T4U6Mez	3,786	1	14	0,072
T1U3Rot	0,804	1	32	0,377
T2U3Rot	0,000	1	32	0,997
T3U3Rot	0,274	1	32	0,604
T4U3Rot	0,550	1	14	0,471
T2U3Tip	2,222	1	32	0,146
T3U3Tip	0,551	1	32	0,463
T4U3Tip	2,594	1	14	0,130
T2L3Dist	0,147	1	12	0,708
T3L3Dist	0,139	1	12	0,716
T4L3Dist	.	1	.	.
T1L3Space	0,754	1	12	0,402
T2L3Space	0,020	1	12	0,890
T3L3Space	0,009	1	12	0,925
T4L3Space	.	1	.	.
T2L6Mez	0,138	1	12	0,716
T3L6Mez	0,387	1	12	0,545
T4L6Mez	.	1	.	.
T1L3Rot	0,887	1	12	0,365
T2L3Rot	0,889	1	12	0,364
T3L3Rot	1,150	1	12	0,305
T4L3Rot	.	1	.	.
T2L3Tip	1,267	1	12	0,282
T3L3Tip	0,000	1	12	0,984
T4L3Tip	-	-	-	-

Ek 10: CONT grubunda yapılan dijital ölçümlerin veri dağılımını gösteren genel istatistik tablosu

		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
T2U3Dist	CONT/SAĞ	,235	5	,200 [†]	,912	5	,477
	CONT/SOL	,241	5	,200 [†]	,892	5	,369
T3U3Dist	CONT/SAĞ	,189	5	,200 [†]	,981	5	,938
	CONT/SOL	,185	5	,200 [†]	,932	5	,613
T4U3Dist	CONT/SAĞ	,216	5	,200 [†]	,956	5	,779
	CONT/SOL	,184	5	,200 [†]	,965	5	,841
T1USpace	CONT/SAĞ	,225	5	,200 [†]	,918	5	,519
	CONT/SOL	,280	5	,200 [†]	,847	5	,184
T2USpace	CONT/SAĞ	,231	5	,200 [†]	,914	5	,492
	CONT/SOL	,315	5	,119	,844	5	,177
T3USpace	CONT/SAĞ	,219	5	,200 [†]	,932	5	,612
	CONT/SOL	,203	5	,200 [†]	,968	5	,861
T4USpace	CONT/SAĞ	,213	5	,200 [†]	,936	5	,638
	CONT/SOL	,249	5	,200 [†]	,928	5	,581
T2U6Mez	CONT/SAĞ	,246	5	,200 [†]	,956	5	,777
	CONT/SOL	,235	5	,200 [†]	,881	5	,314
T3U6Mez	CONT/SAĞ	,375	5	,020	,698	5	,009
	CONT/SOL	,420	5	,004	,683	5	,006
T4U6Mez	CONT/SAĞ	,382	5	,016	,740	5	,024
	CONT/SOL	,216	5	,200 [†]	,975	5	,905
T1U3Rot	CONT/SAĞ	,240	5	,200 [†]	,907	5	,451
	CONT/SOL	,198	5	,200 [†]	,941	5	,671
T2U3Rot	CONT/SAĞ	,212	5	,200 [†]	,959	5	,804
	CONT/SOL	,288	5	,200 [†]	,914	5	,492
T3U3Rot	CONT/SAĞ	,244	5	,200 [†]	,902	5	,419
	CONT/SOL	,227	5	,200 [†]	,929	5	,591
T4U3Rot	CONT/SAĞ	,265	5	,200 [†]	,944	5	,692
	CONT/SOL	,385	5	,015	,799	5	,079
T2U3Tip	CONT/SAĞ	,243	5	,200 [†]	,922	5	,544
	CONT/SOL	,267	5	,200 [†]	,837	5	,158
T3U3Tip	CONT/SAĞ	,223	5	,200 [†]	,922	5	,543
	CONT/SOL	,246	5	,200 [†]	,915	5	,500
T4U3Tip	CONT/SAĞ	,189	5	,200 [†]	,983	5	,950
	CONT/SOL	,215	5	,200 [†]	,935	5	,630
T2L3Dist	CONT/SAĞ	,252	5	,200 [†]	,822	5	,121
	CONT/SOL	,365	5	,028	,757	5	,035
T3L3Dist	CONT/SAĞ	,200	5	,200 [†]	,929	5	,592
	CONT/SOL	,230	5	,200 [†]	,856	5	,215
T4L3Dist	CONT/SAĞ	,176	5	,200 [†]	,982	5	,946
	CONT/SOL	,224	5	,200 [†]	,922	5	,544
T1LSpace	CONT/SAĞ	,248	5	,200 [†]	,959	5	,803
	CONT/SOL	,235	5	,200 [†]	,935	5	,629
T2LSpace	CONT/SAĞ	,236	5	,200 [†]	,933	5	,616
	CONT/SOL	,145	5	,200 [†]	,982	5	,945
T3LSpace	CONT/SAĞ	,290	5	,195	,883	5	,321
	CONT/SOL	,194	5	,200 [†]	,964	5	,835
T4LSpace	CONT/SAĞ	,175	5	,200 [†]	,967	5	,856
	CONT/SOL	,183	5	,200 [†]	,964	5	,837
T2L6Mez	CONT/SAĞ	,230	5	,200 [†]	,908	5	,458
	CONT/SOL	,250	5	,200 [†]	,885	5	,332
T3L6Mez	CONT/SAĞ	,215	5	,200 [†]	,972	5	,886
	CONT/SOL	,349	5	,046	,776	5	,051
T4L6Mez	CONT/SAĞ	,308	5	,136	,827	5	,132
	CONT/SOL	,293	5	,184	,822	5	,120
T1L3Rot	CONT/SAĞ	,361	5	,032	,790	5	,066
	CONT/SOL	,163	5	,200 [†]	,982	5	,945
T2L3Rot	CONT/SAĞ	,253	5	,200 [†]	,887	5	,341
	CONT/SOL	,171	5	,200 [†]	,987	5	,967
T3L3Rot	CONT/SAĞ	,152	5	,200 [†]	,996	5	,996
	CONT/SOL	,174	5	,200 [†]	,947	5	,712
T4L3Rot	CONT/SAĞ	,314	5	,120	,817	5	,110
	CONT/SOL	,255	5	,200 [†]	,925	5	,561
T2L3Tip	CONT/SAĞ	,392	5	,012	,712	5	,013
	CONT/SOL	,385	5	,015	,677	5	,005
T3L3Tip	CONT/SAĞ	,273	5	,200 [†]	,794	5	,072
	CONT/SOL	,236	5	,200 [†]	,864	5	,241
T4L3Tip	CONT/SAĞ	,288	5	,200 [†]	,885	5	,332
	CONT/SOL	,256	5	,200 [†]	,942	5	,677

