

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**KADEMELİ OLARAK ARTAN VE AZALAN KUVVETLERİN KÖK
REZORPSİYONUNA ETKİLERİNİN
MİKRO-BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE KIYASLANMASI**

Mehmet Emre METİN

UZMANLIK TEZİ

ORTODONTİ ANABİLİM DALI

Danışman
Doç. Dr. Mehmet AKIN

KONYA -2018

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**KADEMELİ OLARAK ARTAN VE AZALAN KUVVETLERİN KÖK
REZORPSİYONUNA ETKİLERİNİN
MİKRO-BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE KIYASLANMASI**

Mehmet Emre METİN

UZMANLIK TEZİ

ORTODONTİ ANABİLİM DALI

Danışman

Doç. Dr. Mehmet AKIN

Bu araştırma Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 18102017 proje numarası ile desteklenmiştir.

KONYA -2018

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim ve tez çalışmam sırasında mesleki bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösteren ve hiçbir konuda desteğini esirgemeyen danışmanım sayın Doç. Dr. Mehmet AKIN'a,

İstatistiksel yöntem ve analizlerin belirlenmesinde değerli katkılarından dolayı Arş. Gör. Muslu Kazım KÖREZ'e,

Tezimin laboratuvar prosedürleri sırasında yardımını esirgemeyen Sayın Talip BÜYÜKBAYRAM'a,

Uzmanlık eğitimim boyunca yardım, bilgi ve tecrübeleri ile bana destek olan sayın Prof. Dr. Faruk Ayhan BAŞÇİFTÇİ, Doç. Dr. Zehra İleri, Doç. Dr. Mehmet AKIN, Dr. Öğr. Üyesi Zeliha Müge BAKA ve Faruk İzzet UÇAR hocalarıma,

Çalışmalarım boyunca yardımını hiç esirgemeyip, en zor dönemlerimde yanımda olan başta Mücella TEZCAN, Yasin AKGÜL, Mücahid YILDIRIM ve Merve FİDANBOY olmak üzere değerli asistan arkadaşlarıma ve tüm Selçuk Ortodonti personeline,

Samimiyeti, tespitleri ve nasihatleri ile unutulmaz bir arkadaş olan, dostluğumuzun bir ömür devam etmesini temenni ettiğim kardeşim Ahmet KIRLI'ya,

Bu günlere gelmemde en büyük emeğe sahip, beni her anımda, her kararında destekleyen, hiçbir zaman yalnız bırakmayan değerli annem Sema AKIN, babam Uğur METİN ve kardeşim Merve METİN'e

Ve her anımda özverisini ve desteğini yanımda hissettiğim, uzmanlık eğitimime ve hayatıma anlam katan sevgili eşim ve meslektaşım Aslıhan METİN'e

Minnet ve teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR	iv
1.	
1. GİRİŞ	1
1.1. Ortodontik Diş Hareketi	2
1.1.1. Tarihçesi.....	2
1.1.2. Biyolojisi.....	5
1.1.3. Diş Hareketi Teorileri	7
1.1.4. Kuvvetin ve Diş Hareketinin Türleri	8
1.2. Kök Rezorpsiyonu.....	9
1.2.1. Tarihçe	10
1.2.2. Kök Rezorpsiyonunun Patofizyolojisi	11
1.2.3. Kök Rezorpsiyonunun Sınıflandırılması	12
1.2.4. Ortodontik Kaynaklı İltihabi Kök Rezorpsiyonu	13
1.2.5. Kök Rezorpsiyonunun Teşhisi	18
2. BİREYLER VE YÖNTEM	21
2.1. Bireyler	21
2.2. Yöntem	23
2.2.1. Palatinal Yönlü Tipping Apareyi	23
2.2.2. Dişlerin Çekilmesi ve Saklanması	30
2.2.3. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi Cihazı ile Yapılan Analizler	31
2.2.4. Üç Boyutlu Bilgisayar Yazılımı Analizleri.....	33
2.2.5. Diş Hareketi Miktarlarının Kıyaslanması	35
2.3. İstatistiksel Analiz.....	37

3.	BULGULAR	39
3.1.	Grup İçi İstatistiksel Değerlendirmeler	39
3.2.	Gruplar Arası İstatistiksel Değerlendirmeler	40
4.	TARTIŞMA	46
4.1.	Bireylerin Tartışılması	47
4.2.	Yöntemin Tartışılması	48
4.3.	Bulguların Tartışılması	54
4.4.	Çalışmanın Limitasyonları	58
5.	SONUÇLAR	60
6.	ÖZET	61
7.	SUMMARY	62
8.	KAYNAKLAR	63
9.	EKLER	72
10.	ÖZGEÇMİŞ	78

SİMGELER VE KISALTMALAR

Mikro-BT (μ-CT):	Mikro-Bilgisayarlı Tomografi
SEM:	Scanning Electron Microscopy (Taramalı Elektron Mikroskobu)
CLSM:	Confocal Laser Scanning Electron Microscopy (Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop)
EAKR:	Eksternal Apikal Kök Rezorpsiyonu
OKİKR:	Ortodontik Kaynaklı İltihabi Kök Rezorpsiyonu
OİRR:	Orthodontically Induced Inflammatory Root Resorption
FEM:	Finite Element Method (Sonlu Eleman Metodu)
KIBT:	Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
A:	Apikal Üçlü
O:	Orta Üçlü
S:	Servikal Üçlü
B:	Bukkal
L:	Lingual
AL:	Apikal Üçlü-Lingual
AB:	Apikal Üçlü-Bukkal
OL:	Orta üçlü-Lingual
OB:	Orta Üçlü-Bukkal
SL:	Servikal Üçlü-Lingual
SB:	Servikal Üçlü-Bukkal
MMP:	Matriks Metalloproteinaz
TIMP:	MMP inhibitörü

OPG:	Osteoprotegerin
OPGL:	OPG ilgili ligand
ATF4:	Aktivasyon transkripsiyon faktör-4
RUNX2:	Runt ilişkili transkripsiyon faktör-2
OSX:	Osteojenik bir gen olan osterix
TNF:	Tümör nekrozis faktör
CAP:	Sement Atışman Proteini
Mm:	Milimetre
Mm³:	Milimetreküp
TPA:	Transpalatal ark
PLA2:	Fosfolipaz A2

1. GİRİŞ

Ortodontik diş hareketiyle ilgili araştırmaların tarihçesi yalnızca bir asır öncesine dayanır. Carl Sandstedt isimli İsveçli araştırmacının 1901 yılında yayınladığı makalesinde köpeklerin dişleri üzerine uygulanan kuvvetlere, periodontal dokunun cevabını histolojik çizimler ile göstermiştir. Sandstedt, hem ortodontik diş hareketi hem de ortodontik harekete bağlı kök rezorpsiyonu oluşumunu çizimlerinde göstermiştir. Takip eden bir asırdan uzun zamanda, ortodontik diş hareketini ve kök rezorpsiyonunu; doku, hücre ve son olarak moleküler boyutta daha iyi incelemek için çok sayıda çalışma yapılmıştır. Çalışmalarda kök rezorpsiyonunun tespiti için periapikal röntgenler, panoramik röntgenler, sefalometrik röntgenler, histolojik yöntemler, ışık mikroskobu, elektron mikroskobu, bilgisayarlı tomografi, konik ışınlı bilgisayarlı tomografi ve mikro-bilgisayarlı tomografi yöntemleri kullanılmıştır (Gunst ve ark 2013, Jung ve Cho 2011, Sameshima ve Asgarifar 2001). Bu çalışmalarda kök rezorpsiyonunun ortodontik kuvvetlerle ilişkili olduğu net olarak ortaya konmuştur.

Görüntüleme teknolojilerinin ilerlemesiyle birlikte son zamanlarda çekilen dişler üzerinde rezorpsiyon alanlarını çok yüksek çözünürlükte üç boyutlu görüntüleme imkânı veren mikro-bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) kullanılarak hangi tür kuvvetlerin ne miktarda rezorpsiyona sebep olacağını inceleyen çalışmalar daha kapsamlı şekilde yapılabilmektedir. Literatürü incelediğimizde bu çalışmalar çoğunlukla sabit miktarda bir kuvvetin belirli bir süre boyunca kök rezorpsiyonuyla bağlantısını inceleyen çalışmalardır. Bizim çalışmamızda diğer çalışmalardan farklı olarak dişe uygulanan kuvvetlerin kademeli olarak giderek artması ve giderek azalmasının kök rezorpsiyonuna etkisi incelenecektir.

Split mouth tasarımıyla prospektif olarak yapılan olan bu çalışmanın amacı, tüm aşamalar tamamlandığında toplamda aynı [kuvvet x zaman]'a maruz kalacak olan sağ ve sol üst birinci premolar dişlerde, bir tarafta kademeli olarak artan ve diğer tarafta azalan kuvvetlerin kök rezorpsiyonuna etkilerinin mikro-BT ile kıyaslanmasıdır. Çalışmamızın sıfır hipotezi; “Ortodontik kuvvetlerin düşük olarak başlayıp kademeli olarak arttırılması veya yüksek olarak başlayıp kademeli olarak azaltılmasının, kök rezorpsiyon miktarına herhangi bir etkisi yoktur.” şeklindedir.

1.1. Ortodontik Diş Hareketi

Ortodontik diş hareketi uygun bir kuvvet sonucunda diş köklerinin alveoler kemik içinde konumlarının değişmesine denir. Bu hareket çok sayıda değişkenden etkilenen fizyolojik bir olaydır. Bu değişkenler kısaca mekanik kuvvetler, biyolojik etkileşimler, genetik ve çevresel faktörler olarak sayılabilir. Kemik yıkımı ve yapımını gerektiren bu harekette kuvvet kadar periodontal ligamentin rolü de büyüktür. Dişin yer değişimi kuvvetin büyüklüğü, yönü, frekansı ve süresi karşısında periodontal ligamentin ve kemiğin verdiği cevaba göre değişir (Proffit ve ark 2007).

Diş hareketi, temel olarak çiğneme, dudak ve dil basıncı gibi doğal kuvvetlere karşı periodontal dokuların hayat boyu devam eden denge bulucu fizyolojik bir mekanizmasıdır. Araştırmalarda büyümekte olan çocukların çenelerinde sagittal, vertikal ve transversal değişikliklere uyumlu olarak dişlerin kemik içinde yer değiştirdiği gösterilmiştir. Büyüme ve gelişim tamamlanıp, çene ve yüz sistemi daimi dişlerin dizilmesiyle beraber dengeli bir duruma ulaştıktan sonra dişler daha yavaş olmakla beraber hareket etmeye hala devam eder (Masella ve Meister 2006).

1.1.1. Tarihçesi

Dişlerin konumunu değiştirmek için yapılan ilk girişimlerin tarihi net olarak bilinmese de bu konudaki ilk yazılı kaynaklar milattan önceye kadar uzanmaktadır (Weinberger 1934). Braketler bilinmezken, hatta ortodonti diye bir terim bile henüz yeryüzünde kullanılmazken dahi dişlerin sürekli uygulanan basınç karşısında yer değiştirdiği biliniyordu. Bunu Yunan ve Etrüsk kalıntılarında bulunan eski fakat şaşırtıcı derecede iyi tasarlanmış apareyler sayesinde biliyoruz (Proffit ve ark 2007). Hipokrat milattan önce 5. yüzyılda dişlerdeki konum bozukluklarına değindiyse de tedaviye yönelik ilk yazılı kaynak milattan önce 1. yüzyılda yaşamış olan Celsus'a aittir. Celsus, dişlerin parmak baskısıyla düzenli olarak ittirildiğinde konumlarının değiştirilebileceğini yazmıştır. Orta çağ boyunca pek çok bilim dalı gibi kayda değer ilerleme görülmemiştir. Diş hekimliğinin babası sayılan Pierre Fauchard'ın (1678-1761) ark boyunca uzanan bir bant ve ligatürlerden oluşan apareyini takiben Etienne Bourdet'in (1722-1789) lingual

ortodontinin atası niteliğindeki apareyi, Joseph Fox'un (1776-1816) geniş arklar, ısırma blokları ve çenelik apareyleri, ortodontinin isim babası Joachim Lefoulon'un labial ve lingual arkın birlikte kullanımını esas alan apareyi ve kemik rezorpsiyonu ve apozisyondan ilk kez bahseden John Tomes'un (1812-1895) hareketli apareyleri ortodontik diş hareketinin tarihinde önemli nirengi noktaları olmuştur (Wahl Sequim 2005). Ortodonti ihtisasının kurucusu ve modern ortodontinin babası olarak kabul edilen Edward Hartley Angle'ın (1855-1930) ve öğrencilerinin çalışmalarını takiben günümüzdeki noktaya ulaşılmıştır (Peck 2009).

