

T.C

İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ

**HIZLI ÜST ÇENE GENİŞLETMESİNDE UYGULANAN
DİŞ DESTEKLİ YA DA DİŞ-DOKU DESTEKLİ
APAREYLERİN VE FARKLI VİDA ÇEVİRME
PROTOKOLLERİNİN KÖK REZORPSİYONU İLE
İLİŞKİSİNİN MİKRO BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ
İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

RUKİYE ALÇİN

İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Ortodonti Anabilim Dalı

Uzmanlık Tezi

Danışman Öğretim Üyeleri

Prof. Dr. SİDDİK MALKOÇ

Doç. Dr. ASLIHAN UZEL

Bu araştırma 1002 – TÜBİTAK – Hızlı Destek Programı tarafından **214S051** Proje numarası ile desteklenmiştir.

MALATYA

2017

Kabul ve Onay Sayfası



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
1.GİRİŞ.....	1
2.GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Üst Çene Genişletmesi.....	4
2.1.1. Tarihçe	4
2.1.2. Üst Çene Darlığının Etyolojisi	5
2.1.3. Üst Çene Genişletmesinin Endikasyonları	6
2.1.4. Üst Çene Genişletmesinde Kullanılan Apareyler	7
2.2. Üst Çene Genişletme Yöntemleri	11
2.2.1. Hızlı Üst Çene Genişletmesi.....	11
2.2.2. Yavaş Üst Çene Genişletmesi.....	13
2.2.3. Yarı Hızlı Üst Çene Genişletmesi	14
2.3. Üst Çene Genişletmesi ve Yaş ilişkisi	14
2.4. Üst Çene Genişletmesi ve Komplikasyonları	16
2.5. Kök Rezorpsiyonu	17
2.5.1. Kök Rezorpsiyonu Tanımı ve Tarihçesi	17
2.5.2. Ortodontik Olarak İndüklenmiş İltihabi Kök Rezorpsiyonu	18
2.5.3. Ortodontik Olarak İndüklenmiş İltihabi Kök Rezorpsiyonunun Hücresel Süreci.....	22
2.5.4. Kök Rezorpsiyonunun Tanısında ve Ölçümünde Kullanılan Yöntemler	24

2.5.5. Üst Çene Genişletmesi ve Kök Rezorpsiyonu.....	26
3. BİREYLER VE YÖNTEM	29
3.1. Bireylerin Tedaviye Kabul Edilmesi	29
3.2. Üst Çene Genişletmesi İçin Kullanılan Apareyler ve Özellikleri.....	32
3.2.1. Hyrax Apareyi	32
3.2.2. Akrilik Bonded Apareyi	33
3.2.3. Modifiye Akrilik Bonded Apareyi	32
3.2.4. Hibrit Maksiller Genişletme Apareyi	33
3.3. Apareylerin Klinik Uygulaması.....	34
3.4. Dişlerin Çekimi.....	34
3.5. Kök Yüzeylerinin Üç Boyutlu Analizi	34
3.6. Mikro-BT Görüntülerinin Analize Hazırlanması	36
3.7. Mikro BT Görüntülerinin Analizi.....	37
3.8. İstatistiksel Yöntem	42
4.BULGULAR	43
4.1. Aparey Gruplarına Ait Kök Rezorpsiyon Bulguları.....	43
4.1.1. Aparey Gruplarının Toplam Rezorpsiyon Krater Hacim ve Sayısı Açısından Karşılaştırılması.....	43
4.1.2. Aparey Gruplarının Farklı Bölgelerde Ölçülen Rezorpsiyon Krater Hacim ve Sayısı Açısından Karşılaştırılması.....	48
4.2. Kök Yüzeyindeki Bölgesel Farklılıkların Değerlendirilmesi	52
5.TARTIŞMA	54
5.1. Bireylerin Seçimi.....	54
5.2. Genişletme Apareyleri ve Çevirme Protokolleri	54
5.3. Kök Rezorpsiyonlarını Değerlendirme Yöntemi.....	57
5.4. Bulguların Değerlendirilmesi	58
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	64

KAYNAKLAR	65
EKLER	84
EK-1. Özgeçmiş.....	84
EK-2. Etik Kurul Onayı.....	85
EK-3. Hasta Onam Formu	88
EK-4. Proje Onayı	89



TEŞEKKÜR

Tezimin her aşamasında ve uzmanlık eğitimimde klinik ve akademik tecrübeleriyle bana yol gösteren değerli hocam Prof. Dr. Sıddık Malkoç'a,

Tez danışmanlığı süresince zamanını ve değerli bilgilerini benden esirgemeyen, pozitif enerjisi ve güleryüzüyle bana destek olan sayın danışmanım Doç. Dr. Aslıhan Uzel'e,

Başta Prof. Dr. Serdar Toroğlu olmak üzere Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı öğretim üyelerine,

Ortodonti eğitimim süresince bana pratik ve teorik olarak katkıda bulunan, tecrübe ve deneyimlerini benimle paylaşan Anabilim Dalımızda görev yapmış olan ve görev yapmakta olan değerli tüm öğretim üyelerine, birlikte çalıştığım araştırma görevlisi ve uzmanlık öğrencisi arkadaşlarıma,

Uzmanlık tezimi destekleyen, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na

Her zaman yanımda olan, annem, babam ve kardeşlerime

sonsuz teşekkürlerimi sunarım...

ÖZET

Hızlı Üst Çene Genişletmesinde Uygulanan Diş Destekli ya da Diş-Doku Destekli Apareylerin ve Farklı Vida Çevirme Protokollerinin Kök Rezorpsiyonu ile İlişkisinin Mikro Bilgisayarlı Tomografi ile Değerlendirilmesi

Bu çalışmanın amacı, üst çene genişletmesinde kullanılan farklı aparey tasarımlarının ve farklı genişletme protokollerinin kök rezorpsiyonu üzerindeki etkisini değerlendirmektir.

Çalışma üst çene genişletme ihtiyacı olan ve üst birinci premolar dişlere çekim endikasyonu konulan toplam 50 hastadan oluşmaktadır. Hastalar hyrax (15 birey), akrilik bonded (15 birey), modifiye akrilik bonded (15 birey) ve hibrit apareyinden (5 birey) oluşan 4 ana gruba ayrıldı. Hyrax, akrilik bonded ve modifiye akrilik bonded grupları tekrar kendi içinde 3 alt gruba ayrılarak genişletme vidası Grup 1'de günde bir aktivasyon, Grup 2'de günde iki aktivasyon ve Grup 3'te ilk hafta günde iki, devam eden günlerde ise iki günde bir aktivasyon uygulandı. Hibrit grubunda ise günde bir aktivasyon yapıldı. Genişletme tamamlandıktan sonra tüm hastalara 12 haftalık pekiştirme dönemi uygulandı. Üst birinci premolar dişler çekildi ve Mikro-BT (SkyScan 1172, Belgium) ile tarandı. Rezorpsiyon kraterlerine ait analizler ise CTAn (Skyscan, Kontich, Belgium) yazılım programı ile yapıldı.

Kök rezorpsiyon hacim ve krater sayısı en az hibrit üst çene genişletme apareyinde görüldü ($p<0,001$). Diğer gruplar arasında ise toplam kök rezorpsiyonu açısından farklılık bulunmadı ($p>0,05$). Kök rezorpsiyonunun bukkal bölgede yoğunlaştığı tespit edildi.

Sonuç olarak bütün genişletme apareyleri ve genişletme protokolleri kök rezorpsiyonuna neden olmaktadır. Bununla birlikte hibrit apareyi ile yapılan üst çene genişletmesi diğer geleneksel apareylere göre daha az kök rezorpsiyonu ile sonuçlanmaktadır.

Anahtar kelimeler: Hızlı üst çene genişletmesi, kök rezorpsiyonu, Mikro-BT

ABSTRACT

The Evaluation of the Relationship With Root Resorption in Tooth-Borne or Tissue Borne Appliances and Different Screw Activation Protocols After Maxillary Expansion Via Micro Computed Tomography

The aim of this study is to evaluate the root resorption on upper first premolars after maxillary expansion with different design of appliances and different expansion protocols using micro computed tomography.

The study consists of fifty patient who required maxillary expansion and extraction of upper first premolars. Patients were divided into 4 main groups; Hyrax (15 individuals), acrylic bonded (15 individuals), modified acrylic bonded (15 individuals) and mini-implant supported hybrid appliances (5 subjects) were used. Hyrax, acrylic bonded and modified acrylic bonded appliances group were divided into 3 subgroups; the expansion screw activated for Group 1 one activation per day, Group 2 two activation per day and Group 3 two activation per day for one week and followed by one activation per for every other day. For hybrid group, one activation per day was implemented. After expansion was completed, the appliances were stabilized 12 weeks for retention period. The upper first premolars were extracted. The teeth were scanned with Micro-CT (SkyScan 1172, Belgium) and resorption craters were analyzed by special software (CTAn) for direct volumetric measurements.

The hybrid expansion appliances had the lowest volume of root resorption and number of craters ($p < 0,001$). No significant difference was found among the other group in terms of total root resorption ($p > 0,05$). It was detected that resorption craters were concentrated on the buccal surface.

As a conclusion, all expansion appliances and screw activation protocols that used cause root resorption. However, mini screw supported hybrid appliances leads minimal root resorption after rapid maxillary expansion.

Keywords: Rapid maxillary expansion, root resorption, micro-ct

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

HÜÇG: Hızlı Üst Çene Genişletmesi

YÜÇG: Yavaş Üst Çene Genişletmesi

YHÜÇG: Yarı Hızlı Üst Çene Genişletmesi

Mikro-BT: Mikro Bilgisayarlı Tomografi

SEM: Scanning Electron Microscopy (Taramalı Elektron Mikroskobu)

OOİKR: Ortodontik Olarak İndüklenmiş İltihabi Kök Rezorpsiyonu

KİBT: Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan hyrax apareyi.....	32
Şekil 3. 2. Çalışmada kullanılan akrilik bonded apareyi.....	33
Şekil 3. 3. Çalışmada kullanılan modifiye akrilik bonded apareyi	32
Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan hibrit hyrax apareyi	33
Şekil 3.5. Çalışmada taramalar için kullanılan Skyscan 1172 Mikro-BT sistemi	35
Şekil 3.6. NRecon 1.6.9.4 (Skyscan, Kontich, Belgium) programında görüntülerin analize hazırlanması	36
Şekil 3.7. Dataviewer 1.5.2 64 bit 4 (Skyscan, Kontich, Belgium) programı ile konumsal hataların giderilmesi.....	37
Şekil 3.8. Kök yüzeyinin vertikal olarak 3 bölgeye ve her vertikal segmentin transversal olarak 2 bölgeye ayrılması	38
Şekil 3.9. Kök rezorpsiyonunun incelenmesinde tanımlanan 6 farklı kök yüzey bölgesi	39
Şekil 3.10. CTAn 1.15.4.0 (Skyscan, Kontich, Belgium) programı ile incelenecek rezorpsiyon alanının sınırlandırılması.....	40
Şekil 3.11. CTAn 1.15.4.0 (Skyscan, Kontich, Belgium) programı ile rezorpsiyon kraterinin bölgesel ayrıştırması.....	41

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 4.1. Kök yüzeyinde ölçülen toplam rezorpsiyon krater hacimlerinin gruplar arası karşılaştırılması	45
Tablo 4.2. Kök yüzeyinde ölçülen toplam rezorpsiyon krater sayılarının gruplar arası karşılaştırılması	47
Tablo 4.3. Kök yüzeyinin farklı bölgelerinde ölçülen rezorpsiyon krater hacimlerinin gruplar arası karşılaştırılması	49
Tablo 4.4. Kök yüzeyinin farklı bölgelerinde ölçülen rezorpsiyon krater sayılarının gruplar arası karşılaştırılması	51
Tablo 4.5. Kök yüzeyinin bukkal ve lingual yüzeylerinde ölçülen rezorpsiyon krater hacim ve sayı değerlerinin karşılaştırması	52
Tablo 4.6. Kök yüzeyinin 6 farklı bölgesinde ölçülen rezorpsiyon krater hacim ve sayı değerlerinin karşılaştırması	53
Tablo 4.7. Kök yüzeyinin 3 farklı bölgesinde ölçülen rezorpsiyon krater hacim ve sayı değerlerinin karşılaştırması	53

1.GİRİŞ

Üst çene darlığı, genelde yan çapraz kapanışın eşlik ettiği transversal yönde görülen kapanış bozukluklarından birisidir. Midpalatal suturun açılarak maksillanın transversal genişliğinin artırılması, üst çene darlığının düzeltilmesinde bir tedavi seçeneğidir (1).

Hızlı üst çene genişletmesinde (HÜÇG) uygulanan ağır kuvvetlerin, diş hareketine ya da suturun fizyolojik olarak iyileşmesine izin vermeden, midpalatal suturun iskeletsel seperasyonunu artırdığı düşünülmektedir (2, 3). Bu yüzden HÜÇG'nin minimum diş hareketi ve maksimum iskeletsel hareket ile sonuçlandığına inanılmaktadır (2, 4).

Üst çene genişletmesinde uygulanan kuvvetlerin büyüklüğüne ve genişletme hızına göre hızlı, yavaş ve yarı hızlı üst çene genişletme yöntemleri ortaya çıkmıştır. Genişletme hızının azaltılmasıyla, midpalatal sutura uzun bir süreçte daha az kuvvet uygulandığı ve dokuların iskeletsel ve dental değişimlere daha iyi adaptasyon sağlayacağı belirtilmiştir (5, 6).

Isaacson ve Ingram (7) HÜÇG'de vidanın bir tek aktivasyonu ile 1,5–4,5 kg civarında kuvvet oluşabildiğini ve devam eden vida aktivasyonlarıyla ortaya çıkan birikmiş yüklerin 9 kg ve üzerine çıkabildiğini göstermiştir. Uygulanan bu ağır kuvvetler sonucunda kapanışın açılması, midpalatal suturda ve temporomandibular eklem yapısında mikro travma, kök rezorpsiyonu gibi istenmeyen etkiler oluşabilmektedir (6).

Kök rezorpsiyonu sement ve dentinin kaybıyla karakterize fizyolojik ya da patolojik bir süreçtir (8). Bireysel genetik faktörler, ortodontik mekanikler ve iatrojenik faktörlerle ilişkilendirilmiştir (9).

Üst çene genişletmesi uygulamalarının destek alınan dişlerde kök rezorpsiyonuna yol açtığı histoloji ve radyografi çalışmalarıyla ortaya konmuştur. Kök rezorpsiyonu açısından Haas (diş-doku destekli) ve akrilik cap splint apareyleri (diş destekli) karşılaştırılmış ve rezorpsiyon tipinin apareyler arasında farklılık göstermediği gözlemlenmiştir. Işık mikroskobu ile incelenen histolojik kesitlerde rezorpsiyon lakünalarının % 80'ninin dentine kadar penetre olduğu belirtilmiştir. Bu durum rezorpsiyonun ilerleyici karakterde olduğunu göstermektedir (10). Bunun yanında

Odenrick ve ark. (11) ise (diş ve doku destekli Haas apareyinin, sadece dişlerden destek alan apareylere göre daha az kök rezorpsiyonuna neden olduğunu ve rezorpsiyon lakünalarının daha küçük ve sık dağılım gösterdiğini bildirmiştir.

Kök rezorpsiyonu histolojik ve radyografik yöntemlerle değerlendirilebilse de, rezorpsiyon kraterlerinin yüksek hassasiyette görüntülenebilmesi ve hacimsel ölçümler için 2 boyutlu teknikler yetersiz kalmaktadır (12, 13). Rezorpsiyon kraterlerini üç boyutta inceleme olanağı veren Mikro-BT ile kök rezorpsiyon kraterleri gibi küçük alanların yüksek boyutsal çözümlemeleri ve üç boyutlu yapılandırılmaları elde edilebilmektedir (14).

Ortodontide üst çene darlığının tedavisinde farklı apareyler ve çevirme protokolleri uygulanmaktadır. Fakat daha az kök rezorpsiyonuna neden olması açısından hangi aparey ve genişletme protokolünün tercih edilmesi gerektiği net bir şekilde ortaya konulmamıştır. HÜÇG sonucu ortaya çıkan kök rezorpsiyonunun değerlendirildiği çalışmalarda vidanın günde 2 çeyrek tur çevirildiği tek bir protokol uygulanmıştır. İncelediğimiz literatürde, farklı çevirme protokollerinin kök rezorpsiyonuna etkisini inceleyen herhangi bir Mikro-BT çalışmasına rastlamadık. Son yıllarda mini implantlar minimal invaziv olması, çok amaçlı kullanılabilmesi ve düşük maliyeti gibi avantajları nedeniyle ortodontide büyük ilgi görmektedir (15). Geleneksel diş destekli ve diş-doku destekli apareylerin yanında çalışmamızda hibrit apareyinin de değerlendirilmesi genişletme sonrası görülen kök rezorpsiyonunun doğrudan destek alınan diştan mi yoksa biriken rezidüel streslere mi bağlı geliştiğinin cevaplanması açısından faydalı olacaktır.

Bu çalışmanın amacı, üst çene genişletmesinde kullanılan farklı aparey tasarımlarının ve farklı genişletme protokollerinin kök rezorpsiyonu üzerindeki etkisini değerlendirmektir.

Çalışmamızda iki hipotez kurulmuştur:

H₀ hipotezi "Üst çene genişletmesinde kullanılan farklı aparey tasarımlarının ve farklı genişletme protokollerinin, üst birinci küçük azılardaki kök rezorpsiyonu üzerindeki etkileri arasında fark yoktur".

H₁ hipotezi ise "Üst çene genişletmesinde kullanılan farklı aparey tasarımlarının ve farklı genişletme protokollerinin, üst birinci küçük azılardaki kök rezorpsiyonu üzerindeki etkileri arasında fark vardır".



2.GENEL BİLGİLER

2.1. Üst Çene Genişletmesi

2.1.1. Tarihçe

E.H Angell (16) üst çene genişletmesinde kabul edilen ilk uygulamayı tanıtmıştır. Tasarladığı aparey küçük azılardan destek almakta ve ağız tabanından geçen bir vidadan oluşmaktadır. Vidanın günde 2 defa çevrilmesi ile birlikte 2 hafta sonunda üst kesici dişler arasında boşluk oluşmuştur. Angell bu işlemi maksiller kemiklerin ve midpalatal suturun ayrılması olarak ifade etmiştir. Fakat Angell'in maksiller seperasyonun olabileceği iddiasına karşı olan fikir ayrılıkları nedeniyle 1900' lü yılların başına kadar hızlı üst çene genişletmesi pek kullanılmamıştır (17).

Maksillanın genişletilmesinde suturun ayrılması kavramı 1900 yılların başında gelişmeye başlamıştır. O dönemde bu kavram ortodontistlerin yanında rinolojistlerin de ilgi alanına girmiştir. Üst çene genişletmesi nazal geçirgenliği ve nazal genişliği artırmak amacıyla rinolojistler tarafından o yıllarda uygulanmıştır. Nazal obstrüksiyonu olan bir hastada maksiller genişletme tekniği, vaka olarak ilk kez bir rinolojist olan Brown (18) tarafından tanımlanmıştır. Nazal ve faringeal mukoz membranların hipertrofik durumlarında rahatlatma sağladığı ve deviasyonlu nazal septumun düzleşmesini sağladığını ileri sürmüştür. Pfaff (19) da üst çene genişletmesiyle nazal septumun düzleşeceği, dental arkların genişleyip palatal derinliğin azalacağı fikrindeydi. Avrupa'da 1900'lü yılların ortalarına kadar HÜÇG kabul edilen bir tedavi tekniği, Amerika'da fonksiyonel tedavi akımının etkisi nedeniyle popüleritesini yitirmiştir.

Korkhaus'un (20) tedavi ettiği vakaların sefolometrik kayıtlarını sunması hızlı üst çene genişletmesinin tekrar tanınmasına olanak sağlarken, Haas'ın çalışmaları sayesinde tekrar popüler hale gelmiştir. Haas yaptığı hayvan deneylerinin sonuçlarında, prosedürün ağrısız olduğunu, midpalatal suturun açılmaya biraz direnç gösterdiğini, iki hafta sonunda suturda 15 mm açılma olduğunu ve internazal genişliğin arttığını rapor etmiştir (21, 22).

Haas (21) hızlı üst çene genişletmesi uyguladığı 45 hastadan oluşan vaka serisini, tedavi öncesi, sonrası ve takip sefolometrik kayıtlarıyla birlikte sunmuştur. Midpalatal suturda ve nazal kavitenin lateral duvarlarında belirgin genişleme, maksillada aşağı ve ileri yönde hareket, maksillada triangular şekilde sutur açılması (tabanı palatinalde tepesi burunda) ve maksiller kesicilerde diastema oluştuğunu belirtmiştir.

Genişletme ile birlikte oluşan midpalatal suturdaki değişimleri anlamak açısından yapılan histoloji ve radyografi çalışmalarının literatüre büyük katkısı olmuştur. Cleall ve ark. (23) yaptıkları hayvan çalışmasında sutur bölgesinde histolojik olarak organize olmamış fibröz doku ve kemik çıkıntılarının olduğunu, kemik defektinin hızla iyileştiğini ve radyografik olarak da suturun açıldığını göstermiştir.

Melsen (24) üst çene genişletmesi uyguladığı genç adölesanlardaki histolojik ve radyografik bulgularını sunmuştur. Tedavi sonrası kemik marjinlerinde artmış osteoblastik aktivitenin yanında 6 haftalık iyileşme fazından sonra midpalatal suturun görünümü, tedavi öncesi aynı alandan ayırt edilememektedir. Lines (25) HÜÇG planlanan erişkin hastalarda maksilla ve ilişkili olduğu kemiklerden kaynaklanan dirençleri azaltmak gerektiğini düşünerek maksiller osteotomi yapılmasını önermiştir. Böylece sonuçların daha kalıcı olacağını iddia etmiştir.

Birbirini takip eden hayvan ve insan deneyleri, radyografik ve histolojik çalışmalar üst çene genişletmesiyle ilgili soruları cevaplarken, aynı zamanda o yıllardan günümüze kadar çok sayıda genişletme apareyi ve modifikasyonları ortaya çıkmıştır. Üst çene genişletmesi ile ilgili yapılan klinik çalışmalar ve araştırmalarla üst çene genişletmesinin tedavideki etkinliği kanıtlanmıştır ve günümüzde de yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.1.2. Üst Çene Darlığının Etyolojisi

Üst çene darlığının etyolojisinde konjenital, gelişimsel, travmatik ya da iatrojenik faktörler (yarık damak cerrahisi) rol oynayabilir (26). Maksilla ve mandibula arasında gerçek transversal yetersizlik, damak yarığı, ağız solunumu, parmak emme alışkanlıkları olası faktörlerdendir (4).

Çocuklarda hızlı büyüme döneminde ağız solunumu, dilin pozisyonu ve büyüklüğü, emme alışkanlıkları (parmak ya da emzik) posterior çapraz kapanışın gelişimine katkıda bulunabilir (27).

Nazofaringeal engellenme ile nazo-maksiller büyüme arasında güçlü bir ilişki vardır. Harvold ve ark. (28) Rhesus maymunlarında yaptığı çalışmada solunum paterninin maksillofasiyal gelişime etkilerini incelemiştir. Ağız solunumunun dil postüründe değişime, mandibulanın rotasyonuna ve maksillanın transversal gelişiminde azalmaya yol açtığı gösterilmiştir. Ağız solunumu yapan bireyler genelde dar ve V şekilli maksiller ark ile yüksek palatal kubbe, uzun yüz ve diğer maloklüzyonlarla karakterize edilmiştir (29).

Parmak emme ve emzik emme gibi alışkanlıklar dilin ağız tabanında konumlanmasına neden olacaktır. Üst posterior dişlerin palatinalden desteklememesi, buksinatör basınçtaki değişiklikler ve bu değişikliklerin dengelenememesi posterior çapraz kapanış eğilimini artırmaktadır (30).

Dudak damak yarıklı bireylerde yapılan cerrahi operasyonlar sonucu oluşan skar dokusu üst çenenin büyüme ve gelişimi transversal yönde de etkileyerek posterior çapraz kapanışa neden olduğu ifade edilmiştir (31). Dudak damak yarıklı bireylerde şiddetli maloklüzyonların yanında posterior çapraz kapanış görülme sıklığı çok yüksektir (32).

Diğer bir etyolojik faktör de süt dişlenme döneminde kanin dişindeki erken temaslardır. Bu durum çocuğun dişlerini daha rahat bir pozisyonda, yana kaydırarak kapatmasıyla fonksiyonel çapraz kapanışa neden olur. Mandibulanın sürekli lateral pozisyonundaki bu konumu dentoalveolar uyumsuzluklara ve sonuç olarak maksilla ve mandibulanın yeniden şekillenmesine yol açar (33).

2.1.3. Üst Çene Genişletmesinin Endikasyonları

Posterior çapraz kapanışın düzeltilmesi: Bilateral ya da unilatel posterior çapraz kapanışın tedavisinde HÜÇG uygulanmaktadır (22). Üst çene darlıkları gerçek ya da göreceli olmak üzere ikiye ayrılır. Göreceli üst çene darlığında maksilla üst yüz ve kafa kaidesine göre beklenen boyutlardayken mandibula bu yapılaraya göre fazla geniştir. Gerçek üst çene darlığı ise bukkal diş segmentlerin ve maksillanın darlığı ile karakterizedir. Üst posterior dişler alt dişlerle oklüzyonu sağlayabilmek için genelde bukkal ya da labiale eğimlidir (22).

Fonksiyonel çene ortopedisi ve ortognatik cerrahi ihtiyacı olan hastalar: Şiddetli ikinci sınıf kapanış bozukluğu bulunan hastalarda fonksiyonel tedavi öncesi üst çene genişletmesi faydalı olacaktır. Maksillanın genişletilmesinin yanında ark içi

problemlerinin de çözülmesi sağlanır. Ortognatik cerrahi hastalarında da HÜÇG endikasyonu değerlendirilmelidir. Örneğin, anteroposterior problemin düzeltilmesi için tek mandibular cerrahi endikasyonunun olduğu durumda HÜÇG gerekli olabilir. Mandibula ilerletildiğinde üst çenede dental arkın daha dar bölgesine denk gelecektir (34).

Nazal direncin azaltılması: Hızlı üst çene genişletmesiyle midpalatal sutura komşu burun tabanı ve nazal kavite genişliğinde anatomik olarak artış olmakta ve nazal kavitenin dış duvarları lateral yönde hareket etmektedir. Bu durum nazal volümü artırarak, nazal hava yolu direncinin azalmasını sağlayacaktır (35, 36). Aynı zamanda bu prosedür obstruktif uyku apnesi sendromunda da önerilebilir (37).

Maksiller suturların mobilizasyonu: Hızlı üst çene genişletmesi, erken üçüncü sınıf kapanış bozukluklarının ortopedik tedavisinin tamamlayıcı parçası olmuştur (34). Çoğu klinisyen yüz maskesi tedavisiyle birlikte üst çene genişletmesini de kullanmaktadır, çünkü genişletme maksillada sutural sistemin hareketini sağlayarak ön-arka yönde iskeletsel değişikliğe katkıda bulunacaktır (33).

Gülümsemenin genişletilmesi: Üst çene genişletmesi gülümseme estetiğine de katkı sağlayabilir. Dar maksillaya sahip hastalarda gülümsemede ağız köşelerinde negatif boşluk denilen karanlık alanlar oluşabilmektedir (34). Maksillanın genişletilmesi karanlık alanları azaltarak gülümsemeyi daha çekici ve estetik hale getirebilir (38).