Ek 11: CONT grubunda sağ/sol verilerin karşılaştırılması

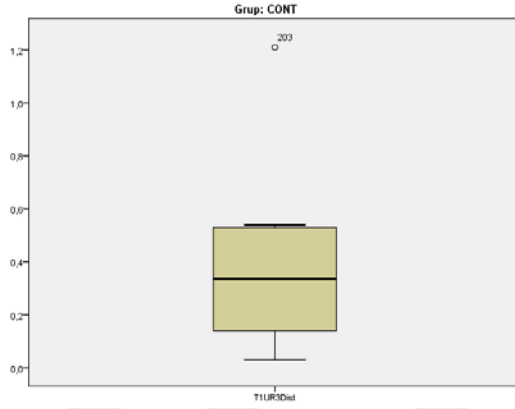
		Örnek Sayısı	Ortalama Değerler	Değerlerin Yığılı
T2U3Dist	CONT/SAĞ	15	15,60	234,00
	CONT/SOL	15	15,40	231,00
	Total	30		
T3U3Dist	CONT/SAĞ	15	15,67	235,00
	CONT/SOL	15	15,33	230,00
	Total	30		
T4U3Dist	CONT/SAĞ	12	13,38	160,50
	CONT/SOL	12	11,63	139,50
	Total	24		
T1USpace	CONT/SAĞ	15	14,83	222,50
	CONT/SOL	15	16,17	242,50
	Total	30		
T2USpace	CONT/SAĞ	15	14,80	222,00
	CONT/SOL	15	16,20	243,00
	Total	30		
T3USpace	CONT/SAĞ	15	15,13	227,00
	CONT/SOL	15	15,87	238,00
	Total	30		
T4USpace	CONT/SAĞ	12	11,33	136,00
	CONT/SOL	12	13,67	164,00
	Total	24		
T2U6Mez	CONT/SAĞ	15	16,37	245,50
	CONT/SOL	15	14,63	219,50
	Total	30		
T3U6Mez	CONT/SAĞ	15	17,50	262,50
	CONT/SOL	15	13,50	202,50
	Total	30		
T4U6Mez	CONT/SAĞ	12	12,46	149,50
	CONT/SOL	12	12,54	150,50
	Total	24		
T1U3Rot	CONT/SAĞ	15	17,00	255,00
	CONT/SOL	15	14,00	210,00
	Total	30		
T2U3Rot	CONT/SAĞ	15	16,63	249,50
	CONT/SOL	15	14,37	215,50
	Total	30		
T3U3Rot	CONT/SAĞ	15	15,73	236,00
	CONT/SOL	15	15,27	229,00
	Total	30		
T4U3Rot	CONT/SAĞ	12	10,75	129,00
	CONT/SOL	12	14,25	171,00
	Total	24		
T2U3Tip	CONT/SAĞ	15	14,00	210,00
	CONT/SOL	15	17,00	255,00
	Total	30		
T3U3Tip	CONT/SAĞ	15	15,27	229,00
	CONT/SOL	15	15,73	236,00
	Total	30		
T4U3Tip	CONT/SAĞ	12	12,75	153,00
	CONT/SOL	12	12,25	147,00
	Total	24		

Ek 11 devamı: CONT grubunda sağ/sol verilerin karşılaştırılması

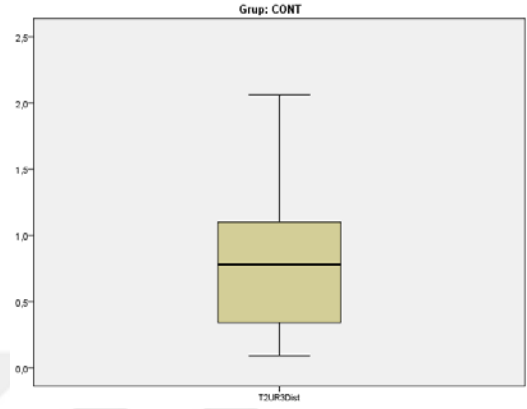
T2L3Dist	CONT/SAĞ	6	7,25	43,50
	CONT/SOL	6	5,75	34,50
	Total	12		
T3L3Dist	CONT/SAĞ	6	6,58	39,50
	CONT/SOL	6	6,42	38,50
	Total	12		
T4L3Dist	CONT/SAĞ	6	7,83	47,00
	CONT/SOL	6	5,17	31,00
	Total	12		
T1LSpace	CONT/SAĞ	6	6,42	38,50
	CONT/SOL	6	6,58	39,50
	Total	12		
T2LSpace	CONT/SAĞ	6	6,33	38,00
	CONT/SOL	6	6,67	40,00
	Total	12		
T3LSpace	CONT/SAĞ	6	5,92	35,50
	CONT/SOL	6	7,08	42,50
	Total	12		
T4LSpace	CONT/SAĞ	6	5,67	34,00
	CONT/SOL	6	7,33	44,00
	Total	12		
T2L6Mez	CONT/SAĞ	6	7,00	42,00
	CONT/SOL	6	6,00	36,00
	Total	12		
T3L6Mez	CONT/SAĞ	6	6,75	40,50
	CONT/SOL	6	6,25	37,50
	Total	12		
T4L6Mez	CONT/SAĞ	6	6,17	37,00
	CONT/SOL	6	6,83	41,00
	Total	12		
T1L3Rot	CONT/SAĞ	6	6,75	40,50
	CONT/SOL	6	6,25	37,50
	Total	12		
T2L3Rot	CONT/SAĞ	6	6,50	39,00
	CONT/SOL	6	6,50	39,00
	Total	12		
T3L3Rot	CONT/SAĞ	6	6,00	36,00
	CONT/SOL	6	7,00	42,00
	Total	12		
T4L3Rot	CONT/SAĞ	6	5,00	30,00
	CONT/SOL	6	8,00	48,00
	Total	12		
T2L3Tip	CONT/SAĞ	6	8,33	50,00
	CONT/SOL	6	4,67	28,00
	Total	12		
T3L3Tip	CONT/SAĞ	6	5,75	34,50
	CONT/SOL	6	7,25	43,50
	Total	12		
T4L3Tip	CONT/SAĞ	6	6,50	39,00
	CONT/SOL	6	6,50	39,00
	Total	12		

Ek 12: CONT grubunda sağ-sol veriler grup içinde birleştirildikten sonra yapılan genel istatistik değerlendirmede her bir ölçümden elde edilen verilerin genel dağılımlarının gösteren grafikler.