John Tomes diş hareketinin biyolojik olarak ne şekilde gerçekleştiğine ilk değinen isimdir. Tomes, 1859 tarihli makalesinde sürekli ve hafif kuvvetlerin alveoler kemiğin sıkışma tarafında rezorpsiyona, gerilim tarafında ise kemik yapımına sebep olduğunu yazmıştır. Kingsley (1880) hafif kuvvetler için bu görüşe katılmakla birlikte yüksek kuvvetlerin aynı zamanda diş köküyle birlikte alveoler kemiğin de eğilerek yer değiştirmesine sebep olduğunu fakat iki yapının bütünlüğünü koruduğunu ileri sürmüştür (Norton 2000).

Ortodontik diş hareketinin bilimsel olarak incelenmesi için ilk odak noktası uygulanan kuvvetin özelliğidir. Literatüre bakıldığında, ortodontik diş hareketi için gerekli olan en uygun kuvvet şekli ve miktarı hakkında farklı görüşlere rastlanmaktadır. Ortak varsayıma göre, en uygun kuvvet sistemi, periodontal ligamentte yeterli biyolojik yanıtın meydana gelmesi için önem arz eder. Aynı zamanda en uygun kuvvetin belirlenmesinde diş kökünün yüzey alanının etkisi olduğu bilinmektedir (Ren ve ark 2003).

Geçtiğimiz yüzyılda, en uygun kuvvet kavramı kayda değer şekilde değişmiştir. Schwarz, periodontal ligamentteki kapiller damarların basıncına yakın fakat bu damarları tıkamayacak şiddette bir kuvvetin en uygun kuvvet olduğu tanımını yaparak kendi ideal kuvvet tanımlamasını ortaya koymuştur. Schwarz'a göre ideal kuvvetin altındaki kuvvetler periodontal ligamentte hiçbir değişikliğe sebep olamaz. İdeal kuvvet miktarını aşan kuvvetler ise frontal kemik rezorpsiyonunu engelleyerek, dokuda nekroz alanları oluşmasına sebep olur. Bunun sonucunda diş hareketi gecikerek undermining (oyulma) rezorpsiyon diye tanımlanan kemikten ligamente doğru oyularak gerçekleşen türde bir rezorpsiyon gerçekleşir. Bu durumda nekrozlu doku ortadan kaldırılana kadar rezorpsiyon duraklar (Schwarz 1932).

Schwarz'ın bu tanımı Oppenheim (Oppenheim 1942) tarafından modifiye edilmiştir. Oppenheim'e göre Schwarz'ın görüşünün aksine ideal kuvvetin altında kalan kuvvetler de diş hareketine sebep olur. Reitan (Reitan 1967) çalışmasında göstermiştir ki en düşük kuvvet uygulandığında bile hücresiz dokudaki sıkışma bölgeleri diş hareketine sebep olmaktadır. Bu sebeple Reitan ideal kuvvet tanımlaması yaparken çok düşük kuvvetlerin kullanılmasını savunmuştur. Günümüzde geçerli ideal kuvvet kavramı belirlenirken bazı değişkenler göz önünde bulundurulur. Buna göre belli büyüklükte kuvvetler ve bu kuvvetlerin karakteristik özellikleri (devamlı, aralıklı, azalan vs.) bir araya gelirse hasta konforunu olumsuz etkilemeksizin ve doku hasarı ortaya çıkarmadan en yüksek miktarda diş hareketi elde edilebilir. Bu sebeple her diş ve her birey için ideal kuvvet miktarı farklıdır (Proffit ve ark 2007).

İsveçli diş hekimi Carl Sandstedt, Karolinska Enstitüsünde hayvanlar üzerinde yaptığı çalışmasını 1901 yılında İsveççe olarak yayımlamıştır (Sandstedt 1901). Yazarın çalışmasının tamamını yayımlayamadan henüz 40 yaşında ölümünü takiben 1904 ve 1905 yıllarında ilk çalışmanın devamı niteliğinde iki makalesi daha Almanca olarak yayımlanmıştır (Sandstedt 1904; Sandstedt 1905). Sandstedt çalışmasında köpeklerin dişleri üzerine uygulanan kuvvetlerin, periodontal dokular üzerindeki etkilerini histolojik çizimler kullanarak göstermiştir. Bu çalışma, ortodontik diş hareketinin ve buna bağlı kök rezorpsiyonunun kanıtlarını ilk kez göstermiş olması açısından bir milattır. Orijinal makale İsveççe olduğu için çalışmanın uluslararası literatüre kazandırılması uzun süre sonra olmuştur (Persson 2005). Yazar kendi zamanının o kadar ilerisinde tespitlerde bulunmuştur ki ortodontik diş hareketinin hücresel ve fizyolojik boyutta açıklamasına bir ilave yapılabilmesi yazarın ölümünden itibaren 50 yıl duraklamıştır (Bister ve Meikle 2013).

Sandstedt çalışmasında kuvvet uygulanan dişin periodontal dokularını gerilim ve sıkışma tarafı olarak ayırmış ve gerilim tarafında yeni kemik oluşumunu çizimlerinde göstermiştir. Sıkışma tarafında düşük kuvvet uyguladığı dişlerde erken dönemde başlayan direk rezorpsiyon olduğunu, buna karşın yüksek kuvvet uygulanan dişlerde kalın hiyalinizasyon tabakası oluşumunu takiben indirekt rezorpsiyon olduğunu gözlemlemiş ve çizimlerinde göstermiştir. Ayrıca deney hayvanlarından ikisinde yüksek kuvvet uyguladığı dişlerde rezorpsiyon bölgesindeki osteoklast hücrelerinin yoğun şekilde dişe saldırdığını ve dişte rezorpsiyona sebep olduğunu belirtmiştir (Sandstedt 1905; Bister ve Meikle 2013). Bu aynı zamanda, literatürde ortodontik kök rezorpsiyonunun histolojisi ve patofizyolojisi ile beraber yapılmış ilk tanımıdır.

1.1.2. Biyolojisi

Ortodontik diş hareketi doğrudan kemik remodelingine bağlı olan fizyolojik bir olaydır. Hücreler arası etkileşimlerin giderek daha iyi anlaşılmasıyla osteoblast ve osteoklastlar arasındaki ilişkinin osteoprotegerin ligand üretimi ve bu liganda verilen cevapla bağlantısı tespit edilmiştir. Her ne kadar ortodontik diş hareketi teorileri tartışılmaya devam etse de bu konuda edinilmiş histolojik veri çok kapsamlıdır. Temel olarak basınca maruz kalan periodontal ligament kemik yıkımını tetiklerken, gerilime maruz kalan ligament ise kemik yapımını başlatır. Bu olay büyüme yerlerindeki kemiklerin uzaması ve kranial süturlardaki kemik oluşumu ile de benzerlik gösterir (Roberts-Harry ve Sandy 2004).

Dişlere kuvvet uygulandığında ortaya çıkan histolojik değişiklikler çeşitli müellifler tarafından detaylıca araştırılmıştır (Sandstedt 1905; Bister ve Meikle 2013). Dişler ağız içinde dil ve yanak arasında kurulmuş bir denge pozisyonunda sıralanmıştır. Dil ve yanaklar arasındaki bu bölgeye nötral bölge denir. Esasen bu bölge tamamen dengede değildir çünkü dilin fonksiyon esnasında uyguladığı baskı yanaklar ve dudakların baskısını çoğu zaman aşar. Bu durumda dişlerin sürekli olarak yanak ve dudaklara hareketini engelleyen direncin periodontal ligamentin bazı özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ancak bu direnç aşıldığında dişler hareket etmeye başlar. Bu durum aşırı dil itimi olan vakalarda açıkça görülebilir (Roberts-Harry ve Sandy 2004).

Schwarz'ın (Schwarz 1932) tanımladığı ideal kuvvetin altındaki çok düşük kuvvetler de diş hareketine neden olabilir (Oppenheim 1942; Reitan 1964). Geleneksel görüşe göre periodontal ligamentin kapiller kan basıncına yakın ve az da olsa aşan kuvvetler diş hareketi için ideal kabul edilir. Bu durumda histolojik olarak kemik yıkımı sıkışma bölgesinde gözlenirken, kemik yapımı gerilim bölgesinde olur (Persson 2005). Fakat pratikte dişlerin salt olarak bu fizyolojik yolakla hareket ettiği nadiren görülür. Çoğunlukla dişlere uygulanan kuvvetler eşit dağıtılamaz ve kullanılan mekanizmaların yapısı gereği dişler bir dizi eğilme ve dikleşme hareketi yaparak hareket eder. Kökün bazı bölgelerinin diğerlerinden fazla hareket etmesi sonucu kısmi hiyalinizasyon bölgeleri oluşur. Bu bölgeler histolojik olarak camsı görünümündedir. Kuvvet ortadan kalktığında veya osteoklastlar tarafından nekrozlu kemik dokusu ortadan kaldırıldığında bu görüntü kaybolur. Bu tür kemik değişimine undermining (oyucu) rezorpsiyon denir. Bu rezorpsiyon türünde kökten kemiğe doğru periodontal ligamentin hücreli yapısını koruduğu frontal bir rezorpsiyon değil de

kemikten köke doğru hiyalinize dokunun oyularak uzaklaştırıldığı bir histolojik tablo gözlenir (Roberts-Harry ve Sandy 2004).

Kuvvetlerin kemik remodelingine etkisi tam olarak açıklanabilmiş değildir. En yaygın açıklama periodontal ligamentin başrolde olduğudur. Fakat bu açıklama kimi zaman yetersiz kalmaktadır. Periodontal ligamentin görevini göremeyecek durumda olduğu bazı vakalarda da diş hareketi gözlenebilmektedir. Bu durumda ligamentin kendisi de matriks metalloproteinazlar (MMP) ve dokuda bulunan MMP inhibitörlerinin (TIMP) etkisi altında remodelinge uğrar (Waddington ve ark 1994).

Aslında hayat boyu kemik yıkımı ve yapımı arasında bir denge mevcuttur. Buna kemik turnover'ı ismi verilir. Osteositler kemik matriksi içinde hapsolmuş osteoblast hücrelerinden köken alır. Osteositler kemikteki sıkışma ve gerilimleri algılayabilecek şekilde matriks içinde dağılmıştır. Mekanik bir uyarı durumunda osteositler yüzeyde bulunan osteoblastlara sinyal gönderir. Osteoblastlar bu uyarı karşısında kemik yapımını başlatır. Bilinmektedir ki, osteoblastlar aynı zamanda kemik yıkımında da rol alır. Bu hücreler yüzeylerindeki pek çok hormon ve büyüme faktörü reseptörü sayesinde kemik turnover'ının iki tarafında da görev alır.

Buna karşı, mineralize dokuların yıkımında rol alan osteoklastlar çok az sayıda hormon tarafından direk olarak uyarılabilir. Osteoklast uyarıların çoğu inhibitör yapıdadır ve osteoklastlara dolaylı olarak etki ederler. Örneğin; kalsitonin ve prostoglandin E2 osteoklastları inhibe ederek rezorpsiyonu durdurucu görev görürler.

Osteoklastların etkinleştirilmesi osteoblastlar tarafından sağlanır. Osteoblastlar hormonlar ile uyarıldığında osteoprotegerin (OPG) ve ilgili ligand (OPGL) osteoklastların diferansiyasyonunun sırasıyla inhibisyonu ve etkinleştirilmesinde doğrudan etkilidir. Bunun yanında OPGL'in olgun osteoklastları doğrudan uyararak aktive edici etkisi de vardır. Osteoblastların kemik yıkımına bir diğer katkısı da kemik yüzeyindeki mineralize olmayan osteoid tabakayı ortadan kaldırmaları iledir. Kemik yıkımını uyarı hormonların etkisiyle osteoblastlar MMP salgılayarak osteoid tabakayı yok eder. Bu sayede mineral tabaka açığa çıkarak osteoklastların görev yapması kolaylaşır (Waddington ve ark 1994).

Son yıllarda yapılan çalışmalarda diş hareketi esnasında gerçekleşen kemik remodelingine genetiğin etkileri incelenmektedir. Aktivasyon transkripsiyon faktör-4 (ATF4), Runt ilişkili transkripsiyon faktör-2 (RUNX2) ve osteojenik bir gen olan osterix (OSX) ile ilgili çalışmalar yapılmış ve diş hareketi sonrası periodonsiyumun yeniden yapılandırılmasındaki rolleri ortaya konmuştur (Han ve ark 2015; Han ve He 2015).