Ark boyutunun artırılması: Hızlı üst çene genişletmesiyle posterior ark genişliğinde 1 mm artış ark boyutunda 0,7 mm artış sağlayacaktır (39). Ark boyutu uyumsuzluğu olan bireylerde HÜÇG ile ark boyutunun artırılması diş çekiminin yüz profilini olumsuz etkileyeceği düşünülen sınır vakaların tedavisini kolaylaştıracaktır (38).

2.1.4. Üst Çene Genişletmesinde Kullanılan Apareyler

Her tedavi seçeneğinin avantaj ve dezavantajları olabilmektedir. Hastanın yaşı, maloklüzyon ve kişisel deneyimler uygulayıcı tarafından aparey seçimini etkilemektedir (40).

2.1.4.1. Diş Destekli Apareyler

Quad-Helix Genişletme Apareyi: Özellikle süt ve karışık dişlenme döneminde kullanılan ve yavaş üst çene genişletmesinde (YÜÇG) klinik olarak en çok tercih edilen

apareydir. Kalın bir yuvarlak teldeki heliks bükümleri vasıtasıyla premolar ve molar dişlere kuvvet uygulayarak üst arkta genişleme sağlamaktadır. Dişlere molar dişlerde bulunan bantlar ve lingual tüpler vasıtasıyla tutunmaktadır. Anteriordaki ve posteriordaki genişleme miktarı ayarlanabilmekte ve molar dişlerdeki rotasyonlar düzeltilebilmektedir (41).

W Apareyi: Buck tarafından tanıtılan bu aparey birinci daimi molarlarda bantlar ve bilateral genişletme kollarından oluşmaktadır (42).

Minne Apareyi: Cotton (43) tarafından tanıtılan bu apareyde genişletme için gerekli kuvvet kaynağı özel bir yay aktivasyonu ile sağlanmaktadır.

Magnetler İçeren Genişletme Apareyleri: Vardimon ve ark. (44) tarafından tanıtılan bu aparey; hafif ve devamlı kuvvet uygulaması nedeniyle daha az kök rezorpsiyonuna neden olduğu belirtilmiştir.

Nikel Titanyum Genişletme Apareyi: Arndt (45) tarafından 1993 yılında tanıtılan bu aparey, vücut ısıyla aktive olup midpalatal sutur üzerinde hafif ama sürekli kuvvet uygulamaktadır. Apareyin azı dişlerin rotasyonu ve distalizasyonu için de faydalı olacağı söylenmiştir. Aparey soğutulmuş ağıza yerleştirilir. Daha sonra ağız içi sıcaklık ile aktive olan hafızalı tel, eski şekline dönmeye çalışarak kuvvet uygular.

Hyrax Apareyi: Biederman (46) tarafından 1968 yılında Haas apareyine alternatif olarak sunulan bu aparey başlangıçta "Hijyenik ya da Biederman" apareyi olarak adlandırılmıştır. Birinci büyük azı ve küçük azı dişlerindeki bantlar, bu bantlara lehimlenen tel uzantıları ve vidadan oluşan bir apareydir. Biederman apareyin palatal mukozada irritasyonu azalttığı, konuşmayı daha az etkilediği ve yapımının kolay olduğunu iddia etmiştir.

Cap Splint Apareyi: Timms (47) tarafından 1981'de geliştirilen bu aparey üst santral dişler dışında tüm dişlerin oklüzal ve insizal kenarlarını örten krom kobalt döküm plaktan ve genişletme vidasından oluşur.

Bonded Apareyi: Cohen ve Silverman (48) tarafından 1973'te tanıtılmıştır. Üst posterior dişleri kaplayan akrilik plak ve genişletme vidasından oluşan bir apareydir. Akrilik plağın, genişletme sırasında dişlerde daha az devrilme ve ekstrüzyona neden olduğu bu yüzden daha iyi vertikal kontrol sağlandığı belirtilmiştir (49).

2.1.4.2. Diş-Doku Destekli Üst Çene Genişletme Apareyleri

Hareketli Apareyler: Dişlere kroşeler yardımıyla tutunan ve akrilik plağın ortasında vida içeren hareketli bir plaktır (50). Hareketli genişletme apareyleri eğer anlamlı bir iskeletsel değişim isteniyorsa önerilmemektedir (5). Bu apareyler etkin tedavi için yeterli retansiyon varlığında ve süt dişlenme ya da erken karışık dişlenme döneminde kullanılmalıdır (51, 52).

Haas Apareyi: 1961 yılında Haas tarafından tanıtılan bu aparey birinci molar ve birinci premolar dişlerde bantlar, palatinalde yer alan akrilik plak ve genişletme vidasından oluşmuştur. Apareyin akrilik desteği sayesinde kuvvetin bütün olarak iskeletsel ve dentoalveolar yapılara iletilerek daha paralel genişletme sağlandığı iddia edilmiştir (21).

Akrilik Bonded Aparey Modifikasyonları: Cohen ve Silverman (48) tarafından 1973'te tanıtılan bonded HÜÇG apareyinin çeşitli modifikasyonları klinik olarak kullanılmaktadır. Mondro ve ark. (53) ise posterior dişleri kaplayan akriliğe ek olarak palatal yumuşak dokuyu da örten akrilik eklenmesiyle modifiye bonded bir aparey tasarlamışlardır.

İşeri ve Özsoy (54) posterior dişler ve palatinal yumuşak dokunun akrilikle kaplı olduğu, üst keser dişlerin ise sadece palatinalden desteklendiği "Rijit Akrilik Bonded Apareyini" kullanmışlar.

Başçiftçi ve Karaman (55) ise tüm dişlerin bukkal ve palatinal yüzeylerini kaplayan diş ve doku destekli cap splint tarzında modifiye akrilik bonded apareyini kullanmışlardır.

Doruk ve ark. (38) tüm üst dişleri ve damağı kaplayan akrilik bonded apareyde, çevrildikçe vidanın arka bölümünde bulunan menteşenin etrafında dönerek anteriorda daha fazla genişletme yapan "fan type" genişletme vidasını kullanmışlardır.

2.1.4.3. Kemik Destekli Apareyler

Üst çene genişletmeleri uygulamalarında maksiller midpalatal suturu ayırabilmek için ağır kuvvetler uygulanması gerekmektedir. Bu ağır kuvvetler dişlerde mekanik stres oluşturarak bukkale devrilme, diş eti çekilmesi, bukkal kortekste fenestrasyon ve kök rezorpsiyonu gibi istenmeyen etkilere yol açmaktadır (56-58). Bu komplikasyonlardan

kaçınmak için maksillada direkt palatinal yüzeyden destek alan hızlı üst çene genişletme apareyleri tasarlanmıştır.

Kemik desteğinin sağlanmasında genel olarak implant, onplant, mini plak ve mini vidalar kullanılabilir. Bu parçalar kemik içerisine mekanik (kortikal stabilizasyon) veya biyomekanik olarak (osseointegrasyon) sabitlenmektedir (Cope, 2005). İmplant ve onplantların uygulanmasındaki cerrahi prosedür, osseointegrasyon ihtiyacı, maliyet gibi sebepler kullanım alanını kısıtlamaktadır (59, 60).

Titanyum miniplakların ise osseointegrasyon beklenilmeden kuvvet uygulanabilmesi ve implant ve onplantlara göre maliyetin daha düşük olması gibi avantajları olsa da (55, 61, 62); yerleştirme sırasında ve tedavi bitiminde flep kaldırma ihtiyacı, bazı durumlarda plak çevresinde mukozal dehisenslerin oluşabilmesi ve olası miniplak kırılmaları gibi dezavantajlarından dolayı kullanımını sınırlıdır (62).

Son zamanlarda ise cerrahi prosedürü ve maliyeti en aza indirmek amacıyla, kemiksel ankrajın sağlanmasında mini vida kullanılmaya başlanmıştır (63, 64).

2.1.4.4. Dış-Kemik Destekli Apareyler

Mini implantların lateral posterior alveoler bölgeye yerleştirilmesinde köklerde lezyon gelişme riski ve posterior palatinal bölgede uygun kemiğin yetersizliği nedeniyle güncel yaklaşımda birinci büyük azılar posterior ankraj ünitesi olarak seçilmektedir. Anteriorda palatinal bölgede mini implantların yerleştirilmesi için yeterli kemik bulunmaktadır (63). Anterior ankraj ünitesi olarak ruga bölgesinde iki mini vida ve posterior ankraj ünitesi olarak üst birinci büyük azı dişlerin seçilmesiyle hem dış hem de kemik destekli hibrit hyrax apareyi literatürde yerini almıştır (65).

Hibrit hyrax apareyi özellikle anteriorda yeterli diş desteği bulunmayan hastalarda genişletme yapılabilmesinin yanında, genişletme sırasında rutin ortodontik tedaviye de başlayabilme olanağı sunmaktadır (66).

Mini vidanın stabilitesinde mini vidayı çevreleyen kemik miktarı, palatinal mukoza kalınlığı ve yerleşim açısı etkinlik ve stabilite açısından önemli faktörlerdir. Ludwig ve ark. en yoğun kemik miktarının insiziv foramenin 3-4 mm distaliyle, palatal suturun 3 mm lateralinde bulunduğu bildirmişlerdir. Mini vidanın palatinal yüzeye dik, angulasyonunun ise kesici dişlere doğru olacak şekilde uygulanması gerektiği

belirtilmiştir. Anterior palatinal bölgede kan damarı yoğunluğunun az olması mini vida yerleşimi sırasında iatrojenik yaralama riskini en aza indirmektedir (67).

2.2. Üst Çene Genişletme Yöntemleri

Dar maksiller arkın genişletilmesinde farklı tedavi yöntemleri kullanılabilir. Hastanın yaşı, aparey tasarımı, aparey aktivasyon sıklığı ve uygulanan kuvvetin büyüklüğü elde edilen ortopedik ve ortodontik etki açısından önemlidir (40). Üst çene genişletmesi, genişletme hızlarına göre hızlı, yavaş ve yarı hızlı olmak üzere sınıflandırılabilir.

2.2.1. Hızlı Üst Çene Genişletmesi

Hızlı üst çene genişletmesi maksiller darlık ve ark boyutu yetersizliğinde sıklıkla tercih edilen bir tedavi yöntemidir. Hızlı üst çene genişletme tekniğinde amaç midpalatal suturun ve maksiller kemiklerin ayrılarak transversal yetersizliğin düzeltilmesidir (68).

Genişletme sırasında uygulanan ağır kuvvetlerin, diş hareketine ya da suturun fizyolojik olarak iyileşmesine izin vermeden, midpalatal suturun açılarak iskeletsel etkiyi artırdığı düşünülmektedir (2, 3).

HÜÇG'nin etkisi sadece maksiller alveol ve midpalatal suturla sınırlı kalmayıp maksillanın bağlantılı olduğu kafa ve yüzdeki diğer kemikleri de etkilemektedir (69).

Wertz (3) hızlı üst çene genişletmesinin iskeletsel etkilerini değerlendirdiği çalışmada, genişletme sırasında sutural açılmanın rotasyon merkezinin fronto-maksiller sutur olduğunu, maksillo-frontal, maksillo-nazal ve maksillo-etmoidal suturlarda değişimler ve ayrılmaların olduğunu, fakat pterygo-maksiller ve maksillo-palatin suturlarda ihmal edilebilecek kadar az bir değişikliğin olduğunu rapor etmiştir. Üst çenede genelde aşağı ve geri, nadiren de öne doğru hareket olurken, alt çenede aşağı ve geriye rotasyon olduğunu belirtmiştir.

Jafari ve ark. (70) 3 boyutlu sonlu eleman yöntemi çalışmada HÜÇG'de üretilen transversal ortopedik kuvvetlerin intermaksiller suturdaki etkisinin yanında özellikle sfenoid ve zigomatik kemiklerde yüksek baskı ve zorlanmaya yol açtığını göstermiştir.

İşeri ve ark. (71) çalışmalarında, kanin ve molar bölgede, inferior nazal kavitenin lateral duvarlarında, zigomatik ve nazal kemiklerde yüksek stres seviyeleri

gözlemlerken, en yüksek stres seviyesinin sfenoid kemiğin pterigoid uzantılarında oluştuğunu rapor etmiştir.

Hızlı üst çene genişletmesinde ortaya çıkan kuvvetler, kraniomaksiller suturlar tarafından absorbe edilir ve iletilirken fasiyal kemik ve bağlantılı suturlarda baskı ve gerilme stresine neden olur (72).

Krebs (73) yaptığı implant çalışmasının sonuçlarında, çocuklarda üst çene genişletmesiyle elde edilen etkinin % 50'sinin iskeletsel, kalan genişlemenin ise dişsel hareketle elde edildiğini belirtmiştir. Adelosanlarda ise %35 iskeletsel, %65 dental etki elde edildiğini göstermiştir. Bu yüzden hastanın yaşı arttıkça dişsel devrilme olasılığı artarak dişlerin alveoler yapıya doğru hareketi beklenecektir. Bu durum ise alveol kemik yüksekliğinde azalma, kemik dehisensi ve diş eti çekilmesiyle sonuçlanabilir (74).

Zimring ve Isaccason'a (75) göre vida çevrilirken en fazla yük vidanın çevrildiği anda ortaya çıkar ve hemen sonrasında kuvvet dağılmaya başlar. Hızlı üst çene genişletmesinde uygulanan kuvvet aralıklıdır ve vidanın ilk çevrilmesi ile ortaya çıkan kuvvet bir sonraki aktivasyona kadar sıfırlanır.

Literatürde hızlı üst çene genişletmesiyle ilgili çeşitli vida çevirme programları önerilmiştir. Haas (21) ilk gün beşer dakika aralıklarla 4 çeyrek tur, sonraki günlerde ise günde 2 çeyrek tur olacak şekilde çevirme protokolü uygulamıştır.

Zimring ve Isaacson (75) büyümesi devam eden hastalarda ilk 4-5 gün vidanın günde 2, bunu takip eden günlerde ise 1 çeyrek tur çevrilmesini önermişlerdir. Büyümesi tamamlanmış erişkin hastalarda ise artan iskeletsel direnç nedeniyle vidanın ilk iki günde 2 çeyrek, daha sonra 5. veya 7. güne kadar günde 1 çeyrek tur, sonrasında ise 2 günde 1 tur çevrilmesini önermiştir.

Handelman ve ark. (74) vidanın ilk gün 2 çeyrek tur devam eden günlerde ise günde 1 çeyrek tur çevrilmesini ve hastanın 2 haftalık aralıklarla görülmesini önermiştir.

Biederman (46) ise birinci gün 5 veya 10 dakika aralıklarla 3 çeyrek tur, sonraki günlerde ise günde 2 çeyrek tur olacak şekilde vida aktivasyonu uygulamıştır.

Ceylan ve ark. (76) ve Taşpınar ve ark. (77) ise ilk 3 gün günde 3 çeyrek tur başladıkları vida çevirme programına suturanın açılmasından sonra günde 2 çeyrek tur şeklinde devam etmiştir.

Tecco ve ark. (78) ise vidanın ilk gün 4 çeyrek tur, takip eden günlerde 1 çeyrek tur şeklinde çevrilmesini önermiştir.

Sander ve ark. (79) HÜÇG nedeniyle oluşan kök rezorpsiyonunun uygulanan kuvvetin büyüklüğünden ziyade süre ile ilişkili olduğu düşüncesiyle genişletme vidasının günde en az 5 defa çevrilmesini önermiştir.

Chatellier ve ark. (80) ise ilk 3 gün içinde üst çenede 6 mm ve takip eden bir hafta içinde ise 3 mm olacak şekilde HÜÇG uygulamışlar ve bu işleme ultra-rapid maksiller ekspansiyon ismini vermiştir.

2.2.2. Yavaş Üst Çene Genişletmesi

Yavaş genişletmeyi destekleyenler sirkummaksiller yapılarda daha az doku direnci, intermaksiller suturda daha iyi kemik formasyonu sağladığını ve bu iki faktörün de genişletme sonrası daha az relapsa yol açtığını düşünmektedirler (5).

Yavaş genişletme uygulanan bireylerde, hızlı genişletmeye göre daha az nüks olduğu belirtilmiştir (6, 81-83). Bu durum, sutura uzun bir dönemde daha az kuvvet uygulanması ve buna bağlı olarak da dokuların iskeletsel ve dişsel değişimlere daha iyi uyum sağlaması ile açıklanabilir (6).

Yavaş üst çene genişletmesinde Storey (84) haftada 0,5 veya 1 mm genişletme hızını önerirken, Mossaz-Joëlsion ve Mossaz (85) 0,5 mm, Mew (86) ise 0,3 mm genişletmeyi önermiştir. Huyhn ve ark. (87) ise hyrax apareyi ile yapılan genişletme ile iki günde bir tur aktivasyonu yavaş üst çene genişletmesi olarak tanımlanmıştır.

Yavaş üst çene genişletmesinde, sutural dokuların direnci kırılmadığı için daha fazla ortodontik etki görülürken, ortopedik etki azdır (5, 6). Bununla birlikte özellikle süt veya karışık dişlenme dönemlerinde üst çenede ortopedik etkiden bahsedilmiştir (88).

En sık kullanılan yavaş genişletme apareyleri minne expander (82, 88, 89) ve quad helix (41, 90) apareyleridir. Quadhelix ile yavaş genişletmenin etkilerinin büyük oranda dişsel genişleme ve tipping şeklinde olduğu (41, 90, 91) ve iskeletsel seperasyonun çok küçük oranda görüldüğü (91) farklı çalışmalarla rapor edilmiştir.

Hastanın yaşı ve iskeletsel expansiyona gösterilen direnç arasında doğrudan bir ilişki olduğundan adeloanlarda yavaş üst çene genişletmesinin uygulanması sorgulanabilir. Çünkü genç erişkin hastalarda midpalatal suturun ayrılması için yeterli genişletme kuvveti sağlanamayabilir (92).

2.2.3. Yarı Hızlı Üst Çene Genişletmesi

İlk defa Mew (86) tarafından tanımlanan yarı hızlı üst çene genişletmesi bioblock adını verdiği hareketli bir apareyle, haftada 1 mm genişletme yapılacak şekilde uygulanmıştır.

Sandıkçıoğlu ve ark. (41) karışık dişlenme dönemindeki hastalara hareketli plaklar ile vidayı gün aşırı bir çeyrek tur çevirerek yarı hızlı üst çene genişletmesi (YHÜÇG) uyguladıklarını belirtmiştir.

İşeri ve ark. (71) ise HÜÇG ile intermaksiller suturun açılmasından hemen sonra yavaş bir genişletme protokolü önermiş ve daha az doku direncine yol açtığını belirtmiştir. Daha önce önerilen çevirme protokollerinden farklı olarak, vidanın ilk 5-7 gün boyunca günde 2 çeyrek tur çevrilerek midpalatal suturun açılması sağlandıktan sonra çevirme protokolüne haftada 3 çeyrek tur olacak şekilde devam etmişlerdir.

İşeri ve Özsoy (54) YHÜÇG uygulaması ile daha az doku direnci oluştuğunu ve sirkummaksiller yapılarda adaptasyon sürecinin stimüle edildiğini, bu faktörlerin de genç erişkin ve erişkin bireylerde uzun dönemde relapsı en aza indirdiğini belirtmişlerdir. Bunu 3 yıllık takip çalışmalarının sonuçlarıyla desteklemişlerdir. YHÜÇG ile transversal boyutta elde edilen dental ve iskeletsel değişimlerin uzun dönemde de stabil kaldığını göstermişlerdir.

2.3. Üst Çene Genişletmesi ve Yaş İlişkisi

Literatürde hızlı üst çene genişletmesinin uygulanabileceği yaş sınırı ile ilgili farklı görüşler mevcuttur. Genel görüş yaşla birlikte suturda interdijitasyonun arttığı yönünde olsa da bireysel farklılıklar söz konusudur.

Midpalatal suturun kemikleşme süreci sutur kenarından sutural boşluktaki hücresel dokulara doğru küçük kemiksel uzantılar şeklinde başlamaktadır (93-95). Sutur boyunca devam eden bu oluşum maturasyonla birlikte artar (24, 96) ve kemik uzantıları birbirine yaklaşır. Sonrasında interdijitasyon artar ve suturun posterior bölgesinde füzyon daha önce olur (97, 98). Kemikleşme arkadan öne doğru ilerler (96, 97).

Maksiller darlığın ortopedik anlamda tedavisinde ideal zamanı değerlendirmek için intermaksiller suturun büyümesi ve maturasyonun incelendiği çalışmalar bilgi vermesi açısından faydalı olacaktır.

Melsen (98) yaptığı otopsi çalışmasında bireyleri 3 farklı gelişim aşamasına göre ayırarak midpalatal suturun maturasyonunu değerlendirmiştir. 10 yaşına kadar (infantil dönem) suturun düz ve geniş olduğu, 10-13 yaşlarında (juvenil dönem) genişliği daha az ve birbirine geçen yapıda olduğu, 13-14 yaşlarında ise (adelosan dönem) interdijitasyonun artmış olduğu gösterilmiştir.

Melsen diğer bir çalışmasında ise erişkin dönemde midpalatal sutur boyunca kemik formasyonu ve sinostozisleri gözlemlenmiştir (99).

Melsen'in histolojik bulgularını destekler şekilde, Wertz ve ark. (100) çene genişletmesiyle 12 yaşın altında daha kalıcı ortopedik değişiklikler elde edildiğini klinik çalışma bulgularında rapor etmişlerdir.

Björk ve Skieller'in (101) implant çalışmasına göre maksilladaki transversal büyüme 17 yaşında tamamlanmaktadır. Ayrıca maksilladaki transversal büyüme paterni ile boy artışının benzer grafik özellikleri gösterdiği ve büyüme atılımının maksimum olduğu ve tamamlandığı dönemlerin benzer olduğunu tespit edilmiştir.

Sutural aktivite bireysel varyasyonlar gösterebilmektedir. Özellikle genç erişkinlerde midpalatal suturun kaynaşmasının doğrudan kronolojik yaşla ilişkili olmadığını gösteren bulgular vardır. Persson ve Thilander (96) kadavra çalışmasında, 15 yaşındaki kadavrada suturun kemikleşmesine rağmen 27 ve 32 yaşlarında kemikleşme olmadığını bildirmiştir. Ayrıca 54 yaşında (97) hatta 71 yaşında (94) suturda füzyon belirtisi olmayan hastalar da rapor edilmiştir.

Bishara ve Staley (5), üst çene genişletmesinde en uygun zamanının 13-15 yaş öncesi olduğunu belirtmiş ve daha yetişkin hastalarda da genişletme yapılabileceğini fakat sonuçların öngörülemez olduğunu ve stabilizasyonunun problem olabileceğini bildirmişlerdir.

Pubertal atılım öncesinde tedavi edilen hastalarda uzun dönemde maksilla ve maksillayı çevreleyen yapılarda iskeletsel seviyede daha anlamlı ve etkin değişiklikler elde edilecektir. Hızlı üst çene genişletmesinin pubertal atılımdan sonra yapılması

maksillanın adaptasyonunun iskeletsel seviyeden dentoalveolar seviyeye kaymasına yol açacaktır (102).

İskeletsel maturasyon ile birlikte maksilla ve bağlantılı olduğu yapıların artan direnci üst çene genişletmesini mümkün kılarsa bile elde edilmek istenen iskeletsel etkiyi azaltmaktadır (3).

Sonuç olarak artan yaşla beraber hızlı üst çene genişletmesine gösterilen direncin arttığı hususunda ve bu nedenle erken yaşta tedavi konusunda birçok yazar hemfikirdir (40, 102-105).

2.4. Üst Çene Genişletmesi ve Komplikasyonları

Hızlı üst çene genişletmesinin sağladığı olumlu klinik etkilerin yanında uygulanan ağır kuvvetler sonucunda kapanışın açılması, midpalatal suturda ve temporomandibular eklem yapısında mikro travma (6) bukkal kemik kalınlığında azalma (57, 106) ve kök rezorpsiyonu gibi istenmeyen etkiler oluşabilmektedir.

Hızlı üst çene genişletmesi sonrası destek alınan birinci premolar ve birinci molar ile destek alınmayan ikinci premolar dişlerdeki kök rezorpsiyonu genişletmeden önce ve hemen sonra alınan konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) kayıtları ile değerlendirilmiştir. Genişletme sonrası incelenen tüm dişlerde destek alınmayan ikinci premolar dişler de dahil olmak üzere kök hacmi azalırken, en fazla hacimsel kaybın birinci molar dişin meziobukkal kökünde olduğu görülmüştür. Fakat kökler arasında yüzde olarak hacim azalması açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (56).

Hızlı üst çene genişletmesi ve uygulanan 3 aylık pekiştirme dönemi sonunda bukkal kemik kalınlığının değerlendirildiği bir KIBT çalışmasında bukkal kemik kalınlığının 0,6-0,9 mm azaldığı, diş destekli apareylerde doku destekli apareylere göre birinci premolar bukkal alveoler krest seviyesinin daha fazla azaldığı gösterilmiştir. Ayrıca HÜÇG'nin özellikle bukkal kemik kalınlığı daha az olan hastalarda ankraj dişlerin bukkal yüzeyinde kemik dehisensine yol açtığı rapor edilmiştir (57).

Hızlı üst çene genişletmesi ile ortaya çıkabilecek diğer komplikasyonlar ise apareyin kırılması ya da çıkması, ağrı (107), midpalatal suturun açılmaması (70), dişsel devrilme (39) olarak belirtilmiştir.

2.5. Kök Rezorpsiyonu

2.5.1. Kök Rezorpsiyonu Tanımı ve Tarihçesi

Ortodontik tedavi ve kök rezorpsiyonunu ilişkilendiren ilk isim 1914 yılında Ottolengui (108) olmuştur. O dönemde dental radyografinin teşhiste yaygın olarak kullanılmaya başlanması ortodontik tedavi ve kök rezorpsiyonunu değerlendirme imkânı sağlamıştır. Ketcham (109, 110) ortodontik tedavi öncesi ve sonrası kök şeklindeki değişimleri radyografik bulgular eşliğinde sunmuştur. Bunu ortodontik tedavi ve kök rezorpsiyonu ile ilgili yapılan çeşitli histolojik, klinik ve fizyolojik araştırmalar takip etmiştir. Apikal kök rezorpsiyonu ile beslenme alışkanlıkları (111) ve hormonal dengesizlik (112) arasında ilişki kurulmuştur.

Bazı araştırmacılar ise kök rezorpsiyonuna yol açan esas faktörün tedavide kullanılan apareylerle uygulanan aşırı kuvvet olduğunu belirtmiştir (113, 114).

Literatürde apikal kök maddesi kaybı için, 1930'lü yıllara kadar rezorpsiyon ve absorpsiyon terimleri birbirinin yerine kullanılmıştır. Marshall ve Becks (111) yaptıkları kapsamlı literatür incelemesi sonucunda yıkıma uğrayan doku kalıntılarının kan ve lenfatik dolaşım tarafından uzaklaştırılması sürecinin tıbbi ya da dental literatürde sadece rezorpsiyon olarak ifade edilmesi sonucuna varmışlardır.

Henry ve Weinmann (115) yaptıkları çalışmada sement rezorpsiyonundan bahsetmişlerdir. Sement rezorpsiyonunun dişlere gelen travmatik faktörlere bağlı olarak tüm kök yüzeyinde görülebileceğini belirtmişlerdir.