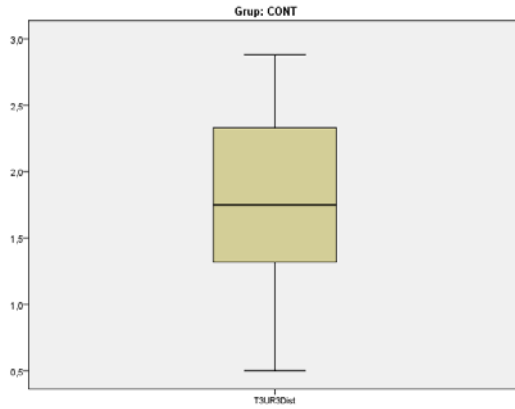
T2UR3Dist



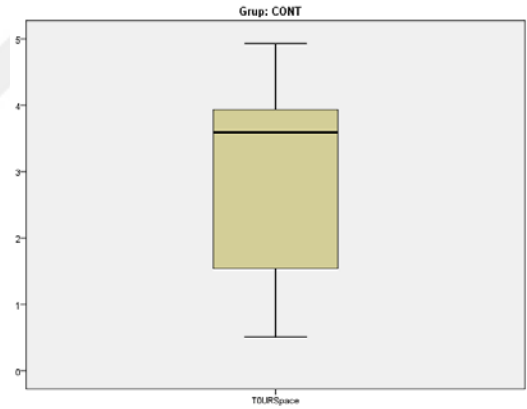
T3UR3Dist



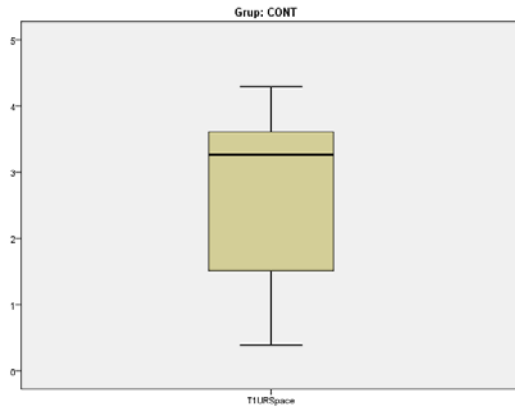
T4UR3Dist



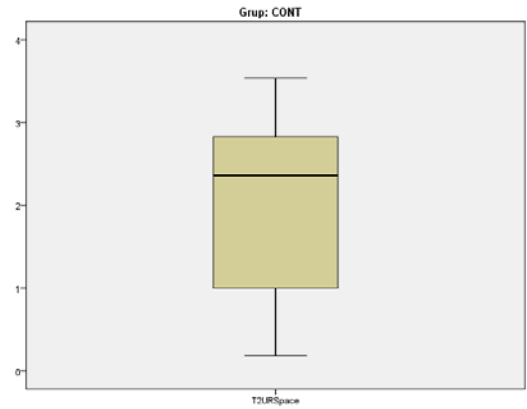
T1URSpace



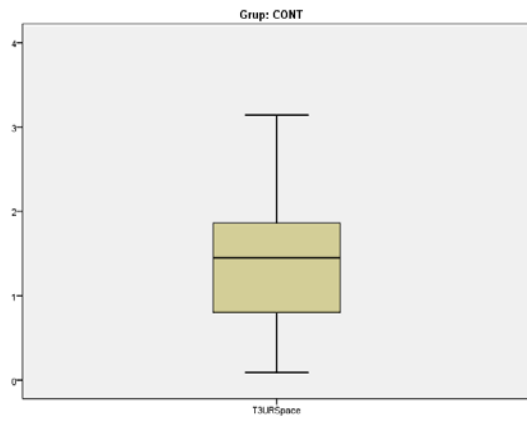
T2URSpace



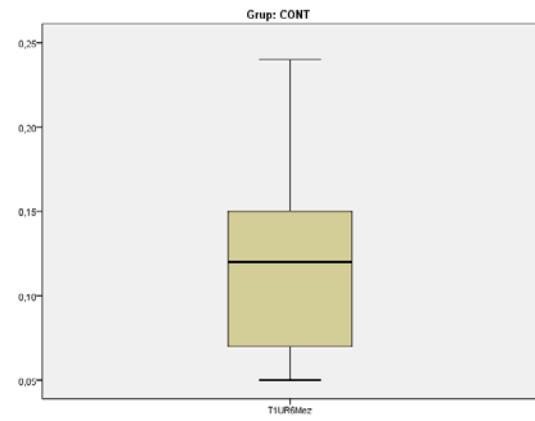
T3URSpace



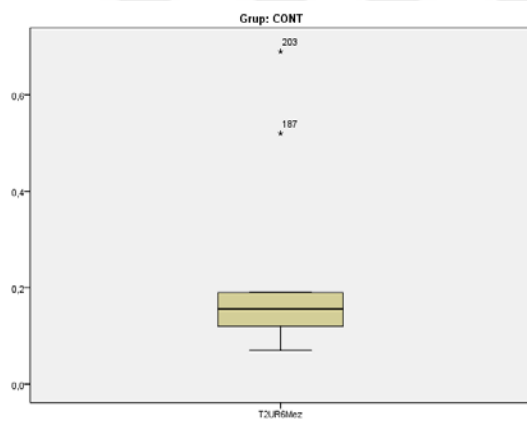
T4URSpace



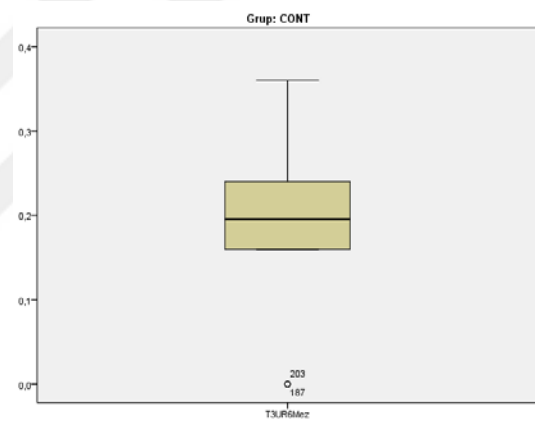
T2UR6Mez



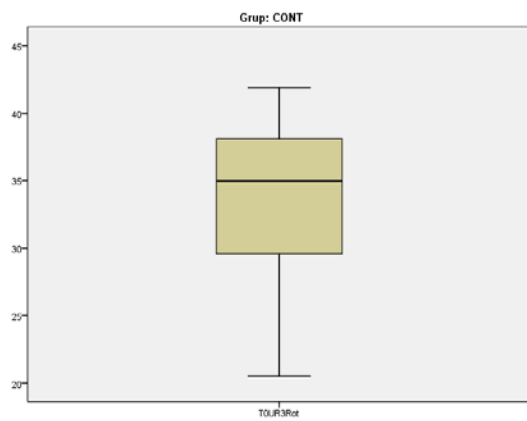