1.1.3. Diş Hareketi Teorileri

Mekanik kuvvetlerin kemik remodelingini nasıl uyardığı net olarak bilinmemektedir. Aralıklı kuvvetler devamlı kuvvetlere göre daha uyarıcıdır. Osteoblastlar kemik remodelingini yöneten esas hücreler olduğu için, mekanik kuvvetlerin bu hücreler üzerindeki etkileri önemlidir. Osteoblast hücre zarına uygulanan bir kuvvet karşısında bir dizi tepkime gerçekleşir ve hücre ikincil mesajlar üretmeye başlar. Mekanik kuvvet sonrasında siklik AMP, inositol fosfataz ve hücreler arası kalsiyum düzeyleri artar. Bu gibi ikincil mesajlar sonucunda ya osteoklastları uyarılarak kemik yıkımını başlatan faktörler veya kemik yıkımını başlatan büyüme hormonları hücre tarafından salgılanmaya başlar.

Diş hareketini izah eden bazı teoriler şöyledir:

- **Biyomekanik Ortodontik Diş Hareketi**

Bu teoriye göre hücre zarında meydana gelen bir baskı Fosfolipaz A2 (PLA2)'yi aktive ederek araşidonik asitin siklo ve lipooksijenaz enzimlerinin etkilerine açık hale gelmesine neden olur. Bunun sonucunda prostoglandinler üretilir. Prostoglandinler hücre zarına geri etki ederek bağlanır ve ikincil mesajların salınmasını tetikler. Bu zincirin sonucunda hücre cevabı gerçekleşerek gerilim bölgelerinde kemik yapımının ve sıkışma bölgelerinde kemik yıkımının ilk adımı başlar. Dokuların bu yapım ve yıkım arasında ne şekilde ayrımda bulunarak bu sinyalleri değerlendirdiği net olarak bilinmemektedir. Ancak temel bir hücre biyolojisi bilgisi olarak yuvarlaklaşan hücrelerin katabolik, yassılan hücreler anabolik yönde faaliyet gösterdiği bilinmektedir. Sıkışma ve gerilimin hücre morfolojisi üzerinde yuvarlaklaştırıcı ve yassılaştırıcı etkileri düşünüldüğünde kemik yapımı ve yıkımının ayrımına kısmi bir izah getirilebilir (Waddington ve ark 1994).

- **Kemik eğici, Piezoelektrik ve Manyetik Kuvvetler**

Kemik remodelingini uyararak faktörler araştırılırken 1960'lı yıllarda piezoelektrik etki oldukça popülerlik kazanmıştır. Bu ilginin sebebi kristal yapıların sıkışma ve gerilmesi sonucu oluşan eğilmelerin küçük miktarda elektrik yüklerinin ortaya çıkmasına sebep olduğunun tespit edilmesidir. Benzer bir durumun mekanik kuvvetler altındaki kemikte de gerçekleşmesi remodelingin uyarılmasında elektrik yüklerinin rolünün sorgulanmasına sebep olmuştur.

Diş hareketi için gereken kuvveti sağlamak amacıyla mıknatıslar da kullanılmıştır. Genellikle sürmemiş dişe bir mıknatıs yapıştırılıp, ikinci mıknatısta ortodontik apanın üzerine eklenir ve bu sayede diş sürdürücü kuvvet elde edilmiş olur. Bu tür sistemlerde manyetik çekim kuvvetinin kullanılması ile diş sürdürücü yönde mekanik kuvvet sağlanması hedeflenir. Manyetik alanların ise dokular ve diş üzerinde doğrudan herhangi bir etkisi yoktur (Waddington ve ark 1994). Tengku ve ark. fareler üzerinde yapılan bir hayvan çalışmasında, statik manyetik alanların diş hareketinin hızına herhangi bir etkisi olmadığını fakat manyetik alanın kök rezorpsiyonunu kısmen arttırdığını bildirmiştir (Tengku ve ark 2000).

1.1.4. Kuvvetin ve Diş Hareketinin Türleri

Dişleri hareket ettirmek için ortodontik tedavilerde uygulanan kuvvetler etki ettikleri süre ve kuvvet miktarlarındaki değişimlere göre sürekli (continuous), aralıklı (interrupted) ve kesikli (intermittent) olarak üç çeşide ayrılmaktadır.

Sürekli kuvvetler; aktive edilmesi zamanları arasında geçen sürede kuvvet miktarının değişmediği veya kuvvet miktarında kısmi olarak azalma olsa bile, kuvvet miktarının uygulama boyunca sıfırlanmadığı kuvvet çeşidine denir. Sürekli kuvvetler uygulama süresi boyunca sabit veya sabite yakın bir seviyede seyrederekler.

Aralıklı kuvvetler, aktive edilme zamanları arasında geçen sürede kuvvet miktarının düzenli olarak azalarak sıfırlandığı kuvvet çeşidine denir.

Kesikli kuvvetler ise aktive edilme zamanları arasındaki geçen sürede, kuvveti uygulayan mekanizmanın kullanımına ara verilmesi suretiyle sıfırlanan ancak kullanıma devam edilince kuvvetin tekrar uygulandığı kuvvet çeşididir.

Dişlerde meydana gelen hareketin çeşitleri diş kökünün alveol kemiği içindeki konum değişikliğine göre rotasyon, intrüzyon, ekstrüzyon, tipping, paralel hareket ve tork olarak sınıflandırılabilir. Kökün alveol kemiği içinde uzun eksenini kımıldamaksızın dönmeye rotasyon, kemik içine gömülmesine intrüzyon, sürme ekseninde ilerlemesine ekstrüzyon, devrilme hareketine tipping, uzun aksına paralel olarak yer değiştirmesine paralel hareket, kron sabitken diş kökünün yaptığı harekete de tork adı verilir.

Dişlerde meydana gelen tipping hareketi ikiye ayrılır. Kök ucunun ve kronun farklı yönlere hareket ettiği tipping türüne kontrolsüz tipping denirken, aynı yöne hareket ettikleri tipping türüne kontrollü tipping adı verilir (Proffit ve ark 2007).

1.2. Kök Rezorpsiyonu

Dişlerin kemik içinde hareket etmeleri için kemiğin rezorbe olması ve köklerin bütünlüğünü koruması istenir. Fakat gerçekte ortodontik tedavi görmüş bütün dişlerde mikroskopik seviyelerde de olsa kök rezorpsiyonu gözlenir. Aşırı madde kaybına sebep olacak boyutta kök rezorpsiyonu ise hastaların yalnızca %2,9'unda gözlenmektedir (Maués ve ark 2015). Bazı dişler rezorpsiyona diğerlerine göre daha eğilimlidir. Üst lateral keserlerin kökleri ortodontik tedavi süresince rezorpsiyon sebebiyle ortalama 2 mm kısalabilir. Bazı tedavi mekanikleri diğerlerine göre daha fazla rezorpsiyona sebep olabilir. Hareketli fonksiyonel apareylerin sabit tedaviye göre daha az rezorpsiyona neden olduğuyula ilgili kanıtlar vardır.

Kök rezorpsiyonunu arttırıcı bazı risk faktörleri vardır. Kısa kökler, küt apeksler, ince ve konik kökler, travma hikayeli dişler risk faktörleri arasında sayılabilir. Kök rezorpsiyonunu önleyen şeyler net olarak bilinmemektedir. Fakat sementin anti-anjiyojenik yapısının rezorpsiyonu önlediği ile ilgili hipotezler mevcuttur. Sementin komşu dokularında damar oluşumunu engelleyici bir etkisi vardır. Bu durum bölgenin kanlanmasını kısıtlayarak osteoklastların köke erişimini güçleştirir. Ayrıca periodontal lifler semente kemiğe olduğuna göre çok daha sıkı şekilde tutunur.

Bu da osteoklastlara karşı engelleyici bir etkidir. Son olarak sement kemiğe göre çok daha mineralize bir dokudur ve daha zor rezorbe olmaktadır.

Multifaktöriyel etiyojisinden dolayı rezorpsiyonun sebebi henüz net olarak tespit edilemese de, ortodontik diş hareketinin gerçekleşebilmesi için kemiğin rezorbe olurken kökün rezorbe olmaması hayati önem taşımaktadır (Sandy ve ark 1993; Hill 1998; Roberts-Harry ve Sandy 2004).

1.2.1. Tarihçe

Kök rezorpsiyonundan literatürde ilk kez Bates tarafından 1856 yılında bahsedilmiştir. Yazar çalışmasında kök rezorpsiyonunun kan damarlarının kökteki mineralleri absorbe etmesi sonucunda oluştuğunu düşünerek bu durumu rezorpsiyon yerine “absorpsiyon” olarak isimlendirmiştir (Brezniak ve Wasserstein 2002a). Ortodontik diş hareketinin rezorpsiyona sebep olduğunu tespit eden ve histolojik çizimleriyle birlikte yayımlayan Sandstedt (Sandstedt 1905) ve takiben Ottolengui (Ottolengui 1914) olmuştur.

Konuyla ilgili ilk klinik çalışmaları 1927 ve 1929 yılında Ketcham yayımlamıştır. Tedavi öncesi ve sonrasını radyografik olarak kıyaslayarak ortodontik tedavi sonucunda meydana gelen kök rezorpsiyonunu oranlarıyla birlikte ortaya koymuştur. Fakat yazar ikinci çalışmasında bazı hastalarda tedavi öncesinde de kök rezorpsiyonuna benzer bulgular görüldüğünü ileri sürmüştür ve bu sebeple ortodontik tedavi ve kök rezorpsiyonunun neden-sonuç ilişkisine şüpheyle yaklaşmıştır (Ketcham 1927; Ketcham 1929).

Bates’in kullandığı absorpsiyon terimi gibi farklı yazarların farklı isimlendirmelerinin kavram kargaşası yarattığına değinen Becks ve Marshall, rezorpsiyon kelimesinin bu durum için daha uygun bir terim olduğunu, bu sebeple diş hekimliği eğitiminde bu durumun rezorpsiyon olarak ifade edilmesi gerektiğini belirten bir makale yayımlamıştır (Becks ve Marshall 1932).

Oppenheim ortodontik tedavinin daima kök rezorpsiyonuna sebep olduğunu ileri sürmüştür. Rezorpsiyon miktarının kök morfolojisi, kuvvetin şekli ve apareyin tasarımı ile değiştiğini belirtmiştir. Oppenheim, ortodontik tedavinin daima çok hafif kuvvetlerle ve uzun

sürelere yayılarak yapılması gerektiğini savunarak, kök rezorpsiyonunun bu şekilde azaltılabileceğini ileri sürmüştür (Oppenheim 1942).

1.2.2. Kök Rezorpsiyonunun Patofizyolojisi

Rezorpsiyonun sorumlu hücresi olarak monosit/makrofaj hücrelerinden türetilen osteoklastlar gösterilmiştir. Bu hücreler kemik matrisine tutunarak asit ve enzimler salgılayıp kemiğin yıkımına sebep olur. Osteoklastların aktivasyonunda RANKL sinyal yolağının keşfedilmesiyle osteoklastogenezis, hormonların etkisi ve kemik rezorpsiyonunun aktivasyon mekanizmaları daha net olarak anlaşılmaya başlamıştır (Boyle ve ark 2003).

Osteoklastlar ve benzer yapıdaki odontoklastlar sert dokulara integrin adı verilen özel reseptörler aracılığıyla bağlanarak izole bir ortam oluşturur ve asit salgılarını bu bölgeye yapar. Osteoklastlar kemik, kıkırdak ve dentin yıkımında görev alabilir (Darcey ve Qualtrough 2013).

Osteoklastların kontrolünden osteoblastlar sorumludur. Osteoblastların salgıladığı RANKL makrofajların osteoklasta dönüşümünü tetikler. Tümör nekrozis faktör (TNF) sitokin ailesinden olan RANKL aynı zamanda olgun osteoklastların fonksiyonunda da başlıca yönetici sinyaldir (Nakamura ve ark 2012).

Osteoprotegerin (OPG) de TNF ailesinden bir glikoproteindir ve temel olarak osteoklastların inhibisyonundan sorumludur. OPG tıpkı RANKL gibi osteoblastlar tarafından salgılanır. OPG osteoklastları RANKL'ı inhibe ederek dolaylı yoldan inhibe eder. OPG ile inhibe olan RANKL, paratiroid hormon, D vitamini ve interlökin 1B ile uyarılabilir (Yasuda ve ark 1998; Hofbauer ve ark 1999; Hofbauer ve ark 2000; Darcey ve Qualtrough 2013).

Çoğu araştırmacıya göre odontoklast ve osteoklastın aynı hücrenin farklı bölgelerdeki isimleridir. Fakat Lasfargues ve Saffar 1993 yılında yayımladıkları hayvan çalışmasında indometazin verilen farelerde kök rezorpsiyonu artarken kemik rezorpsiyonunun azaldığını rapor etmiş ve iki hücrenin en azından inhibisyon ve uyarılma mekanizmalarındaki farkı ortaya koymuşlardır (Lasfargues ve Saffar 1993).

1.2.3. Kök Rezorpsiyonunun Sınıflandırılması

Kök rezorpsiyonu idiyopatik ve süt dişlerinde fizyolojik olarak da görülmekle birlikte periodontal ligamentin veya pulpanın hasarlandığı durumlarda patolojik olarak görülebilen bir tablodur. Rezorpsiyonun başlangıcını takiben ne şekilde ilerleyeceği sert doku ve inflamatuvar hücreler arasındaki karmaşık ilişkilere bağlıdır. Kök rezorpsiyonunda görev alan temel hücreler osteoklastlar ve odontoklastlardır.

Rezorpsiyon türleri histopatolojik olarak şu şekilde sınıflandırılabilir (Ne ve ark 1999):

- **İnternal rezorpsiyon**

Genelde odontoklastların görev aldığı ve pulpa odasından başlayarak dışa doğru dentin boyunca ilerleyen rezorpsiyondur.

İki türü vardır:

- 1) İnternal yer değiştirme rezorpsiyonu: Bu tip rezorpsiyonda tamir dentini rezorbe olan alanı doldurmaktadır. Metaplastik rezorpsiyon da denir.
- 2) İnternal inflamatuvar rezorpsiyon: Bu tip rezorpsiyonda rezorbe olan alanlar pulpa dokusuyla dolmaktadır.

- **Eksternal rezorpsiyon**

Eksternal rezorpsiyonu diş kökünün dış yüzeyinde gerçekleşen rezorpsiyonu tipidir ve sement tabakasından başlayarak pulpa odasına doğru ilerler.

Eksternal rezorpsiyon dörde ayrılır:

- 1) Eksternal yüzey rezorpsiyonu
- 2) Eksternal inflamatuvar kök rezorpsiyonu
 - a) Servikal rezorpsiyon
 - b) Eksternal apikal rezorpsiyon
- 3) Eksternal yer değiştirme rezorpsiyonu
- 4) Ankiloz

- **İdiyopatik rezorpsiyon**

İdiyopatik kök rezorpsiyonunda sebebi bilinmemekle beraber köklerde internal veya eksternal rezorpsiyon bulguları mevcuttur.

Bu sınıflandırmaların dışında konuya farklı perspektiften yaklaşan sınıflandırmalar da vardır. Kök rezorpsiyonlarını sınıflandıran bir diğer yazar olan Fuss'un odaklandığı konu, rezorpsiyonu uyaran faktörler olmuştur. Fuss, bu faktörlerin tedavi yaklaşımları geliştirilirken dikkate alınması gerektiğini belirtmiştir. Fuss ve arkadaşlarının etiyojoloji temelli sınıflandırması şu şekildedir (Fuss ve ark 2003);

- Pulpada meydana gelen enfeksiyon kaynaklı rezorpsiyon
- Periodaontal enfeksiyon kaynaklı rezorpsiyon
- Gömülü kalmış dişler veya tümör baskısına bağlı rezorpsiyon
- Ankiloza bağlı rezorpsiyon
- Ortodontik kuvvet kaynaklı rezorpsiyon

Bu sınıflandırmaların haricinde literatürde birbirinden kısmen farklılıklar arzeden pek çok sınıflandırma mevcuttur. Eksternal rezorpsiyon bu sınıflandırmalarda çoğunlukla servikal ve apikal olarak ayrılmıştır. Bu iki tür arasından daha sık görülen rezorpsiyon kökün apikalinde gerçekleşen "Eksternal Apikal Kök Rezorpsiyonu" (EAKR) olarak adlandırmıştır. Ortodontik tedavi kaynaklı tipik rezorpsiyon Brezniak ve Wasserstein tarafından farklı bir tür olarak kabul edilmiş ve diğer rezorpsiyonlardan ayrılabilmesi için özel olarak isimlendirilmiştir (Brezniak ve Wasserstein 1993a; Brezniak ve Wasserstein 1993b; Brezniak ve Wasserstein 2002a; Brezniak ve Wasserstein 2002b).

1.2.4. Ortodontik Kaynaklı İltihabi Kök Rezorpsiyonu

Brezniak ve Wasserstein ortodontik tedavi kaynaklı kök rezorpsiyonlarını inceledikleri ve iki parça olarak yayımladıkları makalelerinde ortodontik kuvvetlerin iltihabın bütün özelliklerini sergileyen bir tepkiye sebep olduğunu ve iltihabın diş hareketinin gerçekleşebilmesi için gerekli olduğunu belirtmişlerdir. Makalelerinde kök rezorpsiyonunun diş hareketi için elzem olan iltihabın bir yan etkisi olduğunu belirterek, bu tip rezorpsiyonun ortodontik kuvvet kaynaklı rezorpsiyon

değil de “Ortodontik Kaynaklı İltihabi Kök Rezorpsiyonu” (OKİKR, OIIRR: Orthodontically Induced Inflammatory Root Resorption) şeklinde isimlendirilmesinin daha isabetli olacağını yazmışlardır.

Yazarlar OKİKR’yi şiddetine göre üçe ayırmışlardır:

- 1) Remodelingli yüzeysel rezorpsiyon: Bu rezorpsiyon sadece dış sement tabakasında görülür ve daha sonra tamamen tamir edilir. Bu işlem trabeküler kemiğin remodelingine benzerlik gösterir.
- 2) Derin rezorpsiyon: Bu tip rezorpsiyonda sement ve dentinin bir kısmı rezorbe olur ve genellikle rezorpsiyon alanı sement malzemesiyle tamir edilir. Bu tamir süreci sonunda kök orijinal şeklini koruyamayabilir.
- 3) Çevresel apikal rezorpsiyon: Bu rezorpsiyon türünde kökün apikal bölümü tamamen ve tüm katmanlarıyla rezorbe olarak kök boyunda kısalma meydana gelir. Apikal rezorpsiyon farklı derecelerde olabilir. Rezorpsiyon sonrası kök kısalırken dış yüzeyin sement dokusuyla kaplanması ile kısmi tamir görülür. Zamanla keskin ve pürüzlü kenarlar yuvarlanabilir. OKİKR sonucu ankiloz beklenen bir tablo değildir (Brezniak ve Wasserstein 2002a).

Bishara ve arkadaşları yaptıkları 1664 diş kökü dahil edilen kapsamlı radyografik araştırmada ortodontik tedavi görmemiş hastaların erken ve orta erişkinlik dönemini incelemiştir. Bu dönemde sistemik bir kök rezorpsiyonu olmadığını rapor etmişlerdir. Bu kapsamlı çalışma daha sonra yapılan pek çok araştırmada daimi dişlerin ortodontik tedavi olmaksızın kendi kendine rezorbe olmadığını dayanağı olmuştur (Bishara ve ark 1999).

Harris ve arkadaşları ise azalmış diş sayısının, azalmış kemik desteğinin, mobilitenin ve artmış periodontal cep derinliğinin özellikle üst keserler olmak üzere %7 ile %10 arası sıklıkla rezorpsiyona sebep olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada bu faktörlerin mevcudiyeti durumunda ortodontik tedavi görmemiş dişlerde de rezorpsiyon görüldüğü vurgulanmıştır (Harris ve ark 1993).

1.2.5. OKİKR'ye Karşı Direnç ve Tamir

Sağlam ve pürüzsüz sement dokusu osteoklastların görevlerini yapmaları için gereken integrin bağlarını kurması için elverişli değildir (Darcey ve Qualtrough 2013). Ayrıca periodontal lifler semente kemiğe olduğuna göre çok daha sıkı şekilde tutunur. Bu da osteoklastlara karşı engelleyici bir etkidir. Son olarak sement kemiğe göre çok daha mineralize bir dokudur ve daha zor rezorbe olmaktadır (Roberts-Harry ve Sandy 2004).

Güncel literatür tarandığında kökün dışındaki sementoblastların ve sementoid veya pre-sement de denilen kalsifiye olmamış sement katmanının koruyucu özelliğinden bahsedildiğine sıklıkla rastlanmaktadır. Bu katman hücreler ile kollajen içermeyen maddelerden oluşmaktadır ve antikollajenaz özelliklere sahiptir (Brezniak ve Wasserstein 2002a).

Yapılan bir klinik çalışmada 343 kişiden oluşan çeşitli hasta grupları incelenmiş ve daha önce ortodontik tedavi gören hastaların, ikinci kez ortodontik tedavi gördüklerinde kök rezorpsiyonuna karşı daha dayanıklı oldukları raporlanmıştır. Bu durum tamir dokusunun orijinal sement dokusuna göre daha dayanıklı olduğuna bir işaret olarak düşünülebilir. Aynı çalışmada kanal tedavisi gören dişlerin rezorpsiyona daha dayanıklı oldukları da belirtilmiştir (Mirabella ve Artun 1995).

Yapılan pek çok hayvan deneyinde ortodontik kuvvetin kesilmesinin ardından rezorpsiyon kraterlerinde tamir dokusu oluşumu tespit edilmiştir. Rezorpsiyon işleminden tamir işlemine geçiş ortodontik kuvvetler hafifletildiğinde de başlayabilir. Brudvik ve Rygh'ın 1995 yılında yayımladığı hayvan deneyinde kuvvetin kesilmesinin ardından 10 gün geçince rezorpsiyon kraterlerinde fibroblast benzeri hücrelerin periferde tamir dokusu yapımına başladığı rapor edilmiştir. Kraterlerin periferinde tamir gerçekleşirken, merkezinde çok hücreli odontoklast benzeri hücrelerin rezorpsiyona devam ettiği görülmüştür. Bu durum tamir ve rezorpsiyonun aynı anda gerçekleşebildiğine işarettir. Kuvvet kesildikten 10 gün sonra başlayan tamir işlemini takiben 21 gün sonunda yeni mineralize sement dokusu görülmeye başlamıştır (Brudvik ve Rygh 1995).

Yapılan bir klinik çalışmada bu sürecin insanlarda da benzer şekilde işlediği ortaya konulmuştur. Kuvvet ortadan kalktıktan sonra rezorpsiyon kraterlerinde tamir periferden başlar ve yaklaşık 2 hafta geçince önce hüresiz sement, peşinden hücreli sement dokusunun yapımı

gözlenir. İnsan premolar dişlerinin %38'inde 2 haftada, %82'sinde ise 5 haftada bu durum açıkça görülmüştür (Owman-Moll ve Kuroi 1998).

Kuvvetin kesilmesini takiben rezorpsiyon kraterlerinde çalışmakta olan osteoklastların görevi sonra erer ve hücreler apoptozise uğrar. Kraterlerin tabanında apoptozise uğramış hücrelerden arta kalan bir protein tabakası bulunur. Bu tabaka çoğunlukla osteopontin ve kemik sialoproteininden oluşur. Bu tabakaya sement hattı denir ve tamir dokusu oluşumunda osteoblastlara rehberlik eder. Sement ve dentin kraterlerinde ise odontoklastlar görev alır. Kuvvet ortadan kalktıktan sonra rezorpsiyon bölgelerinde tamir için "Sement Ataşman Proteini" (CAP) isimli özel bir protein sementoblastlara rehberlik eder (Bosshardt ve Schroeder 1994; BarKana ve ark 2000; Brezniak ve Wasserstein 2002a).

1.2.6. OKİKR'nin Etiyolojisi ve Risk Faktörleri

OKİKR multifaktöriyel etiyojolojiye sahiptir. Bu sebeple etiyojolojiyi net olarak belirlemek mümkün olamamaktadır. OKİKR oldukça karmaşık olan pek çok değişkenin kombinasyonu sonucu ortaya çıkmaktadır. Bunlar arasında kök morfolojisi, hormonal düzensizlikler, genetik yatkınlık, sistemik hastalıklar, farmakolojik madde kullanımı, parafonksiyonel alışkanlıklar, periodontal dokuların özellikleri, maloklüzyon, köklerin kortikal kemikle ilişkisi ve ortodontik kuvvetlin özellikleri gibi faktörler sayılabilir (Dindaroğlu ve Doğan 2016).

Ortodontik tedavi sonrası görülen kök rezorpsiyonunda cinsiyetin etkisi tartışmalıdır. Bazı çalışmalar cinsiyetin herhangi bir etkisi olmadığını ileri sürerken, bazı çalışmalar da kadınlarda daha fazla rezorpsiyon görüldüğünü ortaya koymuştur (Jiang ve ark 2003; Zhang ve ark 2005).

Ancak artan yaşla beraber periodontal hastalığa sahip hastaların oranı atmaktadır. Kemik desteği azalmış dişlerde ortodontik bir kuvvet olmadan dahi rezorpsiyon görülme sıklığı artmaktadır. Bu durum yaşla beraber kök rezorpsiyonunun arttığını akla getirmektedir. Fakat yaygın kanaatin aksine kronolojik yaşın rezorpsiyon miktarına doğrudan bir etkisi yoktur. Güncel çalışmalara bakıldığında yalnızca periodontal hastalığı olmayan bireyler incelendiği takdirde rezorpsiyon miktarı ile kronolojik yaş korelasyon göstermemektedir (Harris ve Baker 1990).

Yapılan bir çalışmada yaşla beraber mandibular keser bölgedeki kök rezorpsiyonu miktarında artış tespit edilmiştir. Yaşa göre ayırmaksızın bakıldığında maksiller anterior bölge diğer bölgelere göre kök rezorpsiyonuna daha eğilimlidir. Özellikle maksiller lateraller en sık rezorpsiyona uğrayan dişlerdir (Sameshima ve Sinclair 2001a).

Pek çok yazar yüksek ortodontik kuvvetlerin ve uzun tedavi sürelerinin rezorpsiyon miktarını arttırdığını belirtmiştir (Harris ve ark 2006; Paetyangkul ve ark 2009).

Aras ve arkadaşlarının çalışmalarında, aralıklı kuvvetlerin devamlı kuvvetlere göre daha az kök rezorpsiyonuna sebep olduğu belirtilmiştir (Aras et al., 2012).

Hareketin yönü ile ilgili çalışmalar incelendiğinde intrüzyonun ve kök torkunun en fazla, ekstrüzyonun ise en az rezorpsiyona neden olduğu görülmektedir (Parker ve Harris 1998).

Hem keser dişlerin rezorpsiyona eğilimli olması, hem de tork hareketi kullanılması gerektiği için keser retraksiyonun rezorpsiyonu arttırıcı bir hareket olduğu düşünülebilir. Bu konuda yapılan bir çalışmada çekimli tedavilerin daha fazla rezorpsiyona sebep olduğu ortaya konmuştur (Jiang ve ark 2003).

İlk olarak Newman kök rezorpsiyonunda genetik yatkınlığın etkisi olduğunu belirtmiştir (Newman 1975). OKİKR'ye yatkınlıkta ailesel geçişin önemi uzun süredir bilinmektedir ancak bu ilişkinin ne şekilde gerçekleştiğine yakın zamana kadar değinmemiştir Qawasmi ve arkadaşları (2003) çalışmalarında genetik geçişin sitokin polimorfizmi ile olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmaya göre bireyler arasındaki IL-1A ve IL-1B olarak iki şekilde bulunabilen sitokin polimorfizmi kök rezorpsiyonuna yatkınlığı doğrudan etkilemektedir. Çalışmanın bulgularına göre homolog IL-1B aleline sahip hastalarda IL-1B üretimi azalmakta ve bu hastalarda homolog alele sahip olmayan hastalara göre 5-6 kat fazla rezorpsiyon görülmektedir (Al-Qawasmi ve ark 2003). Bu durum kök rezorpsiyonuna genetik yatkınlığın etkisi olduğunun ispatıdır.

D vitamini yetmezliği ve kalsiyum eksikliği sonucu kemik yoğunluğunun azaldığı bilinmektedir. Bu durumdan kök rezorpsiyonunun ne şekilde etkilendiği konusunda biri birine zıt görüş bildiren çalışmalar mevcuttur. Yapılan farklı hayvan çalışmalarında kalsiyum seviyeleri düşük olduğunda kemik yoğunluğu azalmakla diş hareketinin kolaylaşması kök rezorpsiyonunun başlangıcını güçleştirmektedir. Diğer taraftan buna zıt olarak kemik yıkımı sebebiyle artan

osteoklast aktivitesi kök rezorpsiyonunu teşvik etmektedir (Goldie ve King 1984; Engström ve ark 1988).

Vitamin ve mineral seviyelerinin haricinde hormonların da rezorpsiyon miktarına etkisi vardır. Tiroksin hormonuyla ilgili yapılan çalışmalarda L-Tiroksin takviyesinin diş hareketi hızını arttırırken, kök rezorpsiyonunu azalttığı belirtilmiştir (Shirazi ve ark 1999).

Anlaşılacağı gibi kök rezorpsiyonu multifaktöriyel etiyojolojiye sahiptir ve risk faktörleri kolayca ayrıştırılmaz. Yüksek ve devamlı kuvvetlerin rezorpsiyonu arttırması göz önünde bulundurularak kullanılan mekanikler daha az rezorpsiyona sebep olacak şekilde tasarlanmalıdır.

1.2.7. Kök Rezorpsiyonunun Teşhisi

Kök rezorpsiyonunun teşhisinde histolojik incelemeler, biyokimyasal ölçümler ve çeşitli görüntüleme yöntemleri kullanılmaktadır. Periapikal, lateral sefalometrik, panoramik radyografiler, elektron mikroskobu ve çeşitli tomografi yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmalar mevcuttur.

Kennedy ve arkadaşları çalışmalarında periapikal filmlerden yararlanarak çekimli tedavinin kök rezorpsiyonuna etkilerini incelemiş ve fark bulamamıştır (Kennedy ve ark 1983).

Hendrix ve arkadaşları çalışmalarında 153 hastanın ortodontik tedavi öncesi ve sonrası panoramik filmlerini karşılaştırmış ve köklerde rezorpsiyon kaynaklı kısalma tespit etmiştir (Hendrix ve ark 1994).

Periapikal radyografi paralel teknik kullanılarak alındığında daha yüksek çözünürlüklü olması ve boyutsal bozulmaların daha az olduğu görüntüler vermesi sebebiyle avantajlıdır (Leach ve ark 2001).

Panoramik radyografinin ise tek seferde bütün dentisyonu görüntülemeye izin vermesi, düşük radyasyon dozu ve ağızını açamayan hastalarda da kullanılabilmesi avantajlarıdır. Ancak düşük çözünürlüğü, iki boyutlu olması ve magnifikasyonların bölgelere göre değişmesi sebebiyle rezorpsiyonun detaylı olarak incelenmesine ve hacim hesaplarına elverişli değildir (Brezniak ve Wasserstein 1993b; McNab ve ark 2000).

Laux ve arkadaşları 2000 yılında yayımlanan çalışmalarında radyografinin tek başına kök rezorpsiyonunun morfolojisini incelemek için yeterince hassas ve yeterli olmadığını, detaylı bir incele yapılabilmesi için kesitlerin ışık mikroskobu altında incelenmesi suretiyle ilave histolojik teşhis metotlarının kullanılmasının faydalı olduğunu belirtmiştir (Laux ve ark 2000).

Mah ve Prasad diş eti oluşu sıvısını ortodontik tedavi boyunca biyokimyasal olarak inceleyerek rezorpsiyon sebebiyle dentin fosfoproteinlerin seviyelerinin arttığını ortaya koymuştur (Mah ve Prasad 2004).

Gerçek manada hacimsel değerlendirme için elektron mikroskobu, konfokal mikroskop ve çeşitli tomografi yöntemleri çalışmalarda kullanılmıştır. Elektron mikroskobu (SEM) ile alınan yüksek çözünürlüklü ve üç boyutlu görüntülerin, panoramik radyograflarda görülemeyen rezorpsiyon kraterlerini net bir şekilde tespit etmeye imkan sağladığı 1981 yılında Barber ve Sims'in çalışmasıyla ortaya konmuştur (Barber ve Sims 1981). Bunu takiben pek çok araştırmacı bu yöntemi kullanmıştır. Weiland lazer taramalı konfokal mikroskop kullanılarak yaptığı bir çalışmada süper elastik ve çelik teller ile yapılan tedavileri kıyaslamış ve rezorpsiyon kraterlerinin derinliğini, çapını, hacmini üç boyutlu olarak tespit edebilmiştir (Weiland 2003).

Bilgisayarlı tomografi (BT) Hounsfield tarafından 1960 yılında geliştirilmiş ve kendisine Nobel ödülü kazandırmış bir görüntüleme yöntemidir. Bu yöntemde X ışını anatomik yapıların kesitsel görüntüsünü elde etmek için kullanılır (Hounsfield 1973). Detaylı ve üç boyutlu görüntüler elde edilebilmesi sebebiyle oldukça avantajlı görünen bu yöntemin bazı dezavantajları da vardır. Yüksek radyasyon dozu, maliyeti ve görüntüleme bölgesindeki metallerin kaliteyi olumsuz etkileyişi bu yöntemin dezavantajlarıdır.

“Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi” (KIBT) son yıllarda giderek popüler hale gelen bir görüntüleme tekniğidir. Hastanın başının etrafında 360 derece dönen X ışını kaynağı ve onun tam karşısında eş zamanlı olarak dönen alan detektörü bulunmaktadır. Meydana gelen kesitsel görüntüler bilgisayar tarafından birleştirilir ve bölgenin üç boyutlu hacimsel bir görüntüsü ortaya çıkartılır. KIBT ile panoramik radyografi karşılaştırıldığında, KIBT daha yüksek çözünürlükte ve üç boyutlu görüntü sağlamakta fakat panoramik radyografiye kıyasla hastaya 4-15 kat daha fazla radyasyon dozu vermektedir (Scarfe ve ark 2006). Üç boyutlu taramalar için kullanılan BT ile KIBT kıyaslandığında ise KIBT'in radyasyon dozunun daha düşük olması ve kısa sürede elde

edilmesi önemli avantajlardır. Gelişen teknoloji ile KIBT'in radyasyon dozu düşmeye devam etmektedir (Schulze ve ark 2004; Scarfe ve Farman 2008).

Son yıllarda kök rezorpsiyonu çalışmalarında daha yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edebilmek amacıyla mikro-bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) kullanılmaya başlamıştır. Bu yöntem in vivo görüntüleme yöntemlerine değilse de histolojik incelemelere iyi bir alternatif olmuştur. Dişlerin histolojik incelemesi için 3 hafta sürebilen dehidrasyon, boyanma ve kesitlere ayrılma gibi işlemlere gerek kalmadan, dişin bütünlüğünü koruyarak, kısa sürede, üç boyutlu ve 3 µm gibi oldukça küçük voksel boyutlarına ulaşabilen çözünürlükte incelenmesini sağlayan mikro-BT bu konuda altın standart olarak kabul edilmektedir (Yip ve ark 2004; Harris ve ark 2006).

Rezorpsiyon hacimlerinin tespiti için mikro-BT ile görüntüleme insanlarda in vivo olarak kullanılamamaktadır. Görüntüleme için dişlerin çekilmesi ve mikro-BT cihazına yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu durum yöntemin dezavantajıdır (Wang ve ark 2011). In vivo kullanım henüz hayvan deneyleri aşamasındadır (Badea ve ark 2008).

2. BİREYLER VE YÖNTEM

2.1. Bireyler

“Kademeli olarak artan ve azalan kuvvetlerin kök rezorpsiyonun etkilerinin mikro-bilgisayarlı tomografi ile kıyaslanması” adlı çalışmamıza, Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı’na tedavi olma talebiyle başvurmuş olan, üst birinci premolar dişlerinin çekim endikasyonu olan 14 birey (10 kız, 4 erkek) dahil edilmiştir. Çalışmamızda üst birinci premolar dişlere bir tarafta kademeli olarak artan kuvvet, diğer tarafta ise kademeli olarak azalan kuvvet uygulanacak şekilde toplam 28 diş sayısı üzerinden 2 grup oluşturulmuştur. Split mouth tasarımına sahip olan prospektif çalışmamızda 14 ve 24 numaralı dişlere belirlenen protokollere uygun kuvvetlerin uygulanmasını takiben ilgili dişler çekilerek görüntüleme merkezine gönderilmiş ve yüksek çözünürlüklü mikro-bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) görüntüleri elde edilmiştir. Bu görüntüler bilgisayar yazılımı ile işlenerek rezorpsiyon kraterlerinin hacimleri tespit edilmiş ve grupların rezorpsiyon miktarları kıyaslanmıştır. Ayrıca çalışmamızın başında ve sonunda alınan model kayıtları üzerinden de grupların diş hareketi miktarları karşılaştırılmıştır.

Çalışmamız öncesinde Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı Etik Kurulu’ndan 06.04.2017 tarihli ve 2017/15 sayılı kararla uygulanacak tüm işlemler için gerekli onaylar alınmıştır. Katılımcı hastalara ve velilerine çalışma hakkında detaylı bilgi verilerek, sözlü ve yazılı olarak bilgilendirilmiş onam alınmıştır. Çalışmamız esnasında gönüllü olmaktan vazgeçen bir hasta çalışmadan çıkartılmıştır. Ayrıca çalışma esnasında apareyi kırılan bir hasta da kuvvetlerin devamlılığı etkileneceği düşüncesiyle çalışmadan çıkartılmış ve rutin ortodontik tedavilerine devam edilmiştir. Çalışmadan çıkartılan bu iki hastanın yerine, yeni iki gönüllü hasta çalışmaya dahil edilmiştir.

