



T.C.

ALANYA ALAADDİN KEKUBAT ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

ORTODONTİ ANABİLİM DALI

**HIZLI ÜST ÇENE GENİŞLETMESİ SIRASINDA
OLUŞAN KÖK REZORPSİYONUNUN
İYİLEŞMESİNE PIEZOSİZYON UYGULAMASI
ETKİSİNİN KARŞILAŞTIRMALI
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dış Hekimliğinde Uzmanlık Tezi

Dt. Tuğçe Esra GÜNEŞ

Danışman
Prof. Dr. Mehmet AKIN

2025-ALANYA

T.C

ALANYA ALAADDİN KEYKUBAT ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

ORTODONTİ ANABİLİM DALI

HIZLI ÜST ÇENE GENİŞLETMESİ SIRASINDA OLUŞAN
KÖK REZORPSİYONUNUN İYİLEŞMESİNE
PIEZOSİZYON UYGULAMASI ETKİSİNİN
KARŞILAŞTIRMALI DEĞERLENDİRİLMESİ

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

Dt. Tuğçe Esra GÜNEŞ

Danışman

Prof. Dr. Mehmet AKIN

2025-ALANYA

ONAY SAYFASI

Tuğçe Esra GÜNEŞ tarafından sunulan bu çalışma jürimiz tarafından **oy birliği/oy çokluğu** ile Ortodonti Anabilim Dalında Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir. .../...../.....

İmza

Üye : Prof. Dr. Zeliha Müge BAKA
Selçuk Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. Mehmet AKIN
Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Filiz USLU
Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi

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

Diş Hekimliği Fakültesi

Kurum Yöneticisi

ETİK BEYAN

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilemeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programıyla tarandığını ve “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

Tuğçe Esra GÜNEŞ

TEŐEKKÜR SAYFASI

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Diş Hekimliği Asistanlık eğitimim boyunca her zaman yanımda olduğunu hissettiren, bilgi ve tecrubesini esirgmeden her durumda desteğini ve güvenini hissettiğim değerli hocam Prof. Dr. Mehmet AKIN'a,

Asistanlık eğitimim süresince, eğitimime ve tez çalıőmama ilgisi ve önerileriyle katkıda bulunan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Filiz USLU'ya,

Asistanlık dönemini birlikte geçirdiğim, dostluklarıyla bu süreci daha güzel hale getiren canım arkadaşlarım Dt. Seher CURAVCI, Dt. Melek GÜNEL ÜSTÜN, Dt. Bircan KULOĞLU ve Dt. Elif ÖZYÜREK başta olmak üzere tüm Ortodonti bölüm arkadaşlarıma,

Her süreçte olduğu gibi uzmanlık eğitimim boyunca gösterdiği anlayıő, sabır ve desteğiyle her zaman yanımda olan Dr. Gönenç KUŐ'a,

Sevgileri, sabırları, inançları ve emekleriyle her zaman arkamda duran varlıklarıyla bana güç veren canım annem ve babama,

Sonsuz sevgi, sayđı ve teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, hızlı üst çene genişletmesi (HÜÇG) sırasında oluşan kök rezorpsiyonunun iyileşmesine piezosizyon uygulamasının etkisini konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) ile değerlendirmek ve piezosizyon uygulanan ve uygulanmayan taraflar arasında karşılaştırmalı değerlendirmektir.

Yöntem: Bu retrospektif çalışmada, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'nda bonded tip akrilik cap splint apareyi ile HÜÇG tedavisi tamamlandıktan sonra rastgele tek taraflı piezosizyon uygulanan 11-15 yaş aralığındaki 20 hastanın (11 kız, 9 erkek) tedavi öncesi (T0) ve 3 aylık retansiyon dönemi sonrası (T1) KIBT kayıtları değerlendirilmiştir. KIBT kayıtları Mimics Medical 20.0 yazılımında (Materialise NV, Leuven, Belgium) analiz edilmiştir. Üst birinci premolar, ikinci premolar ve birinci molar dişlerinin kök rezorpsiyon miktarları, piezosizyon uygulanan ve uygulanmayan taraflar için karşılaştırılmıştır. Grup içi karşılaştırmalarda Bağımlı Örneklem T Testi, gruplar arası karşılaştırmalarda ise Bağımsız örneklem T Testi kullanılmıştır.

Bulgular: Birinci ve ikinci premolarlar ile birinci molar dişlerde hem kontrol hem de piezosizyon grubunda T0-T1 arasında istatistiksel olarak anlamlı hacim azalmaları saptanmıştır ($p<0,001$). Ancak kontrol grubunda hem mutlak değerler hem de yüzdelik oranlar açısından kök hacmi kayıpları piezosizyon grubuna kıyasla belirgin derecede yüksek bulunmuştur.

Sonuç: Bu sonuçlar, piezosizyon uygulamasının HÜÇG sürecinde kök rezorpsiyonunu tamir edici etki gösterebileceğini, tedavi etkinliğini olumsuz etkilemeden kök yüzeyi korunmasına katkı sağlayabileceğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: *hızlı üst çene genişletmesi, kök rezorpsiyonu, piezosizyon.*

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to evaluate the effect of piezocision application on the repair of root resorption occurring during rapid maxillary expansion (RME) using cone-beam computed tomography (CBCT), and to make a comparative assessment between the sides with and without piezocision.

Method: In this retrospective study, CBCT records of 20 patients (11 females, 9 males) aged between 11 and 15 years, who underwent bonded-type acrylic cap splint RME treatment in the Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Alanya Alaaddin Keykubat University, were evaluated. Piezocision was randomly applied unilaterally after the completion of expansion. CBCT scans taken before treatment (T0) and after a 3-month retention period (T1) were analyzed using Mimics Medical 20.0 software (Materialise NV, Leuven, Belgium). The amount of root resorption of the maxillary first premolars, second premolars, and first molars was compared between the piezocision and non-piezocision sides. Paired samples t-test was used for intra-group comparisons, and independent samples t-test for intergroup comparisons.

Results: Statistically significant volume reductions were observed in both the control and piezocision groups between T0 and T1 in the first and second premolars and first molars ($p < 0.001$). However, the absolute and percentage volume losses were found to be significantly higher in the control group compared to the piezocision group.

Conclusion: These results suggest that piezocision may exert a reparative effect on root resorption during the RME process and may contribute to the preservation of root surface without adversely affecting treatment efficacy.

Keywords: *piezocision, rapid maxillary expansion, root resorption.*

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ŞEKİLLER.....	vi
TABLolar.....	vii
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve Kapsam.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Posterior Çapraz Kapanış.....	3
2.1.1. Tanım ve Dağılım.....	3
2.1.2. Sınıflandırma.....	4
2.1.3. Etiyoloji.....	5
2.1.4. Teşhis.....	7
2.1.5. Tedavi.....	8
2.2. Hızlı Üst Çene Genişletme.....	11
2.2.1. Tarihçe.....	11
2.2.2. Endikasyonlar.....	12
2.2.3. Kontrendikasyonlar.....	13
2.2.4. Hızlı Üst Çene Genişletmesinde Kullanılan Apeyler.....	14
2.2.5. Vida Çevirme Protokolü.....	15
2.2.6. Yaş Faktörü.....	16
2.2.7. Dişsel Etkiler.....	18
2.2.8. İskeletsel Etkiler.....	19
2.2.9. Komplikasyon, Retansiyon ve Relaps.....	22
2.3. Kök Rezorpsiyonu.....	25
2.3.1. Tanım ve Tarihçe.....	25

2.3.2. Kök Rezorpsiyonu Sınıflandırması.....	25
2.3.3. Kök Rezorpsiyonu Histolojisi ve Oluşum Mekanizması.....	27
2.3.4. Kök Rezorpsiyonunu Etkileyen Faktörler	29
2.3.5. Hızlı Üst Çene Genişletmesinde Kök Rezorpsiyonu.....	33
2.3.6. Bilgisayarlı ve Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi.....	33
2.4. Piezosizyon Tekniği.....	34
3. GEREÇ ve YÖNTEM	38
3.1. Bireylerin Seçimi ve Grupların Oluşturulması	38
3.2. Yöntem	39
3.2.1. Hızlı Üst Çene Genişletme Aparentinin Tasarımı ve Simantasyonu.....	39
3.2.2. Vida Çevirme Protokolü	40
3.2.3. Piezosizyon Prosedürü.....	42
3.2.4. Verilerin Toplanması	43
3.2.5. Segmentasyon ve Hacimsel Ölçüm	44
3.2.6. İstatistiksel Analizler	46
3.2.7. Metod Hatasının Belirlenmesi	47
4. BULGULAR.....	48
5. TARTIŞMA.....	51
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	63
KAYNAKLAR.....	65
EKLER	79
Ek 1. Etik Kurul Kararı.....	79
ÖZGEÇMİŞ	80

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzdellik
kV	Kilovoltaj
mA	Miliamper
s	Saniye
p	Anlamlılık Düzeyi
mm	Milimetre
mm³	Milimetreküp
<:	'den küçüktür
>:	'den büyüktür
RME	Rapid Maxillary Expansion
HÜÇG	Hızlı Üst Çene Genişletme
CBCT	Cone Beam Computed Tomography
KIBT	Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
RAP	Bölgesel Hızlandırıcı Fenomen (Regional Acceleratory Phenomenon)
T0	Tedavi öncesi ölçüm zamanı
T1	Tedavi sonrası ölçüm zamanı (3. ay)
Ort.	Ortalama
SS	Standart Sapma
Min	Minimum değer
Maks	Maksimum değer
n	Örneklem sayısı

ŞEKİLLER

Şekil 2. 1. Transversal Boyutta Üst Çene Genişletmesinin Biyomekaniği	21
Şekil 3. 1. Akrilik Cap Splint apareyi	39
Şekil 3. 2. Cam iyonomer esaslı yapıştırıcı siman	40
Şekil 3. 3. Genişletme miktarlarının ölçümü ve referans noktaları	42
Şekil 3. 4. EMS Piezon Master Surgery cihazı	42
Şekil 3. 5. SL1 numaralı piezoelektrik bıçağı	43
Şekil 3. 6. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi Cihazı	44
Şekil 3. 7. Segmentasyon	45
Şekil 3. 8. Hacimsel Ölçüm	45

TABLÖLAR

Tablo 3. 1. Hastaların Yaş Ve Cinsiyetlerine Göre Dağılımı	39
Tablo 4. 1. Genişletme Miktarları	48
Tablo 4. 2. Piezosizyon Ve Kontrol Grupları İçin 1.Premolar, 2.Premolar Ve 1.Molar Dişlere Göre T0 Ve T1 Ölçüm Zamanlarının Karşılaştırılmasında Kullanılan Bağımlı Örneklem T Testi Sonuçları	48
Tablo 4. 3. 1.Premolar, 2.Premolar Ve 1.Molar Dişler İçin Piezosizyon Ve Kontrol Gruplarına Göre (T0-T1) Zaman Farklarının Karşılaştırılmasında Kullanılan Bağımsız Örneklem T Testi Sonuçları	49
Tablo 4. 4. 1.Premolar, 2.Premolar Ve 1.Molar Dişler İçin Piezosizyon Ve Kontrol Gruplarına Göre (T0-T1) Zaman Farklarının Yüzdeler Açısından Karşılaştırılmasında Kullanılan Bağımsız Örneklem T Testi Sonuçları	50

1. GİRİŞ

1.1. Amaç ve Kapsam

Ortodontik tedavilerdeki ana amaç, dentofasiyal bölgede oluşabilecek anomalileri önleyerek veya mevcut anomaliyi tedavi ederek hastalara hem estetik hem de fonksiyonel açıdan sağlıklı bir yapı kazandırmaktır. Dentofasiyal bölgedeki anomaliler; ön, arka, dikey ve yatay yön anomalileri olarak sınıflandırılabilir. Maksiller darlık ve birlikte görülen posterior çapraz kapanış transversal yön anomalilerinden en sık görülenidir.⁽¹⁾ Literatüre göre çapraz kapanışın görülme oranı popülasyonda %8-16⁽²⁾, Türk toplumunda ise %2,7-9,5'dir.^(3,4)

Çapraz kapanış, ilk kez Hipokrat tarafından, dişler kapanıştayken oklüzal ilişkinin bukkolingual yönde ters olması olarak tanımlanmıştır.⁽⁵⁾ Posterior çapraz kapanış, iskeletsel, dental ya da fonksiyonel kökenli olabileceği gibi, tek ya da çift taraflı olarak ortaya çıkabilir ve birden fazla dişi kapsayabilir.⁽¹⁾

Hızlı üst çene genişletme (HÜÇG) tedavisi posterior çapraz kapanışa sahip hastaların tedavisinde en sık tercih edilen tedavi yöntemidir ve ilk kez 1860 yılında Angell tarafından literatürde yer almıştır.⁽⁶⁾ 1961 yılında Haas, günümüzde yaygın bir şekilde kullanılan hızlı üst çene genişletme apareyini tasarlamıştır.⁽⁷⁾

Ortodontik tedavi için kullanılan birçok apareyin ve posterior çapraz kapanışın tedavisinde kullanılan genişletme apareylerinin özellikle destek dişlerde kök rezorpsiyonuna sebep olup olmadığı değerlendirilmiştir.⁽⁸⁻¹⁰⁾ Bu apareylerin pek çok yararlı etkisine rağmen, dişlerde anlamlı düzeyde kök rezorpsiyonuna neden olduğu görülmüştür.⁽⁸⁾ 0,9-4,5 kg arası ağır ortodontik kuvvetler uygulayan hızlı üst çene genişletme apareyleri, posterior dişlerde bukkale eğilme ve bu dişlerde ekstrüzyon, alveolar kemiğin bükülmesi, palatal doku nekrozu, periodontal ligamentin sıkışması, bukkal kortikal kemikte fenestrasyon oluşumu ve uzun vadeli stabilite eksikliği gibi yan etkilere yol açabilir.^(11,12)

Ortodontik tedaviye bağlı inflamatuvar kök rezorpsiyonu, biyomekanik bir fenomen olup ortodontik tedavinin istenmeyen bir riskidir.⁽¹³⁾ Bu nedenle, kök rezorpsiyonuna katkıda bulunan ortodontik tedavi faktörlerini belirlemek, zararlı etkileri en aza indirmek ve

rezorpsiyon insidansını azaltmak açısından önemlidir.^(14,15) Piezosizyon tekniğinde, tam kalınlıkta bir flep kaldırmaya gerek kalmadan dekortikasyon yapmak için kesici bir alet kullanılır ve daha konservatif ve minimal invaziv bir yaklaşımdır.⁽¹⁶⁾ Kortikotomi ve piezosizyon tekniğinin hızlandırıcı etkisi, Bölgesel Hızlandırıcı Fenomen (Regional Acceleratory Phenomenon- RAP) olarak adlandırılan mekanizmaya atfedilir.⁽¹⁷⁾ Ayrıca, bu teknikler hücrel aktivitesini artıran inflamatuvar belirteçlerin ve sitokinlerin ekspresyonunu teşvik edebilir.⁽¹⁸⁻²¹⁾

Kök rezorpsiyonu uzun yıllar boyunca iki boyutlu radyografilerle değerlendirilmiş olsa da rezorpsiyon üç boyutlu bir olgu olduğundan, iki boyutlu ölçümler güvenilirlik açısından ciddi zorluklar içermektedir.⁽²²⁾ Tomografik yöntemlerdeki gelişmeler, uygulanan radyasyon dozlarının azalmasına, yöntemlerin maliyetlerinin düşmesine yol açmış ve zamanla diş hekimliği araştırmalarında bu tomografik teknikler kullanılmaya başlanmıştır. Konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) yöntemi, bu gelişmelerden biridir ve ilk olarak Mozzo ve ark.⁽²³⁾ tarafından diş hekimliğinde kullanılmış, o zamandan bu yana birçok çalışmada yer almış ve araç olarak kullanılmıştır. Üç boyutlu görüntüleme, rezorpsiyonun lokalizasyonuna bakılmaksızın her açıdan görüntülenebilmesi, köklerin çevre dokulardan ayrılabilmesi ve rezorpsiyonun derinliği, genişliği ve hacminin ölçülmesi gibi avantajlarıyla, kök rezorpsiyonu incelemelerinde sıkça tercih edilmektedir.⁽²²⁾

Daha önce yapılan çalışmalarda piezosizyon tekniğinin kök rezorpsiyon oranını arttırmayı artırmadığı değerlendirilmiştir.⁽²⁰⁻²²⁾ Piezosizyon uygulaması sonucu oluşan RAP etkisi genellikle yaralanmadan birkaç gün sonra başlar, 1-2 ayda zirveye ulaşır ve 2-4 ay sürer; literatürde ise 6 ile 24 aya kadar sürdüğü bildirilmiştir.⁽²⁴⁻²⁶⁾ Bu normal iyileşme süreci, büyüme, yeniden şekillendirme, metabolizma, iyileşme, iltihaplanma, perfüzyon, hücre dönüşümü ve mikro hasar onarımının hızlandırılmasını içerir.^(27,28) Bu çalışmanın amacı, piezosizyon uygulamasının sahip olduğu remodelasyon etkisinin, hızlı maksiller ekspansiyon sonucu oluşan yüksek kuvvet kaynaklı indüklenen kök rezorpsiyonu üzerindeki iyileştirici etkisini KIBT kayıtlarıyla incelemektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Posterior Çapraz Kapanış

2.1.1. Tanım ve Dağılım

Alt ve üst çene dişleri arasındaki doğru overjet ve overbite ilişkileri, ayrıca posterior bölgede alt dişlerin bukkal tüberkülleri ile üst dişlerin santral fossalarının temas halinde olduğu durum, normal ve dengeli bir oklüzyon olarak kabul edilir. Bu ideal oklüzyon, sağlıklı ve uyumlu eklem ilişkisiyle birlikte sagittal, transversal ve vertikal düzlemlerde dişler, çeneler ve yüz yapısıyla uyum içinde olmalıdır. Transversal yöndeki problemler, posterior bölgedeki tüberkül-santral fossa ilişkisini bozarak çapraz kapanışa neden olabilir.^(5,29-34)

Moyers 1980 yılında, üst dişlerin bukkal tüberkülleri ile alt dişlerin bukkal tüberkülleri ve alt kanin dişin lingual yüzeyi arasındaki bukkolingual olarak normal olmayan oklüzal ilişkiyi posterior çapraz kapanış olarak tanımlamıştır.^[33] Ferrario ise maksiller kanin, premolar ve molar dişlerin bukkal tüberküllerinin mandibular posterior dişlerin bukkal tüberküllerinden daha vestibül pozisyonunda olması gerekirken, daha palatinalde konumlanması olarak tanımlamıştır.⁽³⁵⁾ Marshall ve ark. ise üst çene posterior dişlerin bukkal tüberküllerinin, alt çene posterior dişlerin lingual tüberkülleriyle temas etmesi durumunu posterior çapraz kapanış olarak tanımlamıştır.⁽³⁶⁾

Ortodonti hastalarında sıkça görülen problemlerden birisi üst çenenin transversal yöndeki darlığıdır. 1963–1970 yılları arasında Amerika’da yapılan iki kapsamlı epidemiyolojik çalışmada, 6–11 yaş grubunda posterior çapraz kapanış görülme sıklığı beyaz ırkta %4,9, siyah ırkta ise %5,3 olarak belirlenmiştir. 12–17 yaş aralığındaki bireylerde ise bu oranlar beyaz ırkta %5,9, siyah ırkta %8 olarak saptanmıştır.⁽³⁷⁾ Yapılan araştırmalarda unilateral posterior çapraz kapanış vakalarına daha fazla rastlandığı görülmüştür. Kızlarda erkeklerden ve beyaz ırkta ise siyah ırktan daha fazla oranda posterior çapraz kapanış görülür.⁽³⁸⁾

Helm⁽³⁹⁾, adölesan dönemindeki Danimarkalı çocuklar üzerinde yürüttüğü epidemiyolojik çalışmada, posterior çapraz kapanış prevalansını kızlarda %14, erkeklerde ise %9,4 olarak rapor etmiştir. Kutin ve Hawes⁽⁴⁰⁾, süt dişlenme döneminde posterior çapraz kapanış prevalansını %8, karma dişlenme döneminde ise %7,2 olarak

bildirmiştir. Hanson ve ark.⁽⁴¹⁾, süt dişlenme döneminde bu oranın %12 olduğunu rapor etmiştir. Thilander ve ark.⁽⁴²⁾, karma dişlenme döneminde posterior çapraz kapanış sıklığının %8 ile %16 arasında değiştiğini belirtmiştir. Da Silva ve ark.⁽⁴³⁾ ise Brezilyalı çocuklarda bu oranı %18,2 olarak tespit etmiştir.

Türk toplumunda yapılan epidemiyolojik çalışmalara göre, İzmir bölgesinde Sandıkçioğlu ve Hazar⁽⁴⁴⁾ inceledikleri 958 vakada posterior çapraz kapanış oranını %2,7 olarak bildirmiştir, Başçiftçi ve Karaman⁽⁴⁵⁾ ise Konya bölgesinde 965 vakalık örnekleme bu oranı %9,5 olarak rapor etmiştir.

2.1.2. Sınıflandırma

Posterior çapraz kapanış, Moyers tarafından iskeletsel, dişsel ve kassal olarak, Mc Donald tarafından ise iskeletsel, dişsel ve fonksiyonel olarak üç temel şekilde sınıflandırılmıştır.^(33,46)

İskeletsel Posterior Çapraz Kapanış

Üst çenenin kraniyofasiyal yapılar göre dar olduğu durum gerçek maksiller darlık olarak tanımlanmaktadır. Göreceli maksiller darlık ise alt çenenin üst çeneye göre geniş olup üst çenenin kraniyofasiyal yapılar göre normal olduğu durumdur.⁽²⁹⁾ Çeneler arasındaki transversal uyumsuzluk hem istirahat halinde hem de sentrik oklüzyonda mevcuttur.⁽²⁹⁾ İskeletsel posterior çapraz kapanış, tek taraflı ve çift taraflı olarak görülebilmektedir.

Çift taraflı iskeletsel posterior çapraz kapanış, üst çenede yer alan her iki taraftaki posterior dişlerin apikal kemik kaidesiyle birlikte alt dişlerin lingualinde konumlanması olarak adlandırılır.⁽³⁴⁾ Sirküler çapraz kapanış, çift taraflı posterior çapraz kapanışa sahip hastalarda, üst çenedeki iskeletsel yetersizliğin yalnızca transversal yönde değil, aynı zamanda sagittal yönde de eksiklik göstermesiyle karakterizedir.⁽²⁹⁾

Üst çenenin yalnızca sağ veya sol tarafındaki posterior dişlerin, apikal kemik kaidesiyle birlikte alt çene dişlerine göre daha lingualde konumlanması tek taraflı iskeletsel posterior çapraz kapanış olarak adlandırılır. Bu lingual pozisyonlanma hem istirahat halinde hem de sentrik oklüzyonda alt çenede herhangi bir kayma olmaksızın görülmektedir.⁽³⁴⁾

Dişsel Posterior Çapraz Kapanış

Dişsel posterior çapraz kapanış, alt ve üst çene apikal kemik kaideleri arasında transversal uyumsuzluk olmadan, bir diş veya diş grubunun normal inklinasyon değerlerinin dışında konumlanması sonucu oluşur.⁽³³⁾

Fonksiyonel Posterior Çapraz Kapanış

Fonksiyonel posterior çapraz kapanış durumunda istirahat halinde transversal olarak bir uyumsuzluk gözlenmez. Alt çene sentrik oklüzyona geçerken, erken temas kaynaklı bir tarafa doğru kayar ve çapraz kapanış meydana gelir.^(33,34,47) Erken temaslar en sık karma dişlenme döneminde gözlenir ve müdahale edilmezse daimi dişlenme döneminde morfolojik hale dönebilir. Fonksiyonel ve iskeletsel çapraz kapanışın tanısının yapılması önemlidir çünkü bu durum tedavi planını da etkilemektedir. Eğer istirahat halinde normal transversal kapanışta olan alt çene sentrik oklüzyona geldiğinde çapraz kapanıyorsa, durum morfolojik bir karakter kazanmamıştır.^(34,36)

2.1.3. Etiyoloji

Posterior çapraz kapanışın oluşumunda genetik faktörler, çevresel etkenler ve alışkanlıklar olmak üzere üç ana etken rol oynamaktadır.

Genetik etki

Kalıtım, kraniyofasiyal dokuların büyüme yönünün ve miktarının belirlenmesinde en etkili unsurdur. Bu nedenle genetik etki, posterior çapraz kapanışı oluşturan ana faktör olarak değerlendirilir. Farklı ırkların birleşimi posterior çapraz kapanış olasılığını arttırırken, genetik olarak daha homojen toplumlarda bu olasılık azalmaktadır.^(29,30,48) Posterior çapraz kapanış, genetik unsurların etkili olduğu dudak damak yarığı (DDY) gibi konjenital anomalilerde ve Treacher Collins, Binder, Crouzon (Craniofacial Dysostosis), hemifacial mikrosomi veya akondroplazi gibi bazı sendromlar sonucunda da görülmektedir.^(30,34,49)

Çevresel etki

Damak yarıkları ve dudak damak yarığı rekonstrüksiyon cerrahisi sonrası oluşan skar dokusu üst çene gelişim geriliğine neden olabilir.⁽⁴⁹⁻⁵²⁾

Trankilizan, retinoik asit, sedatif, kortizon, antiepileptikler ve aspirin gibi gebelik döneminde kullanılan ilaçlar, maruz kalınan kimyasallar, içki ve sigara kullanımı, stres, travma, rubella, suçiçeği, grip gibi bazı viral hastalıklar, röntgen ışınları, folik asit, multivitamin eksiklikleri teratojen etkilere bağlı olarak üst çenede dudak damak yarığı veya gelişim geriliğine neden olabilir.^(29,49,53,54)

Kutin ve Hawes⁽⁵⁵⁾, çapraz kapanışın çevresel etiyolojik faktörleri arasında süt dişlerinin erken kaybı, dişlerde çapraşıklık, parmak emme alışkanlığı, diş-ark boyutu uyumsuzluğu ve persiste süt dişlerinin varlığı yer almaktadır.

Alışkanlıklar

Parmak emme alışkanlığı en sık karşılaşılan alışkanlıktır. Bu durum 1-4 yaşları arasında normal kabul edilmesine rağmen ilerleyen yaşlarda devam ederse morfolojik bozukluklara sebep olabilir.^(56,57)

Parmak veya emzik emme gibi alışkanlıklar, perioral bölgedeki kas aktivitesinin dengesini bozabilmektedir. Emme sırasında dil, doğal pozisyonu olan damağa yakın konumdan uzaklaşarak ağız tabanına yerleşir. Bunun sonucunda üst çene dişlerinin palatinal yüzeylerine uygulanan basınç azalırken, yanak kaslarının aktivitesi ve bu bölgeye uygulanan basınç artar. Bu durum, zamanla çeneler arasında transversal boyutta uyumsuzluğun gelişmesine neden olur.^(30,34,58,59)

Kişinin solunum paterni de posterior çapraz kapanışın etyolojik nedenlerinden birisidir.^(30,34) Tonsiller hipertrofi, büyümüş adenoidler, alerji, burun tıkanıklığı vb. gibi normal solunumu etkileyen herhangi bir etken mevcudiyetinde patolojik bir süreç başlar ve ağız solunumu meydana gelir.^(30,34) Ağız solunumunun çeneler üzerindeki etkisini açıklayan iki teori bulunmaktadır. İlk teoriye göre, birey nefes almayı kolaylaştırmak için dilini aşağı konumlandırır ve yanak kaslarının aktivitesi artar. Bunun sonucunda, solunumu daha rahat hale getirmek amacıyla baş ekstansiyon pozisyonuna getirilerek postural duruş adaptasyonu gelişir. İkinci teori ise, burundan nefes almanın normal seyrine kıyasla, ağız solunumu yapan bireylerde ağız ve burun boşluğu arasındaki hava akımı ve basıncının değişmesiyle ilgilidir. Bu değişiklikler, normal büyüme ve gelişim sürecini olumsuz etkileyebilir.^(29,30) Ağız solunumu alışkanlığının, retrognatik alt çene, yüksek ve dar damak, öne eğimli üst kesici dişler, 'V' şeklinde daralmış maksiller dental

ark ve adenoid yüz tipi gibi çeşitli iskeletsel ve dental problemlere yol açabileceği düşünülmektedir.⁽⁶⁰⁻⁶²⁾

2.1.4. Teşhis

Transversal yetersizliği içeren herhangi bir dentofasiyal deformasyonu etkili bir şekilde düzeltmek için erken ve doğru teşhis ile tedavi, stabilite açısından büyük önem taşır.⁽⁶³⁾ Üst çenede bir yetersizlik olup olmadığını veya hangi türde bir yetersizlik bulunduğunu belirlemek, teşhisin ilk adımıdır. Maksiller transversal darlık, dikey veya sagittal bozukluklara kıyasla daha zor değerlendirilmektedir, çünkü üst çenenin transversal yöndeki hipoplazisi sonucunda yumuşak dokularda meydana gelen değişiklikler oldukça azdır.^[63,64] Model analizi, klinik değerlendirmeler ve radyografik ölçümler gibi yöntemlerle doğru değerlendirme yapılabilir.⁽⁶⁴⁾

Klinik değerlendirme sırasında maksiller arkin formu ve simetrisi, palatal kubbenin şekli, oklüzyon, baskın solunum paterni (ağız ya da burundan solunum) ve gülümseme sırasında bukkal koridor genişliği gibi faktörler dikkate alınmaktadır. Üst çenede transversal yetersizliğin varlığını gösteren bulgular arasında paranazal bölgenin çökmesi, aşırı geniş bukkal koridorlar, nazolabial katlantının derinleşmesi veya alar tabanlarının daralması yer almaktadır. Şiddetli çapraşıklık, dişlerin rotasyonu, bukkal veya palatal yer değiştirme, çapraz kapanış (tek taraflı veya çift taraflı), yüksek damak kubbesi ve kum saati veya 'V' şeklinde oklüzyon gibi belirtiler başlıca göstergeler olarak değerlendirilmelidir.⁽⁶⁴⁻⁶⁶⁾

Çene ucunda deviasyon olan bir vakada, çapraz kapanışın fonksiyonel mi yoksa iskeletsel mi olduğunu belirlemek, maksiller darlık teşhisinde kritik bir adımdır.^(36,48) Eğer çene istirahat konumundayken orta hatlar uyumluysa ancak kapanış sırasında bir yöne kayıyorsa, bu durum fonksiyonel çapraz kapanışı gösterir. Buna karşılık, iskeletsel çapraz kapanışta alt çene her iki durumda da aynı yöne kaymış halde kalır.^(34,46)

Eğer mevcut çapraz kapanış fonksiyonel değilse, bunun iskeletsel mi yoksa dişsel mi olduğu belirlenmelidir. Dişsel posterior çapraz kapanışta çenelerin bazal yapıları arasında uyumsuzluk bulunmaz; ancak, dişlerin bukkolingual eğimleri ve konumları nedeniyle çapraz kapanış oluşur. İskeletsel çapraz kapanışta ise derin damak kubbesi, V şeklinde daralmış üst çene ve gülümseme sırasında görülen karanlık alanlar gibi belirtiler

mevcuttur. Bu durumu dengelemek amacıyla üst dişler vestibüler, alt dişler ise lingual yönde eğimlenmiş olabilir.^(36,67) Bu tür vakaların değerlendirilmesi için alçı modeller ve anteroposterior radyografiler kullanılır.

Üst birinci molar dişlerin en yakın noktaları arasındaki 36-39 mm arasındaki mesafe, çapraşıklık ya da diastema olmayan bir dental arkta normal kabul edilmektedir. Çapraşıklık veya üst arkta genişletme ihtiyacı ise bu genişliğin 31 mm'den daha az olduğu durumlarda gereklidir.⁽⁶⁷⁾

Howes model analizi, posterior çapraz kapanışın teşhisinde kullanılan bir yöntemdir. Bu analizde, dişlerin alveolar kemik kaidesiyle olan ilişkisi değerlendirilir. Tedavi seçenekleri, dişlerin kaideye göre eğimi olup olmadığına göre belirlenir.^(32,68)

Araştırmacılar, iskeletsel asimetrielerin teşhisinde anteroposterior radyografiler ile transversal değerlendirme yapılabileceğini ifade etmişlerdir. Ancak Marshall ve ark.⁽³⁶⁾ anteroposterior radyografilerde alveolar kemik kaidesinin sınırlarının belirlenmesindeki zorluklar nedeniyle bu yöntemin teşhis amacıyla nadiren yeterli olabileceğini belirtmişlerdir bu nedenle alveolar kemik kaidesinin genişliğinin ölçülmesinde dental modellerin daha faydalı olabileceğini öne sürmüşlerdir.

Son yıllarda, geleneksel iki boyutlu (2D) radyografik görüntüleme tekniklerinin yetersizliği nedeniyle, üç boyutlu (3D) görüntüleme yöntemleri tercih edilmektedir. KIBT taramaları, alt ve üst çene arasındaki transversal boyut farklarını ve asimetrieleri daha kesin değerlendirme imkanı sunmaktadır.⁽⁶⁹⁾ Ancak, KIBT'nin klinik olarak anlamlı doğruluğu ve güvenilirliği kanıtlanmadan, iyonize radyasyon nedeniyle gereksiz kullanımından kaçınılmalıdır.⁽⁷⁰⁾

2.1.5. Tedavi

Üst çenedeki transversal boyut yetersizliklerinin tedavi yaklaşımı, her hastaya göre farklılık gösterebilir. Tedavi planlamasında hastanın yaşı, tedaviye bireysel veya ebeveyn desteğiyle uyum sağlayabilme durumu, uyumsuzluğun türü ve şiddeti, altta yatan nedenlerin ortadan kaldırılıp kaldırılamayacağı (örneğin fonksiyonel kayma), mevcut kamuflej mekanizmaları, doğal olarak düzelme ihtimali ve uygulanabilecek aparey seçenekleri gibi faktörler belirleyici rol oynayabilir.^(29,42,46,71-74) Bu durum, hastaların koruyucu veya önleyici ortodontik müdahalelere yanıt verip veremeyeceğini ve düzeltici

ortodontik tedaviye ihtiyaç duyulup duyulmadığını belirlemek açısından önemlidir. Ayrıca göz ardı edilmemesi gereken bir diğer faktör, transversal büyümenin sagittal ve dikey büyümeden daha erken tamamlanmasıdır.^(31,33,46,75)

Patti ve D'Arc⁽⁷⁶⁾, çapraz kapanış gibi transversal uyumsuzlukların tedavisinde, zararlı alışkanlıkların ve fonksiyonel sorunların ortadan kaldırılmasının önemli olduğunu vurgulamıştır. "Bekle ve gör" yaklaşımının büyüme ve gelişimi olumsuz etkileyerek çene asimetrisine, TME problemlerine ve dentoalveolar adaptasyonlara yol açabileceğini belirtmişlerdir. Bu nedenle hem mekanik hem de fonksiyonel tekniklerin tedavi sürecinde kullanılabilirliğini ifade etmişlerdir.

Larsson⁽⁷³⁾, erken yaşlarda emzik kullanımının kanin bölgesinde oklüzal sorunlara neden olabileceğini ve ailelerin bu konuda bilinçlendirilmesi gerektiğini söylemiştir. Literatürde yapılan çalışmalar, erken yaşlardaki posterior çapraz kapanışların kendiliğinden düzelme oranının %8 ile %45 arasında değiştiğini gösterse de^(42,55,77), birçok araştırmacı bu kapanışların genellikle kendiliğinden düzelmeyeceğini savunmaktadır.^(46,71,74,78-81)

Alt çene kaymasının düzeltilmesi, üst çenenin genişletilmesi ve dişlerin düzgün bir şekilde sıralanmasının sağlanması, çocuklarda posterior çapraz kapanışın tedavisindeki üç ana hedefdir.⁽⁷²⁾

Posterior çapraz kapanışın tedavisinde farklı yaklaşımlar, etiyolojik faktörlerin çeşitliliğine göre değişir. Eğer çapraz kapanış parmak emme veya emzik emme gibi alışkanlıklardan kaynaklanıyorsa, öncelikle bu alışkanlıkların ortadan kaldırılması gereklidir çünkü alışkanlık devam ederse tedavi sonuçları kalıcı olmaz.⁽⁷⁹⁾ Uzun süre emzik emmiş çocuklarda posterior çapraz kapanış riski daha yüksek olsa da emme alışkanlığı daimi dişlerin çıkmasından önce bırakılmışsa, genellikle kalıcı bir maloklüzyon gelişmez.⁽²⁹⁾

Bazen dişlerde yapılan küçük oklüzal düzenlemeler (mine aşındırmaları) fonksiyonel alt çene kaymasının önlenmesinde etkili olabilir.^(36,46,48,72,74,76) Bu aşındırmalar, dişin uzun aksı ile 45 derece veya eğimli yüzeyleri ile 30 dereceden daha büyük bir açı yapacak şekilde yapılmalıdır. Bu yöntem, üst çenenin genişliğini artırırken, alt çenenin genişliğini biraz daraltabilir. Eğimli yüzeyler, üst çene süt kanin dişlerini bukkale, alt çene süt kanin dişlerini ise linguale doğru zorlar. Bu yöntem, süt dişlenme döneminde, üst çene azı ve

kanin dişi bölgelerinin genişliğinin, alt çene karşıtı bölgelerle eşit veya daha geniş olduğu durumlarda uygulanmalıdır.⁽⁷⁴⁾ Simetrik üst çene genişletmesi ise aşındırma ile çözülemeyecek durumda olan fonksiyonel çapraz kapanış durumlarda ise yapılmalıdır.^(30,34,82)

Dişsel posterior çapraz kapanış mevcutsa, bir veya iki dişin çapraz kapanışta olduğu durumlarda labiolingual zemberekli veya tek taraflı kesilmiş akrilik vidalı apareyler tercih edilebilir.^(32,72) Ayrıca çapraz elastikler kullanılabilir. Üst çenedeki dişlere palatinal, alt çenedeki dişlere ise bukkal bölgelere ataçmanlar yapıştırılarak kullanılabilen elastikler, hastanın iş birliğine bağlıdır ve uygulanan kuvvetin dikey bileşeni, desteklenen dişlere ekstrüzyon kuvveti uygulayabilir.^(29,46,72,82-84) Eğer çapraz kapanış daha fazla dişi içeriyorsa dişsel olarak etki eden üst çene genişletme apareylerinden biri tercih edilmelidir.^(32,72)

İskeletsel posterior çapraz kapanış varlığında yavaş, yarı hızlı ve hızlı üst çene genişletme yöntemlerinden biri tercih edilmelidir.^(75,85-87)

Yavaş üst çene genişletme tekniği, genellikle 2 ila 6 ay boyunca 450 ila 900 gram arasında bir kuvvet uygulayan süt ve karma dişlenme dönemlerinde tercih edilen bir yöntemdir.^[49] Uygulanan kuvvetler ortodontik sınırlar içinde olsa da özellikle süt veya karma dişlenme dönemlerinde üst çenenin ortopedik separasyonundan bahsedilmiştir.^(29,85) Yavaş üst çene genişletmesi için vidalı hareketli apareyler, Minne apareyi, manyetik genişletme apareyleri, nikel-titanyum genişletme apareyleri, W-ark apareyi ve Quad heliks apareyi gibi farklı aparey seçenekleri kullanılabilir.⁽⁸⁸⁾

Yarı hızlı üst çene genişletmesi, fizyolojik sınırlar içinde kalacak şekilde uygulanan kuvvetlerle, üst çenede hem ortodontik hem de ortopedik genişleme sağlamak amacıyla yapılan bir işlemdir. Bu yöntem, hızlı üst çene genişletmesine kıyasla daha yavaş bir genişletme sağlamanın daha kalıcı sonuçlar yaratacağı düşüncesiyle uygulanmaktadır.⁽⁸⁷⁾ Literatürde, bu yöntemle ilgili birçok farklı genişletme protokolü bulunmaktadır. Örneğin, vidalı hareketli aparey ile haftalık 4-6 çeyrek tur^(86,89), vidalı hareketli aparey ile gün aşırı 1 çeyrek tur veya rijit akrilik bonded aparey ile sütural açılana kadar günde iki çeyrek tur, ardından sütural açılma sağlandıktan sonra haftada 3 çeyrek tur⁽⁸⁷⁾ gibi farklı

yaklaşımlar, araştırmacılar tarafından yarı hızlı üst çene genişletme yöntemi olarak tanımlanmıştır.

2.2. Hızlı Üst Çene Genişletme

Hızlı üst çene genişletmesi, geçmiş 18. yüzyılın sonuna uzanan ve sıklıkla uygulanan bir yöntem olup üst çenede genişletme sağlayarak üst çenenin transversal yetersizliğini elimine eder. Bu yöntemde, dişler ve üst çene alveolar yapıları üzerinde ortodontik diş hareketlerinin sınırlarını aşan kuvvetler uygulanarak, daha fazla ortopedik etki sağlanır ve böylece üst çene genişletilir.^(7,30,90)

2.2.1. Tarihçe

Maksiller kemikteki transversal yöndeki darlık kavramından ilk kez Hipokrat söz etmiştir. Bu tanımlama seneler önce yapılmış olsa da bu problemin etkin tedavisi uzunca bir süre yapılamamıştır. Tedaviyle ilgili ilk görüşü ortaya koyan araştırmacı Harris, 1839 yılında molar dişlerin daha bukkale doğru konumlandırılmasıyla çapraz kapanış sorununu çözebileceğini belirtmiştir.⁽⁹¹⁾ Uzunca bir dönem Fauchard, Bourdet, Fox, Delabarre, Lefoulon, Shange, Robinson, Tomes, Allen, White ve Westcott gibi pratisyen diş hekimleri tarafından yavaş üst çene genişletmesi ile bu bozukluk tedavi edilmeye çalışılmıştır.⁽⁹²⁾

1860 yılında San Francisco, Amerika'da, Emerson C. Angell tarafından üst çene genişletmesine günümüzdeki şekilde ilk vidalı aparey yaklaşımı tanıtılmıştır. Angell, 14,5 yaşında üst çenesinde kanin dişleri için yer açılması gereken bir hastasına, üst premolar ve molar dişler arasına yerleştirdiği vidalı aparey ile günlük iki çeyrek tur çevirme protokolü uygulamıştır. Bu yöntemle, dişlerden aldığı destek aracılığıyla üst çenede genişleme sağlanmıştır. Sonuç olarak 2 hafta sonunda üst çenenin gözle görülür şekilde genişlemiştir ve orta keser dişleri arasında açılma ve maksiller kemiğin ayrıldığı belirtilmiştir.⁽⁶⁾ Ancak, Angell'ın tedaviyi uyguladığı dönemde radyografi teknolojisinin bulunmaması nedeniyle maksiller sütürda meydana gelen açılma kanıtlanamamış ve çeşitli araştırmacılar, yönteme dair ciddi eleştirilerde bulunmuştur.^(93,94)

Hızlı üst çene genişletmesi ile sütürda meydana gelen açılma, Landsberger tarafından radyografinin gelişimi ile 1909 yılında ispat edilmiştir.⁽⁹⁵⁾ Buna rağmen, 1912-1914

yılları arasında Hawley, Federspeil, Ketcham gibi araştırmacılar, bu tür bir yöntemin uygulanabilir olmadığını ileri sürmüşlerdir. Sonraki dönemde, yöneme yönelik oluşan yaygın olumsuz görüşler ve çekimli tedavilerin popülerleşmesiyle, hızlı üst çene genişletmesi 1940'lı yıllara kadar unutulmaya başlayan bir tedavi yöntemi haline gelmiştir.^(96,97)

Graber⁽³⁰⁾ 1940'ların sonlarına doğru hızlı üst çene genişletmesi yöntemini, dudak-damak yarığı bulunan hastalarda uyguladığını belirtmiştir. Korkhaus 1956 yılında Illinois Üniversitesi'nde vermiş olduğu seminerde üst çene genişletme vakalarının röntgen bulgularını sunmuştur. Haas bu gelişmeden etkilenerek hayvanlar üzerinde hızlı üst çene genişletmesi ile ilgili ilk çalışmalarını uygulamıştır.^(7,98)

Angell'dan 100 yıl sonra 1961'de hızlı üst çene genişletmesinin öncülerinden Haas, ortasında vida bulunan premolar ve molar dişlerinin bantlandığı apareyini tanıtmıştır. Bu aparey akrilik kaideyle çeliğin beraber kullanıldığı diş-doku destekli bir apareydir. Haas vakalarında 15 mm orta palatal sütür açılımı ve 7 mm burun boşluğu genişlemesi ve dişlerde dikleşmeler olduğunu bildirmiştir. Bu şekilde, hızlı üst çene genişletmesi ile dişsel ve iskeletsel düzeltmelerin yanı sıra overbite düzeltmelerinin de kalıcı olabileceği belirtilmiş ve bu tekniğin biyolojik ve biyomekanik açıdan güvenli olduğu ifade edilmiştir. Ardından, farklı apareyler tanımlanmış ve tasarlanmıştır.^(7,99,100)

Subtelny, 1980 yılında yayınladığı makalesinde, hızlı üst çene genişletme (HÜÇG) sırasında oklüzal bite-blokların kullanılmasının önemli olduğunu vurgulamıştır. Bu uygulamanın, molar dişlerdeki bukkal tippingi azaltacağını belirtmiştir. Dişlerdeki tipping hareketinin azalmasının, nazomaksiller komplekse daha fazla kuvvet iletilmesine yol açacağını iddia etmiştir. Ayrıca, vertikal büyüme paterni gösteren hastalarda, bite-blokların oluşturduğu gerilim sayesinde çiğneme kaslarından elde edilen kuvvetin molar dişler üzerinde intrüzyon etkisi oluşturabileceğini belirtmiştir. Aynı çalışmada okluzyonun yükseltilmesinin diş köklerinde rezorpsiyon gelişimine yol açabileceğine dikkat çekmiştir.⁽¹⁰¹⁾

2.2.2. Endikasyonlar

Maksiller darlığa bağlı tek ya da çift taraflı posterior çapraz kapanış vakalarının tedavisinde hızlı üst çene genişletmesi tercih edilmektedir.⁽⁴⁹⁾

Tedavi sonrasında, premolarlar arasındaki genişlik 1 mm arttırıldığında, ark boyutunda 0,7 mm'lik bir artış sağlanmaktadır.⁽¹⁰²⁾ Çapraz kapanışı olmayan ve üst çenede diş çekimi kararı sınırda olan, 6-8 mm'lik yer ihtiyacı bulunan vakalarda, bu tedavi yöntemi yer kazanmak amacıyla uygulanmaktadır.^(31,49,67)

Sınıf II Bölüm I vakalarında, alt çenenin üst çenedeki darlık nedeniyle normal oklüzyona ulaşamadığı ve bundan dolayı sınıf II ilişkisi meydana geldiği durumlarda kullanılır.^(49,67)

Dudak-damak yarığı bulunan hastalarda, erken yaşlarda yapılan cerrahi işlemler sonucu oluşan skar dokuları, maksiller büyümeyi engellediğinde meydana gelen üst çene yetersizliklerinin tedavisinde hızlı üst çene genişletmesi yöntemi uygulanmaktadır.^(34,103)

Üst çene darlığı olan hastalarda dudak köşelerinde karanlık bukkal koridorlar oluşur. Bu tedavi sonrasında, gülümsemenin genişletilmesiyle estetik açıdan bir iyileşme elde edilmektedir.⁽³¹⁾

Posterior dişlerin bukkolingual eğimlerinin ve Wilson eğrisinin düzeltilmesi amacıyla kullanılması önerilmektedir.⁽³¹⁾

Karma dentisyon dönemindeki sınıf III vakalarının tedavisinde, reverse headgear uygulaması öncesinde maksiller süturların serbestlenmesi amacıyla hızlı üst çene genişletmesi yapılabilir.⁽¹⁰⁰⁾

Nazal obstrüksiyon nedeniyle meydana gelen ağız solunumunun bir sonucu olarak üst çenede darlık oluşmaktadır. Bu hastaların üst çene darlıklarının tedavisinde hızlı üst çene genişletmesi uygulanmaktadır. Böylece hem darlık giderilmiş hem de ağız solunumu sorunu çözülmüş olur.^(5,34,104,105)

Ortognatik cerrahi hastalarında mandibular ilerletme yapılacaksa ve cerrahi sonrası maksiller darlık oluşması bekleniyorsa, operasyon öncesi dönemde hızlı üst çene genişletmesi uygulanması uygundur.⁽⁹⁰⁾

2.2.3. Kontrendikasyonlar

Kooperasyonu zayıf olan ve tedaviye uyum sağlayamayacak hastalar,

Periodontal hastalığı bulunan ya da bu hastalığa yatkın bireyler,

Yalnızca tek dişin çapraz kapanışta olduğu vakalar,

Mandibular ve maksiller aşırı asimetrisi ya da belirgin anteroposterior ve vertikal anomalisi olan hastalarda hızlı üst çene genişletme işlemi kontrendikedir.⁽⁴⁹⁾

2.2.4. Hızlı Üst Çene Genişletmesinde Kullanılan Apareyler

Hastanın yaşı, iskeletsel ve kas yapısı, darlığın derecesi, ağız hijyeni, kooperasyon düzeyi, üst premolar ve molar dişlerinin aksiyal eğimi ve vakanın biyomekanik ihtiyaçları hızlı üst çene genişletmesi sırasında kullanılacak aparey tasarımı için önemlidir.⁽⁴⁹⁾

1961 yılında Dr. Andrew Haas tarafından tasarlanan Haas apareyi, hızlı üst çene genişletme apareylerinin en çok bilinenlerinden biridir. Bu apareyde, üst birinci premolar ve molar dişlere yerleştirilen bantlar mevcuttur ve bu bantlar, vidanın üzerinden uzanan tellere lehimlenmiştir. Apareyin tam ortasında yer alan HÜÇG vidası, akrilik bir plaka içine yerleştirilmiştir. Akrilik plak sayesinde apareyin rijiditesi artırılır ve palatinal destek sayesinde yalnızca dişlerden değil, aynı zamanda palatinal dokulardan da destek alarak üst çene genişletilir. Ankraj alınan bölgenin palatinal dokuları dahil olduğu için, iskeletsel etkinin daha fazla olabileceği bildirilmiştir. Ancak, akrilik plakanın hijyen sorunlarına ve yumuşak dokuda irritasyonlara yol açabileceği rapor edilmiştir.^(7,100)

1973 yılında Biederman, Haas apareyinden farklı olarak palatinal bölgede akrilik desteği bulunmayan ve bu özelliği sayesinde daha hijyenik olduğunu ileri sürdüğü “hygienic rapid expander” yani Hyrax apareyini tanıtmıştır. Bu apareyde, 1. premolar ve 1. molar dişlere yerleştirilen bantlar, bukkal tarafta 0,40 mm, palatinal tarafta ise 0,59 mm kalınlığında yuvarlak tellerle birbirine lehimlenmiştir. Bugün, Hyrax apareyi hızlı üst çene genişletmesi alanında en yaygın kullanılan modellerden biridir. Bununla birlikte, Hyrax apareyinin Haas'a kıyasla daha esnek olması, dişlerdeki devrilmeyi engellemede yetersiz kalmasına neden olur. Bu nedenle, Hyrax apareyi ile yapılan tedavilerde sütural açılmanın daha sınırlı olduğu, ancak dişsel etkinin daha belirgin olduğu belirtilmiştir.^(31,106,107) Hyrax apareyine, posterior dişlerin yalnızca oklüzal yüzeylerine ya da bunlara ek olarak diğer yüzeylerine akrilik kaplama eklenerek çeşitli modifikasyonlar geliştirilmiştir. Bu değişiklikler, özellikle vertikal yön kontrolü başta olmak üzere, tedavi sürecinde bazı ek avantajlar sağlamaktadır.⁽¹⁰⁸⁻¹¹¹⁾

Ricketts, Quad helix apareyini kullanmış ve bu aparey ile daha yavaş bir genişletme sağlanmasına rağmen, bazal kemikte de etki oluşturabileceğini belirtmiştir.⁽¹¹²⁻¹¹⁴⁾

Timms tarafından 1981 yılında Cap Splint Apareyini tanıtılmıştır. Bu aparey, üst santral dişler hariç tüm dişlerin oklüzal ve insizal kenarlarını kaplayan krom-kobalt döküm bir plak ile ortasında yer alan bir vidalı mekanizmadan oluşmaktadır. Daha sonraki dönemlerde, üretim sürecinde yapılan geliştirmelerle döküm malzeme yerine akrilik plak kullanılarak imal edilmeye başlanmıştır. Bu değişiklik hem ağırlığın azaltılması hem de üretim kolaylığı açısından avantaj sağlamıştır.⁽⁵⁾

Hızlı üst çene genişletmesinde yaygın olarak kullanılan apareylerden biri, Spolyar tarafından tanıtılan bonded akrilik ekspansiyon apareyidir. Bu aparey, diş yüzeylerini ve palatinal mukozayı tamamen akrilik ile kaplayarak çalışır. Akrilik kaplama, apareyin esnekliğini azaltırken aynı zamanda palatinal dokulardan destek alarak dişlere uygulanan kuvvetlerin daha dengeli iletilmesini sağlar. Oklüzal yüzeyleri örten akrilik yapı, posterior bite-blok etkisi oluşturarak molar dişlerde intrüziv kuvvet meydana getirir ve böylece vertikal büyümeyi sınırlandırıcı bir etki yaratabilir.^(115,116)

Nikel titanyum palatal genişletme apareyi Arndt tarafından tanıtılmıştır ve vücut ısısı ile kendiliğinden aktive olur, molar dişlerin rotasyonlarının düzelmesine ve distalizasyonuna da katkıda bulunur. Molar bantlarına sabitlenen telin eski formuna dönme eğilimi, üst çenenin hem dişsel hem de iskeletsel olarak genişlemesine olanak sağlamaktadır.⁽¹¹⁷⁾

Darendeliler ve Lorenzo, "Lorenzo-Darendeliler Self Expander" adını verdikleri bir aparey tasarlamışlardır. Bu aparey, süper elastik yaylar kullanarak hafif ve sürekli kuvvetler oluşturur. Önceden belirlenen genişleme miktarına ulaşıldığında, kendiliğinden genişletmenin durmasını sağlayan bir özellik sunmaktadır.⁽¹¹⁸⁾

2.2.5. Vida Çevirme Protokolü

Üst çene genişletme amacıyla kullanılan vidalar, genellikle her biri 1 çeyrek tur ile 0,2-0,25 mm'lik genişleme sağlamakta ve üst çeneye 1,5-4,5 kg arasında kuvvet uygulamaktadır. Tekrarlayan aktivasyonlar sonucunda üst çeneye iletilen kuvvetlerin 9 kg gibi çok yüksek seviyelere ulaşabildiği belirtilmiştir. Midpalatal sutureda genişletme sonrası, günlük olarak 0,1 mm'lik kemik yapımının gerçekleştiği gösterilmiştir. Bununla

birlikte, günlük sütural açılma miktarının, günlük kemikleşme miktarından daha fazla olması gerektiği vurgulanmıştır.^(99,119,120)

Haas⁽⁷⁾, ilk gün boyunca her biri be dakika arayla toplamda dört çeyrek tur, ardından ise günde iki çeyrek tur çevirmeyi öneren bir protokol geliştirmiştir.

Zimring ve Isaacson⁽⁷⁵⁾, genç bireylerde hızlı üst çene geniletmesinde ilk 4–5 gün boyunca, yani maksiller süturun açılma sürecine kadar, günde iki çeyrek tur çevirmeyi; bu aamadan sonra ise günde bir çeyrek tur çevirmeyi önermektedir. Erişkin hastalarda ise başlangıçta ilk iki gün günde iki çeyrek tur, sonrasında ise günde bir çeyrek tur aktivasyon yapılmasını tavsiye etmişlerdir.

Biederman⁽¹²¹⁾, ilk gün boyunca her biri be dakika arayla  çeyrek tur çevirmeyi, ardından ise günde iki çeyrek tur çevirmeyi önermiştir.

Vidanın sabah ve akam olmak üzere günde iki çeyrek tur çevrilmesi, genellikle tavsiye edilen vida çevirme protokolüdür.^(49,110,122,123)

2.2.6. Ya Faktörü

Hastanın yaı, HG tedavisinin başarısını belirleyen en önemli unsurlardan biridir. Araştırmacılar, posterior çapraz kapanıa sahip bireylerin erken dönemde tedavi edilmesinin, tedavi sonucunu olumlu şekilde etkilediği konusunda hemfikirlerdir.^(55,72,74,85,122,124–126)

Zimring ve Isaacson⁽⁷⁵⁾, yaptıkları çalışmada üst çene genişletmesi sırasında oluşan kuvvetleri dinamometre kullanarak ölümü ve ya ilerledikçe iskeletsel yapıların genişletmeye karşı direncinin arttığını ortaya koymuşlardır.

Melsen⁽¹²⁷⁾, 0-18 ya aralığındaki 60 insan kadavrası üzerinde yaptığı histolojik incelemede, vomerin üst çenenin sağ ve sol palatal çıkıntılarıyla oluşturduğu süturun, doğumdan yetişkinliğe kadar ekil ve yapısında değişiklikler geçirdiğini ortaya koymuştur. Aratırmasına göre, doğumda midpalatal sütur geniş ve hafif dalgalı (sinuous)

bir görünüme sahipken, jüvenil dönemde dalgalı bir yapı sergilemiş, adolesan dönemde ise belirgin girinti ve çıkıntılar oluşturarak kemiklerin sıkıca kenetlendiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, sütünanın büyümesinin kızlarda 16, erkeklerde ise 18 yaşına kadar devam ettiği sonucuna ulaşmıştır.

Persson ve Thilander⁽¹²⁸⁾, 15-35 yaş arasındaki 24 insan kadavrası üzerinde gerçekleştirdikleri araştırmada, intermaksiller ve transvers palatin sütünaların ossifikasyon sürecinin yaşa bağlı değişimini incelemiştir. Çalışma, intermaksiller sütünanın posterior bölgesinde kapanmanın anterior bölgesine göre daha erken başladığını ortaya koymuştur. Ayrıca, en erken kapanmanın 15 yaşındaki bir kız çocuğunun intermaksiller sütünasının posterior kısmında meydana geldiği tespit edilmiştir.

Bishara ve Staley⁽⁴⁹⁾, optimal genişletme için en uygun yaş aralığının 13-15 olduğunu belirtmiş, bu yaşlardan sonra yapılan genişletmelerin iskeletsel etkisinin azalacağını ve retansiyonun öngörülemez hale geleceğini ifade etmiştir.

Yapılan araştırmalar, yaşın ilerlemesiyle artan direncin, özellikle zigomatik kemik bölgesindeki direnç artışıyla ilişkili olduğunu vurgulamaktadır.^(119,129) Ayrıca, genişletmeye en fazla direnç gösteren bölgenin midpalatal sütün olmadığı, en büyük direncin ise zigomatikotemporal, zigomatikofrontal ve zigomatikomaksiller sütünlarda meydana geldiğini ortaya koymuşlardır.⁽¹³⁰⁾

Proffit⁽¹³¹⁾, okul öncesi dönemde HÜÇG tedavisi ile yapılan ortopedik değişikliklerin, farklı yüz yapılarında distorsiyonlara ve burunda deviasyon gibi istenmeyen etkiler oluşturabileceğini belirtmiştir.

Knaup ve ark.⁽¹³²⁾, 18-63 yaş aralığındaki 22 bireyin damak örneklerini inceleyerek, 25 yaş altı ve 26 yaş üstü olmak üzere iki farklı gruba ayırmıştır. Araştırmada, yaşın midpalatal sütün genişliği ve kaynaşması üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre, genç grupta midpalatal sütünun daha geniş olduğu ve kaynaşmanın hiç görülmediği belirlenmiştir. Ayrıca, sütünun en erken kaynaşmasının 21 yaşındaki bir erkekte, en geç kapanmasının ise 54 yaşındaki başka bir erkekte gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Timms⁽⁵⁾, erişkin dönemde yapılacak tedavilerde, genişletme işlemi öncesinde osteotomi uygulanmasının gerektiğini rapor etmiştir.

2.2.7. Dişsel Etkiler

HÜÇG'nin hasta tarafından en fark edilen belirtisi, üst çenede orta keser dişler arasında oluşan diastemadır. Anteriorda oluşan diastema transseptal liflerin gerilimine bağlı olarak hızla kapanır, önce temas sağlanır sonra kökler düzleşir. Bu süreç yaklaşık 4-6 ay sürer. Üst kesici dişlere uygulanan genişletme kuvvetinin etkisiyle, ön kafa kaidesi düzlemine göre dişlerde uzama, dikleşme veya geriye doğru eğilme görülebilir. Orta keserler arasında başlangıçta bir boşluk varsa, zamanla azalabilir ancak genellikle varlığını sürdürecektir. Dişler arasındaki diastema miktarı, genişletme apareyinde açılan vidanın genişliğinin yarısı kadar olduğu varsayılmaktadır. Ancak, bu boşluk miktarı süturun açılma derecesini belirlemek için güvenilir bir gösterge değildir.^(7,49,121,123)

HÜÇG etkisiyle dişler, üst çeneyi taşıyan apikal kemik kaidesinin hareketine bağlı olarak yanaklara doğru eğilmektedir. Bununla beraber, molar dişlerde meydana gelen devrilme sonucu bir miktar uzama da gözlemlenebilir.^(49,133) Zamanla, uygulanan mekanik kuvvetler ve çiğneme basıncının etkisiyle yanak bölgesine doğru devrilen dişler dikleşir ve kök ile kron aks eğimleri normale dönmeye başlar.⁽¹³⁴⁾

Adkins ve ark.⁽¹⁰²⁾ tedavi sonrasında, premolarlar arasındaki genişlik 1 mm arttırıldığında, ark boyutunda 0,7 mm'lik bir artış sağlandığını belirtmişlerdir. Başka bir araştırma grubu ise kazanılan yer miktarının molarlar arası genişlik artışının 0,65 katı olduğunu belirtmiştir.⁽¹³⁵⁾

Dikkat çeken bir diğer husus, transversal yönde elde edilen genişleme miktarının molar dişleri arasındaki mesafede, kanin dişleri arasındaki mesafeye kıyasla daha fazla artış göstermesidir. Ancak bu durum, midpalatal sütürde meydana gelen genişleme ile ters bir ilişki göstermektedir; çünkü sütürdeki genişleme genellikle ön bölgede daha belirgindir. Bazı araştırmacılar, molarlar arasındaki genişleme miktarının, kanin dişleri arasındaki genişleme miktarının yaklaşık iki katı olduğunu tespit etmiştir.⁽¹³⁶⁾

HÜÇG tedavisi sonucunda alt molar dişleri arasında 0,5-2 mm kanin dişleri arasında ise 0,5-1,5 mm genişleme meydana geldiği tespit edilmiştir. Alt çenedeki bu genişlemelerin, bir uyum sürecinin parçası olduğu düşünülmektedir. Bunun nedeni, apareyin kalınlığı

sebebiyle dilin ağız tabanına yerleşmesi ve üst çenenin genişlemesiyle birlikte yanak kaslarının alt çenenin posterior dişleri üzerindeki baskısının azalmasıdır. Sonuç olarak, bu dişlerin dikleştiği ve alt çene diş kavsinin genişlediği gözlemlenmiştir.^(7,100)

2.2.8. İskeletsel Etkiler

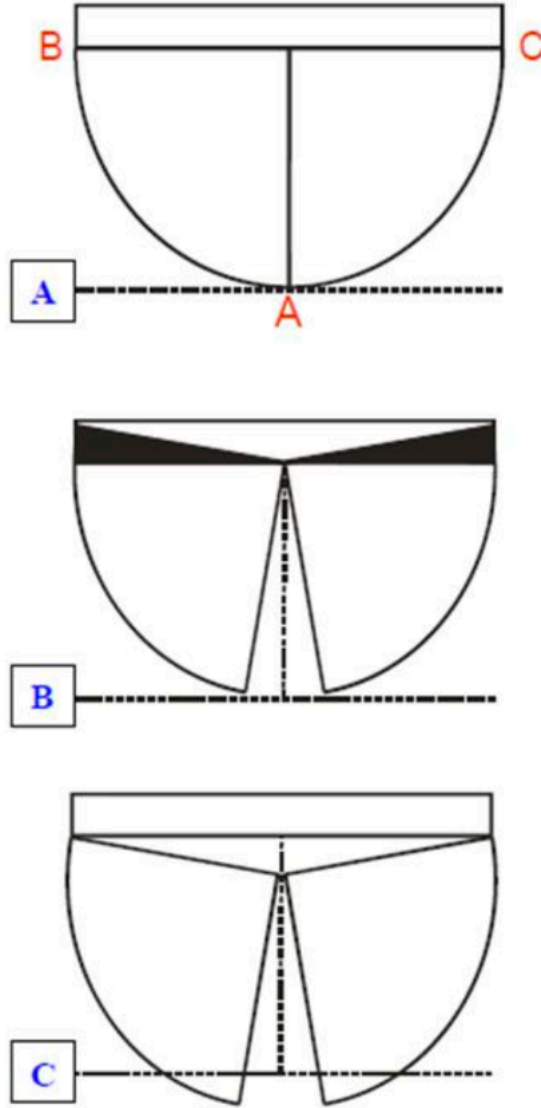
Hızlı üst çene genişletme aпаратыnın tek bir aktivasyonu 1,5-4,5 kg kuvvet oluştururken, tekrarlayan aktivasyonlarla bu kuvvetin 9 kg'a kadar çıkabildiği gösterilmiştir.^(75,119) Aпаратыn oluşturduğu bu yüksek kuvvetler, ortodontik hareket sınırlarını aşarak ortopedik etkilere yol açar ve midpalatal suturen açılmasını sağlar.⁽⁷⁾ Ayrıca, HÜÇG tedavisinin yalnızca midpalatal sutureda değil, nazal suture, zigomatikomaksiller suture ve zigomatikotemporal sutureda da değişimlere neden olduğu bildirilmiştir.⁽¹³⁷⁾

Frontal düzlemde, hızlı genişletme uygulandığında üst çenedeki bu açılma sürecini şekil olarak tanımlamak gerekirse, bir üçgene benzetmek mümkündür. Bu üçgenin tabanı kesici dişlerin uç kısımlarında yer alırken, tepe noktası burun boşluğunun tavanına doğru konumlanmaktadır. Açılma hareketinin tepe noktasında, bir dönme merkezi veya odak noktası olduğu ifade edilmektedir. Bazı araştırmacılar, bu dönme merkezinin göz çukurunun üst sınırına yakın olduğunu belirtmiştir. Diğer bazı çalışmalar ise dönme noktasının frontomaksiller suture civarında olduğunu ifade etmiştir.^(123,138) Frontal düzlemde, anterior nazal spina bölgesindeki genişlemenin, alveolar bölgedeki genişlemenin %56'sı kadar olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde, burun boşluğunda meydana gelen genişleme ise anterior nazal spina bölgesindeki genişlemenin %46'sı kadar olarak tespit edilmiştir.⁽¹³⁶⁾

Horizontal düzlemde, midpalatal sutureda oluşan açılma ön bölgeden arka bölgeye doğru kademeli olarak azalır. Bu açılma, oklüzal radyografilerde tabanı anterior nazal spinada, tepesi üst çene posteriorunda olmak üzere bir üçgen şeklinde görülür.^(123,129) Üst çene posterior bölgede birçok kemikle bağlantılı olduğu için midpalatal sutureda meydana gelen açılma her bölgede eşit olamamaktadır. Açılmaya karşı en güçlü direnç, zigomatik kemiğin ön bölümlerinde ve sfenoid kemiğin pterygoid laminalarında ortaya çıkmaktadır.^(138,139) Posterior bölgede yüksek direnç nedeniyle oluşan bu duruma butressing etkisi adı verilir.⁽¹⁴⁰⁾

Sagittal düzlemde, HÜÇG uygulamasıyla üst çenenin aşağıya ve öne doğru hareket ettiği bildirilmiştir. Bu durum, A noktasının benzer şekilde aşağı ve öne doğru yer değiştirmesiyle açıklanmıştır.⁽⁷⁾ Bazı araştırmacılar, A noktasının öne doğru hareketini belirgin şekilde vurgularken, aşağıya doğru olan hareketini daha hafif bir değişim olarak değerlendirmektedir.^(75,133,138) Genişletme uygulanan vakaları inceleyen bir grup araştırmacı, kafa kaidesi düzlemi ile üst çene düzlemi arasındaki açının arttığını rapor etmiş ve bu durumu üst çenenin aşağıya doğru hareket etmesiyle ilişkilendirmiştir.⁽¹⁴¹⁾ Üst çenenin öne ve aşağıya doğru hareket etmesinin nedeni olarak bazı araştırmacılar, sütural yönelimi temel bir faktör olarak değerlendirmektedir.^(7,119) Buna karşın, Chang'ın 6 yıldan uzun süre takip ettiği HÜÇG tedavisi görmüş hastalar üzerinde yaptığı çalışmada, üst çenede vertikal ve sagittal yönde belirgin bir değişim tespit edilmemiştir.⁽¹⁴²⁾ Biederman, HÜÇG tedavisinde üst çenenin hareket yönünün rotasyon merkezlerine bağlı olduğunu belirtmiştir. Tek bir rotasyon merkezi oluşursa A noktası geriye, iki rotasyon merkezi oluşursa öne doğru hareket edeceğini belirtmiştir.⁽¹²¹⁾

Üst çenenin aşağıya doğru hareket etmesi ve üst çene arka dişlerinin palatinal tüberküllerindeki sarkma, alt çenenin posterior rotasyonuna yol açar. Hipodiverjan ve düşük alt yüz yüksekliğine sahip hastalarda, kapanışın açılması istenen bir durumdur; ancak hiperdiverjan hastalarda bu durum ön açık kapanışa neden olabilir.^(49,121)



Şekil 2. 1. Transversal boyutta üst çene genişletmesinin biyomekaniği.

Çizim: Ramoğlu S.İ., Karma Dentisyon Döneminde Modifiye Akrilik Bonded Apareyi İle Yapılan Hızlı Ve Yarı Hızlı Üst Çene Genişletmesinin Dentofasiyal Yapılar Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, Selçuk Üniversitesi, 2016.) Yarım daire şekli, üst çenenin sağ ve sol yarısını; dikdörtgenler ise posterior komşu kemik yapılarını temsil etmektedir (A). Eğer rotasyon merkezi orta hatta konumlanmışsa, A noktası geriye doğru hareket eder ve taralı alanda kemik rezorpsiyonu meydana gelir (B). Buna karşılık, genişletme sırasında rotasyon merkezi B ve C noktalarında oluşursa, A noktası ileri yönde hareket eder (C).⁽¹²¹⁾

Bu tür hastalarda, bonded apareyler posterior intrüzyon etkisi sağladığı için tercih edilmektedir.⁽¹¹⁵⁾ Bunun yanı sıra, tedavi süreci pekiştirme aşamasına geçtiğinde, vertikal veya oblik çenelikler, 7-10 hafta boyunca günde 12-14 saat süresince 250 gram kuvvet uygulayacak şekilde kullanılabilir.⁽¹⁴³⁾ Başçıftçi ve Karaman⁽¹¹⁰⁾, yaptıkları çalışmada hastalara tüm dişleri kapsayan akrilik bonded aparey ve vertikal çenelik kullanmış ve bu şekilde alt çenenin geriye ve aşağıya doğru hareketinin engellenebileceğini göstermişlerdir.

Midpalatal süturun ayrılması sonucu nazal bölgede genişleme gerçekleşir. Bu genişlemenin, hastaların hava yolu direncini azaltarak tedavi sonrasında nefes alıp vermelerinde rahatlama sağladığı bildirilmiştir.^(31,50,99,110,144)

2.2.9. Komplikasyon, Retansiyon ve Relaps

Komplikasyon

HG uygulanan hastalar en sık diş, çene ve yüz yapılarında hissettikleri basınç ve gerilmeden şikayet etmektedir. Bu basınç hissi, destek dişleri, sert damak çevresindeki apikal kemik kaidesini, göz çukurlarının alt bölgesini, zigomatik kemikleri ve burun kemerini etkileyebilir ve genellikle vida aktivasyonundan hemen sonra hissedilir.^(7,99) Basınç hissi birkaç dakikadan birkaç saate kadar sürebilir ve özellikle erişkinlerde ağrıya yol açabilir. Bu durum, üst çene kemiğinin sertliği ve çevresindeki kemiklerle olan bağlantılarından kaynaklanır. Ayrıca, yaş ilerledikçe midpalatal süturun kemikleşme düzeyi de etkili olabilir.⁽¹²⁷⁾ Vidanın aktivasyonundan sonra baskı hissine ek olarak görme bozuklukları, bulantı, baş ağrısı gibi yan etkiler de bildirilmiştir.⁽⁸³⁾ Hastaların rahatlamaşı için ağrı kesiciler kullanılabilir, şikayetler çok arttığında ise tedaviye geçici olarak ara verilebilir. Ancak, bu tür yoğun rahatsızlıkların giderilmesinde cerrahi destekli HG'nin daha etkili bir seçenek olabileceği dikkate alınmalıdır.⁽³⁰⁾

Akrilik içerikli HG apareyleri oldukça büyük olup, üst çenenin büyük bir kısmını kaplar. Bu nedenle hastalar, çiğneme ve beslenme zorluklarının yanı sıra ağız hijyenini korumakta güçlük çekebilirler. Ayrıca apareyin boyutu ve yapısı estetik kaygılara da neden olabilir. Apareye alışma sürecinde hastalar, beslenme alışkanlıklarını bir süreliğine değiştirmek zorunda kalabilir. Bunun yanı sıra, temizlenme zorlukları nedeniyle diş etlerinde kızarıklık, kanama, şişme, çekilme ve kötü koku gibi problemler ortaya çıkabilmektedir.⁽¹⁴⁵⁾

Araştırmacılar, HG uygulanan hastalara ait bilgisayarlı tomografi (BT) verilerini analiz ettiklerinde hem dişsel hem de periodontal düzeyde değişimler bildirmiştir. Bulgulara göre, destek alınan molar dişlerin bukkal yüzeylerinde kortikal kemik tabakasında incelme gözlenmiştir. Ancak bu değişimin, BT görüntülemeyle saptanabilecek kalıcı bir hasara yol amadığı tespit edilmiştir.⁽¹⁴⁶⁾

Midpalatal suturen açılmasını sağlamak için uygulanan yüksek kuvvetler, destek dişlerde ve palatal mukozada çeşitli olumsuz etkilere yol açabilir. Bu etkiler arasında dişlerin bukkale devrilmesi, diş eti çekilmesi, bukkal kemikte fenestrasyon oluşumu ve destek dişlerde rezorpsiyon görülmektedir.⁽¹⁴⁷⁾

Barber ve ark.⁽⁸⁾, scanning elektron mikroskobu kullanarak yaptıkları çalışmada, 13'ü HÜÇG sonrası, 5'i ise alt çeneden herhangi bir işlem yapılmadan çekilen dişleri incelemiştir. Araştırmacılar, ankraj dişi olarak kullanılan 13 dişte, özellikle bukkal yüzeylerde kök rezorpsiyonu oluştuğunu ve bu rezorpsiyonların hücreli sement dokusu ile onarıldığını belirlemiştir. Ayrıca, Langford⁽¹⁰⁾, aktif genişletme sonrası uzun retansiyon sürecinde çekilen dişlerde daha fazla sement tamiri gerçekleştiğini bildirmiştir.

Retansiyon ve Relaps

HÜÇG tedavisi iki aşamadan oluşur: İlk aşama aktif genişletme periyodu, ikinci aşama ise genişletme sonrası midpalatal suturen yeniden yapılanması ve kalsifikasyonu için uygulanan retansiyon periyodudur.⁽⁹⁹⁾ Tedavinin geri dönüşüne yol açan çeşitli genetik, çevresel, mekanik ve biyolojik etkenler bulunmaktadır.

- I. Genetik faktörler, kalıtsal olup değiştirilemez.
- II. Çevresel faktörler, genişletme tedavisinin ardından dokular hızla değişirken, çevre dokular bu değişime aynı hızda uyum sağlayamaz. Ancak, zamanla uyum sürecini destekleyen bir reorganizasyon başlar.
- III. Genişletme sonrası yumuşak dokulardaki gerginlik ve sert dokulardaki deformasyonlar, stabilizeyi etkileyen biyolojik faktörlerdendir. Örneğin, midpalatal suturen çevresindeki ödemli yapı, bağ dokusunun yeniden şekillenme sürecinde nüks riskini artırabilir. Üst çenede oluşan bükülmeler ise kemik reorganizasyonu ile onarılabilir, ancak kemikte bulunan kollajen fibriller nüks eğilimini yükseltebilir.^(5,29,33,127) Zimring ve Isaacson'a⁽⁷⁵⁾ göre, yanak kaslarının elastik yapısı nedeniyle aparey çıkarıldıktan sonra kasların kısılmasıyla nüks meydana gelebilir. Bu etkinin 30–40 gün ile 3 ay arasında devam edebileceği bildirilmektedir. Engström ve ark.⁽¹⁴⁸⁾ midpalatal suturendeki kemikleşme sürecini incelemiş ve aktif tedavinin bitiminden yaklaşık 1 ay sonra kemik mineralizasyonunun büyük ölçüde tamamlandığını, 3 ayın sonunda ise suturen tamamen mineralize olmuş bir kemik yapısına kavuştuğunu rapor etmiştir.

IV. Mekanik stabiliteyi etkileyen en önemli faktörlerden biri, aktif genişletme sürecinde oluşan rezidüel yüklerdir. Bu yükler, üst çenenin daralmasına yol açabilir.⁽⁷⁵⁾ Genişletme sonrası meydana gelen geri dönüş; çene eklemleri, çiğneme kuvvetleri, damak mukozası ve periostun gerginliği ile dil ve yanak kaslarının etkisiyle ortaya çıkar. Tedavi sonrası bu yüklerin zamanla azalması ve dengelenmesi beklenmelidir.^(119,127) Küçükkeleş ve Ceylanoğlu⁽¹⁴⁹⁾ ise bu süreçte en geç adapte olan yapının dil olduğunu belirtmiştir.

Isaacson ve Ingram⁽¹¹⁹⁾, relapsın en önemli nedeninin rezidüel kuvvetler olduğunu belirtmiş ve aktif tedavi sonrası aparey çıkarıldığında %20 oranında nüks görüldüğünü ifade etmiştir. Araştırmacılara göre, en etkili pekiştirme yöntemi aşırı düzeltmedir. Eğer aşırı düzeltme yapıp bir süre bu pozisyonda pekiştirme uygulanırsa, rezidüel kuvvetler ortadan kalkar ve nüks önlenir.

Halazonetis ve ark.^(22,149), hızlı üst çene genişletmesi sonrası relapsın nedenlerinden biri olarak yanak kaslarındaki basınç değişimlerini incelemiş ve yanak basıncının 3 kat arttığını, hatta 3 aylık pekiştirme sürecinin sonunda bile bu basınçta azalma olmadığını tespit etmiştir. Buna karşın, Küçükkeleş ve Ceylanoğlu⁽¹⁴⁹⁾ ise artan yanak basıncının 3 aylık pekiştirme süreci sonunda başlangıç seviyesine geri döndüğünü bildirmiştir.

Hicks⁽⁸⁵⁾, hızlı üst çene genişletmesi sonrası relaps miktarının kullanılan pekiştirme yöntemine bağlı olduğunu belirtmiştir. Çalışmasında, sabit pekiştirme apareyleri ile relaps oranının %10-23, hareketli apareylerle %22-25 olduğunu, pekiştirme uygulanmadığında ise relaps oranının %45'e kadar çıktığını bildirmiştir.

Biederman⁽¹⁵⁰⁾ ve Asanza ve ark.⁽¹⁵¹⁾, sütural bölgede yeni kemik oluşumunun tamamlanabilmesi için HÜÇG apareyinin pasif ve sabit şekilde en az 3 ay boyunca kullanılmasını önermiştir.

Bishara ve Staley⁽⁴⁹⁾, sabit retansiyon süresinin 3 ila 6 ay arasında olması gerektiğini, ayrıca genişletme miktarının artması durumunda bu sürenin uzatılmasının uygun olacağını belirtmiştir. Proffit ve Fields⁽²⁹⁾ ise benzer bir prosedür önermiş, ancak sabit retansiyon süresinin 3-4 ay olmasının yeterli olduğunu belirtmiştir. McNamara ve Brudon⁽³¹⁾ ise sabit şekilde HÜÇG apareyinin ağızda 5 ay süreyle tutulması gerektiğini ifade etmiştir.

2.3. Kök Rezorpsiyonu

2.3.1. Tanım ve Tarihçe

Rezorpsiyon, vücutta bulunan veya dışarıdan vücuda giren maddelerin fizyolojik ya da patolojik süreçler sonucu eritilip yok edilmesi işlemidir.⁽¹⁵²⁾ Diş köklerinde meydana geldiğinde, bu durum kök rezorpsiyonu olarak adlandırılır. Süt dişlerinde görülen rezorpsiyon fizyolojik bir süreçken, daimi dişlerde meydana gelen rezorpsiyon patolojik olarak değerlendirilir.⁽¹⁵³⁾

Daimi dişlerde kök rezorpsiyonu, 'absorbsiyon' terimi şeklinde ilk kez 1856 yılında araştırmacı Bates tarafından gündeme getirilmiştir.⁽¹⁵⁴⁾ 1914 yılında Ottolengui, kök rezorpsiyonunun ortodontik tedavilerle bağlantısını inceleyen ilk araştırmacı olmuştur. 1927 yılında Ketcham, çalışmalarında radyolojik kanıtları kullanarak, ortodontik tedavi öncesi ve sonrası kök yapısındaki değişiklikleri ortaya koymuştur.⁽¹⁵⁵⁾

1932 yılına kadar, kök rezorpsiyonu ile ilgili yapılan çalışmalarda terminoloji karışıklığı yaşanmıştır. Bazı araştırmacılar, bu süreci kökten mineral absorpsiyonu olarak tanımlamışken, Becks ve Marshall bu durumun yalnızca kan damarlarıyla ilgili olmadığını belirterek, doğru terimin "rezorpsiyon" olduğunu ifade etmişlerdir.⁽¹⁵⁶⁾

Ortodontik tedavi sırasında kök rezorpsiyonlarının kaçınılmaz olduğu 1936 yılında Oppenheim tarafından belirtilmiş, bu durumun kök şekli, uygulanan kuvvetin yönü ve kullanılan apearelerle ilişkili olduğunu ifade edilmiştir. Ayrıca, dişlere uygulanan kuvvetlerin hafif ve uygun doğrultuda olması durumunda kök rezorpsiyonlarının en aza indirilebileceğini rapor etmiştir.⁽¹⁵⁷⁾

Rudolph, 513 hasta üzerinde yaptığı araştırmada, ortodontik tedaviye erken yaşlarda başlanmasının kök yapısına daha az zarar verdiğini ifade etmiştir.⁽¹⁵⁸⁾

2.3.2. Kök Rezorpsiyonu Sınıflandırması

Kök rezorpsiyonu, meydana geldiği bölgeye göre sınıflandırıldığında; kök yüzeyinde ortaya çıktığında 'eksternal kök rezorpsiyonu', kökün iç yüzeyinde geliştiğinde ise 'internal kök rezorpsiyonu' olarak adlandırılır.⁽¹⁵⁹⁾

Kök rezorpsiyonunun teşhisini kolaylaştırmak ve uygun tedavi yaklaşımlarını belirleyebilmek amacıyla, altta yatan tetikleyici faktörlere göre yapılan sınıflama şu şekildedir:

- Pulpal enfeksiyonlara bağlı gelişen kök rezorpsiyonu,
- Periodontal enfeksiyonlar sonucu oluşan kök rezorpsiyonu,
- Gömülü dişler veya tümörlerin uyguladığı basınca bağlı kök rezorpsiyonu,
- Ankiloz durumunda gözlenen kök rezorpsiyonu,
- Ortodontik kuvvetlerin etkisiyle ortaya çıkan kök rezorpsiyonu.⁽¹⁶⁰⁾

Ortodontik tedavi sırasında uygulanan sürekli kuvvetler, kökün apikal üçte birlik kısmında doku kaybına yol açarak kök rezorpsiyonuna neden olabilir. Bu tip rezorpsiyon genellikle herhangi bir klinik belirti göstermez ve apikal bölgedeki damar yapılarında ciddi bir bozulma olmadıkça dişin vitalitesini etkilemez.⁽¹⁶⁰⁾

Ortodontik tedavi sürecinde oluşan kalıcı kök rezorpsiyonları, hücresel aktivitelere bağlı olarak gelişmekte ve literatürde sıklıkla “Eksternal Apikal Kök Rezorpsiyonu (EARR)” olarak tanımlanmaktadır.⁽¹⁶¹⁻¹⁶³⁾

Bu süreç, Brezniak ve Wasserstein tarafından 2002 yılında “Ortodontik Olarak İndüklenmiş İltihabi Kök Rezorpsiyonu (OIIRR)” olarak adlandırılmıştır. Araştırmacılar, ortodontik kuvvetlerin inflamatuvar bir yanıt oluşturarak kızarıklık, ağrı, şişlik ve fonksiyon kaybı gibi tipik inflamasyon bulgularına neden olduğunu ve bu durumun kök rezorpsiyonunun temel mekanizmasını oluşturduğunu belirtmişlerdir.

OIIRR, şiddetine göre üç grupta sınıflandırılmıştır:

1. Yüzeysel (semental) rezorpsiyon: Sementin yüzey katmanlarında geçici doku kaybı görülür; kuvvet ortadan kalktığında tamamen iyileşebilir.
2. Dentin rezorpsiyonu: Sement ve dentin dokularında kısmi kayıp meydana gelir; yeni sement oluşumu ile kısmen ya da tamamen tamir edilebilir.
3. İleri düzey apikal rezorpsiyon: Kök ucunda belirgin kısılma ve kalıcı doku kaybı söz konusudur; bu durum geri dönüşsüzdür ve sadece yüzeylerde sınırlı düzleşme olabilir.⁽¹⁶⁴⁾

2.3.3. Kök Rezorpsiyonu Histolojisi ve Oluşum Mekanizması

Ortodontik tedavi sırasında meydana gelen kök rezorpsiyonları, dişin hareketini sağlayan biyolojik ve histolojik süreçlerle doğrudan ilişkilidir.⁽¹⁶⁵⁾ Diş hareketi, biyomekanik açıdan iki temel teori ile açıklanmaktadır. Bunlardan ilki olan Baskı-Gerilim Teorisi⁽¹⁶⁶⁾ uygulanan ortodontik kuvvetin etkisiyle periodontal dokularda oluşan basınç bölgelerinde rezorpsiyon, gerilme bölgelerinde ise yeni doku oluşumu (apozisyon) meydana geldiğini öne sürer. Diğer teori olan Kemik Eğilme Teorisine⁽¹⁶⁷⁾ göre ise ortodontik kuvvetler diş ve alveolar kemikte eğilmelere neden olur; bu eğilmeler sonucunda ortaya çıkan piezoelektrik sinyaller, inflamatuvar süreçleri başlatan biyolojik uyarılar olarak görev yapar. Piezoelektrik etki, kristal yapılarıdaki deformasyon sonucu elektronların yer değiştirmesiyle oluşan elektriksel akım olarak tanımlanır.^(168,169)

Diş hareketi, bu mekanik etkilerle başlatılan ve ardışık olarak ilerleyen biyolojik olaylarla gerçekleşir. Sürecin ilk aşamasında, kuvvet uygulamasıyla periodontal ligament bölgesinde kan akımı değişir ve piezoelektrik sinyaller açığa çıkar. Bunu takiben, ilgili bölgede kimyasal mediatörler salınır ve son olarak bu sinyallere yanıt olarak hücre aktivasyonu gerçekleşir. Ortaya çıkan bu hücresel yanıt hem dişin hareketini mümkün kılar hem de rezorptif süreçlerin temelini oluşturur.^(131,165)

Ortodontik tedavide uygulanan kuvvetler biyolojik sınırlar içinde kaldığında, yani kapiller kan basıncını (20–25 g/cm²) aşmadığında, basınç bölgelerinde doğrudan kemik rezorpsiyonu meydana gelir ve bu durum frontal rezorpsiyon olarak adlandırılır. Ancak uygulanan kuvvet biyolojik toleransı aştığında, basınç alanlarındaki kan akışı tamamen kesilir ve burada hyalinize dokular oluşur. Bu steril nekrotik bölgeler, çevre dokulardan göç eden osteoklastlar tarafından rezorbe edilir; bu sürece indirekt kemik rezorpsiyonu ya da undermining rezorpsiyon denir.⁽¹³¹⁾

Kuvvet uygulaması sonucunda kök yüzeyinin tamamında geçici rezorpsiyon odakları gözlemlenebilir, ancak kalıcı kök rezorpsiyonları genellikle hyalinize alanlara komşu bölgelerde oluşur.^(165,170)

Diş kökleri, yapısal özellikleri sayesinde kemik dokusuna kıyasla rezorpsiyona karşı daha dirençlidir.⁽¹⁵⁹⁾ Bu durum, ortodontik tedavilerin güvenli şekilde uygulanabilmesini sağlayan temel etkenlerden biridir. Sement dokusu mineral salınımına katılmaz, daha

stabil ve olgun bir yapıdır. Ayrıca kemik damarlı, sement ise damarsız bir dokudur; bu da kemiği fizyolojik değişimlere karşı daha duyarlı hâle getirir.⁽¹⁷⁰⁾ Sementin yüksek flor içeriği de bu direnci arttıran başka bir etkidir.⁽¹⁷¹⁾

Sement, hücreli ve hücreli olmak üzere iki tabakadan oluşur. Hücreli sement tabakası, PDL ile komşu olan ve mineralize olmayan kısmıdır. Bu yapı, alttaki mineralize hücreli sement ile odontoklastlar arasında koruyucu bir bariyer görevi görür. Buna karşılık osteoklastlar doğrudan kemik dokuya etki eder, bu nedenle kemik daha fazla rezorpsiyona maruz kalır.⁽¹⁷⁰⁾

Ortodontik tedavi sırasında meydana gelen kök rezorpsiyonları, genellikle gerilme bölgelerinde nadir, sıkışma bölgelerinde ve özellikle hyalinize dokulara komşu kök yüzeylerinde görülmektedir. Sıçanlar üzerinde yapılan deneysel çalışmalarda, araştırmacılar kök rezorpsiyonunun, diş hareketi sırasında ortaya çıkan hyalinizasyon dokusunun ortadan kaldırılması sürecinde meydana geldiğini rapor etmişlerdir.^(154,172) Hyalinize dokunun ortadan kaldırılması genellikle 20–25 gün içinde gerçekleşir ve bu süreci takiben rezorpsiyon artışı gözlenir.⁽¹⁶⁵⁾ Bu sırada, sementoblastlardan zengin hücreli sement tabakası zarar görerek, alttaki yüksek mineral içeriğe sahip hücreli sement açığa çıkar ve kök yüzeyi rezorpsiyona açık hale gelir.⁽¹⁵⁴⁾

Nekrotik dokular tarafından salınan sinyaller, çevredeki sağlıklı dokudan, rezorpsiyonda görevli hücreleri bu bölgeye çeker. Öncelikle, makrofaj benzeri tartrat asit fosfotaz negatif (TRAP-), tek çekirdekli, düz kenarlı hücreler gelir ve hyalinize dokunun temizlenmesini sağlar. Ardından tartrat asit fosfotaz + (TRAP+), çok çekirdekli makrofaj benzeri hücreler rezorptif aktiviteyi başlatır. Bu hücreler, osteoklast veya odontoklastlara dönüşerek kök yüzeyinde doku kaybına neden olur.⁽¹⁵⁴⁾

RANK/RANKL/OPG sistemi (reseptör aktivator nükleer kappaB/reseptör aktivator nükleer kappaB ligand /osteoprotegerin), bu rezorptif sürecin düzenlenmesinde önemli rol oynar. Tyrovola ve ark.⁽¹⁷³⁾, bu mekanizmanın osteoklast ve odontoklast oluşumunu kontrol ettiğini ve kök rezorpsiyonunda belirleyici olduğunu bildirmiştir. OPG, 1997 yılında tanımlanan ve osteoklast aktivitesini baskılayan bir proteindir; RANKL'a bağlanarak, RANK ile etkileşimini engeller ve bu yolla kemik yıkımını azaltır, kemik yapımını teşvik eder.^(174–176)

RANKL, uyarılmış T hücreleri, dentritik hücreler ve osteoklastların yüzeyindeki RANK reseptörlerine bağlanarak, öncül hücrelerin olgun osteoklastlara dönüşümünü, canlılığını ve aktivasyonunu destekler.⁽¹⁷⁶⁾ Bu mekanizma, kemik yıkımını artırırken kemik yapımını baskılar.⁽¹⁷⁷⁾ Kemik kütlelerinin dengesi, OPG/RANKL oranıyla belirlenir ve serum RANKL düzeyleri ile kök rezorpsiyonu arasında pozitif korelasyon olduğu gösterilmiştir.⁽¹⁵⁴⁾

Owman-Moll ve Kurol tarafından yürütülen çalışmada, premolar çekimi planlanan 16 bireyde, çekilecek dişlere 6 hafta süreyle 50 gram sabit ortodontik kuvvet uygulanmış, ardından belirli zaman aralıklarında kuvvet kesilerek dişler çekilmiş ve kök yüzeylerindeki tamir süreçleri histolojik olarak incelenmiştir. Bulgulara göre, uygulanan kuvvetin kesilmesinden sonra 1. haftada %28, 2. haftada %35, 3. haftada %44 ve 6-7. haftada %82 oranında rezorpsiyon kraterlerinde tamir gözlenmiştir. Ayrıca, çalışmada kök yüzeyindeki iyileşmeler üç farklı modelle sınıflandırılmıştır: yalnızca krater duvarlarında yeni sement oluşumu görülen kısmi tamir modeli, kraterlerin sementle kaplandığı ancak orijinal kök konturunun geri kazanılmadığı fonksiyonel tamir modeli ve kraterin tamamen kapanarak kökün orijinal formuna ulaştığı anatomik tamir modeli. Bu bulgular, bireysel biyolojik yanıtların iyileşme potansiyeli üzerinde belirgin bir etkiye sahip olabileceğini göstermektedir.⁽⁴⁵⁾

2.3.4. Kök Rezorpsiyonunu Etkileyen Faktörler

Genetik Faktörler

Genetik faktörlerin kök rezorpsiyonu üzerindeki olası etkileri ilk kez 1975 yılında yapılan çalışmalarla gündeme gelmiştir. Her ne kadar bireyler arasındaki etiyolojik ve genetik farklılıklar nedeniyle genetik yatkınlığın etkisi net bir şekilde ortaya konulamamış ve kalıtsal geçiş modeli tam olarak tanımlanamamış olsa da genetik aktarımın mümkün olabileceği ifade edilmiştir.⁽¹⁷⁸⁾

Harris ve ark.⁽¹⁷⁹⁾, kardeşler üzerinde yaptıkları değerlendirmelerde yaklaşık %70 oranında yüksek bir kalıtsal geçiş oranı saptamış; ancak bu genetik etkinin kaynağı olan spesifik genler hakkında net bir tanımlama yapamamışlardır.

Al Qawasmi ve ark.⁽¹⁸⁰⁾ tarafından yapılan çalışmada, Interlökin-1 β (IL-1B) ve TNFRSF11A (tumor necrosis factor receptor superfamily member 11A)

genlerinin, kök rezorpsiyonu gelişiminde etkili genetik faktörler arasında yer aldığı ortaya konulmuştur.

IL-1B geni, proinflamatuvar bir sitokin olan interlökin-1 β (IL-1 β)'nin sentezinden sorumludur. IL-1 β , ortodontik tedavi sırasında dişeti oluğu sıvısında düzeyi artan ve rezorptif, katabolik süreçlerde aktif rol oynayan bir mediatördür. IL-1B geninde görülen allel-1 polimorfizmi, IL-1 β üretimini azaltmakta ve bu azalma, kök rezorpsiyonu riskini artırmaktadır. TNFRSF11A ise kök rezorpsiyonunda etkili bir diğer genidir ve RANK (receptor activator of nuclear factor-kappa B) proteininin kodlanmasından sorumludur. RANK, osteoklastlardaki RANKL reseptörüne bağlanarak bu hücrelerin aktivasyonu, farklılaşması ve füzyonunu düzenler. Bu etkileşim, kemik yıkımıyla ilişkili biyolojik süreçlerin başlatılmasında kilit rol oynar.⁽¹⁸⁰⁻¹⁸²⁾

Sistemik faktörler

Metabolik aktiviteyi sistemik olarak azaltan bazı hormonal hastalıkların (örneğin hipotiroidizm, hipopituitarizm, hiperpituitarizm) eksternal kök rezorpsiyonuna neden olabileceği, önceki çalışmalarda öne sürülmüş olsa da bu görüş güncel literatür tarafından desteklenmemiş ve hipotez düzeyinde kalmıştır.^(183,184)

Hipokalsemi ile ortodontik kök rezorpsiyonu arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar çelişkili sonuçlar ortaya koymuştur. Goldie ve King⁽¹⁸⁵⁾, hipokalseminin kemik yoğunluğunu azaltarak diş hareketini kolaylaştırabileceğini ve bu nedenle kök rezorpsiyonu insidansının azalabileceğini belirtmiştir. Buna karşılık, Engström ve ark.⁽¹⁸⁶⁾ yaptıkları çalışmada hipokalseminin kök rezorpsiyonunu artırdığını bildirmiştir. Lippincott⁽¹⁸⁷⁾ ise bu bulguyu desteklemiş ve hipokalsemi durumunda kalsiyum dengesini korumaya yönelik olarak parathormon ve aktif D vitamini metabolitlerinin artış gösterdiğini; bunun da mineralize dokularda osteoklastik aktiviteyi artırarak hem kemik yıkımını hem de kök rezorpsiyonunu şiddetlendirebileceğini ifade etmiştir.

Tiroid hormonlarının kök rezorpsiyonu üzerindeki etkilerini araştıran çalışmalarda çelişkili bulgular elde edilmiştir. Pouproux ve ark.⁽¹⁸⁸⁾, ratlarda uygulanan tiroksin hormonunun, diş hareketi sırasında kök rezorpsiyonunu azalttığını bildirmiştir. Buna karşın, Verna ve ark.⁽¹⁸⁸⁾ hipertiroidi ve hipotiroidi oluşturdukları rat modelinde, kemik

remodelasyon hızındaki değişimlerin kök rezorpsiyonu üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığını saptamıştır.

Bununla birlikte, sistemik immün yanıtların da kök rezorpsiyonuna etkisi olabileceği gösterilmiştir. McNab ve ark.⁽¹⁸⁹⁾, alerjik reaksiyona sahip bireylerde kök rezorpsiyonu insidansının arttığını rapor etmişlerdir. Bu durum, alerjik yanıt sırasında dolaşıma katılan immün mediatörlerin, periodontal ligament bölgesindeki inflamasyonu şiddetlendirerek rezorpsiyon sürecini tetiklemesiyle açıklanmıştır.

Prostaglandinler ve kalsiyumun kök rezorpsiyonu üzerindeki etkileri çeşitli hayvan çalışmalarıyla araştırılmıştır. Seifi ve ark.⁽¹⁹⁰⁾, ratlara kalsiyum ve prostaglandin E2 (PGE2) enjekte ettikleri çalışmada, kök rezorpsiyonunun azaldığını bildirmiş; ancak bu etkinin doza bağlı olabileceğini ve doz-süre ilişkisini ortaya koyacak daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde, Sekhavat ve ark.⁽¹⁹¹⁾, PGE1 enjeksiyonunun kök rezorpsiyonu üzerinde anlamlı bir etki oluşturmadığını, ancak diş hareketi hızında artış sağladığını göstermiştir.

Prostaglandin sentezini inhibe eden ilaçların etkisini değerlendiren çalışmalarda da dikkat çekici sonuçlar elde edilmiştir. Kameyama ve ark.⁽¹⁹²⁾, aspirinin odontoklast sayısını azaltarak kök rezorpsiyonu insidansını düşürdüğünü bildirmiştir. Ancak Villa ve ark. ^[193], aynı ilacın kemik rezorpsiyonunu da baskılayarak diş hareketi hızını azalttığını rapor etmiştir.

Son 20 yılda yapılan çalışmalar, ortodontik tedavi sırasında gözlenen kök rezorpsiyonu ile cinsiyet arasındaki ilişki konusunda çelişkili sonuçlar ortaya koymuştur. Bazı araştırmalar cinsiyetin etkisiz olduğunu belirtirken⁽¹⁹⁴⁻¹⁹⁸⁾, bazıları kök rezorpsiyonunun kızlarda^(199,200) veya erkeklerde^(178,201,202) daha sık görüldüğünü bildirmiştir.

Yaşla birlikte meydana gelen periodontal değişimlerin kök rezorpsiyonunu artırabileceği öne sürülmüştür.^(165,203) Bu artışın, azalan hücre sayısı, odontoblast kaybı, artan kemik yoğunluğu ve yavaşlayan kemik remodellingine bağlı olabileceği düşünülmektedir. Ancak bazı araştırmacılar yaşın yalnızca diş hareketini yavaşlattığını veya kök rezorpsiyonu üzerinde belirgin bir etkisi olmadığını belirtmiştir.^(195,196)

Lokal Faktörler

Maloklüzyon tipi, tedavi sürecinde diş hareketinin miktarını etkileyebilir ve buna bağlı olarak kök rezorpsiyonu riskinin artabileceği öne sürülmektedir.⁽²⁰⁴⁻²⁰⁶⁾ Ayrıca, diş çekimi gerektiren ortodontik vakalarda kök rezorpsiyonu insidansının daha yüksek olduğu bildirilmiştir.⁽²⁰⁷⁾

Ortodontik tedavi sırasında kök rezorpsiyon riskini artıran bir diğer lokal faktör, dişlerde mevcut olan kök morfolojisi anomalileridir. İnce, apikalde daralan, dilasere ya da pipet şeklindeki köklere sahip dişlerde, özellikle keser bölgede, rezorpsiyona yatkınlık artmaktadır.^(197,208)

Travma öyküsü bulunan dişlerin, ortodontik tedavi sırasında kök rezorpsiyonu açısından daha yüksek risk taşıdığı bildirilmiştir.^(178,197) Linge ve Linge⁽²⁰³⁾ , kesici dişlerde yaptıkları incelemede, travmaya maruz kalan dişlerde apikal kök kaybının belirgin şekilde daha fazla olduğunu ortaya koymuştur.

Ayrıca, ortodontik tedavi öncesinde mevcut olan kök rezorpsiyonu öyküsü, bireyin beslenme durumu, diş çevresindeki anatomik yapıların özellikleri ve tırnak yeme, dil itimi gibi parafonksiyonel alışkanlıklar da tedavi sırasında kök rezorpsiyonu gelişimini etkileyebilecek önemli faktörler arasında yer almaktadır.⁽¹⁶²⁾

Mekanik Faktörler

Ortodontik tedavi süresinin uzaması, kök rezorpsiyonu insidansını artıran önemli bir faktör olarak bildirilmektedir.^(209,210) Kök rezorpsiyonu üzerine etkisi merak edilen kuvvet tipiyle ilgili çalışmalarda, aralıksız uygulanan kuvvetlerin diş hareketini hızlandığı ancak rezorpsiyon riskini artırdığı, aralıklı kuvvetlerin ise sement dokusunun onarımına imkân tanıdığı belirtilmiştir.^(208,211-213)

Kök rezorpsiyonunu etkileyen bir diğer önemli faktör, dişlere uygulanan kuvvetin büyüklüğüdür; fazla kuvvet, hyalinizasyon dokusunun yoğunluğunu artırarak rezorpsiyonu teşvik edebilir.⁽¹⁷²⁾

Linge ve Linge⁽²⁰³⁾, ortodontik tedavide sabit apareylerin kök rezorpsiyonuna daha fazla neden olduğunu, ancak hareketli apareylerle uygulanan kuvvetin artması durumunda da rezorpsiyon riskinin yükseldiğini bildirmişlerdir.

2.3.5. Hızlı Üst Çene Genişletmesinde Kök Rezorpsiyonu

Barber ve Sims⁽⁸⁾, yüksek düzeyde ortodontik kuvvet uygulanan hastaların dişlerini aktif tedavi sonrasında ve farklı sabit retansiyon dönemlerinde çekerek taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelemiştir. Elde ettikleri bulgulara göre, pekiştirme sürecinde hücreli sement üretimiyle tamir mekanizması işlerken, kök rezorpsiyonu da aktif olarak devam etmektedir. Aynı hastaların kontrol grubunda yer alan dişlerde rezorpsiyon izlenmemesi, dikkat çeken bir diğer bulgu olmuştur. Langford⁽¹⁰⁾, tamir sürecinin sabit retansiyonun üçüncü ayından itibaren başladığını ve yaklaşık bir yıl boyunca devam ettiğini bildirmiştir. Zimring ve Isaacson⁽⁷⁵⁾ ise, retansiyon apareylerinin bir süre daha kuvvet uygulamaya devam ettiğini ortaya koyarak bu süreci desteklemiştir.

Odenrick ve ark.⁽⁹⁾, Haas ve Hyrax apareylerinin kök rezorpsiyonu üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmada, doku desteği bulunmayan Hyrax apareyinin kullanıldığı vakalarda daha geniş rezorpsiyon kraterlerinin oluştuğunu bildirmişlerdir. Aktif tedavi ve retansiyon dönemlerinin ardından çekilen premolar dişlerde yapılan değerlendirmede, pekiştirme süresi uzadıkça tamir sürecinin ilerlediği ve rezorpsiyon lakünalarının boyutlarının küçüldüğü gözlemlenmiştir.

Erverdi ve ark.⁽²¹⁴⁾, HÜÇG tedavisi sonrası diş çekimi planlanan hastaları iki gruba ayırarak, bir grubu Haas apareyi ile diğer grubu ise cast cap-splint apareyi ile tedavi etmiş ve elde edilen dişleri histolojik olarak incelemiştir. Çalışma sonucunda, kullanılan aparey türüne bağlı olarak kök rezorpsiyonu miktarında anlamlı bir fark gözlenmediği bildirilmiştir.

2.3.6. Bilgisayarlı ve Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi

Bilgisayarlı tomografi (BT), ilk olarak 1960 yılında Godfrey N. Hounsfield tarafından geliştirilmiş ve X ışını kullanarak vücudun kesitsel görüntülerini elde etmek amacıyla kullanılmıştır. Üç boyutlu görüntüleme distorsiyon oluşturmaması, yöntemin kısa sürede yaygınlaşmasını sağlamıştır. Ancak günümüzde teknolojik gelişmelere rağmen, bu yöntemin bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Bu dezavantajlar arasında yüksek radyasyon dozu, yüksek maliyet, düşük çözünürlük, dental morfolojinin değerlendirilmesinde yetersizlik ve metal artefaktların görüntü kalitesini olumsuz etkilemesi yer almaktadır.⁽²¹⁵⁾

Konvansiyonel tomografi, HÜÇĞ tedavisinin etkilerini değerlendirmek amacıyla ilk kez 1982 yılında Timms ve arkadaşları tarafından kullanılmıştır.⁽⁵⁾

Son yıllarda ise konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT), üç boyutlu görüntüleme amacıyla yaygın olarak tercih edilmeye başlanmıştır. Bu teknikte, hasta başının etrafında dönen bir X ışını kaynağı ile karşısında bulunan alan dedektörü senkronize şekilde hareket eder ve sistem 360 derece dönerek kesitsel görüntüler elde eder. Elde edilen bu görüntüler bilgisayar tarafından özel algoritmalarla işlenerek ilgili bölgenin üç boyutlu hacimsel yapısı oluşturulur.⁽²¹⁶⁻²¹⁸⁾

Alqerban ve ark.⁽²¹⁹⁾, KIBT ile konvansiyonel radyografileri karşılaştırdıkları çalışmalarında, gömülü kanin dişlerinin komşuluğundaki dişlerde kök rezorpsiyonunu değerlendirmiş ve KIBT'nin bu tür lezyonların tespitinde daha yüksek hassasiyet sağladığını göstermişlerdir.

Baysal ve ark.⁽²²⁰⁾ ise, diş destekli HÜÇĞ tedavisi uygulanan hastalarda KIBT kullanarak yaptıkları değerlendirmede, bu yöntemin dişlerin gerçek boyutlarını büyütme olmadan, minimal radyasyon dozu ile yüksek çözünürlükte ve üç boyutlu olarak hızlı biçimde incelemeye olanak tanıdığını belirtmişlerdir.

2.4. Piezosizyon Tekniği

Ortodonti hastaları tarafından en sık dile getirilen şikayetlerden biri, tedavi süresinin uzun olmasıdır. Bu bağlamda, tedavi süresini kısaltmaya yönelik çeşitli tekniklerin araştırıldığı çok sayıda çalışma bulunmaktadır.⁽²²¹⁻²²⁴⁾ Bazı cerrahi teknikler alveolar kemikte kontrollü travma oluşturarak fizyolojik yanıtı değiştirmekte; bu da kemik metabolizmasında geçici ve bölgesel bir artışa, dolayısıyla kemik yoğunluğunda azalmaya neden olmaktadır.^(225,226) Ortaya çıkan bu biyolojik süreç, “bölgesel hızlandırıcı fenomen” (regional acceleratory phenomenon – RAP) olarak adlandırılmakta ve ortodontik diş hareketinin (ODH) hızlanmasıyla ilişkilendirilmektedir.⁽²²⁴⁾

Herald Frost, 1983 yılında cerrahi travmanın kemik dokuda bölgesel bir yeniden yapılanma sürecini başlattığını gözlemlemiş ve bu süreci “Bölgesel Hızlandırıcı Fenomen (RAP)” olarak tanımlamıştır.^(225,226) RAP, zararlı uyarılara karşı dokuların verdiği lokal yanıttır ve doku yenilenmesini bölgesel olarak hızlandırır.⁽²²⁷⁾ İnsan kemiğinde genellikle

4 ay süren bu süreç, kemik iyileşmesini normalden 10–50 kat daha hızlı hâle getirebilir.⁽²²⁸⁾

Yaffe ve ark., mukoperiosteal flep kaldırılması sonrasında oluşan RAP’i değerlendirmiş ve bu yanıtın cerrahiden birkaç gün sonra başladığını, 1–2 ay arasında en yüksek düzeye ulaştığını, tamamen çözülmesinin ise 6 ila 24 ay sürebileceğini bildirmiştir. RAP, sağlıklı dokularda kemik yoğunluğunun azalmasına (osteopeni) yol açarken, kemik matriks hacmi sabit kalır.⁽²²⁵⁾ Tek başına ortodontik kuvvet uygulanması bile hafif RAP aktivitesini başlatmak için yeterlidir; ancak bu kuvvet, seçici dekortikasyon ile birleştirildiğinde RAP maksimum düzeye ulaşır.^(224,228) Dibart ve ark.⁽²²⁹⁾, cerrahiyle indüklenen yüksek doku döngüsünün yalnızca cerrahi alana sınırlı olduğunu ve yaklaşık iki ay süreyle etkili olduğunu rapor etmiştir.

RAP’in kemik iyileşmesindeki iki temel özelliği, bölgesel kemik yoğunluğunda azalma ve hızlandırılmış kemik döngüsüdür; bu iki özellik ortodontik diş hareketini kolaylaştırıcı etkiler olarak değerlendirilir.^(224,230) Goldie ve King⁽¹⁸⁵⁾, laktasyon dönemindeki ratlarda kalsiyum alımını azaltarak osteoporotik bir durum oluşturmuş ve bunun sonucunda ortodontik diş hareketinin arttığını göstermiştir. Ayrıca, bu durumla birlikte kök rezorpsiyonunda azalma da gözlenmiştir.

“Piezo” kelimesi Yunanca kökenlidir ve “sıkıştırmak” veya “basınç uygulamak” anlamına gelir. Piezoelektrik etki ise ilk kez 1880 yılında Jean ve Marie Curie tarafından keşfedilmiştir. Piezoelektrisite, belirli kristal yapılara mekanik basınç uygulandığında, bu malzemelerin elektrik alanı veya elektrik potansiyelini değiştirme yeteneğini ifade eder.⁽²³¹⁾

2009 yılında Dibart ve ark.⁽²³²⁾, kortikosizyon yönteminin periodontal genişleme sağlayacak kemik greftlemesine olanak tanımadığı düşüncesiyle, ağızın tüm bölgelerinde uygulanabilen ve “piezosizyon” olarak adlandırılan yeni bir teknik geliştirmiştir. Bu yöntemde, bölgesel hızlandırıcı fenomeni (RAP) başlatmak amacıyla bukkal bölgedeki dişetinde piezoelektrik bıçak kullanımına izin veren mikro insizyonlar yapılmaktadır. Piezosizyon, minimal invaziv bir yaklaşım olarak tanımlanmasının yanı sıra, selektif tünelleme yöntemiyle sert ve yumuşak doku greftlemelerine olanak tanır; böylece diş eti çekilmeleri ve kemik kayıplarının önlenmesinde ek bir avantaj sağlar.⁽²²⁹⁾

Piezosizyon tekniğinin aşamaları şu şekilde tanımlanmıştır:

- Lokal anestezi altında, dişler arasında interdental papillanın hemen altında, piezocerrahi bıçağının geçebileceği en küçük boyutta mikroinsizyonlar yapılır.
- Mukoperiosteal flep kaldırılmadan, alveolar kemikte yaklaşık 3 mm derinliğinde kesilerle dekortikasyon işlemi gerçekleştirilir. Bu aşamada, gerekirse tünelleme tekniği ile kemik grefti uygulanabilir.
- Greft uygulanan alanlardaki mikroinsizyonlar, rezorbe olabilen sütür materyali veya siyanoakrilat bazlı doku yapıştırıcısı ile kapatılır. Greft uygulanmayan bölgelerde ise tünel tekniği kullanılmadığından, sütür atılmasına gerek duyulmaz.^(229,232)

Keser ve Dibart⁽²³³⁾, diş hareketini hızlandıran bu yöntemin yenilikçi ve minimal invaziv bir teknik olduğunu vurgulamış; tam kalınlıkta mukoperiosteal flebin kaldırıldığı geleneksel cerrahi yöntemlere kıyasla daha kısa sürede uygulanabildiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, piezocerrahi bıçağın kullanımıyla hasta konforunun olumsuz etkilenmediğini ve dişlerde ısıya bağlı komplikasyonların oluşmadığını da olumlu özellikler arasında ifade etmişlerdir.

Piezocerrahi cihazı, yumuşak dokuya zarar vermeden sert dokularda güvenli kesim yapılmasına olanak tanır. Piezoelektrik bıçağın hareketiyle birlikte irrigasyon solüsyonunun kesim bölgesine püskürtülmesi sonucu oluşan kavitasyon etkisi, cerrahi alanın daha net görülmesini sağlar. Yapılan çalışmalarda, bu yöntemin kemikte nekroza neden olmadığı ve hücre hasarı oluşturmadığı bildirilmiştir.⁽²³¹⁾

Piezosizyon uygulamasının amaçları şunlardır:

- Ortodontik diş hareketini hızlandırmak (genelleştirilmiş, lokalize veya ardışık şekilde),
- Ortodontik tedavi sürecinde greft uygulamalarına olanak sağlamak,
- Tedavi planlamasında ankraj gereksinimlerini göz önünde bulundurarak diferansiyel ankraj oluşturmak,
- Greftleme ile birlikte labiomental fold bölgesini desteklemek,
- Kortikal kemik kalınlığı yetersiz olan bireylerde dehissens ve fenestrasyon riskini azaltmak için kemik kalınlığını artırmak,

- Alveolar kemiğin güçlendirilmesiyle ortodontik stabiliteyi artırmak.⁽²³³⁾



3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Bireylerin Seçimi ve Grupların Oluşturulması

"Hızlı üst çene genişletmesi sırasında oluşan kök rezorpsiyonunun iyileşmesine piezosizyon uygulaması etkisinin karşılaştırmalı değerlendirilmesi" başlıklı çalışmamızda, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'na başvuran, maksiller transversal yetersizlik nedeniyle çift taraflı çapraz kapanışa sahip toplam 20 hasta (11 kız ,9 erkek, ortalama yaş: 12,9) çalışmaya dahil edilmiştir (Tablo 3.1). Çalışma grubu, daha önce geleneksel hızlı üst çene genişletme apareyi ile tedavi görmüş, 2. molarları oklüzyona gelmemiş ve apareye dahil edilmemiş, aktif çevirme periyodu sonunda tek taraflı piezosizyon uygulaması yapılmış ve başlangıç ile 3 aylık pekiştirme periyodu sonunda KIBT kayıtları bulunan hastalardan oluşturulmuştur. Bu çalışmada uygulanacak işlemler, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Girişimsel Olmayan Klinik ve Gözlemsel Araştırmalar Etik Kurulu'nun 18.09.2024 tarih ve 2024/1-4 sayılı kararı ile onaylanmış olup, hastaların kayıtları ve bilgileri bu etik kurul kararı doğrultusunda toplanmış ve değerlendirilmiştir.

- Birinci premolarlar arasında 8-10 mm genişleme sağlanmış olması,
- Hastanın 11-15 yaş aralığında olması,
- Tek taraflı piezosizyon uygulaması yapılmış olması,
- Premolar kök uçlarının kapanmış olması,
- Hızlı üst çene genişletme öncesinde ortodontik tedavi görmemiş olması,
- Ölçüm için yeterli kalitede üç boyutlu görüntülerin mevcut olması,
- Aparey kullanımında herhangi bir sorun yaşanmamış olması,
- Bilateral maksiller transversal yetersizlik,
- Destek alınan dişlerde apikal lezyon, kist veya kemik defektinin bulunmaması,
- Kalıcı dişlenme dönemine geçişin tamamlanmış olması,
- HÜÇG tedavisi öncesi ikinci molar dişlerin oklüzyona gelmemiş olması,

şartlarını sağlayan hastalar çalışmaya dahil edilmiştir.

Tablo 3. 1. Hastaların yaş ve cinsiyetlerine göre dağılımı

Özellikler	n	Yaş Ort. \pm SS (yıl)	Minimum - Maksimum
Erkek	9	13.20 \pm 1.50	11.50 – 14.90
Kadın	11	12.65 \pm 1.40	11.00 – 15.00
Toplam	20	12.96 \pm 1.45	11.00 – 15.00

3.2. Yöntem

3.2.1. Hızlı Üst Çene Genişletme Apareyinin Tasarımı ve Simantasyonu

Kliniğimizde HÜÇG apareyi olarak rutin şekilde kullanılan bonded akrilik cap splint apareyi (Şekil 3.1) ile tedavi edilen hastalar, retrospektif olarak klinik arşivimizden seçilmiştir. Apareyin hazırlanma sürecinde genel olarak, öncelikle hastalardan ölçüler alınır ve bu ölçüler kullanılarak alçı modeller elde edilir. Elde edilen modeller üzerinde, üst çene genişletme vidası (Dentaurum, Ispringen, Germany) palatal yüzeye yaklaşık 1-2 mm uzaklıkta ve midpalatal süturaya paralel olacak şekilde konumlandırılır.



Şekil 3. 1. Akrilik Cap Splint apareyi

Akrilik kısım, üst çenenin premolar ve molar dişlerini tamamen kaplayacak şekilde tasarlanmış olup, dişlerin bukkal yüzeylerinin gingival üçlüsüne kadar uzanır. Ayrıca, dişlerin palatinal yüzeylerini de tamamen örterek palatinal bölgede süreklilik sağlar. Bu akrilik taban, dişlerin oklüzal seviyelerinden 2-3 mm daha yüksek olacak şekilde

tasarlanır. Apareyin laboratuvar aşaması tamamlandıktan sonra, hasta ağzında uygunluğu kontrol edilmektedir. Bu aşamada, herhangi bir oklüzal temas tespit edilirse, optimal tedavi etkinliğini sağlamak amacıyla gerekli düzeltmeler yapılmaktadır. Apareyin ağız içine sabitlenmesi için cam iyonomer esaslı yapıştırıcı siman (Meron Glass Ionomer Luting Cement) kullanılır (Şekil 3.2).



Şekil 3. 2. Cam iyonomer esaslı yapıştırıcı siman

3.2.2. Vida Çevirme Protokolü

Çalışmaya dahil edilen hastalarımızda, kliniğimizde rutin olarak uygulandığı şekilde apareyin simantasyonundan önce, hasta yakınına genişletme vidasının doğru şekilde nasıl çevrileceği öğretilir ve vida aktivasyonu hasta yakını tarafından gerçekleştirilir. Simantasyon işleminden 24 saat sonra yapıştırıcı materyalin tam polimerizasyonu tamamlanacağından, ilk aktivasyon bu süre sonunda başlatılır.

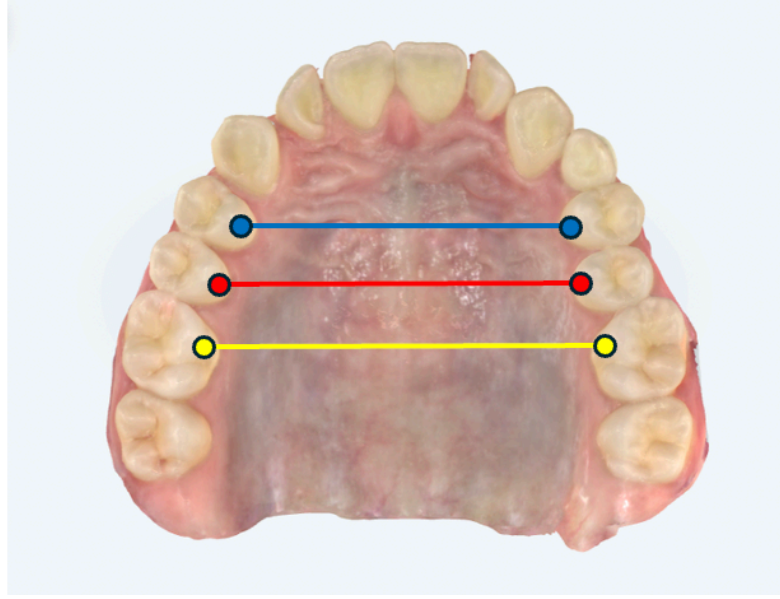
İlk 7-10 gün boyunca, genişletme vidası günde iki çeyrek tur (bir çeyrek tur = 0,25 mm) olacak şekilde aktive edilir. İlk haftanın sonunda yapılan kontrol seansında, hastadan alınan oklüzal radyografi ile midpalatal süturdaki açılma miktarı değerlendirilir. Bu

kontrolden sonra, tedavi protokolü günde bir çeyrek tur aktivasyon ve düzenli haftalık kontroller şeklinde devam ettirilir.

Yeterli maksiller genişleme sağlandıktan (ortalama 8-10 mm) ve overcorrection tamamlandıktan sonra (üst molar dişlerin palatinal tüberküllerinin alt molar dişlerin bukkal tüberkülleri ile temas ettiği pozisyon), vida aktivasyonu sonlandırılır. Hastalarda meydana gelen genişleme, genişletme sonrası alınan modeller üzerinde ölçülerek kaydedilmiştir (Şekil 3.3). Retansiyon periyodunda, relapsı önlemek amacıyla genişletme vidası ligatür teli ile sabitlenmiş ve 3 aylık sabit retansiyon uygulanmıştır. Retansiyon süresince, apareyin stabilitesinin korunması ve ağız hijyeninin devamlılığını sağlamak amacıyla hastalar ayda bir kontrol seansına çağırılmıştır.

Üç aylık retansiyon periyodunun tamamlanmasının ardından apareyin debondingi gerçekleştirilmiştir. Apareyin, dişler üzerine siman ile yapıştırılan bölümü, bant sökücü alet kullanılarak dikkatlice çıkarılmıştır. Ardından, diş yüzeylerinde kalan siman artıkları, düşük devirde çalışan tungsten karbid frez yardımıyla temizlenmiş ve dişlerin yüzeyleri yeniden pürüzsüz hale getirilmiştir.

Genişletme öncesi (T0) ve 3 aylık retansiyon sonrası (T1) zaman noktalarında alınan üst çene modelleri üzerinde, 1. ve 2. premolar dişlerin palatinal tüberkül tepeleri arasındaki mesafe ile birinci molarların meziopalatinal tüberkül tepeleri arasındaki mesafe milimetre (mm) cinsinden ölçülmüştür.



Şekil 3. 3. Genişletme miktarlarının ölçümü ve referans noktaları

Mavi; birinci premolarların palatinal tüberkül tepeleri arası mesafe. Kırmızı; ikinci premolarların palatinal tüberkül tepeleri arası mesafe. Sarı; birinci molarların meziopalatinal tüberkül tepeleri arası mesafe.

3.2.3. Piezosizyon Prosedürü



Şekil 3. 4. EMS Piezon Master Surgery cihazı

Kliniğimizde rutin olarak aktif ekspansiyon aşaması sonunda genişletmenin durdurulmasına karar verildiği seans uygulanan piezosizyon işlemi, 15 numaralı bistüri kullanılarak piezoelektrik bıçağının girişine uygun uzunlukta küçük dikey insizyonlar yapılır. Daha sonra, serum fizyolojik ile sürekli soğutma sağlanarak, kortikal

kemikte yaklaşık 3 mm derinliğinde kesiler oluşturulur. Bu aşamada, basınç uygulanmadan, düzenli ve kontrollü hareketlerle kortikal kemik dokusuna giriş yapılır. Piezosizyon işlemleri, Piezon Master Surgery™ (EMS, Nyon, İsviçre) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.4). Bu prosedürde, kortikal kemikte etkin kesim sağlamak amacıyla SL1 numaralı testere uç (Şekil 3.5) tercih edilmiştir. Bu uç, kesilerin derinliğini hassas bir şekilde ayarlamaya olanak tanıyan rehber çizgilere sahip olup, işlemin güvenli ve kontrollü bir şekilde yapılmasını sağlamıştır.



Şekil 3. 5. SL1 numaralı piezoelektrik bıçağı

İnsizyonların ardından, cerrahi alanın kapatılması için dikiş uygulanmamıştır. Hastalar, işlem sonrası enfeksiyon riskini azaltmak amacıyla klorheksidin içeren gargara kullanmaları (günde iki kez, bir hafta süreyle) ve insizyon bölgelerinin fırçalanmaması konusunda bilgilendirilmiştir. Ayrıca, acılı ve baharatlı yiyeceklerden kaçınmaları gerektiği belirtilmiştir.

Kliniğimizde deneyimli tek bir operatör tarafından, standart protokole uygun olarak 10 hasta için sağ bölgeye, 10 hasta için sol bölgeye piezosizyon protokolü uygulanmıştır ve taraflar arasında homojen dağılım gözlemlenmiştir.

3.2.4. Verilerin Toplanması

Hastaların verileri, aktif ekspansiyon aşaması sonrası tek taraflı piezosizyon uygulaması yapılmış tedavi öncesi ve üç aylık pekiştirme periyodu sonrasında alınan iki ayrı KIBT kaydına dayanmaktadır. İlk KIBT görüntüleri, herhangi bir ortodontik işlem uygulanmadan önce, tedavi başlangıcında alınmıştır. İkinci KIBT görüntüleri ise 3 aylık

pekiştirme periyodunun sonunda kaydedilmiştir. KIBT verileri, aynı merkezde KaVo OP™ 3D DVT cihazı (KaVo Dental GmbH, Biberach/Riss, Almanya) kullanılarak alınmıştır (Şekil 3.6). Cihazın çalışma parametreleri 90 kV voltaj, 9.23 mA akım, 8.14 saniyelik tarama süresi ve 8 × 15 cm görüş alanı olarak ayarlanmıştır. Elde edilen DICOM verileri daha sonra Mimics Innovation Suite 10.01 yazılımına aktarılmıştır. Bu yazılım, dokuların yoğunluk değerlerine (Hounsfield birimleri - HU) göre manuel olarak segmente edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu veriler kullanılarak analiz için belirlenen dişlerin segmentasyonu ve hacimsel ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

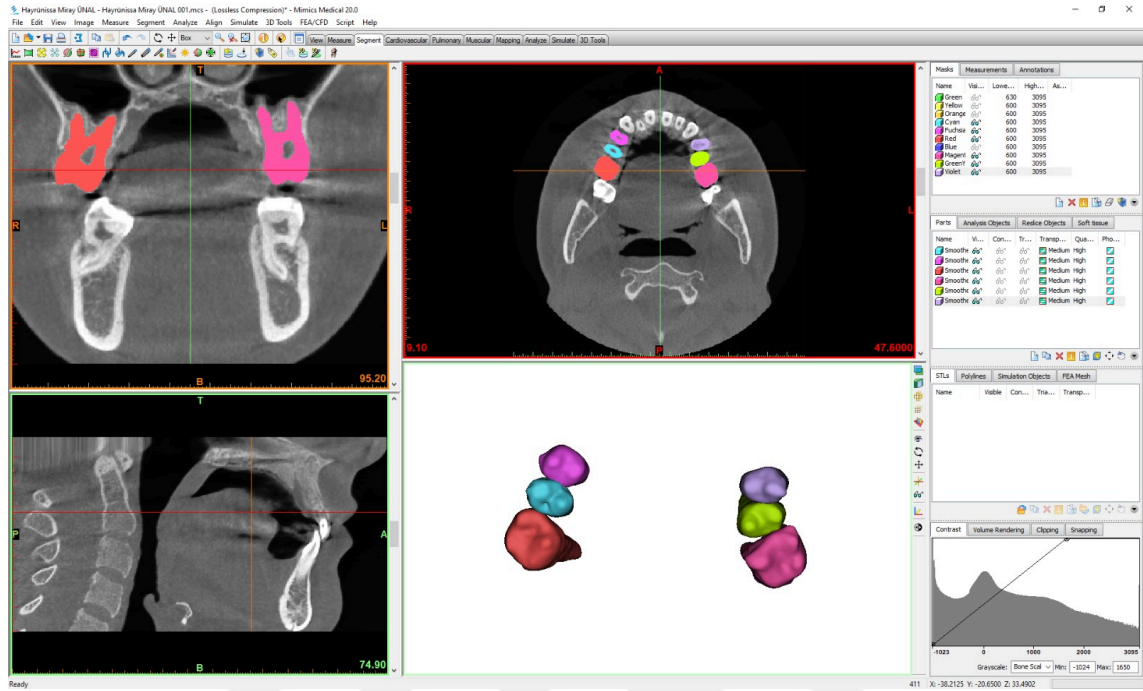


Şekil 3. 6. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi Cihazı

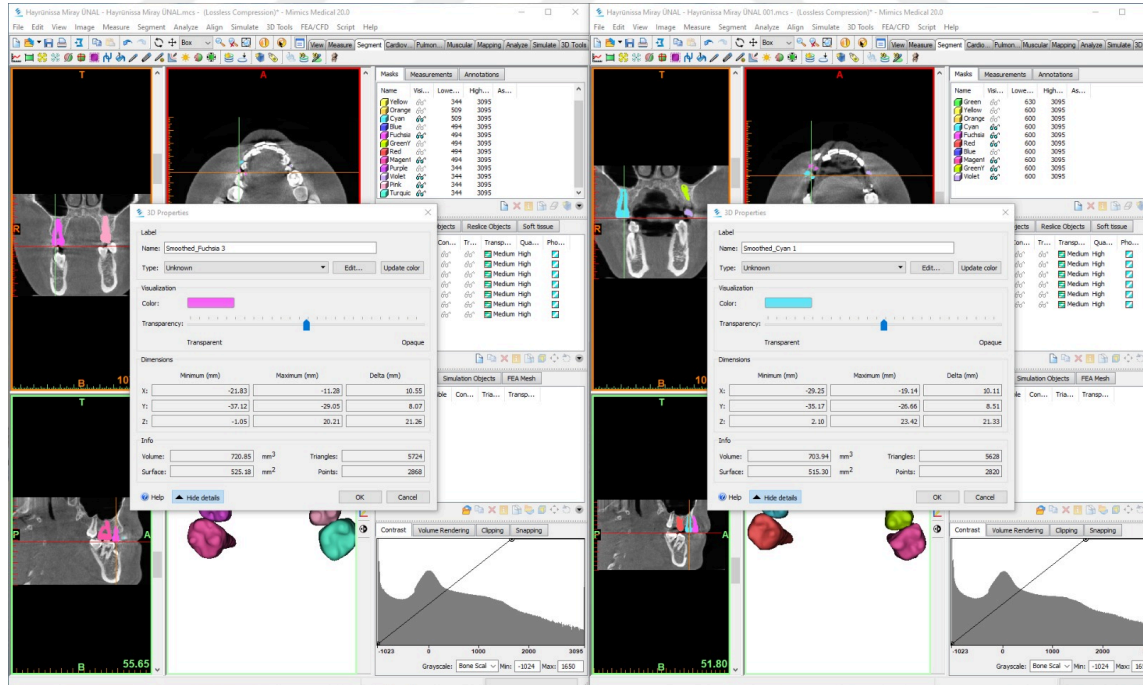
3.2.5. Segmentasyon ve Hacimsel Ölçüm

Anatomik yapıların üç boyutlu olarak görüntülenmesi ve hacimsel analizlerinin yapılabilmesi amacıyla Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi verileri DICOM formatında elde edilerek Mimics Medical 20.0 yazılımına (Materialise NV, Leuven, Belgium) aktarılmıştır. İlgili anatomik bölgelerin segmentasyonu, yoğunluk ayarı yapılarak manuel olarak gerçekleştirilmiştir. 1. premolar, 2. premolar ve 1.molar dişler için segmentasyon işlemi yapılmıştır ve segmentasyon işlemi bittikten sonra dişlerin hacimsel ölçümleri yapılmış, elde edilen veriler kaydedilmiştir. Aynı hasta için tedavi öncesi alınan KIBT kayıtları ile tedavi sonrası alınan KIBT kayıtları üzerinde yapılan hacimsel ölçümler kıyaslanarak meydana gelen kök rezorpsiyon miktarı belirlenmiştir. Tüm ölçümler,

operatörler arası tutarlılığı sağlamak amacıyla aynı araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.7-3.8).



Şekil 3. 7. Segmentasyon



Şekil 3. 8. Hacimsel Ölçüm

3.2.6. İstatistiksel Analizler

Çalışmamızda gerekli örneklem büyüklüğünü belirlemek amacıyla G*Power güç analizi programı (v3.1.9.4; Franz Faul, Universität Kiel, Almanya) kullanılmıştır. F tests – ANOVA: Repeated measures, between factors yöntemi ile, etki büyüklüğü $f=0,45$, anlamlılık düzeyi $\alpha=0,05$, güç $1-\beta=0,84$, iki grup ve iki ölçüm ile tekrarlayan ölçümler arası korelasyonun 0,50 olduğu varsayılarak yapılan hesaplamada toplam 36 bireyin (grup başına 18) çalışmaya dahil edilmesinin yeterli olduğu belirlenmiştir. Bu örneklem büyüklüğü ile elde edilen gerçekleşen güç %85,7’dir.

Bu çalışmaya, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı’nda RME apareyi ile tedavi edilen ve aktif tedavi sürecinin ardından piezosizyon uygulanan, tedavi öncesi (T0) ve sonrası (T1) Konik ışınli bilgisayarlı tomografi kayıtları bulunan 20 hasta çalışmaya dahil edilmiştir. RME aparatının aktif genişletme dönemi tamamlandıktan sonra rastgele bir tarafına piezosizyon uygulaması yapılmış olan hastaların KIBT kayıtları üzerinden birinci ve ikinci premolarlar ile birinci molar dişlerin hacimsel ölçümleri yapılmıştır.

Toplanan verilerin dağılım özelliklerini değerlendirmek amacıyla Shapiro-Wilk ve Kolmogorov-Smirnov normallik testleri uygulanmış; her iki testin sonuçlarına göre tüm gruplarda elde edilen verilerin normal dağılıma uygun olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen bulgular doğrultusunda, tedavi öncesi (T0) ve sonrası (T1) dönemlerde piezosizyon uygulanmış taraf ve uygulanmamış tarafa (kontrol grubu) ait grup içi hacimsel ölçümlerin karşılaştırılmasında, parametrik iki bağımlı örneklem testlerinden Bağımlı Örneklem T-Test kullanılmıştır. Piezosizyon uygulanan ve uygulanmayan bölgeler arasındaki gruplar arası karşılaştırmalarda Bağımsız Örneklem T-Testi uygulanmıştır.

Analizler sonucu elde edilen istatistiksel bilgiler çizelgelerde Ortalama (Ort.), Standart Sapma (SS), Minimum (Min) ve Maksimum (Max) şeklinde sunulmuştur. İstatistiksel anlamlılık için $p<0,05$ değeri kullanılmıştır. Tüm istatistiksel analizler, Statistical Package for the Social Sciences (SPSS 20.0, SPSS Inc., Chicago, Illinois, ABD) programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.7. Metod Hatasının Belirlenmesi

Çalışmada elde edilen ölçümlerin güvenilirliğini belirlemek amacıyla, toplam 20 hastaya ait 40 KIBT kaydından rastgele seçilen 10 kayıt üzerinde tüm ölçüm işlemleri 15 gün sonra ikinci kez gerçekleştirildi. İlk ve tekrar ölçümler arasındaki metodolojik hatanın değerlendirilmesinde, Houston tarafından tanımlanan güvenilirlik katsayısı yöntemi kullanıldı ^[234]. Bu hesaplamada $1 - (Se^2/St^2)$ formülü uygulanmış olup, Se^2 rastgele hatadan kaynaklanan varyansı, St^2 ise ölçümlerin toplam varyansını temsil etmektedir. Analiz sonucunda, yapılan ölçümlerin istatistiksel olarak yüksek düzeyde güvenilir olduğu tespit edilmiştir.



4. BULGULAR

Tablo 4.1’de genişletme öncesi (T0) ve genişletme sonrası (T1) zaman noktalarında 1.premolar, 2.premolar ve 1. molarlar arasındaki genişletme miktarlarının ölçümleri verilmiştir.

Tablo 4. 1. Genişletme Miktarları

Bölge	n	T0	T0 Min-	T1	T1 Min-	p
		Ort.±SS(mm)	Maks(mm)	Ort.±SS(mm)	Maks(mm)	
Birinci premolar arası	20	35.21±3.09	29.51–41.08	43.38±3.01	41.68–54.28	<0,001*
İkinci premolar arası	20	38.67±3.45	33.91–45.39	46.95±3.54	46.54–59.49	<0,001*
Birinci molar arası	20	44.38±4.01	39.58–51.18	53.33±3.72	52.63–63.49	<0,001*

*Ort: Ortalama, SS: Standart Sapma. Min: Minimum değer, Max: Maksimum değer. mm: Milimetre. İstatistiksel olarak anlamlı farklılık için $p < 0,05$ değeri kullanılmıştır, *:istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunan grupları gösterir.*

Tablo 4. 2. Piezosizyon ve Kontrol Grupları İçin 1.Premolar, 2.Premolar ve 1.Molar Dişlere Göre T0 ve T1 Ölçüm Zamanlarının Karşılaştırılmasında Kullanılan Bağımlı Örneklem T Testi Sonuçları

Gruplar	Diş grubu	T0 (mm ³)		T1 (mm ³)		p
		Ort.	SS	Ort.	SS	
Piezosizyon grubu	1.premolar	642,735	95,359	629,567	92,581	<0,001*
	2. Premolar	666,813	126,831	654,001	125,862	<0,001*
	1. Molar	1355,023	194,939	1322,283	200,123	<0,001*
Kontrol Grubu	1.premolar	658,044	91,52	626,577	89,235	<0,001*
	2. Premolar	666,072	96,426	633,142	93,156	<0,001*
	1. Molar	1381,272	214,534	1310,043	207,883	<0,001*

*T0: Başlangıç zaman ölçümü, T1:3.ay zaman ölçümü, Ort: Ortalama, SS: Standart Sapma, p: paired sample t testi sonucu elde edilen anlamlılık değeri, İstatistiksel olarak anlamlı farklılık için $p < 0,05$ değeri kullanılmıştır, *:istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunan grupları gösterir.*

Piezosizyon ve kontrol gruplarında, 1. premolar, 2. premolar ve 1. molar dişlere ait hacimsel değişimler T0 (tedavi öncesi) ve T1 (tedavi sonrası, 3. ay) zaman noktalarında

değerlendirilmiştir ve bulgular Tablo 4.2’de verilmiştir. Her iki grupta da tüm diş gruplarında istatistiksel olarak anlamlı hacimsel azalmalar gözlenmiştir ($p < 0,001$).

Piezosizyon grubunda, 1. premolarların ortalama hacmi T0 döneminde $642.74 \pm 95.36 \text{ mm}^3$ iken, T1 döneminde $629.57 \pm 92.58 \text{ mm}^3$ ’ye düşmüş ve bu değişim anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$). Benzer şekilde, 2. premolar hacmi $666.81 \pm 126.83 \text{ mm}^3$ ’den $654.00 \pm 125.86 \text{ mm}^3$ ’ye ($p < 0,001$) ve 1. molar hacmi $1355.02 \pm 194.94 \text{ mm}^3$ ’den $1322.28 \pm 200.12 \text{ mm}^3$ ’ye gerilemiştir ($p < 0,001$).

Kontrol grubunda ise hacimsel azalma piezosizyon grubuna kıyasla daha belirgin olarak gözlenmiştir. 1. premolarlar $658.04 \pm 91.52 \text{ mm}^3$ ’den $626.58 \pm 89.24 \text{ mm}^3$ ’ye ($p < 0,001$), 2. premolarlar $666.07 \pm 96.43 \text{ mm}^3$ ’den $633.14 \pm 93.16 \text{ mm}^3$ ’ye ($p < 0,001$) ve 1. molarlar ise $1381.27 \pm 214.53 \text{ mm}^3$ ’den $1310.04 \pm 207.88 \text{ mm}^3$ ’ye ($p < 0,001$) anlamlı şekilde azalmıştır.

Tablo 4.3’te piezosizyon ve kontrol gruplarındaki bireylerin 1. premolar, 2. premolar ve 1. molar diş bölgelerine ait T0–T1 dönemi hacim farkları ve bu farkların istatistiksel değerlendirmeleri sunulmuştur.

Piezosizyon ve kontrol gruplarında 1. premolar, 2. premolar ve 1. molar diş bölgelerine ait T0–T1 dönemi hacim farklarının istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir ($p < 0,001$).

Tablo 4. 3. 1.Premolar, 2.Premolar ve 1.Molar Dişler İçin Piezosizyon ve Kontrol Gruplarına Göre (T0-T1) Zaman Farklarının Karşılaştırılmasında Kullanılan Bağımsız Örneklem T Testi Sonuçları

Diş Grubu	Piezosizyon Grubu(n:20)		Kontrol Grubu (n:20)		p
	Ort.	SS	Ort.	SS	
1.premolar	13,167	5,488	31,466	8,178	<0,001*
2. Premolar	12,811	3,323	32,93	7,375	<0,001*
1. Molar	32,74	16,961	71,229	22,272	<0,001*

*Ort: Ortalama, SS: Standart Sapma, p: student-t testi sonucu elde edilen anlamlılık değeri, İstatistiksel olarak anlamlı farklılık için $p < 0,05$ değeri kullanılmıştır, *: istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunan grupları gösterir.*

Piezosizyon grubunda hacim kayıpları, 1. premolar için 13.168 mm³, 2. premolar için 12.812 mm³ ve 1. molar için 32.740 mm³ olarak belirlenmiştir. Buna karşın, kontrol grubunda bu değerler sırasıyla 31.467 mm³, 32.930 mm³ ve 71.229 mm³'tür. Her iki grupta da tüm bölgelerde istatistiksel olarak anlamlı hacim kayıpları gözlenmiştir.

Tablo 4.4 verilerine göre, piezosizyon ve kontrol grupları arasında tüm diş bölgelerinde hem mutlak hacim kayıpları hem de bu kayıpların yüzdeler oranları açısından anlamlı farklar bulunmaktadır (p<0.001). Piezosizyon grubunda, hacim kaybı oranı 1. premolar için %2,03, 2. premolar için %1,96 ve 1. molar için %2,51 olarak hesaplanmıştır.

Kontrol grubunda ise aynı bölgelerdeki yüzdeler kayıplar sırasıyla %4,82, %4,98 ve %5,20'dir. Her üç bölgede de kontrol grubunda gözlenen yüzdeler kayıplar, piezosizyon grubunun yaklaşık iki katıdır.

Tablo 4. 4. 1.Premolar, 2.Premolar ve 1.Molar Dişler İçin Piezosizyon ve Kontrol Gruplarına Göre (T0-T1) Zaman Farklarının Yüzdeler Açısından Karşılaştırılmasında Kullanılan Bağımsız Örneklem T Testi Sonuçları

Diş Grubu	Piezosizyon Grubu(n:20)		Kontrol Grubu (n:20)		p
	%	SS	%	SS	
1.premolar	2,027	0,66	4,819	1,2	<0,001*
2. Premolar	1,957	0,52	4,978	1,07	<0,001*
1. Molar	2,51	1,4	5,199	1,6	<0,001*

*SS: Standart Sapma, p: student-t testi sonucu elde edilen anlamlılık değeri, İstatistiksel olarak anlamlı farklılık için p <0,05 değeri kullanılmıştır, *:istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunan grupları gösterir.*

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada, piezosizyon uygulamasının HÜÇG sonrası kök rezorpsiyonu üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla, 11 kadın ve 9 erkek bireyden oluşan, toplam 20 hastaya ait retrospektif veriler incelenmiştir. Katılımcıların yaş ortalaması 12,9 yıl olup, tüm bireyler hızlı üst çene genişletme tedavisi öncesi ve sonrası alınmış KIBT kayıtlarına sahiptir. Çalışma grubu oluşturulurken bireylerin yaş ve cinsiyet yönünden dengeli bir dağılım göstermesine özen gösterilmiştir. Bu yaklaşım, biyolojik değişkenlerin olası etkilerini azaltmak ve elde edilen sonuçların genellenebilirliğini artırmak açısından önem taşımaktadır.

Cinsiyetin kök rezorpsiyonu üzerindeki etkisi literatürde tartışmalı bir konudur. Bazı araştırmalar kadın ve erkek bireyler arasında rezorpsiyon düzeyi açısından anlamlı bir fark olmadığını bildirmiştir.^(194,207,210) Ancak öte yandan, hormonal farklılıklar nedeniyle kadın bireylerde rezorptif süreçlerin daha yoğun olabileceğini ileri süren çalışmalar da bulunmaktadır.^(199,200) Bu nedenle, çalışmamızda cinsiyetin potansiyel etkisini dengelemek amacıyla mümkün olduğunca eşit dağılım sağlanmış ve analizlerde bu durum dikkate alınmıştır.

Yaş faktörü, ortodontik tedavi sürecinde kök rezorpsiyonu riskini etkileyen temel biyolojik değişkenlerden biridir. Literatürde, HÜÇG tedavisinin ortopedik etkisinin en fazla, maksiller suture kapanmadan önce uygulandığında elde edildiği belirtilmektedir.^(49,99) Çalışmamıza dahil edilen bireylerin yaş ortalamasının 12,9 yıl olması, üst çenenin büyüme potansiyelinin sürdüğü döneme denk gelmekte olup, bu açıdan tedavi zamanlamasının uygun olduğunu göstermektedir. Ayrıca, kök gelişiminin tamamlanmış olması, KIBT ile yapılan hacimsel ölçümlerin doğruluğunu artırmakta ve rezorpsiyonun güvenilir şekilde değerlendirilebilmesini sağlamaktadır.⁽²¹⁰⁾

Bu çalışmada, kök rezorpsiyonunun değerlendirilmesi amacıyla konvansiyonel tipte, posterior dişleri tamamen saran bonded akrilik cap splint tipi hızlı üst çene genişletme (HÜÇG) apareyi kullanılmıştır. Aparey seçimi yapılırken, uygulanacak kuvvetin dentoalveolar yapılar üzerindeki etkilerini minimize edecek ve ortopedik genişlemeyi daha kontrollü sağlayacak bu tasarım tercih edilmiştir.

Bonded cap splint tipi apareylerin en önemli avantajlarından biri, premolar ve molar dişlerini oklüzal ve palatinal yüzeylerden saran akrilik yapıları sayesinde, kuvvetin geniş bir yüzeye yayılması ve bu sayede lokalize streslerin azaltılmasıdır. Ayrıca bu akrilik bloklar, oklüzal yüzeyde oluşturdukları ısırma bloğu etkisiyle dikey yönde kontrol sağlamakta, vida aktivasyonu ile elde edilen kuvvetin sütural bölgede daha doğrudan ve dengeli şekilde iletilmesini sağlamaktadır.^(5,144)

Literatürde, konvansiyonel diş destekli apareylerin bazı olumsuz etkileri olduğuna dikkat çekilmiştir. Özellikle dişlerin üzerine doğrudan aktarılan kuvvetler, posterior bölgede diş tippingi, ekstrüzyon ve alt çenenin saat yönünde rotasyonu gibi istenmeyen ortodontik sonuçlara neden olabilir. Bu durum, özellikle vertikal büyüme paterni olan bireylerde açık kapanış gelişimi açısından risk oluşturur.^(7,11,49) Ayrıca konvansiyonel HÜÇG tedavilerine bağlı olarak kök rezorpsiyonu, bukkal kortikal kemik kalınlığında azalma, dehisens oluşumu ve artmış relaps riski gibi biyolojik yan etkiler de bildirilmiştir.^(235,236)

Bu bağlamda çalışmamızda kullanılan bonded akrilik cap splint apareyi, posterior dişleri tamamen saran tasarımı sayesinde geleneksel bantlı apareylere kıyasla daha homojen kuvvet iletimi sağlamakta ve dentoalveolar dokular üzerindeki potansiyel zararlı etkileri sınırlandırmaktadır. Nitekim literatürde, bonded sistemlerin kök rezorpsiyonu açısından daha avantajlı olabileceğini öne süren çalışmalar da bulunmaktadır.⁽²³⁷⁾

Hızlı üst çene genişletme (HÜÇG) tedavilerinde kullanılan vida çevirme protokolü, genişletmenin etkinliği, iskeletsel etkiler ve biyolojik doku yanıtları açısından kritik öneme sahiptir. Literatürde, vida çevirme sıklığı ve miktarına ilişkin çeşitli protokoller tanımlanmıştır. Örneğin, Biederman⁽¹²¹⁾, Lamparski ve ark.⁽²³⁸⁾ ile İşeri ve Özsoy⁽⁸⁷⁾, günde iki kez bir çeyrek tur (toplam 0.5 mm/gün) aktivasyonu önermektedir. Haas⁽⁷⁾ ise ilk gün dört çeyrek turu beşer dakika aralıklarla, sonraki günlerde ise günde iki çeyrek tur çevirme protokolünü savunmuştur. Zimring ve Isaacson⁽⁷⁵⁾ tarafından, büyüme-gelişim dönemindeki bireylerde sütür açılıncaya kadar günde iki çeyrek tur, açılma sağlandıktan sonra ise günde bir çeyrek tur önerilmiştir. Yetişkin bireylerde ise yalnızca ilk iki gün çift aktivasyon önerilmekte, ardından günlük tek aktivasyonla devam edilmektedir.

Mevcut çalışmada ise vida aktivasyonu protokolü, Başçiftçi⁽²³⁹⁾ tarafından önerilen rejime dayalı olarak oluşturulmuştur. Buna göre, apareyin simantasyonunu takiben ilk 24 saatte akrilik materyalin polimerizasyonunun tamamlanması beklenmiş, ardından ilk hafta

boyunca günde iki çeyrek tur uygulanmıştır. Bu dönemin sonunda midpalatal süturdaki açıklık, oklüzal radyografiyle değerlendirilmiş ve sütur açıklığı sağlandıktan sonra aktivasyon günde bir çeyrek tura düşürülmüştür. Bu yaklaşım, sütural biyolojik yanıtın fizyolojik sınırlar içinde tutulması ve kök rezorpsiyonunun azaltılması açısından klinik olarak önemlidir.^(75,240)

Hastalarımızda ortalama $35,65 \pm 3,48$ çeyrek tur uygulandığı hesaplanmıştır. Bu da ortalama 8–10 mm genişleme ile literatürde bildirilen optimal maksiller genişleme miktarına ulaşmayı sağlamıştır. Genişletme protokolü sonrasında, üst molarların palatinal tüberküllerinin alt molarların bukkal tüberkülleri ile temas edecek şekilde overcorrection yapılmış, bu da relapsı azaltmak adına önemli bir stabilizasyon önlemidir.^(85,241)

Retansiyon aşamasında ise vida pasif hale getirilmiş ve ligatür teli ile sabitlenerek 3 aylık sabit retansiyon uygulanmıştır. Sabit tedaviye geçilmesinin ardından transpalatal ark ile retansiyona devam edilmiş, bu uygulama da literatürde önerilen uzun süreli stabiliteyi destekleyen bir protokoldür.^(31,35,49)

Kök rezorpsiyonunun değerlendirmesi klasik iki boyutlu radyografik yöntemlerle sınırlı kalmaktadır. Panoramik ve periapikal radyografiler gibi geleneksel görüntüleme yöntemleri; magnifikasyon, süperimpozisyon ve distorsiyon gibi sınırlayıcı faktörlerden ötürü bu tür rezorptif değişikliklerin güvenilir şekilde tespitine olanak vermemektedir.⁽²²⁾ Bu nedenle, kök rezorpsiyonunun nitelikli ve nicel değerlendirilmesinde üç boyutlu görüntüleme teknikleri günümüzde altın standart olarak kabul edilmektedir.

Bu yöntemler arasında yer alan bilgisayarlı tomografi, görüntü netliği açısından avantajlı olsa da yüksek radyasyon dozu ve maliyeti nedeniyle klinik kullanımı sınırlıdır. Bu dezavantajlar, alternatif yöntem arayışlarını zorunlu kılmış ve özellikle ortodontik uygulamalarda mikro bilgisayarlı tomografi ile konik ışınlı bilgisayarlı tomografi yöntemlerinin geliştirilmesine öncülük etmiştir.⁽²³⁾

Micro-CT, özellikle in vitro ortamlarda yüksek çözünürlükte görüntü sunması ve milimetrik düzeyde hacimsel analiz yapabilmesi nedeniyle altın standart yöntem olarak kabul edilmektedir. Ancak, bu yöntemin klinik (in vivo) kullanımı mümkün değildir çünkü analiz için dişin çekilmiş olması gerekmektedir.^(242–244) Dolayısıyla, in vivo

çalışmalarda hem radyasyon dozunun düşük olması hem de hasta başında uygulanabilirliği sayesinde KIBT ön plana çıkmaktadır.

KIBT, maksillofasiyal bölgelerin üç boyutlu olarak değerlendirilmesine olanak tanırken, düşük doz radyasyon ve uygun maliyet gibi avantajlara da sahiptir. Ayrıca, yapılan çalışmalarda KIBT'nin lineer ve hacimsel ölçümler açısından yüksek doğruluk ve tekrarlanabilirlik sunduğu gösterilmiştir.⁽²⁴⁵⁾

Bu çalışmada, kök rezorpsiyonu hacimsel olarak KIBT verileri üzerinden değerlendirilmiştir. Tedavi öncesi (T0) ve retansiyon dönemi sonrası (T1) elde edilen veriler, Mimics Innovation Suite 10.01 yazılımında işlenerek ilgili köklerin segmentasyonu yapılmış ve hacimleri hesaplanmıştır. Her birey için aynı HU (Hounsfield Unit) aralıkları kullanılarak segmentasyon sağlanmış, bu sayede ölçümlerde karşılaştırılabilirlik korunmuştur. Bu yaklaşım, özellikle kök rezorpsiyonunun üç boyutlu hacimsel kayıplar üzerinden değerlendirilmesini mümkün kılmış ve ölçümler arası güvenilirliği artırmıştır.

Piezosizyon uygulanan grup değerlendirildiğinde, tüm diş bölgelerinde gözlenen kök rezorpsiyonu miktarlarının istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Ortalama kök hacmi kaybı en fazla birinci molarlarda (32,74 mm³, %2,51), ardından birinci premolarlarda (13,17 mm³, %2,03) ve ikinci premolarlarda (12,81 mm³, %1,96) tespit edilmiştir. Kontrol grubunda ise kök rezorpsiyonu miktarı tüm diş gruplarında daha yüksek bulunmuş olup, sırasıyla birinci molarlarda (71,23 mm³, %5,20), ikinci premolarlarda (32,93 mm³, %4,98) ve birinci premolarlarda (31,47 mm³, %4,82) gerçekleşmiştir.

Gruplar arası karşılaştırmalarda, piezosizyon grubunda tamir edici etki kaynaklı her bir diş bölgesi için kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha az kök rezorpsiyonu meydana geldiği görülmüştür. Yüzdeler kök hacmi kayıpları değerlendirildiğinde, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir.

Literatür incelendiğinde, RME uygulamasının destek dişler üzerinde kök rezorpsiyonuna neden olabileceği çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir. Baysal ve ark.⁽²²⁰⁾, KIBT ile yaptıkları çalışmada, RME tedavisinin kök yüzeylerinde üç boyutlu hacimsel kayıplara yol açtığını ve bu kayıpların premolar ve molar bölgelerde daha belirgin olduğunu

göstermiştir. Dindaroğlu ve Doğan⁽²⁴⁶⁾ tarafından yapılan üç boyutlu değerlendirmede hem Hyrax hem de Haas apareylerinin kullanımını takiben birinci ve ikinci premolarlar ile birinci molarlarda anlamlı düzeyde kök hacmi kaybı gözlenmiştir. Tedavi sonrası ölçülen kök hacim kaybı çalışmamızla benzer şekilde mutlak değerler açısından molar dişlerde daha yüksektir. Ancak premolar ve molarlar arasında yüzdesel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. Odenrick ve ark.⁽⁹⁾, hızlı üst çene genişletmesi uygulanan maksiller premolarlarda kök rezorpsiyonu gözlemlemişlerdir. Yıldırım ve Akın⁽²⁴⁷⁾, diş destekli ve kemik destekli genişletme gruplarını karşılaştırdıkları çalışmalarında premolar köklerinde anlamlı düzeyde daha fazla rezorpsiyona neden olduğunu göstermiştir.

Chang ve ark.⁽²⁴⁸⁾ tarafından gerçekleştirilen randomize klinik çalışmada, diş destekli ve kemik destekli genişletme grupları karşılaştırıldığında, Diş destekli RME grubunda kök rezorpsiyonu düzeylerinin istatistiksel olarak anlamlı biçimde daha yüksek olduğu gösterilmiştir. En fazla rezorpsiyon maksiller birinci molar dişlerde gözlenmiş, bunu birinci premolarlar takip etmiştir. Hem bizim çalışmamızda hem de Chang ve ark.'nın çalışmasında, premolar dişlerde molarlara kıyasla daha az hacim kaybı tespit edilmiştir. Bu durum, premolarların daha az kompleks kök morfolojisine sahip olmaları, daha düşük kortikal dirençle karşılaşmaları ve tedavi süresince daha kısa süreli ya da dolaylı kuvvete maruz kalmaları ile açıklanabilir.

RME sonrası meydana gelen rezorpsiyonun yalnızca genişletme kuvvetlerine değil, aynı zamanda genişletme sonrası relaps kuvvetlerine de bağlı olabileceği belirtilmiştir. Langford⁽¹⁰⁾, hızlı üst çene genişletmesini takiben ilk üç ay içerisinde meydana gelen relaps kuvvetlerinin, kök yüzeyine iletilen kuvvet miktarını artırarak rezorpsiyon riskini yükselttiğini bildirmiştir. Çalışmamızda da genişletme sonrası ölçümler üç aylık pasif retansiyon süreci sonunda alındığı için, dişlerin relaps kuvvetlerine maruz kalmış olması olasıdır.

Literatürde, hızlı üst çene genişletmesi (HÜÇG) sonrasında meydana gelen kök rezorpsiyonunun, farklı diş gruplarında ve kök tiplerinde değişkenlik gösterebileceği belirtilmektedir. Bu çalışmada, her iki grupta da tüm diş gruplarında hacimsel kök rezorpsiyonu saptanmış olmakla birlikte, rezorpsiyon düzeyleri dişler arasında farklılık göstermiştir. Özellikle kontrol grubunda birinci molarların %5,20 oranında kök hacmi kaybına uğraması, diğer diş gruplarına kıyasla belirgin şekilde daha yüksek bulunmuştur.

Bu bulgular, dişin morfolojik ve fonksiyonel özelliklerinin kök rezorpsiyonu üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır.

Baysal ve ark.⁽²²⁰⁾ tarafından yürütülen konik ışınli bilgisayarlı tomografi temelli çalışmada da benzer şekilde hem molar hem de premolar dişlerde anlamlı düzeyde hacimsel kök kayıpları saptanmıştır. Mutlak değerler incelendiğinde, en fazla hacim kaybı birinci molarların mesiobukkal köklerinde (18.60 mm³), en az ise distobukkal köklerinde (9.47 mm³) gözlenmiştir. Premolar grubu değerlendirildiğinde, birinci premolarlarda ortalama 13.93 mm³, ikinci premolarlarda ise 13.12 mm³lük kök hacmi kaybı bildirilmiştir. Dindaroğlu ve Doğan⁽²⁴⁶⁾, genişletme kuvvetlerinin vida merkezinden periferik bölgelere doğru V şeklinde yayıldığını ve bu nedenle premolar bölgede daha fazla, özellikle tipping yönünde, diş hareketi meydana geldiğini bildirmiştir. Buna karşılık, arka bölgede yer alan molar dişlerin, pterygoid plaklar gibi anatomik yapıların direnci nedeniyle daha sınırlı hareket etmesine rağmen doğrudan kuvvet etkisine maruz kaldığını ve bu da daha yoğun stres birikimine yol açtığını belirtmişlerdir. Ayrıca, molar dişlerde gözlenen rezorpsiyon miktarındaki artışı, dişin çok köklü yapısı ve geniş yüzey alanının, köklerde lokalize stres artışına neden olmasına bağlamışlardır.

Lagravere ve ark.⁽²¹⁸⁾ tarafından yürütülen çalışmada, geleneksel diş destekli (TAME) ve kemik destekli (BAME) RME yöntemlerinin karşılaştırıldığı 62 kişilik bir örneklem grubunda, üst birinci molar ve birinci premolar dişlerin eğimlenme (tipping) miktarları KIBT görüntüleme ile değerlendirilmiştir. TAME grubunda birinci molar dişlerde ortalama 9,1°, 1. premolarlarda ise 3,8° eğimlenme saptanırken; BAME grubunda bu değerlerin sırasıyla 8,6° ve 1,4° olduğu bildirilmiştir. Ayrıca her iki apareyde de kronlar arası genişleme, köklerin apeks düzeyindeki veya iskeletsel genişlemeden daha fazla bulunmuştur. Bu durum, uygulanan kuvvetin dişlerin kron kısmında daha belirgin bir hareket oluşturduğunu ve köklerin, alveolar kemik içinde daha sınırlı bir yer değiştirme gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, çalışmamızda birinci molar bölgede gözlenen artmış kök rezorpsiyonunu açıklayan olası biyomekanik etkenlerden biri olarak değerlendirilebilir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, piezosizyon uygulamasının hızlı üst çene genişletmesi (HÜÇG) sürecinde meydana gelen kök rezorpsiyonunu anlamlı düzeyde iyileştirici etki gösterdiğini belirtmektedir. Özellikle 1. premolar, 2. premolar ve 1. molar dişlerde, piezosizyon uygulanan bölgelerdeki hacim kaybı, kontrol bölgelerine kıyasla belirgin

olarak daha düşüktür. Bu bulgular, piezosizyonun yalnızca ortodontik diş hareketlerini hızlandırmakla kalmayıp, aynı zamanda kök yapısının biyomekanik olarak korunmasına da katkı sunduğunu göstermektedir. Piezoelektrik cerrahi, geleneksel cerrahi yöntemlere göre kontrollü titreşimlerle yalnızca sert dokuları etkileyerek yumuşak dokuya zarar vermeden cerrahi işlem yapılmasına imkân tanıdığını belirtmiştir. Bu özellik, piezoelektrik sistemlerin daha az termal hasar ve travma oluşturması sayesinde, dokularda daha hızlı iyileşme potansiyeline sahip olabileceğini düşündürmektedir.⁽²⁴⁹⁾ Dolayısıyla kök yüzeyine uygulanan biyolojik stres seviyesi düşmekte ve osteoklast aktivitesinin daha kontrollü seyretmesi sağlanmaktadır.

Piezosizyonun biyolojik etkisi, insizyonun derinliğiyle doğrudan ilişkilidir. Yapılan bir çalışmada, bukkal bölgede 3 mm derinlikte uygulanan insizyonların ortodontik hizalama süresini yaklaşık 31 gün kısalttığı bildirilmiştir. Öte yandan, yalnızca 1 mm derinliğindeki piezosizyonların yeterli biyolojik yanıtı oluşturmadığı farklı bir çalışmada belirtilmiştir.^(250,251) Bu doğrultuda, çalışmamızda da yaklaşık 3 mm derinliğinde piezosizyon uygulanarak literatürde önerilen protokoller temel alınmış ve RAP mekanizmasının etkin şekilde uyarılması amaçlanmıştır.

Wilcko ve ark.^(252,253) tarafından geliştirilen *Periodontally Accelerated Osteogenic Orthodontics* (PAOO) yöntemi, kortikal kemikte yapılan cerrahi insizyonlar ve alveolar greftleme ile diş hareketini hızlandırmayı amaçlayan bir prosedürdür. Piezosizyon tekniği ise PAOO'nun bir modifikasyonu olup, daha az invazivdir ve flap kaldırılmadan uygulanabilir. Bu yöntem, kök yüzeyine binen stresin azaldığı, böylece daha fizyolojik diş hareketi sağlandığı vurgulanmıştır. Bu etkide, Frost⁽²⁵⁴⁾ tarafından tanımlanan Regional Acceleratory Phenomenon (RAP) temel rol oynamaktadır. RAP, cerrahi uyaran sonrası kemikte lokalize ve geçici bir metabolik hızlanmayı tanımlar. Bu süreç, yaklaşık 1–2 hafta içinde başlar, 1–2 ayda maksimuma ulaşır ve 4–6 ay süresince etkisini sürdürür. Bu dönemde osteopenik yapıdaki kemik, diş hareketine karşı daha düşük direnç gösterir. Bu da ortodontik kuvvetlerin daha etkin ve fizyolojik şekilde uygulanmasını sağlar, dolayısıyla kök yüzeyinde patolojik stresin azaltılmasıyla rezorpsiyon riski de düşer. Çalışmamızda piezosizyon uygulanan grupta kök rezorpsiyonunun sınırlanması, Wilcko'nun tanımladığı PAOO prosedürüyle örtüşmektedir. Ayrıca, RAP sayesinde kemikteki hızlandırılmış remodelasyon sürecinin, kök yüzeyindeki basıncı azaltarak daha doku dostu bir ortam sunduğu ve bu sayede

rezorpsiyon miktarını sınırlayıp tamir edici etki ettiği düşünölmektedir. Bu biyolojik süreçler göz önünde bulundurulduğunda, piezosizyonun kök yüzeyini koruma açısından geleneksel genişletme protokollerine kıyasla avantaj sunduğu söylenebilir.

Kim ve ark.⁽²⁵⁵⁾, kortikosizyon uygulamasının ortodontik diş hareketi sırasında meydana gelen paradental remodelling üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Hayvan modeli üzerinde yapılan bu çalışmada, kortikosizyon uygulanan grupta alveolar kemikte daha fazla osteoklastik aktivite gözlenmiş; bu da diş hareketinin hızlandığını göstermiştir. Ayrıca, kontrol grubuna kıyasla, kortikosizyon uygulanan bölgelerde kök rezorpsiyonu düzeylerinin daha düşük olduğu belirtilmiştir. Bu bulgular, minimal invaziv cerrahi tekniklerin sadece diş hareketini hızlandırmakla kalmayıp aynı zamanda periodontal dokular üzerindeki istenmeyen etkileri, özellikle de kök rezorpsiyonunu, iyileştirebileceğine işaret etmektedir. Mevcut çalışmamızda da benzer şekilde, piezosizyon uygulanan grupta kontrol grubuna göre anlamlı düzeyde daha az kök hacmi kaybı gözlenmiştir. Bu benzerlik, piezosizyon ve kortikosizyon gibi tekniklerin biyolojik olarak benzer mekanizmalar üzerinden etkili olabileceğini desteklemektedir.

Dibart ve ark.⁽²³²⁾, piezosizyon yöntemini minimal invaziv bir teknik olarak tanımlamış ve bu prosedürün ortodontik diş hareketini hızlandırırken periodontal dokulara minimal zarar verdiğini belirtmiştir. Bu yöntemin kemikte remodellingi teşvik ederek tedavi süresini kısalttığı bildirilmiştir. Çalışmamızda da piezosizyon uygulanan grupta tüm diş gruplarında kök rezorpsiyonunun kontrol grubuna göre anlamlı derecede az olduğu gözlenmiştir. Bu bulgular, piezosizyonun hem tedavi sürecini hızlandırma hem de kök yüzeyi rezorpsiyonunu tamir edip sınırlama açısından klinik avantaj sağlayabileceğini göstermektedir.

Alqadasi ve ark.⁽²⁵⁶⁾, piezosizyon ve mikro-osteoperforasyon tekniklerini karşılaştırdıkları çalışmada, her iki yöntemin de kök rezorpsiyonunu anlamlı düzeyde artırmadığını bildirmiştir. KIBT analizlerine göre piezosizyon, kök hacmi veya uzunluğu üzerinde olumsuz bir etki göstermemiştir. Bu bulgular, çalışmamızda piezosizyon grubunda gözlenen daha düşük kök hacmi kaybını desteklemekte ve bu tekniğin rezorpsiyon açısından güvenli olduğunu göstermektedir.

Arana ve ark.⁽²⁵⁷⁾, piezosizyonun kök rezorpsiyonu üzerine etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında, piezosizyon grubunda ortalama 0.39 mm, kolajen destekli piezosizyon

grubunda ise ortalama 0.27 mm kök uzunluğu kaybı bildirmişlerdir. Her iki grubun sonuçları kontrol grubuna kıyasla daha düşük olmakla birlikte, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu bulgular, piezosizyonun kök rezorpsiyonunu anlamlı düzeyde artırmadığını göstermektedir. Çalışmamız ise piezosizyon uygulamasının kök yüzeyini anlamlı düzeyde tamir ettiği göstermektedir. Her ne kadar Arana ve ark. çalışmasında istatistiksel anlamlılık sağlanmamış olsa da piezosizyon grubundaki rezorpsiyon miktarlarının daha düşük olması, çalışmamızdaki koruyucu etkinin yönüyle paralellik göstermektedir. Ayrıca Arana ve ark.'nın çalışmasında yalnızca alt kesici ve kanin dişleri değerlendirilmişken, bizim çalışmamız destek dişler olan premolar ve molar bölgeleri kapsamakta, bu da uygulanan kuvvet yoğunluğuna bağlı olarak gözlenen rezorpsiyon miktarlarındaki değişikliği açıklayabilir.

Çalışmamızda, piezosizyon uygulanan grupta kontrol grubuna kıyasla 1. molar, 1. premolar ve 2. premolar bölgelerinde anlamlı derecede daha az kök hacmi kaybı tespit edilmiştir. Bu bulgular, piezosizyonun kök rezorpsiyonu üzerinde potansiyel bir tamiri destekleyici etkisi olabileceğini düşündürmektedir. Yamaguchi ve Fukasawa⁽²⁵⁸⁾ ise inflamasyonun ortodontik tedavi sürecindeki iki yönlü rolüne dikkat çekmektedir ve piezosizyon gibi cerrahi yöntemlerin kontrollü inflamatuvar yanıt oluşturarak bölgesel hızlandırılmış kemik remodellingini (RAP) aktive ettiğini belirtmektedir. Bu süreç, diş hareketini hızlandırır da aynı zamanda kök rezorpsiyonuna neden olabilecek osteoklastik aktiviteyi de uyarabilir. Ancak bu yanıtın şiddeti, süresi ve kontrolü önem arz eder; çünkü aşırı inflamatuvar yanıt kök yüzeyinde patolojik rezorpsiyon riskini arttırabilirken, kontrollü ve sınırlı bir inflamasyon kök yapısının korunmasına katkı sağlayabilir. Bu bağlamda, bulgularımız piezosizyonun kök rezorpsiyonunun tamirini destekleyici etkisinin gözlemlenmesi, cerrahi işlemin doğru endikasyon, dozaj ve protokol altında uygulandığında kök yüzeyine zarar vermeden kemik biyolojisinde olumlu bir yanıt oluşturabileceği görüşünü desteklemektedir. Dolayısıyla, Yamaguchi ve Fukasawa'nın vurguladığı inflamasyonun çift yönlü etkisi, elde ettiğimiz bulgularla örtüşmekte; piezosizyonun koruyucu etkisi ise inflamasyonun optimal düzeyde indüklenmesiyle açıklanabilmektedir.

Abu Alhaja ve ark.⁽²⁵⁹⁾ tarafından gerçekleştirilen ve piezosizyon destekli alt ikinci molar protrakasyonu sırasında kök rezorpsiyonu üzerinde yapılan prospektif klinik çalışmada da benzer şekilde piezosizyon uygulanan tarafta mezial kökte ortalama 0.94 mm (\pm 0.26)

kök rezorpsiyonu saptanmışken, piezosizyonsuz tarafta bu değer 1.64 mm (\pm 0.36) olarak rapor edilmiştir. Bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş, piezosizyonun kök yüzeylerinde oluşabilecek rezorpsiyonu sınırlandırıcı etkisi olduğu sonucuna varılmıştır.

Yakın tarihli bir çalışmada, piezosizyonun rejeneratif yöntemlerle birlikte uygulandığında bukkal kemikte anlamlı iyileşme sağladığı gösterilmiştir. Bu çalışmada belirtildiği gibi piezosizyonun tek başına bile kemik kaybını sınırlaması ve RAP yoluyla kemik remodelasyonunu desteklemesi, çalışmamızda piezosizyon grubundaki azalmış kök rezorpsiyon miktarını açıklamaktadır.⁽²⁶⁰⁾

Öte yandan, piezosizyonun kök rezorpsiyonu üzerindeki etkilerine ilişkin literatürde, çalışmamızın bulgularıyla kısmen veya tamamen çelişen sonuçlara da rastlanmaktadır. Strippoli ve ark. tarafından yapılan prospektif bir çalışmada, piezosizyon destekli ortodontik tedavi sonrası apikal kök rezorpsiyonları genel olarak yaygın ve anterior bölgedeki rezorpsiyonlar posterior bölgelerle kıyaslandığında anlamlı düzeyde daha şiddetliydi bulunmuştur. Bu çalışmada piezosizyon uygulanan bölgelerde kök rezorpsiyonu gözlenmesi, çalışmamızda piezosizyonun kökte yarattığı olumlu etkilerle çelişmektedir. Ancak bu çalışmada kontrol grubunun olmaması çalışmanın önemli bir sınırlılığıdır. Bu nedenle, rapor edilen rezorpsiyonun piezosizyon uygulamasına mı yoksa ortodontik kuvvetlere mi bağlı olduğu netleştirilememiştir.⁽²⁶¹⁾ Patterson ve ark.⁽²⁶²⁾ ise hayvan modeliyle gerçekleştirdikleri çalışmada, piezosizyonun uygulandığı bölgelerde %44 oranında daha fazla kök rezorpsiyonu tespit etmiş ve bu durumun iatrojenik hasarlardan kaynaklanabileceğine dikkat çekmiştir. Bu farklılık, kullanılan model, kuvvet düzeyi ve analiz yöntemlerindeki farklılıklardan kaynaklanabilir. Papadopoulos ve ark.⁽²⁶³⁾, hayvan modeli üzerinde yaptıkları çalışmada, piezosizyon uygulanan tarafta diş hareketinin hızlandığını, ancak bu hızlanmanın kök rezorpsiyonu ile birlikte gerçekleştiğini bildirmiştir. Hem kök kısalması hem de histolojik rezorpsiyon skorları piezosizyon tarafında daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca bu çalışmada, diş hareketi ile kök rezorpsiyonu arasında güçlü bir ilişki saptanmıştır. Bu çelişki, kullanılan yöntemler, model (insan vs. hayvan) ve uygulama protokollerindeki farklılıklardan kaynaklanabilir.

Bu çalışmada, piezosizyon destekli hızlı üst çene genişletme uygulamasının, kök rezorpsiyonu üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilen hacimsel analizler, bu minimal invaziv tekniğin klinik açıdan önemli avantajlar sunduğunu ortaya

koymuştur. Özellikle 1. molar, 1. ve 2. premolar dişlerde kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha düşük kök hacmi kayıplarının elde edilmesi, piezosizyonun doku dostu ve kök yüzeyini rejenere edici bir yöntem olduğunu desteklemektedir. Bu bulgu, piezoelektrik cerrahinin alveolar kemikte kontrollü mikrotravmalar oluşturarak bölgesel hızlandırılmış fenomen (RAP) mekanizmasını aktive ettiği ve böylece osteoklastik-osteoblastik dengeyi düzenleyerek diş hareketini kolaylaştırdığı hipoteziyle örtüşmektedir.^(252,254)

Piezosizyon, ortodontik tedavilerde invaziv olmayan cerrahi destekli yaklaşımların en önemli örneklerinden biridir. Klasik cerrahi tekniklere kıyasla daha az doku hasarı oluşturması, yumuşak ve sert dokularda daha hızlı iyileşme sağlanması ve hasta konforunu artırması yönüyle klinik açıdan ciddi avantajlar sunmaktadır.⁽²⁴⁹⁾ Çalışmamızda piezosizyon grubunda gözlenen düşük rezorptif yanıt, literatürde bildirilen benzer sonuçlarla uyum göstermektedir. Teixeira ve ark.⁽²⁶⁴⁾, piezocerrahinin inflamatuvar yanıtı modüle ederek kemik remodelasyonunu hızlandırdığını ve bu sayede kök yüzeylerinde oluşabilecek stresin azaldığını bildirmiştir. Sonuç olarak, çalışmamızda piezosizyonun hem kök rezorpsiyonunu tamir edici etkisi, hem de invazivliği düşük yapısıyla klinik açıdan avantajlı bir yaklaşım sunduğu gösterilmiştir. Bu özellikleri sayesinde piezosizyon, geleneksel cerrahiye başvurulmadan erişkin bireylerde bile transversal yetersizliklerin daha güvenli şekilde tedavi edilmesine olanak tanımakta ve ortodontik tedavi protokollerinde etkili bir yardımcı yöntem olarak yer almaktadır.

Bu çalışmada piezosizyon uygulanan taraf ile kontrol grubu olarak belirlenen, yani piezosizyon uygulanmayan taraf arasındaki hacimsel değişim karşılaştırmaları, piezosizyonun kök yapılar üzerindeki koruyucu etkisini doğrudan ortaya koymaktadır. Elde edilen veriler, her üç diş grubunda da kontrol grubunda anlamlı düzeyde daha fazla kök hacmi kaybı olduğunu göstermiştir. Kontrol grubunda, 1. premolarda ortalama %4,82, 2. premolarda %4,98 ve 1. molarda %5,20 oranında hacimsel kayıplar saptanmıştır. Buna karşılık piezosizyon grubunda bu oranlar sırasıyla %2,03, %1,96 ve %2,51 olarak ölçülmüştür. Tüm karşılaştırmalarda $p < 0,001$ düzeyinde anlamlılık elde edilmiştir. Bu durum, piezosizyonun, aynı ortodontik tedavi protokolü altında bile, kemik ve diş yapılarında meydana gelen biyolojik yanıtları düzenleyici bir rol üstlendiğini göstermektedir. Bu farklılık, HÜÇĞ sırasında oluşan ortodontik kuvvetlerin kontrolsüz dağılımına karşı piezosizyonun bir tür biyolojik “amortisör” görevi gördüğünü

düşündürmektedir. Bunun yanı sıra, kontrol grubundaki hacimsel kayıpların sadece sayısal olarak değil, yüzdeler olarak da piezosizyon grubunun yaklaşık iki katı olması, piezosizyonun terapötik etkisini güçlendirmektedir. Bu bulgu, piezosizyon gibi minimal invaziv cerrahi uygulamaların kemikte bölgesel mikrotravmalar oluşturarak osteoklast aktivitesini arttırdığı ve kemik remodelasyonunu hızlandırdığına dair literatürle tutarlıdır.⁽²⁶⁴⁾



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Hızlı Üst Çene Genişletme (HÜÇG) aпараты ile tedavi edilen bireylerde piezosizyon uygulamasının kök rezorpsiyonu üzerindeki etkileri, konik ışınli bilgisayarlı tomografi kullanılarak üç boyutlu hacimsel analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Çalışmaya dahil edilen bireyler split mouth olarak değerlendirilmiş ve iki gruba ayrılmıştır; genişletme sonrası piezosizyon uygulanan taraf piezosizyon grubuna dahil edilmiştir, uygulanmayan taraf ise kontrol grubu olarak kabul edilmiştir.

Çalışmada piezosizyon uygulanan grupta, tüm posterior dişlerde ortodontik tedavi sonrası kök hacimlerinde anlamlı düzeyde azalma gözlenmiştir. En fazla hacim kaybı birinci molar dişlerde görülmüş olup, bu bölgede ortalama 32,74 mm³ (%2,51) oranında rezorpsiyon meydana gelmiştir. Bunu sırasıyla 18,23 mm³ (%2,17) ile birinci premolarlar ve 15,54 mm³ (%2,11) ile ikinci premolarlar takip etmiştir. Bu veriler, piezosizyonun kök yüzeyindeki biyomekanik stresleri sınırlandırarak daha kontrollü bir kemik remodelasyonu sağladığını ve bu yolla rezorpsiyon tamirini arttırdığı düşündürmektedir.

Kontrol grubunda ise tüm diş gruplarında piezosizyon grubuna göre belirgin şekilde daha yüksek kök rezorpsiyonu kaydedilmiştir. En fazla hacim kaybı yine birinci molar dişlerde olup, ortalama 71,23 mm³ (%5,20) olarak ölçülmüştür. Birinci premolarlarda 38,02 mm³ (%4,49), ikinci premolarlarda ise 31,82 mm³ (%4,29) kök hacmi kaybı meydana gelmiştir. Elde edilen bulgular gruplar arasında anlamlı farklar olduğunu ortaya koymuştur.

Bu sonuçlar, piezosizyon uygulamasının, geleneksel HÜÇG tedavisinde karşılaşılan kök yüzeyindeki tamir edici etkisiyle kök rezorpsiyonu riskini azaltmada etkili bir yöntem olabileceğine işaret etmektedir. Özellikle yüksek biyomekanik yüke maruz kalan molar ve premolar bölgelerde, piezosizyonun koruyucu rol oynadığı görülmektedir.

Bu çalışmada yalnızca Hızlı Üst Çene Genişletme (HÜÇG) aпараты kullanılarak tedavi edilen bireylerde, piezosizyonun kök rezorpsiyonu üzerindeki etkisi üç boyutlu hacimsel analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Ancak çalışmada kullanılan aпараты tipi sabit tutulmuş, farklı genişletme aпаратыlerinin (örneğin mini vida destekli veya kemik destekli sistemlerin) piezosizyonla birlikte etkinliği araştırılmamıştır. Bu durum, elde edilen

bulguların yalnızca kullanılan konvansiyonel aparey ile sınırlı yorumlanmasına neden olmuştur.

Ayrıca çalışmada kısa dönemli (3 aylık) bir değerlendirme yapılmış, kök rezorpsiyonunun uzun dönem takip verilerine yer verilmemiştir. Bu nedenle, rezorpsiyonun ilerleyici ya da geri dönüşlü olup olmadığı hakkında çıkarımlar yapılamamıştır. Örneklem büyüklüğünün görece sınırlı olması ve bireylerin yaş aralığının dar bir grubu kapsaması da bulguların genellenebilirliğini kısıtlayan unsurlardandır.

Bunlara ek olarak, literatürde piezosizyon uygulamasıyla birlikte konvansiyonel HÜÇG yapılan ve bu kombinasyonun doğrudan kök rezorpsiyonu üzerine etkilerini inceleyen çalışmalar oldukça sınırlıdır. Mevcut çalışmalar genellikle diş hareketi hızı, iskeletsel etki ya da hasta konforu üzerine odaklanmış; kök rezorpsiyonu hacimsel olarak detaylandırılmamıştır. Bu durum, çalışmamızın özgün katkılarından biri olarak değerlendirilebilir.

İleride yapılacak çalışmalarda, piezosizyon uygulamasının farklı yaş gruplarında, değişik genişletme protokolleriyle (örneğin mini vida destekli sistemler) karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi, mikro tomografi yöntemiyle daha ayrıntılı çalışmalar planlanarak yöntemin biyomekanik ve biyolojik etkilerinin daha kapsamlı şekilde anlaşılması önerilmektedir. Ayrıca daha uzun takip sürelerine sahip, geniş örneklem gruplarıyla yürütülecek prospektif çalışmalar ve histolojik doğrulamalar, piezosizyonun kök rezorpsiyonu üzerindeki uzun dönem etkilerini daha sağlıklı şekilde ortaya koyacaktır.

KAYNAKLAR

1. Ferrario VF. Quantitative effects of a nickel-titanium palatal expander on skeletal and dental structures in the primary and mixed dentition: a preliminary study. *The European Journal of Orthodontics* 2003;25(4):401–10.
2. Thilander B, Wahlund S, Lennartsson B. The effect of early interceptive treatment in children with posterior cross-bite. *The European Journal of Orthodontics* 1984;6(1):25–34.
3. Sandikçiolu M, Hazar S. Skeletal and dental changes after maxillary expansion in the mixed dentition. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1997;111(3):321–7.
4. Başçiftçi Fa, Demir A, Sarı Z, Uysal T. Konya Yöresi Okul Çocuklarında Ortodontik Maloklüzyonların Prevelansının Araştırılması: Epidemiyolojik Çalışma. *Turk J Orthod* 2002;15(2):92–8.
5. Timms DJ. Rapid maxillary expansion. Quintessence Publishing Co; 1981.
6. Angell EH. Treatment of irregularities of the permanent or adult tooth. *Dent Cosmos* 1860;540–4.
7. Haas AJ. Rapid expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening the midpalatal suture. *Angle Orthod* 1961;73–90.
8. Barber AF, Sims MR. Rapid maxillary expansion and external root resorption in man: A scanning electron microscope study. *Am J Orthod* 1981;79(6):630–52.
9. Odenrick L, Karlander ODEL, Pierce ODA, FRACDS OD, Kretschmar U. Surface resorption following two forms of rapid maxillary expansion. *The European Journal of Orthodontics* 1991;13(4):264–70.
10. Langford SR, Sims MR. Root surface resorption, repair, and periodontal attachment following rapid maxillary expansion in man. *Am J Orthod* 1982;81(2):108–15.
11. Haas AJ. Palatal expansion: Just the beginning of dentofacial orthopedics. *Am J Orthod* 1970;57(3):219–55.
12. Hartono N, Soegiharto BM, Widayati R. The difference of stress distribution of maxillary expansion using rapid maxillary expander (RME) and maxillary skeletal expander (MSE)—a finite element analysis. *Prog Orthod* 2018;19(1):33.
13. Abuabara A. Biomechanical aspects of external root resorption in orthodontic therapy. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2007;12(8):E610-3.
14. Gupta V, Dhaliwal Y, Dhaliwal A. Root Resorption Associated with Orthodontic Tooth Movement: A Review. *Dental Journal of Advance Studies* 2016;04(01):008–14.
15. Roscoe MG, Meira JBC, Cattaneo PM. Association of orthodontic force system and root resorption: A systematic review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2015;147(5):610–26.
16. Abbas NH, Sabet NE, Hassan IT. Evaluation of corticotomy-facilitated orthodontics and piezocision in rapid canine retraction. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2016;149(4):473–80.
17. Aristizabal JF, Bellaiza W, Ortiz MA, Franco L. Clinical and Systemic Effects of Periodontally Accelerated Osteogenic Orthodontics: A Pilot Study. *International journal of odontostomatology* 2016;10(1):119–27.
18. Weltman B, Vig KWL, Fields HW, Shanker S, Kaizar EE. Root resorption associated with orthodontic tooth movement: A systematic review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2010;137(4):462–76.

19. Fuss Z, Tsesis I, Lin S. Root resorption – diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors. *Dental Traumatology* 2003;19(4):175–82.
20. Charavet C, Lecloux G, Jackers N, Albert A, Lambert F. Piezocision-assisted orthodontic treatment using CAD/CAM customized orthodontic appliances: a randomized controlled trial in adults. *Eur J Orthod* 2019;41(5):495–501.
21. Alfawal AMH, Hajeer MY, Ajaj MA, Hamadah O, Brad B. Effectiveness of minimally invasive surgical procedures in the acceleration of tooth movement: a systematic review and meta-analysis. *Prog Orthod* 2016;17(1):33.
22. Halazonetis DJ. From 2-dimensional cephalograms to 3-dimensional computed tomography scans. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2005;127(5):627–37.
23. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Tinazzi Martini P, Bergamo Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol* 1998;8(9):1558–64.
24. Frost HM. From Wolff's law to the Utah paradigm: Insights about bone physiology and its clinical applications. *Anat Rec* 2001;262(4):398–419.
25. Lee W, Karapetyan G, Moats R, Yamashita DD, Moon HB, Ferguson DJ, et al. Corticotomy-/Osteotomy-assisted Tooth Movement microCTs Differ. *J Dent Res* 2008;87(9):861–7.
26. Buschang PH, Campbell PM, Ruso S. Accelerating Tooth Movement With Corticotomies: Is It Possible and Desirable? *Semin Orthod* 2012;18(4):286–94.
27. Frost HM. A 2003 update of bone physiology and Wolff's Law for clinicians. *Angle Orthod* 2004;74(1):3–15.
28. Frost HM. Perspectives: bone's mechanical usage windows. *Bone Miner* 1992;19(3):257–71.
29. Proffit WR., Fields HW. *Contemporary Orthodontics; The development of orthodontic problems*. 2nd ed. Mosby-Year Book, St. Louis, cop; 1993.
30. Graber TM VRJVK. *Orthodontics. Current principles and techniques*. 4th Ed. St Louis: Elsevier; 2005.
31. McNamara JA BW. *Orthodontics and dentofacial orthopedics*. Michigan: Needham Press Inc.; 2002.
32. Ülgen M. *Ortodontik Tedavi Prensipleri*. 4. baskı. İstanbul: Dilek-Örünç Matbaası; 1993.
33. Moyers RE. *Handbook of Orthodontics*. 3rd edition. United States of America: Year Book Medical Publishers Inc.; 1980.
34. Ülgen M. *Ortodonti Anomaliler, sefalometri, etioloji, büyüme ve gelişim, tanı*. İstanbul: Yeditepe Üniversitesi Yayınları; 2001.
35. Ferrario VF. Quantitative effects of a nickel-titanium palatal expander on skeletal and dental structures in the primary and mixed dentition: a preliminary study. *The European Journal of Orthodontics* 2003;25(4):401–10.
36. Marshall SD, Southard KA, Southard TE. Early Transverse Treatment. *Semin Orthod* 2005;11(3):130–9.
37. Thilander B, Wahlund S, Lennartsson B. The effect of early interceptive treatment in children with posterior cross-bite. *The European Journal of Orthodontics* 1984;6(1):25–34.
38. Infante PF. Malocclusion in the deciduous dentition in white, black, and Apache indian children. *Angle Orthod* 1975;45(3):213–8.
39. Helm S. Malocclusion in Danish children with adolescent dentition: An epidemiologic study. *Am J Orthod* 1968;54(5):352–66.

40. Kutin G, Hawes RR. Posterior cross-bites in the deciduous and mixed dentitions. *Am J Orthod* 1969;56(5):491–504.
41. Hanson ML, Barnard LW, Case JL. Tongue-thrust in preschool children. *Am J Orthod* 1970;57(1):15–22.
42. Thilander B, Wahlund S, Lennartsson B. The effect of early interceptive treatment in children with posterior cross-bite. *The European Journal of Orthodontics* 1984;6(1):25–34.
43. Gabriel de Silva Fo O, Boas CV, Capelozza LFO. Rapid maxillary expansion in the primary and mixed dentitions: A cephalometric evaluation. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1991;100(2):171–9.
44. Sandikçiolu M, Hazar S. Skeletal and dental changes after maxillary expansion in the mixed dentition. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1997;111(3):321–7.
45. Owman-Moll P. The early reparative process of orthodontically induced root resorption in adolescents - location and type of tissue. *The European Journal of Orthodontics* 1998;20(6):727–32.
46. McDonald RE AD. *Dentistry for the child and adolescent*. 6th Edition. United States of America: Mosby-Year Book Inc; 1994.
47. Pinto AS, Buschang PH, Throckmorton GS, Chen P. Morphological and positional asymmetries of young children with functional unilateral posterior crossbite. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2001;120(5):513–20.
48. Bishara SE, Burkey PS, Kharouf JG. Dental and facial asymmetries: a review. *Angle Orthod* 1994;64(2):89–98.
49. Bishara SE, Staley RN. Maxillary expansion: Clinical implications. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1987;91(1):3–14.
50. Moss JP. Rapid expansion of the maxillary arch. II. Indications for rapid expansion. *JPO J Pract Orthod* 1968;2(5):215-23 concl.
51. Gaggl A, Schultes G, Feichtinger M, Santler G, Mossböck R, Kärcher H. Differences in cephalometric and occlusal outcome of cleft palate patients regarding different surgical techniques. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* 2003;31(1):20–6.
52. Perlyn CA, Brownstein JN, Huebener D V, Marsh JL, Nissen RJ, Pilgram T. Occlusal relationship in patients with bilateral cleft lip and palate during the mixed dentition stage: does neonatal maxillary arch configuration predetermine outcome? *Cleft Palate Craniofac J* 2002;39(3):317–21.
53. Wong FK, Hagg U. An update on the aetiology of orofacial clefts. *Hong Kong Med J* 2004;10(5):331–6.
54. Wyszynski DF, Beaty TH. Review of the role of potential teratogens in the origin of human nonsyndromic oral clefts. *Teratology* 1996;53(5):309–17.
55. Kutin G, Hawes RR. Posterior cross-bites in the deciduous and mixed dentitions. *Am J Orthod* 1969;56(5):491–504.
56. Bengi AO, Karacay S, Güven G. A unique treatment of finger-sucking habit in children with mental retardation: report of 2 cases. *Quintessence Int* 2007;38(3):e158-63.
57. Ellingson SA, Miltenberger RG, Stricker JM, Garlinghouse MA, Roberts J, Galensky TL, et al. Analysis And Treatment Of Finger Sucking. *J Appl Behav Anal* 2000;33(1):41–52.
58. Larsson E. The effect of dummy-sucking on the occlusion: a review. *The European Journal of Orthodontics* 1986;8(2):127–30.

59. Øgaard B, Larsson E, Lindsten R. The effect of sucking habits, cohort, sex, intercanine arch widths, and breast or bottle feeding on posterior crossbite in Norwegian and Swedish 3-year-old children. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1994;106(2):161–6.
60. Linder-Aronson S, Lindgren J. The Skeletal and Dental Effects of Rapid Maxillary Expansion. *Br J Orthod* 1979;6(1):25–9.
61. O’Ryan FS, Gallagher DM, LaBanc JP, Epker BN. The relation between nasorespiratory function and dentofacial morphology: A review. *Am J Orthod* 1982;82(5):403–10.
62. Warren DW, Hershey G, Turvey TA, Hinton VA, Hairfield WM. The nasal airway following maxillary expansion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1987;91(2):111–6.
63. Betts NJ. Surgically Assisted Maxillary Expansion. *Atlas of the Oral and Maxillofacial Surgery Clinics* 2016;24(1):67–77.
64. Reyneke JP, Conley RS. Surgical/Orthodontic Correction of Transverse Maxillary Discrepancies. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 2020;32(1):53–69.
65. Dawson PE. New definition for relating occlusion to varying conditions of the temporomandibular joint. *J Prosthet Dent* 1995;74(6):619–27.
66. Guichet NF. Biologic laws governing functions of muscles that move the mandible. Part I. Occlusal programming. *J Prosthet Dent* 1977;37(6):648–56.
67. McNamara JA. Maxillary transverse deficiency. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2000;117(5):567–70.
68. Howes AE. Case analysis and treatment planning based upon the relationship of the tooth material to its supporting bone. *Am J Orthod Oral Surg* 1947;33(8):499–533.
69. Suri L, Taneja P. Surgically assisted rapid palatal expansion: A literature review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2008;133(2):290–302.
70. Sawchuk D, Currie K, Vich ML, Palomo JM, Flores-Mir C. Diagnostic methods for assessing maxillary skeletal and dental transverse deficiencies: A systematic review. *The Korean Journal of Orthodontics* 2016;46(5):331.
71. Gabriel de Silva Fo O, Boas CV, Capelozza LFO. Rapid maxillary expansion in the primary and mixed dentitions: A cephalometric evaluation. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1991;100(2):171–9.
72. Pinkham JR. *Pediatric dentistry: Infancy through adolescence*. Second edition. United States of America: W.B Saunders Company; 1994.
73. Larsson E. Sucking, chewing, and feeding habits and the development of crossbite: a longitudinal study of girls from birth to 3 years of age. *Angle Orthod* 2001;71(2):116–9.
74. Dutra ALT, Cardoso AC, Locks A, Bezerra ACB. Assessment of treatment for functional posterior cross-bites in patients at the deciduous dentition phase. *Braz Dent J* 2004;15(1):54–8.
75. Zimring Jf, Isaacson Rj. Forces Produced By Rapid Maxillary Expansion. 3. Forces Present During Retention. *Angle Orthod* 1965;35:178–86.
76. Patti A DG. *Clinical success in early orthodontic treatment*. İstanbul: Quintessence Publisher Inc; 2005.
77. Kurol J, Berglund L. Longitudinal study and cost-benefit analysis of the effect of early treatment of posterior cross-bites in the primary dentition. *Eur J Orthod* 1992;14(3):173–9.

78. Schröder U, Schröder I. Early treatment of unilateral posterior crossbite in children with bilaterally contracted maxillae. *Eur J Orthod* 1984;6(1):65–9.
79. Kantomaa T. Correction of unilateral crossbite in the deciduous dentition. *Eur J Orthod* 1986;8(2):80–3.
80. Lindner A, Henrikson CO, Odenrick L, Modéer T. Maxillary expansion of unilateral cross-bite in preschool children. *Scand J Dent Res* 1986;94(5):411–8.
81. Lindner A. Longitudinal study on the effect of early interceptive treatment in 4-year-old children with unilateral cross-bite. *Scand J Dent Res* 1989;97(5):432–8.
82. Mitchell L. *An Introduction to Orthodontics*. 3rd ed. New York: Oxford University Press; 2007.
83. DiPaolo RJ. Thoughts on palatal expansion. *J Clin Orthod* 1970;4(9):493–7.
84. Ellen EK, Schneider BJ, Sellke T. A comparative study of anchorage in bioprogressive versus standard edgewise treatment in Class II correction with intermaxillary elastic force. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;114(4):430–6.
85. Hicks EP. Slow maxillary expansion. A clinical study of the skeletal versus dental response to low-magnitude force. *Am J Orthod* 1978;73(2):121–41.
86. Sandıkçiolu M, Hazar S. Skeletal and dental changes after maxillary expansion in the mixed dentition. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1997;111(3):321–7.
87. Işeri H, Ozsoy S. Semirapid maxillary expansion--a study of long-term transverse effects in older adolescents and adults. *Angle Orthod* 2004;74(1):71–8.
88. Halıcıoğlu K Yİ. Literatür derlemesi: üst çene genişletmesinde apareyler ve felsefeler. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2011;
89. Mew JR. Semi-rapid maxillary expansion. *Br Dent J* 1977;143(9):301–6.
90. Kocadereli İ. Rapid Maksiller Ekspansiyon. *Turk J Orthod* 1996;9(1):138–42.
91. Castañer-Peiro A. Interceptive orthodontics: the need for early diagnosis and treatment of posterior crossbites. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2006;11(2):E210–4.
92. Doruk C BA. Rapid maksiller ekspansiyon. *Cumhuriyet Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi* 2000;110–3.
93. Coleman A. On some forms of irregularity of the teeth and their treatment. *Trans Odontolog Soc Gr Brit* 1865;227–50.
94. McQuillen J. Editorial comments on treatment of irregularities of permanent or adult teeth. *Dent Cosmos* 1860;540–1.
95. Landsberger R. Indications for the expansion of the maxilla. *Dent Cosmos* 1910;121.
96. Begg PR. Light arch wire technique. *Am J Orthod* 1961;47(1):30–48.
97. Tweed CH. A philosophy of orthodontic treatment. *Am J Orthod Oral Surg* 1945;31(2):74–103.
98. Spahl TJ WJW. *The clinical management of basic maxillofacial orthopedic appliances*. Hong Kong: Year Book Medical Publishers; 1987.
99. Haas Aj. The Treatment Of Maxillary Deficiency By Opening The Midpalatal Suture. *Angle Orthod* 1965;35:200–17.
100. Haas AJ. Long-term posttreatment evaluation of rapid palatal expansion. *Angle Orthod* 1980;50(3):189–217.
101. Subtelny JD. Oral respiration: facial maldevelopment and corrective dentofacial orthopedics. *Angle Orthod* 1980;50(3):147–64.
102. Adkins MD, Nanda RS, Currier GF. Arch perimeter changes on rapid palatal expansion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1990;97(3):194–9.

103. Schwartz BH, Long RE, Smith RJ, Gipe DP. Early prediction of posterior crossbite in the complete unilateral cleft lip and palate. *Cleft Palate J* 1984;21(2):76–81.
104. Bicakci AA, Agar U, Sökücü O, Babacan H, Doruk C. Nasal airway changes due to rapid maxillary expansion timing. *Angle Orthod* 2005;75(1):1–6.
105. Warren DW, Hershey HG, Turvey TA, Hinton VA, Hairfield WM. The nasal airway following maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987;91(2):111–6.
106. Biederman W. A hygienic appliance for rapid expansion. *JPO J Pract Orthod* 1968;2(2):67–70.
107. Schuster G, Borel-Scherf I, Schopf PM. Frequency of and complications in the use of RPE appliances--results of a survey in the Federal State of Hesse, Germany. *J Orofac Orthop* 2005;66(2):148–61.
108. Akkaya S, Lorenzon S, Uçem TT. A comparison of sagittal and vertical effects between bonded rapid and slow maxillary expansion procedures. *Eur J Orthod* 1999;21(2):175–80.
109. Akkaya S, Lorenzon S, Uçem TT. Comparison of dental arch and arch perimeter changes between bonded rapid and slow maxillary expansion procedures. *Eur J Orthod* 1998;20(3):255–61.
110. Basciftci FA, Karaman AI. Effects of a modified acrylic bonded rapid maxillary expansion appliance and vertical chin cap on dentofacial structures. *Angle Orthod* 2002;72(1):61–71.
111. Howe RP. Palatal expansion using a bonded appliance. Report of a case. *Am J Orthod* 1982;82(6):464–8.
112. Brandt S, Ricketts RM. Interview: Dr. Robert M. Ricketts on growth prediction. 2. *J Clin Orthod* 1975;9(6):340–9, 352–62.
113. Ricketts RM. Dr. Robert M. Ricketts on early treatment (part 2). *J Clin Orthod* 1979;13(2):115–27.
114. Ricketts RM. Dr. Robert M. Ricketts on early treatment. (Part 3). *J Clin Orthod* 1979;13(3):181–99.
115. Wendling LK, McNamara JA, Franchi L, Baccetti T. A prospective study of the short-term treatment effects of the acrylic-splint rapid maxillary expander combined with the lower Schwarz appliance. *Angle Orthod* 2005;75(1):7–14.
116. Spolyar JL. The design, fabrication, and use of a full-coverage bonded rapid maxillary expansion appliance. *Am J Orthod* 1984;86(2):136–45.
117. Arndt W V. Nickel titanium palatal expander. *J Clin Orthod* 1993;27(3):129–37.
118. Darendeliler MA, Lorenzon C. Maxillary expander using light, continuous force and autoblocking. *J Clin Orthod* 1996;30(4):212–6.
119. Isaacson RJ IA. Forces present during treatment. *Angle Orthodontist* 1964;261.
120. Storey E. Tissue response to the movement of bones. *Am J Orthod* 1973;64(3):229–47.
121. Biederman W. Rapid correction of Class 3 malocclusion by midpalatal expansion. *Am J Orthod* 1973;63(1):47–55.
122. da Silva Filho OG, Boas MC, Capelozza Filho L. Rapid maxillary expansion in the primary and mixed dentitions: a cephalometric evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991;100(2):171–9.
123. Wertz RA. Skeletal and dental changes accompanying rapid midpalatal suture opening. *Am J Orthod* 1970;58(1):41–66.
124. Baccetti T, Franchi L, Cameron CG, McNamara JA. Treatment timing for rapid maxillary expansion. *Angle Orthod* 2001;71(5):343–50.

125. Baccetti T, Franchi L, Cameron CG, McNamara JA. Treatment timing for rapid maxillary expansion. *Angle Orthod* 2001;71(5):343–50.
126. Bell RA. A review of maxillary expansion in relation to rate of expansion and patient's age. *Am J Orthod* 1982;81(1):32–7.
127. Melsen B. Palatal growth studied on human autopsy material. *Am J Orthod* 1975;68(1):42–54.
128. Persson M, Thilander B. Palatal suture closure in man from 15 to 35 years of age. *Am J Orthod* 1977;72(1):42–52.
129. Haas AJ. Palatal expansion: Just the beginning of dentofacial orthopedics. *Am J Orthod* 1970;57(3):219–55.
130. Cureton SL, Cuenin M. Surgically assisted rapid palatal expansion: orthodontic preparation for clinical success. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;116(1):46–59.
131. Proffit WR. *Contemporary Orthodontics*. United States of America: CV Mosby; 2000.
132. Knaup B, Yildizhan F, Wehrbein H. Age-related changes in the midpalatal suture. A histomorphometric study. *J Orofac Orthop* 2004;65(6):467–74.
133. Byrum AG. Evaluation of anterior-posterior and vertical skeletal change vs. dental change in rapid palatal expansion cases as studied by lateral cephalograms. *Am J Orthod* 1971;60(4):419.
134. Krebs A. Expansion of the Midpalatal Suture, Studied by Means of Metallic Implants. *Acta Odontol Scand* 1959;17(4):491–501.
135. S. Akkaya Et Al. Evaluation of the Effects of Maxillary Expansion on the Nasopharyngeal Area. *World J Orthod* 2002;3:211–6.
136. da Silva Filho OG, Montes LA, Torelly LF. Rapid maxillary expansion in the deciduous and mixed dentition evaluated through posteroanterior cephalometric analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;107(3):268–75.
137. Starnbach H, Bayne D, Cleall J, Subtelny JD. Facioskeletal and dental changes resulting from rapid maxillary expansion. *Angle Orthod* 1966;36(2):152–64.
138. Işeri H, Tekkaya AE, Oztan O, Bilgiç S. Biomechanical effects of rapid maxillary expansion on the craniofacial skeleton, studied by the finite element method. *Eur J Orthod* 1998;20(4):347–56.
139. Jafari A, Shetty KS, Kumar M. Study of stress distribution and displacement of various craniofacial structures following application of transverse orthopedic forces--a three-dimensional FEM study. *Angle Orthod* 2003;73(1):12–20.
140. Doruk C, Bicakci AA, Basciftci FA, Agar U, Babacan H. A comparison of the effects of rapid maxillary expansion and fan-type rapid maxillary expansion on dentofacial structures. *Angle Orthod* 2004;74(2):184–94.
141. Davis WM, Kronman JH. Anatomical changes induced by splitting of the midpalatal suture. *Angle Orthod* 1969;39(2):126–32.
142. Chang JY, McNamara JA, Herberger TA. A longitudinal study of skeletal side effects induced by rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112(3):330–7.
143. Majourau A, Nanda R. Biomechanical basis of vertical dimension control during rapid palatal expansion therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994;106(3):322–8.
144. Memikoglu TU, Işeri H. Effects of a bonded rapid maxillary expansion appliance during orthodontic treatment. *Angle Orthod* 1999;69(3):251–6.

145. Vanarsdall RL. Periodontal/orthodontic interrelationships. In: T. M. Graber and B. F. Swain, editor. *Orthodontics, current principles and techniques*. Mosby Inc; 1994.
146. Ballanti F, Lione R, Fanucci E, Franchi L, Baccetti T, Cozza P. Immediate and post-retention effects of rapid maxillary expansion investigated by computed tomography in growing patients. *Angle Orthod* 2009;79(1):24–9.
147. Akin M, Akgul YE, Ileri Z, Basciftci FA. Three-dimensional evaluation of hybrid expander appliances: A pilot study. *Angle Orthod* 2016;86(1):81–6.
148. Engström C, Granström G, Thilander B. Effect of orthodontic force on periodontal tissue metabolism. A histologic and biochemical study in normal and hypocalcemic young rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988;93(6):486–95.
149. Küçükkeleş N, Ceylanoğlu C. Changes in lip, cheek, and tongue pressures after rapid maxillary expansion using a diaphragm pressure transducer. *Angle Orthod* 2003;73(6):662–8.
150. Biederman W. A hygienic appliance for rapid expansion. *JPO J Pract Orthod* 1968;2(2):67–70.
151. Asanza S, Cisneros GJ, Nieberg LG. Comparison of Hyrax and bonded expansion appliances. *Angle Orthod* 1997;67(1):15–22.
152. Harorlı A YAAH. *Radyolojide Temel Kavramlar ve Radyodiagnostik*. 1st ed. 2001.
153. Gonzalvo L RT. Revisión clínica de las reabsorciones radiculares. *Endod* 1992;113–42.
154. Brezniak N, Wasserstein A. Orthodontically induced inflammatory root resorption. Part I: The basic science aspects. *Angle Orthod* 2002;72(2):175–9.
155. Ketcham AH. A Radiographic Study of Orthodontic Tooth Movement: A Preliminary Report**Read before the Section on Orthodontia at the Seventh International Dental Congress, Philadelphia, Pa., Aug. 25, 1926. *The Journal of the American Dental Association* (1922) 1927;14(9):1577–98.
156. Becks H MJ. Resorption or absorption? *Journal of the American Dental Association* 1932;1528–37.
157. Oppenheim A. Biologic orthodontic therapy and reality: Part III. *Angle Orthod* 1936;69–116.
158. Rudolph CE. An Evaluation of Root Resorption Occurring During Orthodontic Treatment. *J Dent Res* 1940;19(4):367–71.
159. Andreasen JO. In: Davidovitch Z, ed. *Proceedings of the International Conference on the Biological Mechanisms of Tooth Eruption and Root Resorption*. In: Review of root resorption systems and models: biology of root resorption and the homeostatic mechanisms of the periodontal ligament. 1988. page 9–21.
160. Fuss Z, Tsesis I, Lin S. Root resorption – diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors. *Dental Traumatology* 2003;19(4):175–82.
161. Brezniak N, Wasserstein A. Root resorption after orthodontic treatment: Part 1. Literature review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1993;103(1):62–6.
162. Brezniak N, Wasserstein A. Root resorption after orthodontic treatment: Part 2. Literature review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1993;103(2):138–46.
163. McNab S, Battistutta D, Taverne A, Symons AL. External apical root resorption following orthodontic treatment. *Angle Orthod* 2000;70(3):227–32.
164. Brezniak N, Wasserstein A. Orthodontically induced inflammatory root resorption. Part I: The basic science aspects. *Angle Orthod* 2002;72(2):175–9.

165. Reitan K. Initial tissue behavior during apical root resorption. *Angle Orthod* 1974;44(1):68–82.
166. Oppenheim A. Tissue changes, particularly of the bone, incident to tooth movement. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1911;57–67.
167. Farrar JA. *Treatise on the irregularities of the teeth and their correction*. De Vinne Press 1888;
168. Bassett CAL, Becker RO. Generation of Electric Potentials by Bone in Response to Mechanical Stress. *Science* (1979) 1962;137(3535):1063–4.
169. Zengo AN, Pawluk RJ, Bassett CAL. Stress-induced bioelectric potentials in the dentoalveolar complex. *Am J Orthod* 1973;64(1):17–27.
170. Rygh P. Orthodontic root resorption studied by electron microscopy. *Angle Orthod* 1977;47(1):1–16.
171. Ishiguro K, Nakagaki H, Takeuchi K, Mukai M, Yoshika I, Miyauchi K, et al. Distribution of fluoride in the dental tissues and their supporting mandibular bone from the same individual. *Arch Oral Biol* 1994;39(6):535–7.
172. Brudvik P, Rygh P. Root resorption beneath the main hyalinized zone. *The European Journal of Orthodontics* 1994;16(4):249–63.
173. Tyrovola JB, Perrea D, Halazonetis DJ, Dontas I, Vlachos IS, Makou M. Relation of soluble RANKL and osteoprotegerin levels in blood and gingival crevicular fluid to the degree of root resorption after orthodontic tooth movement. *J Oral Sci* 2010;52(2):299–311.
174. Simonet WS, Lacey DL, Dunstan CR, Kelley M, Chang MS, Lüthy R, et al. Osteoprotegerin: A Novel Secreted Protein Involved in the Regulation of Bone Density. *Cell* 1997;89(2):309–19.
175. Tsuda E, Goto M, Mochizuki S ichi, Yano K, Kobayashi F, Morinaga T, et al. Isolation of a Novel Cytokine from Human Fibroblasts That Specifically Inhibits Osteoclastogenesis. *Biochem Biophys Res Commun* 1997;234(1):137–42.
176. Boyce BF, Xing L. Biology of RANK, RANKL, and osteoprotegerin. *Arthritis Res Ther* 2007;9(Suppl 1):S1.
177. Blair JM, Zheng Y, Dunstan CR. RANK ligand. *Int J Biochem Cell Biol* 2007;39(6):1077–81.
178. Newman WG. Possible etiologic factors in external root resorption. *Am J Orthod* 1975;67(5):522–39.
179. Harris EF, Kineret SE, Tolley EA. A heritable component for external apical root resorption in patients treated orthodontically. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1997;111(3):301–9.
180. Al-Qawasmi RA, Hartsfield JK, Everett ET, Flury L, Liu L, Foroud TM, et al. Genetic predisposition to external apical root resorption. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2003;123(3):242–52.
181. Hartsfield JK, Everett ET, Al-Qawasmi RA. Genetic Factors in External Apical Root Resorption and Orthodontic Treatment. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine* 2004;15(2):115–22.
182. Bastos Lages EM, Drummond AF, Pretti H, Costa FO, Lages EJP, Gontijo AI, et al. Association of functional gene polymorphism IL-1 β in patients with external apical root resorption. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2009;136(4):542–6.
183. Poumpros E, Loberg E, Engström C. Thyroid function and root resorption. *Angle Orthod* 1994;64(5):389–93; discussion 394.

184. Goultschin J, Nitzan D, Azaz B. Root resorption. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1982;54(5):586–90.
185. Goldie RS, King GJ. Root resorption and tooth movement in orthodontically treated, calcium-deficient, and lactating rats. *Am J Orthod* 1984;85(5):424–30.
186. Engström C, Granström G, Thilander B. Effect of orthodontic force on periodontal tissue metabolism a histologic and biochemical study in normal and hypocalcemic young rats. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1988;93(6):486–95.
187. Flavus MJ. *Primer on the metabolic bone disease and disorders of mineral metabolism*. Third edition. New York, USA: Lippincott-Raven publishers; 1996.
188. Verna C, Dalstra M, Melsen B. Bone turnover rate in rats does not influence root resorption induced by orthodontic treatment. *Eur J Orthod* 2003;25(4):359–63.
189. McNab S, Battistutta D, Taverne A, Symons AL. External apical root resorption following orthodontic treatment. *Angle Orthod* 2000;70(3):227–32.
190. Seifi M. The effect of prostaglandin E2 and calcium gluconate on orthodontic tooth movement and root resorption in rats. *The European Journal of Orthodontics* 2003;25(2):199–204.
191. Sekhavat AR, Mousavizadeh K, Pakshir HR, Aslani FS. Effect of misoprostol, a prostaglandin E1 analog, on orthodontic tooth movement in rats. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2002;122(5):542–7.
192. Kameyama Y, Nakane S, Maeda H, Fujita K, Takesue M, Sato E. Inhibitory effect of aspirin on root resorption induced by mechanical injury of the soft periodontal tissues in rats. *J Periodontal Res* 1994;29(2):113–7.
193. Villa P, Oberti G, Moncada C, Vasseur O, Jaramillo A, Tobon D, et al. Pulp-Dentine Complex Changes and Root Resorption During Intrusive Orthodontic Tooth Movement in Patients Prescribed Nabumetone. *J Endod* 2005;31(1):61–6.
194. Goldin B. Labial root torque: effect on the maxilla and incisor root apex. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989;95(3):208–19.
195. McFadden WM, Engstrom C, Engstrom H, Anholm JM. A study of the relationship between incisor intrusion and root shortening. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989;96(5):390–6.
196. Beck BW, Harris EF. Apical root resorption in orthodontically treated subjects: analysis of edgewise and light wire mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994;105(4):350–61.
197. Sameshima GT, Sinclair PM. Predicting and preventing root resorption: Part I. Diagnostic factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;119(5):505–10.
198. Fritz U, Diedrich P, Wiechmann D. Apical root resorption after lingual orthodontic therapy. *J Orofac Orthop* 2003;64(6):434–42.
199. Kjaer I. Morphological characteristics of dentitions developing excessive root resorption during orthodontic treatment. *The European Journal of Orthodontics* 1995;17(1):25–34.
200. Horiuchi A, Hotokezaka H, Kobayashi K. Correlation between cortical plate proximity and apical root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;114(3):311–8.
201. Spurrier SW, Hall SH, Joondeph DR, Shapiro PA, Riedel RA. A comparison of apical root resorption during orthodontic treatment in endodontically treated and vital teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990;97(2):130–4.
202. Baumrind S, Korn EL, Boyd RL. Apical root resorption in orthodontically treated adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;110(3):311–20.

203. Linge BO, Linge L. Apical root resorption in upper anterior teeth. *Eur J Orthod* 1983;5(3):173–83.
204. Abass SK, Hartsfield JK. Orthodontics and External Apical Root Resorption. *Semin Orthod* 2007;13(4):246–56.
205. Segal G, Schiffman P, Tuncay O. Meta analysis of the treatment-related factors of external apical root resorption. *Orthod Craniofac Res* 2004;7(2):71–8.
206. Fox N. Longer orthodontic treatment may result in greater external apical root resorption. *Evid Based Dent* 2005;6(1):21–21.
207. Sameshima GT, Sinclair PM. Predicting and preventing root resorption: Part II. Treatment factors. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2001;119(5):511–5.
208. Levander E, Malmgren O, Eliasson S. Evaluation of root resorption in relation to two orthodontic treatment regimes. A clinical experimental study. *The European Journal of Orthodontics* 1994;16(3):223–8.
209. Harris EF, Baker WC. Loss of root length and crestal bone height before and during treatment in adolescent and adult orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990;98(5):463–9.
210. Linge L, Linge BO. Patient characteristics and treatment variables associated with apical root resorption during orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1991;99(1):35–43.
211. Ballard DJ, Jones AS, Petocz P, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: Part 11. Continuous vs intermittent controlled orthodontic forces on root resorption. A microcomputed-tomography study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2009;136(1):8.e1-8.e8.
212. Weiland F. Constant versus dissipating forces in orthodontics: the effect on initial tooth movement and root resorption. *The European Journal of Orthodontics* 2003;25(4):335–42.
213. Reitan K. Effects of force magnitude and direction of tooth movement on different alveolar bone types. *Angle Orthod* 1964;244–55.
214. Erverdi N, Okar I, Küçükkeles N, Arbak S. A comparison of two different rapid palatal expansion techniques from the point of root resorption. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1994;106(1):47–51.
215. Ateş FN. Hızlı Üst Çene Genişletmesinin Kraniofasiyal Yapılara Etkilerinin, Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi Görüntüleme Ve Üçboyutlu Sefalometri Yöntemleri İle incelenmesi. 2012;
216. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc* 2006;72(1):75–80.
217. Garrett BJ, Caruso JM, Rungcharassaeng K, Farrage JR, Kim JS, Taylor GD. Skeletal effects to the maxilla after rapid maxillary expansion assessed with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134(1):8–9.
218. Lagravère MO, Carey J, Heo G, Toogood RW, Major PW. Transverse, vertical, and anteroposterior changes from bone-anchored maxillary expansion vs traditional rapid maxillary expansion: A randomized clinical trial. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2010;137(3):304.e1-304.e12.
219. Alqerban A, Jacobs R, Fieuws S, Willems G. Comparison of two cone beam computed tomographic systems versus panoramic imaging for localization of impacted maxillary canines and detection of root resorption. *The European Journal of Orthodontics* 2011;33(1):93–102.

220. Baysal A, Karadede I, Hekimoglu S, Ucar F, Ozer T, Veli İ, et al. Evaluation of root resorption following rapid maxillary expansion using cone-beam computed tomography. *Angle Orthod* 2012;82(3):488–94.
221. Lee W. Experimental study of the effect of prostaglandin administration on tooth movement—With particular emphasis on the relationship to the method of PGE1 administration. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1990;98(3):231–41.
222. Yamasaki K. The Role of Cyclic AMP, Calcium, and Prostaglandins in the Induction of Osteoclastic Bone Resorption Associated with Experimental Tooth Movement. *J Dent Res* 1983;62(8):877–81.
223. Darendeliler MA, Sinclair PM, Kusy RP. The effects of samarium-cobalt magnets and pulsed electromagnetic fields on tooth movement. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1995;107(6):578–88.
224. 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.
225. Frost HM. The biology of fracture healing. An overview for clinicians. Part I. *Clin Orthop Relat Res* 1989;(248):283–93.
226. Frost HM. The biology of fracture healing. An overview for clinicians. Part II. *Clin Orthop Relat Res* 1989;(248):294–309.
227. Frost HM. A 2003 update of bone physiology and Wolff’s Law for clinicians. *Angle Orthod* 2004;74(1):3–15.
228. Schilling T, Müller M, Minne HW, Ziegler R. Influence of Inflammation-Mediated Osteopenia on the Regional Acceleratory Phenomenon and the Systemic Acceleratory Phenomenon During Healing of a Bone Defect in the Rat. *Calcif Tissue Int* 1998;63(2):160–6.
229. 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.
230. Buschang PH, Campbell PM, Ruso S. Accelerating Tooth Movement With Corticotomies: Is It Possible and Desirable? *Semin Orthod* 2012;18(4):286–94.
231. Pavlíková G, Foltán R, Horká M, Hanzelka T, Borunská H, Šedý J. Piezosurgery in oral and maxillofacial surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2011;40(5):451–7.
232. Dibart S, Sebaoun JD, Surmenian J. Piezocision: a minimally invasive, periodontally accelerated orthodontic tooth movement procedure. *Compend Contin Educ Dent* 2009;30(6):342–4, 346, 348–50.
233. Keser EI, Dibart S. Sequential piezocision: A novel approach to accelerated orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2013;144(6):879–89.
234. Houston WJB. The analysis of errors in orthodontic measurements. *Am J Orthod* 1983;83(5):382–90.
235. Garib DG, Henriques JFC, Janson G, de Freitas MR, Fernandes AY. Periodontal effects of rapid maxillary expansion with tooth-tissue-borne and tooth-borne expanders: A computed tomography evaluation. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2006;129(6):749–58.
236. Baysal A, Uysal T, Veli I, Ozer T, Karadede I, Hekimoglu S. Evaluation of alveolar bone loss following rapid maxillary expansion using cone-beam computed tomography. *The Korean Journal of Orthodontics* 2013;43(2):83.
237. Alpern MC, Yurosko JJ. Rapid palatal expansion in adults with and without surgery. *Angle Orthod* 1987;57(3):245–63.

238. Lamparski DG, Rinchuse DJ, Close JM, Sciote JJ. Comparison of skeletal and dental changes between 2-point and 4-point rapid palatal expanders. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2003;123(3):321–8.
239. Başçiftçi FA. Modifiye akrilik bonded rapid maksiller ekspansiyon apareyi ve vertikal çeneliğin dentofasiyal yapılar üzerine etkisi. 2001;
240. Lagravère MO, Carey J, Heo G, Toogood RW, Major PW. Transverse, vertical, and anteroposterior changes from bone-anchored maxillary expansion vs traditional rapid maxillary expansion: A randomized clinical trial. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2010;137(3):304.e1-304.e12.
241. Rosa M, Lucchi P, Manti G, Caprioglio A. Rapid Palatal Expansion in the absence of posterior cross-bite to intercept maxillary incisor crowding in the mixed dentition: a CBCT evaluation of spontaneous changes of untouched permanent molars. *Eur J Paediatr Dent* 2016;17(4):286–94.
242. Harris DA, Jones AS, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: Part 8. Volumetric analysis of root resorption craters after application of controlled intrusive light and heavy orthodontic forces: A microcomputed tomography scan study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2006;130(5):639–47.
243. Cheng LL, Türk T, Elekdağ-Türk S, Jones AS, Petocz P, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: Part 13. Repair of root resorption 4 and 8 weeks after the application of continuous light and heavy forces for 4 weeks: A microcomputed-tomography study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2009;136(3):320.e1-320.e10.
244. Bartley N, Türk T, Colak C, Elekdağ-Türk S, Jones A, Petocz P, et al. Physical properties of root cementum: Part 17. Root resorption after the application of 2.5° and 15° of buccal root torque for 4 weeks: A microcomputed tomography study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2011;139(4):e353–60.
245. Suomalainen A, Vehmas T, Kortensniemi M, Robinson S, Peltola J. Accuracy of linear measurements using dental cone beam and conventional multislice computed tomography. *Dentomaxillofacial Radiology* 2008;37(1):10–7.
246. Dindaroğlu F, Doğan S. Evaluation and comparison of root resorption between tooth-borne and tooth-tissue borne rapid maxillary expansion appliances: A CBCT study. *Angle Orthod* 2016;86(1):46–52.
247. Yildirim M, Akin M. Comparison of root resorption after bone-borne and tooth-borne rapid maxillary expansion evaluated with the use of microtomography. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2019;155(2):182–90.
248. Chang JH, Lee JW. Factors affecting external apical root resorption of maxillary incisors associated with microimplant-assisted rapid palatal expansion. *Korean J Orthod* 2024;54(6):392–402.
249. Vercellotti T. Technological characteristics and clinical indications of piezoelectric bone surgery. *Minerva Stomatol* 2004;53(5):207–14.
250. Sultana S Rnlsaab. Innovations in Flapless Corticotomy to Accelerate Orthodontic Tooth Movement: A Review Focusing on the Different Techniques, Limitations and Future Possibilities. . *Malaysian Journal of Medicine and Health Sciences* 2020;16(2):2626–9346.

251. Uribe F, Davoody L, Mehr R, Jayaratne YSN, Almas K, Sobue T, et al. Efficiency of piezotome-corticision assisted orthodontics in alleviating mandibular anterior crowding—a randomized clinical trial. *Eur J Orthod* 2017;39(6):595–600.
252. 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.
253. Wilcko MT, Wilcko WM, Pulver JJ, Bissada NF, Bouquot JE. Accelerated Osteogenic Orthodontics Technique: A 1-Stage Surgically Facilitated Rapid Orthodontic Technique With Alveolar Augmentation. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 2009;67(10):2149–59.
254. Frost HM. The regional acceleratory phenomenon: a review. *Henry Ford Hosp Med J* 1983;31(1):3–9.
255. Kim SJ, Park YG, Kang SG. Effects of Corticision on Paradental Remodeling in Orthodontic Tooth Movement. *Angle Orthod* 2009;79(2):284–91.
256. Alqadasi B, Xia HY, Alhammadi MS, Hasan H, Aldhorae K, Halboub E. Three-dimensional assessment of accelerating orthodontic tooth movement—microosteoperforations vs piezocision: A randomized, parallel-group and split-mouth controlled clinical trial. *Orthod Craniofac Res* 2021;24(3):335–43.
257. Arana JG, Rey D, Ríos H, Álvarez MA, Cevidanes L, Ruellas AC, et al. Root resorption in relation to a modified piezocision technique. *Angle Orthod* 2022;92(3):347–52.
258. Yamaguchi M, Fukasawa S. Is Inflammation a Friend or Foe for Orthodontic Treatment?: Inflammation in Orthodontically Induced Inflammatory Root Resorption and Accelerating Tooth Movement. *Int J Mol Sci* 2021;22(5):2388.
259. Alhajja ESA, Al-Areqi MM, AlShami R, Al Maaitah EF, Wahadni A Al. Effect of piezocision-assisted lower second molar protraction on periodontal tissues, alveolar bone height, and lower second molar root resorption. *Angle Orthod* 2023;93(3):306–12.
260. Charavet C, Lecloux G, Vandenberghe B, Lambert F. Buccal bone regeneration combined with piezocision in adult orthodontic patients: Clinical, 3D radiographic, and patient-reported outcomes. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg* 2021;122(6):549–56.
261. Strippoli J, Schmittbuhl M, Durand R, Rompré P, Turkewicz J, Voyer R, et al. Impact of piezocision-assisted orthodontics on root resorption and alveolar bone: a prospective observational study. *Clin Oral Investig* 2021;25(7):4341–8.
262. Patterson BM, Dalci O, Papadopoulou AK, Madukuri S, Mahon J, Petocz P, et al. Effect of piezocision on root resorption associated with orthodontic force: A microcomputed tomography study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2017;151(1):53–62.
263. Papadopoulos N, Beindorff N, Hoffmann S, Jost-Brinkmann PG, Präger TM. Impact of piezocision on orthodontic tooth movement. *Korean J Orthod* 2021;51(6):366–74.
264. Teixeira CC, Khoo E, Tran J, Chartres I, Liu Y, Thant LM, et al. Cytokine Expression and Accelerated Tooth Movement. *J Dent Res* 2010;89(10):1135–41.

EKLER

Ek 1. Etik Kurul Kararı



T.C.
ALANYA ALAADDİN KEYKUBAT ÜNİVERSİTESİ DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
GİRİŞİMSSEL OLMAYAN KLİNİK VE GÖZLEMSEL ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARARI

ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	
	AÇIK ADRESİ:	
	TELEFON	
	FAKS	
	E-POSTA	

PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ UNVANI/ADI/SOYADI	Prof. Dr. Mehmet AKIN
ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Hızlı Üst Çene Genişletmesi Srasında Oluşan Kık Rezorpsiyonunun İyileşmesine Piezosizyon Uygulaması Etkisinin Karşılaştırmalı Değerlendirmesi
DESTEKLEYİCİ	

KARAR BİLGİLERİ	Karar No: 1-4	Tarih: 18/09/2024
	Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmannın/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmannın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir.	

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Tuğçe Esra	Uyruğu	
Soyadı	GÜNEŞ	Tel no	
Doğum tarihi		e-posta	

Eğitim Bilgileri

Mezun olduğu kurum		Mezuniyet yılı
Lise		
Lisans/Yüksek Lisans		
Uzmanlık		

İş Deneyimi

Görevi	Kurum	Süre (yıl-yıl)

Yabancı Dilleri	Sınav türü	Puanı
İngilizce	Yökdil Sınavı	62,5

Proje Deneyimi

Proje Adı	Destekleyen kurum	Süre (Yıl-Yıl)
-	-	-

Yayımlar ve Bildiriler

- 2022, 25th Congress of Balkan Stomatological Society, Assesment of an Orthodontic Adhesive with Combined Primer and Composite, Sözlü Sunum, Sarajevo.
- 2022, 25th Congress of Balkan Stomatological Society, Comparison of the Effects of Tooth-Borne and Bone-Borne Rapid Palatal Expansion on the Nasal Tissue , Sözlü Sunum, Sarajevo.
- 2022, 18. Uluslararası Türk Ortodonti Derneği Kongresi, Ön Açık Kapanışlı Genç Hastalarda Minivida Destekli Güncel Tedavi Yaklaşımı, Sözlü Sunum, Antalya.
- 2023, 26th Congress of Balkan Stomatological Society, Dental Arch And Palatal Area Changes Associated With Bone-Borne Rapid Palatal Expansion, Sözlü Sunum, Skopje.

- 2023, 18. Uluslararası Türk Ortodonti Derneği Sempozyumu, Genişletme tipinin kk rezorpsiyonuna etkisi var mıdır? , Szl Sunum, İstanbul.
- 2025, Kitap Blm, Gncel Ortodonti alışmaları V, Gml Kaninler ve Tedavi Alternatifleri, Akademisyen Yayınevi.
- Tugce Esra Gunes, Mehmet Akin, Comparative Evaluation of the Effects of Conventional and Hybrid Maxillary Expansion on Nasal Tissue, Research Article, Selcuk Dental Journal, 2025, id: 1655326.
- Filiz Uslu, Tugce Esra Gunes, Mehmet Akin, Hayri Akman, A Comparison of the Effectiveness of Combined Primer and Adhesive Systems in Orthodontic Bonding: An In Vitro Study, J Clin Med, 2025 Jul 10;14(14):4892. doi: 10.3390/jcm14144892.