T3UR6Mez



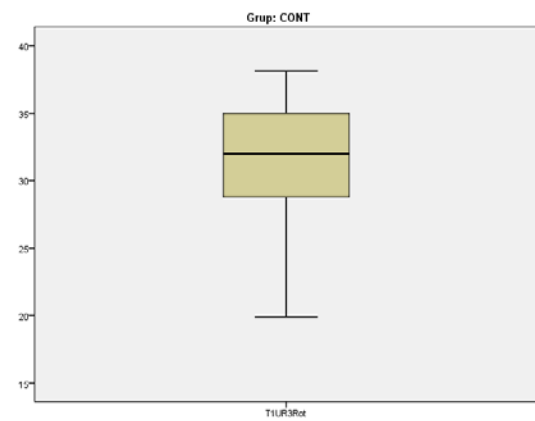
T4UR6Mez



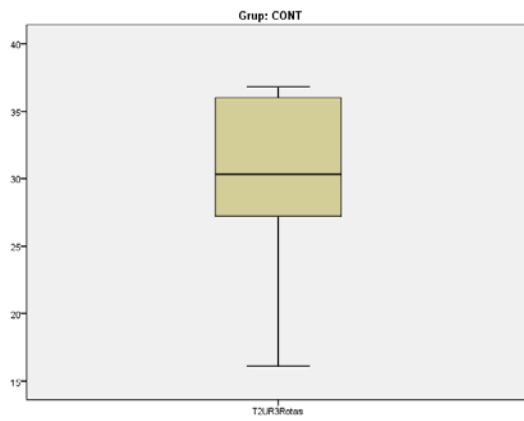
T1UR3Rot



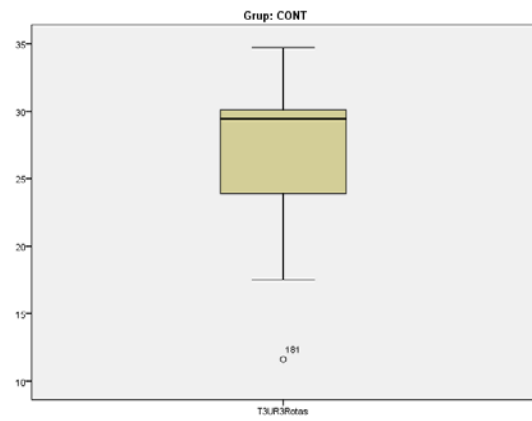
T2UR3Rot



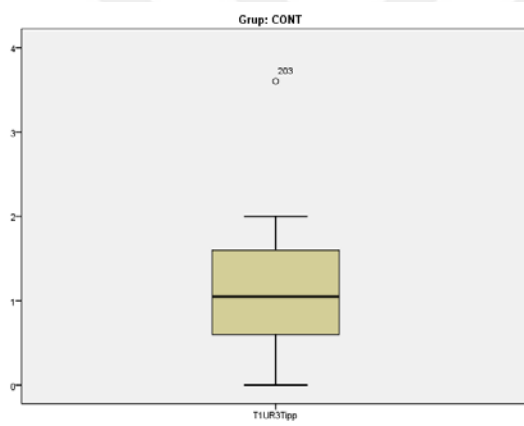
T3UR3Rot



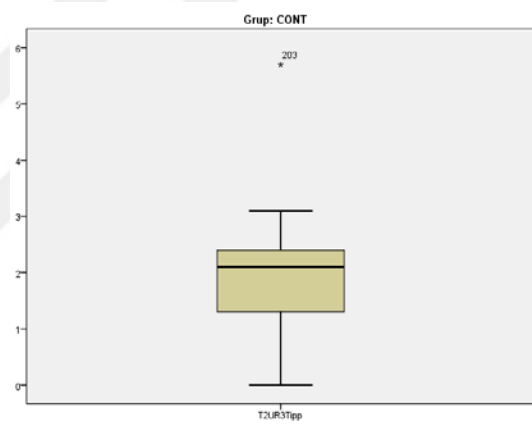
T4UR3Rot



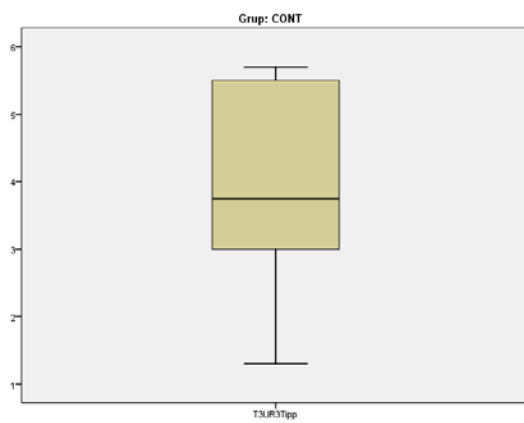
T2UR3Tipp



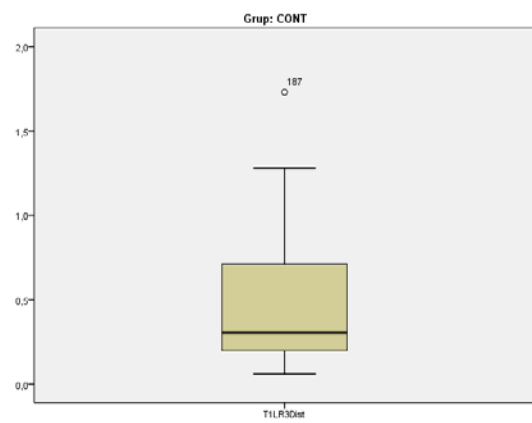
T3UR3Tipp



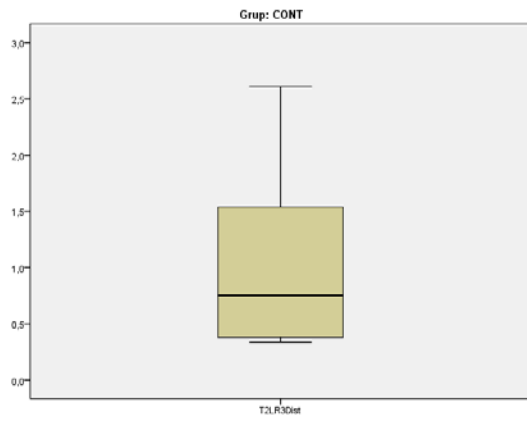
T4UR3Tipp



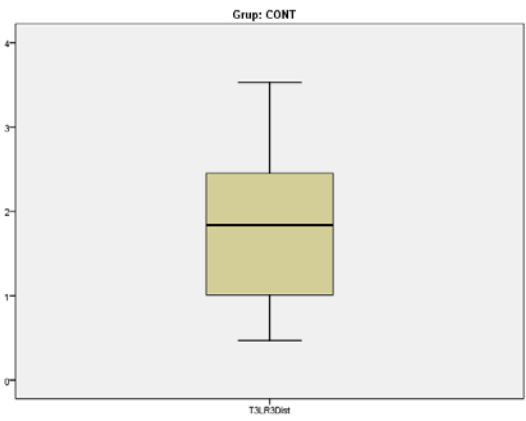
T2LR3Dist



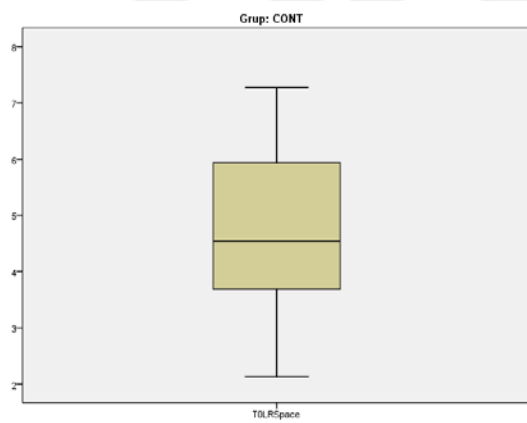
T3LR3Dist



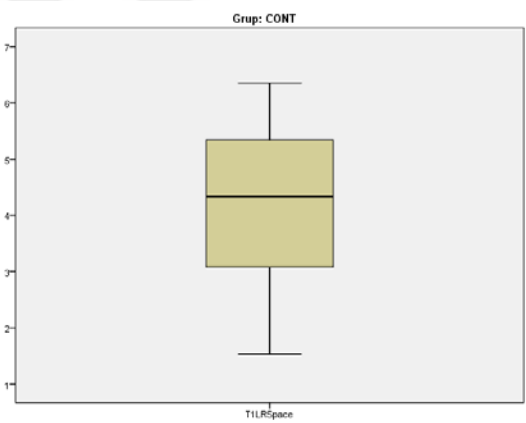
T4LR3Dist



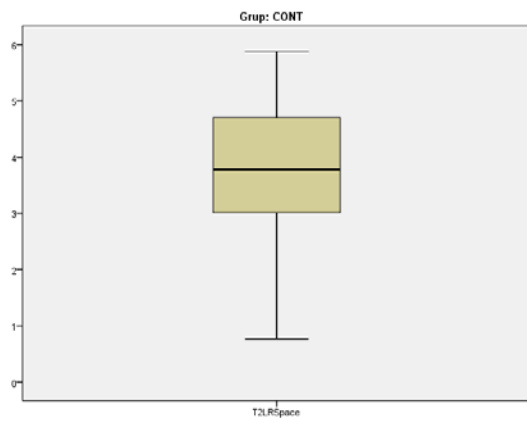
T1LRSpace



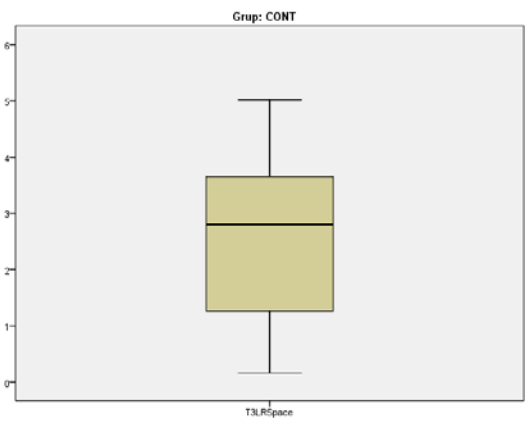
T2LRSpace



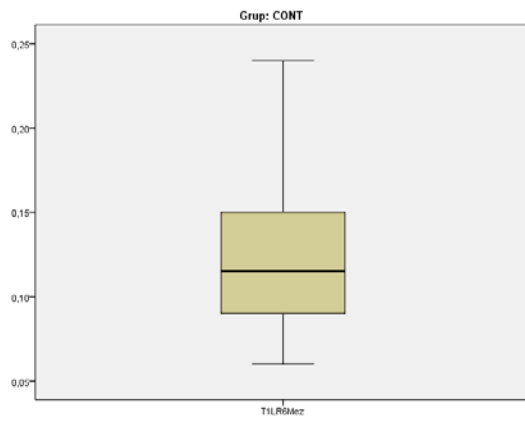
T3LRSpace



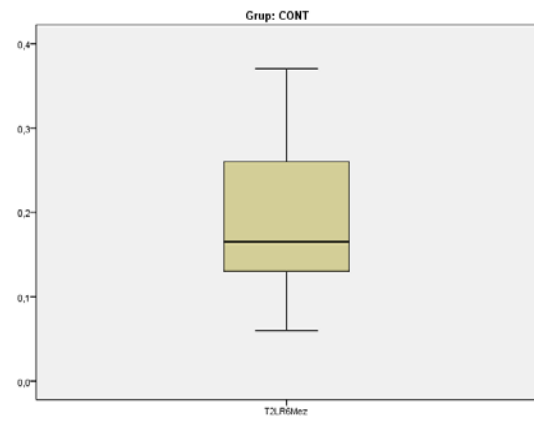
T4LRSpace



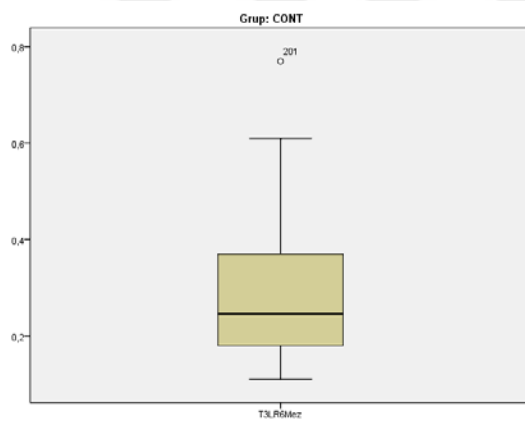
T2LR6Mez



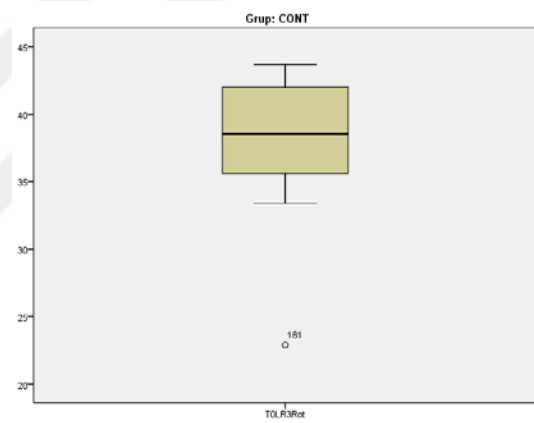
T3LR6Mez



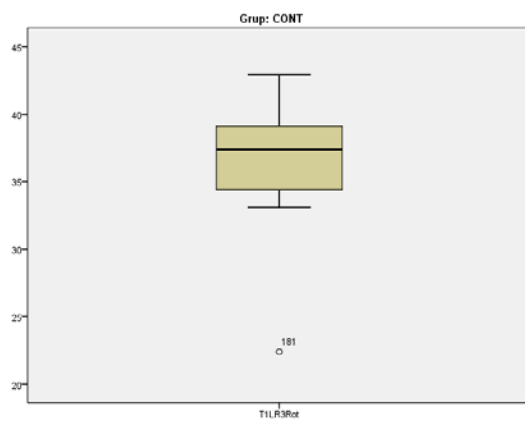
T4LR6Mez



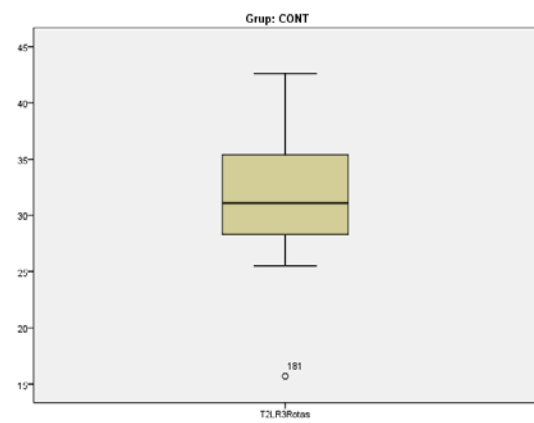
T1LR3Rot



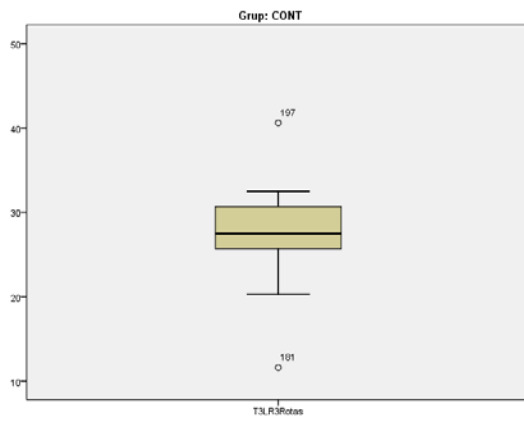
T2LR3Rot



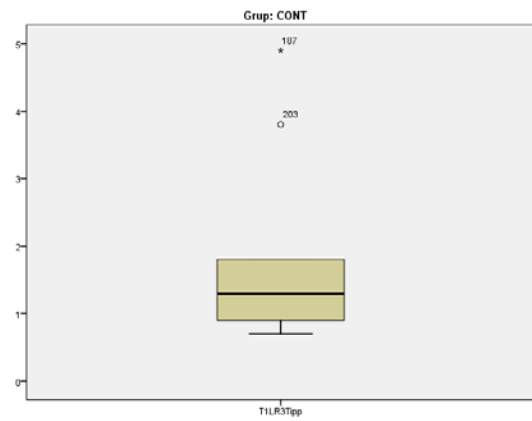
T3LR3Rot



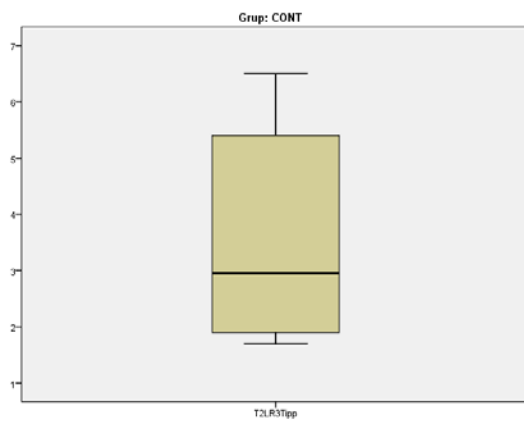
T4LR3Rot



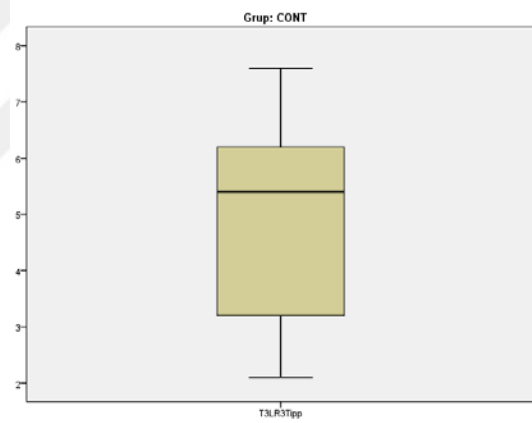
T2LR3Tipp



T3LR3Tipp



T4LR3Tipp



Ek 13: CONT grubunda sağ-sol verilerin birleştirilmesi sonucunda oluşturulan dağılım homojenliğini gösteren tablo

	Levene istatistik	df1	df2	Sig.
T2U3Dist	0,020	1	28	0,889
T3U3Dist	0,997	1	28	0,326
T4U3Dist	0,064	1	22	0,802
T1U3Space	2,224	1	28	0,147
T2U3Space	4,170	1	28	0,051
T3U3Space	2,215	1	28	0,148
T4U3Space	2,680	1	22	0,116
T2U6Mez	2,975	1	28	0,096
T3U6Mez	4,013	1	28	0,055
T4U6Mez	4,987	1	22	0,036
T1U3Rot	0,200	1	28	0,658
T2U3Rot	1,380	1	28	0,250
T3U3Rot	0,080	1	28	0,779
T4U3Rot	2,738	1	22	0,112
T2U3Tip	0,077	1	28	0,784
T3U3Tip	0,772	1	28	0,387
T4U3Tip	1,280	1	22	0,270
T2L3Dist	0,454	1	10	0,516
T3L3Dist	1,769	1	10	0,213
T4L3Dist	0,314	1	10	0,588
T1L3Space	0,000	1	10	0,994
T2L3Space	0,157	1	10	0,700
T3L3Space	0,066	1	10	0,803
T4L3Space	0,155	1	10	0,702
T2L6Mez	0,824	1	10	0,385
T3L6Mez	0,958	1	10	0,351
T4L6Mez	0,400	1	10	0,541
T1L3Rot	2,004	1	10	0,187
T2L3Rot	1,221	1	10	0,295
T3L3Rot	0,807	1	10	0,390
T4L3Rot	0,682	1	10	0,428
T2L3Tip	0,081	1	10	0,782
T3L3Tip	0,000	1	10	0,985
T4L3Tip	0,004	1	10	0,950

Ek 14: PLD ve CONT grubunda yapılan periodontal ölçümlerde verilerin tanınlanması

		PLD					
		Geçerli		Eksik		Toplam	
		Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
PI	T0 TEDBAS	34	100,0%	0	0,0%	34	100,0%
	T1 DISTBAS	34	100,0%	0	0,0%	34	100,0%
	T4 DISTSON	34	100,0%	0	0,0%	34	100,0%
GI	T0 TEDBAS	34	100,0%	0	0,0%	34	100,0%
	T1 DISTBAS	34	100,0%	0	0,0%	34	100,0%
	T4 DISTSON	34	100,0%	0	0,0%	34	100,0%
PD	T0 TEDBAS	34	100,0%	0	0,0%	34	100,0%
	T1 DISTBAS	34	100,0%	0	0,0%	34	100,0%
	T4 DISTSON	34	100,0%	0	0,0%	34	100,0%

		CONT					
		Geçerli		Eksik		Toplam	
		Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
PI	T0 TEDBAS	30	100,0%	0	0,0%	30	100,0%
	T1 DISTBAS	30	100,0%	0	0,0%	30	100,0%
	T4 DISTSON	30	100,0%	0	0,0%	30	100,0%
GI	T0 TEDBAS	30	100,0%	0	0,0%	30	100,0%
	T1 DISTBAS	30	100,0%	0	0,0%	30	100,0%
	T4 DISTSON	30	100,0%	0	0,0%	30	100,0%
PD	T0 TEDBAS	30	100,0%	0	0,0%	30	100,0%
	T1 DISTBAS	30	100,0%	0	0,0%	30	100,0%
	T4 DISTSON	30	100,0%	0	0,0%	30	100,0%

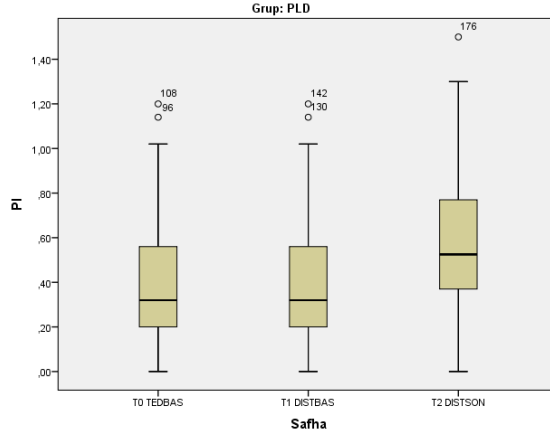
Ek-15. PLD ve CONT grubunda yapılan periodontal ölçümlerin veri dağılımını gösteren genel istatistik tablosu

PLD							
		Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		İstatistik	df	P	İstatistik	df	P
PI	T0 TEDBAS	0,155	34	0,038	0,892	34	0,003
	T1 DISTBAS	0,155	34	0,038	0,892	34	0,003
	T4 DISTSON	0,113	34	0,200*	0,960	34	0,238
GI	T0 TEDBAS	0,147	34	0,062	0,877	34	0,001
	T1 DISTBAS	0,147	34	0,062	0,877	34	0,001
	T4 DISTSON	0,168	34	0,016	0,884	34	0,002
PD	T0 TEDBAS	0,235	34	0,000	0,899	34	0,004
	T1 DISTBAS	0,235	34	0,000	0,899	34	0,004
	T4 DISTSON	0,081	34	0,200*	0,977	34	0,663

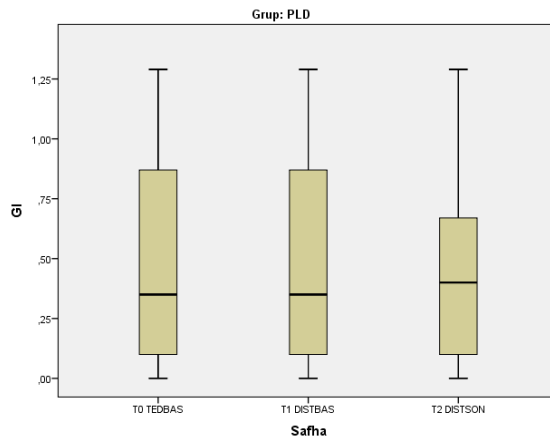
CONT							
		Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		İstatistik	df	P	İstatistik	df	P
PI	T0 TEDBAS	0,188	30	0,009	0,874	30	0,002
	T1 DISTBAS	0,123	30	0,200*	0,937	30	0,077
	T4 DISTSON	0,183	30	0,011	0,915	30	0,020
GI	T0 TEDBAS	0,127	30	0,200*	0,915	30	0,020
	T1 DISTBAS	0,136	30	0,167	0,919	30	0,025
	T4 DISTSON	0,112	30	0,200*	0,950	30	0,167
PD	T0 TEDBAS	0,103	30	0,200*	0,951	30	0,182
	T1 DISTBAS	0,174	30	0,021	0,915	30	0,020
	T4 DISTSON	0,085	30	0,200*	0,961	30	0,320

Ek 16: PLD grubunda her bir periodontal ölçümden elde edilen verilerin genel dağılımlarının gösteren grafikler.

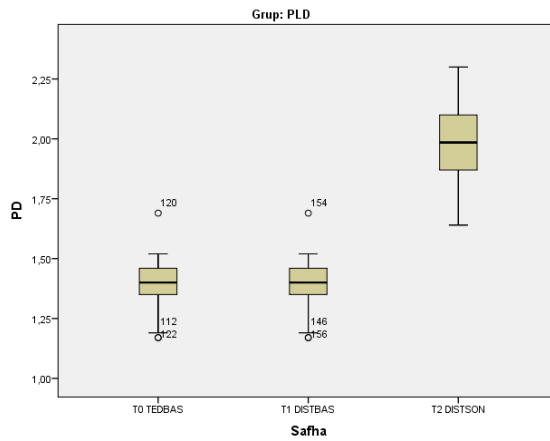
PI



GI

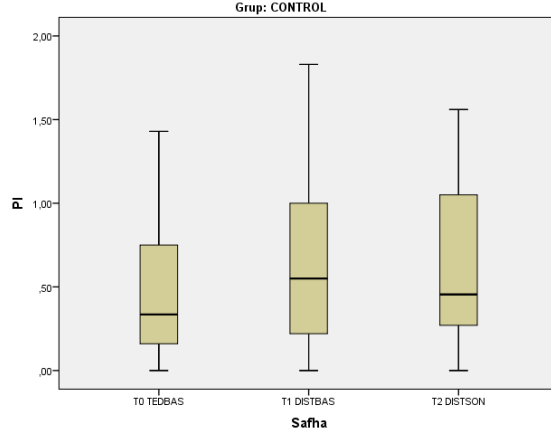


PD

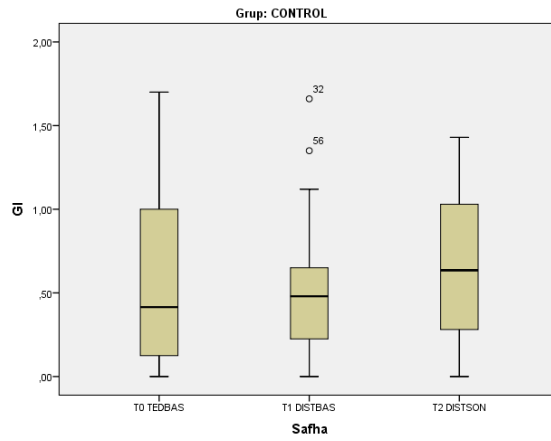


Ek 17: CONT grubunda her bir periodontal ölçümden elde edilen verilerin genel dağılımlarının gösteren grafikler.

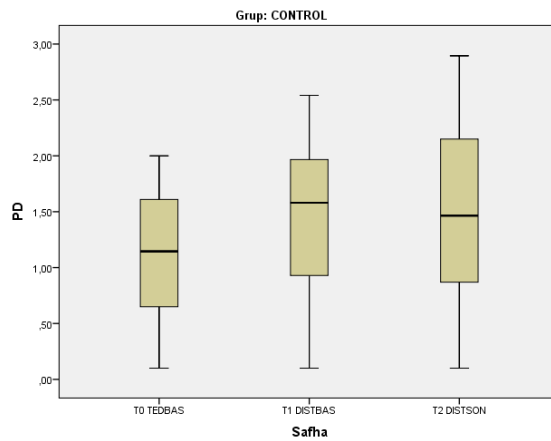
PI



GI



PD



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Hande Usta

Doğum Yeri: Ankara/Çankaya

Doğum Tarihi: 26.11.1987

Medeni Hali: Bekar

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl):

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti AD (2011-2016)

Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi (2005-2010)

Çankaya Milli Piyango Anadolu Lisesi, Ankara (2001-2005)

Çankaya İlköğretim Okulu, Ankara (1999-2001)

Sabancı İlköğretim Okulu, Erzurum (1997-1999)

İstiklal İlköğretim Okulu, Edirne (1993-1997)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl: Dişvest Ağız ve Diş Sağlığı Polikliniği (2010-2011)

e-posta: hande.usta@hotmail.com

Üye Olduğu Bilimsel Kuruluşlar:

Avrupa Ortodonti Derneği (European Orthodontic Society)

Türk Ortodonti Derneği

Bilimsel Etkinlikler:

7. Ulusal Sağlık Bilimlerinde Süreli Yayıncılık Sempozyumu. 20 Kasım 2009, Ankara

İleri İmplantoloji Kursu. 14-15 Mayıs 2011, İzmir

Course on Orthodontic Treatment Mechanics and the Pre-adjusted Appliance. 20-21 Mayıs 2013, İstanbul

Course on Current Options For Skeletal Anchorage in Orthopedic and Orthodontic Treatment Work. 10 Ocak 2014, Ankara

XIV. Uluslararası Türk Ortodonti Derneği Kongresi. 25-29 Ekim 2014, Ankara

Course on Inter-arch Treatment Mechanics-Class II Treatment. 25-26 Mayıs 2015, İstanbul

91st Congress of the European Orthodontic Society. 13-18 June 2015. Venice, Italy

XIV. Uluslararası Türk Ortodonti Derneği Sempozyumu. 02-04 Kasım 2015, Eskişehir

XV. Uluslararası Türk Ortodonti Derneği Kongresi. 1-5 Ekim 2016, Antalya