Kök rezorpsiyonu terimi aslında etyolojik bir unsur içermeyen patolojik süreci anlatan genel bir ifadedir. Periapikal ve periodontal inflamasyon, ortodontik tedavi, devamlı oklüzal travma, metabolik ve sistemik rahatsızlıklar, komşu gömülü dişin baskısı, dişlerin implantasyonu- reimplantasyonu, tümör ya da kist ve idiyopatik faktörler daimi dişlerde rezorpsiyona neden olan etyolojik faktörlerden bazılarıdır (116). Sonuçları benzer olsa da ortodontik tedavi kaynaklı kök rezorpsiyonu diğer tip kök rezorpsiyonlarından farklıdır. Bu yüzden ortodontik kuvvete bağlı kök rezorpsiyonunun "*Ortodontik Olarak İndüklenmiş İltihabi Kök Rezorpsiyonu (OOİİKR)*" olarak adlandırılmasının daha doğru olacağı önerilmiştir (117).

2.5.2. Ortodontik Olarak İndüklenmiş İltihabi Kök Rezorpsiyonu

OOİİKR, ortodontik diş hareketinin patolojik bir sonucu olarak ortaya çıkan ve ortodontik tedavi başarısını etkileyen bir süreçtir (118).

OOİİKR siddetine göre üç grupta incelenmektedir (119);

1. *Remodelling ile birlikte görülen sement ya da yüzey rezorpsiyonu:* Sadece sementin dış tabakasında rezorpsiyon izlenmektedir. Rezorpsiyon alanı sonrasında tamamen iyileşir ya da yeniden şekillenir.

2. *Dentin rezorpsiyonu ile birlikte görülen onarım (derin rezorpsiyon) :* Sement ve dentin tabakasının dış katmanlarında da rezorpsiyon görülmektedir ve genelde sement dokusu ile onarım gerçekleşmektedir. Rezorpsiyon ve iyileşme sürecinden sonra kök şekli orijinal formuna benzeyebileceği gibi farklı da olabilir.

3. *Sirkumferansiyel apikal kök rezorpsiyonu:* Kök apeksindeki sert dokuların tamamının rezorpsiyonuyla birlikte farklı derecelerde kök boyunda kısalma görülmektedir. Apikalde sement dokusunun altında görülen rezorpsiyonlarda rejenerasyon mümkün değildir.

OOİİKR için biyolojik ve mekanik kaynaklı birçok risk faktörü vardır. Mekanik faktörler tedavi sürecinde klinisyen tarafından bir ölçüde kontrol edilebilirken, biyolojik faktörler klinisyenin kapsamı dışındadır.

Biyolojik Faktörler

Genetik: Kök rezorpsiyonu ve genetik ile ilgili çalışmalar sınırlı olsa da kalıtımın kök rezorpsiyonunda rolü vardır. Newman (120) kök rezorpsiyonunda ailesel geçişten bahsederken, Harris ve ark. (121) eksternal apikal kök rezorpsiyonunun yüksek kalıtsal geçiş gösterdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca kök rezorpsiyonuna yatkınlık ile IL-1 β sitokini arasında ilişki kurulmuştur (122).

Sistemik durum ve genel sağlık: Kronik astım hastalarında ilaç tedavisi görsün ya da görmesin kök rezorpsiyonu insidasında artış saptanmıştır (123). Bu durum hastalardaki inflamatuvar mediatörlerin artışı veya kök kanallarının inflamasyonlu maksiller sinüs yakınlığıyla ilgili olabilir (124, 125). Kemik metabolizmasını etkileyebilen hipotroidizm, hipopituitarizm, hiperparatroidizm, hipofosfotemi, diabetes ve paget hastalığı gibi endokrin ve hormonal düzensizliklerin dolaylı olarak kök rezorpsiyonunu etkileyebileceği belirtilmiştir (9, 126, 127).

Cinsiyet: Cinsiyet ve OOİİKR arasında genelde ilişki kurulamasa da (128-131) erkeklerde, Kjar (132) ise tersine kızlarda daha yüksek prevalansın olduğunu belirtmiştir.

Dentisyon: Kök morfolojisi, endodontik tedavi, kemik morfolojisi, agenezis, aplazi ve transplante dişler gibi parametreler radyografi ile değerlendirilmelidir (119).

Yapılan çalışmalarda kök ucu anormal sonlanan invajinasyon, taurodontizm, dilaserasyon gösteren ve sivri sonlanan köklerin daha yüksek kök rezorpsiyon riski oluşturduğu gösterilmiştir (130, 133-135).

Hipodonti ya da parsiyel anadontinin rezorpsiyon riskini artırdığını (132, 133) gösteren çalışmaların yanında bununla çelişen çalışmalar da mevcuttur (136, 137).

Rezorpsiyon riskini artıran diğer durumlar ise ortodontik tedavi öncesi travmaya maruz kalma (120, 130) ve tedaviye başlamadan önce external kök rezorpsiyonun varlığıdır (138, 139).

Endodontik tedavi görmüş dişlerin ise kök rezorpsiyonu açısından normal dişlerden fazla risk taşımadıkları ve kök rezorsiyonuna yatkınlığın daha az olduğu da bildirilmiştir (134, 140, 141).

Maloküzyon ve ortodontik tedavi kaynaklı kök rezorpsiyonu değerlendirilecek olursa, artmış overjetin (128, 130, 142) ve açık kapanışın (138) maksiller keserler için risk faktörü olduğu söylenebilir.

Yaş: Çalışmaların çoğu, kronolojik yaş ve OOİİKR arasında kök rezorpsiyonu gelişimi açısından herhangi bir ilişki olmadığını gösterse de (121, 131, 140, 143, 144), yaşın etkili bir faktör olduğunu savunan çalışmalar da (130, 134) literatürde mevcuttur.

Mekanik Faktörler

Ortodontik kuvvetin tipi: Ortodontik tedavi sırasında diş hareketinde bir duraksama olmasının rezorbe sementin iyileşmesine izin verdiği ve böylece aralıklı kuvvetin daha az kök rezorpsiyonuna yol açtığı birçok araştırmacı tarafından kabul görmüştür (145-147).

Acar ve ark. (145) 24 saat devamlı kuvvet uygulanmasındansa 12 saatlik aralıklarla kuvvet uygulanmasının daha az kök rezorpsiyonuyla sonuçlandığını yaptıkları SEM çalışmasının sonuçlarında bildirmişlerdir.

Ballard ve ark. (146) yaptıkları Mikro-BT çalışmasında devamlı ve aralıklı kuvvetin kök rezorpsiyonuna etkilerini karşılaştırmışlardır. Devamlı kuvvet 8 hafta boyunca aralıksız 24 saat uygulanırken, aralıklı kuvvet ilk 2 hafta devamlı kuvvet, sonra ise 3 gün ara 4 gün kuvvet periyodu şeklinde uygulanmıştır. Sonuç olarak aralıklı kuvvet uygulanan grupta daha az kök rezorpsiyonu ortaya çıkmıştır.

Ortodontik hareketin tipi: Ortodontik tedavi sonrası kök rezorpsiyonunda diş hareketinin önemli bir rolü vardır. İntrüzyon ve tork gibi ortodontik hareketlerde kök yüzeyinde birim alana düşen kuvvet daha fazla olduğu için kök rezorpsiyon eğilimi artmaktadır (127, 148-150).

Aynı büyüklükteki devamlı intrüzyon ve ekstrüzyon hareketleri kök rezorpsiyonu açısından karşılaştırıldığında intrüzyonun ekstrüzyondan 4 kat daha fazla kök rezorpsiyonuna neden olduğu gösterilmiştir. İntrüzyonda apikal bölgede foramen apex yakınında derin ve yaygın rezorpsiyon alanları gözlenmiştir. Ekstrüzyonda ise aynı bölgede sığ ve sınırlı rezorpsiyon kavimleri ile karakteristiktir (151).

Kök rezorpsiyonu miktarının kuvvetin büyüklüğünden ziyade stres dağılımı ile daha fazla kolerasyon gösterdiği belirtilmiştir (118). Rudolf ve ark. (152) sonlu eleman analizi çalışmasında intrüzyon, ekstrüzyon, rotasyon, tipping ve bodily hareketlerin oluşturduğu stresi test etmiştir. İntrüziv, ekstrüziv ve rotasyonel kuvvetlerin daha çok kök apeksinde stres oluşurken, tipping ve bodily harekette ise stresin daha çok alveolar krestte yoğunlaştığı gösterilmiştir. Ayrıca bodily harekette stresin periodontal ligamentler tarafından dağıtıldığı da bildirilmiştir.

Tedavi süresi: Ortodontik tedavi süresi kök rezorpsiyonunu etkileyebilen önemli bir faktördür. Uzun süren ortodontik tedavinin önemli bir kök rezorpsiyonu sebebi olduğu bildirilmektedir (129, 133, 149, 153).

Levander ve Malmgren (133) ortodontik tedavi süresinin kök rezorpsiyonuna etkisini araştırdıkları çalışmalarında tedaviden 6-9 ay sonra dişlerin %34 ünde kök rezorpsiyonu teşhis ederken, 19 aylık tedavi süresinin sonunda yani tedavi bitiminde bu oranın %56 ya yükseldiğini bildirmişlerdir.

Sabit ortodontik tedavi sonrası kök rezorpsiyonunu etkileyen faktörlerin değerlendirildiği başka bir çalışmada (154) ise tedavi süresi 9-61 ay arasında değişen 96 hastanın tedavi öncesi ve sonrası radyografileri incelenmiştir. Tedavi sonrası kök

rezorpsiyonu ile tedavi süresi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuş ve tedavi süresi uzadıkça kök rezorpsiyonunun şiddetinin arttığı gösterilmiştir.

Ortodontik kuvvetin büyüklüğü: Optimal kuvvet dokuların canlılığı korunurken, destekleyen dokularda gerçekleşen apozisyon ve rezorpsiyon ile birlikte maksimum hücrel cevap alınması olarak nitelendirilmiştir.

Schwarz (114) tarafından optimal kuvvetin periodontal kapiller basıncı (26 g/cm²) seviyesinde olması önerilirken, daha fazla kuvvetin periodontal iskemi sonucu kök rezorpsiyonuna yol açacağı bildirilmiştir. Reitan (155) ise kök rezorpsiyonu riskini azaltmak için hafif kuvvetlerin uygulanmasını önermiştir.

Hafif (25 g) ve ağır (225 g) ekstrüviz kuvvetlerin kök rezorpsiyonuna etkisinin değerlendirildiği Mikro-BT çalışmasında uygulanan ağır kuvvetlerin, hafif kuvvetlere göre 3 kat daha fazla kök rezorpsiyonuna neden olduğu bildirilmiştir (156).

Literatürde genel görüş, hafif kuvvetlerin ağır kuvvetlerle karşılaştırıldığında daha az kök rezorpsiyonuna yol açtığı yönündedir (13, 118, 157, 158).

Ortodontik apareyler ve uygulanan tedavi mekanikleri: Sınıf II maloklüzyon düzeltiminde iki aşamalı tedavi metoduna karşın (fonksiyonel hareketli aparey ile tedavi sonrası sabit ortodontik tedavi), sadece sabit ortodontik tedavi uygulanmasının kök rezorpsiyonuna etkisi değerlendirilmiştir. İki aşamalı ortodontik tedavi gören grupta kök rezorpsiyonu daha az görülmüştür (159).

Tedavide elastik kullanımının kök rezorpsiyonuna etkisinin değerlendirildiği çalışmalara bakılacak olursa Mirabella and Årtun (134) kanin dişi kök rezorpsiyonu ile Sınıf II elastik kullanımını ilişkilendirmiştir. Linge ve Linge (127, 149) Sınıf II elastik kullanımına bağlı artmış apikal kök rezorpsiyonundan bahsetmişken, Sinclair (160) Sınıf II elastik kullanımı ve kök rezorpsiyonu arasında herhangi bir ilişki olmadığını bildirmiştir. Sınıf III elastik kullanımının mandibular birinci molar distal kökünde rezorpsiyonu artırdığı belirtilmiştir (9).

Başka bir çalışmada (160) ise elastik kullanım süresi ile kök rezorpsiyonu prevalansı arasında 6 aydan fazla süre ile 6 aydan az süre arasında fark görülmemiştir. Fakat kök rezorpsiyonun şiddeti 6 aydan daha fazla elastik kullanılan grupta istatistiksel olarak daha fazla bulunmuştur. Elastiklerin aralıklı kullanımına bağlı jigging kuvvetlerinin kök rezorpsiyonu prevalansını artırdığı düşünülmüştür.

Farklı sabit tedavi teknikleri kök rezorpsiyonu açısından değerlendirilse de araştırmacılar arasında görüş birliği yoktur. Posterior dişlerdeki kök rezorpsiyonun değerlendirildiği bir çalışmada Begg tekniği ile tedavide kök rezorpsiyonu riskinin Edgewise tekniğine göre 2-3 kat daha fazla olduğu bulunmuştur (161).

Bunun yanında, Parker ve Harris (162) standart edgewise, roth straight wire ve begg tekniklerini kök rezorpsiyonu açısından karşılaştırmış ve bu üç teknik arasında kök rezorpsiyonu riski açısından fark olmadığını bildirmişlerdir. Begg ve Edgewise tekniğinin karşılaştırıldığı diğer çalışmalarda da sonuçların benzer olduğu ifade edilmiştir (128, 163).

Hareketli termoplastik apareylerle sabit ortodontik apareylerin (hafif ya da ağır kuvvetler uygulayan) etkileri karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre kontrol grubu ile kıyaslandığında ağır kuvvet uygulanan grupta 9 kat, hafif kuvvet uygulanan grupta 6 kat termoplastik aparey grubunda ise 6 kat daha fazla kök rezorpsiyonu görülmüştür. Kök rezorpsiyonu açısından termoplastik aparey kuvvetleri ile hafif kuvvetler benzer özellikler göstermektedir (164).

Konvensiyonel ortodontik braket sistemi ile self-ligating sistemin alt kesici dişlerde yol açtığı kök rezorpsiyonu değerlendirilmiş ve istatistiksel olarak bir fark görülmemiştir (165).

2.5.3. Ortodontik Olarak İndüklenmiş İltihabi Kök Rezorpsiyonunun Hücresel Süreci

OOİİKR diş kökü, kemik, hücreler ve matriksten oluşan ve oldukça karmaşık steril inflamatuvar bir süreçtir (117). Periodontal ligamentin fazla basınca maruz kalması hiyalinizasyon dokusu ile sonuçlanmaktadır (114). Fare ve ratlarda yapılan histoloji çalışmalarıyla ortodontik tedaviyle ilişkili rezorpsiyonun hiyalinize alanların eliminasyonunun bir parçası olarak ortaya çıktığı gösterilmiştir (157, 166).

Hiyalinize dokunun uzaklaştırılması işleminde ilk hücreler tartrat rezistant asit fosfataz negatif (TRAP-) hücrelerdir. Makrofaj benzeri bu hücreler muhtemelen steril nekrotik dokudan gelen sinyaller ile aktive olurlar (119). Brudvik ve Rygh' in (157) tanımladığı gibi başlangıç eliminasyonu hiyalinize dokunun periferinden başlar.

Hiyalinize dokunun uzaklaştırılması sürecinde sementoid tabakanın üzerini örten sementoblast tabakasından oluşan kök yüzeyi zarar görebilir (167). Böylece yüksek

yoğunluktaki mineralize sement açığa çıkar. Rezorpsiyon süreci hiyalinize doku kalmayana kadar ve kuvvet seviyesi azalana kadar devam eder.

Rezorpsiyon lakünaları başlıca sıkışma tarafında görülürken gerilim tarafında ise nadiren ortaya çıkar. Kuvvet uygulanmasından sonra rezorpsiyon lakünalarının görünür hale gelebilmesi için 10-35 gün süre geçmesi gerekebilir. Klinik olarak bu derecede rezorpsiyon radyografi ile özellikle bukkal ve lingual yüzeylerde ise saptanamaz (116).

Rezorpsiyon defektleri yeni sementin organize olması ve periodontal ligamentlerin yeniden kurulmasıyla onarılır (168-171). Rezorpsiyon tamir sürecinin dış gelişimi süresince olan erken sementogenezisle benzeştiği ve malassez epitelyal kalıntılarının onarım sementogenezisinde rolü olduğu bildirilmiştir (168, 172).

Henry ve Weinmann (115) anatomik ve fonksiyonel olmak üzere 2 tip rezorpsiyon tamiri tanımlamışlardır. Anatomik tipte kök yüzeyi orijinal şekliyle onarılırken fonksiyonel tipte dentin açığa çıkmıştır ve ince bir sement tabakasıyla onarım gerçekleşmektedir.

Moll ve Kurol (141) ortodontik tedavi kaynaklı kök rezorpsiyonunun tamir sürecini, sabit ortodontik apareylerle bukkal yönde 50 g devamlı kuvvet uyguladıkları histoloji çalışmasıyla değerlendirmiştir. Altı haftalık kuvvet uygulanmasından sonra 1-8 hafta arasında değişen retansiyon süreleri uygulanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, iyileşen kısımlarda neredeyse tamamen hücreli semente rastlanırken, rezorbe alanların 1 haftalık retansiyon dönemi sonunda %28, 8 hafta sonunda ise %75 oranında iyileşme belirtisi gösterdiği saptanmıştır. Buna rağmen 8 hafta sonunda rezorpsiyon lakünalarının neredeyse yarısının hala tamir sementiyle örtülmediği ya da parsiyel olarak örtüldüğü gösterilmiştir. Servikal, orta ve apikal kısımda iyileşme potansiyeli açısından fark görülmemiştir.

Rezorpsiyon kavitelerinin iyileşme paterni hakkında farklı görüşler mevcuttur. Periferden rezorpsiyon lakünasının merkezine doğru sement depozisyonu olduğu, tamir sürecinin lakünanın periferinde başlarken aktif rezorpsiyonun merkezde hiyalinize alanda devam ettiği belirtilmiştir (173). Buna karşın tamir sementinin rezorpsiyon lakünasının merkezinden perifere doğru iyileştiği de gösterilmiştir (144, 169).

2.5.4. Kök Rezorpsiyonunun Tanısında ve Ölçümünde Kullanılan Yöntemler

Radyografler

Radyografik değerlendirme ortodontide ilk teşhis sürecinde önemli bir basamaktır. Panoromik film ve sefalometrik filmler tedavi öncesi rutin olarak alınmaktadır. Bunun yanında panoromik filmlerin bazı sınırlamaları vardır. Görüntü kalitesi hastanın doğru pozisyonlandırılması ve anatomik yapıların focal-trough ile yakınlığına bağlıdır (174). Örneğin çene ucunun yanlış konumlandırılması sert damak ile maksiller kesici diş köklerinin çakışmasına yol açabilir. Ayrıca %20-35 oranında magnifikasyon değeri olabilmektedir (175).

Periapikal filmlerin daha iyi detay vermesi ve daha az distorsiyon içermesi açısından panoromik filmlere üstünlüğü vardır. Panoromik filmler teşhis için yeterli olurken, periapikal patolojilerin teşhisinde periapikal filmler daha detaylı bilgi vermektedir (176). Kök ve alveoler kemiği değerlendirme açısından periapikal filmler panoromik filmlere göre daha detaylı bilgi verirken, panoromik filmlerde kök şeklini değerlendirmek daha zordur (175).

Kök rezorpsiyonunu değerlendirilmesinde özellikle paralel teknikle elde edilen periapikaller, panoromik radyografler ve lateral sefalometrilere göre gerçeğe daha yakın bilgi vermektedir (9, 177).

Şiddetli kök rezorpsiyonunun tespitinde radyografler fayda sağlar (128, 133, 149) fakat kökün mezial, distal ve orta apikal bölgesindeki rezorpsiyonların görülebilmesi zordur (178). İki boyutlu geleneksel radyografler iyi bir tanı aracı olsa da kök rezorpsiyonu miktarının değerlendirilmesinde kullanımı önerilmemektedir (179).

Histolojik İnceleme Yöntemi

Histolojik yöntemler, rezorbe kök yüzeyindeki başlangıç doku reaksiyonlarını inceleyebilmek, rezorbe alanların iyileşme mekanizması ve hücresel süreci anlayabilmek için çok sayıda kök rezorpsiyonu çalışmasında tercih edilmiştir (11, 141, 170, 180).

Histolojik incelemeler, radyografi ile karşılaştırıldığında çok küçük rezorpsiyon lakünalarının ve bukkal ve lingual yüzeydeki rezorpsiyon alanlarının tespitini mümkün kılması açısından avantajlıdır (181).

Kök rezorpsiyonunun sayısal ölçümü söz konusu olduğunda ise histolojik kesit alma sırasında materyal kaybı ve tekniğin hassasiyeti nedeniyle sonuçlar güvenilir olmayabilir (158). Düzensiz c-şekilli ya da küçük kraterler kısmen ya da tamamen kaybolabilir ya da yanlış ölçümle sonuçlanabilir (179).

İmmünolojik Biyokimyasal Ölçüm Yöntemi

Dişeti oluğu sıvısı periodonsiyuma ait bir dizi biyokimyasal ve hücrel faktörleri içermektedir (182, 183). Buna dayanarak bazı araştırmacılar dişeti oluğu sıvısına salınan bazı matrix proteinlerin de kök rezorpsiyonunun biyolojik göstergesi olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (184, 185).

En az 1 yıl sabit ortodontik tedavi gören ve orta ve şiddetli kök rezorpsiyonu gösteren hastalarla, kontrol grubu arasında dişeti oluğu sıvısında bulunan dentin sialoprotein, dentin fosfoprotein ve dentin matrix protein-1'i incelemişlerdir. Dentin sialoprotein ve dentin fosfoprotein ortodontik diş hareketi sürecinde kök rezorpsiyonun biyolojik göstergesi olarak kullanılmasının uygun bir seçenek olduğunu belirtmişlerdir (186).

Elektron Mikroskobu

Hızlı üst çene genişletmesiyle ilişkili kök rezorpsiyonun tamir sürecinin değerlendirilmesinde (187) ve sabit ortodontik tedavide farklı kuvvet aralıklarının (145, 188) kök rezorpsiyonuna etkisini değerlendirmek için taramalı elektron mikroskopisi (SEM) kullanılmıştır.

SEM seri kesitlerden elde edilen histolojik modelin sağlayamadığı detay ve çözünürlüğü sağladığı için önerilmektedir.

Diğer bir inceleme yöntemi olan transmisyon elektron mikroskopisi, kök rezorpsiyonu sürecini ve tamir olaylarının ultrastrüktürel detaylarını anlamaya olanak sağlayan bir yöntemdir (171, 189).

Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografiler

Diş hekimliğinin farklı alanlarında kullanılan konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) ortodontik tedaviye bağlı kök rezorpsiyonunun teşhisinde ve ölçümünde kullanılmaktadır (56, 190). Bu yöntemle dişlerin 3 boyutlu görüntüsü geleneksel radyografik yöntemlere göre daha hassas ve doğru şekilde elde edilebilmektedir (191,

192). KIBT ve panoromik radyografi karşılaştırıldığında, panoromik radyografilerde ortodontik diş hareketine bağlı kök rezorpsiyonu miktarının daha az değerlendirildiği gösterilmiştir (193).

Mikro Bilgisayarlı Tomografi (Mikro-BT)

Bilgisayarlı tomografinin 1970' lerin başlarında geliştirilmesiyle materyallerin ya da dokuların yoğunluklarının uzaysal dağılım haritaları çıkarılarak farklı açılardan elde edilen görüntüler birleştirilip üç boyutlu görüntüler elde edilmiştir (194). Bilgisayarlı tomografi, X-ışınının bilgisayar teknolojisi ile birleşmesinin ürünüdür ve 1-2 mm kalınlıkta kesitler halinde görüntü alır. Örnekten alınan kesit sayısının çokluğu, yani kesit kalınlığının ince olması görüntünün çözünürlüğünün artmasını sağlamaktadır (195). Çözünürlüğün artırılmasını sağlamak için kesitsel kalınlığı mikrometre cinsinden ifade edilen mikrotomografi cihazları geliştirilmiştir. Mikro-BT ilk olarak 1982 yılında Elliott ve Dover tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Mikro-BT tarayıcılar 5-50 µm kalınlıkta kesit alarak yüksek çözünürlüklü taramaları olanaklı kılmaktadır. Mikro-BT taramasında taranan nesne kendi etrafında belirli bir dar açıyla toplamda 180° ya da 360° dönerken örnekten seri kesitsel görüntüler elde edilir. Kesitsel görüntülerin birleştirilerek rekonstrükte edilmesi ile 3 boyutlu modeller oluşturulur.

Mikro-BT'nin diş hekimliğinde endodonti alanında kök kanal morfolojisinin analizi, kök kanal şekillendirmesinin değerlendirilmesi (196), implant ve implant çevresi kemik kalınlığının değerlendirilmesi (197, 198), mine kalınlığının ölçülmesi ve dişlerin mineral konsantrasyonunun belirlenmesinde (199) kullanılmaktadır. Ayrıca Mikro-BT sayesinde kök rezorpsiyonu krateri gibi çok küçük örneklerin rekonstrüksiyonu yapılabilmekte ve ilgili yazılım programları sayesinde rezorpsiyon kraterinin hacimsel ölçümü yüksek hassasiyette yapılabilmektedir (158).

Mikro-BT kök yüzeyinin 3 boyutlu değerlendirilmesine olanak sağladığı için günümüzde çok sayıda ortodontik tedavi ile ilişkili kök rezorpsiyonu çalışmasına konu olmuştur (118, 146, 156, 158).

2.5.5. Üst Çene Genişletmesi ve Kök Rezorpsiyonu

Üst çene genişletmesiyle uygulanan ortopedik kuvvetlerin destek alınan dişlerde kök rezorpsiyonuna neden olduğu histolojik ve radyografik çalışma bulgularıyla ortaya konmuştur.

Barber ve ark. (68) hızlı üst çene genişletmesinde destek alınan ve destek alınmayan üst birinci premolar dişlerde uygulanan farklı pekiştirme sürelerinin kök rezorpsiyonuna etkisini SEM ile değerlendirmişlerdir. Destek alınan üst premolar dişlerde özellikle servikal ve orta bukkal bölgede kök yüzeyinde daha yoğun rezorpsiyon alanları tespit edilirken, destek alınmayan üst premolar ve alt premolarda kök rezorpsiyonu gözlemlenmemişlerdir. Genişletmeden hemen sonra çekilen diş köklerinde rezorpsiyonun baskın olduğunu, bununla birlikte 9 ay retansiyon dönemi sonrasında bile tamir ile birlikte rezorpsiyonun devam edebildiği gösterilmiştir.

Langford (169) ise yaptığı SEM çalışmasında hızlı üst çene genişletmesinin destek dişlerde belirgin şekilde rezorpsiyona yol açtığını ve bu hasarın esas olarak sabit retansiyonunun ilk 3 ayı boyunca görüldüğünü ve sonrasında aktif rezorpsiyonunun azaldığını belirtmiştir. Oluşan defektin zamanla onarılmasına rağmen, genişletmeden bir yıl sonra henüz tamamlanmadığı bildirilmiştir.

Odenrick ve ark. (11) hızlı üst çene genişletmesinde Haas ile hyrax apareyinin ve farklı retansiyon sürelerinin kök rezorpsiyonuna etkisini değerlendirmişlerdir. Histolojik kesitlerde apikal bölgede minör rezorpsiyonlara rastlanırken, baskın rezorpsiyon alanları premolar dişlerin bukkal yüzeyindedir. Sadece Haas grubunda, küçük azı dişlerin ikisinde palatinal yüzeyde rezorpsiyon vardır. hyrax grubunda kökün bukkalinde yer alan kavitelerin boyutları Haas grubundakilere göre daha büyüktür. Genişletme sonrası retansiyon süresi arttıkça rezorpsiyon lakünlerinin boyutları azalmıştır. Çalışmanın sonucunda doku destekli olan Haas apareyinin daha az bukkal kök rezorpsiyonuna yol açtığı için tercih edilebileceği belirtilmiştir.

Başka bir histoloji çalışmasında ise diş destekli (cap splint apareyi) ve doku destekli (Haas apareyi) apareylerin kök rezorpsiyonu miktarı açısından farklılık göstermediği bulunmuştur. Fakat rezorpsiyon lakünalarının dağılımına bakıldığında cap splint grubunda, Haas grubuna göre daha koronalde yoğunlaşmıştır. Bu durum sadece diş destekli olan cap splint apareyinin lateral kuvvetlerle başlangıçta daha çok bukkal dişleri etkilemesi ve dişlerin daha çok tippingine neden olmasıyla açıklanmıştır (10).

Üst çene genişletmesi sonrasında destek alınan dişlerin dışında üst kesici dişlerdeki kök rezorpsiyonu da değerlendirilmiştir. Vardimon ve ark. (187) yaptıkları hayvan çalışmasında, üst çene genişletme sonrası incelenen histolojik kesitlerde üst birinci kesici dişlerde kontrol grubuna göre belirgin rezorpsiyon gözlemlenmiştir.

Hyrax apareyi ile hızlı üst çene genişletmesi sonrası destek alınan birinci premolar ve birinci molar ile destek alınmayan ikinci premolar dişlerdeki kök rezorpsiyonu genişletmeden önce ve hemen sonra alınan KIBT kayıtları ile değerlendirilmiştir. Genişletme sonrası incelenen tüm dişlerde destek alınmayan ikinci premolar diş de dahil olmak üzere kök hacmi azalırken, en fazla hacimsel kayıp birinci molar dişin meziobukkal kökündedir. Fakat kökler arasında yüzde olarak hacim azalması açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (56).

Diğer bir KIBT çalışmasında ise hyrax apareyi ile üst çene genişletmesi yapılmış ve 4.8 ay retansiyon döneminden sonra destek alınan dişlerin yanında mandibular birinci premolar ve molar dişler de kök yüzey değişimleri ve rezorpsiyon açısından değerlendirilmiştir. Üst birinci premolar ve molar dişlerde tedavi öncesi ile kıyaslandığında köklerde belirgin hacimsel olarak kayıp, kök boyunda kısalma, yüzey değişimleri saptanmıştır. Alt birinci premolar ve molar diş köklerinin hacimlerinde çok küçük ve istatistiksel olarak anlamlı olmayan artış vardır. Bu durumun oklüzyondaki değişimlere bağlı devamlı sement formasyonu ile ilişkili olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca kök rezorpsiyon paterninin standart olmadığı ve kök boyutu ve şeklindeki değişimlerin bireye özgü olduğu da çalışmanın bulguları arasındadır (200).

Hızlı üst çene genişletmesi sürecinde birinci premolar dişlerin bant ile ya da apareyden uzanan tel uzantıları ile desteklenmesinin kök rezorpsiyonunu nasıl etkilediği yapılan bir histoloji çalışmasıyla (201) değerlendirilmiştir. Genişletme sırasında ortodontik ankrajda bant ya da tel kullanılmasının kök rezorpsiyonunu etkilemediği belirtilmiştir. Kök rezorpsiyonunun bukkal yüzeylerde palatal ve interproksimal yüzeylere göre daha fazla miktarda ve her iki grupta tüm premolar dişlerde sement ve dentine uzanan tarzda olduğu görülmüştür. Bütün rezorpsiyon alanlarında 3 ay retansiyon sonunda sement hücreleri ile tamir gözlense de tam bir onarımdan ziyade parsiyel bir onarımdan bahsedilmiştir.

3. BİREYLER VE YÖNTEM

İnönü Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan **2014/23** protokol numarası ile etik onayı alındıktan sonra, İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalında tedavi görecektir, çalışmaya katılmayı kabul eden 12-15 yaş aralığında hastalara ve hasta velilerine çalışma tasarımı detaylı olarak anlatılmıştır. Aydınlatılmış Onam Formları tüm hastaların ebeveynlerine imzalatılmıştır.

3.1. Bireylerin Tedaviye Kabul Edilmesi

İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'na tedavi amacıyla başvuran ve yaş aralığı 12-15 arasında değişen 30 kız ve 20 erkek olmak üzere toplam 50 hasta çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışma grubu üst çene darlığı nedeniyle üst çene genişletme ihtiyacı olan ve genişletme sonrasında üst birinci premolar diş çekimi gerektirecek düzeyde çapraşıklık olan hastalardan oluşturulmuştur.

Hasta dahil edilme kriterleri

- ❖ Üst çene darlığı ile birlikte üst birinci küçük azı dişlerinde çekim endikasyonunun olması
- ❖ 12-15 yaş aralığında olması
- ❖ Üst çenede 8- 10 mm çapraşıklık olması
- ❖ Üst birinci küçük azı dişlerinin kök uçlarının kapanmış olması

Hasta hariç edilme kriterleri

- ❖ Daha önce ortodontik tedavi görmüş olması
- ❖ Sistemik hastalık ya da kraniyofasiyal anomalisinin olması
- ❖ Üst birinci küçük azı dişlerinde dolgu ya da kök kanal tedavisi olması
- ❖ Anamnezinde ve muayenesinde parafonksiyonel alışkanlıklar, diş sıkma, travma hikayesinin olması

Çalışmamıza dahil edilen 45 hasta rastgele 3 gruba ayrılarak hastalara 3 farklı HÜÇĞ apareyi uygulanmıştır. Birinci gruba hyrax apareyi, ikinci gruba akrilik bonded apareyi, üçüncü gruba ise modifiye akrilik bonded apareyi uygulanmıştır. Her bir aparey grubu ise kendi içinde 3 alt gruba ayrılarak 3 farklı genişletme protokolü uygulanmıştır. Birinci alt gruba günde 1 tur, ikinci alt gruba günde iki tur şeklinde hızlı genişletme, üçüncü alt gruba ise ilk 7 gün boyunca günde 2 tur, takip eden günlerde ise 2 günde 1 tur olacak şekilde yarı hızlı üst çene genişletme protokolü uygulanmıştır. Çalışmamızda

5 hastaya ise mini implant destekli hibrit genişletme apareyi uygulanmış ve alt grup oluşturmaksızın günde 1 tur olacak şekilde genişletme yapılmıştır. Çalışmamızda çevirme protokollerinin kök rezorpsiyonuna etkisini kıyaslayabilmek için hyrax, akrilik bonded ve modifiye akrilik bonded apareylerinin alt grupları kendi içinde kıyaslanacaktır. Apareylerin kök rezorpsiyonuna etkisini kıyaslayabilmek için ise bu defa çevirme protokolü aynı olan apareyler birbiriyle karşılaştırılacaktır. Yani günde 1 tur çevirme uyguladığımız hibrit, hyrax, akrilik bonded ve modifiye akrilik bonded grupları birbiriyle kıyaslanırken, günde 2 tur çevirme uyguladığımız hyrax, akrilik bonded ve modifiye akrilik bonded grupları birbiriyle kıyaslanacak ve yarı hızlı genişletme uyguladığımız hyrax, akrilik bonded ve modifiye akrilik bonded grupları birbiriyle kıyaslanacaktır (Tablo 3.1).

Hasta sayısı, yapılan Power analizi ile belirlenmiştir. Güç analizinde $\alpha=0.05$ ve $1-\beta=0.80$ (güç) alındığında kök rezorpsiyon yüzeyindeki ortalama değişimin 5 mm^3 olması için her bir gruptan en az 8'er diş alınması gerektiği hesaplanmıştır. Her grupta 5 hasta (10 adet diş) olacak şekilde gruplar oluşturulmuştur. (Baysal ve ark. (56) çalışması referans alınmıştır ve bu çalışmada kök yüzeyindeki ortalama volüm kaybı: % 7.21 ve SD: 14.91 dir).

Tablo 3.1. Grupların yaş ve aktivasyon miktarının ortalama ve standart sapma değerleri

Grup	N	Çevirme protokolü	Yaş(yıl)	Çevirme sayısı	Genişletme miktarı (mm)	Süre (gün)
			Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS
Hx1	5	Günde 1 aktivasyon	13,81±0,46	34,20±3,27	6,84±0,65	29,20±3,27
Hx2	5	Günde 2 aktivasyon	13,08±1,15	34,80±5,44	6,76±1,36	17,40±2,72
Hx3	5	2 günde 1 aktivasyon	14,58±0,66	34,60±3,57	6,92±0,71	54,20±7,15
Toplam	15		13,82±0,98	34,53±3,90	6,84±0,89	33,60±16,49
A1	5	Günde 1 aktivasyon	14,08±0,81	34,60±4,72	6,92± 0,94	29,60±4,72
A2	5	Günde 2 aktivasyon	13,79±0,88	32,20±4,71	6,44±0,94	16,10±2,35
A3	5	2 günde 1 aktivasyon	14,26±1,32	35,40±6,69	6,88±1,59	55,8±13,38
Toplam	15		14,04±0,97	34,06±5,24	6,74±1,13	33,83±18,71
M1	5	Günde 1 aktivasyon	14,18±0,57	36,60±6,50	7,32±1,30	31,60±6,50
M2	5	Günde 2 aktivasyon	13,01±1,37	40,60±5,36	8,12±1,07	20,30±2,68
M3	5	2 günde 1 aktivasyon	13,55±1,34	31,60±6,26	6,32±1,25	48,20±12,53
Toplam	15		13,58±1,17	36,26±6,78	7,25±1,35	33,36±14,13
Hb	5	Günde 1 aktivasyon	12,92±3,91	33,69±10,21	6,65±2,07	41,21±15,90

Hx: Hyrax apareyi, A: Akrilik bonded apareyi, M: Modifiye akrilik bonded apareyi, Hb: Hibrit aparey, Ort: Ortalama, SS: Standart Sapma

3.2. Üst Çene Genişletmesi İçin Kullanılan Apareyler ve Özellikleri

3.2.1. Hyrax Apareyi

Birinci molar ve premolar dişlerindeki bantlar (3M, Unitek, USA) bu bantlara lehimlenen tel uzantıları ve hyrax vidasından (Leone, Firenze, Italy) oluşan diş destekli bir apareydir (Şekil 3.3). Hastada maksiller birinci premolar ve molar dişlere uygun bantlar (3M Unitek, Monrovia, USA) seçilip uygulandıktan sonra ölçüsü alınarak alçı modeli elde edilmiştir. Elde edilen bantlı alçı modelde mümkün olduğunca damağa yakın olacak şekilde orta hatta hyrax vidası (Leone, Firenze, Italy) yerleştirilmiştir. Hyrax vidasının kolları bantlı dişlere ve ikinci premolarların servikal konturlarına göre uyumlanmış ve bantlara lehimlenmiştir.



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan hyrax apareyi

3.2.2. Akrilik Bonded Apareyi

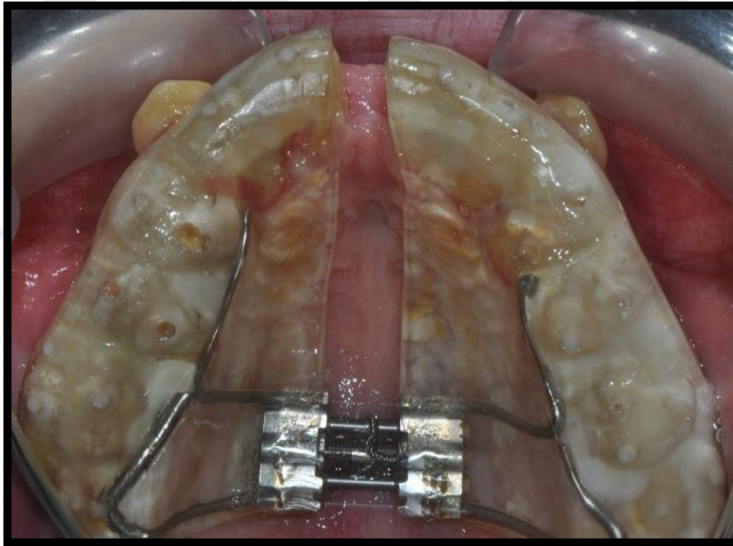
Akrilik Bonded Apareyi sadece diş destekli, akrilik ve hyrax vidasından (Leone, Firenze, Italy) oluşan bir apareydir. Hyrax vidasının kolları üst premolar ve üst molar dişlerin servikal konturlarına uygun olacak şekilde uyumlanmış ve üst premolar ve molar dişlerin bütün okluzal, bukkal ve palatinal yüzeyleri akrilik ile kaplanmıştır. Posterior bölgede okluzaldeki akrilik kalınlığının freeway space aralığı içinde olmasına dikkat edilmiş ve apareyin simantasyonu öncesinde gerekli okluzal uyumlamalar yapılmıştır. Apareyde dişlerin palatinal tüberküllerinin tepesine denk gelecek şekilde küçük delikler açılarak, yapıştırma esnasında fazla simanın palatinal mukozaya taşması engellenmiştir.



şekil 3. 2. Çalışmada kullanılan akrilik bonded apareyi

3.2.3. Modifiye Akrilik Bonded Apareyi

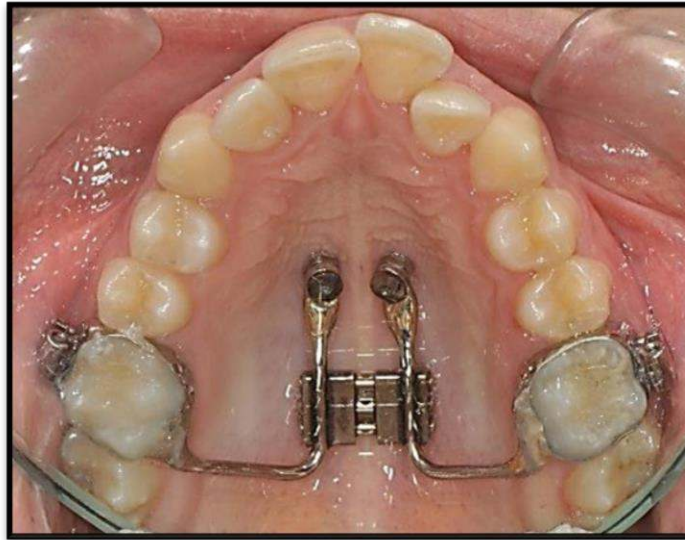
Modifiye akrilik bonded apareyi, akrilik ve hyrax vidasından (Leone, Firenze, Italy) oluşan diş-doku destekli bir apareydir. Hyrax vidasının kolları üst dişlerin palatinaline servikalden temas edecek şekilde bükülerek ikinci premolarlar hizasında ve damağa mümkün olduğunca yakın ve paralel yerleştirilmiştir. Üst çenede sürmüş tüm dişlerin okluzal, bukkal ve palatinal yüzeyleri ile üst çenede palatinal bölge akrilikle kaplanmıştır. Posterior bölgede okluzaldeki akrilik kalınlığının freeway space aralığı içinde olmasına dikkat edilmiştir. Apareyin simantasyonu sırasında fazla simanın palatinal mukozaya taşmasını engellemek için apareyde dişlerin palatinal tüberküllerinin tepesine denk gelecek şekilde küçük delikler açılmıştır.



Şekil 3. 3. Çalışmada kullanılan modifiye akrilik bonded apareyi

3.2.4. Hibrit Maksiller Genişletme Apareyi

Diş-kemik destekli bir aparey olan hibrit hyrax apareyinde diş desteği birinci molar dişler, kemik desteği ise anterior palatinaya yerleştirilen iki mini vida ile sağlanır. Hastaya lokal anestezi uygulandıktan sonra ikinci ve üçüncü palatal rugalar ile median palatal suturun yaklaşık 2-3 mm lateraline anterior palatinaya dik yönde 2mm x 9mm mini vidalar (PSM Benefit, Tuttlingen, Germany) uygulanmıştır. Üst birinci molar dişlere uygun bantlar (3M Unitek, Monrovia, USA) yerleştirilmiş ve mini vidaların üzerine transfer başlıkları yerleştirilerek aljinat ölçü maddesi ile üst çenenin ölçüsü alınmıştır. Ortodontik model elde etmek amacıyla aljinat ölçü içerisinde kalan transfer başlıklarına laboratuvar analogları uygun şekilde yerleştirilmiş ve bantlar konumlandırılarak sert alçı ile dökülmüştür. Sonrasında iki adet standart Benefit sisteme ait hyrax ring (PSM, Tuttlingen, Germany) laboratuvar analogu üzerine vidalanmıştır. Model üzerinde hyrax vidası (Forestadent, Pforzheim, Germany) damağa mümkün olduğunca yakın ve paralel yerleştirilmiş ve vidanın iki kolu molar bantlarına, diğer iki kolu hyrax ring üzerinde uyumlanmıştır. Hyrax vidası ile molar bantları ve hyrax ring bağlantısı laboratuvarda geleneksel gümüş lehimleme yapılarak sağlanmıştır.



şekil 3.4. Çalışmada kullanılan hibrit hyrax apareyi

3.3. Apareylerin Klinik Uygulaması

Aparey yapıştırılmadan öncelikle hastanın velisine vidanın nasıl çevrileceği ağız dışında gösterilmiştir. Daha sonra aparey ağza yerleştirilerek, yapıştırma öncesinde vidanın çevrilebildiğinden emin olunmuştur. Hyrax, akrilik bonded ve modifiye akrilik bonded apareyleri 3M Ketac-Cem (3M ESPE, Seefeld, Germany) simanla yapıştırılmıştır. Hibrid hyrax apareyi ise multi-cure cam iyonomer siman (3M Unitek, Neuss, Germany) ile yapıştırılmış ve fiksasyon vidaları ile hyrax ring vida başlarına sabitlenmiştir. Hasta yakınlarına vidayı hangi sıklıkta çevirmeleri gerektiği hasta gruplarına göre anlatılmış ve hastalar 1 hafta sonra kontrole çağırılmıştır. Hastalar genişletme süresince 2 haftalık kontrollerle takip edilmiş ve genişletmeye normal transversal ilişkinin sağlanmasına ek olarak 2-3 mm fazladan düzeltim olacak şekilde devam edilmiştir. Genişletme tamamlandıktan sonra hyrax vidası ligatür teli ile sabitlenmiştir. Tüm hastalarda aparey ağızda sabitken 3 ay boyunca retansiyon uygulanmıştır. Bu süreçte hastalar 6 haftada bir kontrole çağırılarak aparey uyumu ve ağız hijyeni kontrol edilmiştir.

3.4. Dişlerin Çekimi

3 aylık retansiyon döneminin sonunda hibrit hyrax apareyi dışındaki apareyler çıkarılmış ve dişlerin üzerindeki siman artıkları temizlenmiştir. Hibrit hyrax apareyi ise molar dişlerin ankrajını artırdığı ve ortodontik tedavi yapılmasına engel oluşturmadığı için aparey ağızda tutulmuştur. Bütün aparey gruplarında 3 ay retansiyon döneminin sonunda, lokal anestezi altında üst sağ ve sol premolar dişlerin çekimi yapılmıştır. Kök yüzeyine zarar vermemek için çekim sırasında elevatör kullanılmamasına ve davyenin kök yüzeyi ile temas etmemesine dikkat edilmiş ve diş çekimlerinin hepsi aynı cerrah tarafından gerçekleştirilmiştir. Diş çekiminden sonra kök yüzeylerine dokunmadan izotonik solüsyonla basınç uygulamaksızın dişler yıkanmış ve sonra % 70 alkol ile 30 dakika boyunca dişler dezenfekte edilmiştir. Bu aşamadan sonra dişler distile su içeren steril tüplere konularak muhafaza edilmiştir.

3.5. Kök Yüzeylerinin Üç Boyutlu Analizi

Kök yüzeylerinin taranmasında masa üstü tip SkyScan 1172 (Kontich, Belgium) Mikro-BT cihazı kullanılmıştır. Bu sistem yüksek voltajla desteklenen bir mikro odaklanma tüpü, hassas manipulatöre sahip bir numune tarayıcı, görüntü yakalayıcıya

bağlı bir -ray CCD (Charge-Coupled Device) kamera ve Dual Intel Xenon (Intel, LosAngeles, USA) işlemciye sahip bir bilgisayardan oluşur (Şekil 3.5).

Örneklerin tarama için SkyScan1172 Mikro-BT (Kontich, Belgium) cihazına yerleştirilirken rotasyonel tarama sırasında örneklerin x-ışınlarının ulaştığı alan içerisinde kalmaları sağlamak için vertikal ve olabildiğince merkezi, açılanma yapmadan sabitlenmesine dikkat edilmiştir.

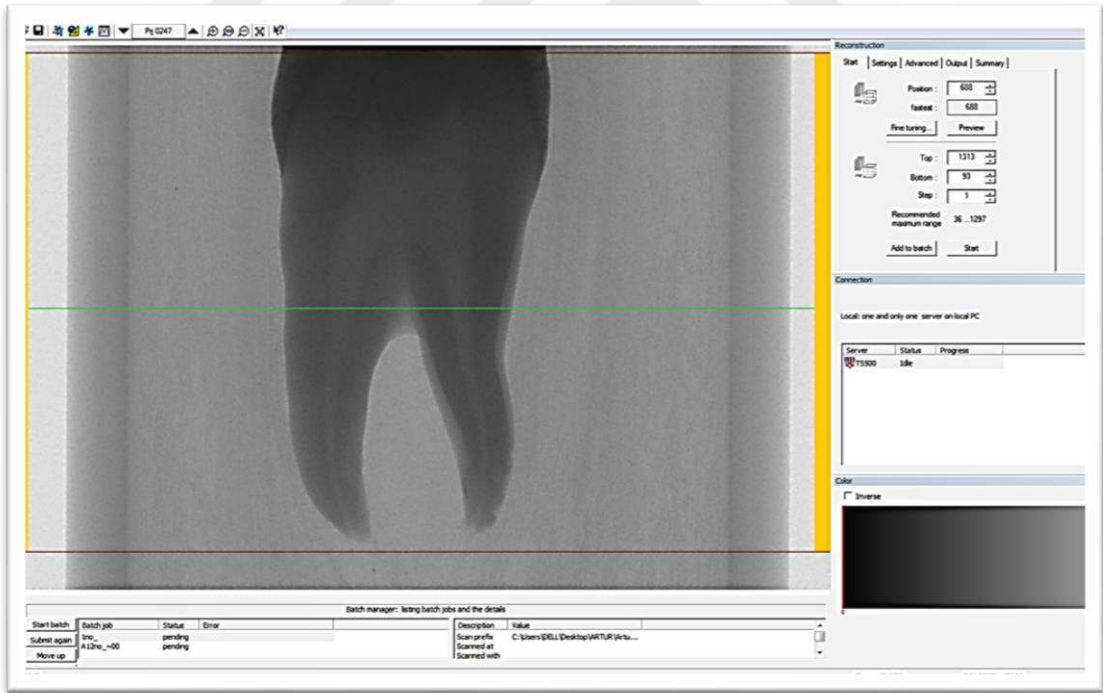


Şekil 3.5. Çalışmada taramalar için kullanılan Skyscan 1172 Mikro-BT sistemi

Dışlerin taranmasında 360 derece rotasyon kullanılırken, rotasyon adımı 0,40 derece olarak belirlenmiştir. Her bir örnekten yaklaşık olarak 9,9 mikron kalınlığında toplam 850-900 kesit görüntüsü 100 kV güç, 100 mA akımla, 0,5 mm alüminyum ve bakır filtre kullanılarak 11 Mp kamera yardımıyla alınmıştır. Kesitlerden alınan DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) uyumlu görüntüler BMP (Bit Map Picture) formatına dönüştürülmüştür. Her bir kesit görüntüsünün çözünürlüğü 2000x2000 piksel ve piksel boyutu 9,998 mikron olarak elde edilmiştir.

3.6. Mikro-BT Görüntülerinin Analize Hazırlanması

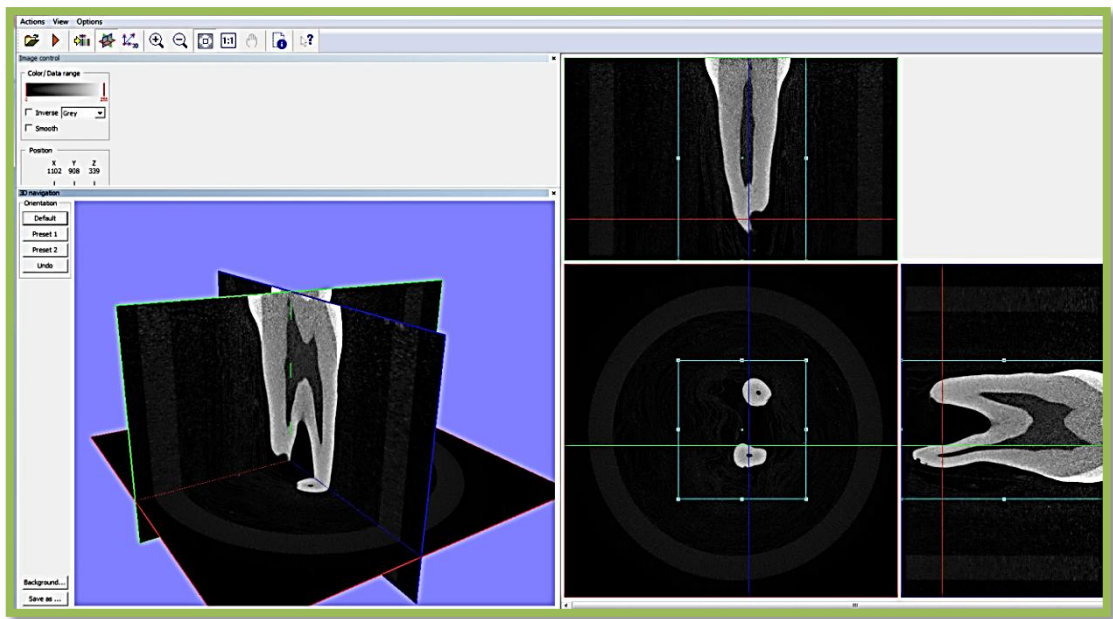
Mikro-BT taraması sonrası elde edilen ham radyolojik görüntüler NRecon 1.6.9.4 (SkyScan, Kontich, Belgium) programında görüntü yumuşatma (Smoothing) 5 birim, halkasal görüntü hatalarının düzeltimi (Ring Artifact Correction) 11 birim, ve x ışını sertleştirme (Beam Hardening Correction) için %55 düzeltme oranı kullanılarak görüntü kirlilikleri ve radyolojik artefaktlar elimine edilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. NRecon 1.6.9.4 (Skyscan, Kontich, Belgium) programında görüntülerin analize hazırlanması

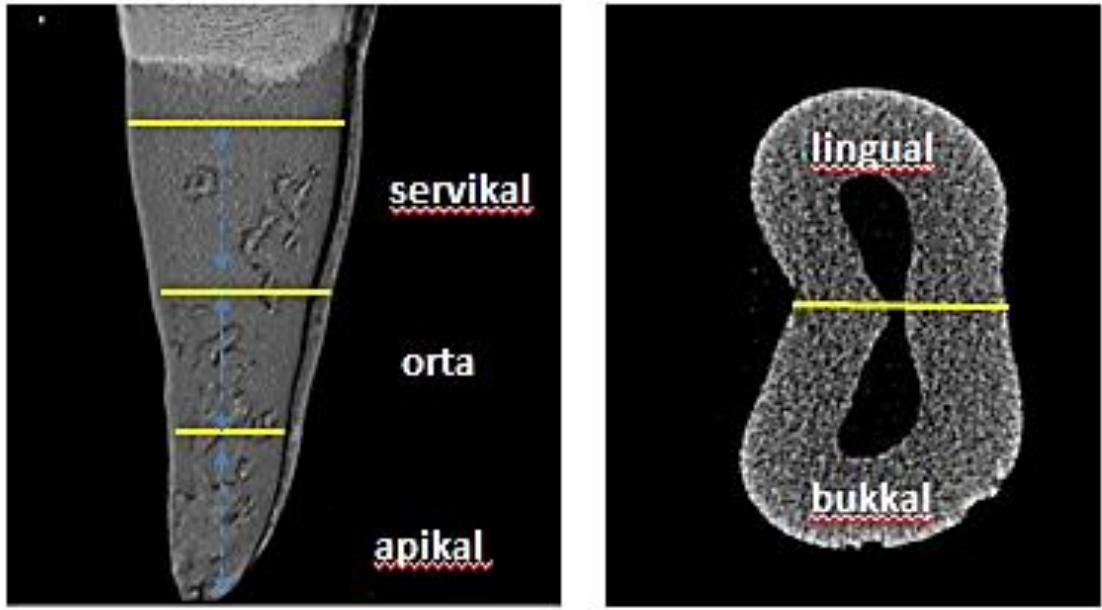
3.7. Mikro BT Görüntülerinin Analizi

İşlenen radyolojik görüntüler daha sonra SkyScan Dataviewer 1.5.0 64 bit (SkyScan, Kontich, Belgium) programı kullanılarak sagittal, transversal ve vertikal olarak uzayın her 3 düzleminde konumsal hataları giderilmiştir. Radyolojik görüntü alanları dışındaki gereksiz bölgeler uzaklaştırılıp görüntü boyutları küçültülerek bilgisayarda matematiksel analizin daha hızlı yapılabilmesine uygun hale getirilmiştir (Şekil 3.7). Bu aşamadan sonra verilerin incelenmesinde CTAn 1.13.5.1 (SkyScan, Kontich, Belgium) programı kullanılmıştır.



Şekil 3.7. Dataviewer 1.5.2 64 bit 4 (Skyscan, Kontich, Belgium) programı ile konumsal hataların giderilmesi

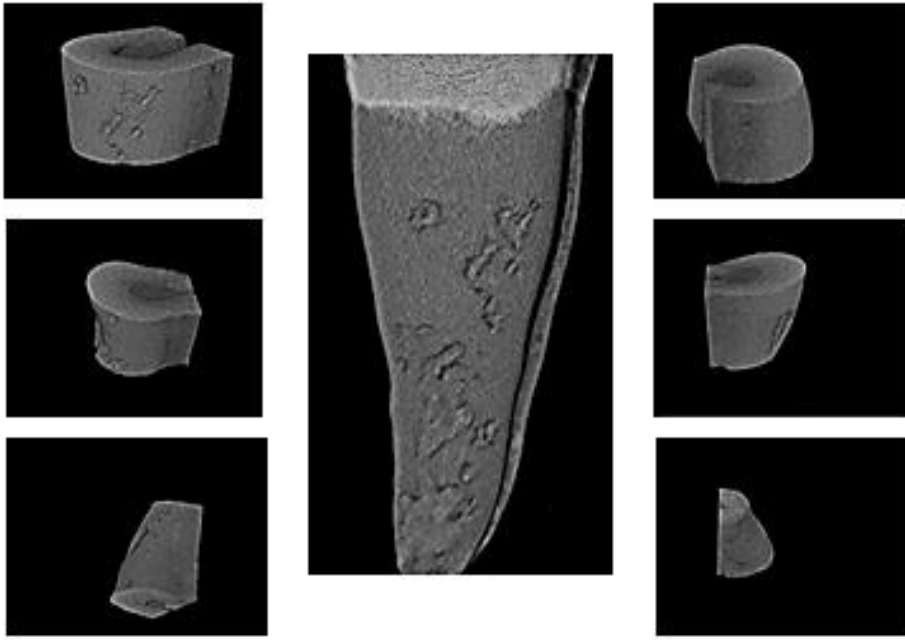
Kök yüzeyindeki rezorpsiyon krater hacimleri analiz edilirken, tüm kök yüzeyi vertikal olarak servikal, orta ve apikal olmak üzere üç kısma; sonra her bir kısım bukkal ve lingual olmak üzere iki alt bölgeye ayrılmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Kök yüzeyinin vertikal olarak 3 bölgeye ve her vertikal segmentin transversal olarak 2 bölgeye ayrılması

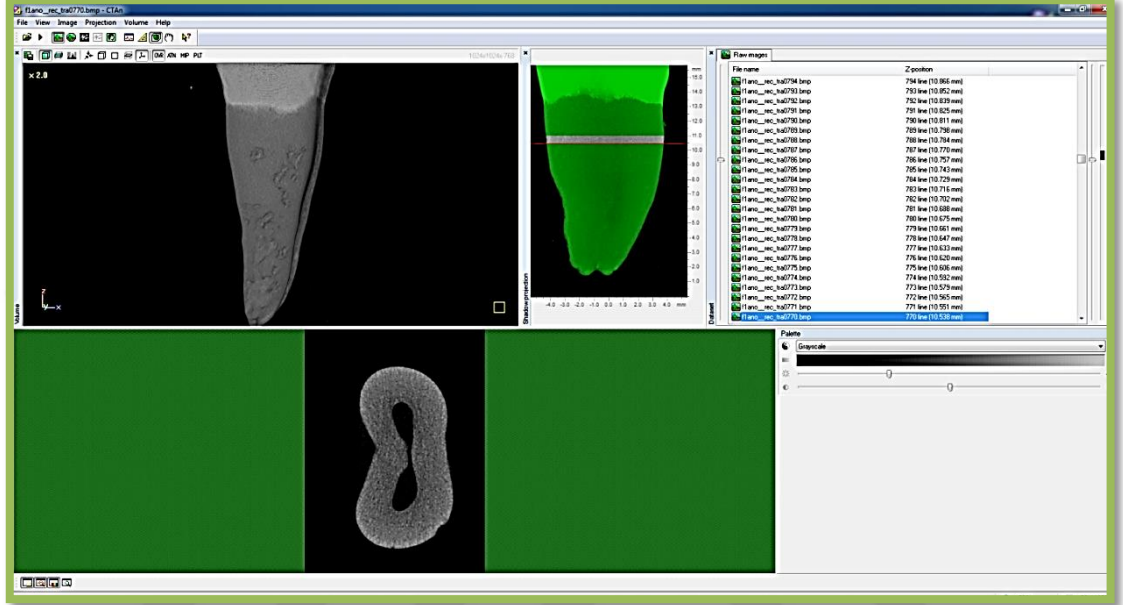
Kök Rezorpsiyonunun İnceleneceği Bölgelerin Tanımlanması

Kök yüzeyindeki rezorpsiyon krater hacimleri analiz edilirken, tüm kök yüzeyi vertikal olarak servikal, orta ve apikal olmak üzere üç kısma; sonra her bir kısım bukkal ve lingual olmak üzere iki alt bölgeye ayrılmıştır. Böylece diş kökü toplamda 6 bölgeye ayrılarak değerlendirilmiştir. Bu bölgeler *servikal bukkal*, *servikal lingual*, *orta bukkal*, *orta lingual*, *apikal bukkal*, *apikal lingual* olarak adlandırılmış ve Şekil 3.9 gösterilmiştir.



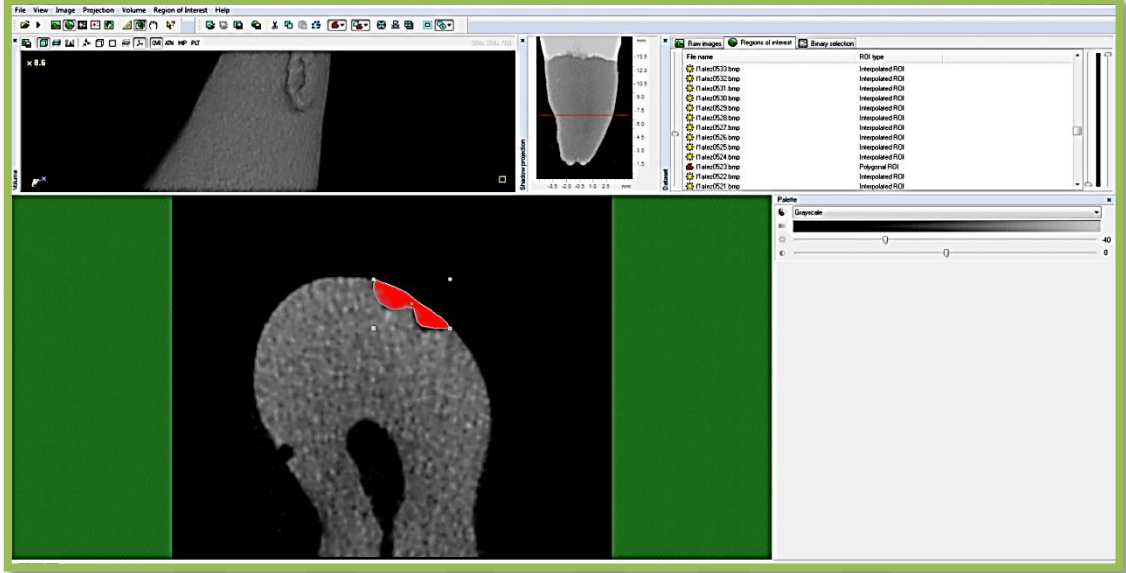
Şekil 3.9. Kök rezorpsiyonunun incelenmesinde tanımlanan 6 farklı kök yüzey bölgesi

Her bölge için elde edilen yeni veri serisi CTAn 1.13.5.1 (SkyScan, Kontich, Belgium) programı kullanılarak transversal kesitlerde servikookluzal yönde rezorpsiyon kraterinin başladığı ilk kesit ve bittiği son kesit belirlenerek aktif inceleme alanı sınırlandırılmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. CTAn 1.15.4.0 (Skyscan, Kontich, Belgium) programı ile incelenecek rezorpsiyon alanının sınırlandırılması

Daha sonra rezorpsiyon bölgesi CTAn 1.13.5.1 (SkyScan, Kontich, Belgium) programında Bölgesel Ayırıştırma (Region of Interest) fonksiyonu ile etraftaki sağlam sement dokusundan ve dış yüzeydeki hava boşluğundan ayrılarak rezorpsiyon krateri uzayın her 3 düzleminde diğer dokulardan ayırıştırılmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. CTAn 1.15.4.0 (Skyscan, Kontich, Belgium) programı ile rezorpsiyon kraterinin bölgesel ayırıştırması

İkinci aşamada lezyon alanı siyah-beyaz görüntü (Binary Page) sayfasına geçilip rezorpsiyon kraterini belirlemek için uygun çalışma aralığı (Theresholding) belirlenmiştir. Son aşamada özel işlemler sayfasına (custom processing) geçildi ve standart olarak her numune için aynı görev listesi (Task List) kullanılarak rezorpsiyon kraterine ait hacim ve sayı hesapları yapılmıştır.

3.8. İstatistiksel Yöntem

İstatistiksel analizler SPSS 22 (Chiaogo, IL, USA) programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Test edilen gruplardaki örnek sayısı dikkate alındığında; kök yüzeyindeki rezorpsiyon kraterlerinin hacmi ve sayısı ile ilgili verileri değerlendirmek için non parametrik istatistiksel testler seçilmiştir. Tanımlayıcı istatistiksel verilerde ortalama ve standart sapma kullanılmıştır.

Öncelikle test edilen gruplar arasındaki fark olup olmadığını araştırmak için $\alpha=0,05$ güven aralığında Kruskal Wallis tek yönlü varyans analizi kullanıldı. Gruplar arasındaki farkın kaynağını araştırmak için $\alpha=0,05$ güven aralığında Bonferroni düzeltilmeli Mann Whitney- testi uygulandı.

Üst çene genişletmesinde kullanılan apareylerde ölçülen kök rezorpsiyon değerlerinin farklı yüzey ve bölgeler arasında grup içi karşılaştırılmasında $\alpha=0,05$ güven aralığında Wilcoxon sıralı işaret testi yapılmıştır. Farklı apareylerin rezorpsiyon miktarına etkisini kıyaslamak için yapılan gruplar arası ikili karşılaştırmada ise Bonferroni düzeltilmeli Mann Whitney U testleri kullanılmıştır. Tüm değerlendirmelerde $P<0,05$ düzeyi anlamlı kabul edilmiştir.

4.BULGULAR

4.1. Aparey Gruplarına Ait Kök Rezorpsiyon Bulguları

Aparey gruplarına ait kök rezorpsiyon bulguları ve karşılaştırmaları Tablo 4.1a, 4.1b, 4.2a ve 4.2b de gösterilmiştir. Tablolarda gruplar arası karşılaştırmalar Kruskal Wallis tek yönlü varyans analizi ve Bonferroni Düzeltmeli Mann Whitney testi ile yapılmış ve gruplar arasında farkların olduğu durumlarda farklı harfler kullanılarak ortalama ve standart sapma değerlerinin yanına harflendirme yapılmıştır.

4.1.1. Aparey Gruplarının Toplam Rezorpsiyon Krater Hacim ve Sayısı Açısından Karşılaştırılması

Aparey gruplarındaki toplam rezorpsiyon krater hacimlerine ait tanımlayıcı ve grupların karşılaştırılmasına ait istatistiksel bulgular Tablo 4.1 de gösterilmiştir. Rezorpsiyon krater hacmi toplamda hibrit grubunda diğer gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede daha azdır ($p<0,001$). Hyrax, akrilik bonded ve modifiye akrilik bonded aparey grupları arasında ise toplam rezorpsiyon krater hacim değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Kök yüzeyinin farklı bölgelerindeki toplam hacim değerlerine bakıldığında, toplam bukkal rezorpsiyon hacmi hibrit grubu ($p<0,001$) ve Hx3 grubunda ($p<0,05$) istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az saptanmıştır. Hx1, Hx2, A1, A2, A3, M1, M2 ve M3 gruplarında ise total bukkal hacim değerlerindeki farklılıklar istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$). Toplam lingual rezorpsiyon hacmi hibrit grubunda en az ve değerler istatistiksel olarak anlamlı iken ($p<0,05$), diğer tüm gruplar arasındaki farklılıklar anlamlı değildir ($p>0,05$).

Toplam servikal rezorpsiyon hacmi hibrit grubunda en az bulunmuştur ($p<0,001$). Ayrıca bu bölgede Hx3 ve M2 gruplarında Hx1, Hx2, A2, A3 gruplarından istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az rezorpsiyon saptanmıştır ($p<0,05$). Hx1, Hx2, A1, A2, A3, M1 ve M3 grupları arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Toplam apikal ve toplam orta rezorpsiyon hacimleri ise sadece hibrit grubunda istatistiksel olarak oldukça anlamlı farklılık gösterirken ($p<0,001$) diğer apareyler arasında anlamlı bir farklılık yoktur ($p>0,05$).

Tablo 4.1. Kök yüzeyinde ölçülen toplam rezorpsiyon krater hacimlerinin gruplar arası karşılaştırılması

	Toplam Servikal Hacim Ort.±SS	Toplam Orta Hacim Ort.±SS	Toplam Apikal Hacim Ort.±SS	Toplam Bukkal Hacim Ort.±SS	Toplam Lingual Hacim Ort.±SS	Toplam Hacim Ort.±SS
Hx1	0,106±0,085 A	0,190±0,134 A	0,040±0,023 A	0,190±0,153 A	0,072±0,072 A	0,263±0,180 A
Hx2	0,089±0,047 A	0,097±0,085 A	0,070±0,057 A	0,170±0,093 A	0,090±0,080 A	0,260±0,160 A
Hx3	0,044±0,036 B	0,065±0,039 A	0,043±0,020 A	0,080±0,040 B	0,072±0,060 A	0,153±0,060 A
A1	0,078±0,057 AB	0,100±0,052 A	0,066±0,025 A	0,164±0,067 A	0,080±0,046 A	0,245±0,088 A
A2	0,100±0,117 A	0,080±0,071 A	0,048±0,048 A	0,150±0,134 AB	0,080±0,080 A	0,230±0,190 A
A3	0,081±0,045 A	0,079±0,048 A	0,050±0,044 A	0,161±0,092 AB	0,050±0,024 A	0,211±0,100 A
M1	0,069±0,041 AB	0,054±0,030 A	0,039±0,028 A	0,124±0,050 AB	0,040±0,043 A	0,161±0,072 A
M2	0,041±0,037 B	0,064±0,041 A	0,051±0,032 A	0,120±0,072 AB	0,040±0,035 A	0,156±0,090 A
M3	0,046±0,046 AB	0,068±0,046 A	0,038±0,026 A	0,108±0,060 AB	0,044±0,054 A	0,152±0,100 A
Hb	0,010±0,012 C	0,003±0,004 B	0,002±0,002 B	0,008±0,014 C	0,007±0,010 B	0,015±0,015 B
p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,000

H1: Hyrax apareyi, günde 1 tur , H2: Hyrax apareyi günde 2 tur, H3: Hyrax apareyi 2 günde 1 tur, A1: Akrilik bonded apareyi günde 1 tur, A2: Akrilik bonded apareyi, günde 2 tur, A3: Akrilik bonded apareyi, 2 günde 1 tur, M1: Modifiye akrilik bonded apareyi, günde 1 tur, M2: Modifiye akrilik bonded apareyi, günde 2 tur, M3: Modifiye akrilik bonded apareyi, 2 günde 1 tur, Hb: Hibrit apareyi, günde 1 tur. ¥ Kruskal Wallis, § Mann Whitney U testine göre aynı harfi alan gruplar arasında fark yoktur. *p≤0,05 **p≤0,01 ***p≤0,001

Toplam rezorpsiyon krater sayısı ve kökün farklı yüzeylerinde ölçülen toplam rezorpsiyon krater sayılarına ait bulgular tablo 4.2 de gösterilmiştir. Toplam krater sayısı hibrit ve A1 grubunda istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermektedir. Totalde en az krater sayısı hibrit grubunda iken ($p<0,001$), en fazla A1 grubundadır ($p<0,05$).

Bukkal ve lingual yüzeylerdeki toplam rezorsiyon krater sayıları da yine hibrit ve A1 grubunda diğer aparey gruplarına göre farklılık göstermektedir. Bu bölgelerde en az hibrit grubunda ($p<0,001$), en fazla A1 grubundadır ($p<0,05$).

Servikal bölgedeki toplam krater sayısı sadece hibrit grubunda farklılık göstermektedir ($p<0,05$). Orta bölgedeki toplam krater sayısı A1 ve hibrit grubunda anlamlı farklılıklar göstermektedir. En az krater sayısı hibrit grubunda ($p<0,001$) saptanırken, en fazla krater sayısı A3 grubundadır ($p<0,05$). Diğer aparey grupları arasında anlamlı bir farklılık yoktur ($p>0,05$). Apikal bölgedeki toplam rezorpsiyon krater sayısı ise M3 ($p<0,05$) ve hibrit grubunda ($p<0,001$) diğer gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede daha azdır.

Tablo 4.2. Kök yüzeyinde ölçülen toplam rezorpsiyon krater sayılarının gruplar arası karşılaştırılması

	Toplam Servikal Sayı Ort.±SS	Toplam Orta Sayı Ort.±SS	Toplam Apikal Sayı Ort.±SS	Toplam Bukkal Sayı Ort.±SS	Toplam Lingual Sayı Ort.±SS	Toplam Sayı Ort.±SS
Hx1	4,500±2,550 A	5,700±2,790 A	5,100±2,770 AB	9,700±4,571 A	5,600±2,412 A	15,300±6,50 AB
Hx2	3,300±1,702 A	4,800±2,440 A	6,200±3,300 AB	9,100±4,150 A	5,200±2,010 A	14,300±5,81 AB
Hx3	3,400±2,550 A	4,900±1,663 A	5,200±2,250 AB	8,400±4,480 A	5,100±1,912 A	13,500±4,719 A
A1	4,800±2,660 A	8,100±3,450 B	7,500±3,440 A	11,900±4,890 B	8,500±5,300 B	20,400±7,545 B
A2	4,000±2,708 A	5,600±2,951 A	5,500±2,953 AB	9,500±4,881 A	5,600±3,240 A	15,100±6,261 AB
A3	4,700±1,890 A	6,000±2,211 A	5,800±3,360 AB	11,000±4,670 A	5,500±1,840 A	16,500±1,800 AB
M1	4,200±2,485 A	5,600±2,065 A	3,400±2,170 AB	9,300±1,950 A	3,900±3,250 AC	13,200±4,420 A
M2	2,500±1,840 A	4,300±2,451 A	4,900±3,842 AB	7,900±5,445 A	3,800±2,660 AC	11,700±6,240 A
M3	3,500±2,800 A	4,200±2,044 A	2,900±1,663 B	7,200±4,240 A	3,400±2,503A C	10,600±5,440 A
Hb	1,100±1,200 B	0,800±0,135 C	0,900±1,000 C	1,100±1,200 C	1,700±2,110 C	2,800±2,250 C
P	0,002	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000

H1: Hyrax apareyi, günde 1 tur , H2: Hyrax apareyi günde 2 tur, H3: Hyrax apareyi 2 günde 1 tur, A1: Akrilik bonded apareyi günde 1 tur, A2: Akrilik bonded apareyi, günde 2 tur, A3: Akrilik bonded apareyi, 2 günde 1 tur, M1: Modifiye akrilik bonded apareyi, günde 1 tur, M2: Modifiye akrilik bonded apareyi, günde 2 tur, M3: Modifiye akrilik bonded apareyi, 2 günde 1 tur, Hb: Hibrit apareyi, günde 1 tur. ¥ Kruskal Wallis, § Mann Whitney U testine göre aynı harfi alan gruplar arasında fark yoktur. *p≤0,05 **p≤0,01 ***p≤0,001

4.1.2. Aparey Gruplarının Kök Yüzeyinin Farklı Bölgelerinde Ölçülen Rezorpsiyon Krater Hacim ve Sayısı Açısından Karşılaştırılması

Aparey gruplarına ait kök yüzeyinin 6 farklı bölgesindeki rezorpsiyon krater hacimlerinin tanımlayıcı değerleri ve grupların karşılaştırılmasına ait istatistiksel bulgular Tablo 4.3 de gösterilmiştir.

Servikal bukkal rezorpsiyon hacmi bütün gruplar arasında en az hibrit grubunda saptanmıştır ($p<0,001$). Ayrıca servikal bukkal bölgede Hx3 ve M2 gruplarında, Hx1 ve Hx2 gruplarından istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az rezorpsiyon tespit edilmiştir ($p<0,05$). Hx1, Hx2, A1, A2, A3, M1 ve M3 grupları ise servikal bukkal rezorpsiyon hacmi açısından önemli fark bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Servikal lingual yüzey değerlendirildiğinde rezorpsiyon hacmi açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar A3 ve hibrit grupları ile Hx1, Hx2, Hx3, A1, A2, M1 ve M2 ve M3 grupları arasında görülmektedir ($p<0,05$).

Orta bukkal hacim ve orta lingual hacimdeki rezorpsiyon hacim değerleri açısından sadece hibrit grubunda istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($p<0,001$). Diğer aparey gruplarında ise bu bölgeler için farklar önemli değildir ($p>0,05$). Apikal lingual bölgede ise kök rezorpsiyon hacmi hibrit ve M1 grubunda daha azdır ve bu iki grupta diğer bütün gruplara göre anlamlı derecede daha az rezorpsiyon tespit edilmiştir ($p<0,01$). Ayrıca Hx1 ve A2 gruplarında, A1 grubuna göre apikal lingual bölgede rezorpsiyon hacmi daha az bulunmaktadır ($p<0,05$).

Tablo 4.3. Kök yüzeyinin farklı bölgelerinde ölçülen rezorpsiyon krater hacimlerinin gruplar arası karşılaştırılması

	Servikal Bukkal Hacim Ort.±SS	Servikal Lingual Hacim Ort.±SS	Orta Bukkal Hacim Ort.±SS	Orta Lingual Hacim Ort.±SS	Apikal Bukkal Hacim Ort.±SS	Apikal Lingual Hacim Ort.±SS
Hx1	0,071±0,049 A	0,034±0,050 A	0,090±0,124 A	0,030±0,030 A	0,030±0,020 A	0,009±0,010 B
Hx2	0,065±0,040 A	0,023±0,030 A	0,055±0,060 A	0,041±0,037 A	0,050±0,040 A	0,021±0,020 AB
Hx3	0,025±0,020 B	0,020±0,027 A	0,035±0,030 A	0,030±0,030 A	0,020±0,012 AB	0,022±0,017 AB
A1	0,053±0,020 AB	0,025±0,027 A	0,069±0,042 A	0,032±0,027 A	0,041±0,026 A	0,024±0,014 A
A2	0,060±0,070 AB	0,040±0,053 A	0,050±0,044 A	0,032±0,040 A	0,042±0,050 A	0,005±0,005 B
A3	0,075±0,046 AB	0,006±0,006 B	0,054±0,040 A	0,025±0,025 A	0,031±0,030 A	0,018±0,021 AB
M1	0,051±0,031 AB	0,016±0,018 AB	0,040±0,020 A	0,016±0,024 A	0,040±0,025 A	0,003±0,007 C
M2	0,030±0,030 B	0,011±0,021 AB	0,051±0,050 A	0,012±0,014 A	0,003±0,008 AB	0,014±0,015 AB
M3	0,030±0,030 AB	0,016±0,030 A	0,051±0,030 A	0,016±0,022 A	0,025±0,021 A	0,012±0,020 AB
Hb	0,007±0,012 C	0,002±0,004 B	0,000±0,001 B	0,002±0,005 B	0,001±0,001 B	0,001±0,002 C
P	0,000	0,017	0,000	0,000	0,000	0,002

H1: Hyrax apareyi, günde 1 tur , H2: Hyrax apareyi günde 2 tur, H3: Hyrax apareyi 2 günde 1 tur, A1: Akrilik bonded apareyi günde 1 tur, A2: Akrilik bonded apareyi, günde 2 tur, A3: Akrilik bonded apareyi, 2 günde 1 tur, M1: Modifiye akrilik bonded apareyi, günde 1 tur, M2: Modifiye akrilik bonded apareyi, günde 2 tur, M3: Modifiye akrilik bonded apareyi, 2 günde 1 tur, Hb: Hibrit apareyi, günde 1 tur. ¥ Kruskal Wallis, § Mann Whitney U testine göre aynı harfi alan gruplar arasında fark yoktur. *p≤0,05 **p≤0,01 ***p≤0,001

Aparey gruplarına ait kök yüzeyinin 6 farklı bölgesindeki rezorpsiyon krater sayılarının tanımlayıcı değerleri ve grupların karşılaştırılmasına ait istatistiksel bulgular Tablo 4.4'te gösterilmiştir. Servikal bukkal, servikal lingual, orta bukkal ve orta lingual bölgedeki rezorpsiyon krater sayıları sadece hibrit grubunda istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterirken ($p<0,05$), diğer aparey grupları arasındaki farklar önemsizdir ($p>0,05$).

Apikal bukkal bölgedeki rezorpsiyon krater sayısı en az hibrit grubundadır ve diğer gruplardan istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermektedir ($p<0,001$). A1 ve Hx3 ile A1 ve M3 grubu arasında da farklılıklar bulunmuştur ($p<0,05$). Apikal lingual bölgedeki rezorpsiyon krater sayısı ise hibrit ve M1 gruplarında Hx1, Hx2, Hx3 ve A1, A2, A3 gruplarına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede azdır ($p<0,001$).

Tablo 4.4. Kök yüzeyinin farklı bölgelerinde ölçülen rezorpsiyon krater sayılarının gruplar arası karşılaştırılması

	Servikal Bukkal Sayı Ort.±SS	Servikal Lingual Sayı Ort.±SS	Orta Bukkal Sayı Ort.±SS	Orta Lingual Sayı Ort.±SS	Apikal Bukkal Sayı Ort.±SS	Apikal Lingual Sayı Ort.±SS
Hx1	2,700±1,570 A	1,800±1,550 A	3,700±1,890 A	2,000±1,054 A	3,300±1,890 AB	1,800±1,230 A
Hx2	2,100±1,290 A	1,200±0,918 A	2,800±1,751 A	2,000±0,816 A	4,200±2,573 AB	2,000±1,250A
Hx3	2,400±2,319 A	1,000±0,820 AB	3,000±1,825 A	1,900±1,100 A	3,000±1,414 A	2,200±1,316 A
A1	2,500±0,971 A	2,300±1,890 A	4,400±2,065 A	3,700±3,164 A	5,000±2,830 B	2,500±1,581 A
A2	2,600±1,900 A	1,400±1,350 A	3,500±2,550 A	2,100±1,450 A	3,400±2,170 AB	2,100±1,663 A
A3	3,700±1,640 A	1,000±0,942 AB	4,300±1,702 A	1,700±1,418 A	3,000±2,108 AB	2,800±1,620 A
M1	2,400±1,505 A	1,800±1,316 A	4,200±1,032 A	1,400±1,840 AB	2,700±1,830 AB	0,700±0,060 B
M2	1,600±0,970 A	0,900±1,730 AB	2,700±2,162 A	1,600±1,173 AB	3,600±3,204 AB	1,300±1,340 AB
M3	2,400±1,780 A	1,100±1,450 AB	2,900±1,730 A	1,300±1,160 A	1,900±1,792 A	1,000±1,816 AB
Hb	0,500±0,707 B	0,600±0,843 B	0,100±0,316 B	0,700±0,160 B	0,500±0,530 C	0,400±0,700 B
P	0,001	0,033	0,000	0,017	0,001	0,001

H1: Hyrax apareyi, günde 1 tur , H2: Hyrax apareyi günde 2 tur, H3: Hyrax apareyi 2 günde 1 tur, A1: Akrilik bonded apareyi günde 1 tur, A2: Akrilik bonded apareyi, günde 2 tur, A3: Akrilik bonded apareyi, 2 günde 1 tur, M1: Modifiye akrilik bonded apareyi, günde 1 tur, M2: Modifiye akrilik bonded apareyi, günde 2 tur, M3: Modifiye akrilik bonded apareyi, 2 günde 1 tur, Hb: Hibrit apareyi, günde 1 tur. ¥ Kruskal Wallis, § Mann Whitney U testine göre aynı harfi alan gruplar arasında fark yoktur. *p≤0,05 **p≤0,01 ***p≤0,001

4.2. Kök Yüzeyindeki Bölgesel Farklılıkların Değerlendirilmesi

Kök yüzeyindeki rezorpsiyon krater hacimleri ve rezorpsiyon krater sayılarına ait tanımlayıcı değerler ve bölgelerin birbiri arasında karşılaştırılmasına dair istatistiksel bulgular Tablo 4.5, 4.6 ve 4.7' de görülmektedir.

Tablo 4.5' te görülen bukkal ve lingual bölgeye ait toplam kök rezorpsiyon hacmi ve kök rezorpsiyon krater sayısı bulgularına göre bukkal bölge lingual bölgeden istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla rezorpsiyon krater hacim ve sayı değerlerine sahiptir ($p<0,001$).

Tablo 4.5. Kök yüzeyinin bukkal ve lingual yüzeylerinde ölçülen rezorpsiyon krater hacim ve sayı değerlerinin karşılaştırması

	Hacim	Sayı
	Ort. $\pm$ SS	Ort. $\pm$ SS
Bukkal	0,132 $\pm$ 0,107	8,510 $\pm$ 4,929
Lingual	0,060 $\pm$ 0,060	4,830 $\pm$ 3,254
P	0,000	0,000

Kök yüzeyinin 6 farklı bölgesine ait rezorpsiyon bulgularına (Tablo 4.6) göre, kök rezorpsiyon hacim ve sayı değerleri servikal bukkal, orta bukkal ve apikal bukkal bölgeler için bu bölgelerin lingual yüzeylerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazladır ($p<0,001$). Servikal bukkal bölge ile orta bukkal bölge rezorpsiyon hacmi açısından farklılık göstermezken ($p>0,05$), apikal bukkal bölge bu iki bölgeye göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az rezorpsiyon hacmine sahiptir ($p<0,05$). Kök rezorpsiyon krater sayısı apikal bukkal ile orta bukkal bölge arasında farklılık göstermezken ($p>0,05$), bu bölgeler ve kalan bütün bölgeler birbirleriyle istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ($p<0,001$).

Tablo 4.6. Kök yüzeyinin 6 farklı bölgesinde ölçülen rezorpsiyon krater hacim ve sayı değerlerinin karşılaştırması

	Hacim	Sayı
	Ort.±SS	Ort.±SS
Servikal bukkal	0,050±0,051 A	2,290±1,660 A
Servikal lingual	0,021±0,031 B	1,310±1,361 B
Orta bukkal	0,050±0,055 A	3,130±2,106 C
Orta lingual	0,025±0,030 B	1,840±1,670 D
Apikal bukkal	0,032±0,030 C	3,060±2,365 C
Apikal lingual	0,013±0,015 B	1,680±1,450 BD
P	0,000	0,000

Servikal, orta ve apikal bölgeye ait rezorpsiyon bulguları değerlendirildiğinde (Tablo 4.7), kök rezorpsiyon hacmi açısından servikal ve orta bölge arasındaki farklar önemsizken ($p>0,05$), apikal bölge servikal ve orta bölgeye göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az kök rezorpsiyonu göstermektedir ($p=0,001$). Kök rezorpsiyon krater sayısı ise servikal bölgede anlamlı derecede daha az görülmekteyken ($p<0,01$), apikal ve orta bölgede anlamlı bir farklılık yoktur ($p>0,05$).

Tablo 4.7. Kök yüzeyinin 3 farklı bölgesinde ölçülen rezorpsiyon krater hacim ve sayı değerlerinin karşılaştırması

	Hacim	Sayı
	Ort.±SS	Ort.±SS
Servikal	0,071±0,068 A	3,600±2,441 A
Orta	0,074±0,070 A	5,000±2,890 B
Apikal	0,045±0,039 B	4,740±3,218 B
P	0,001	0,002

5.TARTIŞMA

5.1. Bireylerin Seçimi

Çapraz kapanış ve çapraşıklık maksiller yetersizliğin sonucu olarak ortaya çıkabilen ve maksiller darlığın kolaylıkla teşhis edilebilen klinik bulgularındandır. Maksiller darlık bazı durumlarda dentisyon tarafından kamufle edilebilir. Posterior çapraz kapanış görülme bile dental arklar daralmıştır ve çapraşıklık mevcuttur. Bu durumda da maksiller genişletme endikasyonu vardır (34). Çalışmamızda bilateral ya da unilateral çapraz kapanışın olması, şiddetli çapraşıklık ile karakterize dar dental arkların varlığı ve gülümsemede bukkal dar karanlık alanların mevcut olması maksiller genişletme ihtiyacının belirlenmesinde etkili olmuştur.

Hızlı üst çene genişletmesinin uygulanabileceği yaş sınırı ile ilgili farklı görüşler mevcuttur. Midpalatal sutur füzyonundaki varyasyonlar özellikle genç erişkinlerde doğrudan kronolojik yaşla ilişkili olmayabilir (94, 97). Bununla birlikte iskeletsel maturasyon ile birlikte maksilla ve bağlantılı olduğu yapıların artan rijitidesi üst çene genişletmesini mümkün kılarsa bile elde edilmek istenen iskeletsel etkiyi azalmaktadır. Bishara ve Staley (5) üst çene genişletmesinde optimal zamanının 13-15 yaş öncesi olduğunu belirtmiş ve daha yetişkin hastalarda da genişletme yapılabileceğini fakat sonuçların öngörülemez olduğunu ve stabilizasyonunun problem olabileceğini bildirmişlerdir. Bu çalışmadan yola çıkarak hastaların çalışmaya dahil edilmesinde 12-15 yaş aralığı dikkate alınmıştır.

Hastaların seçiminde kök rezorpsiyonunu etkileyebilecek sistemik rahatsızlıklar, bruksizm, premolar dişlerde travma öyküsü gibi faktörler elimine edilmeye çalışıldı. Ayrıca bireylerin çalışmaya dahil edilmesinde, üst çene darlığının yanında çapraşıklık ya da artmış overjetin düzeltimi nedeniyle üst birinci premolar dişlere çekim endikasyonu konulmuş olması dikkate alınmıştır.

5.2. Genişletme Apareyleri ve Çevirme Protokolleri

Dar maksillanın genişletilmesinde diş destekli ya da diş-doku destekli sabit apareyler kullanılabilir. Hastanın yaşı, maloklüzyon ve kişisel deneyimler uygulayıcı tarafından aparey seçimini etkilerken (40, 202), hastanın biyomekanik gereksinimlerinin de aparey tasarımına karar verilmesinde etkili olduğu belirtilmiştir. Sutural ayrılmaya karşı gösterilen direnç nedeniyle, posterior dişlerdeki bukkale

devrilmeyi en aza indirmek için genişletme apareylerinin rijitidesi önemli bir faktördür. Posterior segmentlerdeki devrilme ve ekstrüzyonu elimine etmek amacıyla farklı apareyler tasarlanmıştır.

Haas ve hyrax gibi geleneksel hızlı üst çene genişletme apareyleri ile genişletme sırasında maksiller posterior dişlerde tipping, uzama ve alveoler yapılarda eğilme meydana gelmektedir. Konvansiyonel genişletme apareylerinin bu dezavantajlarını azaltmak amacıyla çeşitli apareyler tasarlanmıştır. Dişlerin oklüzal yüzeylerini içerisine alan akrilik bonded apareylerin, konvansiyonel HÜÇG apareylerine göre vertikal yön kontrolü, dişlerde istenmeyen bukkale devrilmenin eliminasyonu ve maksiller kemiklerin daha paralel hareket etmesi gibi bir takım avantajlarının olduğu gösterilmiştir (203-205). Ayrıca akrilik plağın genişletme sırasında oluşabilecek oklüzal çatışmaları ortadan kaldırarak, destek dişlerde kök rezorpsiyonunu azaltacağı savunulmuştur (206).

Literatürde, hızlı üst çene genişletmesinde hyrax, Haas apareyi ve akrilik bonded apareyleri kök rezorpsiyonuna etkileri kıyaslanmış apareylerdir (10, 11, 207). Odenrick ve ark. (11) göre diş desteğinin yanında palatinalde uzanan lateral akrilik parçaların olduğu Haas apareyinde ekspansiyon kuvvetleri sadece dişlere değil, akrilik parçalar sayesinde destek dokulara da iletmektedir. Bu nedenle Haas apareyinde sadece dişlerden destek alan hyrax apareyine göre daha az kök rezorpsiyonu ve daha küçük ve sık rezorpsiyon lakünaları görülmüştür. Bunun yanında Haas (diş-doku destekli) ve akrilik cap splint apareyinin (diş destekli) kök rezorpsiyonu açısından değerlendirildiği diğer bir histolojik çalışmada ise bu iki aparey arasında rezorpsiyon tipinin değişmediği gözlemlenmiştir (10).

Diş destekli apareylerde üst çene genişletmesiyle ortaya çıkan kuvvetlerin ankraj alınan dişlere iletilmesiyle, ankraj dişlerde bukkal tipping, periodontal problemler, kök rezorpsiyonu, kortikal kemikte rezorpsiyon ve fenestrasyon gibi etkiler ortaya çıkabilir (56-58). Kemik destekli apareylerin genişletme kuvvetlerini direkt olarak palatal kemiğe ileterek bu komplikasyonları en aza indireceği öne sürülmüştür (208, 209). Bunun yanında kemik destekli apareylerin uygulanmasında flep gereksinimi ve tekniğin invaziv olması, kökte enfeksiyon ya da lezyon riski oluşturabilmesi, asimetrik genişleme gibi durumlarla karşılaşabilmektedir (208, 210, 211). Cerrahi tekniğin invazivliğini en aza indirmek için Wilmes ve ark. (66) tarafından anterior ankraj

unitesi olarak iki mini vida, posterior ankraj unitesi olarak ise üst birinci molar dişlerin alındığı hibrit hyrax apareyi literatüre tanıtılmıştır.

İncelediğimiz literatürde, modifiye akrilik bonded apareyi ve diş-kemik destekli hibrit hyrax apareyinin kök rezorpsiyonu açısından diğer genişletme apareyleriyle karşılaştırıldığı bir çalışmaya raslamadık. Modifiye akrilik bonded apareyi, daha önce kök rezorpsiyonuna etkileri kıyaslanmış diş-doku destekli Haas apareyinden, daha çok dişten destek alması, oklüzal yüzeylerinin akrilikle kaplı olması ve damak bölgesinin akrilikle kaplı olması açısından oldukça farklıdır. Modifiye akrilik bonded apareyinde genişletme ile ortaya çıkan kuvvetler daha geniş bir alana ve dokulara yayılmaktadır. Böylece "Destek dişlerde oluşacak kök rezorpsiyonu değişebilir mi?" sorusu akıllara gelmektedir. Hibrit apareyinin çalışmaya dahil edilme nedeni ise genişletme sonrası görülen kök rezorpsiyonunun direkt olarak destek alınan dişten mi yoksa biriken rezidüel streslere mi bağlı geliştiği sorusuna cevap bulabilmektir. Ayrıca çalışmamıza hem hyrax hem de akrilik bonded apareylerini dahil ederek, iki diş destekli apareyde aparey tasarımı ve oklüzal bölgenin akrilikle kaplı olmasının kök rezorpsiyonunu etkileyip etkilemeyeceğini değerlendirebileceğiz.

Hızlı üst çene genişletmesiyle ilgili literatürde çok farklı vida çevirme protokolleri önerilmiştir. Günde iki çeyrek tur vida aktivasyonu uygulamalarının yanında (10, 11, 21, 46, 68, 169, 212), vidanın günde 1 çeyrek tur çevrilmesi (74) de uygulanan protokoller arasındadır. Ayrıca sutur direncini azaltmak için, apareyin ilk uygulandığı anda vidanın iki çeyrek tur aktivasyonu (74, 212), üç çeyrek tur aktivasyonu (46) veya 4 çeyrek tur aktivasyonu (21) önerilmiştir.

Hızlı üst çene genişletmesinin kök rezorpsiyonuna etkisinin değerlendirildiği çalışmalarda genelde vidanın günde iki çeyrek tur çevrildiği protokol uygulanmıştır (10, 11, 56, 68, 169).

Maksiller genişletmenin daha yavaş olarak uygulanmasıyla dokulara daha az kuvvet uygulandığı, doku direncinin azaldığı ve dokuların tamir süreci ile elde edilen yeni duruma daha iyi adapte olduğu düşünülmektedir. Vida çevirme programının ilk 5-7 gün günde iki çeyrek tur, sonraki günlerde ise haftada 3 çeyrek tur şeklinde uygulanması literatürde YHÜÇĞ (54) olarak yerini almıştır. Bu protokolda dokulara tanınan tamir süreci ve azalan kuvvet nedeniyle kök rezorpsiyonu açısından hızlı üst çene genişletmesine üstünlüğünün olup olmadığı bilinmemektedir.

Çalışmamızda farklı apareylerin yanında, vida aktivasyon hızlarının kök rezorpsiyonu ile ilişkisini değerlendirmek amacıyla günde iki aktivasyon, günde bir aktivasyon ve iki günde bir aktivasyon (yarı hızlı üst çene genişletmesi) olmak üzere 3 farklı vida çevirme protokolü karşılaştırılmıştır.

5.3. Kök Rezorpsiyonlarını Değerlendirme Yöntemi

Ortodontik tedaviye bağlı kök rezorpsiyonunun değerlendirilmesinde çeşitli yöntemler kullanılabilmektedir. Şiddetli kök rezorpsiyonunun tespitinde geleneksel radyografiler fayda sağlayabilir. Fakat kökün mezial, distal ve orta apikal bölgesindeki rezorpsiyonların net bir şekilde görülebilmesi zordur (178). Kök rezorpsiyonunun değerlendirilmesinde, 2 boyutlu geleneksel radyografilerin tanı aracı olarak kullanım alanı olsa da kök rezorpsiyonu miktarının değerlendirilmesinde önerilmemektedir (179).

Geleneksel ışık mikroskopisi ve SEM kök rezorpsiyonu çalışmalarında kullanılan 2 boyutlu inceleme yöntemlerindendir. Bu yöntemlerin dezavantajı kesit alma ihtiyacının olması, bu süreçte mateyal kaybı olabilmesi ve tekniğin hassasiyeti gibi sebeplerle sonuçların eksik değerlendirilmesidir (156).

Kök rezorpsiyonunun 3 boyutlu olarak değerlendirilmesine olanak sağlayan teknikler daha doğru sonuçlar verecektir. Çünkü kök rezorpsiyonu 3 boyutlu bir olgudur (14) ve konvansiyonel radyografi gibi 2 boyutlu görüntüleme yöntemleri eksik değerlendirmeye yol açabilmektedir (12, 13).

Mikro-BT mineralize dokuların yüksek çözünürlükte 3 boyutlu olarak görüntülenmesine olanak sağlayan bir görüntüleme sistemidir (213). Mikro-BT sayesinde kök rezorpsiyonu krateri gibi çok küçük örneklerin rekonstrüksiyonu yapılabilmekte ve ilgili yazılım programları sayesinde yüksek hassasiyette rezorpsiyon kraterinin hacimsel ölçümünü sağlanabilmektedir (158). Bu sistemde tarama için örneklerde preparasyon işlemine ihtiyaç olmaması, tarama esnasında kök yüzeyinin zarar görmemesi, tekrarlanabilir olması ve taranan nesneden hacimsel veri elde edilebilmesi bazı avantajlarındandır. Mikro-BT'nin en önemli dezavantajları ise her bir örnekten üç boyutlu model elde etmenin uzun zaman alması ve maliyetli bir işlem olmasıdır (214).

Çalışmamızda kök rezorpsiyon kraterlerinin hacimsel ölçümü için CTAn (Skyscan, Kontich, Belgium) bilgisayar yazılım programı kullanıldı. Kök rezorpsiyon kraterlerinin ölçümünde, özellikle apikal bölge kök kanalı ya da aksesuar kanal çıkışları

ile birleşen rezorpsiyon kraterleri, krater hacimlerinin net bir şekilde hesaplanmasını zorlaştıran bir faktör olmuştur. İnceleme sırasında bu kesitler değerlendirme dışında bırakılarak hatalar olabildiğince elimine edilmeye çalışılmıştır.

5.4. Bulguların Değerlendirilmesi

Üst çene genişletmesinde farklı apareylerin ve genişletme protokollerinin kök rezorpsiyonuna etkisini değerlendirmek amacıyla yaptığımız çalışmanın sonuçlarına göre H_0 hipotezi reddedilmiş ve H_1 hipotezi kabul edilmiştir.

Toplam kök rezorpsiyon hacmi ve rezorpsiyon krater sayısı ile servikal, orta, apikal, bukkal ve lingual bölgelerdeki rezorpsiyon hacimleri en az hibrit apareyinde tespit edilmiştir. Hibrit apareyinde anterior ankraj ünitesi olarak iki mini vida ile ruga bölgesinden, posterior ankraj ünitesi olarak ise sadece üst birinci molar dişlerden destek alınmaktadır. Hibrit apareyinde genişletme sırasında uygulanan transversal kuvvetler anterior bölgede mini vidalara ve maksillaya iletildiği için birinci premolar dişlerdeki kök rezorpsiyonuna etkisi diğer apareylere kıyasla minimaldir. Hyrax, akrilik bonded ve modifiye akrilik bonded apareylerinde ise genişletme ile ortaya çıkan kuvvetler ankraj olarak alınan birinci premolar dişlere direkt iletildiği için daha şiddetli kök rezorpsiyonu gözlenmiştir.

Kayalar ve ark. (215) hibrit apareyi ve hyrax apareyi ile yapılan cerrahi destekli hızlı üst çene genişletmesinin dental, iskeletsel ve periodontal etkilerini KIBT kullanarak karşılaştırmışlardır. Hibrit apareyin birinci küçük azı dişlerinde daha az periodontal risk ve dental hasara yol açtığı, buna karşın hyrax apareyinde daha fazla dental tipping, kök rezorpsiyonu ve bukkal alveolar kemik rezorpsiyonu olduğu bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde hibrit apareyi diğer apareylere göre daha az kök rezorpsiyonuna yol açmaktadır.

Çalışmamızda kök rezorpsiyonunun incelendiği bütün üst birinci premolar dişlerde, hibrit apareyi de dahil olmak üzere kök rezorpsiyonu gözlenmiştir. Bu bulgu, üst çene genişletmesinde destek alınmayan premolar dişlerde dahi kök rezorpsiyonunun tespit edildiği önceki çalışmalarla desteklenmektedir (11, 56, 207). Sadece Barber ve Sims (68) yaptıkları SEM çalışmasında, ankraj olarak alınmayan ve apareye dahil edilmeyen premolar dişlerde kök rezorpsiyonu bulgusuna rastlamadıklarını belirtmişlerdir.

Vida aktivasyonundaki farklılıklar ve kök rezorpsiyonu ilişkisi değerlendirildiğinde; hyrax, akrilik bonded ve modifiye akrilik bonded apareyinde uygulanan 3 farklı vida aktivasyonunun toplam rezorpsiyon krater hacmi ve sayısına istatistiksel anlamda etkisinin olmadığı fakat kök rezorpsiyonunun sayısal olarak yarı hızlı üst çene genişletmesi uygulanan grupta daha az olduğu görülmüştür. Bunun yanında kök yüzeyi bölgesel olarak değerlendirildiğinde, servikal ve bukkal bölgedeki farklılıklar göze çarpmaktadır. Hx1 ve Hx2 grubunda servikal ve bukkal bölgedeki kök rezorpsiyon hacmi yarı hızlı üst çene genişletmesi uygulanan gruba (Hx3) göre yaklaşık iki kat daha fazla bulunmuştur. Ortodontik diş hareketi sonrası rezorpsiyon lakünalarının daha çok basınç ve sıkışma bölgelerinde görüldüğü belirtilmiştir (155, 170). Bu bulgulara göre, hyrax apareyinde yarı hızlı üst çene genişletmesi protokolünün diğer protokollere göre servikal ve bukkal bölgede daha az stres ve baskı oluşturduğu için bu bölgelerde daha az rezorpsiyona neden olduğu söylenebilir.

Ballard ve ark. (146) bukkal yönde uygulanan devamlı ve aralıklı kuvvetlerin üst birinci premolar dişlerdeki kök rezorpsiyonuna etkisini Mikro-BT ile değerlendirmişlerdir. Aynı yönde ve büyüklükte aralıklı kuvvet uygulanan grupta, devamlı kuvvet uygulanan gruba göre daha az kök rezorpsiyonu görülmüştür. Kök rezorpsiyonu bölgesel olarak değerlendirildiğinde, servikal bukkal bölgede diğer bölgelere oranla daha fazla kök rezorpsiyonu görülmüştür. Bu durum, bukkale tipping hareketinde servikal bukkal bölgede artan gerilim ve basınçla ilişkilendirilmiştir.

Hyrax, akrilik bonded ve modifiye akrilik bonded apareylerini neden oldukları kök rezorpsiyonu açısından karşılaştırabilmek için vida çevirme protokolü aynı olan aparey grupları birbiriyle kıyaslandığında, apareyler arasında toplam kök rezorpsiyon hacmi açısından istatistiksel olarak önemli bir farklılık saptanmamıştır. Sayısal bulgulara bakıldığında ise, günde 1 çevirme protokolü uygulanan hibrit, hyrax, akrilik bonded ve modifiye akrilik bonded apareylerinde toplam rezorpsiyon hacmi sırası ile ortalama 0,015 mm³, 0,263 mm³, 0,245 mm³ ve 0,161 mm³ hesaplanmıştır. Günde 2 çevirme protokolü uygulanan hyrax, akrilik bonded ve modifiye akrilik bonded apareylerinde toplam rezorpsiyon hacmi ise sırası ile ortalama 0,260 mm³, 0,230 mm³ ve 0,156 mm³ tür. Diş ve doku destekli bir aparey olan modifiye akrilik bonded apareyinde diş destekli diğer iki apareye göre toplamda daha az kök rezorpsiyonu görülürken, hyrax apareyinde akrilik bonded apareyine göre daha fazla kök rezorpsiyonu görülmektedir. Akrilik bonded apareyinde, hyrax apareyine göre daha fazla diştan destek alınması ve oklüzal

yüzeylerin akrilikle kaplı olmasının oklüzal kilitlenmeyi azaltması daha az kök rezorpsiyonunun görülmesinin bir nedeni olabilir. İstatiksel sonuca yansımada da, diş ve doku destekli modifiye akrilik bonded apareyinde, diş destekli akrilik bonded ve hyrax apareyine göre daha az kök rezorpsiyonu görülmüştür. Örnek sayısının artırılması istatistiksel olarak daha anlamlı sonuçların çıkmasını sağlayabilir.

Odenrick ve ark. (11) üst çene genişletmesinde kuvvet uygulama noktasını dişlerden uzaklaştırmanın daha az kök rezorpsiyonuna yol açacağını öne sürmüşlerdir. Haas ile hyrax apareyinin kök rezorpsiyonuna etkisini değerlendirdikleri histoloji çalışmalarının sonucunda doku destekli olan Haas apareyinin, diş destekli hyrax apareyine göre daha az bukkal kök rezorpsiyonuna ve daha küçük ve sık rezorpsiyon lakünalarına yol açtığını belirtmişlerdir.

Erverdi ve ark. (10) yaptıkları histoloji çalışmalarda diş destekli (cap splint apareyi) ve doku destekli (Haas apareyi) apareylerin kök rezorpsiyonu miktarı açısından farklılık göstermediğini belirtmişlerdir. Fakat rezorpsiyon lakünalarının dağılımına bakıldığında Haas grubunda bukkaldeyken, cap splint grubunda bukkalde fakat daha koronalde gözlenmiştir. Bu durum sadece diş destekli olan cap splint apareyinin lateral kuvvetlerle başlangıçta daha çok bukkal dişleri etkilemesi ve dişlerin daha çok tippingine neden olmasıyla açıklanmıştır.

Haas ve hyrax apareyini kök rezorpsiyon hacmi ve rezorpsiyon kavitelerinin tamiri açısından karşılaştırmak için planlanan bir çalışmada genişletmeden 6 ay önce, genişletmeden hemen sonra ve genişletme tamamlandıktan 6 ay sonra (retansiyon dönemi) KIBT alınmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre genişletme ve retansiyon dönemi sonrası kök rezorpsiyonu değişimleri için hyrax ve Haas apareyi arasında herhangi bir fark yoktur. Genişletme öncesi ve genişletme sonrası karşılaştırıldığında birinci premolar, birinci molar ve hatta destek alınmayan ikinci premolar kök hacminde anlamlı değişimler vardır. Fakat incelenen bu diş kökleri arasında hacim kaybı ve kök yüzeyi oranı değerlendirildiğinde farklılıklar anlamlı değildir ve premolar ve molar dişler hızlı üst çene genişletmesiyle uygulanan ağır kuvvetlerden benzer şekilde etkilenmektedir (207).

Suturun ayrılması doku hasarını içerir ve oluşan doku yaralanmasını proliferatif tamirin takip etmesi sonucunda sutur tamir olur (216). Sutural açılma olduktan 1 ay sonra suturun içindeki mineral içeriği hızla yükselmektedir. Suturun yanındaki kemik

içerisindeki mineral içeriği ise ilk 1 ay içerisinde hızla düşerken 3 ay içerisinde başlangıç seviyelerine dönmektedir (217). Aktif genişletme sonrasında midpalatal sutur kalsifikasyonu ve dokuların reorganizasyonu için pekiştirme uygulanması gerekmektedir (22, 40, 75). Literatürde pekiştirme süresi olarak 3 ay sıklıkla tercih edilmektedir (10, 41, 205, 218, 219). Çalışmamızda bütün aparey grupları arasında standartizasyonu sağlamak amacıyla aktif genişletme sonrası 3 ay aparey ağızda bekletilerek retansiyon uygulanmıştır.

Retansiyon süresi kök rezorpsiyonunun boyutunu ve tamir sürecini etkileyebilmektedir. Barber ve Sims (68) genişletmenin aktif fazının bitmesinden uzun süre sonra bile rezidüel kuvvetlerin kök rezorpsiyonunu devam ettirdiğini bildirmişlerdir. Genişletmeden hemen sonra ve kısa süreli retansiyon sonrasında ankraj alınan birinci premolar dişlerde servikal bölgede küçük aktif rezorpsiyon alanları, uzun retansiyon süreleri sonunda ise tüm bukkal yüzeye dağılmış geniş rezorpsiyon alanlarına rastlanmıştır.

Langford ve Sims (169) güçlü relaps kuvvetlerinin HÜÇG'den sonraki sabit retansiyonun ilk 3 ayı boyunca belirgin kök rezorpsiyonuna yol açabileceğini belirtmiştir. Retansiyon süresinin uzunluğu ile toplam rezorpsiyon hacmi arasında doğrudan bir ilişki kuramazken, retansiyon süresi uzadıkça tamirin arttığını öne sürmüşlerdir. Tamir süreci devam etse de genişletmeden 1 yıl sonra bile tamirin tamamlanmadığı bildirilmiştir. Odenrick ve ark. (11) ise retansiyon süresi arttıkça tamir sürecine bağlı olarak kök rezorpsiyonunun azaldığını belirtmişlerdir.

Ortodontik tedavi sonrası kök rezorpsiyonunun lokalizasyonu büyük ölçüde ortodontik hareketin tipine bağlıdır. Özellikle yüksek basınç alanları, gerilim alanlarına göre kök rezorpsiyonundan daha çok etkilenmektedir. Bukkal tipping hareketinde bukkal-servikal ve lingual-apikal bölgede (13, 164, 220) bukkal kök torkunda bukkal-apikal ve palatalservikal bölgede (164) daha fazla rezorpsiyon görülmektedir. Ekstrüzyon hareketinde distal yüzeyde (156), dişin uzun aksı boyunca rotasyon hareketinde ise basınç-sıkışma alanında (bukkal- distal ve lingual-mezial) yine daha fazla rezorpsiyon gözlenmiştir (118).

Çalışmamızda bukkal ve lingual bölgelere ait kök rezorpsiyon hacmi ve krater sayısı karşılaştırıldığında, bukkal bölgede hem rezorpsiyon hacmi hem de rezorpsiyon krater sayısı daha fazla bulunmuştur. Üst çene genişletmesinde transversal yönde

uygulanen kuvvetlere bağı olarak dişlerin bukkale eğilmesiyle daha fazla bukkal yüzeyde basınç ve sıkışma alanları ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple rezorpsiyon kraterleri bukkal yüzeyde yoğunlaşmıştır. Bu bulgumuz üst çene genişletmesi sonrası bukkal yüzeyde daha fazla kök rezorpsiyonunun tespit edildiği önceki çalışmalarla da desteklenmektedir (10, 11, 68, 169).

Servikal, orta ve apikal bölgeye ait rezorpsiyon bulguları değerlendirildiğinde; kök rezorpsiyon hacmi açısından servikal ve orta bölge benzer değerler gösterirken, apikal bölge servikal ve orta bölgeye göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az kök rezorpsiyonu göstermektedir. Bunun yanında kök morfolojisi nedeniyle apikal bölgenin kök yüzey alanının daha az olduğu da unutulmamalıdır. Kök rezorpsiyon krater sayısı ise servikal bölgede anlamlı derecede daha az görülmekteyken, apikal ve orta bölge arasında anlamlı bir farklılık yoktur. Rezorpsiyon krater sayısı en az servikal bölgede ölçülse de; rezorpsiyon hacmi orta bölgeye yakın değerlerde, apikal bölgeye göre ise daha fazladır. Ancak literatürde rezorpsiyon kraterlerinin büyüklüğü, derinliği veya sayısına ait herhangi bir skala ya da sınıflandırma yer almadığı için bölgesel farklılıkları derecelendiremedik.

Çalışmamızda kök rezorpsiyonu açısından sadece çekim endikasyonu konulan üst birinci premolar dişler değerlendirilmiştir. Özellikle hibrit grubunda her ne kadar üst birinci premolar dişlerde kök rezorpsiyonu belirgin derecede az görölse de ankraj ünitesi olarak alınan molar dişlerdeki kök rezorpsiyonu bilinmemektedir. Kök yüzey hacmi düşünüldüğünde molar dişlerde daha fazla rezorpsiyon olabileceği dikkate alınmalıdır.

Mikro-BT ile sadece in vitro inceleme yapılabildiğinden, bu çalışma çekim endikasyonu konulmuş vakalarda, çekilmiş dişler üzerinden yapılabilmektedir. Bu durum vaka seçim kriterlerini zorlaştırmaktadır. Ayrıca tedavi başında, yani dişlere kuvvet uygulanmadan önce diş yüzeyleri inceleneme imkanı olmamaktadır.

Çalışmamızda grup sayısının fazla olması ve her grupta incelenen örnek sayısının 10 olması dikkate alındığında, istatistiksel olarak anlam ifade etmeyen bazı sonuçlar örnek sayısı artırıldığında anlamlı hale gelebilir.



SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Üst çene genişletmesinde kullanılan hyrax, akrilik bonded, modifiye akrilik bonded ve hibrit hyrax apareyleri ve uygulanan farklı genişletme protokollerinin kök rezorpsiyonuna etkisine ilişkin şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- Uygulanan tüm üst çene genişletme apareyleri ve vida aktivasyonları üst birinci küçük azı dişlerinde kök rezorpsiyonuna neden olmaktadır.
- Hibrit üst çene genişletme apareyinde birinci küçük azı dişlerindeki kök rezorpsiyonu diğer apareylere göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde az görülmüştür.
- Üst çene genişletmesinde uygulanan geleneksel apareylerin diş destekli ya da diş-doku destekli olması toplam kök rezorpsiyonunu istatistiksel anlamda etkilememektedir. Ancak sayısal verilere göre, modifiye akrilik bonded apareyinin daha az kök rezorpsiyonuna yol açtığı söylenebilir. Her grup için daha fazla sayıda örneğin incelenmesiyle istatistiksel olarak daha anlamlı sonuçlar elde edilebilir.
- Günde bir, günde iki ve yarı hızlı üst çene genişletme protokolleri toplam kök rezorpsiyonu miktarını istatistiksel anlamda etkilememektedir. Sadece Hx3 grubunda (hyrax apareyinde yarı hızlı üst çene genişletme uygulanan alt grubunda) servikal ve bukkal bölgede anlamlı derecede daha az kök rezorpsiyonu görülmüştür.
- Rezorpsiyon krater hacimlerinin ve sayılarının yanında krater derinliklerinin ve alanlarının da değerlendirilmesi sonuçları daha anlamlı hale getirebilir.
- Ortodontik tedavi sırasında üst çene genişletmesi gerekli ise hibrit aparey daha az kök rezorpsiyonuna neden olması açısından tercih edilebilir.

KAYNAKLAR

- 1.Martina R, Cioffi I, Farella M, Leone P, Manzo P, Matarese G. Transverse changes determined by rapid and slow maxillary expansion a low-dose CT-based randomized controlled trial. *Orthod Craniofac Res.* 2012, 15(3):159-68.
- 2.Haas AJ. Palatal expansion: just the beginning of dentofacial orthopedics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1970, 57(3):219-55.
- 3.Wertz RA. Skeletal and dental changes accompanying rapid midpalatal suture opening. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1970, 58(1):41-66.
- 4.Da Silva Filho OG, Santamaria Jr M, Filho LC. Epidemiology of posterior crossbite in the primary dentition. *J Clin Pediatr Dent.* 2007, 32(1):73-8.
- 5.Bishara SE, Staley RN. Maxillary expansion:Clinical implications. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1987, 91(1):3-14.
- 6.Lagravere MO, Major PW, Flores-Mir C. Skeletal and dental changes with fixed slow maxillary expansion treatment: a systematic review. *J Am Dent Assoc.* 2005, 136(2):194-9.
- 7.Isaacson RJ, Ingram AH. Forces produced by rapid maxillary expansion: II. Forces present during treatment. *The Angle Orthod.* 1964, 34(4):261-70.
- 8.Blake M, Woodside D, Pharoah M. A radiographic comparison of apical root resorption after orthodontic treatment with the edgewise and Speed appliances. . *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995, 108(1):76-84.
- 9.Brezniak N, Wasserstein A. Root resorption after orthodontic treatment: Part 2. Literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1993, 103(2):138-46.
- 10.Erverdi N, Okar I, Küçükkeles N, Arbak S. A comparison of two different rapid palatalexpansion techniques from the point of root resorption. . *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994, 106(1):47-51.
- 11.Odenrick L, Karlander EL, Pierce A, Fracds OD, Kretschmar U. Surface resorption following two forms of rapid maxillary expansion. *Eur J Orthod.* 1991, 13(4):264-70.

- 12.Ericson S, Kurol J. Incisor root resorptions due to ectopic maxillary canines imaged by computerized tomography: a comparative study in extracted teeth. *The Angle Orthod.* 2000, 70(4):276-83.
- 13.Chan E, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: Part 5. Volumetric analysis of root resorption craters after application of light and heavy orthodontic forces. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005, 127(2):186-95.
- 14.Dudic A, Giannopoulou C, Martinez M, Montet X, Kiliaridis S. Diagnostic accuracy of digitized periapical radiographs validated against micro-computed tomography scanning in evaluating orthodontically induced apical root resorption. *Eur J Oral Sci.* 2008, 116(5):467-72.
- 15.Wilmes B, Bowman J, Baumgaertel S. Fields of application of mini-implants. Mini-Implants in Orthodontics Innovative Anchorage Concepts, New York, Quintessence, 2008:91-122.
- 16.Angell E. Treatment of irregularity of the permanent or adult teeth. *Dental Cosmos* 1860, 1(1):540-4.
- 17.Barry M. In-office digital study models. *J Clin Orthod.* 2011, 45(7):385.
- 18.Brown G. The application of orthodontia principles to the prevention of nasal disease. *Dental Cosmos* 1903, 45:765-75.
- 19.Pfaff W. Stenosis of the nasal cavity caused by contraction of the palatal arch and abnormal position of the teeth: Treatment by expansion of the maxilla. *Dental Cosmos* 1905;47:570-73.
- 20.Korkhaus G. Present orthodontic thought in Germany: Experiences with the Norwegian method of functional orthopedics in the treatment of distoclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1960, 46(4):270-87.
- 21.Haas AJ. Rapid expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening the midpalatal suture. *The Angle Orthod.* 1961, 31(2):73-90.
- 22.Haas AJ. The treatment of maxillary deficiency by opening the midpalatal suture. *The Angle Orthod.* 1965, 35(3):200-17.
- 23.Cleall JF, Bayne DI, Posen JM, Subtelny JD. Expansion of the midpalatal suture in the monkey. *The Angle Orthod.* 1965, 35(1):23-35.

24. Melsen B. A histological study of the influence of sutural morphology and skeletal maturation on rapid palatal expansion in children. *Trans Eur Orthod Soc.* 1971;499-507.
25. Lines PA. Adult rapid maxillary expansion with corticotomy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1975, 67(1):44-56.
26. Betts N, Vanarsdall R, Barber H, Higgins-Barber K, Fonseca R. Diagnosis and treatment of transverse maxillary deficiency. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 1994, 10(2):75-96.
27. Ninou S, Stephens C. The early treatment of posterior crossbites: a review of continuing controversies. *Dent Update.* 1994, 21(10):420.
28. Harvold EP, Chierici G, Vargervik K. Experiments on the development of dental malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1972, 61(1):38-44.
29. Lessa FCR, Enoki C, Feres MFN, Valera FCP, Lima WTA, Matsumoto MAN. Breathing mode influence in craniofacial development. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2005, 71(2):156-60.
30. Larsson E. The effect of dummy-sucking on the occlusion: a review. *Eur J Orthod.* 1986, 8(2):127-30.
31. Isaacson RJ, Murphy TD. Some Effects Of Rapid Maxillary Expansion In Cleft Lip And Palate Patients. *The Angle Orthod.* 1964, 34(3):143-54.
32. Vettore MV, Campos AES. Malocclusion characteristics of patients with cleft lip and/or palate. *Eur J Orthod.* 2011, 33(3):311-7
33. Proffit WR, Fields Jr HW, Sarver DM. Contemporary orthodontics, 5th. ed. St Louis, Mosby Elsevier Elsevier Health Sciences; 2014.
34. McNamara JA. Maxillary transverse deficiency. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000, 117(5):567-70.
35. De Felipe NLO, Da Silveira AC, Viana G, Kusnoto B, Smith B, Evans CA. Relationship between rapid maxillary expansion and nasal cavity size and airway resistance: short-and long-term effects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008, 134(3):370-82.

36. Iwasaki T, Saitoh I, Takemoto Y, Inada E, Kanomi R, Hayasaki H, et al. Improvement of nasal airway ventilation after rapid maxillary expansion evaluated with computational fluid dynamics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2012, 141(3):269-78.
37. Villa MP, Malagola C, Pagani J, Montesano M, Rizzoli A, Guilleminault C, et al. Rapid maxillary expansion in children with obstructive sleep apnea syndrome: 12-month follow-up. *Sleep Med*. 2007, 8(2):128-34.
38. 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. *The Angle Orthod*. 2004, 74(2):184-94.
39. Adkins MD, Nanda RS, Currier GF. Arch perimeter changes on rapid palatal expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1990, 97(3):194-9.
40. Bell RA. A review of maxillary expansion in relation to rate of expansion and patient's age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1982, 81(1):32-7.
41. Sandıkçioğlu M, Hazar S. Skeletal and dental changes after maxillary expansion in the mixed dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1997, 111(3):321-7.
42. Harberson VA, Myers DR. Midpalatal suture opening during functional posterior cross-bite correction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1978, 74(3):310-3.
43. Cotton LA. Slow maxillary expansion: skeletal versus dental response to low magnitude force in *Macaca mulatta*. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1978, 73(1):1-23.
44. Vardimon AD, Graber T, Voss LR. Stability of magnetic versus mechanical palatal expansion. *Eur J Orthod*. 1989, 11(2):107-15.
45. Arndt W. Nickel titanium palatal expander. *J Clin Orthod*. 1993, 27(3):129-37.
46. Biederman W. Rapid correction of Class III malocclusion by midpalatal expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1973, 63(1):47-55.
47. Timms DJ. Rapid maxillary expansion. *The Angle Orthod*. 1981, 60(3):229.
48. Cohen M, Silverman E. A new and simple palate splitting device. *J Clin Orthod*. 1973, 7(6):368.
49. Agarwal A, Mathur R. Maxillary expansion. *J Clin Pediatr Dent*. 2010, 3(3):139-46.

- 50.Erdinç AE, Ugur T, Erbay E. A comparison of different treatment techniques for posterior crossbite in the mixed dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999, 116(3):287-300.
- 51.Ivanovski V. Removable rapid palatal expansion appliance. *J Clin Orthod.* 1985, 19(10):727-8.
- 52.Skieller V, Editor expansion of the midpalatal suture by removable palates, analysed by the implant method. Report of the congress european orthodontic society; 1964.
- 53.Mondro J, Litt R. An improved direct-bonded palatal expansion appliance. *J Clin Orthod.* 1977, 11(3):203-6.
- 54.İseri H, Özsoy S. Semirapid maxillary expansion-a study of long-term transverse effects in older adolescents and adults. *The Angle Orthod.* 2004, 74(1):71-8.
- 55.Başçiftçi F, Demir A, Uysal T, Sarı Z. Prevalence of orthodontic malocclusions in Konya region school children. *Turkish J Orthod.* 2002, 15:92-8.
- 56.Baysal A, Karadede İ, Hekimoğlu S, Uçar F, Özer T, Veli İ, Uysal T. Evaluation of root resorption following rapid maxillary expansion using cone-beam computed tomography. *The Angle Orthod.* 2012, 82:488-94.
- 57.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. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006, 129(6):749-58.
- 58.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.
- 59.Liou EJ, Pai BC, Lin JC. Do miniscrews remain stationary under orthodontic forces? *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004, 126(1):42-7.
- 60.Wehrbein H, Diedrich P. Endosseous titanium implants during and after orthodontic load-an experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res.* 1993, 4(2):76-82.
- 61.Erverdi N, Acar A. Zygomatic anchorage for en masse retraction in the treatment of severe Class II division 1. *The Angle Orthod.* 2005, 75(3):483-90.

- 62.Sugawara J, Nishimura M, editors. Minibone plates: the skeletal anchorage system. *Semin Orthod.* 2005, 11(1):47-56
- 63.Kang S, Lee S-J, Ahn S-J, Heo M-S, Kim T-W. Bone thickness of the palate for orthodontic mini-implant anchorage in adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007, 131(4):S74-S81.
- 64.Koudstaal M, Van der Wal K, Wolvius E, Schulten A. The Rotterdam Palatal Distractor: introduction of the new bone-borne device and report of the pilot study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2006, 35(1):31-5.
- 65.Ludwig B, Baumgaertel S, Bowman SJ. Mini-implants in orthodontics: innovative anchorage concepts, London, Quintessence, 2008.
- 66.Wilmes B, Nienkemper M, Drescher D. Application and effectiveness of a mini-implant-and tooth-borne rapid palatal expansion device: the hybrid hyrax. *World J Orthod.* 2010, 11(4):323-30.
- 67.Ludwig B, Glasl B, Bowman SJ, Wilmes B, Kinzinger G, Lisson JA. Anatomical guidelines for miniscrew insertion: palatal sites. *J Clin Orthod* 2011, 45(8):433.
- 68.Barber AF, Sims M. Rapid maxillary expansion and external root resorption in man: a scanning electron microscope study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1981, 79(6):630-52.
- 69.Ghoneima A, Abdel-Fattah E, Hartsfield J, El-Bedwehi A, Kamel A, Kula K. Effects of rapid maxillary expansion on the cranial and circummaxillary sutures. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011, 140(4):510-9.
- 70.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. *The Angle Orthod.* 2003, 73(1):12-20.
- 71.İşeri H, Tekkaya AE, Öztan Ö, 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.
- 72.Mao J. Mechanobiology of craniofacial sutures. *J Dent Res.* 2002, 81(12):810-6.
- 73.Krebs A, editor Midpalatal suture expansion studies by the implant method over a seven-year period. Report of the Congress European Orthodontic Society; 1964.

- 74.Handelman CS, Wang L, BeGole EA, Haas AJ. Nonsurgical rapid maxillary expansion in adults: report on 47 cases using the Haas expander. *The Angle Orthod.* 2000;70(2):129-44.
- 75.Zimring JF, Isaacson RJ. Forces produced by rapid maxillary expansion: III. Forces present during retention. *The Angle Orthod.* 1965, 35(3):178-86.
- 76.Ceylan İ, Oktay H, Demirci M. The effect of rapid maxillary expansion on conductive hearing loss. *The Angle Orthod.* 1996, 66(4):301-8.
- 77.Taspınar F, Üçüncü H, Bishara SE. Rapid maxillary expansion and conductive hearing loss. *The Angle Orthod.* 2003, 73(6):669-73.
- 78.Tecco S, Festa F, Tete S, Longhi V, D'Attilio M. Changes in head posture after rapid maxillary expansion in mouth-breathing girls: a controlled study. *The Angle Orthod.* 2005, 75(2):171-6.
- 79.Sander C, Hüffmeier S, Sander FM, Sander FG. Initial results regarding force exertion during rapid maxillary expansion in children. *J Orofac Orthop.* 2006, 67(1):19-26.
- 80.Chatellier J, Chateau M. Premières observations des disjonctions mediopalatine ultra rapide sous anesthésie locale. *Rev Stomatol.* 1963, 64:145-9.
- 81.Agostino P, Ugolini A, Signori A, Silvestrini-Biavati A, Harrison JE, Riley P. Orthodontic treatment for posterior crossbites. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014, (8).
- 82.Akkaya S, Lorenzon ST. Comparison of dental arch and arch perimeter changes between bonded rapid and slow maxillary expansion procedures. *Eur J Orthod.* 1998, 20(3):255-61.
- 83.Henry R. Slow maxillary expansion: a review of quad-helix therapy during the transitional dentition. *ASDC J Dent Child.* 1992, 60(4):408-13.
- 84.Storey E. Tissue response to the movement of bones. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1973, 64(3):229-47.
- 85.Mossaz-Joëls K, Mossaz CF. Slow maxillary expansion: a comparison between banded and bonded appliances. *Eur J Orthod.* 1989, 11(1):67-76.
- 86.Mew J. In favor of semirapid expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997, 112(4):20A-1A.

87. Huynh T, Kennedy DB, Joondeph DR, Bollen A-M. Treatment response and stability of slow maxillary expansion using Haas, hyrax, and quad-helix appliances: a retrospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009, 136(3):331-9.
88. Hicks EP. Slow maxillary expansion: a clinical study of the skeletal versus dental response to low-magnitude force. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1978, 73(2):121-41.
89. Harrison JE, Ashby D. Orthodontic treatment for posterior crossbites. *Cochrane Database Syst Rev*. 2001, (1).
90. Malagola C, Caligiuri F, Barbato E, Pachi F. Slow expansion of the upper jaw using Quad-Helix. *Mondo Orthod*. 1987, 13(4):119-25.
91. Boysen B, La Cour K, Athanasiou A, Gjessing P. Three-dimensional evaluation of dentoskeletal changes after posterior cross-bite correction by quad-helix or removable appliances. *Br J Orthod*. 1992, 19(2):97-107.
92. Bhatt A, Jacob P. Skeletal and dental changes in rapid maxillary expansion. *J Indian Orthod Soc*. 1978;10(1-2):17.
93. Cohen MM. Sutural biology and the correlates of craniosynostosis. *Am J Med Genet*. 1993, 47(5):581-616.
94. Korbmacher P-DDH, Schilling A, Püschel K, Amling M, Kahl-Nieke B. Age-dependent three-dimensional microcomputed tomography analysis of the human midpalatal suture. *J Orofac Orthop*. 2007, 68(5):364-76.
95. Persson M, Magnusson B, Thilander B. Sutural closure in rabbit and man: a morphological and histochemical study. *J Anat*. 1978, 125:313.
96. Persson M, Thilander B. Palatal suture closure in man from 15 to 35 years of age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1977, 72(1):42-52.
97. Knaup B, Yildizhan F, Wehrbein H. Age-related changes in the midpalatal suture. *J Orofac Orthop*. 2004, 65(6):467-74.
98. Melsen B. Palatal growth studied on human autopsy material: a histologic microradiographic study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1975, 68(1):42-54.

- 99.Melsen B, Melsen F. The postnatal development of the palatomaxillary region studied on human autopsy material. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1982;82(4):329-42.
- 100.Wertz R, Dreskin M. Midpalatal suture opening: a normative study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1977, 71(4):367-81.
- 101.Björk A, Skieller V. Growth in width of the maxilla studied by the implant method. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1974, 8(1-2):26-33.
- 102.Baccetti T, Franchi L, Cameron CG, McNamara Jr JA. Treatment timing for rapid maxillary expansion. *The Angle Orthod.* 2001, 71(5):343-50.
- 103.Angelier F, Cevidanes LH, Franchi L, Gonçalves JR, Benavides E, McNamara Jr JA. Midpalatal suture maturation: classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013, 144(5):759-69.
- 104.Dutra ALT, Cardoso AC, Locks A, Bezerra ACB. Assessment of reatment for functional posterior cross-bites in patients at the deciduous dentition phase. *Braz Dent J.* 2004, 15(1):54-8.
- 105.De Silva Fo OG, Boas CV, Capellozza LF. Rapid maxillary expansion in the primary and mixed dentitions: a cephalometric evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1991;100(2):171-9.
- 106.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.
- 107.Needleman HL, Hoang C, Allred E, Hertzberg J, Berde C. Reports of pain by children undergoing rapid palatal expansion. *Pediatr Dent.* 2000, 22(3):221-6.
- 108.Ottolengui R. The physiological and pathological resorption of tooth roots. *Dent Items Interest.* 1914, 36:322-62.
- 109.Ketcham AH. A preliminary report of an investigation of apical root resorption of permanent teeth. *Int J Orthodont, Oral Surgery and Radiography.* 1927, 13(2):97-127.
- 110.Ketcham AH. A progress report of an investigation of apical root resorption of vital permanent teeth. *Int J Orthodont, Oral Surgery and Radiography.* 1929, 15(4):310-28.

- 111.Becks H, Marshall JA. Resorption or absorption? *J Am Dent Assoc.* 1932, 19(9):1528-37.
- 112.Becks H, Cowden RC. Root resorptions and their relation to pathologic bone formation: Part II. Classification, degrees, prognosis and frequency. *Am J Orthod Oral Surg.* 1942, 28(8):513-26.
- 113.Oppenheim A. Human tissue response to orthodontic intervention of short and long duration. *Am J Orthod Oral Surg.* 1942, 28(5):263-301.
- 114.Schwarz AM. Tissue changes incidental to orthodontic tooth movement. *Int J Orthodont, Oral Surgery and Radiography.* 1932, 18(4):331-52.
- 115.Henry JL, Weinmann JP. The pattern of resorption and repair of human cementum. *J Am Dent Assoc.* 1951, 42(3):270-90.
- 116.Brezniak N, Wasserstein A. Root resorption after orthodontic treatment: Part 1. Literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1993, 103(1):62-6.
- 117.Brezniak N, Wasserstein A. Orthodontically induced inflammatory root resorption. Part II: the clinical aspects. *The Angle Orthod.* 2002, 72(2):180-4.
- 118.Wu AT, Turk T, Colak C, Elekdag-Turk S, Jones AS, Petocz P, et al. Physical properties of root cementum: Part 18. The extent of root resorption after the application of light and heavy controlled rotational orthodontic forces for 4 weeks: A microcomputed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011, 139(5):495-503.
- 119.Brezniak N, Wasserstein A. Orthodontically induced inflammatory root resorption. Part I: the basic science aspects. *The Angle Orthod.* 2002, 72(2):175-9.
- 120.Newman WG. Possible etiologic factors in external root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1975, 67(5):522-39.
- 121.Harris EF, Kineret SE, Tolley EA. A heritable component for external apical root resorption in patients treated orthodontically. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997, 111(3):301-9.
- 122.Al-Qawasmi RA, Hartsfield JK, Everett ET, Flury L, Liu L, Foroud TM, et al. Genetic predisposition to external apical root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003, 123(3):242-52.

- 123.Davidovitch Ze, Godwin SL, Park Y-G, Taverne AR, Dobeck JM, Lilly CM, Sanctis G. The etiology of root resorption. *Craniofacial Growth Series*. 1996;31:93-118.
- 124.McNab S, Battistutta D, Taverne A, Symons AL. External apical root resorption of posterior teeth in asthmatics after orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1999, 116(5):545-51.
- 125.Wehrbein H, Fuhrmann RA, Diedrich PR. Human histologic tissue response after long-term orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1995, 107(4):360-71.
- 126.Davidovitch Ze, Krishnan V. Role of basic biological sciences in clinical orthodontics: a case series. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009, 135(2):222-31.
- 127.Linge BO, Linge L. Apical root resorption in upper anterior teeth. *Eur J Orthod*. 1983, 5(3):173-83.
- 128.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.
- 129.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.
- 130.Sameshima GT, Sinclair PM. Predicting and preventing root resorption: Part I. Diagnostic factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2001, 119(5):505-10.
- 131.Baumrind S, Korn EL, Boyd RL. Apical root resorption in orthodontically treated adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1996, 110(3):311-20.
- 132.Kjær I. Morphological characteristics of dentitions developing excessive root resorption during orthodontic treatment. *Eur J Orthod*. 1995, 17(1):25-34.
- 133.Levander E, Malmgren O. Evaluation of the risk of root resorption during orthodontic treatment: a study of upper incisors. *Eur J Orthod*. 1988, 10(1):30-8.
- 134.Mirabella AD, Årtun J. Risk factors for apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1995, 108(1):48-55.

- 135.Sameshima G, Sinclair P. Characteristics of patients with severe root resorption. *Orthod Craniofac Res.* 2004, 7(2):108-14.
- 136.Årtun J. Revisiting root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000, 118(3):14A.
- 137.Lee RY, Årtun J, Alonzo TA. Are dental anomalies risk factors for apical root resorption in orthodontic patients? *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999, 116(2):187-95.
- 138.Harris EF, Butler ML. Patterns of incisor root resorption before and after orthodontic correction in cases with anterior open bites. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1992, 101(2):112-9.
- 139.Kaley J, Phillips C. Factors related to root resorption in edgewise practice. *The Angle Orthod.* 1991, 61(2):125-32.
- 140.Costopoulos G, Nanda R. An evaluation of root resorption incident to orthodontic intrusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996, 109(5):543-8.
- 141.Owman-Moll P, Kurol J, Lundgren D. Repair of orthodontically induced root resorption in adolescents. *The Angle Orthod.* 1995, 65(6):403-8.
- 142.Brin I, Tulloch JC, Koroluk L, Philips C. External apical root resorption in Class II malocclusion: a retrospective review of 1-versus 2-phase treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003, 124(2):151-6.
- 143.Harris EF, Baker WC. Loss of root length and creastal bone height before and during treatment in adolescent and adult orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1990, 98(5):463-9.
- 144.Owman-Moll P, Kurol J. The early reparative process of orthodontically induced root resorption in adolescents-location and type of tissue. *Eur J Orthod.* 1998, 20(6):727-32.
- 145.Acar A, Canyürek Ü, Kocaaga M, Erverdi N. Continuous vs. discontinuous force application and root resorption. *The Angle Orthod.* 1999, 69(2):159-63.
- 146.Ballard DJ, Jones AS, Petocz P, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: part 11. Continuous vs intermittent controlled orthodontic forces on root

resorption. A microcomputed-tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009, 136(1):8. e1-8. e.

147.Weiland F. Constant versus dissipating forces in orthodontics: the effect on initial tooth movement and root resorption. *Eur J Orthod.* 2003, 25(4):335-42.

148.Dermaut L, De Munck A. Apical root resorption of upper incisors caused by intrusive tooth movement: a radiographic study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1986;90(4):321-6.

149.Linge L, Linge BO. Patient characteristics and treatment variables associated with apical root resorption during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1991, 99(1):35-43.

150.Reitan K. Biological principles and reactions: Orthodontics, current orthodontic concepts and techniques, St. Louis, CV Mosby, 1985:101-92.

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

152.Rudolph DJ, Willes MG, Sameshima GT. A finite element model of apical force distribution from orthodontic tooth movement. *The Angle Orthod.* 2001, 71(2):127-31.

153.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.

154.Jiang R-p, McDonald J, Fu M-k. Root resorption before and after orthodontic treatment: a clinical study of contributory factors. *Eur J Orthod.* 2010, 32(6):693-7.

155.Reitan K. Effects of force magnitude and direction of tooth movement on different alveolar bone types. *Angle Orthod.* 1964, 34(4):244-55.

156.Montenegro VCJ, Jones A, Petocz P, Gonzales C, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: Part 22. Root resorption after the application of light and heavy extrusive orthodontic forces: A microcomputed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;141(1):e1-e9.

157.Brudvik P, Rygh P. The initial phase of orthodontic root resorption incident to local compression of the periodontal ligament. *Eur J Orthod.* 1993, 15(4):249-63.

- 158.Cheng LL, Türk T, Elekdağ-Türk S, Jones AS, Petocz P, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: Part 13. Repair of root resorption 4 and 8 weeks after the application of continuous light and heavy forces for 4 weeks: a microcomputed-tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009, 136(3):320.
- 159.Eriksen H. Baltic Dental and Maxillofacial Journal: quality of the journal. *Stomatologija* 2008;10(1):3.
- 160.Motokawa M, Sasamoto T, Kaku M, Kawata T, Matsuda Y, Terao A, et al. Association between root resorption incident to orthodontic treatment and treatment factors. *Eur J Orthod*. 2011, 34(3):350-6.
- 161.McNab S, Battistutta D, Taverne A, Symons AL. External apical root resorption following orthodontic treatment. *Angle Orthod*. 2000;70(3):227-32.
- 162.Parker RJ, Harris EF. Directions of orthodontic tooth movements associated with external apical root resorption of the maxillary central incisor. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1998, 114(6):677-83.
- 163.Malmgren O, Goldson L, Hill C, Orwin A, Petrini L, Lundberg M. Root resorption after orthodontic treatment of traumatized teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1982, 82(6):487-91.
- 164.Barbagallo LJ, Jones AS, Petocz P, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: part 10. Comparison of the effects of invisible removable thermoplastic appliances with light and heavy orthodontic forces on premolar cementum. A microcomputed-tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008,133(2):218-27.
- 165.Scott P, DiBiase AT, Sherriff M, Cobourne MT. Alignment efficiency of Damon3 self-ligating and conventional orthodontic bracket systems: a randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008, 134(4):470-8
- 166.Brudvik P, Rygh P. Root resorption beneath the main hyalinized zone. *Eur J Orthod*. 1994, 16(4):249-63.
- 167.Hellsing E, Hammarström L. The hyaline zone and associated root surface changes in experimental orthodontics in rats: a light and scanning electron microscope study. *Eur J Orthod*. 1996, 18(1):11-8.

- 168.Brice GL, Sampson WJ, Sims MR. An ultrastructural evaluation of the relationship between epithelial rests of Malassez and orthodontic root resorption and repair in man. *Aust Orthod J*. 1991, 12(2):90.
- 169.Langford S. Root resorption extremes resulting from clinical RME. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1982, 81(5):371-7.
- 170.Reitan K. Initial tissue behavior during apical root resorption. *Angle Orthod*. 1974;44(1):68-82.
- 171.Brudvik P, Rygh P. Transition and determinants of orthodontic root resorption—repair sequence. *Eur J Orthod*. 1995, 17(3):177-88.
- 172.Hasegawa N, Kawaguchi H, Ogawa T, Uchida T, Kurihara H. Immunohistochemical characteristics of epithelial cell rests of Malassez during cementum repair. *J Periodontal Res*. 2003, 38(1):51-6.
- 173.Brudvik P, Rygh P. The repair of orthodontic root resorption: an ultrastructural study. *Eur J Orthod*. 1995, 17(3):189-98.
- 174.Haring J, Jansen L. Dental radiology: principles and techniques, Philadelphia, WB Saunders, 2000.
- 175.Sameshima GT, Asgarifar KO. Assessment of root resorption and root shape: periapical vs panoramic films. *Angle Orthod*. 2001, 71(3):185-9.
- 176.Rohlin M, Kullendorff B, Ahlqvist M, Henrikson C, Hollender L, Stenström B. Comparison between panoramic and periapical radiography in the diagnosis of periapical bone lesions. *Dentomaxillofac Radiol*. 1989, 18(4):151-5.
- 177.Leach H, Ireland A, Whaites E. Radiology: Radiographic diagnosis of root resorption in relation to orthodontics. *Brit Dent J*. 2001, 190(1):16-22.
- 178.Maltha J, Leeuwen E, Dijkman G, Kuijpers-Jagtman A. Incidence and severity of root resorption in orthodontically moved premolars in dogs. *Orthod Craniofac Res*. 2004, 7(2):115-21.
- 179.Chan E, Darendeliler M. Exploring the third dimension in root resorption. *Orthod Craniofac Res*. 2004, 7(2):64-70.
- 180.Cheng L, ten Cate JM. Effect of *Galla chinensis* on the in vitro remineralization of advanced enamel lesions. *Int J Oral Sci*. 2010, 2(1):15.

- 181.Laux M, Abbott P, Pajarola G, Nair P. Apical inflammatory root resorption: a correlative radiographic and histological assessment. *Int endod J*. 2000, 33(6):483-93.
- 182.Uematsu S, Mogi M, Deguchi T. Interleukin (IL)-1 β , IL-6, tumor necrosis factor- α , epidermal growth factor, and β 2-microglobulin levels are elevated in gingival crevicular fluid during human orthodontic tooth movement. *J Dent Res*. 1996, 75(1):562-7.
- 183.Waddington R, Embery G. Proteoglycans and orthodontic tooth movement. *J Orthod*. 2014, 28(4):281-90.
- 184.Balducci L, Ramachandran A, Hao J, Narayanan K, Evans C, George A. Biological markers for evaluation of root resorption. *Arch. Oral Biol*. 2007, 52(3):203-8.
- 185.Mah J, Prasad N. Dentine phosphoproteins in gingival crevicular fluid during root resorption. *Eur J Orthod*. 2004, 26(1):25-30.
- 186.Kereshanan S, Stephenson P, Waddington R. Identification of dentine sialoprotein in gingival crevicular fluid during physiological root resorption and orthodontic tooth movement. *Eur J Orthod*. 2008, 30(3):307-14.
- 187.Vardimon AD, Graber TM, Voss LR, Lenke J. Determinants controlling iatrogenic external root resorption and repair during and after palatal expansion. *Angle Orthod*. 1991, 61(2):113-22.
- 188.Owman-Moll P, Kurol J, Lundgren D. Continuous versus interrupted continuous orthodontic force related to early tooth movement and root resorption. *Angle Orthod*. 1995, 65(6):395-401.
- 189.Faltin R, Faltin K, Sander F, Arana-Chavez V. Ultrastructure of cementum and periodontal ligament after continuous intrusion in humans: a transmission electron microscopy study. *Eur J Orthod*. 2001, 23(1):35-49.
- 190.Castro IO, Alencar AH, Valladares-Neto J, Estrela C. Apical root resorption due to orthodontic treatment detected by cone beam computed tomography. *The Angle Orthod*. 2012, 83(2):196-203.
- 191.Durack C, Patel S, Davies J, Wilson R, Mannocci F. Diagnostic accuracy of small volume cone beam computed tomography and intraoral periapical radiography for the detection of simulated external inflammatory root resorption. *Int Endod J*. 2011, 44(2):136-47.

192. Patel S, Dawood A, Wilson R, Horner K, Mannocci F. The detection and management of root resorption lesions using intraoral radiography and cone beam computed tomography—an in vivo investigation. *Int Endod J*. 2009, 42(9):831-8.
193. Dudic A, Giannopoulou C, Leuzinger M, Kiliaridis S. Detection of apical root resorption after orthodontic treatment by using panoramic radiography and cone-beam computed tomography of super-high resolution. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009, 135(4):434-7.
194. Taylor TD, Agar JR, Vogiatzi T. Implant prosthodontics: current perspective and future directions. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2000, 15(1):66.
195. Elliott J, Dover S. X-ray microtomography. *J Microsc*. 1982, 126(2):211-3.
196. Rhodes J, Ford T, Lynch J, Liepins P, Curtis R. Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. *Int Endod J*. 1999, 32(3):165-70.
197. Kim S-H, Choi B-H, Li J, Kim H-S, Ko C-Y, Jeong S-M, et al. Peri-implant bone reactions at delayed and immediately loaded implants: an experimental study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2008, 105(2):144-8.
198. Saad AY, Al-Hadlaq SM, Al-Katheeri NH. Efficacy of two rotary NiTi instruments in the removal of gutta-percha during root canal retreatment. *J Endod*. 2007, 33(1):38-41.
199. Neves AdA, Coutinho E, Cardoso MV, Jaecques SV, Van Meerbeek B. Micro-CT based quantitative evaluation of caries excavation. *Dent Mater*. 2010, 26(6):579-88.
200. Akyalcin S, Alexander S, Silva R, English J. Evaluation of three-dimensional root surface changes and resorption following rapid maxillary expansion: a cone beam computed tomography investigation. *Orthod Craniofac Res*. 2015, 18(S1):117-26.
201. Martins DC, Souki BQ, Cheib PL, Silva GA, Reis ID, Oliveira DD, et al. Rapid maxillary expansion: Do banded teeth develop more external root resorption than non-banded anchorage teeth? *Angle Orthod*. 2015, 86(1):39-45.
202. Ficarelli J. A brief review of maxillary expansion. *J Pedod*. 1977, 3(1):29-35.
203. Howe RP. Palatal expansion using a bonded appliance: report of a case. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1982, 82(6):464-8.

204. Memikoglu U, Iseri H, Uysal M. Three dimensional dentofacial changes with bonded and banded rapid maxillary appliances. *Eur J Orthod*. 1995, 16:342.
205. Sarver DM, Johnston MW. Skeletal changes in vertical and anterior displacement of the maxilla with bonded rapid palatal expansion appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1989, 95(6):462-6.
206. Alpern MC, Yurosko JJ. Rapid palatal expansion in adults: with and without surgery. *Angle Orthod*. 1987, 57(3):245-63.
207. Dindaroglu F, Dogan S. Evaluation and comparison of root resorption between tooth-borne and tooth-tissue borne rapid maxillary expansion appliances: A CBCT study. *Angle Orthod* 2015, 86(1):46-52.
208. Koudstaal MJ, Smeets JB, Kleinrensink G-J, Schulten AJ, van der Wal KG. Relapse and stability of surgically assisted rapid maxillary expansion: an anatomic biomechanical study. *J Oral Maxillofac Surg*. 2009, 67(1):10-4.
209. Verstraaten J, Kuijpers-Jagtman AM, Mommaerts MY, Bergé SJ, Nada RM, Schols JG. A systematic review of the effects of bone-borne surgical assisted rapid maxillary expansion. *J Craniomaxillofac Surg*. 2010, 38(3):166-74.
210. Seitz O, Landes CA, Philipp DJ, Sader R, Klein CM. Reliable surgically assisted rapid palatal expansion by maxillary widening device. *J Craniofac Surg*. 2008, 19(3):846-9.
211. Verlinden CR, Gooris PG, Becking AG. Complications in transpalatal distraction osteogenesis: a retrospective clinical study. *J Oral Maxillofac Surg*. 2011, 69(3):899-905.
212. Lamparski DG, Rinchuse DJ, Close JM, Sciote JJ. Comparison of skeletal and dental changes between 2-point and 4-point rapid palatal expanders. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2003, 123(3):321-8.
213. Wierzbicki T, El-Bialy T, Aldaghreer S, Li G, Doschak M. Analysis of orthodontically induced root resorption using micro-computed tomography (Micro-CT). *The Angle Orthod*. 2009, 79(1):91-6.
214. Cheng LL, Türk T, Elekdağ-Türk S, Jones AS, Yu Y, Darendeliler MA. Repair of root resorption 4 and 8 weeks after application of continuous light and heavy forces on

premolars for 4 weeks: A histology study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010, 138(6):727-34.

215.Kayalar E, Schauseil M, Kuvat SV, Emekli U, Fıratlı S. Comparison of tooth-borne and hybrid devices in surgically assisted rapid maxillary expansion: A randomized clinical cone-beam computed tomography study. *J Craniomaxillofac Surg.* 2016, 44(3):285-93.

216.Ten Cate A, Freeman E, Dickinson J. Sutural development: structure and its response to rapid expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1977, 71(6):622-36.

217.Ekström C, Henrikson CO, Jensen R. Mineralization in the midpalatal suture after orthodontic expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1977, 71(4):449-55.

218.Basciftci F, Karaman A. Effects of a modified acrylic bonded rapid maxillary expansion appliance and vertical chin cap on dentofacial structures. *Angle Orthod.* 2002, 72(1):61-71.

219.Akkaya S, Lorenzon S, Üçem TT. A comparison of sagittal and vertical effects between bonded rapid and slow maxillary expansion procedures. *Eur J Orthod.* 1999, 21(2):175-80.

220.Chan E, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: part 7. Extent of root resorption under areas of compression and tension. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006, 129(4):504-10.

EKLER

EK-1. Özgeçmiş

1989 Elazığ doğumluyum. İlköğretim ve lise eğitimimi Adana'da tamamladım. 2007 yılında İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde başladığım yükseköğrenimimi 2012 yılında tamamladım. Kasım 2012'de İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'nda uzmanlık yapmaya hak kazandım. Halen bu kurumda tez çalışmalarına devam etmekte ve klinikte aktif olarak hasta bakmaktayım. Yabancı dilim İngilizce'dir.



EK-2. Etik Kurul Onayı

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	HIZLI ÜST ÇENE GENİŞLETMESİNDE UYGULANAN DİŞ DESTEKLİ YA DA DİŞ-DOKU DESTEKLİ APAREYLERİN VE FARKLI VİDA ÇEVİRME PROTOKOLLERİNİN KÖK REZORBSİYONU İLE İLİŞKİSİNİN MİKRO-BT İLE DEĞERLENDİRİLMESİ	
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	2014/23	
ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	MALATYA KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU
	AÇIK ADRESİ:	İnönü Üniversitesi Merkez Kampüsü, 44280, Malatya, Türkiye
	TELEFON	+90 422 341 06 60 / 1219
	FAKS	+90 422 341 00 36
	E-POSTA	inu.dhek@inonu.edu.tr

BAŞVURU BİLGİLERİ	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Prof. Dr. Sıdık MALKOÇ		
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti AD		
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	MALATYA		
	DESTEKLEYİCİ			
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ			
	ARAŞTIRMANIN FAZİ VE TÜRÜ	FAZ 1	☐	
		FAZ 2	☐	
		FAZ 3	☐	
		FAZ 4	☐	
		Gözlemsel ilaç çalışması	☐	
İlaç dışı klinik araştırma		☐		
	Diğer ise belirtiniz			
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ ☐	ÇOK MERKEZLİ ☐	ULUSAL ☐	ULUSLARARASI ☐

Etik Kurul Başkanının
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Rifat KARLIDAĞ
İmza:

Not: Etik kurul başkanının her sayfada imzasının olması gerekmektedir.

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	HIZLI ÜST ÇENE GENİŞLETMESİNDE UYGULANAN DIŞ DESTEKLİ YA DA DIŞ-DOKU DESTEKLİ APAREYLERİN VE FARKLI VİDA ÇEVİRME PROTOKOLLERİNİN KÖK REZORBSİYONU İLE İLİŞKİSİNİN MİKRO-BT İLE DEĞERLENDİRİLMESİ
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	2014/23

DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili
		ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ		
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU			Türkçe ☐ İngilizce ☐ Diğer ☐
	OLGU RAPOR FORMU			Türkçe ☐ İngilizce ☐ Diğer ☐
	ARAŞTIRMA BROŞÜRÜ			Türkçe ☐ İngilizce ☐ Diğer ☐

DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı	Açıklama
		SIGORTA
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	☐
	BİYOLOJİK MATERİYEL TRANSFER FORMU	☐
	İLAN	☐
	YILLIK BİLDİRİM	☐
	SONUÇ RAPORU	☐
	GÜVENLİLİK BİLDİRİMLERİ	☐
	DİĞER:	☐

KARAR BİLGİLERİ	Karar No:2014/23	Tarih: 16.04.2014
Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmanın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplanmaya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir. Klinik Araştırmalar Hakkında Yönetmelik kapsamında yer alan araştırmalar/çalışmalar için Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu'ndan izin alınması gerekmektedir.		

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU	
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI	Klinik Araştırmalar Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:	Prof. Dr. Rıfat KARLIDAĞ

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet	Araştırma ile ilişkisi	Katılım *	İmza
Prof. Dr. Rıfat KARLIDAĞ	Psikiyatri	İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☒ K ☐	E ☐ H ☒	E ☒ H ☐	
Prof. Dr. Metin GENÇ	Halk Sağlığı	İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☒ K ☐	E ☐ H ☐	E ☐ H ☐	
Prof. Dr. Saim YOLOĞLU	Biyoistatistik	İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☒ K ☐	E ☐ H ☒	E ☒ H ☐	
Prof. Dr. Türkan TOĞAL	Anesteziyoloji ve Rea.	İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☐ K ☒	E ☒ H ☒	E ☐ H ☐	
Doç. Dr. Ahmet KARADAĞ	Çocuk Sağlığı ve Hast.	İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☒ K ☐	E ☐ H ☐	E ☐ H ☐	
Doç. Dr. Alaadin POLAT	Fizyoloji	İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☒ K ☐	E ☐ H ☐	E ☐ H ☐	
Doç. Dr. H.Birgül CUMURCU	Psikiyatri	İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☐ K ☒	E ☐ H ☐	E ☐ H ☐	
Doç. Dr. Yusuf YAKUPOĞULLARI	Tıbbi Mikrobiyoloji	İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☒ K ☐	E ☐ H ☐	E ☐ H ☐	

Etik Kurul Başkanının
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Rıfat KARLIDAĞ
İmza:

Not: Etik kurul başkanının her sayfada imzasının olması gerekmektedir.

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI		HIZLI ÜST ÇENE GENİŞLETMESİNDE UYGULANAN DIŞ DESTEKLİ YA DA DIŞ-DOKU DESTEKLİ APAREYLERİN VE FARKLI VİDA ÇEVİRME PROTOKOLLERİNİN KÖK REZORBSİYONU İLE İLİŞKİSİNİN MİKRO-BT İLE DEĞERLENDİRİLMESİ							
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU		2014/23							
Doç. Dr. Seda TAŞDEMİR	Tıbbi Farmakoloji	İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	Katılmış
Yrd. Doç. Dr. Mehmet KARATAŞ	Tıp Tarihi ve Etik	İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	Katılmış
Yrd. Doç. Dr. Neslihan ŞİMŞEK	Diş Hekimliği	İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	Katılmış
Uzm. Dr. Ömer Murat AYDIN	Nükleer Tıp Uzmanı	Malatya Devlet Hastanesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	Katılmış
Metin TAY	Eczacı	Serbest Eczacı	E ☒	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	Katılmış
Zafer ERGÜZEL	Hukuk	İnönü Üniversitesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	Katılmış
Hasan KONAN	Sivil Üye	Zaloğlu Ltd. Şti.	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	Katılmış

*:Toplantıda Bulunma

Etik Kurul Başkanının
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Rıfat KARLIDAĞ
İmza:

Not: Etik kurul başkanının her sayfada imzasının olması gerekmektedir.

EK-3. Hasta Onam Formu

HASTA ONAM FORMU ÖRNEĞİ

Kliniğimizde, rutin tedavi planında çapraşıklık veya diş arkları arasındaki uyumsuzluk nedeniyle üst küçük azı dişlerine çekim kararı verilmiş hastaların diş çekimleri sonrası, çekilmiş dişlerinin inceleneceği bir araştırma yapılacaktır. Araştırmanın amacı, üst çene genişletmesinin diş kök yüzeyine etkisini değerlendirmektir. Araştırmaya üst çene darlığı sebebi ile üst çenede genişletme ihtiyacı olan gönüllü hastalar dahil edilecektir. Üst çene genişletmesi tamamlandıktan sonra, yapılan genişletmenin kalıcı olabilmesi ve nüks etmemesi için aparey sabitlenip 12 hafta beklenecektir. 12 haftalık süreç sonunda üst 1.küçük azı dişler çekilecektir. Çekilen dişler üzerinde kök rezorpsiyonu Mikro bilgisayarlı Tomografi ile incelenecektir. Araştırmaya katılması beklenen tahmini gönüllü sayısı 50'dir.

Ortodontik tedavinize uygun estetik ve fonksiyon sağlanana dek devam edilecektir. Gönüllü, çekilmiş dişlerinin bu çalışmada kullanılması ile ilgili kararda tamamen özgürdür ve gönüllü istediği zaman, herhangi bir cezaya veya yaptırıma maruz kalmaksızın, hiçbir hakkını kaybetmeksizin araştırmaya katılmayı reddedebilir. Uygulama sırasında karşılaşılabilecek rahatsızlıklar ve riskler minimaldir. Bu riskler tüm sabit ortodontik tedavi gören hastalarda izlenebilecek problemlerdir. Muhtemel zarar konusunda hastanın veya yakının bilgi için iletişim kuracağı kişiler; Arş. Gör. Dt. Rukiye Alçın'dır.

“Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formundaki tüm açıklamaları okudum. Bana, yukarıda konusu ve amacı belirtilen araştırma ile ilgili yazılı ve sözlü açıklama aşağıda adı belirtilen hekim tarafından yapıldı. Araştırmaya gönüllü olarak katıldığımı, istediğim zaman gerekçeli veya gerekçesiz olarak araştırmadan ayrılabilceğimi biliyorum. “Söz konusu araştırmaya, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın kendi rızamla katılmayı kabul ediyorum.”

Gönüllünün;

Araştırmacının ;

Adı Soyadı:

Adı Soyadı:

Tarih:

Tarih:

İmzası:

İmzası:

Velinin;

Adı Soyadı

Tarih:

İmzası:

EK-4. Proje Onayı



Sayı : B.14.2.TBT.0.06.03.02-161-180196

19/11/2014

Konu : 214S051 Numaralı Proje Öneriniz

Sayın Prof. Dr. SİDDİK MALKOÇ

Kurumumuza "Hızlı Destek Programı" kapsamında destek başvurusunda bulunduğunuz "Hızlı Üst Çene Genişletmesinde Uygulanan Dış Destekli Ya Da Dış-Doku Destekli Apareylerin Ve Farklı Vida Çevirme Protokollerinin Kök Rezorpsiyonu İle İlişkisinin Mikro Bilgisayarlı Tomografi İle Değerlendirilmesi" başlıklı ve 214S051 numaralı proje önerinizin değerlendirme süreci tamamlanmıştır.

Proje öneriniz, konunun uzmanı danışmanlar tarafından "Özgün Değer", "Yöntem", "Proje Yönetimi, Ekip Ve Araştırma Olanakları" ve "Yaygın Etki" boyutlarında değerlendirilmiş olup Grup Yürütme Komitemizin 25/11/2014 tarih ve 730 sayılı toplantısında incelenerek görüşülmüş ve yapılan değerlendirmeler sonucunda proje önerinizin desteklenmesi uygun bulunmuştur.

Çalışmalarınızda başarılar diler, saygılar sunarım.

Prof. Dr. Sevim AYDIN
Sağlık Bilimleri Araştırma Destek
Grubu
Yürütme Komitesi Sekreteri V.

PANEL PUAN SEVİYESİ: A

A: Çok İyi B: İyi C: Orta D: İyi Değil E: Yetersiz

Panel toplam puanı A ve B seviyesinde olan projeler desteklenmiştir.