Bu çalışmaya dahil edilen bireylerde aranan özellikler şu şekildedir:

1. Hastaların 11-16 yaş aralığında olması,
2. Daimî dentisyonda olması,
3. Üst birinci premolar dişlerin mevcut, sürmüş, apeksleri oluşmuş ve çekim endikasyonlu olması,
4. Üst birinci premolar dişlerin kanal tedavisi görmemiş ve vital olması,
5. Üst birinci premolar dişlerin herhangi bir anomalisi olmaması,
6. Ağız hijyeninin iyi olması,
7. Alerjik ve otoimmün hastalıklar dâhil herhangi bir oral veya sistemik hastalığının olmaması,
8. Herhangi bir ilaç veya sigara kullanmaması,
9. Son 1 ay içerisinde antibiyotik kullanmamış olması,
10. Hastanın daha önce ortodontik tedavi görmemiş olması

Çalışmamıza 4 erkek, 10 kadın bireyden olmak üzere toplam 14 birey dahil edilmiştir. Katılımcıların yaşlarına ilişkin tanımlayıcı istatistikler Çizelge 2.1.'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Hastaların yaş dağılımları

Cinsiyet	Ortalama	SS	Min	Maks	p
Kadın	13,90	1,449	12	16	0,772
Erkek	14,25	1,500	13	16	

Çalışmaya katılan 10 kadın hastanın yaş ortalaması (13,90) ile 4 erkek hastanın yaş ortalaması (14,25) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p=0,772>0,05$). Çalışmada yer alan hastaların en küçüğü 12, en büyüğü 16 yaşındadır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Palatinal Yönlü Tipping Apareyi

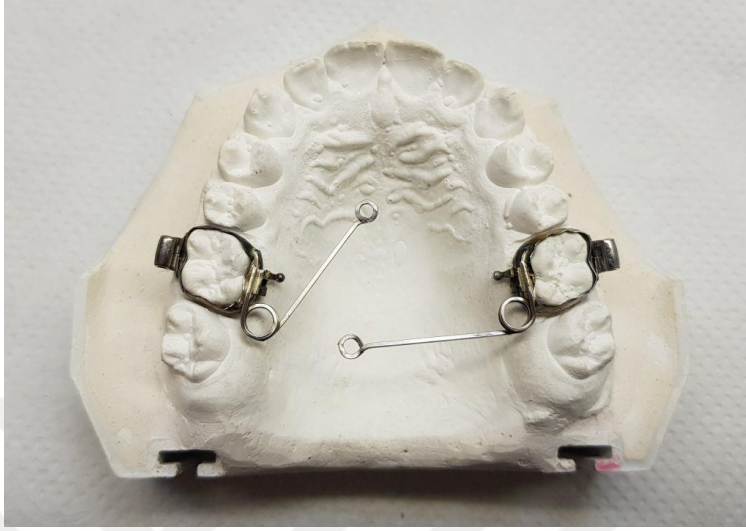
Çalışmamızın öncesinde üst birinci premolar dişlere uygulanmak istenilen 50 ile 200 gram arası palatinal yönlü tipping kuvvetini oluşturmak için çeşitli aparey tasarımlarının denendiği bir pilot çalışma yapılmıştır. Bu pilot çalışma sonucunda paslanmaz çelik telden 3 sarmallı birer zemberek ihtiva eden iki adet kuvvet kolunun transpalatal ark (TPA) ile birbirine bağlandığı bir aparey tasarlanmıştır. Bu aparey tasarımının tercih edilme sebebi istenen kuvveti diş hareketlerinden en az etkilenecek şekilde sağlamasıdır.

2.2.1.1. Apareyin Tasarımı

Yapılan ilk tasarımda alçı model üzerinde üst birinci molar dişlere bant uygulanmış ve bantların palatinal yüzeylerine 0,53 x 0,64 mm / 0,021 x 0,025 inç paslanmaz çelik telden üretilen mezial yönlü kuvvet kolları lehimlenmiştir. Kuvvet kollarının 200 gram kuvveti sağlayacak şekilde aktive edildiğinde plastik deformasyona uğradığı görüldüğü için sonraki tasarımlarda esnekliğin artırılması hedeflenmiştir.

İlave edilen 3 sarmallı bir zemberek sayesinde esneklik artırılmış fakat kuvvet kollarının birinci molar dişlerden birinci premolar dişlere olan mesafesi kısa olduğu için çalışma boyunca dişlerde tipping sonucu oluşacak pozisyon değişikliklerinde kuvvetin azalacağı öngörülmüştür. Bu problemin aşılması için kuvvet kollarının uzatılması ve bu sayede gereken kuvvetin oluşturulması için kuvvet kolunun daha uzun bir yarıçapta dönme hareketiyle aktive edilerek diş hareketlerinden daha az etkilenmesi hedeflenmiştir.

Kuvvet kollarının molar bantlardan distal istikamette çıktıkları bir tasarımla mesafe uzatılarak istenilen özelliklere sahip bir aparey geliştirilmiştir. Bu tasarımda da 3 adet sarmal kullanılmıştır. Kuvvet kollarına sarmallardan hemen sonra 90 derecelik üçüncü düzen büküm verilmiştir. Bu sayede dikdörtgen ark telinin geniş kenarları kuvvete dik hale getirilmiş ve aktivasyon esnasında eğilme en aza indirilerek esnekliğin çoğunlukla sarmallardan sağlanması hedeflenmiştir (Şekil 2.1.).



Şekil 2.1. Kuvvet kollarının bantların distalinden tutturulduğu tasarım.

Bu tasarım istenilen kuvveti dişlerin hareketlerinden en az etkilenecek şekilde sağlasa da kuvvetin yan etkisi olarak ankraj alınan molarların konumlarında değişiklik olabileceği düşünülmüştür. Bu sebeple intermolar mesafeyi sabitlemek için iki taraftaki kuvvet kolu bir Goshgarian TPA ile birbirine bağlanmıştır. TPA'nın üretimi için 0,91 mm / 0,036 inç yuvarlak paslanmaz çelik tel (Lewa-Dental, Remchingen, Almanya) kullanılmıştır.

2.2.1.2. Apareyin Üretimi

Pilot çalışma sonucunda uygun görülen tasarım için öncelikle kuvvet kolları üretilmiştir. Kuvvet kollarının üretimine 0,53 x 0,64 mm / 0,021 x 0,025 inç paslanmaz çelik tele (American Orthodontics straight SS wire, Sheboygn, ABD) Young pensinin (Dentaurum Premium Line, Ispringen, Almanya) ikinci kademe yuvarlak kısmının yardımıyla 0,025 inçlik yüzeylerden kavranarak 3 adet sarmaldan oluşan zemberek bükümüyle başlanmıştır. Zembereğin devamında 6 cm uzunluğunda tel bırakılarak kalan tel kesilmiştir (Şekil 2.2.).



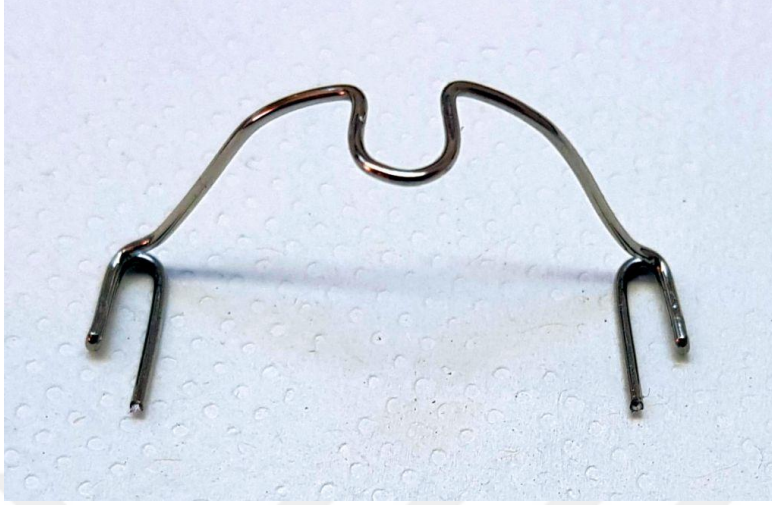
Şekil 2.2. Üç sarmallı kuvvet kolu tasarımı.

Kuvvet kolundaki 6 cm'lik düz kısma zembereğin dibinden iki adet 442 pensiyile (Dentaurum Premium Line, Ispringen, Almanya) 90 derece tork bükümü verilerek 0.025 inç olan geniş yüzeylerin kuvvetle aynı düzlemde konumlanması sağlanmıştır. Bu sayede kuvvet yüklendiğinde kuvvet kolunun düz kısımda oluşabilecek esnemelere karşı apareyin direnci artırılarak esnekliğin zembereklerden sağlanması sağlanmıştır (Şekil 2.3.).



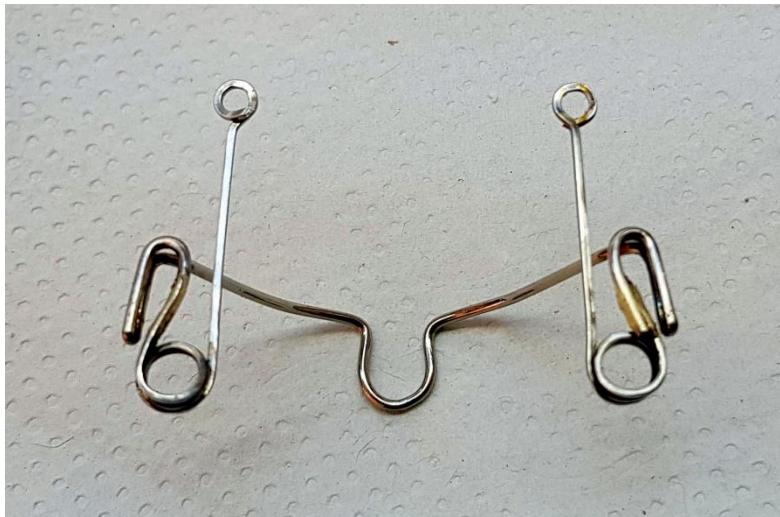
Şekil 2.3. Kuvvet kolunun başlangıcına yapılan 90 derecelik tork bükümü.

Zembekli kuvvet kollarından iki adet üretildikten sonra TPA'nın bükümüne geçilmiştir. TPA'nın üretimi için 0,91 mm / 0,036 inç yuvarlak paslanmaz çelik tel (Lewa-Dental, Remchingen, Almanya) kullanılmıştır. Goshgarian tipi TPA bükümü hastaların hasta kabul zamanında kayıt için alınan alçı modelleri üzerinde uygun anatomik form gözetilerek yapılmıştır. TPA'nın iki ucundaki retansiyon bölümleri dişlere tork uygulamayacak şekilde bükülmüştür. Molar bantların lingual yuvalarına giren ve çift kat 0,91 mm kalınlığındaki telden oluşan bu kısımlar modifiye edilerek kuvvet kollarının eklenmesi için distale doğru uzantılar oluşturulmuştur (Şekil 2.4.).



Şekil 2.4. Kuvvet kollarının ekleneceği distal uzantıları olan TPA tasarımı.

Zembekli kuvvet kolları TPA'nın distal uzantılarına gümüş lehim teli (Dynaflux silver solder 0718, Missouri, ABD) ile lehimlenmiştir. Bu sayede 2 adet aktif eleman olan kuvvet kolu ve 1 adet pasif eleman olan TPA olmak üzere toplam 3 temel parçadan oluşan aparat birleştirilmiştir. Kuvvet kollarının ucuna kollar uygun uzunlukta olacak şekilde ligatür bağlanabilmesi için yuvarlak bükümler eklenmiştir (Şekil 2.5.).



Şekil 2.5. Kuvvet kolları ve TPA'nın lehimlenerek birleştirilmesi.

Aparey model üzerinde uyumlanan molar bantlara TPA'ların lingual yuvalarından oturtularak kuvvet kolları pasif şekilde ayarlanmıştır. Kuvvet kollarının oklüzal düzleme paralellığı ve uçlarının birinci premolar dişleri meziodistal olarak ortalaması için gerekli kontroller yapılmıştır (Şekil 2.6.). Daha sonra bantların ve cleat'lerin hasta ağızında uygun şekilde dişlere yapıştırılarak apareyin tatbik edilmesi ve uygun kuvvetler ayarlanarak aktive edilmesi için klinik aşamaya geçilmiştir.



Şekil 2.6. Apareyin uygulamaya hazır şekli.

2.2.1.3. Apareyin Uygulanışı

Apareyin laboratuvar işlemleri tamamlandıktan sonra çalışmanın klinik kısmına geçilmiştir. Hastalardan fotoğraf ve ölçüler alınmış ve üst birinci molarların bantlanmıştır. Uygun boyda seçilen bantlar (3M Unitek Narrow Contoured Molar Bands, Minnesota, ABD) dişlere uyumlandıktan sonra ışınla sertleşen cam iyonomer bant simanıyla (3M Unitek Multi-Cure Glass Ionomer Orthodontic Band Cement, Minnesota, ABD) uygun konumda yapıştırılmıştır. Çalışmada kuvvet uygulanan premolarların devrilme hareketini etkileyecek oklüzal temasları engellemek için

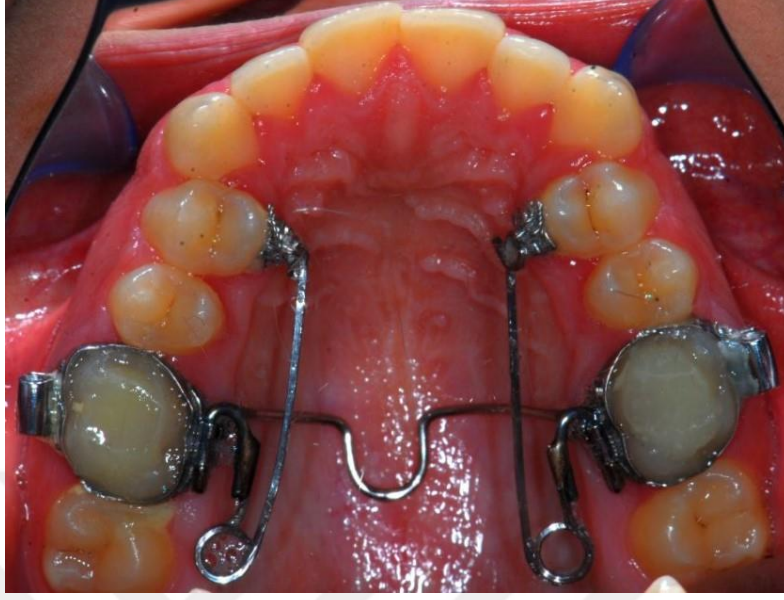
aynı siman kullanılarak üst birinci molar dişlere oklüzal yükselteler yapılmıştır. Bu işlemlerin ardından hastaların üst birinci premolar dişlerinin palatinal yüzeylerine palatinal tüberkül tepesinden 3 mm uzakta olacak şekilde meziodistal olarak orta konumda ve dişin aksına paralel olarak lingual cleat'ler total etch bonding seti (3M Unitek Transbond XT Light Cure Adhesive Set, Minnesota, ABD) kullanılarak yapıştırılmıştır. Kuvvet uygulanacak olan premolarlar komşu dişlerle olabilecek muhtemel çakışma ve sürtünmeleri önleyecek şekilde tek taraflı arayüz zımparası kullanılarak temas noktalarından aşındırılmıştır.

Son olarak laboratuvar aşamasında üretilen aparey molar bantlarının lingual yuvalarına oturtulup kuvvet kolları 14 ve 24 numaralı dişlere hedeflenen kuvveti ayarlamak üzere pasif olarak bırakılmıştır. Bu safhaya T₀ adı verilmiştir.

2.2.1.4. Apareyin Aktive Edilmesi ve Aktifleme Protokolü

TPA'nın tutucu kısımlarından bant yuvalarına oturtulmuş olan apareyin uygulayacağı kuvvetin ayarlanması için kuvvet kollarının başlangıcına çatı bükümleri yapılmıştır. Kuvvet miktarını belirlerken ağız içi kuvvet ölçer (Correx tension gauge, Berni İsviçre) kullanılmıştır. Bükümler ile uygun miktarda aktive edilen kuvvet kolları lingual cleat'lere 0.25 mm / 0.010 inç paslanmaz çelik tel ligatür (G&H Orthodontics Stainless Bulk Ligature, Indiana, ABD) kullanılarak bağlanmıştır (Şekil 2.7.). Kopmaya karşı tedbir olarak üst üste iki kat olacak şekilde ligatürleme işlemi tekrarlanmıştır.

Aparey uygulandıktan sonra hastaya ve velisine dikkat edilmesi gereken hususlar açıklanmıştır. Oral hijyen ve yumuşak diyetin önemi vurgulanmış, randevuların 1 gün bile aksatılması veya apareyin bozulması durumlarında çalışmanın sonlandırılması gerekeceği belirtilmiştir. Bir tarafta 200 gram kuvvet, diğer tarafta 50 gram kuvvet olacak şekilde kuvvet uygulanmıştır. Bu aşamaya T₁ adı verilmiştir. Kuvvet uygulamasını takiben hastaya 3 hafta sonrası için randevu verilmiştir. Her seferinde aynı tarafa aynı tür kuvvet uygulamamak adına artan ve azalan kuvvet tarafları her hasta için rastgele olarak seçilmiştir. Hastalardan 7 tanesi için sağ tarafta artan, sol tarafta azalan kuvvet uygulanırken; diğer 7 tanesi için sol tarafta artan, sağ tarafta azalan kuvvet uygulanmıştır.



Şekil 2.7. Hasta ağzına uygulanmış aparey.

Geçen 3 haftanın ardından apareyin ligatürleri çözülerek kuvvetler ölçülmüş ve herhangi bir bozulma olup olmadığı kontrol edilmiştir. Bu kontrol aşaması kuvvetler değiştirilmeden önce her seansta tekrarlanmıştır. Aparey tasarımında hedeflendiği gibi diş hareketlerinin kuvvete etkisi oldukça az (1-3 gram arası) olmuştur. Bu aşamadan sonra başlangıçta belirlenen artan kuvvet tarafında 50 gram olan kuvvet iki katına çıkartılarak 100 gram olarak ayarlanmıştır. Azalan kuvvet tarafında ise yarıya düşürülerek gene 100 grama ayarlanmıştır. Kuvvet kolları cleat'lere ligatürlenerek hastaya 3 hasta sonraya randevu verilmiştir. Bu aşamaya T₂ adı verilmiştir.

Son kuvvet ayarlaması için hasta 3 hasta sonra tekrar geldiğinde kuvvet kontrolleri yapıldıktan sonra ligatürler çıkartılmıştır. Artan kuvvet tarafında 100 gram olan kuvvet iki katına çıkartılarak 200 gram olarak ayarlanmıştır. Azalan kuvvet tarafında ise 100 gram olan kuvvet yarıya indirilerek 50 gram olarak ayarlanmıştır. Bu aşamaya T₃ adı verilmiştir. Hastaya 3 hafta sonrası için randevu verilmiştir.

2.2.2. Dişlerin Çekilmesi ve Saklanması

9 haftalık kuvvet uygulaması sonunda aparey ve lingual cleatler çıkartılmıştır. Kompozit kalıntıları düşük devirde mikromotor ve tungsten karbid frez kullanılarak temizlenmiş ve hastadan aljinat ölçüler ve fotoğraflar alınmıştır. Bu aşamaya T₄ adı verilmiştir.

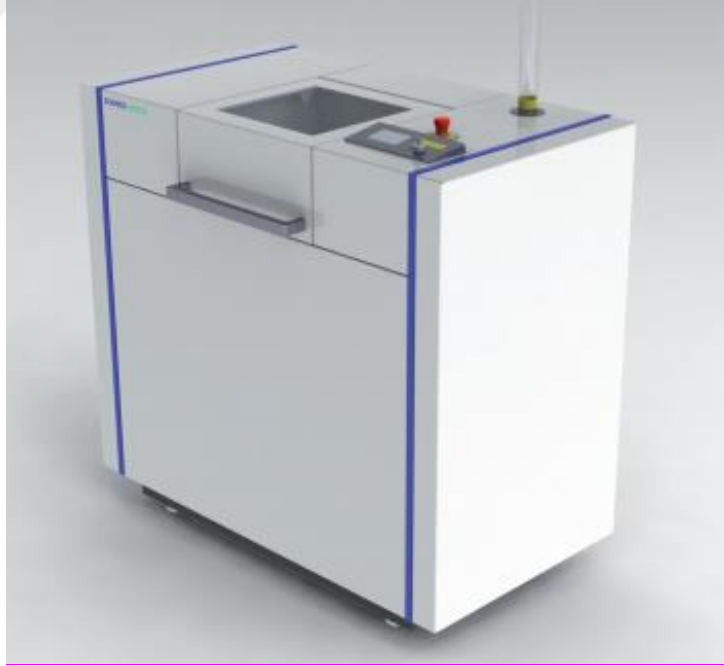
Köklerde meydana gelen rezorpsiyon miktarını tespit etmek için kullanılacak olan birinci premolar dişlerin köklerine zarar vermemeye hassasiyet gösterecek şekilde çekimleri aynı cerrah tarafından yapılmıştır. Bu sayede çalışmamızın klinik bölümü tamamlanmıştır. Çalışmamızın klinik bölümünün protokolü Çizelge 2.2.'de özet olarak gösterilmiştir. Dişler, öncelikle izotonik serum fizyolojik ile yıkanarak kalan yumuşak doku artıkları uzaklaştırıldıktan sonra mikro-bilgisayarlı tomografi cihazı ile görüntü alınana dek steril falkon tüplerinde (Mediko Kimya, İstanbul, Türkiye) %10'luk formalin çözeltisi (Mediko Kimya, İstanbul, Türkiye) içinde saklanmıştır. Formalin çözeltisi 2 haftada bir yenilenmiştir.

Çizelge 2.2. Çalışmanın klinik protokolü.

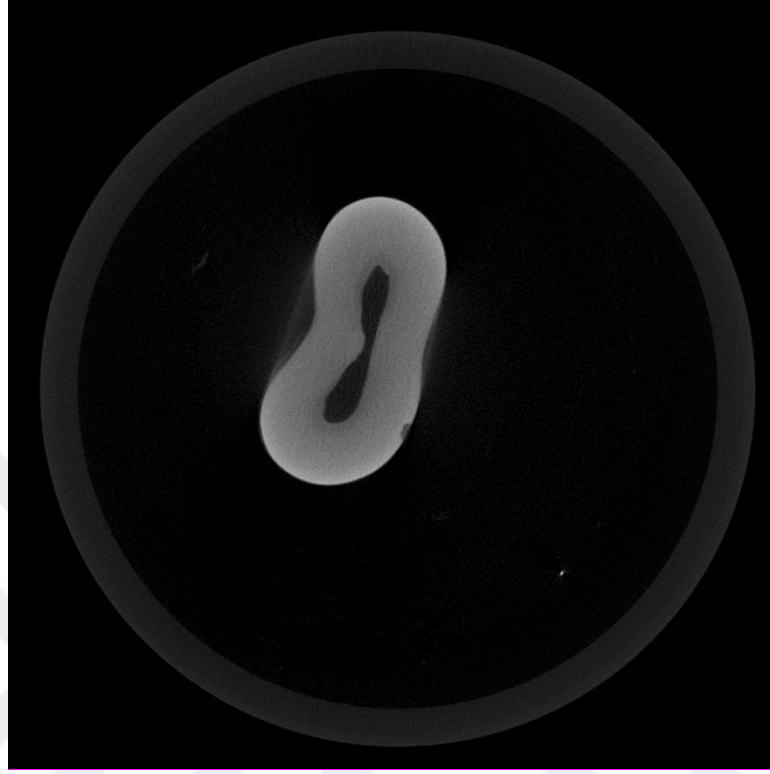
<i>Zaman</i>	<i>Artan Kuvvet Tarafındaki Kuvvet Miktarı (Gram)</i>	<i>Azalan Kuvvet Tarafındaki Kuvvet Miktarı (Gram)</i>	<i>Süre (hafta)</i>	<i>Zaman (Gün aralığı)</i>	<i>Yapılan İşlem</i>
<i>T₀</i>	-	-	-	Başlangıç günü	Kayıtların alınması, Apareyin yerleştirilmesi
<i>T₁-T₂</i>	50 gram	200 gram	3 hafta	Başlangıç-21. gün	Kuvvet uygulaması
<i>T₂-T₃</i>	100 gram	100 gram	3 hafta	21-42. gün	Kuvvet uygulaması
<i>T₃-T₄</i>	200 gram	50 gram	3 hafta	42-63. gün	Kuvvet uygulaması
<i>T₄</i>	-	-	-	63. gün	Apareyin çıkartılması, Kayıtların alınması, Dişlerin çekilmesi

2.2.3. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi Cihazı ile Yapılan Analizler

Rezorpsiyon miktarlarının incelenmesi için çalışmanın klinik kısmı sonrasında çekilen premolar dişler uygun saklama koşullarında görüntüleme merkezine gönderilmiştir. Görüntüler, Mikro-Bilgisayarlı Tomografi cihazı (Scanco Medical μ CT 50, Bassersdorf, İsviçre) kullanılarak Ege Üniversitesi Merkezi Araştırma Test ve Analiz Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (EGE MATAL) elde edilmiştir (Şekil 2.8.). Görüntülerin çözünürlüğü voksel boyutu 20 μ m olacak şekilde ayarlanmıştır. Mikro-BT cihazında dişlerin taranması için dişler 19-84 mm'lik holderlara yerleştirilmiş ve her bir diştten yaklaşık 750 kesitlik 2 boyutlu görüntüler elde edilmiştir (Şekil 2.9.). Mikro-BT cihazında görüntüleme yapılırken kullanılan parametreler Çizelge 2.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Görüntüleme için kullanılan mikro-bilgisayarlı tomografi cihazı.



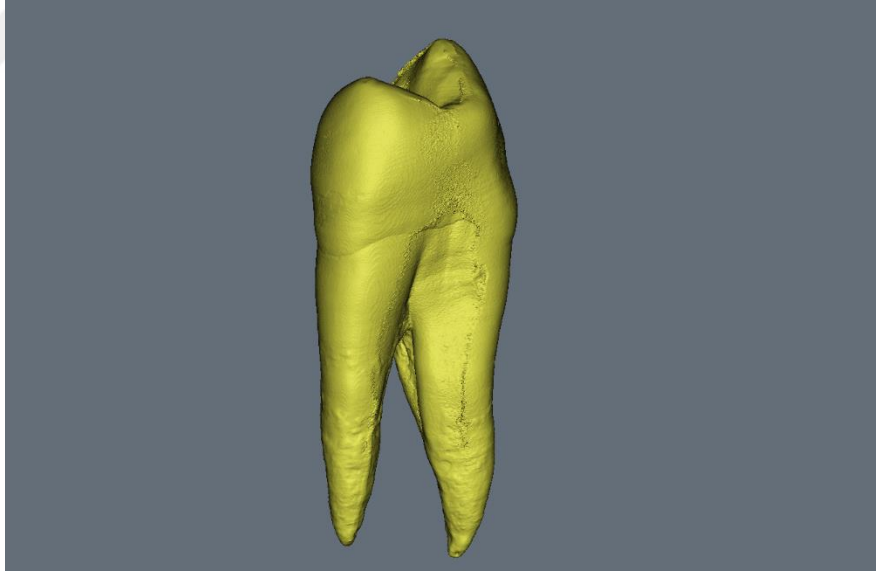
Şekil 2.9. Kuvvet uygulanmış bir premolar dişin 2 boyutlu mikro-BT görüntüsü ve rezorpsiyon krateri.

Çizelge 2.3. Görüntüleme için kullanılan parametreler.

Güç	70 kVp
Yoğunluk	200 μ A
Entegrasyon Zamanı	300 ms
FOV/Diyametre	20480 μ m
Filtre	0,1 mm Al

2.2.4. Üç Boyutlu Bilgisayar Yazılımı Analizleri

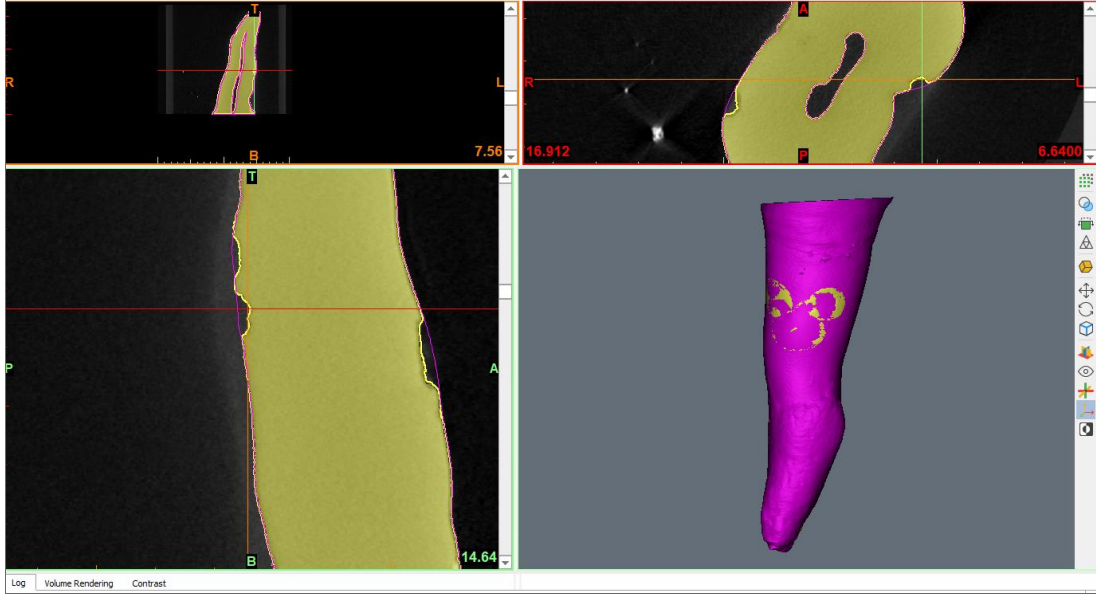
Mikro-BT ile DICOM formatında ve 2 boyutlu olarak kaydedilen görüntülerin 3 boyutlu modellenmesi için Mimics yazılımı (Materialise NV, Leuven, Belgium) kullanılmıştır. Dişlerde meydana gelen kök rezorpsiyonu miktarları bu programdan ile yapılan 3 boyutlu modellerin işlenmesi sonucunda hesaplanmıştır. Modelleme işlemleri, çok sayıdaki 2 boyutlu DICOM dosyalarının Mimics programına aktarılarak, ardışık kesitler 3 boyutlu bir model oluşturacak şekilde birleştirilmesiyle yapılmıştır. Mimics programında 3 boyutlu görüntüler küçük boyutlardaki üçgenlerin bir araya getirilmesiyle oluşturulmaktadır. Bu üçgenlerin belirli koordinat düzlemlerinde dizilmesiyle meydana getirilen üçgen prizmalar sayesinde 3 boyutlu bir model ortaya çıkartılmıştır (Şekil 2.10.). Hacim ölçümleri bu üçgen prizmaların toplanmasıyla yapılmaktadır.



Şekil 2.10. Çalışmadaki bir premolar dişin 3 boyutlu görüntüsü

Kuvvet uygulamasını takiben çekilmiş olan premolar dişlerin mikro-BT cihazında taranması ve Mimics programıyla bilgisayarda 3 boyutlu modellerin elde edilmesinden sonra dişlerin rezorbe olmuş hallerinin toplam hacimleri belirlenmiştir. Daha sonra dişlerin rezorpsiyon öncesi durumlarındaki hacimlerinin belirlenmesi amacıyla görüntülerin işlenmesine geçilmiştir.

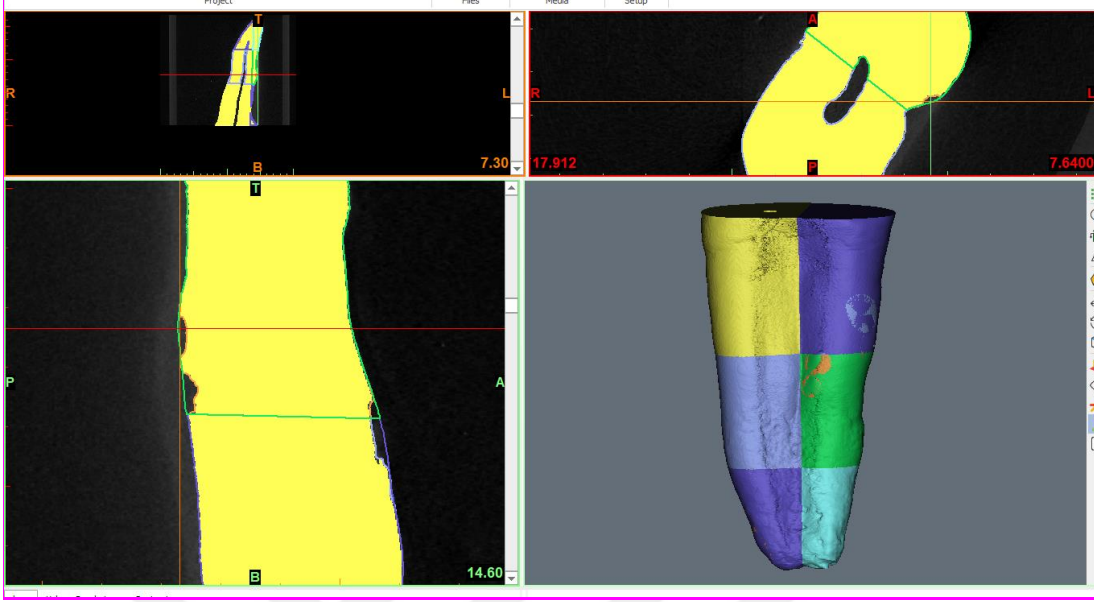
Köklerin düz yüzeyleri üzerinde belirgin olarak görülebilen rezorpsiyon kraterleri program ile doldurularak dişlerin rezorpsiyon öncesi sağlam durumları sanal olarak elde edilmiştir (Şekil 2.11.).



Şekil 2.11. Kuvvet uygulaması neticesinde oluşan rezorpsiyon kraterlerinin doldurulması.

Dişlerin sağlam hacimleri ile rezorpsiyona uğramış durumdaki hacimlerinin farkı alınarak rezorpsiyon miktarı milimetreküp (mm^3) cinsinden tespit edilmiştir. Her bir diş kökü bukkal, lingual şeklinde transversal olarak 2; apikal, orta ve servikal şeklinde vertikal olarak 3 bölgeye ayrılmıştır. Bu şekilde toplam 6 adet olmak üzere apiko-bukkal (AB), orta-bukkal (OB), serviko-bukkal (SB), apiko-lingual (AL), orta-lingual (OL), serviko-lingual (SL) bölgeler elde edilmiştir (Şekil 2.12.).

Çalışmamızın tasarımına göre hastalara uygulanacak radyasyon dozuyla ilgili etik hassasiyet ve mikro-BT cihazının yalnızca in-vitro kullanılabilmesi sebebiyle başlangıç hacimleri çalışma öncesinde ölçülmemiştir. Literatürdeki mikro-BT ile yapılmış pek çok kök rezorpsiyonu çalışmasında olduğu gibi bizim çalışmamızda da başlangıç hacimleri görüntülerin işlenmesiyle sanal olarak sonradan elde edilmiştir (Harris ve ark 2006; Ballard ve ark 2009a; Cheng ve ark 2009; Deane ve ark 2009; Jiménez Montenegro ve ark 2012; Eross ve ark 2015).



Şekil 2.12. İncelenen dişlerin köklerinin 6 farklı bölgeye ayrılması.

Bilgisayar modellemesi, modellerin işlenmesi ve ölçümler İstanbul'da mikro-BT modelleme analizleri hizmeti veren ve daha önce kök rezorpsiyonu konusunda çalışmış olan bir merkezde (4C Medikal Bilgisayar Ticaret İmalat Hizmetleri Ltd. Şti.) yapılmıştır.

2.2.5. Diş Hareketi Miktarlarının Kıyaslanması

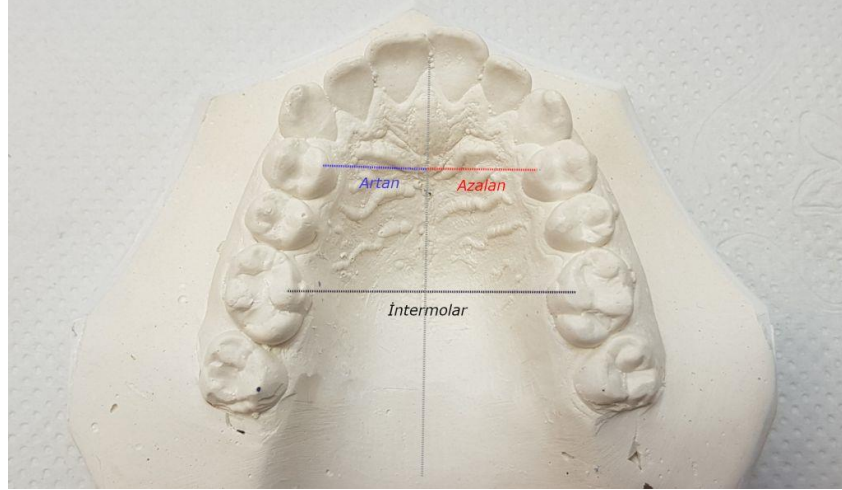
Çalışmamızın split mouth tasarımı gereği bir tarafta periyodik olarak artan kuvvet, diğer tarafta eş zamanlı olarak azalan kuvvet uygulanması sonucunda sağ ve sol tarafta dişler toplam olarak aynı [Kuvvet x Zaman]'a maruz bırakılmıştır. Kuvvetlerin azalıcı veya artıcı değişimlerinin kök rezorpsiyonuna muhtemel etkisi gibi diş hareket miktarına da etkisi olup olmadığı çalışmamızda incelenmiştir.

Bu amaçla hastalardan aparey uygulanmadan önce aljinat (Lascod Kromopan Alginate, