



T.C.

YEDİTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTODONTİ ANABİLİM DALI

**TİTREŞİM VE IŞIK UYGULAMASININ
SEVİYELENME SAFHASINDAKİ ORTODONTİK
TEDAVİ HIZI ÜZERİNE ETKİSİ**

DOKTORA TEZİ

Dt. SEDEF SERA HEPDARCAN

DANIŞMAN

Prof. Dr. Fulya ÖZDEMİR

Yardımcı Danışman

Yard. Doç. Dr. Murat TOZLU

İSTANBUL-2016

TEZ ONAYI FORMU

Kurum : Yeditepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

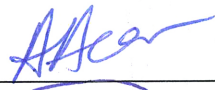
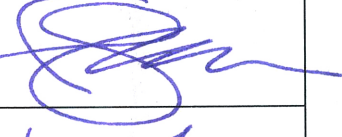
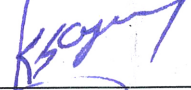
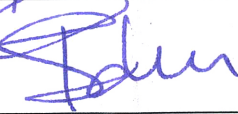

Program : Ortodonti Doktora

Tez Başlığı : “Titreşim ve Işık Uygulamasının Seviyelenme Safhasındaki Ortodontik Tedavi Hızı Üzerine Etkisi”

Tez Sahibi : Dt. Sedef Sera Hepdarcan Sırman

Sınav Tarihi : 21.12.2016 Çarşamba

Bu çalışma jürimiz tarafından kapsam ve kalite yönünden Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı, Adı-Soyadı (Kurumu)	İmza
Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Aliu Acar Marmara Üniversitesi	
Tez danışmanı:	Prof. Dr. Fulya Özdemir Yeditepe Üniversitesi	
Üye:	Prof. Dr. Korkmaz SAYINSU İstanbul Kemerburgaz Univ.	
Üye:	Doç. Dr. İbrahim Nalbantoğlu Yeditepe Üniversitesi	
Üye:	Doç. Dr. Nurey Çape Yeditepe Univ. Disiplin	

ONAY

Bu tez Yeditepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun 30.12.2016... tarih ve 2016/25-08.....sayılı kararı ile onaylanmıştır.


Prof. Dr. Bayram YILMAZ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYAN

Bu tezin kendi çalışmam olduğunu, planlanmasından yazımına kadar hiçbir aşamasında etik dışı davranışımın olmadığını, tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları kaynaklar listesine aldığımı, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Tarih 20.12.2016

İmza 

Adı Soyadı Sedat Sera Hepolarcan

TEŞEKKÜR

Ortodonti eğitimim sırasında sunmuş olduğu tüm olanaklar ve desteği için Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı Sayın **Prof. Dr. Rabia Figen Uysal Kaptan'** a, ve kalbimizdeki yeri kalıcı olan problem çözme yeteneği ve duruşu ile örnek aldığım geçmiş dekanımız **Prof. Dr. Türker Sandallı'** ya,

Tezimin hazırlanma sürecinde ve doktora eğitimim sırasında benden hiçbir yardımını esirgemeyen kendisini tanıma fırsatı bulduğum için kendimi çok şanslı hissettiğim, aynı okullardan mezun olmakla her daim gururlandığım, bizlere her zaman örnek olan, eğitimime sonsuz değerli katkılar sunan, canım hocam tez danışmanım Sayın **Prof. Dr. Fulya Işık Özdemir'** e,

Tezimin hazırlanmasındaki yardımları, yeni şeyler deneme hevesimi yüreklendiren yapısı ve doktora eğitimime yapmış olduğu değerli katkılarından dolayı yardımcı tez danışmanım Sayın **Yard. Doç. Dr. Murat Tozlu'** ya,

Ortodonti eğitimim boyunca bana emeği geçen ve her konuda destek olan, güler yüzü ile bizleri motive eden, eğitimci kişiliğinin yanında klinisyenliğini de her zaman örnek aldığım değerli hocam Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı Başkanı Sayın **Doç. Dr. Didem Nalbantgil'** e,

Ortodonti eğitimim süresince katkı ve desteğini hissettiğim, her zaman titizlikle çalışan, eğiten ve her zaman ufkumu açan hocam Sayın **Doç. Dr. Derya Çakan'**a,

Doktora eğitimim sırasında bana destek ve yardımcı olan, akademik çalışmalar için beni yüreklendiren Sayın **Yrd. Doç. Dr. Feyza Eraydın** ve kendisine saygı duyup disiplinini örnek alırken aynı zamanda bize bir abla sıcaklığını hissettirdiği için Sayın **Dr. Burcu Nur Yılmaz'**a, doktora eğitimim boyunca tecrübelerinden faydalandığım Sayın **Burak Aydın'**a,

Diş hekimliği öğrenciliğimin son yılındaki tez çalışmam sayesinde tanışma fırsatı bulduğum, insani ve ahlaki değerleri ile her zaman örnek aldığım değerli hocam Sayın **Prof. Dr. Özen Doğan Onur'**a ve sayesinde hayatıma giren çok değerli hocam Sayın **Prof. Dr. Tülin Arun'**a,

Birlikte çalışmaktan büyük keyif aldığım sevgili arkadaşlarım ile tüm ortodonti bölümü çalışanlarına,

Her zaman kalbimde, dolayısıyla hep yanımda olan hiç bir şeyin benden ayıramayacağı, bugün olduğum insan olmamı sağlayan vazgeçilmez koruyucu meleğim canım annem Sayın **Fatma Fügen Özkınay**,

Annem kadar sevdiğim, hayatım boyunca bana her zaman güçlü olmayı öğreten, tüm destekleri ile bu günlere gelmemi sağlayan, her konuda varlığını yanımda hissettiren, en büyük güç kaynağım canım anneannem Sayın **Aliye Özkınay** ve bana hep inanan dedem Sayın **Metin Özkınay**'a,

Küçüklüğümde beri aklımdaki diş hekimi imajının karizmatik temsilcisi olup bu mesleği seçmeme neden olan sevgili babam Sayın **Dt. İbrahim Hepdarcan**'a ve tüm aileme,

Her durumda yüzümü güldürmeyi başaran, tez hazırlığı sürecimde bol bol bilgisayar oyunları oynayarak bana çalışmam için fırsat veren ve beni her konuda destekleyen sevgili eşim Sayın **Berker Sırman**'a ve sayesinde tanıştığım ikinci aileme sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI FORMU	ii
BEYAN	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER	vi
TABLO LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
RESİM LİSTESİ.....	xi
KISALTMALAR ve SİMGELER.....	xii
ÖZET	xiv
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ ve AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1 Diş Destekleyen Yapılar	2
2.1.1 Dişeti	2
2.1.2 Periodontal Ligament	2
2.1.3 Sement.....	3
2.1.4 Alveolar Kemik	3
2.2 Ortodontik Diş Hareketi Teorileri	4
2.2.1 Basınç - Gerilim Teorisi	4
2.2.2 Kemik - Eğilme Teorisi.....	5
2.2.3 Piezoelektrik Teori	6
2.3 Ortodontik Diş Hareketinin Biyokimyası	7
2.4 Ortodontik Diş Hareketindeki Kronolojik Model	9
2.5 Optimum Ortodontik Kuvvet	10
2.6 Diş Hareketini Hızlandırıcı Yöntemler	10
2.6.1 Ortodontik Diş Hareketinin Hızlandırılmasında Kullanılan Cerrahi Uygulamalar.....	11
2.6.1.1 Distraksiyon Osteogenezis	11

2.6.1.2 Kortikotomi	12
2.6.2 Ortodontik Diş Hareketinin Hızlandırılmasında Kullanılan Cerrahi Olmayan Uygulamalar	13
2.6.2.1 Kimyasal Uygulamalar	13
2.6.2.2 Gen Transferi	16
2.6.2.3 Mekanik Stimulasyon - Titreşim	17
2.6.2.4 Işık ile Biyostimulasyon	21
3. BİREYLER ve YÖNTEM.....	25
3.1 Bireyler	25
3.2 Çalışmada Kullanılan Malzemeler	26
3.3 Yöntem	26
3.3.1 Hastaların bilgilendirilmesi	26
3.3.2 Apareylerin Hazırlanması, Çalışma Prensipleri	27
3.3.3 Tedavi protokolü	32
3.3.4 Seviyelenme Miktarı Ölçümü	32
3.4 İstatistiksel incelemeler	33
4. BULGULAR.....	34
4.1 Yöntem Hatası Değerlendirilmesi	34
4.2 Grupların Yaş Dağılımının Değerlendirilmesi	35
4.3 Grupların Cinsiyet Dağılımlarının Değerlendirilmesi.....	35
4.4 Başlangıç Çapaşıklık Değerlerinin Gruplar Arası Karşılaştırılması.....	36
4.5 Çapaşıklık Miktarlarının Değerlendirilmesi	36
4.6 Çapaşıklığın Düzeltme Miktarlarının Değerlendirilmesi.....	39
4.7 Apareylerin Kullanım Sürelerinin Değerlendirilmesi	43
4.8 Çapaşıklık Miktarının Seviyelenme Miktarı ile İlişkisinin Değerlendirilmesi.	45
5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR.....	46
5.1 Amaç, Birey ve Yöntemin Tartışılması.....	46
5.2 Bulguların Tartışılması.....	52
5.3 Sonuçlar.....	57
6. KAYNAKLAR	58
7. ÖZGEÇMİŞ	74
EK 1: ETİK KURUL ONAYI.....	76



TABLO LİSTESİ

Tablo 4.1: T0, T1 ve T2 zamanları çapraşıklık miktarı ölçümlerine ilişkin yöntem hatası değerlendirilmesi	34
Tablo 4.2: Çalışmaya katılan hastaların yaş dağılımlarının değerlendirilmesi.....	35
Tablo 4.3: Grupların cinsiyet dağılımlarını gösteren tablo	35
Tablo 4.4: Gruplar arası başlangıç (T0) çapraşıklık değerleri	36
Tablo 4.5: Çapraşıklık miktarı ölçümlerine ilişkin değerlendirmeler.....	36
Tablo 4.6: Çapraşıklık miktarlarının ikili karşılaştırmaları	38
Tablo 4.7: Çapraşıklık değişim miktarlarına ilişkin değerlendirmeler.....	39
Tablo 4.8: T1 ile T0 zamanları arasındaki çapraşıklık düzelme miktarlarının ikili karşılaştırmaları	40
Tablo 4.9: T2 ile T1 zamanları arasındaki çapraşıklık düzelme miktarlarının ikili karşılaştırmaları	41
Tablo 4.10: T2 ile T0 zamanları arasındaki çapraşıklık düzelme miktarlarının ikili karşılaştırmaları	42
Tablo 4.11: Apeyinin farklı gruplarda kullanım sürelerine ilişkin değerlendirmeler	43
Tablo 4.12: Apeyilerin kullanım sürelerine ilişkin değerlendirmeler.....	44
Tablo 4.13: Apeyilerin kullanım miktarlarına ilişkin değerlendirmeler	44
Tablo 4.14: Çapraşıklık miktarı ile çapraşıklığın düzelme miktarına ilişkin değerlendirmeler	45

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 4.1: Çapraşıklık miktarlarının grafik görünümü.....	37
Şekil 4.2: Çapraşıklık miktarlarının grafik görünümü.....	39
Şekil 4.3: T1-T0 zamanları arasındaki çapraşıklık düzelme miktarlarının grafik görünümü.....	40
Şekil 4.4: T2-T1 zamanları arasındaki çapraşıklık düzelme miktarlarının grafik görünümü.....	41
Şekil 4.5: T2-T0 zamanları arasındaki çapraşıklık düzelme miktarlarının grafik görünümü.....	42

RESİM LİSTESİ

Resim 3.1: Hazırlanan ışıklı ve ışınsız cihazların iç aksam görünüşleri.....	27
Resim 3.2: Hastalara teslim edilmek üzere hazırlanmış cihaz örneği. Pil ile çalışan gövde ve takıp çıkarılabilen elastik ağız içi parçası.....	28
Resim 3.3: Fotobiyomodulasyon özellikli aygıtın LED ışık kaynağının karşıdan görünüşü.....	28
Resim 3.4: Sadece titreşim uygulayan aygıtın ağız parçasına bakan kısmının karşıdan görünüşü.....	28
Resim 3.5: Takıp çıkarılabilen ağız içi parçasının karşıdan görünüşü.....	29
Resim 3.6: Kullanılan şarj edilebilir pil ile şarj edilebilen pillerin şarj ünitesi.....	29
Resim 3.7: Apeayin Uygulanışı.....	30
Resim 3.8: Dijital kaliper.....	31
Resim 3.9: Little'ın çapraşıklık indeksinin dijital kaliper ile ölçümü.....	31
Resim 3.10: Little'ın çapraşıklık indeksi ölçümünün şematik görüntüsü.....	31

KISALTMALAR ve SİMGELER

cm	santimetre
cm²	santimetrekare
DHCC	Dihidroksikolekalsiferol
dk	Dakika
Ga-Al-As	Gallium-Aliminium-Arsenide
GF	Growth Factor (Büyüme Faktörü)
He/Ne	Helyum Neodyum
HOT	Hızlı Ortodontik Tedavi Cihazı
Hz	Hertz
ICC	Interclass Corelation Coefficient (Sınıf İçi Korelasyon)
IFN	Interferon
IL	Interleukin
J	Joule
LED	Light Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)
M-CSF	Makrofaj Koloni Stimulasyon Faktörü
mm	milimetre
N	Newton
n	Katılımcı sayısı
Ni-Ti	Nikel-Titanyum
nm	Nanometre
OPG	Osteoprotegerin
Ort	Ortalama
p	Anlamlılık
PDL	Periodontal Ligament
PG	Prostoglandin
RANK	Reseptör Aktivatör Nükleer Kappa B
RANKL	Reseptör Aktivatör Nükleer Kappa B Ligand'ı
SS	Standart Sapma
TNF	Tümör Nekroz Faktörü
W	Watt
”	İnç (<i>Inch</i>)

<	Küçük
>	Büyük
=	Eşit
+	Pozitif, Artı
-	Negatif
±	Fazla ya da Az
%	Yüzde
/	Oran



ÖZET

Hepdarcan S.S. (2016). Titreşim ve Işık Uygulamasının Seviyelenme Safhasındaki Ortodontik Tedavi Hızı Üzerine Etkisi. Yeditepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Ortodonti ABD., Doktora Tezi. İstanbul.

Bu çalışmada çapraşık mandibular kesici dişlerin seviyelenmesi sırasında titreşim ve fotobiyomodulasyon yöntemlerinin seviyelenme sürelerine etkisini konvansiyonel tedavilerle karşılaştırarak değerlendirmek amaçlanmıştır. Günümüzde kullanılan invaziv veya sistemik olarak hastaları etkileyebilen yöntemlere alternatif olabilecek, konservatif ve hasta tarafından kolaylıkla kabul edilebilir, tedavi süresince istenilen süre boyunca etkisi devam ettirilebilen bir yöntem geliştirilmeye çalışılmıştır. Çalışmamıza Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'na başvurmuş toplam 36 hasta (yaş ort: 20 yıl 11 ay, E/K=14/24) dahil edilmiştir. Hastalar dört gruba bölünmüştür. 8 hastadan oluşan birinci grup kontrol grubudur. 10 hastadan oluşan ikinci gruba titreşim, 9 hastadan oluşan üçüncü gruba ışık ve 9 hastadan oluşan son gruba titreşim ve ışığın birlikte yer aldığı aygıtlar (HOT) günde 20 dakika süre ile kullanılmıştır. Braketleme seansı (T0), 30. gün (T1) ve 60. gün (T2) ağız içi ölçüleri alınarak alçı modelleri elde edilmiştir. Modeller üzerinde hastaların diş hareket miktarları çapraşıklık değişimleri ölçülerek karşılaştırılmıştır. Bulgular SPSS 23.0 (Statistical Packages of Social Sciences) programı ile istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda kontrol grubunda 60 günde diş hareket miktarı ortalama $1,97\pm 0,17$ mm iken, titreşim grubunda $2,38\pm 0,52$ mm, ışık grubunda $3,28\pm 0,62$ mm, HOT grubunda $4,05\pm 0,39$ mm bulunmuştur. Işık grubu ve HOT grubunda kontrol grubuna göre anlamlı bir diş hareket hızı artışı gözlenmiştir ($p<0,05$). Elde edilen sonuçlara göre fotobiyomodulasyon uygulamasının ve titreşim ile fotobiyomodulasyonun birlikte uygulanmasının diş hareketinin hızlandırılmasında etkili yöntemler olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Ortodontik diş hareketi, titreşim, fotobiyomodulasyon, ışık, hızlandırılmış diş hareketi

SUMMARY

Hepdarcan S.S. (2016). The Effects of Vibration and Light Applications on Alignment Phase Orthodontic Treatment Duration. Yeditepe University Institute of Health Sciences Department of Orthodontics, PhD Thesis. İstanbul.

The aim of this study is to evaluate the effects of vibration and photobiomodulation techniques on mandibular incisor teeth alignment while comparing with conventional orthodontic treatments. Today there are invasive or systemic methods to accelerate tooth movement. With this study it was also desired to create a more conservative technique to accelerate tooth movement than those other methods, which would easily be accepted by the patients and have continuous effects throughout the desired period of the treatment. A total of 36 patients (mean age 20 years 11 months, M/F=14/24) who applied to Yeditepe University Faculty of Dentistry Department of Orthodontics were included in the study. Patients were assigned to four groups. First group, which consisted of 8 patients, was the control group. Second group with 10 patients received a vibrating device, third group, which had 9 patients, received a device, which produced light, and the last group consisting of 9 patients got a device which combined vibration and light features (HOT device). All patients with devices were asked to use them 20 minutes daily. At the initial appointment (T0), at day 30 and at day 60 impressions were taken to produce dental casts. The tooth movements of the patients were recorded measuring the differences in amounts of crowding. Results were statistically analyzed using SPSS 23.0 (Statistical Packages of Social Sciences) program. In control group 1.97 ± 0.17 mm, in vibration group 2.38 ± 0.52 mm, in light group 3.28 ± 0.62 mm and in HOT group 4.05 ± 0.39 mm tooth movement was observed. These measurements revealed statistical differences between control and light groups as well as a statistical difference between control and HOT groups ($p<0.05$); whereas, vibration group showed no statistical difference compared to the control. It is concluded that the photobiomodulation application and the combined usage of photobiomodulation and vibration can enhance tooth movement and are effective methods.

Key Words: Orthodontic tooth movement, vibration, photobiomodulation, light, accelerated tooth movement

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Ortodontik tedavilerin hedefi, bireylerin estetik ve fonksiyonlarını geliştirerek sosyal, psikolojik ve fiziksel sağlıklarını korumak ve iyileştirmek, böylelikle hayat kalitelerini yükseltmektir. Hızlı, ağrısız, histolojik zarar oluşturmayan ve stabil sonuçlar veren tedaviler bu hedeflere ulaşırlar. Kapsamlı sabit ortodonti tedavileri yaklaşık 2-3 yıl sürer (1,2). Ortodontik tedavilerin böyle uzun süreli olması hem hastalar hem hekim için zorlayıcı bir etkindir. Tedavinin uzunluğu, hasta kooperasyonunun azalmasına ve böylelikle çürük oluşumu, periodontal hastalıklar ve kök rezorpsiyonları gibi birçok istenmeyen durumun oluşmasına sebep olabilmektedir (3–7). Bu nedenle, araştırmacılar tedavi süresini kısaltacak yöntemler ile ilgili çalışmalar yapmaktadırlar.

Günümüze kadar, biyolojik diş hareketini hızlandırarak tedavi süresini kısaltmak amacıyla çeşitli yöntemler geliştirilmiş ve pek çok çalışma yapılmıştır. Mekanik kuvvetleri hüresel cevaba dönüştüren fizyolojik aracılar olarak görülen çeşitli mediatörlerin enjeksiyonları, cerrahi destekli teknikler, mekanik kuvvetlere ek olarak uygulanan elektriksel ve elektromanyetik alan uygulamaları, gen stimulasyonu, titreşim, lazer biyostimulasyonu ve fotobiyomodulasyon yöntemleri bu amaçlarla denenmiştir.

Sabit ortodontik tedaviler sırasında titreşim kuvvetleri kullanılmasının braket ve tel arasındaki sürtünme kuvvetini azaltarak diş hareketini hızlandıracağı bunun yanı sıra periodontal remodeling ve dolayısıyla diş hareket hızını artıracadığ düşüncesi ortodontik tedaviler sırasında kullanılacak titreşim uygulayan aygıtlar geliştirilmesini sağlamıştır.

Fotobiyomodulasyon terimi belirli bir dalga boyu aralığı, yoğunluk ve geçirgenliğe sahip ışığı, diş hekimliğinde farklı tedavi yöntemleri için kullanılan ışıktan ayırmak amacıyla kullanılır. Fotobiyomodulasyon istenilen bölgede metabolik aktiviteyi hızlandırıp remodeling sürecini kısaltmayı hedeflemektedir.

Yaptığımız bu çalışmanın amacı, çapraşık mandibular kesici dişlerin seviyelenmesi sırasında titreşim ve fotobiyomodulasyon yöntemlerinin seviyelenme sürelerine etkisini konvansiyonel tedavilerle karşılaştırarak değerlendirilmesidir.

Çalışmamız ile günümüzde kullanılan invaziv veya sistemik olarak hastaları etkileyebilen yöntemlere alternatif olabilecek, konservatif ve hasta tarafından kolaylıkla kabul edilebilir, tedavi süresince istenilen süre boyunca etkisi devam ettirilebilen bir yöntemin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

Ortodontik diş hareketi mekanizması, dişe gelen dış kuvvetlere karşı dişler ve dişleri saran dokuların birlikte hareketiyle, ortodonti ve ortopedinin kompleks bir birleşimi ile sağlanır. Dişleri çevreleyen ve destekleyen dokuların tümüne periodonsiyum denir. Dişeti, peridontal ligament, sement ve alveolar kemik periodonsiyumu oluşturur (8).

2.1 Dişi Destekleyen Yapılar

2.1.1 Dişeti

Dişleri kolelerinden saran ve çenelerin alveoler proseslerini örten parçalar dişetidir. Dişeti bir bağ dokusudur. Dişeti, kollajen ve retiküler fibriller, fibroblastlar, mast hücreleri, enflamatuar hücreler, osteoblast ve osteoklastlar, vasküler elemanlar ve sinirler içerir (8).

2.1.2 Periodontal Ligament

Periodontal ligament (PDL), dişlerin köklerini saran ve kemiğe bağlayan zengin kollajen içerikli bir bağ dokusudur. Sement ile alveol arasındaki boşluğu doldurur. Normal şartlar altında PDL diş köklerinin etrafında her yönde ortalama 0,5mm boşluğa sahiptir. Periodontal ligament içerisinde fibroblast, sementoblast, sementoklast, odontoklast ve yara iyileşmesi ve tamirinde görev alan makrofaj, monosit ve mast hücreleri yer alır (8). Malassez epitel artıkları da periodontal ligament içerisinde gözlenir. Malassez epitel artıklarının periodontal ligament içerisindeki rolleri anlaşılammıştır ancak ortodontik diş hareketi sırasında proliferasyona uğrarlar. Bu durum, remodeling aktivitesinin bir parçası olduklarını düşündürmektedir (9).

2.1.3 Sement

Sement, anatomik kökün dış yüzeyini oluşturur. Kalsifiye, avasküler, mezenkimal bir dokudur. Sement dokusu rezorpsiyon ve tamir olaylarına açık bir dokudur. Sement anormal tamir olaylarında rezorbe olduğunda dişlerde ankiloz gözlenebilir ki bu durum ortodontik tedavileri etkileyecek önemli bir durumdur (8).

2.1.4 Alveolar Kemik

Alveolar Kemik, kök yüzeyini çevreleyen ve bunu destekleyen kemikten oluşur. Alveolar kemik fonksiyonel gereksinimlere bağlı olarak çevresine sürekli adapte olan, yıkım ve yapım olayları sayesinde ortodontik hareketleri mümkün kılan dinamik bir yapıdır. Ortodontik diş hareketi mekanizmasını kavrayabilmek için kemik fizyolojisini, kraniyo-fasial kompleks morfolojisini ve biyomekaniklerini bilmek gerekir.

Periodonsiyumu oluşturan bu dokulara farklı büyüklük, sıklık, yön ve sürelerde uygulanan kuvvetler, bu yapıların farklı şekilde makroskopik ve mikroskopik yanıtlar vermesini sağlayarak ortodontik diş hareketini oluşturur (10). Ortodontik diş hareketi sırasında periodonsiyumda gerçekleşen histolojik değişimler fizyolojik diş migrasyonu ile benzerlik gösterir (11). Diş sürmesi fizyolojik bir hareket iken, ortodontik diş hareketi dışarıdan gelen kuvvetlere karşı oluşan fizyolojik ve patolojik cevapların bir birleşimidir (12). Ortodontik diş hareketinin aşamaları şu şekilde sıralanabilir:

Akut Enflamatuar Faz: Enflamasyon, vücuttaki dokuların karşılaştığı hasara karşı oluşturduğu yanıttır. Bu aşama kuvvetin uygulanmasından hemen sonra gerçekleşir. Dişin hareket miktarı periodontal dokuların esneme kapasitesi kadardır. 1-2 gün sonra akut enflamatuar faz sona erer.

Kronik faz: Bu aşama 20-30 gün sürer ve bu süre boyunca dişte hemen hemen hiç hareket gözlenmez. Periodontal ligamentte oluşan hyalinizasyon dokusunun buna sebep olduğu düşünülmektedir.

İlerleyen Hareket Fazı: Kuvvetin uygulanmasından ortalama 40 gün sonra ilerleyen hareket fazı başlar. Kronik fazda oluşmuş hyalinize doku dağılır; böylelikle dişte tekrar hareket gözlemlenir.

2.2 Ortodontik Diş Hareketi Teorileri

Ortodontik tedavinin temeli dişlere dışarıdan uygulanan kuvvetlerin sonucunda dişlerin hareket etmesine ve dişlerin etrafını çevreleyen dokuların remodeling yani yeniden yapılanmasına dayanır. Ortodontik diş hareketinin biyolojik sistemi 19. yüzyılda araştırılmaya başlanmıştır. Diş hareketinin temel mekanizmasını açıklayan farklı teoriler bulunmaktadır.

2.2.1 Basınç - Gerilim Teorisi

Sandstedt (13), Oppenheim (14) ve Schwarz (15) diş hareketi üzerine histolojik çalışmalar yapmışlardır. Çalışmalarının sonunda ulaştıkları bu teoriye göre, dişlere kuvvet uygulandığında dişler periodontal ligamette kuvvetin yönlendirdiği şekilde hareket eder ve PDL'nin bir yönde sıkışırken diğer yönde gerilmesine yol açar. PDL'nin sıkıştığı bölge "basınç bölgesi", gerildiği bölge "gerilim bölgesi" olarak adlandırılır. Basınç bölgesinde kan akışı azalırken, gerilim bölgesinde kan akışı aynı kalır veya artar. Eğer PDL'nin bazı bölgeleri aşırı gerilirse kan akışı geçici olarak durabilir. Kanlanmadaki bu farklılaşmalar ortamdaki kimyasal yapıyı hızla değiştirir. Örneğin PDL'nin sıkıştığı alanlarda oksijenlenme azalır. Bu değişimler dakikalar içerisinde farklı alanlardaki farklı metabolitlerin oranlarının değişmesine yol açar. Direkt olarak veya birbirini etkileyerek oluşan tüm değişimler hücresel diferensiyasyon ve aktiviteyi dolayısıyla da diş hareketini stimule eder (16).

Schwarz (15) uygulanan kuvvetin meydana getirdiği doku yanıtı ve kapiller kan basıncı arasındaki ilişkiyi de incelemiştir. Çalışmasının sonucunda uygulanan ortodontik kuvvetlerin kapiller kan basıncı seviyesini (20-25 gr/cm²) geçmemesi gerektiğini, aksi takdirde sıkışan periodonsiyumun doku nekrozuna sebep olacağını bildirmiştir. Kuvvetin daha da artırılmasının diş ve kemik dokularının fiziksel temasına ve rezorpsiyon ile hyalinizasyona sebep olacağını savunmuştur.

Basınç-gerilim teorisine göre basınç bölgesinde PDL'de düzensizlik oluşur ve fiber üretiminde, hücre çoğalmasında azalma meydana gelir. Kanlanmanın azalmasını takiben dokuda hyalinizasyon olarak tanımlanan bölgesel nekrozlar, komşu PDL dokularında ise dengeleyici hiperemi alanları oluşur (17). Hyalinizasyonun ilk belirtileri hücrelerde piknotik nükleidlerin görülmesi ve bunu takiben dokuda hücre içermeyen alanlar oluşmasıdır. Nekrotik alanlardan salınan çeşitli kimyasal ajanlar

nekrotik PDL'lerin çevresine, yıkımda görev alan hücrelerin göç etmesine sebep olur (18,19). Hyalinize nekrotik alan, zarar görmemiş komşu dokulardan gelen makrofajlar, yabancı cisim dev hücreleri ve osteoklastlar gibi hücresel elemanların göçü sayesinde iyileşir. Bu hücreler nekrotik PDL'nin yanı sıra bölgedeki kemik ve sementi de rezorbe eder. Bu gelişmeler "indirekt" ya da "*undermining*" rezorpsiyon olarak adlandırılır (20,21). Gerilim bölgesinde ise fiber demetlerinin gerilmesi ile hücresel aktivite, hücre çoğalması, fiber üretimi belirgin düzeyde artar.

Reitan ve ark (22) ve Reitan (23) ortodontik kuvvet uygulaması sonucu oluşan histolojik değişimleri incelediği çalışmalarında hyalinize dokularda normal doku yapısının bozulmuş ve kollajenin karakteristik özelliğinin kaybolmuş olduğunu gözlemlemiştir. Dişlerin devrilme hareketi gibi minimal kuvvetlerde bile hyalinizasyon oluştuğunu, translyasyon hareketinde az miktarda hyalinizasyon görüldüğünü, uygulanan aynı büyüklükteki kuvvetin daha kısa köklü dişlerde daha fazla hyalinizasyona sebep olduğunu bildirmiştir. Doku değişimlerinin kuvvetin uygulandığı her bir birim alanda meydana geldiğini ve bu değişimlerin mümkün olduğunca minimize edilmesi gerektiği sonucuna varmıştır.

Baumrind (24) basınç-gerilim teorisinde kabul gören PDL'nin farklı bölgelerinde farklı boyutlarda kuvvetlerin diş hareketini sağladığı düşüncesini tüm PDL'yi hidrostatik bir sistem olarak değerlendirerek sorgulamıştır. Diş ve kemik gibi sert dokular dışındaki periodonsiyum elemanlarının basıncı eşit olarak her bölgeye dağıttıklarını belirten Baumrind; kemik-eğilme teorisi olarak bilinen teoriyi önermiştir.

2.2.2 Kemik - Eğilme Teorisi

Farrar (25) 1888'de ortodontik diş hareketinde kemik eğilme teorisini ilk olarak ortaya atan kişidir. Teorisi daha sonra Baumrind'in (24) ratlarda ve Grimm ve ark.'nın (26) insanlarda yaptığı çalışmalar ile desteklenmiştir. Bu yazarlara göre dişlere ortodontik kuvvetler uygulandığında, uygulanan kuvvetler dişlerin kökleri ve bu kökleri saran tüm dokulara iletilerek dişlerin, kemiğin ve periodontal ligamentin sert bölümlerinin eğilmesine sebep olur. Kemik yapısı daha elastik olduğundan dolayı kuvvet karşısında eğilmeye diğer iki yapıdan daha elverişlidir. Kemiğin eğilmesini kemik yıkım-yapımı ve hücresel ve inorganik bölümlerin yenilenmesi takip eder. Kemiğin eğilmiş olduğu dönemde bu süreç daha hızlı ilerler. Yeniden yapılanma alveol kemiğinin sadece lamina dura bölgelerinde değil, kemiğin korpusunun trabeküler

yüzeylelerinde de meydana gelir. Diş gelen kuvvet kemik içerisinde oluşan stres çizgileri ile dağılırken bu stres çizgilerine dik konumdaki hücrelerde biyolojik bir cevap stimule olur. Oluşan biyolojik yanıtlar ve hücrelerde meydana gelen farklı aktiviteler kemiğin yeni bir şekil almasını sağlayarak, kemiği dışarıdan gelen kuvvetlere karşı dengeler.

Büyük ölçüde kemik eğilmesi gerektiren *en masse* diş hareketinin uzun sürmesi, çekim alanına doğru olan diş hareketinin hızlı olması ve kemik dokusu erişkinlere oranla daha az kalsifiye ve daha esnek olan çocuklarda diş hareketinin daha hızlı olması bu teori ile açıklanabilir.

2.2.3 Piezoelektrik Teori

Basset ve Becker (27) ortodontik kuvvetler uygulandığında stres altında kalan dokuların elektrik potansiyel ortaya çıkarttığını öne sürmüşlerdir. Bu potansiyeller makromolekülleri yükleyerek makromoleküllerin hücre zarındaki ilgili alanları uyarmasını sağlar veya doğrudan hücre zarındaki iyonları hareket ettirirler.

Zengo ve ark. (28) mekanik olarak yüklenmiş alveoler kemiğin elektrik potansiyelini *in vivo* ve *in vitro* olarak incelemiştir. Ortodontik kuvvet uygulanan kemikteki konkav alanın elektronegatif yükü yüklediğini ve osteoblastik aktivitesinin artmış olduğunu, öte yandan konveks alanın elektropozitif yükü yüklediğini veya nötr olduğunu ve osteoklastik aktivite gösterdiğini gözlemlemiştir. Davidovitch ve ark. (29,30) yaptıkları çalışmalarda kemiğin mekanik ve elektriksel yüklenmesi arasında bir ilişki olduğunu göstermişlerdir. Kemiğin eğilmesi ile kemikte iki elektriksel yük alanı oluşur. Ortodontik kuvvet uygulanan alana dışarıdan elektrik uygulandığında PDL ve alveol kemiğinde hücresel aktivitede artış ve hızlı diş hareketi gözlenmiştir.

Piezoelektrik teori organik ve inorganik birçok kristal yapıdaki materyalde gözlemlenen bir durumdur. Kristal yapı deformasyona uğradığında elektrotlar yer değiştirerek elektrik akım oluştururlar.

Borgens (31) 1984'te yaptığı çalışmada matriksten ziyade mekanik olarak yüklenmiş kemik hücrelerinin elektrik akımını yaratan kaynak olduğunu öne sürmüş, Pollock ve ark. (32) da bu görüşü desteklemiştir.

Diş hareketinin biyolojik mekanizmasını tümüyle kapsayabilen bir açıklama günümüzde halen bulunmamaktadır. 20. ve 21. Yüzyılda yapılan histolojik, histokimyasal ve immunohistokimyasal çalışmalar diş hareketinin fiziksel ve biyolojik

ortak bir işleyişi olduğunu göstermiştir ancak konu ile ilgili tartışmalar devam etmektedir (33).

2.3 Ortodontik Diş Hareketinin Biyokimyası

Osteoblastlar, ortodontik diş hareketinde kemikte meydana gelen hücresel biyolojik değişimlerde önemli rol oynayan hücrelerdir. Kemik iliğinden göç eden indifferansiyal mezenkimal hücre kökenli osteoblast hücreleri ve *remodeling* döngüsünde hem rezorpsiyon hem apozisyonda etkili elemanlardır (34). Osteoblastlar, prostoglandin, siklik nükleotid ve inositol fosfatların farklılaşmasında etkili olup kendileri de mekanik stimuluslar ile şekil değiştirebilirler. Bu sayede mekanik kuvvetler, hücre zarı ve sitoplazma enzimlerine ihtiyaç duymadan doğrudan nükleusa ulaşır.

Osteoblastlar embriyo gelişimi, büyüme, kemik remodeling'i, fraktür kırığı iyileşmesi ve kemik mineralizasyonu süreçlerinde etkilidirler (35).

Osteoklastlar, kan-lenf sistemi yani hematopoetik dokuların kök hücrelerinden köken alır ve howship lakünü içerisinde bulunan dev çok çekirdekli hücrelerdir. Ortodontik kuvvetlerin PDL'de yarattığı doku hasarı ve alveol kemiğindeki deformasyonu takiben osteoklastogenezis ile ortaya çıkarlar. Osteoklastlar kemik rezorpsiyonundan sorumludur ve osteoblastlar ile birlikte kemik *remodeling*'inde görev alırlar (35–38).

Fibroblastlar, PDL'in bağ dokusunun ana hücreleridir. Kollajen sentezi ve yıkımı fibroblastlar tarafından kontrol edilir. Fibroblastlar salgılandıkları matrikste aktif ve inaktif fazlarda bulunabilirler. İnaktif haldeki fibroblastlar fibrosit olarak adlandırılır. Ayrıca osteogenezis sırasında görev alan osteoblast gibi hücrelerin öncüllerine farklılaşabilirler (8,39).

Osteositler, osteoblastların kendi salgıladıkları matriks içerisinde gömülmeleri sonucu oluşurlar (35). Osteositler kemiğin lameller yapısı arasına yerleşmiş laküna olarak adlandırılan boşluklarda yer alırlar (40). Olgunlaşmış kemikte en çok sayıda bu hücreler bulunur ve organizma canlılığını sürdürdüğü sürece varlıklarını sürdürürler. Osteositler ortodontik kuvvetlere karşı hassastır ve kuvvet uygulandığında akut cevap verirler. Osteoblastlar ile doğrudan bağlantılı olan osteositler, bu sayede kemik apozisyonu ve osteogenezisin hızla başlamasını sağlarlar (41).

Sitokinler, kemik iliği veya kemik hücreleri tarafından sentezlenen, hücrelerin birbirleriyle iletişimini sağlayan, enflamasyon, hücre büyümesi, iyileşmesi ve yaralanmaya karşı sistemik yanıtı da içine alan bağışıklık ve enflamatuvar olayları düzenleyen sinyal protein ve peptitleridir (40,42). Bu moleküller immün hücre aktivasyonları ile ortaya çıkarlar. Ortodontik kuvvetler, PDL'nin kan damarlarında kapiller vazodilatasyon otuştırur, bu vazodilatasyon inflamatuvar hücrelerin migrasyonu ve sitokinlerin üretimine sebep olur (43). İnterleukinler (IL), tümör nekroz faktörler (TNF), TNF ailesinden RANKL'lar (*receptor activator of nuclear factor-kappaB ligand*), interferonlar (IFN) ve büyüme faktörleri (GF) kemik metabolizmasını ve remodelingini etkileyen sitokinlerdir. IL-1 β , IL-6 ve diğer enflamatuvar sitokinler osteoklastik kemik rezorpsiyonunu sağlar ve ortodontik diş hareketinin erken biyomarkerları olarak tanınırlar (44). Nörotransmitterler, bakteriyel ürünler diğer sitokinler ve mekanik kuvvetler IL-1 β salınımını tetikler. IL-1, osteoklast oluşumunu sağlarken, osteoklastlara kemiği rezorbe etme mesajını taşıyan osteoblastların osteoprotegerin (OPG) üretimini azaltır (45). IL-1 β , IL-6 üretimini de tetikler. IL-6, enflamasyon bölgesindeki immün yanıtı düzenler, osteoklast oluşumu ve kemik rezorpsiyonu için gereken aktivasyonu sağlar.

TNF- α periodontal hastalık süresince salınan ve periodontal yıkım süresince kemik rezorpsiyonundan sorumlu, osteoklastogeneziste önemli rol oynayan, akut ve kronik enflamasyonda görülen bir sitokindir (46–49). TNF- α , Osteoklast progenitörlerine büyüme faktörü gibi etki ederek osteoklast oluşumunu arttırırken, osteoblastlara inhibitör etki yapar (50). TNF, monositler, makrofajlar, osteoblastlar ve epitelyal ve endotelyal hücreler tarafından üretilir (51,52). Lowney ve ark. (53) 20 hastada 50 dişte ortodontik kuvvet uygulaması sonrasında gingival cepte TNF miktarında artış olduğunu gözlemlemişlerdir.

Prostaglandinler (PG), osteoblastların ürettiği araşidonik asit türevi lokal hormon benzeri kimyasallardır (54). Doku hasarı olduğunda hasar miktarına bağlı olarak sentezlenirler (50). Ortodontik kuvvet uygulandığında ekstraselüler matrikste oluşan stres artışı alveolar kemiğin içinde gömülü olan osteositlerde deformasyon yaratır. Bu deformasyon sonucunda osteositler prostoglandin salgılayarak ortodontik diş hareketinin başlamasını sağlar (33). Sürecin devamında membran fosfolipidleri mobilize olur ve inositol fosfatın formasyonu ile sonuçlanır. PGE₂ özellikle osteoklastları aktive ederek kemik rezorpsiyonunu indüklemekle görevlidir (10,47). Shimizu ve ark. (55) ile Yamaguchi ve ark. (56) yaptıkları in vitro çalışmalar, PDL'in

mekanik stimülasyonunun PGE₂ üretim ve salınımını artırdığını göstermiştir. PGE₂ bu özelliği ile ortodontik diş hareketinin görüntülenmesinde kullanılan, kemik rezorpsiyonunun erken dönem biyomarkerlarından biri olmuştur (48,57).

RANK/RANKL/OPG Sistemi; TNF tip sitokinlerden olan RANKL, RANKL'ın yalancı reseptörü olan RANK (*receptor activator of nuclear factor-kappa β*) ve osteoblastlar tarafından üretilen OPG'nin kemik metabolizmasının düzenlenmesinde büyük payı vardır. PDL'i sıkıştıran bir kuvvet olmadığında, PDL hücreleri osteoklastlara farklılaşmayı önleyen OPG'yi salgılar (58). OPG salgılanmasıyla alveol kemiği rezorpsiyonu engellenmiş olur. RANKL, osteoklast formasyonu ve rezorpsiyonun gerçekleşmesini sağlayan hormonlar ve sitokinlerin etkinleşmesini sağlayan aktivasyon zincirinden sorumludur (47,59). Osteoklast öncüllerinin üzerinde RANK isminde reseptörler bulunur. RANKL bu reseptörlere bağlanırsa osteoklast öncülleri aktif osteoklastlara dönüşür. OPG, RANK reseptörlerini taklit ederek RANKL'ları kendine bağlamaya uğraşır. OPG, bu şekilde osteoklast farklılaşmasını inhibe edip, osteoklast farklılaşmasındaki son aşamayı inhibe ederek apoptozisi indükler. OPG ve RANK arasındaki bu rekabette OPG baskın çıkarsa rezorpsiyon görülmez, RANK baskın çıkarsa rezorpsiyon ve diş hareketi gözlenir. Nishijima ve ark. (60) yaptıkları çalışmada PDL ligamentte meydana gelen ortodontik kuvvetlere bağlı sıkışmalar sonucunda dişeti oluşu sıvısında RANKL miktarının artıp OPG'nin azaldığı sonucuna ulaşmışlardır. Yapılan gen çalışmalarında RANKL enjeksiyonu sonucunda osteoklastogenezis aktivasyonu ve diş hareketinde hızlanma, OPG enjeksiyonlarında diş hareketinde yavaşlama görülmüştür (61–63).

2.4 Ortodontik Diş Hareketindeki Kronolojik Model

PDL ve alveol kemik hücreleri çiğneme, fizyolojik diş hareketi ve ortodontik kuvvetlere karşı fonksiyon yaparlar (64). Ortodontik kuvvet uygulandığında kuvvetin dişi yönlendirdiği tarafta PDL sıkışır diğer tarafta ise bir gerilim alanı oluşur. Bu fiziksel değişim dokusal reaksiyonlar ve hücrel değişimler başlatır. Gerilen bölgede PDL genişler, vasküler yapı artar, bölgeye makrofaj ve lökosit göçü olur. Sıkışma bölgesinde ise PDL daralır ve alveol kemiği deformasyon geçirir.

Ortodontik olarak uygulanan kuvvet fazla olduğunda basınç altında sıkışan dokuda nekrotik alanlar oluşarak hyalinizasyon meydana gelir. Bu hyalinize doku osteoklastlar ve kemik iliğinden periodonsiyuma ulaşan rezorpsiyon ajanları ile dağılır.

Bu durum ortalama 3-4 hafta sürer ve indirekt kemik rezorpsiyonu olarak adlandırılır. Öte yandan hafif ortodontik kuvvetler uygulandığında sistem daha fizyolojik şekilde çalışır. Basınç tarafında hücre sayısında kademeli bir artış olur. Periodontal hücreler, olgunlaşmamış mezankimal hücreler ve prevasküler ana hücreler proliferer olur. Kuvvet uygulamasını takip eden 2-3 gün içerisinde basınç altındaki alveol yüzeyinde osteoklastlar görülür ve en az 10 gün süren direkt kemik rezorpsiyonu başlar (33,65).

2.5 Optimum Ortodontik Kuvvet

Ortodontik diş hareketi kemik yapım ve yıkımının PDL'nin yüzeylerinde uyumlu olarak işlemesiyle gerçekleşir. Ortodontik kuvvetlerin uygulanması, PDL çevresindeki kanlanmayı elektrokimyasal oranlarda değişim yaratarak bu yapım ve yıkım mekanizmasını harekete geçirir. Optimum ortodontik kuvvet dişlerin istenilen yöne hareketini mümkün olduğunca az doku hasarı ve en az hasta rahatsızlığı ile sağlayan kuvvet olarak tanımlanır (66). Genel olarak hafif ve ağır kuvvetler olarak sınıflandırılan ortodontik kuvvetler direkt ve indirekt kemik rezorpsiyonları ile dişleri hareket ettirirler. Dişlerin ve çevre dokularının yüzey alanları ve elektrokimyasal dengeleri birbirlerinden farklı olabildiği için uygulanacak optimum kuvvet dişlere ve hastalara göre farklılık gösterir (16,67).

2.6 Diş Hareketini Hızlandırıcı Yöntemler

Ortodontik tedavilerin bireylerin estetik ve fonksiyonlarını geliştirerek sosyal, psikolojik ve fiziksel sağlıklarını korumak ve iyileştirmek, böylelikle hayat kalitelerini yükseltmeyi hedefler. Hızlı, ağrısız, histolojik zarar oluşturmayan ve stabil sonuçlar veren tedaviler bu hedeflere ulaşırlar. Kapsamlı sabit ortodonti tedavileri yaklaşık 2-3 yıl sürer (1,2). Ortodontik tedavilerin böyle uzun süreli olması hem hastalar hem hekim için zorlayıcı bir etkidir. Tedavinin uzunluğu, hasta kooperasyonunun azalmasına sebep olurken çürük oluşumu, periodontal hastalıklar ve kök rezorpsiyonları gibi birçok istenmeyen durumun oluşmasına sebep olabilmektedir (3-7). Bu nedenle günümüzde tedavi süresini kısaltacak yöntemler ile ilgili çalışmalar yoğunluk kazanmıştır.

Günümüze kadar, biyolojik diş hareketini hızlandırarak tedavi süresini kısaltmak amacıyla çeşitli yöntemler geliştirilmiş ve pek çok çalışma yapılmıştır. Yapılan

çalışmalar ortodontik diş hareketi sırasında gözlenen hyalinizasyon ile karakterize lag fazını kısaltarak veya yok ederek dokulardaki yapım-yıkım döngüsünün daha erken oluşturmayı böylelikle diş hareketini hızlandırmayı hedeflemektedirler. Ortodontik diş hareketinin hızlandırılmasında kullanılan yöntemler cerrahi ve cerrahi olmayan uygulamalar olarak sınıflandırılabilir. Dental ve alveoler distraksiyon osteogenezis (68–71), periodontal olarak hızlandırılmış osteojenik ortodonti (66–75), piezosizyon (76–83), kortisizyon (84–86) ve kortikotomi gibi yöntemler diş hareketini hızlandırmaya yönelik cerrahi uygulamalardır. Mekanik kuvvetleri hücresele cevaba dönüştüren fizyolojik araçlar olarak görülen PGE₂, kortikosteroid, nitrik oksit gibi çeşitli mediatörlerin enjeksiyonu, mekanik kuvvetlere ek olarak uygulanan elektriksel ve elektromanyetik alan uygulamaları, gen stimülasyonu, titreşim, lazer biyostimülasyonu ve fotobiyomodülasyon yöntemleri ise ortodontik diş hareketinin hızlandırılmasında kullanılmış cerrahi olmayan uygulamalardır.

2.6.1 Ortodontik Diş Hareketinin Hızlandırılmasında Kullanılan Cerrahi Uygulamalar

2.6.1.1 Distraksiyon Osteogenezis

Distraksiyon osteogenezis; kemik dokusunun bölünmesini takiben oluşan fragmanlar arasındaki tamir kallusunun üzerinde düzenli bir stres oluşturulması, böylelikle yeni kemik doku oluşumunu aktive olmasını sağlayan bir yöntemdir (87). Kemiğe uygulanan distraksiyon kuvvetleri kemik ve çevre dokularda gerilme ve sıkışmalar yaratarak adaptif değişikliklere sebep olarak günde yaklaşık 1mm'lik büyük iskeletsel hareketlere fırsat verir (88).

Alveoler ve gingival dokuların direncinin azalması prensibi ile ortodontik diş hareketini hızlandırmayı hedefleyen yöntemlerden bir diğeri dentoalveoler distraksiyondur (70). Liou ve Huang (88) ise distraksiyon işlemini PDL'ye uygulamışlardır. Dentoalveoler distraksiyon ve PDL distraksiyonu farklı bölgelere osteotomiler yaparak uygulanır. Literatürde dentoalveoler distraksiyon uygulaması ile ortodontik tedavileri hızlandırmaya yönelik çalışmalar bulunmaktadır ve bu yöntem genellikle kanin distalizasyonu vakalarında endikedir (88–90). Geleneksel yöntemler uygulandığında kaninler haftada ortalama 0,23mm retrakte olurken, dental distraksiyon yöntemi uygulandığında bu miktar haftada 1,2 mm'ye yükselmiş, bu da tedavi süresini

önemli ölçüde kısaltmıştır (88). Kanin dişin bu denli hızlı retrakte edilmesi dişin distalindeki kemiğin zayıflatılmış olması ve dişlerin fibröz dokuda daha rahat hareket edebilmesine bağlanabilir.

Bu teknikteki önemli avantajlar kanin dişin paralel hareket etmesi, kök rezorpsiyonuna uğramaması ve molar dişteki ankraj kaybının minimum seviyede kalması olarak sıralanabilir (91,92). Öte yandan tekniğin uygulanması için distraktör kullanımı zorunluluğu, kanin dişlerin özellikle infrapozisyonunun aygıt tasarımını etkileyip etkinliğini azaltabilmesi, interseptal kemik inceltimi işlemini maksiller sinüsü sarkmış veya incelmış alveoler krete sahip hastalarda uygulayamamak; tekniğin kısıtlayıcı özelliklerindedir (91).

2.6.1.2 Kortikotomi

Kortikotomi, kortikal kemiğe kesiler atılarak kemiğin kortikal tabakasının incelmesini sağlayan ve bu sayede planlanan ortodontik hareketleri hızlandıran bir yöntemdir. Kortikotomi destekli ortodonti kemikte meydana gelen travmatik etkinin bir stimulus olarak kullanılması ile kemik yapım-yıkım döngüsünün bölgesel olarak hızlanması esasına dayanır. Buna '*regional acceleratory phenomenon*' (RAP) yani '*bölgesel hızlanma fenomeni*' denir (93). Bu bölgesel hızlanma, insan kemiğinde dokunun yapısına da bağlı olarak değişmekle beraber ortalama 4 ay kadar devam etmektedir (94). Ortodonti alanında belgelenmiş ilk uygulama 1959 yılında Köle (95) tarafından interdental vertikal kesiler ile kortikal katmanın devamlılığı ortadan kaldırarak yapılmıştır. Bu yöntemde dişler oluşan kemik blokları içinde hareket ettiği için kök rezorpsiyonu gerçekleşmeyeceği iddia edilmiştir.

Düker (96), Yaffe ve ark (97), Sebaoun ve ark. (98) başta olmak üzere kortikotomi uygulamasının etkileri üzerine pek çok çalışma yapılmış, teknik üzerinde değişikliklere gidilerek teknik optimize edilmeye çalışılmıştır.

Wilcko ve ark. (74,75,99) günümüzde "Wilckodontics" olarak da adlandırılan modifiye edilmiş kortikotomi tekniğini tanıtmışlardır. Bu teknikte sabit ortodontik tedaviye tam kalınlıklı flap kaldırılmasını takip eden hareket edecek dişlerin etrafına labial ve lingual kortikotomiler ve kemik ogmentasyonuna yönelik greftlemeler ilave edilmiştir. Bu yöntem eşliğinde yapılan ortodontik tedavilerin 3 katı hızla ilerlediğini öne sürmüşlerdir.

Piezosizyon tekniği, bisturi ile dişlerin interproksimal alanlarının açılarak piezocerrahi aleti ile bukkal kortekste kortikotomi uygulanması olup daha minival invaziv, hastalar tarafından daha kolay kabul edilebilir bir yöntemdir (78,81–83,100). Gün (101) yaptığı tez çalışmasında, Aboul-Ela ve ark. (102) 2011 yılında yaptıkları çalışmada, Azimova (103) yaptığı tez çalışmasında kanin distalizasyonu sırasında manuel dril frez kullanılarak transmukozal olarak yapılan mikroosteoperforasyon olarak adlandırılan dekortikasyon işleminin diş hareket hızı üzerine etkilerini takip etmiş ve mikroosteoperforasyon ile diş hareket hızında anlamlı artış gözlemlemişlerdir.

Diş hareketinin hızlandırılmasında etkili olduğu pek çok çalışma ile kanıtlanmış olan ve farklı teknikleri olan bu kortikotomi uygulamaları, etkin olmalarının pozitif etkisi yanında cerrahi girişimler olmalarının yarattığı zorlukları da beraberinde getirmektedirler (74,97–99,104). Kortikotomi uygulamalarının en minimal invaziv olanı bile bir kesi ve cerrahi bir yara oluşumunu beraberinde getirmekle beraber, oluşan hızlandırıcı biyolojik etki ortalama 4 ay sürerek, tüm ortodontik tedavi süresince devam etmeyip kimi zaman işlemin tekrarlanmasını gerektir (94).

2.6.2 Ortodontik Diş Hareketinin Hızlandırılmasında Kullanılan Cerrahi Olmayan Uygulamalar

2.6.2.1 Kimyasal Uygulamalar

Prostoglandinler

Prostoglandinler (PG) insanda neredeyse her dokuda görülen, yağ asitlerinden enzimatik olarak türeyen, doku hasarı oluştuğunda hasar miktarıyla orantılı olarak hemen sentezlenen araşidonik asit türevi lokal hormon benzeri kimyasallardır (50,54,105). Ortodontik kuvvetlerin yarattığı mekanik stimulasyon ile dokulardaki prostoglandin miktarında artış gözlenmiş, bu artışın kemik oluşumunda önemli rol oynadığı pek çok çalışma ile ispatlanmıştır (106–112).

Yamasaki ve ark. (107,109) alışmalarında hareket eden dişlerin dişetlerine lokal olarak PGE₁ enjekte etmiş ve diş hareketinin hızlandığını tespit etmişlerdir. Sekhavat ve ark. (113) ratlere bir PGE₁ analogu olan misoprostol uygulamasını sistemik olarak yaptıklarında benzer şekilde diş hareket hızında artış gözlemlemişlerdir.

Kale ve ark. (108) PGE₂ üzerine yaptıkları çalışmada, PGE₂ uygulamasının diş hareket hızını belirgin bir şekilde artırdığını rapor ederken yaptıkları histomorfometrik incelemeler de PGE₂ uygulanan bölgede howship laküna sayısının ve kapiller sayısının anlamlı derecede arttığını ortaya koymuştur. PGE₂, osteoklastların sayısını ve rezorptif etkilerini artırarak etki etmektedir (114,115).

Diş hareketini artırmak için yapılan lokal PG enjeksiyonlarının en büyük yan etkisi noksiös ajanların salınımı sonucu gelişen hiperalerjen durumdur (114).

Kortikosteroidler

Kortikosteroidler, adrenal kortekste üretilen steroid hormonlardır. Stres yanıtında, enflamasyon oluştuğunda bağışıklık sistemi tepkisinde, karbonhidrat kontrolünde, yağ ve protein metabolizmalarında ve kemik yapım-yıkım döngüsünde görev alırlar (50).

Kalia ve ark. (116) ratlar üzerinde yaptıkları “split mouth” çalışmada kortikostreoidlerin diş hareketi üzerine olan etkilerini incelemiş ve kortikosteroidlerin diş hareket hızını artırdığını ancak yeni kemik oluşum hızını azaltarak kortikostreoid uygulamasının tedavi sonrasındaki stabilizasyonu azaltarak, pekiştirme dönemini uzatmaya sebep verecek etkisini ortaya koymuşlardır. Uzun süre kortikostreoid kullanımının en temel yan etkisi osteoporoz, buna bağlı olarak da tedavi sonunda artan nüks tehlikesidir (117).

Paratiroid Hormon

Paratiroid hormon paratiroid bezlerden salgılanır ve salgılanması kandaki kalsiyum konsantrasyonunu artırır ve remik rezorpsiyonunu stimule eder. Paratiroid hormon salınımı ile mezenkimal hücrelerin osteoklast differensiyasyonu stimule olur, osteoblast ve osteoklast etkileri artar ve kemik remodelingi hızlanır (118,119).

Potts ve Gardella (120) paratiroid hormon miktarı devamlı arttığında kemik kaybı oluşurken, kısa aralıklarla arttığında kemikte anabolik etki yarattığını ortaya koymuşlardır. Günlük ve kısa aralıklarla paratiroid hormon enjeksiyonu kemik hacmi, yoğunluğu ve dayanıklılığını artırır .

Sıçanlarda hiperparatiroid ortamda hafif ortodontik kuvvetler uygulanan bir çalışmada, keser dişleri çevreleyen alveoler kemikte ileri derecede kemik yıkımı, atipik

osteoklastlar ve yıkıma komşu bölgede vaskularitede artışla birlikte hiyalinize kemik adacıkları gözlenmiştir (121).

Soma ve ark. (122) devamlı olarak sistemik paratiroid hormon salımının periodontal dokunun sıkışmış bölgelerinde osteoklastik aktiviteyi artırdığını, diğer bölgelerinde kemik rezorpsiyonunu artırmadığını genel olarak dış hareketini hızlandırdığını; öte yandan kesikli şekilde enjekte edildiğinde paratiroid hormonun dış hareketini etkilemediğini bildirmişlerdir.

Tiroid Hormonu

Tiroid bezi tiroksin ve kalsitonin hormonlarını üretir. Tiroksin birçok hücre aktivitesi ve metabolizmasını etkiler, büyüme gelişimde ve kalsiyum absorpsiyonunu etkileyerek indirekt kemik oluşumunda görev alır. Tiroksin uygulaması ile kemik rezorptif aktivitesinde artış ve kemik yoğunluğunda azalma görülür (123). Tiroid hormonunun interlökin üretimini artırdığı ve bu şekilde dolaylı olarak osteoklastik kemik rezorpsiyonunu artırıcı etki yarattığı düşünülmektedir (124). Yapılan bir hayvan deneyi eksojen tiroksin hormonunun sistemik olarak uygulandığı sıçanlarda dış hareketinde belirgin bir hızlanma ortaya koyarken, lokal tiroksin uygulamasının dış hareket hızını artırdığını kanıtlayan çalışmalar da mevcuttur (125,126).

Öte yandan tiroid bezinin ürettiği kalsitonin, tiroksinin tersi etki göstererek çalışmaktadır. Kalsitonin hormonu osteoblastların kemik oluşturma aktivitesini stimule eder, osteoklastik aktiviteyi azaltır (123).

D vitamini

D vitamininin en aktif metaboliti 1,25 dihidroksikolekalsiferol'dür (1,25-DHCC). D vitamini ve metaboliti, paratiroid hormon ve kalsitonin ile birlikte çalışarak kalsiyum ve fosfat seviyelerinin ayarlanmasını sağlar. Osteoblastlar, osteoklast prekürsorleri ve aktif osteoklastlarda D vitamini reseptörleri bulunduğu ortaya koyulmuştur (114).

1988 yılında Collins ve Sinclair (127) ligamentlerin içine 1,25-DHCC enjeksiyonu yapmışlar ve osteoklast sayısının arttığını, düşük kuvvetler ile yapılan dış hareketinin hızlandığını ortaya koymuşlardır. Benzer şekilde Kale ve ark. (108) lokal 1,25-DHCC enjeksiyonu ile dış hareket hızının arttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Vitamin D'nin osteoblastlar üzerindeki stimule edici etkisi ortodontik diş hareketi sonrasındaki stabilizasyonu sağlamaya yardımcı olabilir. Kawakami ve Takano-Yamamoto (128) 2004 yılında yaptıkları çalışmada ortodontik kuvvet uygulamasını takiben lokal D vitamini uygulamasının dişi çevreleyen alveoler kemiğin yeniden oluşumunu güçlendireceğini öne sürmüşlerdir.

Nitrik Oksit

Nitrik oksit kısa ömürlü bir serbest radikaldir. Kemik döngüsü, kemik hücrelerinin fonksiyonlarının düzenlenmesi ve pulpal kan akımında etkilidir.

Akın ve ark. (129) deney farelerine nitrik oksit enjeksiyonu yaptıkları bir çalışmada enjeksiyon sonrasında çok çekirdekli osteoklastlarda, howship lakünalarında, kapiller damarlanmasında ve ortodontik diş hareket hızında belirgin bir artış olduğunu bildirmişlerdir.

Hayashi ve ark. (130) nitrik oksit sentezi inhibitörleri enjekte ederek sıçanlarda diş hareketini gözlemlemiş ve nitrik oksit inhibisyonu sonucunda diş hareketinde anlamlı derecede azalma not etmişlerdir.

Non steroid anti inflamatuvarlar, floridler, bifosfonatlar, österojen relaxin, kalsitonin, interlökin antagonistleri, TNF α antagonistleri, integrin inhibitörleri, immunomodulator ilaçlar, immunosupresan ilaçlar, antikonvulsantlar, lökotrienler, osteokalsin, diazepam ve nikotin gibi farklı etkenlerin diş hareket hızı üzerine olan etkileri üzerine de çalışmalar yapılmaktadır.

2.6.2.2 Gen Transferi

Osteoklastogenezisi ağırlıklı olarak RANKL ve makrofaj koloni-stimulasyon faktör (M-CSF) sitokinleri kontrol eder. Osteoblastlar hem RANKL hem de OPG salınımı yapma yeteneğine sahiptir. RANKL salgılandığında osteoklastik aktivite artarken, OPG salınımı osteoklastik aktiviteyi azaltarak kemik döngüsünü yavaşlatır. RANK osteoklast öncüllerinin osteoklastlara olgunlaşmasını sağlayan bir RANKL reseptörüdür ve miktarı arttığında osteoklastik aktivite artar (63,131,132). RANKL ile RANK arasındaki bağlanma ve OPG miktarı arasındaki denge kemik remodelingini kontrol edip düzenleyen bir sistemdir. RANK, RANKL veya OPG miktarındaki

değişikliklerin dengeyi değiştirip kemik rezorpsiyonunu azaltabildiği veya artırabildiği pek çok çalışma ile gösterilmiştir(131,133–135).

Kanzaki ve ark. (61) yaptıkları hayvan deneyinde sıçanların diş hareketi sırasında PDL'ye lokal RANKL geni transferi yapmışlardır. RANKL'in sağladığı osteoklastogenezis sayesinde sistemik bir yan etki görülmesizin ortodontik hareketin hızlandığı görülmekle beraber, ankiloze olmuş dişlere de hareket kabiliyeti sağlamak kolaylaşmıştır.

2.6.2.3 Mekanik Stimulasyon - Titreşim

Kemik dokusu diğer tüm dokular gibi etki-tepki prensibi ile yanıt verir ve kuvvetlere maruz kaldıkça devamlı şekillenerek kendini adapte eder. Çalışmalar, mekanik gerilmenin anabolik potansiyelinin frekans ile güçlü bir bağı olduğunu ortaya koymuştur (136). Bu prensip baz alınarak uygun miktarlarda uygulanacak mekanik basınçların kemik şekillenmesini ve anabolik yanıtı hızlandırabileceği öne sürülmüştür (35).

Kemik dokusuna mekanik stimulasyon uygulama fikri ilk olarak uzayda uzun süre boyunca düşük yer çekimli ortamda bulunan astronotların kemik yoğunluklarının önemli derecede azalmasına bir çözüm bulmak amacıyla ortaya atılmıştır. Düşük yer çekimli ortamda bulunulduğunda kemik mineral yoğunluğu 1 ayda %1,6 azalmaktadır (137). Bu durum iskelet yapısının kırılgan hale gelmesine sebep olur.

Titreşim; yüksek frekans ve düşük magnituddeki stimulasyon olarak bilinir ve salınım hareketi ile karakterize bir mekanik uyarandır. Titreşim 3 ana bileşenden oluşur. Bunlar, Hertz (Hz) ile ölçülen frekans; titreşim hareketinin büyüklüğünü mm cinsinden anlatan amplitud ve titreşim hareketinin yönüdür. Bu 3 özellik uygulanan mekanik stimulasyonu ayırtırmayı sağlar.

Rubin ve ark. (138) 2001 yılında sıçanlar üzerinde yaptıkları çalışmada düşük magnitud ve yüksek frekansa sahip mekanik sinyal uygulamasını 28 gün süre ile oluşturdukları çalışma ve kontrol grupları üzerinde karşılaştırarak test etmişler ve kemik oluşumunu hızlandığını rapor etmişlerdir.

Bautmans ve ark. (139) titreşim terapisini hareketi kısıtlanmış veya felçli hastalarda kemik yoğunluğunu korumak ve iyileştirmek amacıyla uygulamış ve umut verici sonuçlar elde etmiştir.

Gilsanz ve ark. (140) düşük kemik mineral yoğunluğa sahip 48 kadın hasta üzerinde yürüttükleri çalışmada düşük seviyeli yüksek frekans uygulamasının kemik yoğunluğu üzerine etkisini tüm vücut üzerinde incelemiştir. 12 ay devam eden çalışmada deney grubundaki hastalara her gün 10 dakika titreşim uygulaması yapılmıştır. Çalışma sonucunda deney grubunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında kemik ve kas dokusunda anlamlı derecede artış gözlemlenmiştir. Bu sonuç titreşim uygulamasını osteoporoz riski taşıyan hastalar için koruyucu bir uygulama olarak anlamlı kılmıştır.

Gusi ve ark. (141) titreşimin kemik yoğunluğu üzerine etkisini 28 postmenapozal kadın hasta ile 8 ay incelemiş, elde edilen sonuçlar diğer çalışmalar ile paralellik göstererek titreşim uygulamasının kemik yapısını koruma ve güçlendirmede anlamlı derecede etkin olduğunu ortaya koymuştur.

Literatürde, cerrahi sonrası iyileşme döneminde titreşim uygulamasının iyileşmeye olan etkisini inceleyen çalışmalar da mevcuttur. Çalışmalar düşük magnitud, yüksek frekanslı mekanik sinyallerin kranyal kemik iyileşmesini ve endokondral kemik iyileşmesini hızlandırdığını ortaya koymuştur (142,143).

Titreşimin sütural kemik oluşumu ve gelişimi üzerine etkisini incelemek amacı ile 2003 yılında tavşanlar üzerine bir çalışma yapılmış, 19 tavşan 3 gruba ayrılarak incelenmiştir (144). Çalışma kontrol grubu, statik kuvvet grubu ve salınımlı kuvvet yani titreşim uygulanan grup olarak ayrılmış; çalışma 12 gün sürecek şekilde planlanmıştır. Çalışma sonunda titreşim grubunda sütural kemik genişliği ve sütural osteogeneziste anlamlı bir artış gözlenmiş; deney sonuçları titreşim uygulamasının güçlü bir araç olduğunu ve titreşim ile anabolik sütural büyüme yanıtının arttığını ortaya koymuştur.

Tüm vücuda uygulanan titreşim uygulamasının avantajı invaziv olmaması, farmakolojik yan etkiler içermemesi ve kullanım kolaylığıdır. Günümüzde spor ve sağlık merkezlerinde frekansı birkaç Hz'den 50 Hz aralığına uzanan ve amplitudu mikrometrelerden birkaç milimetreye ulaşan pek çok farklı aygıt aktif olarak kullanılmaktadır (145).

Titreşimin, diş hekimliği uygulamaları ve ortodonti tedavilerindeki yeri nispeten çok yenidir. Mekanik stimülasyonun sütural gelişimi arttırdığının gözlenmesi ve Meikle ve ark.'nın (146) kranyal süturların ortodontik tedavi gören bireylerdeki PDL ve kuvvete maruz kalan diğer süturları taklit ettiğini ortaya koyan modeli Mao'yu mekanik stimülasyonu diş hekimliğine uyarlamaya teşvik etmiştir (144). Yüksek frekans ve

düşük magnituddeki mekanik stimulyasyonlar ile periodontal ve kemiksel doku remodelingi artırılarak tedavi hızlandırılmaya çalışılmaktadır (147).

Darendeliler ve ark. (148) 44 wistar sıçanı üzerinde yaptıkları 12 gün süren deneyde yüksek frekans düşük amplituddeki titreşimin diş hareketi hızı üzerine etkilerini incelemişlerdir. Oluşturulan düzenek sayesinde bir grupta molar dişlere günde 8 saat süre ile 30 Hz frekansında mezio-distal yönde stimulus verilmesi sağlanmış ve 0,25 N kuvvet uygulayan coil springler aracılığı ile hareket ettirilen molar dişlerin kontrol grubuna kıyasla titreşim uygulanan grupta anlamlı derecede fazla olduğu ortaya koyulmuştur. Yazarlar bu verilerden yola çıkarak titreşimin dişlerde oluşturulacak hareketleri hızlandırabileceği sonucuna varmışlardır.

2008 yılında Nishimura ve ark. (149) titreşimin etkisini 42 wistar sıçanı üzerinde bir laboratuvar çalışmasında incelemişlerdir. Sıçanlar kontrol grubu ve deney grubu olarak ikiye ayrılmıştır. 21 gün süren deneyde, deney grubundaki sıçanların molar dişlerine, aynı ekip tarafından önceden yapılmış bir pilot çalışma ile belirlendiği üzere 7 günde bir defa olmak kaydı ile 8 dakika 60 Hz frekansında titreşim uygulanmıştır. Her iki gruptaki hayvanların molar dişleri bukkal yöne hareket ettirilmiştir. Deney sonuçları titreşim uygulaması ile diş hareket hızının deney grubuna göre anlamlı derecede arttığını ortaya koymuştur. Deney sonunda kurban edilen sıçanların maksiller kemikleri immunohistolojik olarak analiz edilmiş; RANKL reseptörü, fibroblast ve osteoklast hücresi oranları incelenmiştir. Araştırmacılar titreşim uygulanan grupta fibroblast ve osteoklast sayısında belirgin artış gözlemlemişlerdir. Titreşim uygulanan grupta osteoklast formasyonuna katkıda bulunan RANK-RANKL sinyal yolunda aktivasyon izlenmiştir.

Kau (150) 2008 yılında, ortodontik tedavileri sırasında titreşim uygulaması yapılan 14 hastaya ait vaka raporunu yayınlamış ve uygun hastalarda kullanıldığında titreşimin tedavi süresini kısalttığını öne sürmüştür. Aynı araştırmacı, titreşim uygulamasının diş morfolojisi üzerine etkisini incelemiş ve titreşimin diş köklerine herhangi bir anlamlı zarar vermediğini not etmiştir (151). Titreşim uygulamasının kök rezorpsiyonu üzerine etkisini inceleyen 113Hz frekansında titreşimi günde 10 dakika süre ile 14 hastaya uygulatan bir diğer çalışmada ise titreşim uygulaması yapılan dişlerde anlamlı derecede daha az rezorpsiyon izlendiği sonucuna varılmıştır (152).

Kau ve ark. (153) yaptıkları klinik değerlendirmede premolar çekimli tedavi planlanan 14 hastada 30 Hz, frekansında 0,2 N kuvvetinde titreşim yaratan aletin günde 20 dakika kullanımının diş hareket hızına etkilerini 6 ay süreyle incelemişlerdir.

Hastaların diş hareket miktarlarına alt ve üst çenelerde çapraşıklık değişimleri ve bazı vakarda çekim boşluğunun kapanma miktarı üzerinden, seans sırasında direkt olarak ağız içinden dijital kaliper ile bakılmıştır. 28 günde maksiller dişlerin 3 mm, mandibular dişlerin 2,1 mm hareket ettiği sonucuna ulaşan çalışmada titreşim uygulaması ile diş hareketinin arttığı bildirilmiştir.

Leethankul ve ark. (154) in vivo, split mouth olarak yürüttükleri çalışmada titreşimli stimülasyonun IL-1 β seviyesi üzerinde yarattığı etkiyi incelemişlerdir. Maksiller kanin distalizasyonu yapılacak yaşları 19 ile 25 yaş arasında değişen 15 adet hasta 60 gram kuvvet uygulanan distalizasyon tedavisi sırasında günde 15 dakika süre ile çenelerinin bir tarafında elektrikli diş fırçası ile 2 ay süre boyunca titreşim uygulamıştır. Çalışma sonunda titreşimin IL-1 β seviyesini artırdığı ve diş hareketini hızlandırdığını ortaya koymuşlardır.

Pavlin ve ark. (155) tarafından yürütülen bir klinik çalışmada sabit ortodonti tedavisi gören 12-40 yaş arasında olan 45 hasta kontrol ve çalışma grubuna ayrılmıştır. Çalışma grubundaki hastalara 30Hz frekansında 0,25N kuvvetinde titreşim yaratan “*Acceledent*” olan ağız içi bir aygıt kullanılmış olup, kontrol grubuna aynı cihazın çalışmayan versiyonları dağıtılmıştır. Deneyde birinci premolar çekimli bu hastalarda diş hareket hızı iki grup için kanin distalizasyonu üzerinden karşılaştırılmıştır. Başlangıç seviyelemesinden sonra en az 3 mm çekim boşluğu kalmış hastalara minividalardan ankraj alan 180 g’lık kuvvet uygulanan distalizasyon işlemi yapılmış, hastalar tedavinin bu aşamasında 0,018’’ ve 0,19 x 0,025’’ paslanmaz çelik tel uygulanmış iken çalışma için gözlenmişlerdir. 0,018’’ çelik tel ile distalizasyon yapılan seansta sadece kanin diş distalize edilmiş, 0,19 x 0,025’’ tel kullanılan seansta tüm ön bölge dişlerin distalize edildiği *en masse* retraksiyon uygulanmıştır. Diş hareket miktarı ölçümleri direkt olarak ağız içinden seanslar sırasında yapılmıştır Çalışma sonuçları titreşim uygulamasının ortodontik diş hareket hızını anlamlı derecede artırdığını ortaya koymuştur.

2015 yılında yapılan bir başka klinik çalışmada benzer şekilde *Acceledent* isimli cihazın etkinliği test edilmiştir. Çalışmaya 41 kız 40 erkek olmak üzere 20 yaşın altında olan daimi dişlenmedeki 81 birey dahil edilmiştir. Hastalara 0,014’’, 0,018’’, 0,017x0,025’’ kalınlığındaki Ni-Ti teller ve sonrasında 0,019x0,025’’ kalınlığında paslanmaz çelik tel elastomerik ligatürler ile bağlanmıştır. Tel braket içine oturabilir seviyeye gelmeden bir sonraki tele geçilmemiştir. Bu çalışmada hastalar 3 gruba ayrılmış, bir gruba titreşim aygıtı, bir gruba titreşim aygıtı ile aynı görünümde olan

çalışmayan bir aygıt verilmiş son gruba ise yalnızca sabit ortodontik tedavi uygulanmıştır. Titreşim aygıtı hastalara günde 20 dakika kullanılmıştır. Hastalar altı hafta ara ile seanslara çağırılmıştır ve ortodonti doktorları tarafından kontrol edilmişlerdir. Çok merkezli olan bu çalışma, hastaların seviyelenme aşamaları sonlanana kadar sürdürülmüştür. Premolar çekimli tedavi protokolü izlenen hastalar üzerinde yapılan çalışmada seviyelenme aşamasında çapraşıklık indeksi ile ölçümler yapılarak diş hareketi incelenerek yürütülmüş ve çalışma sonucunda diş hareketinde gruplar arasında herhangi bir hızlanma gözlenmemiştir (156).

Yadav ve ark. (157) tarafından yürütülen bir hayvan çalışmasında, düşük aralıklar ile mekanik titreşimsel stimülasyonun diş hareketi üzerine etkisi incelenmiş; deney grubunun diş hareketinde kontrol grubuna göre anlamlı bir fark gözlenmeyerek, titreşim uygulamaların ortodontik diş hareketini hızlandırmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

2014 yılında yapılan bir sıçan çalışmasında ise 26 canlı 4 gruba ayrılmış, bir gruba sadece titreşim bir gruba sadece ortodontik kuvvet bir gruba hem titreşim hem ortodontik kuvvet uygulanmış son gruba ise hiç bir kuvvet uygulanmamıştır. Ortodontik etki oluşturulan gruplara 2 hafta süre boyunca yaylar ile 25 g kuvvet uygulanmıştır. Titreşim gruplarına 0,4 N kuvvetinde 30Hz frekansında titreşim haftada 2 sefer olmak üzere 10'ar dakika uygulanmıştır. Bu çalışma sonucunda diğer çalışmalardaki bulgulara karşıt şekilde titreşim uygulamasının diş hareket hızını anlamlı derecede azalttığı sonucuna varılmıştır (158).

Tüm bu çalışmalar incelendiğinde titreşimsel mekanik uyarıcıların kemik metabolizması ve dolayısıyla diş hareket hızı üzerinde bir etki yarattıkları görülmektedir bu sebeple konu üzerine daha geniş bir bilgiye ulaşmak için çalışılması ve detaylı araştırmalar yapılması gerekmektedir.

2.6.2.4 Işık ile Biyostimulasyon

Lazer çok şiddetli, koherent ve tek renk ışık elde etmek için geliştirilmiş; "light amplification by stimulated emission of radiation" kelimelerinin ilk harflerinden yararlanılarak kısaca adlandırılmış ışık düzenekleridir. İlk olarak 1960 yılında Maiman (159) tarafından üretilmiş olan lazerler, fotonları uyumlu bir huzme şeklinde oluşturan optik kaynaklardır.

Lazer uygulaması dokular üzerinde uygulanan enerjinin yoğunluğu ve uygulanma süresine bağlı olarak çeşitli etkiler yaratmaktadır. Lazer uygulamalarının

dokularda 1°C'den daha az lokal sıcaklık artışı ile gözlenen etkileri biyostimulan etkiler olarak adlandırılır. Lazer irradiasyonun biyostimulan etkilerini kullanan tedaviler düşük doz lazer terapileridir (160). Biyostimulan etkilerinin yanında lazer uygulamaları ayrıca osteoklast, osteoblast ve fibroblast gibi hücrelerin de proliferasyonunu stimule etme özelliğine sahiptir (161–163).

Çekim boşluklarında gerçekleşen kemik iyileşmesini inceleyen bir sıçan çalışmasında lazer uygulaması yapılan grupta iyileşmenin daha etkili ilerlediği ve fibroblast proliferasyonunun daha baskın olduğu açığa çıkmıştır (163).

Düşük seviyeli lazer uygulamasının kemik rejenerasyonu üzerine etkisini inceleyen başka bir hayvan çalışmasında midpalatal sütür ekspansiyonu yapılmış, 7 gün süren çalışmada farklı aralıklarla lazer uygulanmıştır. Deney sonucunda lazer uygulamasının sadece süreye değil uygulama zamanlamasına ve sıklığına da bağlı olduğu sonucunun yanında retansiyon süresini kısaltacak ve kemik iyileşmesini hızlandıracak etkisi olduğu açığa çıkmıştır (161).

Ozawa ve ark.'nın (164) 1998 yılında yaptıkları bir kültür çalışmasının sonucunda lazerin hücre proliferasyon ve differansiyasyonunu stimüle edip osteoblastik ve osteoklastik aktiviteyi artırdığı ortaya koyulmuştur.

Kawasaki ve Shimizu (165) yaptıkları sıçan çalışmasında lazer uygulanan hayvanlarda diş hareketini incelemiş ve kontrol grubu ile karşılaştırdıklarında %30 oranında daha hızlı hareket gözlemlemişlerdir. Yaptıkları immunohistokimyasal analizler sonucunda kemik oluşumu, hücre proliferasyonu ve osteoklast sayısının lazer uygulanan grupta anlamlı derece fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

2004 yılında Cruz ve ark. (166) tarafından gerçekleştirilen klinik bir çalışmada ortodontik tedavi uygulanan 12-18 yaş aralığında olan 11 hastada *split mouth* olarak 2 ay süreyle lazer uygulaması etkinliği incelenmiştir. Birinci premolar çekimli tedavi uygulanan hastalarda üst çene dişlerinde köpek dişinin distalizasyon miktarına bakılmıştır. Ön bölge dişlerinin seviyelenmesi bittikten sonra başlanılan çalışmada 30 günde bir aktivasyon yapılmıştır. Çalışma sonucunda araştırmacılar lazer uygulanan tarafta gerçekleşen diş hareketinin %34 oranında daha hızlı olduğunu gözlemişlerdir.

Benzer şekilde Youssef ve ark. (167), Genc ve ark. (168), Doshi-Mehta ve Bhad-Patil (169) de *split mouth* olarak düşük seviyeli lazer ışınının etkilerini incelemişler ve üç çalışmada da lazer uygulamasında diş hareket hızında kontrol tarafına göre anlamlı farklılık bulunmuştur.

Diyabetik sıçanlarda lazerin yara iyileşmesi üzerine etkilerini inceleyen bir çalışmada bir grup kontrol grubu olarak belirlenirken diğer gruptaki hayvanlara yara iyileşmesi gerçekleşene kadar devam edecek şekilde haftada 5 gün lazer uygulanmıştır. Çalışma grubunda iyileşme ortalama 18 gün sürerken, kontrol grubunda farelerin yaraları ortalama 59. günde iyileşmiştir. Bu sonuçlar lazer fotostimülasyonunun diyabetik yara iyileşmesinde anlamlı bir hızlandırma sağladığını göstermiştir (170).

Lazerin diş hareketi üzerine olan etkilerini inceleyen başka bir çalışmada 12 adet hastanın çenelerinin sol ve sağ tarafları kontrol ve klinik deney gruplarına ayrılmış, klinik gruptaki hareketi istenen dişlerin 3 yüzeyine düşük seviyeli lazer uygulaması yapılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde kontrol grubu ve klinik grubu arasında diş hareketi açısından anlamlı bir fark bulunamamıştır. Araştırmacılar uygulanan lazer dozunun (25 J/cm^2) ortodontik diş hareketini etkilemek için yetersiz kaldığı sonucuna varmışlardır (171).

Yamaguchi ve ark. (172) yaptıkları sıçan çalışmasında düşük seviyeli lazer uygulamasının matris metalloprotein-9, kathepsin K $\alpha(v)\beta 3$ integrin seviyeleri ve diş hareketini belirgin derecede artırdığını açığa çıkarmışlardır.

Sousa ve ark. (173) yaptıkları çalışmada retrakte edilen dişlerde lazer uygulamasının diş hareketi üzerine etkisini incelemiştir. Üç boyutlu model analizleri sonucunda deney grubunda diş hareketi anlamlı derecede artmış bulunmuştur.

Eksizyonel yara iyileşmesinde 635 nanometre (nm) dalga boyundaki ve farklı güç yayılımlarındaki lazerlerin etkilerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada en etkili sonuca 2 J/cm^2 'lik güçte ulaşılmıştır (174). Aynı dalga boylarında ışımaya yapan koherent He/Ne lazer ve koherent olmayan LED (light emitting diode-ışık yayan diyot) ışık kaynaklarının arasında bir fark olmadığı ve en iyi sonucun 820 nanometre dalga boyunda olduğu sonucu da izlenmiştir.

Light accelerated orthodontics yani ışık ile hızlandırılmış ortodonti olarak söz edilen uygulamalar güç yoğunluğu ve süre arasındaki dengenin kurulması ile hastalara teslim edilip günlük olarak kullanmaları sağlanacak, tehlikesiz aygıtlar ile tedavi seçenekleri sunmaktadır.

2013 yılında Kau ve ark. (175) ortodontik tedavi gören 90 hasta üzerinde fotobiyomodulasyon yani düşük seviyeli ışın uygulamasının etkilerini inceleyen bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Deneyde hastalar 4 gruba ayrılmıştır. Birinci grupta günde 20 dakika, ikinci grupta günde 30 dakika, üçüncü grupta haftada bir defa 1 saat fotobiyomodulasyon uygulaması yapılmış, hastalara 850 nm dalga boyunda LED ışık

uygulanmıştır. Kontrol grubundaki hastalar ise sadece geleneksel ortodontik tedaviler ile tedavi edilmiştir. Bu çalışmada fotobiyomodulasyonun sadece seviyeleme seviyesinde etkinliği incelenmiş ve geleneksel ortodontik braket ve teller kullanılmıştır. Belirli bir çapraşıklık seviyesine sahip olan hastaların dahil edildiği çalışmada Little'ın çapraşıklık indeksi kullanılmış, seviyeleme süresince hastalar takip edilmiştir. Çalışmaya katılan bireyler ilk 6 hafta iki haftada bir, devamında ise seviyelenme tamamlanana kadar 4 haftada bir aralıklarla görülmüştür. Diş hareket miktarını ölçmek amacı ile hastaların her seansında Little'ın çapraşıklık indeksi ile kanin dişleri arasında kalan anterior dişlere ölçümleme yapılmıştır. Deney gruplarına yanak bölgelerinden 850 nanometre dalga boyunda yakın kızılötesi ışık saçan ağızdışı aygıtlar kullanılmıştır. Yanak yüzeylerine 60 mW/cm² güç yoğunluğunda ışın verildiğinde, gruplarda haftalık 72, 108 ve 216 J/cm² toplam enerji yoğunluğuna ulaşılmıştır. Seviyeleme sonlandığında çalışma sonlandırılmış, seviyeleme aşamasındaki çapraşıklığın giderilme hızı gruplar arasında karşılaştırılmıştır. Fotobiyomodulasyon uygulanan gruplarda diş hareketi haftada 1,12 mm olarak tespit edilirken, kontrol grubunda bu değer 0,49 mm olarak kalmıştır. Deney sonuçları dişlerin seviyelenme aşamasında fotobiyomodulasyon uygulamasının tedavi süresini anlamlı derecede kısalttığını ortaya koymuştur.

Diş hareketini hızlandıran yöntemler ile ilgili yapılan derlemelerde düşük seviyeli lazer uygulamasının etkinliklerini değerlendiren çalışmalar da incelenmiştir. Bu derlemelerde geçen bazı çalışmalar bu uygulamanın diş hareketini hızlandırdığını savunurken, aksini savunarak düşük seviyeli lazer uygulamasını yeterli etkinlikte bulmayan ve konu üzerine daha fazla çalışma yapılması gerektiğini belirten yayınlar da mevcuttur (176,177).

Çalışmamızda null hipotezimiz titreşim ve ışık uygulamalarının diş hareketini hızlandırma yönünde anlamlı bir etki yaratmayacağıdır.

3. BİREYLER ve YÖNTEM

3.1 Bireyler

Çalışmamıza Şubat-Haziran 2016 tarihleri arasında Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'na başvurmuş aşağıdaki kriterlere uyan hastalar dahil edilmiştir:

- Daimi dişlenmede olan,
- 30 yaşın altında olan,
- Yirmi yaş dişleri haricinde konjenital ya da kazanılmış diş eksikliği olmayan,
- Alt ark çapraşıklık indeksi Little'in çapraşıklık indeksine göre orta derecede (5-9 mm arasında) olan,
- Daha önce herhangi bir ortodontik aygıt kullanmamış ve ortodontik tedavi görmemiş,
- Herhangi bir sistemik hastalığı olmayan, çalışma süresince herhangi bir ilaç kullanmayan,
- Ağız hijyeni iyi olan bireyler.

Bu süre içerisinde kliniğe başvuran hastaların 39'u bu kriterlere uyum sağlamıştır. 1 hasta kendi isteği ile çalışmadan geri çekilmiştir. 2 hastada braket kırıkları olmuştur. 36 hasta ile çalışmaya devam edilmiştir. Dahil edilen bireylerin 14'ü erkek, 22'si kız olmak üzere yaşları 13-30 arasında değişmektedir ve yaş ortalaması 20 yıl 11 aydır. Tümü sabit ortodontik tedavi gören hastalar dört gruba bölünmüştür. 8 hastadan oluşan (4 kız, 4 erkek) kontrol grubuna yalnızca konvansiyonel yöntemler ile tedavi yapılmıştır. 10 hastadan oluşan (6 kız, 4 erkek) ikinci gruba titreşim uygulayan, 9 hastadan oluşan (6 kız, 3 erkek) üçüncü gruba fotobiyomodulasyon uygulayan, 9 hastadan oluşan (6 kız, 3 erkek) dördüncü gruba daha önce denenmemiş aynı anda titreşim ve fotobiyomodulasyon uygulayan aygıtlar kullanılmıştır.

Araştırmanın Dünya Tıp Birliği Helsinki Bildirgesi "İyi Klinik Uygulamaları ve İyi Laboratuvar Uygulamaları Kurallarına" uygun olduğu, Yeditepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı Yerel Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır. Tüm hastalara yapılacak tedavi ile ilgili ayrıntılı bilgi verilmiş ve hepsi araştırmaya gönüllü olarak

katılmıştır. 18 yaşın altındaki tüm hastaların velilerinden, 18 yaş üstü bireylerin kendilerinden bilgilendirilmiş onam formu imzalanarak alınmıştır.

3.2 Çalışmada Kullanılan Malzemeler

- 0,022’’ Slot Roth sistem braket (American Orthodontics, Wisconsin, USA)
- 0,012’’ Nikel Titanyum tel (G&H Orthodontics, Indianapolis, USA)
- 0,014’’ Nikel Titanyum tel (G&H Orthodontics, Indianapolis, USA)
- 0,016’’ Nikel Titanyum tel (G&H Orthodontics, Indianapolis, USA)
- 30 Hz frekans, 0,25 Newton kuvvet uygulayan titreşim aygıtı (Şeffaf Aparey Ortodonti ve Elektronik San. Tic. AŞ. İstanbul, Türkiye)
- 850 nm dalga boyunda ışık uygulayan fotobiyomodulasyon aygıtı (Şeffaf Aparey Ortodonti ve Elektronik San. Tic. AŞ. İstanbul, Türkiye)
- 30 Hz frekans, 0,25 Newton kuvvette titreşim ve 850 nm dalga boyunda ışık uygulayan titreşim ve fotobiyomodulasyon aygıtı (Şeffaf Aparey Ortodonti ve Elektronik San. Tic. AŞ. İstanbul, Türkiye)
- 9 V gücünde pil (Power Xtra, Kowloon, Hong Kong)
- Şarj cihazı (ATABA, Kowloon, Hong Kong)
- 0,01 mm hassasiyetinde dijital kaliper (TCM, Tchibo –Digital slide caliper)
- Aljinat (Kromopan USA, Illinois, USA)
- Kondensasyon silikonu (Zhermack Zetaplus, Badia Polesine, Italy)
- Sert alçı (Amberok, Luoyang, China)

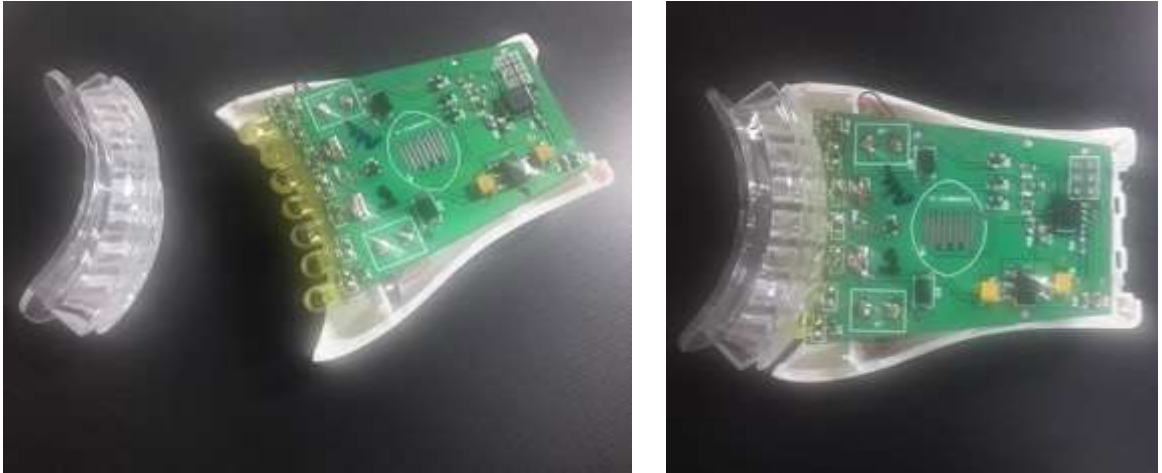
3.3 Yöntem

3.3.1 Hastaların bilgilendirilmesi

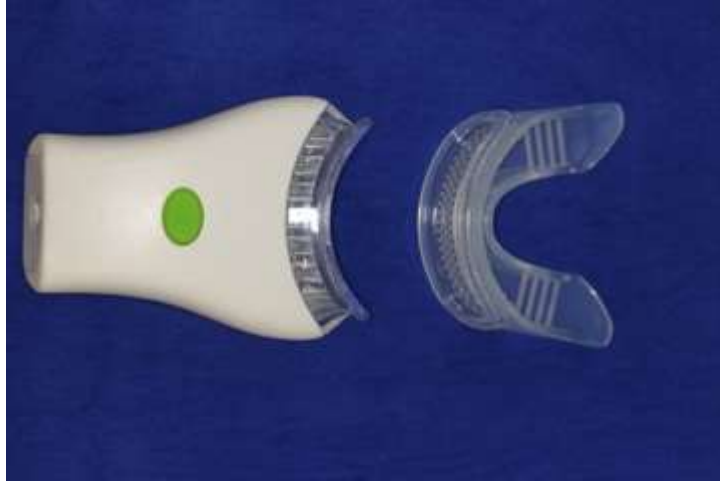
Hastalarımıza tedavi başlangıcından önce ağız hijyen eğitimi ve ortodontik tedavi sırasında uyulması gereken kurallar ile ilgili bilgilendirme yapılmıştır. Kurallara uymama sebebi ile braket kırılması veya tel kopması gibi bir durum oluşması halinde çalışmadan çıkarılacakları, eğer talep ederlerse gerekçe göstermeden çalışmadan çekilebilecekleri hastalara bildirilmiştir.

3.3.2 Apareylerin Hazırlanması, Çalışma Prensibi

Çalışmamızda üç farklı tip aparey geliştirilmiştir. Titreşim apareyi 30 Hertz frekans ve 0,25 Newton (25 gram) güçte titreşim yaratmaktadır. Fotobiyomodulasyon uygulayan aygıt 850 nm dalga boyunda ışık saçmaktadır. “Hızlı ortodontik tedavi” kelimelerinin baş harflerini kullanarak HOT olarak isimlendirdiğimiz titreşim ve fotobiyomodulasyon uygulayan aygıt ise diğer iki apareyin kombinasyonudur. Bu çalışma için geliştirilen apareyler ticari marketteki ürünlere işlev açısından denk olmakla beraber bir prototip özelliği de taşımaktadır. Apareylerde titreşim sağlayan motorlar ve ışık üreten LED’ler Atmel’in (California, ABD) ATTiny13a kodlu işlemcisi ile kontrol edilmiş, apareylerin istenilen tipte titreşim uyguladıkları optik takometre ile test edilmiştir. Fotobiyomodulasyon uygulaması için Vishay Semiconductor’ın (Vishay Intertechnology, Inc. Malvern, ABD) Kırmızı 60° görüş açılı 850nm dalga boyundaki 5mm’lik LED’ler kullanılmıştır. Apareyler üzerinde açma kapama tuşu bulunur ve üç saniye basılı tutulduğunda çalışır. Aynı şekilde üç saniye basılı tutulduğunda aparey kapanır. 9 Volt geriliminde pil ile çalışan prototip ürün için hastalara tekrar doldurulabilir pil (Power Xtra, Kowloon, Hong Kong) ve şarj cihazı (ATABA, Kowloon, Hong Kong) temin edilmiştir. Apareylerin takıp çıkarılabilen bir ağız parçası mevcuttur ve bu parça çıkarılıp temizlenebilir yapıdadır.



Resim 3.1: Hazırlanan ışınli ve ışınıs cihazların iç aksam görünümleri



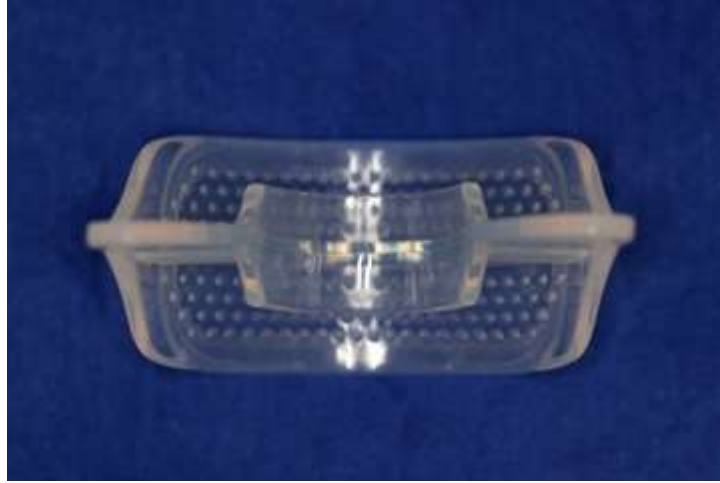
Resim 3.2: Hastalara teslim edilmek üzere hazırlanmış cihaz örneği. Pil ile çalışan gövde ve takıp çıkarılabilen elastik ağız içi parçası.



Resim 3.3: Fotobiyomodulasyon özellikli aygıtın LED ışık kaynağının karşıdan görünümü.



Resim 3.4: Sadece titreşim uygulayan aygıtın ağız parçasına bakan kısmının karşıdan görünümü.



Resim 3.5: Takıp çıkarılabilen ağız içi parçasının karşıdan görünümü.



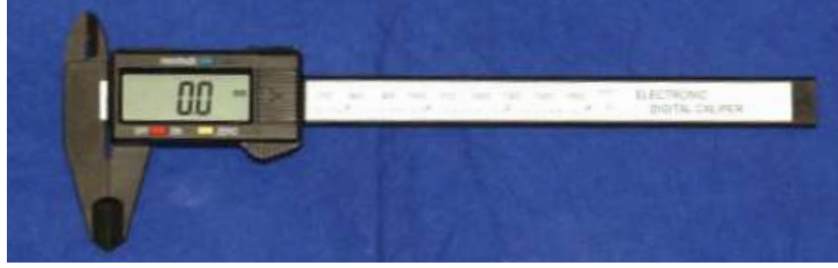
Resim 3.6: Kullanılan şarj edilebilir pil ile şarj edilebilen pillerin şarj ünitesi.



Resim 3.7: Apareyin Uygulanışı

Takıp çıkarılabilen ağız içi parçası apareye adapte edildikten sonra aparey açılır. Aparey çalışır halde iken elle desteklenerek kullanılabilceği gibi tutmaya gerek yoktur.

Hastalar konforlarına göre dudaklarını apareyin etrafını çevreleyecek şekilde ya da geride konumlandırarak kullanabilirler. Aparey, kullanım kolaylığı sayesinde uygulama sırasında günlük işlerin yapılmasına engel olmamaktadır.



Resim 3.8: Dijital kaliper



Resim 3.9: Little'ın çapraşıklık indeksinin dijital kaliper ile ölçümü.



Resim 3.10: Little'ın çapraşıklık indeksi ölçümünün şematik görüntüsü:

Kanin dişin mezial kontakt noktası ile lateral dişin distal noktası arası mesafe: A
Lateral dişin mezial kontakt noktası ile santral dişin distal noktası arası mesafe: B
Santral dişin mezial kontakt noktası ile öteki santral dişin mezial noktası arası mesafe: C
Santral dişin distal kontakt noktası ile lateral dişin mezial noktası arasındaki mesafe: D
Lateral dişin distal kontakt noktası ile kanin dişin mezial noktası arasındaki mesafe: E
Little'ın Çapraşıklık indeksi: $A+B+C+D+E$

3.3.3 Tedavi protokolü

Çalışmamıza dahil edilen tüm bireyler 0,022'' slot Mini Master Roth sistem braketler ile braketlenmiştir. Alt çene dişlerin braketlendiği seanstan itibaren hastalar çalışma için takip edilmeye başlanmıştır. Tüm hastalara başlangıç teli olarak 0,012 inç Nikel-Titanyum (Ni-Ti) ark telleri uygulanmıştır. Hastalardan fotoğraf kaydı ve başlangıç aşamasındaki çapraşıklıkın ölçümlenmesi için ölçü alınmıştır.

Randomize olarak hastalar çalışma grupları ve kontrol grubuna atanmıştır. Randomizasyonda, kriterlere uygun olan hastalar kliniğimize başvurma sırasına göre sırayla kontrol, titreşim, ışık ve HOT gruplarına atanmışlardır. Aparey verilen hastalara apareyin çalışma ve kullanım şekli ile temizliği anlatılmıştır. Aparey verilen hastalara apareyi her gün, günde 20 dakika kullanmaları gerektiği anlatılmış, aparey kullanımını motive etmek ve gözlemlemek amacıyla hastalara bir kullanım çetelesi verilmiştir. Bu çetelede hastaların tarih ve apareyin takılıp çıkarıldığı saatleri not etmeleri istenmiştir.

Hastalar 30 gün sonra ikinci seans için çağırılmıştır. Bu seansta da hastalardan kayıt alınmış ve aparey kullanımları sorgulanmış ve motivasyon yapılmıştır. İkinci seansta hastalara 0,014 inç Ni-Ti ark teli uygulanmıştır.

Üçüncü seans için de 30 gün sonra randevuya çağırılan hastalardan kayıt alınmış; 0,016 inç Nikel Titanyum ark teli uygulanmıştır.

Standardizasyon sağlayabilmek amacı ile tüm ark telleri braketlere tel ligatürler ile yedi defa çevrilmiş ve ligatürlerin kesilen uçları braketlerin yanına ark teline doğru çevrilmiştir.

3.3.4 Seviyelenme Miktarı Ölçümü

Çalışmaya dahil edilen bireylerden alt dişlere braketleme yapılan seans T0, 30. gün T1 ve 60. gün T2 olmak üzere toplamda 3 defa ağız içi ölçüleri alınmıştır. Ölçüler sert alçı ile dökülerek ölçüm modelleri elde edilmiştir. Güvenilirliği artırmak amacı ile alçı modeller laboratuvar çalışanları tarafından numaralandırılmış ve hasta isimleri ayrı bir liste halinde tutulmuştur. Araştırmacı, ölçümleri hasta isimlerini görmeden ve hastaların hangi gruba ait olduğunu bilmeden yapmıştır. Alçı modellerin üzerindeki numaralar bir hafta sonra değiştirilmiş, tüm ölçümler birer hafta ara ile aynı araştırmacı tarafından iki defa yapılmıştır.

Elde edilen T0, T1 ve T2 modelleri üzerinde 0,01 mm hassasiyetinde dijital kaliper ile ölçümler yapılmıştır. Çapraşıklık miktarındaki değişimler Little'ın 1975 yılında alt kesici dizilimini ölçmek amacı ile geliştirilen, ortodontide sıklıkla kullanılan çapraşıklık indeksi kullanılarak ölçülmüştür (178,179). Bu indekste çapraşıklık miktarı kanin dişlerin mezialleri arasındaki 6 dişe ait, 5 anatomik kontakt noktasının ölçülmesi ile hesaplanır. Her modelde kontakt nokta sapmaları lineer olarak ölçülmüştür. Sapma miktarları toplanarak her model için kantitatif bir indeks sonucu elde edilmiştir. T0, T1 ve T2 modellerindeki indeks değerleri hesaplanmıştır.

3.4 İstatistiksel incelemeler

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, SPSS 23.0 (Statistical Packages of Social Sciences) programı kullanılarak analizler yapılmıştır. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirilmiştir. Açıklayıcı istatistikler sürekli değişkenler için ortalama \pm standart sapma şeklinde kategorik değişkenler için frekans ve yüzde şeklinde gösterilmiştir. Kategorik değişkenler arasındaki farkın analizi için ki-kare testi ve yerine göre Fisher kesin olasılık testi ile yapılmıştır. İki'den fazla grubun normal dağılıma uyan değişkenlerinin karşılaştırılmasında ANOVA testi, ikili karşılaştırmaları için ise Tukey testi kullanılmıştır. İki'den fazla grubun normal dağılıma uymayan değişkenlerin karşılaştırılmasında Kruskal-Wallis testi, ikili karşılaştırmaları için ise Mann-Whitney U testi yapılmıştır. Sonuçlar Bonferroni düzeltmesi yapılarak yorumlanmıştır. Zamanla ölçümlerde değişim olup olmadığı tekrarlı ölçümler için varyans analizi yapılarak incelenmiştir. Sferisite varsayımının karşılanamadığı durumlarda Greenhouse-Geisser düzeltmesi kullanılmıştır. Değişkenlerin önce ve sonra düzeyleri arasında farklılık olup olmadığının karşılaştırılmasında ise bağımlı örneklem t testi kullanılmıştır. İki değişken arasında ilişki olup olmadığını belirlemek için Pearson korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Korelasyon testinde r değeri 0 ile 1 arasında olup bu değer 1'e yaklaştıkça ilişki kuvvetlenmektedir. Sonuçlar %95 güven aralığında, anlamlılık $p < 0,05$ düzeyinde değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

4.1 Yöntem Hatası Değerlendirilmesi

Dişler arasındaki çapraşıklık miktarı ölçümleri için hesaplanan yöntem hatasına ilişkin sonuçlar Tablo 4.1’de gösterilmiştir. Tabloda ölçümler için belirlenmiş olan yöntem hatası ve %95’lik güven aralığının alt ve üst sınırları yer almaktadır. Ölçümlerde belirlenen sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC) 1,00 değerine yakın bulunmuş ve bu değer ölçümlerin sonuçları etkilemeyecek şekilde önemli olmayan bir hata ile tekrarlanabilir olduğunu ortaya koymuştur.

Tablo 4.1: T0, T1 ve T2 zamanları çapraşıklık miktarı ölçümlerine ilişkin yöntem hatası değerlendirmesi

		Sınıf içi Korelasyon Katsayısı (ICC)	%95 Güven Aralığı		p
			Alt Sınır	Üst Sınır	
T0	Tek ölçümler	0,996	0,993	0,998	0,000
	Ölçüm ortalamaları	0,998	0,996	0,999	0,000
T1	Tek ölçümler	1,000	0,999	1,000	0,000
	Ölçüm ortalamaları	1,000	1,000	1,000	0,000
T2	Tek ölçümler	0,998	0,996	0,999	0,000
	Ölçüm ortalamaları	0,999	0,998	1,000	0,000

ICC: Interclass Correlation Coefficient

4.2 Grupların Yaş Dağılımının Değerlendirilmesi

Grupların yaş dağılımları homojen olup, aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir (Tablo 4.2).

Tablo 4.2: Çalışmaya katılan hastaların yaş dağılımlarının değerlendirilmesi

Çalışmadaki gruplar	n	Ort±SS (Medyan)	Minimum	Maksimum	¹ p
Kontrol	8	21,25±5,59	14,0	29,0	0,918
Titreşim	10	19,80±6,82	13,0	29,0	
Işık	9	21,55±6,26	13,0	29,0	
HOT	9	21,22±6,45	13,0	30,0	
Total	36	20,91±6,10	13,0	30,0	

¹Kruskal-Wallis Test

4.3 Grupların Cinsiyet Dağılımlarının Değerlendirilmesi

Grupların cinsiyet dağılımları incelendiğinde homojen bir dağılım gözlenmiş olup gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 4.3).

Tablo 4.3: Grupların cinsiyet dağılımlarını gösteren tablo

		Gruplar				Toplam	¹ p
		Kontrol	Titreşim	Işık	HOT		
Cinsiyet	Kız	n	4	6	6	6	22
		Cinsiyetin toplam sayısına göre gruptaki yüzdesi	18,2%	27,3%	27,3%	27,3%	100,0%
		Cinsiyetin Grup içindeki yüzdesi	50,0%	60,0%	66,7%	66,7%	61,1%
	Erkek	n	4	4	3	3	14
		Cinsiyetin toplam sayısına göre gruptaki yüzdesi	28,6%	28,6%	21,4%	21,4%	100,0%
		Cinsiyetin Grup içindeki yüzdesi	50,0%	40,0%	33,3%	33,3%	38,9%
Toplam	n	8	10	9	9	36	

¹Chi-Square Tests

4.4 Başlangıç Çapraşıklık Değerlerinin Gruplar Arası Karşılaştırılması

Deneyin başlangıcında (T0) deney ve kontrol grupları arasında çapraşıklık değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olup olmadığına ANOVA testi ile bakılmıştır. Gruplar arası çapraşıklık değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 4.4).

Tablo 4.4: Gruplar arası başlangıç (T0) çapraşıklık değerleri

	n	Ort±SS (Medyan) (mm)	Minimum	Maksimum	¹ p
Kontrol	8	6,67±1,55	5,10	8,90	0,612
Titreşim	10	5,97±0,67	5,00	7,20	
Işık	9	6,07±1,17	5,00	7,90	
HOT	9	6,31±1,21	5,00	8,80	

¹ ANOVA test

4.5 Çapraşıklık Miktarlarının Değerlendirilmesi

Çapraşıklık miktarlarının her grupta deney başlangıcı (T0), T1 ve T2 zamanlarına ait ölçümleri yapılmış ve istatistiksel olarak değerlendirilmiştir (Tablo 4.5). Her grup için zaman değişimi ile çapraşıklık miktarı değişimi arasındaki ilişki Repeated Measure ANOVA testi ile incelenmiştir. Aynı zaman içerisinde farklı gruplar arasında çapraşıklık miktarında fark bulunup bulunmadığı ANOVA testi ile değerlendirilmiştir.

Tablo 4.5: Çapraşıklık miktarı ölçümlerine ilişkin değerlendirmeler

	Kontrol Ort ±SS (mm)	Titreşim Ort ±SS (mm)	Işık Ort ±SS (mm)	HOT Ort ±SS (mm)	¹ p
T0	6,67±1,55 ^A	5,97±0,67 ^A	6,07±1,17 ^A	6,31±1,21 ^A	0,612
T1	5,68±1,61 ^{B,a}	4,82±0,86 ^{B,a}	4,20±0,92 ^{B,a}	4,07±1,23 ^{B,b}	0,032
T2	4,70±1,58 ^{C,a}	3,59±0,80 ^{C,a,c}	2,78±0,70 ^{C,b,c}	2,25±1,15 ^{C,b,c}	0,000
²P	0,000	0,000	0,000	0,000	

¹ ANOVA Test

² Repeated Measure ANOVA Test

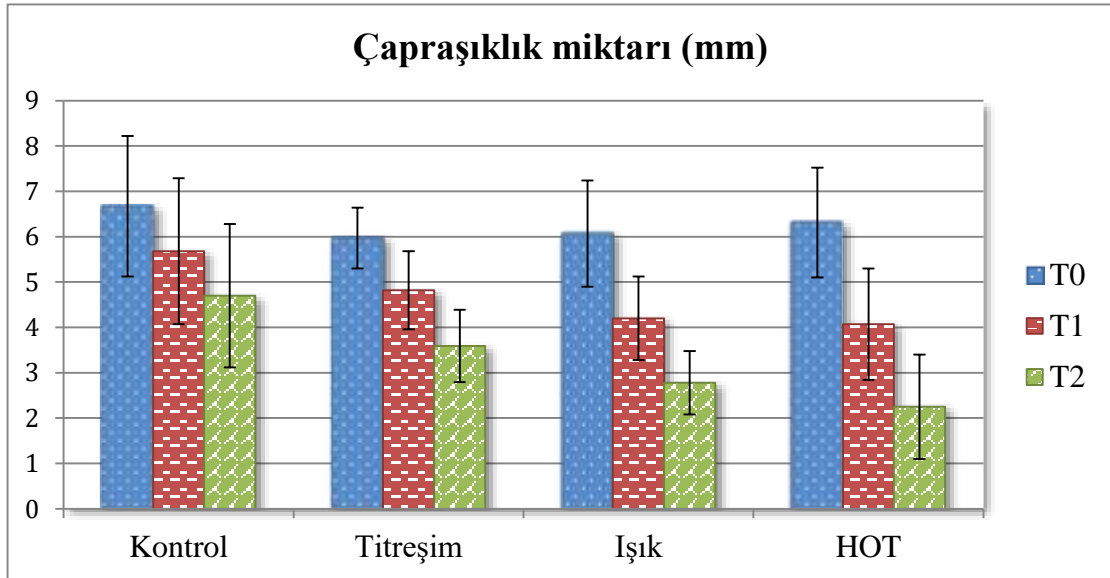
Büyük harfler dikey yönde, küçük harfler yatay yönde anlamlılık göstermektedir. Aynı harfler anlamlı fark olmamasını, farklı harfler anlamlı farklılık olmasını temsil etmektedir.

Çalışma düzeneği için oluşturulan her grup için T0, T1 ve T2 zamanlarında yapılan çapraşıklık miktarı ölçümleri varyans analizi yapılarak istatistiksel olarak incelenmiştir. Kontrol grubunda, titreşim grubunda, ışık grubunda ve HOT grubunda zamana göre değişim anlamlıdır ($p=0,000$ $p<0,001$). Başka bir deyişle T0, T1 ve T2 zamanlarındaki çapraşıklık miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (Şekil 4.1).

Deneyin başlangıcında (T0) kontrol ve deney grupları arasında çapraşıklık miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p>0,05$) (Şekil 4.2).

T1 zamanında gruplar arasında çapraşıklık miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0,05$). Benzer şekilde T2 zamanında gruplar arasında çapraşıklık miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmiştir ($p<0,05$). Fark bulunan bu değişkenler için farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını belirlemek için ikili karşılaştırmalar yapılmıştır (Tablo 4.6).

T1 zamanında kontrol ile HOT grupları arasında çapraşıklık miktarları arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<0,05$). T2 zamanında ise kontrol ile ışık grupları arasında ve kontrol ile HOT grupları arasında çapraşıklık miktarları arasındaki fark anlamlıdır ($p<0,05$).

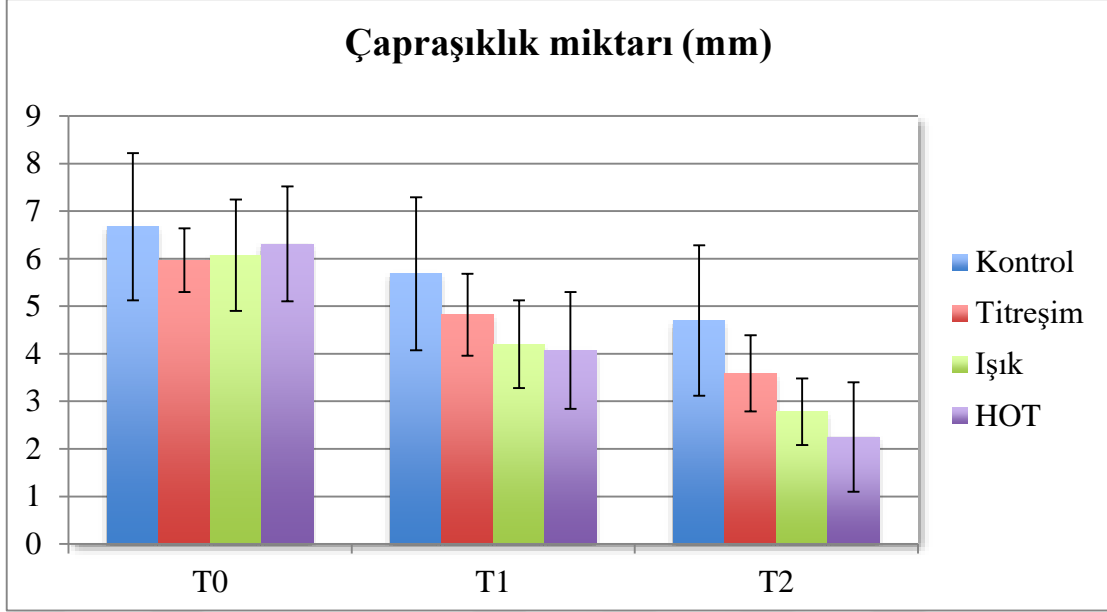


Şekil 4.1: Çapraşıklık miktarlarının grafik görünümü.

Tablo 4.6: apraşıklık miktarlarının ikili karşılaştırmaları

Sabit değer	Karşılaştırılan grup	Karşılaştırıldığı grup	¹ p
T1	Kontrol	Titreşim	0,416
		Işık	0,062
		HOT	0,038
	Titreşim	Kontrol	0,416
		Işık	0,662
		HOT	0,522
	Işık	Kontrol	0,062
		Titreşim	0,662
		HOT	0,996
	HOT	Kontrol	0,038
		Titreşim	0,522
		Işık	0,996
T2	Kontrol	Titreşim	0,162
		Işık	0,006
		HOT	0,000
	Titreşim	Kontrol	0,162
		Işık	0,395
		HOT	0,056
	Işık	Kontrol	0,006
		Titreşim	0,395
		HOT	0,730
	HOT	Kontrol	0,000
		Titreşim	0,056
		Işık	0,730

¹Tukey Test



Şekil 4.2: Çapraşıklık miktarlarının grafik görünümü.

4.6 Çapraşıklığın Düzeltme Miktarlarının Değerlendirilmesi

T0, T1 ve T2 zamanları arasında her grupta çapraşıklık miktarları arasında ölçülen farklar istatistiksel olarak Kruskal Wallis Testi ile incelenmiştir. T0 ile T1 zamanları arasında çapraşıklığın düzeltme miktarları için gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır (Tablo 4.7) ($p=0,000$, $p<0,001$). Benzer şekilde T1 ile T2 zamanları arasında ve T0 ile T2 çapraşıklığın düzeltme miktarları için gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p=0,000$, $p<0,001$). İstatistiksel olarak anlamlı bulunan farkların hangi gruplar arasında olduğunu tespit etmek için ikili testler yapılmıştır.

Tablo 4.7: Çapraşıklık değişim miktarlarına ilişkin değerlendirmeler

	Çapraşıklık değişimi miktarları				¹ p
	Kontrol Ort ±SS (mm)	Titreşim Ort ±SS (mm)	Işık Ort ±SS (mm)	HOT Ort ±SS (mm)	
T1-T0	0,98±0,17 ^a	1,15±0,25 ^a	1,87±0,39 ^b	2,23±0,45 ^b	0,000
T2-T1	0,98±0,29 ^a	1,23±0,61 ^a	1,41±0,42 ^{a,b}	1,82±0,29 ^b	0,000
T2-T0	1,97±0,21 ^a	2,38±0,52 ^{a,b}	3,28±0,62 ^b	4,05±0,39 ^b	0,000

¹ Independent Samples Kruskal Wallis Test

Aynı harfler anlamlı fark olmamasını, farklı harfler anlamlı farklılık olmasını temsil etmektedir.

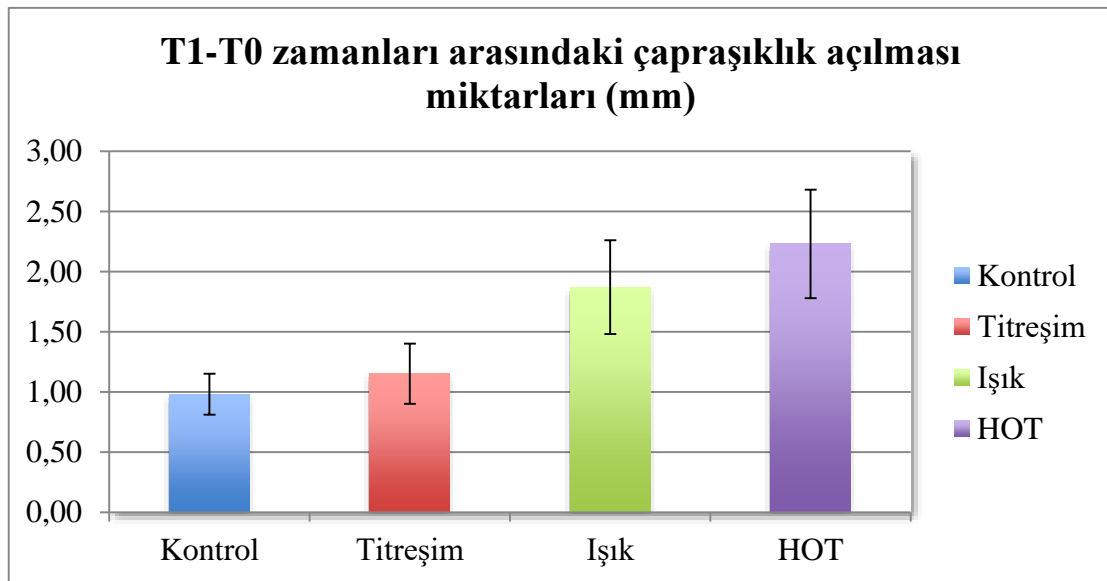
T1 ile T0 zamanları arasındaki çapraşıklık düzelme miktarları ikili karşılaştırmalar ile istatistiksel olarak incelenmiştir (Tablo 4.8) (Şekil 4.3).

Tablo 4.8: T1 ile T0 zamanları arasındaki çapraşıklık düzelme miktarlarının ikili karşılaştırılmaları

İkili olarak karşılaştırılan gruplar	p
Kontrol - Titreşim	1,00
Kontrol - Işık	0,003
Kontrol - HOT	0,000
Titreşim - Işık	0,019
Titreşim - HOT	0,001
Işık - HOT	1,000

Her satırda ikili karşılaştırılması yapılan grupların aynı miktarda çapraşıklık düzeltimi sağladığı null hipotezi test edilmiştir. Anlamlılık koyu rakamlarla gösterilmiştir.

İnceleme sonucunda kontrol ile ışık grupları arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p=0,003$, $p<0,05$). Aynı zaman aralığında Kontrol ile HOT grupları arasında da anlamlı farklılık gözlenmiştir ($p=0,000$, $p<0,05$). T1 ile T0 zamanları arasındaki incelemede titreşim grubu ile ışık grubu arasındaki fark da istatistiksel olarak anlamlıdır ($p=0,019$, $p<0,05$). Aynı zaman dilimleri için yapılan titreşim ve HOT gruplarının karşılaştırması da anlamlı farklılık oluşturmuştur ($p=0,001$, $p<0,05$).



Şekil 4.3: T1-T0 zamanları arasındaki çapraşıklık düzelme miktarlarının grafik görünümü.

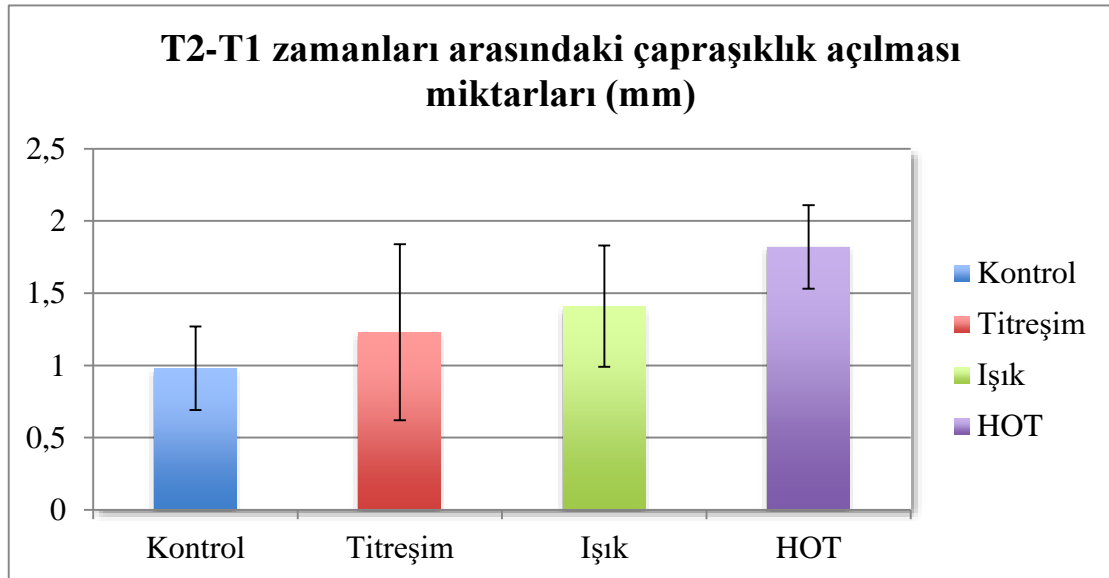
T2 ile T1 zamanları arasındaki çapraşıklık düzelme miktarları ikili karşılaştırmalar ile istatistiksel olarak test edilmiştir (Tablo 4.9) (Şekil 4.4).

Tablo 4.9: T2 ile T1 zamanları arasındaki çapraşıklık düzelme miktarlarının ikili karşılaştırmaları

İkili olarak karşılaştırılan gruplar	p
Kontrol - Titreşim	1,00
Kontrol - Işık	0,261
Kontrol - HOT	0,001
Titreşim - Işık	1,00
Titreşim - HOT	0,007
Işık - HOT	0,321

Her satırda ikili karşılaştırılması yapılan grupların aynı miktarda çapraşıklık düzeltimi sağladığı null hipotezi test edilmiştir. Anlamlılık koyu rakamlarla gösterilmiştir.

T2 ile T1 zamanları arasındaki çapraşıklık düzelme miktarlarının ikili karşılaştırmalar ile istatistiksel incelenmesi sonucunda kontrol ile HOT grupları arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p=0,001$, $p<0,05$). Aynı zaman aralığında Titreşim ile HOT grupları arasında da anlamlı farklılık gözlenmiştir ($p=0,007$, $p<0,05$).



Şekil 4.4: T2-T1 zamanları arasındaki çapraşıklık düzelme miktarlarının grafik görünümü.

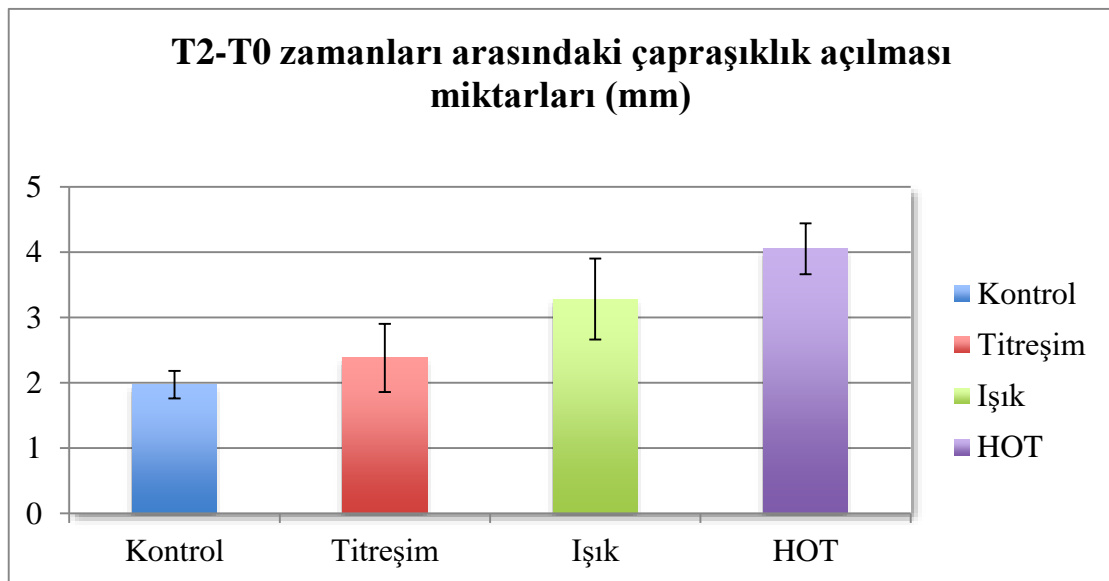
T2 ile T0 zamanları arasındaki çapraşıklık düzelme miktarları da ikili karşılaştırmalar ile istatistiksel olarak incelenmiştir (Tablo 4.10) (Şekil 4.5).

Tablo 4.10: T2 ile T0 zamanları arasındaki çapraşıklık düzelme miktarlarının ikili karşılaştırmaları

İkili olarak karşılaştırılan gruplar	p
Kontrol - Titreşim	1,00
Kontrol - Işık	0,007
Kontrol - HOT	0,000
Titreşim - Işık	1,86
Titreşim - HOT	0,002
Işık - HOT	0,911

Her satırda ikili karşılaştırılması yapılan grupların aynı miktarda çapraşıklık düzeltimi sağladığı null hipotezi test edilmiştir. Anlamlılık koyu rakamlarla gösterilmiştir.

T2 ile T0 zamanları arasındaki çapraşıklık düzelme miktarlarının ikili karşılaştırmalar ile istatistiksel incelenmesi sonucunda kontrol ile ışık grupları arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p=0,007$, $p<0,05$). Benzer şekilde T2 ile T0 zamanları arasındaki incelemede kontrol grubu ile HOT grubu arasındaki fark da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,000$, $p<0,05$). Aynı zaman aralığında Titreşim ile HOT grupları arasında da anlamlı farklılık gözlenmiştir ($p=0,002$, $p<0,05$).



Şekil 4.5: T2-T0 zamanları arasındaki çapraşıklık düzelme miktarlarının grafik görünümü.

4.7 Apareylerin Kullanım Sürelerinin Değerlendirilmesi

Çalışmamızın deney gruplarına teslim edilen apareylerin T0-T1 zamanları arası ve T2-T1 zamanları arası kullanım miktarlarında gruplar arasında fark olup olmadığı istatistiksel olarak incelenmiştir (Tablo 4.11). Apareylerin kullanım süreleri arasında gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p=0,841$; $p=0,704$, $p>0,05$).

Tablo 4.11: Apareyin farklı gruplarda kullanım sürelerine ilişkin değerlendirmeler

		n	Ort±SS (medyan)	Minimum	Maksimum	¹ p
ilk ay kullanma süresi ortalaması (dk)	Titreşim	10	18,40±2,06	15,0	20,0	0,841
	Işık	9	19,11±1,16	17,0	20,0	
	HOT	9	19,00±1,00	17,0	20,0	
	Total	28	18,82±1,49	15,0	20,0	
ikinci ay kullanma süresi ortalaması (dk)	Titreşim	10	18,30±1,49	16,0	20,0	0,704
	Işık	9	18,66±1,73	15,0	20,0	
	HOT	9	18,33±1,50	16,0	20,0	
	Total	28	18,42±1,52	15,0	20,0	

¹Kruskal Wallis Test

Korelasyon testleri ile apareylerin ilk aydaki kullanım süreleri ile ikinci aylardaki kullanım süreleri karşılaştırılmış, ilk ve ikinci ay kullanım miktarları arasında anlamlı bir korelasyon ilişkisi görülmüştür. Hastaların belirttiği kullanım süreleri ile dış hareket miktarları arası ilişki incelenmiş aralarında istatistiksel bir ilişki olmadığı görülmüştür (Tablo 4.12, Tablo 4.13)

Tablo 4.12: Aparentlerin kullanım sürelerine ilişkin değerlendirmeler

	Pearson Korelasyonu	p (2 yönlü)
İlk ay kullanım süresi ortalaması (dk)	1	
İkinci ay kullanım süresi ortalaması	0,686	0,000
T0 - T1 farkı	0,236	0,227
T0 - T2 farkı	0,154	0,435
T1 - T2 farkı	-0,010	0,960

Korelasyon $p < 0,01$ seviyesinde anlamlıdır (2 yönlü).

Tablo 4.13: Aparentlerin kullanım miktarlarına ilişkin değerlendirmeler

	Pearson Korelasyonu	p (2 yönlü)
İlk ay kullanım süresi ortalaması (dk)	0,686	0,000
İkinci ay kullanım süresi ortalaması	1	
T0 - T1 farkı	-0,045	0,820
T0 - T2 farkı	0,100	0,612
T1 - T2 farkı	0,218	0,266

Korelasyon $p < 0,01$ seviyesinde anlamlıdır (2 yönlü).

4.8 Çapraşıklık Miktarının Seviyelenme Miktarı ile İlişkinin Değerlendirilmesi

Korelasyon testleri kullanılarak sahip olunan çapraşıklığın değeri ile çapraşıklığın düzelme miktarı arasında bir ilişki olup olmadığı incelenmiştir (Tablo 4.14). Daha fazla çapraşıklık olduğunda daha fazla dış hareketi görülüp görülmediği incelenmiş, çapraşıklık miktarı ve dış hareket miktarı arasında pozitif doğrusal istatistiksel olarak anlamlı düşük düzey bir ilişki olduğu ortaya çıkmıştır ($r=0,394$, $p=0,038$; $p<0,05$).

Tablo 4.14: Çapraşıklık miktarı ile çapraşıklığın düzelme miktarına ilişkin değerlendirmeler

		T0-T2 zamanlar arası çapraşıklık farkı	T0 çapraşıklık değeri
T0-T2 zamanlar arası çapraşıklık farkı	Pearson Korelasyonu	1	0,394
	p (2 yönlü)		0,038
T0 çapraşıklık değeri	Pearson Korelasyonu	0,394	1
	p (2 yönlü)	0,038	

Korelasyon 0,05 seviyesinde anlamlıdır (2 yönlü).

5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

5.1 Amaç, Birey ve Yöntemin Tartışılması

Çalışmamızın amacı, çapraşık mandibular kesici dişlerin seviyelenmesi sırasında titreşim ve fotobiyomodulasyon yöntemlerinin ve bu yöntemlerin kombine kullanımının seviyelenme sürelerine etkisini konvansiyonel tedavilerle karşılaştırarak klinik olarak değerlendirmektir. Ayrıca çalışmamızda günümüzde kullanılan invaziv veya sistemik olarak hastaları etkileyebilen yöntemlere alternatif olabilecek, konservatif ve hasta tarafından kolaylıkla kabul edilebilir, tedavi süresince istenilen süre boyunca etkisi devam ettirilebilen bir yöntemin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Kapsamlı sabit ortodonti tedavileri yaklaşık 2-3 yıl sürer (1,2). Tedavi süresinin uzunluğu hastalar ve hekim için zorlayıcı olmaktadır (3-7). Bu nedenle, araştırmacılar tedavi süresini kısaltacak yöntemler ile ilgili çalışmalara ağırlık vermektedirler.

Ortodontik diş hareketinin hızını uygulanan mekanikler ve kullanılan materyaller etkilediği gibi, oluşan biyolojik yanıtın hızı da etkiler. Biyolojik yanıtın hızını artırmak amacıyla yapılan çalışmalar ortodontik diş hareketi sırasında gözlenen hyalinizasyon ile karakterize lag fazını kısaltarak veya yok ederek dokulardaki yapı-yıkım döngüsünü daha erken oluşturmayı hedeflemektedirler. Temel olarak osteoklastik aktiviteye bağlı olduğu düşünülen kemik rezorpsiyonu hızlandığında, diş hareketinin de arttığı kabul edilmekte, bu aktiviteyi hızlandırmaya yönelik çalışmalar da yapılmaktadır (33).

Kemik dokusu diğer tüm dokular gibi etki-tepki prensibi ile yanıt verdiği için, kuvvetlere maruz kaldıkça şekillenerek adapte olur. Mekanik gerilmenin anabolik potansiyelinin frekans ile güçlü bir bağı olduğu ortaya koyulmuştur (136). Uygun miktarlarda uygulanacak mekanik basınçların kemik şekillenmesini ve anabolik yanıtı hızlandırabileceği öne sürülmüştür (35). Mekanik stimülasyonun diş hareket hızı üzerine etkisini incelemek amacıyla çeşitli araştırmacılar tarafından günümüze dek pek çok çalışma yürütülmüştür (144-152,154-156,158).

Lazerler, ilk olarak 1960 yılında Maiman (159) tarafından üretilmiş, çok şiddetli, koherent ve tek renk ışık elde etmek için geliştirilmiş, fotonları uyumlu bir huzme şeklinde oluşturan optik düzeneklerdir.

Lazer uygulaması dokular üzerinde uygulanan enerjinin yoğunluğu ve uygulanma süresine bağlı olarak çeşitli etkiler yaratır. Dokularda 1°C'den daha az lokal sıcaklık artışı ile gözlenen etkileri biyostimulan etkiler olarak adlandırılır. Bu biyostimulan etkileri kullanan tedaviler düşük doz lazer terapileridir (160). Lazer uygulamalarının biyostimulan etkilerinin yanında ayrıca osteoklast, osteoblast ve fibroblast gibi hücrelerin de proliferasyonunu stimule etme özellikleri de tespit edilmiştir (161–163). Araştırmacılar tarafından lazer uygulamalarının diş çevreleyen dokular ve diş hareket hızı üzerine etkilerini inceleyen birçok çalışma yürütülmüştür (161–165,170–176).

Günümüzde tedavi süresini kısalttığı iddiası ile piyasada yer alan titreşim cihazları, 30Hz frekans ve 0,25 Newton kuvvete sahip titreşim oluşturmaktadır ve günde 20 dakika kullanımı önerilmektedir. Bu titreşim değeri elektrikli bir diş fırçasının titreşim değerlerinden ortalama sekiz kat küçüktür. Benzer şekilde aynı iddia ile piyasada yer alan ışın cihazları 850 nm dalga boyunda 9,5J/cm² LED ışık yaymakta, günde 10 dakika kullanımları önerilmektedir. Bu bilgiler ışığında çalışmamızda 30 Hz frekansında 0,25 Newton kuvvette titreşim uygulayan aygıtların, 850 nm dalga boyunda 9,5 J/cm² enerji yayan LED ışık aygıtlarının ve iki uygulamanın bir arada bulunduğu HOT aygıtlarının günde 20 dakika süreyle kullanımının etkileri değerlendirilmiştir.

Çalışmamızda Little'ın çapraşıklık seviyesine göre orta seviyede çapraşıklığa sahip hastalar dahil edilmiş ve çekimsiz ortodontik tedavi protokolü izlenirken alt keser dişlerin seviyelenme aşamasında çapraşıklık miktarındaki değişimler takip edilmiştir. Diş arkında eksik ve/veya fazla diş bulunmamasına dikkat edilmiştir. Diş eksikliklerinde varolan dişlerin dişsiz alana hareketi daha kolay olabilir veya üst çenede eksiklik olması durumunda okluzyonda olmayan alt dişler daha rahat hareket edebilir. Diş fazlalığı olan hastalarda da bu durumların tersi gerçekleşebileceğinden ve standardizasyonu güçlendirmek amacı ile eksik ve/veya fazla diş bulunan hastalar çalışmamıza dahil edilmemiştir.

Çekimsiz ortodontik tedavi protokolü izlenen hastaların çalışmamıza dahil edilme sebebi, seviyelenme hızlarının incelenmesinde standart bir şekilde çapraşıklığın düzeltilmesinin incelenmek istenmesidir. Çekimli vakalarda kanin distalizasyon miktarı üzerinden diş hareket hızının değerlendirildiği çalışmalarda dişlerin inklınasyon ve rotasyonlarındaki değişiklikler distalizasyon miktarını ölçerken göz önünde bulundurulmalıdır. Ancak çekimsiz tedavi protokolü izlenen vakalarda çapraşıklık miktarı ölçümü sayısal sonuçlar vererek niceliksel karşılaştırma olanağı sağlar. Dişlerin

inklinasyon ve rotasyonları çekimsiz vakalarda seviyeleme aşamasında çapraşıklık miktarı ölçülürken ölçümleri etkilememektedir. Çalışmamızda çekimsiz tedavi protokolü izlenen hastalar ile çalışılmasının bir diğer sebebi çalışmamızın split-mouth şeklinde tasarlanmaya uygun olmayışıdır. Titreşim ve ışık uygulamaları çenenin bir yarısına uygulandığında diğer tarafın da etkilenebileceği, bu durumun sonuçları etkileyebileceği düşünüldüğünden her farklı uygulama için ayrı bir çalışma grubu oluşturulmuştur. Çekimsiz tedavi protokolü izlenen hastalar ile çalışılmasının bir diğer sebebi ise bu kriterlere uyacak hastaların çekimli tedavi görecektir hastalardan sayıca çok olacağına ilişkin öngörümüz olmuştur.

Çalışmamızda, orta seviyede çapraşıklığa sahip bireyler seviyelenme aşamasında iken incelenmiştir. Orta seviyede çapraşıklıkta bireylerin seçilme sebebi, ileri derecede çapraşıklığı olan bireylerin tedavisi için çekimli tedaviye veya stripping uygulaması gibi çalışmamızın sonuçlarını etkileyecek uygulamalara ihtiyaç duyulabilmesi; düşük seviyede çapraşıklığı olan bireylerde ise çapraşıklığın çalışma sonlanmadan düzelmesi halinde çalışmanın devamlılığının engellenecek olmasıdır.

Bu çalışmada alt kesicilere bakılma sebebi alt kesicilerin üst kesicilere göre daha küçük olmasına bağlı olarak seviyelenme aşamasında daha belirgin değişiklikler gösterecek olmasıdır (180). Çalışmamızda Little'ın çapraşıklık indeksini kullanmamızın sebebi çapraşıklık indeksinin basit ve etkinliği kanıtlanmış bir yöntem olması ve bu yöntem ile ölçümlerin kolaylıkla yapılabilmesidir. Pandis ve ark. (181) tarafından 2007 yılında yürütülen bir çalışmada çapraşık olan alt kesici dişlerin seviyelenme miktarları Little'ın çapraşıklık indeksi kullanılarak ölçümlenmiş bu yöntem ile farklı braket tiplerinin diş seviyelenmesi üzerindeki klinik etkinliklerin karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Kau ve ark. (175) tarafından 2013 yılında yapılan, fotobiyomodulasyon yönteminin diş hareket hızına olan etkisini inceleyen bir çalışmada da çalışmamıza benzer şekilde Little'ın çapraşıklık indeksi kullanılarak kesici dişlerin seviyelenme miktarı farkları karşılaştırılmıştır.

Çalışmamızda alt keser dişlerdeki çapraşıklık değişimleri tedavinin ilk aşaması olan seviyeleme aşamasında değerlendirilmiştir. Çalışmamıza katılan hastalar alt çene dişlerinin braketlenmesinden itibaren çalışmaya dahil edilmiş olup çalışmamız 2 ay süreyle devam etmiştir. Çalışmamızın tedavinin ilk aşamasında yürütülmesinin nedeni, seviyeleme aşamasının dişlerin üç boyutlu konumlarını düzeltmeye yönelik olmayan bir tedavi fazı olmasıdır. Çalışmamızın 2 ay süreyle devam etmesinin nedeni ise seviyelenme sırasında oluşabilecek farklılıkları gözlemlemeyi sağlayan ara bir kayıt

aşaması da olmasını sağlamak, tüm hastalar halen seviyelenme aşamasında iken çalışmanın bitmesini sağlamaktır. Literatürde seviyelenme sonlanana kadar hastaların takiplerine devam edilen çalışmalar da bulunmaktadır (182). Bu çalışmalarda seviyelenmenin sonlanması ya hekime hastalar tarafından bildirilmekte ya da hastaların bir sonraki seanslarında hekim tarafından tespit edilmektedir. Hastaların hekimi bilgilendirdiği çalışmalarda hastaların çapraşıklık indeksini değerlendirmeleri arasında farklılıklar olabilmekte, seviyelenmenin hekim tarafından kontrol edildiği çalışmalarda ise seanslar arasında geçen süre dış hareket hızının tespitinde hatalar yaratmaktadır. Bu sebeple çalışmamız 2 ay süreyle sınırlandırılmıştır.

Çalışmamıza dahil olan hasta grubumuz 13 - 30 yaş aralığında 14 erkek 22 kız olmak üzere toplam 36 bireyden oluşmuştur. Bireylerin yaş ortalaması 20 yıl 11 aydır. Bireyleri çalışmaya dahil etme kriterlerinde; ortodontik dış hareketini etkileyebilecek herhangi bir sistemik hastalık bulunmamasına, çalışma süresince herhangi bir ilaç kullanılmamasına, daha önce ortodontik tedavi görmemiş olmasına ve hastanın ağız hijyeninin iyi olmasına dikkat edilmiştir. Çalışmamızın hasta dahil edilme kriterleri, yapılan diğer seviyeleme aşamasında dış hareketi hızı ölçümlenen çalışmalardaki kriterler ile uyumludur (175,181,182).

Çalışmamızda hastalara teslim edilen, 3 farklı tipte aparey kullanılmış; aparey teslimi sırasında hastalara her gün apareyleri uygulamaya başladıkları ve uygulamayı bitirdikleri saatleri yazacakları bir çetele verilmiştir. Apareylerin hastalara teslim edilmesinin sebebi hastaları her gün kliniğe çağırmanın hekim ve hastalar açısından yaratacağı sorunları gidermek ve hastalar için kullanım kolaylığıdır. Hastalara teslim edilen çetele ile kullanım miktarlarını gözlemleyebilmek ve düzenli kullanımı motive etmek amaçlanmıştır. Kau ve ark. (175) fotobiyomodulasyonun dış hareket hızına etkisini inceledikleri klinik çalışmada ağız dışı bir aygıtı hastalara farklı miktarlarda kullandırmışlar, bunun için hasta gruplarından 2'sinin her gün 1'inin haftada bir kliniklerine gelmesini sağlamışlardır. Çalışmamızda 2 ay süre boyunca kliniğimize her gün gelmeyi kabul edecek hasta bulmak çok zor olacağı ve hekim için de zorluk yaratacağı için apareyler hastalara teslim edilerek çetele sistemi uygulanmıştır. Grove ve ark.'nın (152) ortodontik kuvvetler ile birlikte titreşim uygulamasının kök rezorpsiyonuna etkisini inceledikleri çalışmada hastalara, titreşim sağlayan hareketli aygıtlar teslim edilmiş, hastaların apareyleri her gün düzenli olarak kullanmaları istenmiştir. Hastaların apareyleri kullanmaları teşvik edilmek için hastalar çalışmayı yapan doktorlar tarafından bilgilendirilmiştir. Tan (147) tarafından yürütülen benzer bir

çalışmada titreşim uygulayan apareyler hastalara teslim edilmiş, hasta kullanımlarını kontrol ve motive etmek için hastalar her gün telefon ile aranmışlardır. Çalışmamızda hastalara kullandırılan apareylerin hastalar tarafından ne kadar düzenli kullanıldıkları, apareyleri çetelede belirttikleri miktarlarda kullanıp kullanmadıkları bilinmemektedir. Bu durum bu tip çalışmaların bir limitasyonudur.

Çalışmamızda kullanılan titreşim aygıtı 30 Hertz frekansında 0,25 Newton büyüklüğünde kuvvete sahip titreşim yaratmaktadır. Çalışmamızda bu değerlerde titreşim oluşturan aygıtın günde 20 dakika kullanımının etkisi değerlendirilmiştir. Titreşimin kemik yapım-yıkım döngüsüne, diş ve diş hareket hızına etkisini inceleyen çalışmalarda farklı Hertz ve kuvvetler ile farklı uygulama sürelerinde deneyler yapılmıştır. Rubin ve ark. (138) 2001 yılında sıçanlarda yaptıkları çalışmada 90 Hz 0,25 g titreşimin günde 10 dakikada yarattığı etkiyi, Kopher ve Mao (144) 2003 yılında tavşanlar üzerinde yaptıkları deneyde 1 Hz frekansında 5N kuvvetinde titreşimin 10 dakikada yarattığı etkinin titreşimsel olmayan kuvvet uygulamasıyla farkını, Mao ve Nah (183) 2004 yılında 2 N kuvvetinde titreşimin 20 dakikada oluşturduğu etkinin aynı kuvvette statik kuvvetle olan farkını incelemişlerdir. Gilsanz ve ark. (140) tarafından yürütülen klinik çalışmada hastalara 30 Hz, 0,3 gram titreşim günde 10 dakika uygulamıştır. Omar ve ark. (143) tarafından yürütülen mekanik stimulusların kemik iyileşmesine etkisinin incelendiği hayvan çalışmasında 30 Hz frekansta titreşim günde 20 dakika süreyle; Goodship ve ark. (142) tarafından yapılan başka bir hayvan çalışmasında ise 30 Hz frekansta 25 microm büyüklükte titreşim günde 17 dakika süre ile uygulanmıştır. Grove ve ark. (152) 113 Hz frekansında günde 10 dakika uygulanan titreşimin, Kau ve ark. (151) ile Tan (147) 30 Hz frekansında 0,2 ile 0,3 Newton arasında değişen kuvvete sahip titreşimin günde 20 dakika süre ile uygulanmasının; Woodhouse ve ark. (156) aynı özellikte titreşimin günde 20 dakika uygulanmasının dişlere etkilerini incelemişlerdir. Kalajzic ve ark. (158) 30 Hz ve 0,4 N kuvvette titreşimi 10 dakika süreyle haftada 2 kere uyguladıkları bir hayvan deneyi ile titreşimin kemik remodelingine etkisini araştırmışlardır.

Çalışmamızda 850 nm dalga boyunda ve 9,5 J/cm² enerji yayan LED ışık kullanılmıştır. Mekanik stimülasyon etkisi incelenirken farklı titreşim değerleri ile çalışmalar yapılmasına benzer olarak, düşük seviyeli lazer terapisinin diş hareket hızı üzerine etkisini inceleyen çalışmalarda da farklı dalga boylarında ışınlar farklı sürelerle kullanılmıştır. Trelles ve Mayayo (162) 632nm dalga boyunda 2,4 J enerjide ışığın kemik iyileşmesi üzerine etkisini, Ozawa ve ark. (164) ise 830 nm dalga boyunda

500mW ışığın kemik üzerine etkilerini hayvanlar üzerinde yaptıkları çalışmalarda incelemiştir. Altan ve ark. (160) ratlarda yaptıkları çalışmada 820 nm 100mW gücünde Ga-Al-As diyod lazer ışığının farklı miktarlarda kullanımının etkilerini karşılaştıran bir çalışma yapmışlardır. Düşük seviyeli lazer ışınının ortodonti tedavilerine etkisini ilk defa 2004 yılında Cruz ve ark. (166) incelemiştir; 780 nm dalga boyunda 20mW gücünde ışını 5J enerji oluşturacak şekilde farklı miktarlarda uygulamışlardır. Demidova-Rice ve ark. (174) tarafından yürütülen hayvan çalışmasında ise 635nm, 670nm, 720nm ve 820 nm dalga boyunda ışınların güçleri karşılaştırılmış; 820 nm dalga boyunda ışının yara iyileşmesi ve kemik döngüsünde etkili miktar olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Aynı çalışmada aynı dalga boyunda koherent ışık yayılımı yapan lazer ışın kaynağı ile koherent ışık yayılımı yapmayan LED ışın kaynakları birbirleri ile karşılaştırılmış, aralarında etkinlik açısından anlamlı bir fark bulunmadığı ortaya koyulmuştur. Kau ve ark. (175) 2013 yılında 850nm dalga boyunda LED ışığın günde 20 dakika, günde 30 dakika ve haftada 60 dakika olarak farklı sürelerde kullanımının kontrol grubu ile karşılaştırıldığında ortodontik diş hareketi üzerine etkilerini inceledikleri bir klinik çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmalarının sonucunda farklı sürelerde kullanımların etkileri birbirleri ile karşılaştırılmamış, çalışma genel olarak kontrol ve deney grubu olarak ayrılarak deney grubunda anlamlı diş hareketi hızlanması görüldüğü bildirilmiştir.

Çalışmamızda T0 ile T1 süreleri arasında 0,012 inç ve T1 ile T2 ölçümleri arasındaki sürede 0,14 inç yuvarlak çaplı olmak üzere iki farklı boyutta Ni-Ti telleri 1'er ay kullanılmıştır. Çalışmamızın dişlerin seviyelenmesi üzerine yapılan bir araştırma olduğundan Ni-Ti teller kullanılmıştır. Pandis ve ark. (184) tarafından 2009 yılında yapılan bir çalışmada mandibular keser diş çapraşıklıklarının düzeltilmesinde kullanılan Copper-Ni-Ti teller ile Ni-Ti teller arasında anlamlı bir fark olmadığı ortaya koyulmuştur. Ayrıca hastalara farklı kalınlıkta tellerin kullanılması sonuçları etkileyebilecek olduğundan, tüm hastalara aynı süreler boyunca aynı teller uygulanmış, bu şekilde standardizasyon sağlanması amaçlanmıştır.

Çalışmamızda tüm ölçümler elde edilen alçı modeller üzerinde yapılmıştır. Ortodontik tedavi sırasında dişlerde meydana gelen hareket miktarı, ankraj kayıpları, angulasyon ve inklinasyon değişiklikleri radyografik yöntemler ile de ölçülebilmektedir (185). Ancak böyle kısa aralıklarla ölçümler için hastaların radyasyona maruz bırakılmaması amacı ile, çalışmamızda radyografi yerine alçı modellerin kullanılması tercih edilmiştir. Little'ın çapraşıklık indeksi hastalardan klinik olarak ölçümler

yapılmasına da olanak sağlamaktadır. Ancak daha iyi bir standardizasyon sağlayabilmek ve ölçümleri tekrarlanabilir kılmak amacı ile klinik ölçümler yerine alçı modeller üzerinde ölçümler yapılmıştır. Limpanichkul ve ark. (171) düşük seviyeli lazer terapisinin ortodontik diş hareketine etkisini inceledikleri çalışmada, Sebastiana (186) farklı tellerin diş seviyelenmesi hızına etkisini incelediği klinik çalışmada, Pandis ve ark. (181) farklı braketlerin alt keser çapraşıklığının seviyelenmesi üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada; çalışmamıza benzer şekilde alçı modeller üzerinde ölçüm yapmışlardır.

5.2 Bulguların Tartışılması

Çalışmamızın bulgularında titreşim uygulamasının diş hareket hızı üzerinde hareketi hızlandırmak yönünde anlamlı bir fark yaratmadığı, buna karşılık ışık uygulamasının diş hareket hızını anlamlı derecede arttırdığı, bu bulgulara paralel olarak HOT uygulamasının da diş hareket hızını artırdığı ancak ışık uygulaması ile arasında anlamlı bir farklılık olmadığı ortaya koyulmuştur. Bu bulgulardaki ölçümler milimetre bazında ele alındığında kontrol grubunda 60 günde diş hareket miktarı ortalama $1,97\pm 0,17$ mm iken, titreşim grubunda $2,38\pm 0,52$ mm, ışık grubunda $3,28\pm 0,62$ mm, HOT grubunda $4,05\pm 0,39$ mm olmuştur.

Titreşim uygulamasının kemik metabolizması ve diş hareket hızı üzerine etkilerini inceleyen ve farklı sonuçlara ulaşan pek çok çalışma mevcuttur (138–144,146–156). Bu çalışmaların diş hareketi üzerine olanlarının bir kısmı hayvan çalışmaları (144,148,149,157,158) olmaları, bir kısmı kontrol grubu bulunmayan vaka raporları (150,151,153) olmaları, bir kısmı ise diş hareketini biyokimyasal olarak inceleyen (152,154) çalışmalar olmaları sebebi ile çalışmamızdan majör farklılıklar göstermektedirler. Pavlin ve ark. (155) ile Woodhouse ve ark. (156) tarafından yürütülen çalışmalar ise klinik ve prospektif çalışmalar olmaları yönüyle çalışmamıza en büyük benzerliği göstermektedirler.

Pavlin ve ark. (155) birinci premolar çekimli hastalarda kanin distalizasyonu üzerinde diş hareketini inceledikleri çalışmada titreşim uygulamasının diş hareket hızını anlamlı miktarda artırdığını ortaya koymuşlardır. Bizim tez çalışmamızda, kontrol grubunda diş hareketi 2 ayda $1,97\pm 0,17$ mm iken, titreşim grubunda 2 ayda $2,38\pm 0,52$ mm bulunmuş olup aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bizim çalışmamızdan farklı olarak, Pavlin ve ark. (155) tarafından çalışma sonucunda kontrol

grubunda diş hareketi ayda 0,79 mm iken, titreşim grubunda 1,16 mm bulunmuştur. Bu çalışma bizim çalışmamızdan hastaların yaş aralığı, uygulanan tedavi protokolü, tedavinin takip edildiği aşama ve ölçüm metotları açısından farklılıklar göstermektedir. Bizim çalışmamızda yaş aralığı 13-30 iken yapılan çalışmada 12-40 arasında olup, bizim çalışmamız çekimsiz ortodontik tedavi gören hastalarda seviyelenme aşamasını gözlemlerken yapılan çalışmada premolar çekimli hastalarda başlangıç seviyelenmesinden sonra minividalardan ankraj alınarak yapılan distalizasyonun miktarı ölçümlenmiştir. Son olarak ölçüm metodları arasındaki farklılık da bulguların farklılığına sebep olarak görülebilir. Çalışmamızda hastalardan alınan ağız içi ölçüler ile alçı modeller oluşturulmuş, bu modeller üzerinde ölçümler yapılmıştır. Pavlin ve ark. (155) tarafından yapılan çalışmada ise ölçümler direkt olarak seanslar sırasında hasta ağzında yapılmıştır.

Woodhouse ve ark. (156) tarafında yürütülen çalışmada ise çalışmamıza benzer şekilde titreşim uygulamasının diş hareket hızı üzerinde anlamlı bir fark yaratmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Başlangıçta çapraşıklık miktarları arasında Little'ın çapraşıklık indeksine göre anlamlı fark bulunmadığı tespit edilen gruplar seviyelenme sonuna kadar takip edilmiştir. 6. hafta sonunda alınan ölçüler ile tedavi başlangıcında alınan ölçülerden oluşturulan modellerde çapraşıklık değerleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca seviyelenmenin toplamda kaç günde tamamlandığına bakılarak süre karşılaştırması yapılmıştır. Çapraşıklığın düzelmesinde de seviyelenme süresinde de gruplar arasında çalışmamıza benzerlik gösteren şekilde anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Çalışmamızda ışık uygulamasının diş hareket hızı üzerine etkileri kontrol grubu ile karşılaştırılarak incelendiğinde diş hareketinde anlamlı bir hızlanma gözlenmiştir. Literatürde ışık uygulamasının kemik metabolizması ve diş hareketi hızı üzerine etkisini gözleyen pek çok çalışma bulunmakla beraber bu çalışmaların bir kısmı biyokimyasal çalışmalar (161–163,172) bir kısmı hayvan deneyleri (163,165,170) bazıları ise kültür çalışmaları (164) olarak çalışmamızdan ayrılmaktadırlar. Prospektif bir klinik çalışma olması yönü ile çalışmamıza benzerlik gösteren Cruz ve ark. (166) tarafından yürütülen çalışmada 11 hasta üzerinde *split mouth* olarak ışık uygulamasının etkileri kanin distalizasyon miktarı üzerinden incelenmiştir. İki ay süren bu çalışmada çalışmamıza benzer şekilde 60 günün sonunda düşük seviyeli lazer uygulaması yapılan tarafta $4,39 \pm 0,27$ mm diş hareketi gözlemlenirken kontrol tarafında $3,30 \pm 0,24$ mm diş hareketi kaydedilerek ışık uygulaması yapılan tarafta %34 daha hızlı diş hareketi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmada kaydedilen değerler bizim çalışmamızdaki diş

hareket miktarlarından hem kontrol hem de ışık gruplarında daha fazladır. Bu durumun sebebi kanin distalizasyonu sırasında meydana gelebilecek tipping hareketinin daha fazla diş hareketi gerçekleştiği izlenimi yaratması olabilir. Ancak değerler farklılık gösterse de çalışma sonuçları çalışmamıza paralellik göstermektedir.

Çalışmamızın bulgularına paralel olarak 15 hasta ile yürütülen Youssef ve ark. (167), 20 hasta ile çalışılan Genc ve ark. (168), 10 hasta ile yürütülen Sousa ve ark. (173), 20 hasta ile gerçekleştirilen Doshi-Mehta ve Bhad-Patil (169) isimli araştırmacılar tarafından yapılan *split mouth* çalışmalarda düşük seviyeli lazer ışınlarının etkilerini incelenmiş ve lazer uygulamaları ile diş hareket hızında anlamlı bir artış olduğunu belirtilmiştir. *Split mouth* olarak yürütülen kanin distalizasyon çalışmaları olmaları sebebi ile metodoloji farklılıkları bulunsa da bu çalışmalar ile bizim çalışmamız arasında bulgular açısından bir paralellik görülmektedir.

Kau ve ark. (175) 2013 yılında yaptıkları çalışmada çalışmamıza benzer olarak 850 nm dalga boyunda LED ışığın diş hareketi hızına etkilerini incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre kontrol grubunda 7 günde 0,49 mm diş hareketi gözlenirken, çalışma grubunda bu değer 1,12 mm olarak bildirilmiştir. Bu değerler sonucunda ışık uygulamasının diş hareketi üzerinde %100'den fazla etki ettiği sonucuna ulaşmışlardır. Bu sonuçlar bizim çalışmamıza uyumluluk göstermekle birlikte bulunan hızlandırma etkisinin bir miktar fazla olduğu açıktır. Bu durumun sebebi Kau ve ark.'nın (175) çalışmasında başlangıçta gruplar arasında çapraşıklık miktarları arasında anlamlı bir fark bulunması olabilir. Başlangıçta gözlenen bu farklılık gruplar arasındaki diş hareket miktarı farkını etkileyen bir faktör olabilir.

Çalışmamızda kendi oluşturmuş olduğumuz ve Hızlı Ortodontik Tedavi kelimelerinin baş harflerini kullanarak HOT aygıtı olarak adlandırdığımız cihazlar eşliğinde yapılan ortodontik tedavilerde de diş hareketi kontrol grubuna göre anlamlı bir fark göstermiş ve diş hareketi daha hızlı gerçekleşmiştir. Bu bulgu, HOT aygıtlarının gelecekte ortodontik tedavileri hızlandıran yöntemler arasında alternatif bir yöntem olarak yer almasını sağlayabilir.

Günümüzde sıklıkla uygulanan ve oldukça popüler olan kortikotomi ve piezosizyon uygulamalarının etkinliklerini inceleyen çalışmalar değerlendirildiğinde ışık uygulaması ve HOT uygulaması ile cerrahi uygulamalar arasında diş hareket hızı üzerine etkileri açısından bir benzerlik olduğu görülmektedir. Çalışmamızda diş hareketi kontrol grubu ile karşılaştırıldığında ışık ile diş hareketinde ortalama %66, HOT uygulaması ile ise diş hareketinde ortalama %105 artış görülmüştür. Kortikotomi

ve piezosizyon uygulamalarının etkinliklerini inceleyen çalışmalardan bazıları incelendiğinde Gün (101) tarafından yapılan tez çalışmasında kanin distalizasyonu üzerinden diş hareket hızı takibinde 10 haftada piezosizyon grubunda toplam 3,11 mm, kontrol grubunda 2,11 mm diş hareketi bildirildiği görülmektedir. Azimova (103) tarafından yapılan benzer bir diğer tez çalışmasında ise split mouth olarak oluşturulan deney düzeneğinde çalışma tarafına manuel dril frez ile 3 mm derinliğinde 3 adet transmukozal dekortikasyon işlemi yapılmış, 6 haftalık süre sonunda kontrol grubunda 0,93 mm, transmukozal dekortikasyon grubunda 1,51 mm diş hareketi gözlenmiştir. Alikhani ve ark. (187) mikro-osteoperforasyon işlemi ile diş hareket hızını inceledikleri çalışma sonucunda uygulamalarının hareket hızını 2,3 kat hızlandırdığını rapor etmişlerdir. Uygulanma ve etki etme şekilleri açısından ışık ve HOT uygulamaları ile bahsedilen yöntemler birbirinden oldukça farklıdır. Kortikotomi, piezosizyon, dekortikasyon gibi yöntemler cerrahi yöntemler iken, ışık ve HOT uygulamalarında cerrahi bir girişim bulunmamaktadır. Cerrahi yöntemlerde bölgesel hızlanma fenomeni işlemin yapılmasını takiben belirli bir süre devam etmekte daha sonra etkisini yitirmektedir. Buna karşılık ışık ve HOT uygulamaları apareyler kullanıldığı süre boyunca etkilerini sürdürmekte ancak bu avantajın yanında dezavantaj olarak her gün kullanım gerektirerek işlevselliklerini hasta kooperasyonuna bağımlı kılmaktadırlar. Etkinlik açısından benzer ancak uygulanış olarak oldukça farklı bu yöntemler uygun hastalara göre tercih edilerek birbirlerine alternatif olarak kullanılabilir.

Çalışmamızda deney gruplarındaki hastaların beyan ettikleri aparey kullanma süreleri değerlendirildiğinde apareylerin kullanım süreleri arasında gruplar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Birinci ay ve ikinci ay kullanım süreleri karşılaştırıldığında da iki zaman aralığı arasında kullanım açısından bir farka ulaşılmamıştır. Bu bilgilerle birlikte hastaların belirttikleri kullanım süreleri ile diş hareket miktarları da karşılaştırılmış ve beyan edilen kullanım süreleri ile diş hareket miktarı arasında anlamlı bir ilişki görülmemiştir. Bu durum, belirtilen kullanım süreleri arasındaki farklılıkların diş hareket miktarı üzerinde değişim oluşturamayacak kadar az olmasından ya da hastaların beyanlarında hata bulunmasından kaynaklanabilir.

Pauls ve ark. (188) 2013 yılında yaptıkları çalışmada hastaların kendilerine teslim edilen apareyleri kullandıkları süre ile kullandıklarını beyan ettikleri süreleri karşılaştırmışlardır. Çalışmada, hastalara apareylerini günde 15 saat kullanmaları söylenmiştir ve hastalara teslim edilen apareylerin içerisinde kullanım süresini ölçen bir aygıt bulunmaktadır. Apareyin içerisinde bu aygıtın olduğunu bilmeyen hastalar aparey

kullanım süreleri sorulduğunda gerçek kullanım miktarlarından anlamlı derecede fazla kullanım beyan etmişlerdir. Bu durum bizim çalışmamız için de geçerli olabilir ve hastaların apareyleri kullandıkları süreleri gerçek değerlerinden farklı olarak bildirmiş olma ihtimali vardır. Bu belirsizliği önemsiz kılmaya yardımcı olacak bilgi gruplar arasında beyan edilen değerler arasında fark olmaması ve Pauls ve ark. (188) tarafından yürütülen çalışmaya kıyasla çalışmamızda hastalardan istenen günlük aparey kullanım süresinin oldukça kısa olmasıdır.

Benzer şekilde hastaların aparey kooperasyonunu ölçmek üzere *headgear* çalışmaları da planlanmıştır. Hastalara teslim edilen aygıtlardan *headgear* kullanımının bilinçli hipnoz yöntemi ile artırılmasını inceleyen bir çalışmada, yaş ortalaması 10,78 olan 30 hastaya içlerinde kullanım sürelerini takip eden bir aygıt bulunan *headgear*'lar verilmiştir (189). Çalışma sırasında hastalardan kullanım sürelerini not etmeleri istenmiş; çalışma sonucunda beyan edilen süreler ile gerçek kullanım miktarları da karşılaştırılmıştır. İki değer arasında düşük korelasyon gözlenmiştir. Güray ve Orhan (190) hastaların içlerinde kullanım zamanını ölçen bir parçası olan apareyleri günde 16 saat kullanmalarını önermiş ve çalışmanın sonuçları kullanımlarının takip edildiğini bildiklerinde hastaların apareyleri kullanma süresinin yüzde 26 arttığını ortaya koymuştur. Bizim çalışmamız için kullanılan aygıtların beyan edilen sürelerde kullanılıp kullanılmadığı ve apareylerin içlerinde kullanım miktarını ölçümleyen bir özellik bulunmasının değerleri değiştirip değiştirmeyeceği bilinmemektedir. Ancak Pauls ve ark. (188) tarafından yürütülen çalışmada olduğu gibi bahsedilen bu çalışmalarda hastalardan istenen günlük aparey kullanım süreleri bizim çalışmamızda istenen kullanım süresinden oldukça fazladır. Ayrıca bahsedilen çalışmalarda yaş ortalamaları çalışmamıza oranla düşüktür. Yaş artışı ile hastaların kooperasyonlarında bir artış beklenebilir (191).

Çalışmamızda son olarak daha fazla çapraşıklık olduğunda daha fazla diş hareketi görülüp görülmediği incelenmiştir. Çapraşıklık miktarı ile diş hareket miktarı arasında pozitif doğrusal istatistiksel olarak anlamlı düşük düzey bir ilişki olduğu ortaya çıkmıştır. Ancak çalışmamızda diş hareket miktarına etki eden farklı unsurlar da bulunduğundan diş hareketi ve çapraşıklık arasındaki ilişkiyi anlamak için daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Gelecekte yapılacak çalışmalar ile diş hareketi üzerine anlamlı hızlandırıcı etkisi olduğu gözlenen ışık ve HOT uygulamalarının kemik yoğunluğu üzerine etkileri üç boyutlu olarak incelenerek konu ile ilgili daha detaylı bilgi edinilebilir. Benzer şekilde

bu uygulamaların ağrı üzerinde veya kök rezorpsiyonu üzerine etkileri ayrıntılı olarak incelenebilir. Işık uygulamasında kullanılan ışığın farklı sürelerde ve 850nm dalga boyundan farklı dalga boylarında yarattığı etkileri karşılaştırmak için farklı dalga boylarında ve farklı sürelerde kullanımları araştırılabilir. Ayrıca apareylerin içerisinde aygıtın kaç dakika süreyle çalıştırıldığını ölçümleyip doktorun takibini sağlayan bir sistemin aparey kullanımını ve konu ile ilgili yapılacak çalışmaları güçlendireceği düşünülmektedir.

5.3 Sonuçlar

- Bu çalışmada uygulanan süre ve frekansta titreşim uygulaması ortodontik diş hareketi hızlandırılmasında etkili değildir.
- Bu çalışmada uygulanan süre ve dalga boyunda ışık uygulaması ortodontik diş hareketi hızlandırılmasında etkili bir yöntemdir.
- Bu çalışmada uygulanan titreşim ve ışığın birlikte kullanıldığı HOT uygulaması diş hareketi hızlandırılmasında etkili bir yöntemdir.

6. KAYNAKLAR

1. Fink DF, Smith RJ. The duration of orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1992;102(1):45–51.
2. Fisher MA, Wenger RM, Hans MG. Pretreatment characteristics associated with orthodontic treatment duration. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2010;137(2):178–86.
3. Geiger AM, Gorelick L, Gwinnett AJ, Benson BJ. Reducing white spot lesions in orthodontic populations with fluoride rinsing. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1992;101(5):403–7.
4. Bishara SE, Ostby AW. White Spot Lesions: Formation, Prevention, and Treatment. *Semin Orthod.* 2008;14(3):174–82.
5. Segal GR, Schiffman PH, Tuncay OC. Meta analysis of the treatment-related factors of external apical root resorption. *Orthod Craniofacial Res.* 2004;7(2):71–8.
6. Pandis N, Nasika M, Polychronopoulou A, Eliades T. External apical root resorption in patients treated with conventional and self-ligating brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008;134(5):646–51.
7. Roykó A, Dénes Z, Razouk G. The relationship between the length of orthodontic treatment and patient compliance. *Fogorv Sz.* 1999;92(3):79–86.
8. Newman MG, Takei HH, Klokkevold PR, Carranza FA. Carranza's Clinical Periodontology 12th Ed. Vol. XXXIII, Elsevier, Philadelphia. 2015. 41 p.
9. Talic NF, Evans CA, Daniel JC, Zaki AEM. Proliferation of epithelial rests of Malassez during experimental tooth movement. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2003;123(5):527–33.
10. Krishnan V, Davidovitch Z. Cellular, molecular, and tissue-level reactions to orthodontic force. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2006;129(4).
11. Reitan K. Tissue behavior during orthodontic tooth movement. *Am J Orthod.* 1960;46(12):881–900.
12. King GJ, Keeling SD, McCoy EA, Ward TH. Measuring dental drift and orthodontic tooth movement in response to various initial forces in adult rats. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1991;99(5):456–65.
13. Sandstedt C. Einige Beiträge zur Theorie der Zahnregulierung. 5th ed. Nord.

- Tandlaeg Tidsskrift: Tandlaeg Tidsskrift; 1904. 236-56 p.
14. Oppenheim A. Tissue changes, particularly of the bone, incident to tooth movement. *Am J Orthod.* 1911;29(3):57–67.
 15. Schwarz AM. Tissue changes incidental to orthodontic tooth movement. *Int J Orthod Oral Surg Radiogr.* 1932 Apr;18(4):331–52.
 16. Proffit W, Fields H, Sarver D. Contemporary Orthodontics. *St Louis.* 2007. 414-417-612 p.
 17. Kvinnsland S, Heyeraas K, Ofjord ES. Effect of experimental tooth movement on periodontal and pulpal blood flow. *Eur J Orthod.* 1989;11(3):200–5.
 18. Brudvik P, Rygh P. Root resorption beneath the main hyalinized zone. *Eur J Orthod.* 1994;16(4):249–63.
 19. Brudvik P, Rygh P. Multi-nucleated cells remove the main hyalinized tissue and start resorption of adjacent root surfaces. *Eur J Orthod.* 1994;16(4):265–73.
 20. Yee JA, Kimmel DB, Jee WS. Periodontal ligament cell kinetics following orthodontic tooth movement. *Cell Tissue Kinet.* 1976;9(3):293–302.
 21. Kardos TB, Simpson LO. A new periodontal membrane biology based upon thixotropic concepts. *Am J Orthod.* 1980;77(5):508–15.
 22. Reitan K, Bimler HP, Björk A et al. Some factors determining the evaluation of forces in orthodontics. *Am J Orthod.* 1957 Jan;43(1):32–45.
 23. Reitan K, Erikson BE, Kaplan H et al. Tissue behavior during orthodontic tooth movement. *Am J Orthod.* 1960 Dec;46(12):881–900.
 24. Baumrind S. A reconsideration of the propriety of the “pressure-tension” hypothesis. *Am J Orthod.* 1969 Jan;55(1):12–22.
 25. Farrar JN. A Treatise on the Irregularities of the Teeth and Their Correction: Including, with the Author’s Practice, Other Current Methods. New York: The De Vinne press; 1888. 658 p.
 26. Grimm FM, Weinberger BW, Oppenheim A et al. Bone bending, a feature of orthodontic tooth movement. *Am J Orthod.* 1972 Oct;62(4):384–93.
 27. Basset CA, Becker RO. Generation of electric potentials by bone in response to mechanical stress. *Science.* 1962;137(3535):1063–4.
 28. Zengo AN, Bassett CAL, Pawluk RJ et al. In vivo bioelectric potentials in the dentoalveolar complex. *Am J Orthod.* 1974 Aug;66(2):130–9.
 29. Davidovitch Z, Finkelson MD, Steigman S, Shanfeld JL, Montgomery PC, Korostoff E. Electric currents, bone remodeling, and orthodontic tooth

- movement. I. The effect of electric currents on periodontal cyclic nucleotides. *Am J Orthod.* 1980;77(1):14–32.
30. Davidovitch Z, Finkelson MD, Steigman S, Shanfeld JL, Montgomery PC, Korostoff E. Electric currents, bone remodeling, and orthodontic tooth movement. II. Increase in rate of tooth movement and periodontal cyclic nucleotide levels by combined force and electric current. *Am J Orthod.* 1980;77(1):33–47.
 31. Borgens RB. Endogenous ionic currents traverse intact and damaged bone. *Science.* 1984 Aug 3;225(4661):478–82.
 32. Pollack SR, Salzstein R, Pienkowski D. The electric double layer in bone and its influence on stress-generated potentials. *Calcif Tissue Int.* 1984;36 Suppl 1:S77-81.
 33. Krishnan V, Davidovitch Z. On a path to unfolding the biological mechanisms of orthodontic tooth movement. *J Dent Res.* 2009;88(7):597–608.
 34. Sandy JR, Farndale RW, Meikle MC. Recent advances in understanding mechanically induced bone remodeling and their relevance to orthodontic theory and practice. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1993 Mar;103(3):212–22.
 35. Andrade Jr. I, Sousa AB, da Silva GG. New therapeutic modalities to modulate orthodontic tooth movement. *Dent Press J Orthod.* 2014;19(6):123–33.
 36. Grigoriadis AE, Kennedy M, Bozec A et al. Directed differentiation of hematopoietic precursors and functional osteoclasts from human ES and iPS cells. *Blood.* 2010;115(14):2769–76.
 37. Wise GE, King GJ. Mechanisms of tooth eruption and orthodontic tooth movement. *J Dent Res.* 2008;87(5):414–34.
 38. Intan Zarina ZA, Shahrul Hisham ZA, Rohaya MAW, Sahidan S, Zaidah ZA. Osteoclast and Osteoblast Development of Musculus Haemopoietic Mononucleated Cells. *J Biol Sci.* 2008;8(3):506–16.
 39. Howard PS, Kucich U, Taliwal R, Korostoff JM. Mechanical forces alter extracellular matrix synthesis by human periodontal ligament fibroblasts. *J Periodontal Res.* 1998;33(8):500–8.
 40. Fatih H, Md Ç, Sezer N. Kemik Yapısı Ve Kemik Döngüsü Üzerine Bir Derleme A Rewiev Over Bone Structure And Turnover. *Fiz Tıp.* 2002;5(3):177–84.
 41. Andrade Jr I, Taddei S, Souza P. Inflammation and Tooth Movement: The Role of Cytokines, Chemokines, and Growth Factors. *Semin Orthod.* 2012;18(4):257–

- 69.
42. Graber TM, Vanarsdall RL VK. Orthodontics: Current Principles & Techniques. *Vol. 4th ed, Elsevier, St Louis, Missouri.* 2005. 493-542 p.
 43. Masella RS, Meister M. Current concepts in the biology of orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2006;129(4):458–68.
 44. Alhashimi N, Frithiof L, Brudvik P, Bakhiet M. Orthodontic tooth movement and de novo synthesis of proinflammatory cytokines. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2001;119(3):307–12.
 45. Bletsa A, Berggreen E, Brudvik P. Interleukin-1alpha and tumor necrosis factor-alpha expression during the early phases of orthodontic tooth movement in rats. *Eur J Oral Sci.* 2006;114(5):423–9.
 46. Roberts FA, McCaffery KA, Michalek SM. Profile of cytokine mRNA expression in chronic adult periodontitis. *J Dent Res.* 1997;76(12):1833–9.
 47. d'Apuzzo F, Cappabianca S, Ciavarella D, Monsurrò A, Silvestrini-Biavati A, Perillo L. Biomarkers of periodontal tissue remodeling during orthodontic tooth movement in mice and men: overview and clinical relevance. *Sci World J.* 2013;2013:105873.
 48. Shanfeld JL, Nicolay OF, Ngan PW, Davidovitch Z. Neurotransmitters, cytokines, and the control of alveolar bone remodeling in orthodontics. *Dent Clin North Am.* 1988;32(3):411–35.
 49. Stashenko P, Jandinski JJ, Fujiyoshi P, Rynar J, Socransky SS. Tissue levels of bone resorptive cytokines in periodontal disease. *J Periodontol.* 1991;62(8):504–9.
 50. Polat Ö, Karaman Aİ. Ortodontik Diş Hareketi Ve Biyokimyasal Ajanlar. *Turkish J Orthod.* 2004 Apr;17(1):140–7.
 51. Rossomando EF, Kennedy JE, Hadjimichael J. Tumour necrosis factor alpha in gingival crevicular fluid as a possible indicator of periodontal disease in humans. *Arch Oral Biol.* 1990;35(6):431–4.
 52. Aggarwal BB. Tumour necrosis factors receptor associated signalling molecules and their role in activation of apoptosis, JNK and NF-kappaB. *Ann Rheum Dis.* 2000;59 Suppl 1:i6-16.
 53. Lowney JJ, Norton LA, Shafer DM, Rossomando EF. Orthodontic forces increase tumor necrosis factor in the human gingival sulcus. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1995;108(5):519–24.

54. Vane JR, Bakhle YS, Botting RM. Cyclooxygenases 1 and 2. *Annu Rev Pharmacol Toxicol.* 1998 Apr;38(1):97–120.
55. Shimizu N, Yamaguchi M, Goseki T et al. Cyclic-tension force stimulates interleukin-1 beta production by human periodontal ligament cells. *J Periodontal Res.* 1994 Sep;29(5):328–33.
56. Yamaguchi M, Shimizu N, Goseki T et al. Effect of different magnitudes of tension force on prostaglandin E2 production by human periodontal ligament cells. *Arch Oral Biol.* 1994 Oct;39(10):877–84.
57. Steeve KT, Marc P, Sandrine T, Dominique H, Yannick F. IL-6, RANKL, TNF-alpha/IL-1: Interrelations in bone resorption pathophysiology. *Cytokine Growth Factor Rev.* 2004;15(1):49–60.
58. Wada N, Maeda H, Tanabe K et al. Periodontal ligament cells secrete the factor that inhibits osteoclastic differentiation and function: The factor is osteoprotegerin/ osteoclastogenesis inhibitory factor. *J Periodontal Res.* 2001;36(1):56–63.
59. Nakano Y, Yamaguchi M, Fujita S, Asano M, Saito K, Kasai K. Expressions of RANKL/RANK and M-CSF/c-fms in root resorption lacunae in rat molar by heavy orthodontic force. *Eur J Orthod.* 2011 Aug;33(4):335–43.
60. 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 Craniofacial Res.* 2006;9(2):63–70.
61. Kanzaki H, Chiba M, Arai K et al. Local RANKL gene transfer to the periodontal tissue accelerates orthodontic tooth movement. *Gene Ther.* 2006;13(8):678–85.
62. Kanzaki H, Chiba M, Takahashi I, Haruyama N, Nishimura M, Mitani H. Local OPG gene transfer to periodontal tissue inhibits orthodontic tooth movement. *J Dent Res.* 2004;83(12):920–5.
63. Yasuda H, Shima N, Nakagawa N. et al. A novel molecular mechanism modulating osteoclast differentiation and function. *Bone.* 1999;25(1):109–13.
64. Beertsen W, McCulloch C a, Sodek J. The periodontal ligament: a unique, multifunctional connective tissue. *Periodontol 2000.* 1997;13(201):20–40.
65. Ülgen M. Ortodontik Tedavi Prensipleri. 4th ed. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Dişhekimliği Fak. Yayını; 1993. 253-254 p.

66. Toms SR, Lemons JE, Bartolucci AA, Eberhardt AW. Nonlinear stress-strain behavior of periodontal ligament under orthodontic loading. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2002;122(2):174–9.
67. Ren Y, Maltha JC, Van 't Hof MA, Kuijpers-Jagtman AM. Optimum force magnitude for orthodontic tooth movement: A mathematic model. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2004;125(1):71–7.
68. Liou EJ, Chen PK, Huang CS, Chen YR. Interdental distraction osteogenesis and rapid orthodontic tooth movement: a novel approach to approximate a wide alveolar cleft or bony defect. *Plast Reconstr Surg.* 2000;105(4):1262–72.
69. Akhare PJ, Daga AM, Pharande S. Rapid canine retraction and orthodontic treatment with dentoalveolar distraction osteogenesis. *J Clin Diagnostic Res.* 2012;5(7):1473–7.
70. Kişnişci R, Işeri H, Tüz HH, Altuğ AT. Dentoalveolar distraction osteogenesis for rapid orthodontic canine retraction. *J Oral Maxillofac Surg.* 2002;60(4):389–94.
71. Işeri H, Kişnişci R. Rapid tooth movement and orthodontic treatment using dentoalveolar distraction (DAD). Long-term (5 years) follow-up of a Class II case. *Angle Orthod.* 2010;80(3):597–606.
72. Kurt G, Işeri H, Kişnişci R. Rapid tooth movement and orthodontic treatment using dentoalveolar distraction (DAD). *Angle Orthod.* 2010;80(3):597–606.
73. Jofre J, Montenegro J, Arroyo R. Rapid Orthodontics with Flapless Piezoelectric Corticotomies: First Clinical Experiences Ortodoncia Rápida con Corticotomías Piezoeléctricas sin Colgajo: Primeras Experiencias Clínicas. *Int J Odontostomat.* 2013;7(1):79–85.
74. Wilcko MT, Wilcko WM, Bissada NF. An Evidence-Based Analysis of Periodontally Accelerated Orthodontic and Osteogenic Techniques: A Synthesis of Scientific Perspectives. *Semin Orthod.* 2008;14(4):305–16.
75. Wilcko WM, Wilcko MT, Ferguson DJ, Bouquot JE. Accelerated orthodontics with alveolar reshaping: Two case reports. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2000;11:63–70.
76. Keser EI, Dibart S. Sequential piezocision: A novel approach to accelerated orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2013;144(6):879–89.
77. Kim YS, Kim SJ, Yoon HJ, Lee PJ, Moon W, Park YG. Effect of piezopuncture on tooth movement and bone remodeling in dogs. *Am J Orthod Dentofac Orthop.*

- 2013;144(1):23–31.
78. Aksakalli S, Calik B, Kara B, Ezirganhi S. Accelerated tooth movement with piezocision and its periodontal-transversal effects in patients with Class II malocclusion. *Angle Orthod.* 2015;0(0):150519080345004.
 79. Dibart S. Piezocision™: Accelerating Orthodontic Tooth Movement while Correcting Hard and Soft Tissue Deficiencies. *Front Oral Biol.* 2015;18:102–8.
 80. Sebaoun J-DM, Surmenian J, Dibart S. Accelerated orthodontic treatments with Piezocision: a mini–invasive alternative to alveolar corticotomies. *Orthod Fr.* 2011;82:311–9.
 81. Dibart S, Surmenian J, Sebaoun JD, Montesani L. Rapid treatment of Class II malocclusion with piezocision: two case reports. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2010;30(5):487–93.
 82. Kim SJ, Park YG, Kang SG. Effects of corticision on paradental remodeling in orthodontic tooth movement. *Angle Orthod.* 2008;79(2):284–91.
 83. Dibart S, Keser EI. Piezocision: Minimally invasive periodontally accelerated orthodontic tooth movement procedure. In: *Orthodontically Driven Corticotomy: Tissue Engineering to Enhance Orthodontic and Multidisciplinary Treatment.* 2014. p. 119–44.
 84. Almpani K, Kantarci A. Surgical Methods for the Acceleration of the Orthodontic Tooth Movement. *Front Oral Biol.* 2015;18:92–101.
 85. Park YG. Corticision: A Flapless Procedure to Accelerate Tooth Movement. *Front Oral Biol.* 2015;18:109–17.
 86. Kim SJ, Moon SU, Kang SG, Park YG. Effects of low-level laser therapy after corticision on tooth movement and paradental remodeling. *Lasers Surg Med.* 2009;41(7):524–33.
 87. Cope J, Samchukov ML, Cherkashin AM. Mandibular distraction osteogenesis: a historic perspective and future directions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;115(4):448–60.
 88. Liou EJ, Huang CS. Rapid canine retraction through distraction of the periodontal ligament. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1998;114(4):372–82.
 89. Kharkar VR, Kotrashetti SM. Transport dentoalveolar distraction osteogenesis-assisted rapid orthodontic canine retraction. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2010;109(5):687–93.
 90. İşeri H, Kişnişci R, Bzizi N, Tüz H. Rapid canine retraction and orthodontic

- treatment with dentoalveolar distraction osteogenesis. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2005;127(5):533–41.
91. Leethanakul C, Kanokkulchai S, Pongpanich S, Leepong N, Charoemratrote C. Interseptal bone reduction on the rate of maxillary canine retraction. *Angle Orthod.* 2014;84(5):839–45.
 92. 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 Craniofacial Res.* 2014;4(3):192–9.
 93. Frost HM. The regional acceleratory phenomenon: *Henry Ford Hosp Med J.* 1981;12:725–6.
 94. Frost HM. The regional acceleratory phenomenon: a review. *Henry Ford Hosp Med J.* 1983;31(1):3–9.
 95. Köle H. Surgical operations on the alveolar ridge to correct occlusal abnormalities. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1959;12(5):515–529 concl.
 96. Düker J. Experimental animal research into segmental alveolar movement after corticotomy. *J Maxillofac Surg.* 1975;3(C):81–4.
 97. Yaffe A, Fine N, Binderman I. Regional accelerated phenomenon in the mandible following mucoperiosteal flap surgery. *J Periodontol.* 1994;65(1):79–83.
 98. Sebaoun J-D, Kantarci A, Turner JW, Carvalho RS, Van Dyke TE, Ferguson DJ. Modeling of trabecular bone and lamina dura following selective alveolar decortication in rats. *J Periodontol.* 2008;79(9):1679–88.
 99. 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(1):9–19.
 100. Cassetta M, Pandolfi S, Giansanti M. Minimally invasive corticotomy in orthodontics: A new technique using a CAD/CAM surgical template. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2015;44(7):830–3.
 101. Gün IO. Piezoinisizyon'un ortodontik kanin distalizasyonu hızına olan etkisinin incelenmesi. İstanbul, Marmara Üniversitesi; 2014.
 102. Aboul-Ela SMBED, El-Beialy AR, El-Sayed KMF, Selim EMN, El-Mangoury NH, Mostafa YA. Miniscrew implant-supported maxillary canine retraction with and without corticotomy-facilitated orthodontics. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2011;139(2):252–9.

103. Azimova N. Manuel Dril Frez İle Yapılan Transmukozal Dekortikasyon İşleminin Diş Hareketine Olan Etkilerinin Klinik Olarak İncelenmesi. İstanbul, Yeditepe Üniversitesi; 2015.
104. AlGhamdi AST. Corticotomy facilitated orthodontics: Review of a technique. *Saudi Dent J.* 2010;22(1):1–5.
105. Mitchell JA, Larkin S, Williams TJ. Cyclooxygenase-2: regulation and relevance in inflammation. *Biochem Pharmacol.* 1995 Nov 9;50(10):1535–42.
106. Leiker BJ, Nanda RS, Currier GF, Howes RI, Sinha PK. The effects of exogenous prostaglandins on orthodontic tooth movement in rats. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1995;108(4):380–8.
107. Yamasaki K, Shibata Y, Fukuhara T. The Effect of Prostaglandins on Experimental Tooth Movement in Monkeys (*Macaca fuscata*). *J Dent Res.* 1982 Dec 1;61(12):1444–6.
108. Kale S, Kocadereli İ, Atilla P, Aşan E. Comparison of the effects of 1,25 dihydroxycholecalciferol and prostaglandin E2 on orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2004 May;125(5):607–14.
109. 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 Jun;85(6):508–18.
110. 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.
111. Seifi M, Hamed R, Khavandegar Z. The Effect of Thyroid Hormone, Prostaglandin E2, and Calcium Gluconate on Orthodontic Tooth Movement and Root Resorption in Rats. *J Dent (Shīrāz, Iran).* 2015 Mar;16(1 Suppl):35–42.
112. Spielmann T, Wieslander L, Hefti AF. Acceleration of orthodontically induced tooth movement through the local application of prostaglandin (PGE1). *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 1989;99(2):162–5.
113. Sekhavat AR, Mousavizadeh K, Pakshir HR et al. Effect of misoprostol, a prostaglandin E1 analog, on orthodontic tooth movement in rats. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2002 Nov;122(5):542–7.
114. Diravidamani K, Sivalingam SK, Agarwal V. Drugs influencing orthodontic tooth movement: An overall review. *J Pharm Bioallied Sci.* 2012 Aug;4(Suppl 2):S299-303.

115. Rifkin B, Baker R, Somerman M, Pointon S, Coleman S, Au WW. Osteoid resorption by mononuclear cells in vitro. *Cell Tissue Res.* 1980 Sep;210(3):493–500.
116. Kalia S, Melsen B, Verna C. Tissue reaction to orthodontic tooth movement in acute and chronic corticosteroid treatment. *Orthod Craniofac Res.* 2004 Feb;7(1):26–34.
117. Atik E, Çiğer S. İlaçların Ortodontik Diş Hareketi Üzerindeki Etkileri Effects of Drugs on Orthodontic Tooth Movement. *EÜ Dişhek Fak Derg.* 2012;33(1):13–20.
118. Li X, Qin L, Bergenstock M, Bevelock LM, Novack D V, Partridge NC. Parathyroid hormone stimulates osteoblastic expression of MCP-1 to recruit and increase the fusion of pre/osteoclasts. *J Biol Chem.* 2007 Nov 9;282(45):33098–106.
119. Shinoda Y, Kawaguchi H, Higashikawa A et al. Mechanisms underlying catabolic and anabolic functions of parathyroid hormone on bone by combination of culture systems of mouse cells. *J Cell Biochem.* 2010 Mar 1;109(4):755–63.
120. Potts JT, Gardella TJ. Progress, Paradox, and Potential: Parathyroid Hormone Research over Five Decades. *Ann N Y Acad Sci.* 2007 Nov 1;1117(1):196–208.
121. Drazek LJ. Histological investigation of alveolar bone in albino rat in areas of tooth movement associated with a hyperparathyroid condition. *Am J Orthod.* 1968;54:933–4.
122. Soma S, Matsumoto S, Higuchi Y. et al. Local and chronic application of PTH accelerates tooth movement in rats. *J Dent Res.* 2000;79(9):1717–24.
123. Tyrovola JB, Spyropoulos MN. Effects of drugs and systemic factors on orthodontic treatment. *Quintessence Int.* 2001;32(5):365–71.
124. Roodman GD. Role of cytokines in the regulation of bone resorption. *Calcif Tissue Int.* 1993;53 Suppl 1:S94-8.
125. Shirazi M, Dehpour AR, Jafari F. The effect of thyroid hormone on orthodontic tooth movement in rats. *J Clin Pediatr Dent.* 1999;23(3):259–64.
126. Verna C, Dalstra M, Melsen B. The rate and the type of orthodontic tooth movement is influenced by bone turnover in a rat model. *Eur J Orthod.* 2000;22:343–52.
127. Collins MK, Sinclair PM. The local use of vitamin D to increase the rate of orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1988;94(4):278–84.

128. Kawakami M, Takano-Yamamoto T. Local injection of 1,25-dihydroxyvitamin D3 enhanced bone formation for tooth stabilization after experimental tooth movement in rats. *J Bone Miner Metab.* 2004;22(6):541–6.
129. Akin E, Gurton AU, Ölmez H. Effects of nitric oxide in orthodontic tooth movement in rats. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2004;126(5):608–14.
130. Hayashi K, Igarashi K, Miyoshi K, Shinoda H, Mitani H. Involvement of nitric oxide in orthodontic tooth movement in rats. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2002;122(3):306–9.
131. Udagawa N, Takahashi N, Jimi E et al. Osteoblasts/stromal cells stimulate osteoclast activation through expression of osteoclast differentiation factor/RANKL but not macrophage colony-stimulating factor. *Bone.* 1999;25(5):517–23.
132. Yamaguchi M. RANK/RANKL/OPG during orthodontic tooth movement. *Orthod Craniofac Res.* 2009 May;12(2):113–9.
133. Zwerina J, Hayer S, Redlich K et al. Activation of p38 MAPK is a key step in tumor necrosis factor-mediated inflammatory bone destruction. *Arthritis Rheum.* 2006;54(2):463–72.
134. Yamada Y, Ando F, Niino N, Shimokata H. Association of polymorphisms of the osteoprotegerin gene with bone mineral density in Japanese women but not men. *Mol Genet Metab.* 2003;80(3):344–9.
135. Arko B, Preej J, Komel R, Kocijani A, Hudler P, Marc J. Sequence variations in the osteoprotegerin gene promoter in patients with postmenopausal osteoporosis. *J Clin Endocrinol Metab.* 2002;87(9):4080–4.
136. Clinton Rubin AST, Steven Bain CM, McLeod K. Low mechanical signals strengthen long bones. *Nature.* 2001;412(6847):603–4.
137. Ruff CB. Skeletal Structural Consequences of Reduced Gravity Environments. *Angle Orthod.* 1999;
138. Rubin C, Xu G, Judex S. The anabolic activity of bone tissue, suppressed by disuse, is normalized by brief exposure to extremely low-magnitude mechanical stimuli. *FASEB J.* 2001;15(12):2225–9.
139. Bautmans I, Van Hees E, Lemper J-C, Mets T. The feasibility of Whole Body Vibration in institutionalised elderly persons and its influence on muscle performance, balance and mobility: a randomised controlled trial. *BMC Geriatr.* 2005;5(1):17.

140. Gilsanz V, Wren T Al, Sanchez M, Dorey F, Judex S, Rubin C. Low-Level, High-Frequency Mechanical Signals Enhance Musculoskeletal Development of Young Women With Low BMD. *J Bone Min Res.* 2006;21:1464–74.
141. Gusi N, Raimundo A, Leal A. Low-frequency vibratory exercise reduces the risk of bone fracture more than walking: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord.* 2006;7(1):92.
142. Goodship AE, Lawes TJ, Rubin CT. Low-magnitude high-frequency mechanical signals accelerate and augment endochondral bone repair: Preliminary evidence of efficacy. *J Orthop Res.* 2009;27(7):922–30.
143. Omar H, Shen G, Jones AS, Zoellner H, Petocz P, Darendeliler MA. Effect of Low Magnitude and High Frequency Mechanical Stimuli on Defects Healing in Cranial Bones. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008;66(6):1104–11.
144. Kopher R a, Mao JJ. Suture growth modulated by the oscillatory component of micromechanical strain. *J Bone Miner Res.* 2003;18(3):521–8.
145. Rauch F. Vibration therapy. *Dev Med Child Neurol.* 2009;51(SUPPL. 4):166–8.
146. Meikle MC, Reynolds JJ, Sellers A, Dingle JT. Rabbit cranial sutures in vitro: A new experimental model for studying the response of fibrous joints to mechanical stress. *Calcif Tissue Int.* 1979;28(1):137–44.
147. Tan D. The Effect of Mechanical Vibration (Acceledent, 30Hz) applied to the hemi- maxilla on Root Resorption Associated with Orthodontic Force A Micro-CT Study Discipline of Orthodontics. Sydney, University of Sydney; 2011.
148. Darendeliler M, 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):282–7.
149. Nishimura M, Chiba M, Ohashi T et al. Periodontal tissue activation by vibration: Intermittent stimulation by resonance vibration accelerates experimental tooth movement in rats. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008 Apr;133(4):572-83
150. Kau CH. A novel device in orthodontics. *Aesthetic dent Today.* 2008;3(June):2008–9.
151. Kau CH, Darendeliler M, Zea A et al. A radiographic analysis of tooth morphology following the use of a novel cyclical force device in orthodontics. *Head Face Med.* 2011 Dec 9;7(1):14.
152. Grove JLE. The Effect of Mechanical Vibration (113 Hz Applied to Maxillary

- First Premolars) on Root Resorption Associated with Orthodontic Force: A Micro-CT Study. Sydney, University of Sydney; 2011.
153. Kau CH, Nguyen JT, English JD. The clinical evaluation of a novel cyclical force generating device in orthodontics. *Orthodontic Pract US*. 2011;1(1):10–5.
 154. Leethanakul C, Suamphan S, Jitpukdeebodintra S, Thongudomporn U, Charoemratrote C. Vibratory stimulation increases interleukin-1 beta secretion during orthodontic tooth movement. *Angle Orthod*. 2015;0(0):150326072915002.
 155. Pavlin D, Anthony R, Raj V, Gakunga PT. Cyclic loading (vibration) accelerates tooth movement in orthodontic patients: A double-blind, randomized controlled trial. *Semin Orthod*. 2015;21(3):187–94.
 156. Woodhouse NR, DiBiase AT, Johnson N et al. Supplemental Vibrational Force During Orthodontic Alignment: A Randomized Trial. *J Dent Res*. 2015;94(5):682–9.
 157. Yadav S, Dobie T, Assefnia A, Gupta H, Kalajzic Z, Nanda R. Effect of low-frequency mechanical vibration on orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2015;148(3):440–9.
 158. Kalajzic Z, Peluso EB, Utreja A et al. Effect of cyclical forces on the periodontal ligament and alveolar bone remodeling during orthodontic tooth movement. *Angle Orthod*. 2014;84(2):297–303.
 159. Maiman TH. Stimulated Optical Radiation in Ruby. *Nature*. 1960;187(4736):493–4.
 160. Altan BA, Sokucu O, Ozkut MM, Inan S. Metrical and histological investigation of the effects of low-level laser therapy on orthodontic tooth movement. *Lasers Med Sci*. 2012;27(1):131–40.
 161. Saito S, Shimizu N. Stimulatory effects of low-power laser irradiation on bone regeneration in midpalatal suture during expansion in the rat. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1997;111(5):525–32.
 162. Trelles MA, Mayayo E. Bone fracture consolidates faster with low-power laser. *Lasers Surg Med*. 1987;7(1):36–45.
 163. Takeda Y. Irradiation effect of low-energy laser on alveolar bone after tooth extraction. Experimental study in rats. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 1988;17(6):388–91.
 164. 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):347–54.
165. Kawasaki K, Shimizu N. Effects of low-energy laser irradiation on bone remodeling during experimental tooth movement in rats. *Lasers Surg Med*. 2000;26(3):282–91.
 166. Cruz DR, Kohara EK, Ribeiro MS, Wetter NU. Effects of low-intensity laser therapy on the orthodontic movement velocity of human teeth: A preliminary study. *Lasers Surg Med*. 2004;35(2):117–20.
 167. 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 MedSci*. 2008;23(0268–8921):27–33.
 168. Genc G, Kocadereli I, Tasar F, Kilinc K, El S, Sarkarati B. Effect of low-level laser therapy (LLLT) on orthodontic tooth movement. *Lasers Med Sci*. 2013;28(1):41–7.
 169. Doshi-Mehta G, Bhad-Patil WA. Efficacy of low-intensity laser therapy in reducing treatment time and orthodontic pain: A clinical investigation. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2012;141(3):289–97.
 170. Maiya GA, Kumar P, Rao L. Effect of low intensity helium-neon (He-Ne) laser irradiation on diabetic wound healing dynamics. *Photomed Laser Surg*. 2005;23(2):187–90.
 171. Limpanichkul W, Godfrey K, Srisuk N, Rattanayatikul C. Effects of low-level laser therapy on the rate of orthodontic tooth movement. *Orthod Craniofac Res*. 2006;9(1):38–43.
 172. Yamaguchi M, Hayashi M, Fujita S et al. Low-energy laser irradiation facilitates the velocity of tooth movement and the expressions of matrix metalloproteinase-9, cathepsin K, and alpha(v) beta(3) integrin in rats. *Eur J Orthod*. 2010;32(2):131–9.
 173. Sousa MVDS, Scanavini MA, Sannomiya EK, Velasco LG, Angelieri F. Influence of low-level laser on the speed of orthodontic movement. *Photomed Laser Surg*. 2011;29(3):191–6.
 174. Demidova-Rice TN, Salomatina E V., Yaroslavsky AN, Herman IM, Hamblin MR. Low-level light stimulates excisional wound healing in mice. *Lasers Surg Med*. 2007;39(9):706–15.
 175. Kau CH, Kantarci A, Shaughnessy T et al. Photobiomodulation accelerates orthodontic alignment in the early phase of treatment. *Prog Orthod*.

- 2013;14(1):30.
176. Nimeri G, Kau CH, Corona R, Shelly J. The effect of photobiomodulation on root resorption during orthodontic treatment. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2014;6:1–8.
177. Long H, Pyakurel U, Wang Y, Liao L, Zhou Y, Lai W. Interventions for accelerating orthodontic tooth movement: A systematic review. *Angle Orthod*. 2013;83(1):164–71.
178. Shah AA. Postretention changes in mandibular crowding: A review of the literature. *Vol. 124, American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2003. p. 298–308.
179. Little RM. The Irregularity Index: A quantitative score of mandibular anterior alignment. *Am J Orthod*. 1975;68(5):554–63.
180. Bolton W. Disharmony in tooth size and its relation to the analysis and treatment of malocclusion. *Angle Orthod*. 1958;28:113–30.
181. Pandis N, Polychronopoulou A, Eliades T. Self-ligating vs conventional brackets in the treatment of mandibular crowding: A prospective clinical trial of treatment duration and dental effects. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2007;132(2):208–15.
182. Özpar R. İki Farklı Kendiliğinden Bağlanan Braket Sisteminin Mandibular Kesici Dişlerin Seviyelenme Safhasındaki Etkinliklerinin Konvansiyonel Braketlerle Karşılaştırılarak Değerlendirilmesi. İstanbul, Yeditepe Üniversitesi; 2011.
183. Mao JJ, Nah HD. Growth and development: Hereditary and mechanical modulations. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2004;125(6):676–89.
184. Pandis N, Polychronopoulou A, Eliades T. Alleviation of mandibular anterior crowding with copper-nickel-titanium vs nickel-titanium wires: A double-blind randomized control trial. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2009;136(2).
185. Jang I, Tanaka M, Koga Y et al. A Novel Method for the Assessment of Three-Dimensional Tooth Movement during Orthodontic Treatment. *Angle Orthod*. 2009 May;79(3):447–53.
186. Sebastiana B. Alignment efficiency of superelastic coaxial nickel-titanium vs superelastic single-stranded nickel-titanium in relieving mandibular anterior crowding a randomized controlled prospective study. *Angle Orthod*. 2012;82(4):703–8.
187. Alikhani M, Raptis M, Zoldan B et al. Effect of micro-osteoperforations on the

- rate of tooth movement. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2013;144(5):639–48.
188. Pauls A, Nienkemper M, Panayotidis A, Wilmes B, Drescher D. Effects of wear time recording on the patient's compliance. *Angle Orthod.* 2013;83(6):1002–8.
189. Trakyali G, Sayinsu K, Müezzinoğlu AE, Arun T. Conscious hypnosis as a method for patient motivation in cervical headgear wear - A pilot study. *Eur J Orthod.* 2008;30(2):147–52.
190. Güray E, Orhan M. Selçuk type headgear-timer (STHT). *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997;111(1):87–92.
191. Bagga DK. Adult Orthodontics Versus Adolescent Orthodontics: An Overview. *J Oral Heal Comm Dent.* 2010;44(22):42–7.



7. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Sedef Sera	Soyadı	Hepdarcan Sırman
Doğum Yeri	İstanbul	Doğum Tarihi	27.01.1988
Uyruğu	T.C.	TC Kimlik No	38074472218
E-Mail	sedefhepdarcan@gmail.com	Tel	05307032573

Öğrenim Durumu

Derece	Alan	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Doktora	Ortodonti	Yeditepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü	2016
Yüksek Lisans	Diş Hekimliği	İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2012
Lisans	Diş Hekimliği	İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2012
Lise		İstanbul Amerikan Robert Lisesi	2007
İlköğretim		İstanbul Erkek Liseliler Eğitim Vakfı Özel İlköğretim Okulu	2002

Bildiği Yabancı Dilleri	Yabancı Dil Sınav Notu
İngilizce (Akıcı)	TOEFL – 93 ÜDS – 94
Almanca (Orta)	

İş Deneyimi

Görevi	Kurum	Süre (Yıl-Yıl)

Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma Becerisi
Microsoft Word	Çok İyi
Microsoft PowerPoint	Çok İyi
Microsoft Excel	Çok İyi

Bilimsel Çalışmaları

SCI, SSCI, AHCI indekslerine giren dergilerde yayınlanan makaleler

Diğer Dergilerde Yayınlanan Makaleler

1. *Ulkur F, Pamukçu Güven E, Hepdarcan S.* “Travmatize Olmuş Dişlerin Endodontik Ve Ortodontik Tedavi Yaklaşımları” Cumhuriyet Dental Journal Vol 18, No 1 (2015)

2. *Hepdarcan S.S, Nur-Yılmaz R.B, Nalbantgil D.* “Which Orthodontic Wire and Working Sequence Should be Preferred for Alignment Phase? A Review” Turkish Journal of Orthodontics DOI: 10.5152/TurkJOrthod.2016.160009

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında (*Proceedings*) basılan bildiriler

Hepdarcan S, Acar A, Tozlu M, Ulkur F. “Interdisciplinary Treatment Of Missing Left Central Incisor Due To Trauma” 18th World Congress of Traumatology Istanbul 2014 (Poster Sunumu)

Hepdarcan S, Tozlu M. “Sabit ortodontik tel tedavilerini hızlandırıcı yeni bir yöntem ve aygıt: HOT aygıtı” Türk Ortodonti Derneği 14. Uluslararası Sempozyumu, Bildiri Kitapçığı , Eskişehir 2015 (Poster Sunumu)

Hepdarcan S, Tozlu M. “Dişsel Sınıf II Hastada Minivida Destekli Çift Taraflı Molar Distalizasyonu” Türk Ortodonti Derneği 14. Uluslararası Sempozyumu, Bildiri Kitapçığı , Eskişehir 2015 (Poster Sunumu)

Nur B.R, **Hepdarcan S, Çakan D.** “Nazoalveolar şekillendirme tedavisinde farklı bant uygulamaları olgu sunumları” Dudak Damak Yarıkları Derneği, 1. Uluslararası Kongresi, Kapadokya 2014 (Poster Sunumu)

Hakemli konferans/sempozyumların bildiri kitaplarında yer alan yayınlar

Diğer (Görev Aldığı Projeler/Sertifikalari/Ödülleri)

EK 1: ETİK KURUL ONAYI



T.C. YEDİTEPE ÜNİVERSİTESİ

Sayı : 37068608-6100-15-1209
Konu: Klinik Araştırmalar
Etik kurul Başvurusu hk.

05/05/2016

İlgili Makama (Sedef Sera Hepdarcan)

Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Ana Bilim Dalı Sedef Sera Hepdarcan'ın sorumlu olduğu "**Titreşim ve Işık Uygulamasının Seviyeleme Safhasındaki Ortodontik Tedavi Hızı Üzerine Etkisi**" isimli araştırma projesine ait Klinik Araştırmalar Etik Kurulu (KAEK) Başvuru Dosyası (**1214** kayıt Numaralı KAEK Başvuru Dosyası), Yeditepe Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından **04.05.2016** tarihli toplantıda incelenmiştir.

Kurul tarafından yapılan inceleme sonucu, yukarıdaki isimi belirtilen çalışmanın yapılmasının etik ve bilimsel açıdan uygun olduğuna karar verilmiştir (**KAEK Karar No: 607**).

Prof. Dr. Turgay ÇELİK
Yeditepe Üniversitesi
Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanı

EK 2: BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

Hastanın veya yerine onam verecek kişinin okuma, anlama, konuşma, dil sorunu mevcut mu? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Cevabınız EVET ise Hasta İlişkileri Sorumlusu ile iletişim kurunuz.	Tercüman gerekiyorsa; Tercümanın adı _____ İmza _____ Tarih _____
---	---

Sayın Hastamız,

- Bu belge bilgilendirilme ve aydınlatılmış onam haklarınızdan yararlanabilmenizi amaçlamaktadır.
- Size gerçekleştirilebilecek klinik araştırmalar amaçlı girişimler konusunda, tüm seçenekler ile bu girişimlerin yarar ve muhtemel zararları konusunda anlayabileceğiniz şekilde **bilgi alma hakkınız ve bir kopyasını isteme hakkınız** vardır.
- Yasal ve tıbbi zorunluluk taşıyan durumlar dışında **bilgilendirmeyi reddedebilirsiniz**. Yazılı bildirmek koşulu ile bilgi almama veya yerinize güvendiğiniz bir kimsenin bilgilendirilmesini talep etme hakkına sahipsiniz.
- klinik araştırmalara katılım konusunda bilgilendirildikten sonra bunu kabul edebilirsiniz. Ya da **karar verebilmek için uygun zaman talep edebilirsiniz**.
- Hayatınız veya hayati organlarınız tehlikede olmadığı sürece onamınızı (yazılı talep etme koşulu ile) **dilediğiniz zaman geri alabilir** ya da önceden kabul etmediğiniz herhangi bir tanı/tedavi amaçlı girişimi **tekrar talep edebilirsiniz**.
- Hastanemizde verilen hizmetleri **Hastane Tanıtım Broşüründen** edinebilirsiniz. Ayrıca Hastanemiz personeli hakkında <http://www.yeditepehastanesi.com.tr/> web sayfamızdan daha detaylı bilgilere ulaşabilirsiniz.
- Burada belirtilenlerden başka sorularınız varsa bunları yanıtlamak görevimizdir.

TANIMLAMA

Araştırmanın Adı / Protokol numarası

Titreşim ve Işık Uygulamasının Seviyeleme Safhasındaki Ortodontik Tedavi Hızı
Üzerine Etkisi

Araştırma Konusu

Titreşim ve ışık uygulanarak yapılan ortodontik tedavilerin, dişlerin seviyelenme safhasındaki etkinliklerinin konvansiyonel tedavilerdeki seviyelenme ile karşılaştırılarak değerlendirilmesi.

Araştırmaya Katılımcı Sayısı

32

Bu araştırmanın

Amacı

Ortodontik tedavi sırasında kullanılabilen titreşim uygulayan, fotobiyomodulasyon uygulayan ve titreşim ve fotobiyomodulasyonu bir arada uygulayan yöntemlerin bireyin diş hareket hızları ve tedavi sürelerinde meydana getirdikleri etkilerin karşılaştırılarak değerlendirilmesidir.

Süresi

3 ay

İzlenecek Yöntem / Yöntemler

Araştırmamızda, seviyelenme aşamasındaki hastalarda titreşim, ışık ve titreşim ile birlikte fotobiyomodulasyon uygulayan 3 farklı yöntemin çapraşıklığın düzelmesi üzerine etkisi ve diş hareketinin hızının değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla çalışmamıza, Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'na başvuran hastalar arasından aşağıdaki kriterler doğrultusunda bireyler seçilecektir:

- 30 yaşın altında,
- Daimi dişlenmede,
- Konjenital ya da kazanılmış diş eksikliği olmayan (yirmi yaş dişleri haricinde),
- Alt ark çapraşıklık indeksi Little'in çapraşıklık indeksine göre orta derecede (5-9 mm arasında) olan,
- Daha önce herhangi bir ortodontik aygıt kullanmamış ve ortodontik tedavi görmemiş,
- Herhangi bir sistemik hastalığı olmayan bireyler.

Çalışma gruplarına (Titreşim, ışık ve titreşim ile ışık grubu) araştırmamıza gönüllü olarak katılmak isteyen ve hasta seçim kriterlerine uygun, alt dişlerinde çapraşıklık bulunan bireyler, tedaviye başvuru tarihlerine göre sırayla dahil edilecektir. Her gruptaki hasta sayısının 8 olması planmaktadır.

Yukarıda sözü edilen amaçlara ulaşmak için kullanılacak yöntem temel olarak 4 aşamadan oluşacaktır.

1. Başlangıç kayıtlarının alınması. Bu kayıtlar fotoğraflar, alçı modeller ve rutinde alınan başlangıç röntgenlerini içermektedir.
2. Dişlerin braketlenmesi ve seviyelenmenin başlaması
3. Belirli periyotlar ile kayıtların tekrarlanması. Bu periyotlar tedavi başlangıcından sonraki 1. ve 2. aydır.
4. Ölçümlerin yapılması

Araştırma Sonunda Beklenen Fayda

Ortodontik tedavilerin süresini kısaltmayı amaçlayan yöntemlerden titreşim ve fotobiyomodulasyon ile ilgili ayrıntılı ve kanıta dayalı bilgi edinme.

Alternatif Tedavi Veya Girişimler

Araştırma Sırasında Karşılaşılabilecek;

<i>Riskleri</i>	<i>Rahatsızlıklar</i>
a)	a)
b)	b)
c)	c)
d)	d)
e)	e)
f)	f)
g)	g)

Risk / rahatsızlık durumlarında yapılması gerekenler

Aşağıdaki özel durumlara ait katılımcı var mı?

	EVET*	HAYIR
Çocuk	X	
Mahkum		X
Gebe		X
Mental yetersizlik		X
Sosyoekonomik eğitim olarak yetersiz		X

*Ancak çocuklarda, hamilelik, lohusalık ve emzirme dönemlerinde ve kısıtlılık durumunda; gönüllüler yönünden araştırmadan doğrudan fayda sağlanacağı umuluyor ve araştırma gönüllü sağlığı açısından öngörülebilir ciddi bir risk taşıyor ise, usulüne uygun bir şekilde alınmış bilgilendirilmiş gönüllü olur formu ile birlikte ilgili etik kurulun onayı ve Bakanlık izni alınmak suretiyle araştırmaya izin verilebilir.

ONAM (RIZA)

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 gönüllü olarak katıldığımı, istediğim zaman gerekçeli veya gerekçesiz olarak araştırmadan ayrılabileceğimi ve kendi isteğime bakılmaksızın araştırmacı tarafından araştırma dışı bırakılabileceğimi biliyorum. Bu durumda hastanenin çalışma düzeni ve hastalara verilen bakımda aksaklık olmayacağı konusunda bilgilendirildim. Bu araştırmaya katılırken zorlama, maddi çıkar ve ast üst ilişkisine dayalı herhangi bir baskı olmaksızın bu çalışmaya katıldığımı beyan ederim. Bu bilimsel çalışmanın devamı esnasındaki süreçle ilgili olarak ayrıca eklenen çalışma protokolü ile bilgilendirildim.

Söz konusu araştırmaya, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın kendi rızamla katılmayı kabul ediyorum.

Gönüllünün

Adı, Soyadı

İmzası

Tarih

Açıklamaları Yapan Kişinin

Adı, Soyadı

İmzası

Tarih

Gerekirse Olur İşlemine Tanık Olan Kişinin

Adı, Soyadı

İmzası

Tarih

Gerekirse Yasal Temsilcinin

Adı, Soyadı

İmzası

Tarih

24 Saat ulaşılabilir iletişim bilgileri:

Araştırma nedeniyle ve süresince herhangi bir problem ile karşılaştığınızda Dt. Sedef Sera Hepdarcan' a herhangi bir saatte (0530) 703 2573 numaralı telefon ile veya Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı, Bağdat Cad. No:238-Göztepe adresinden ulaşabilirsiniz.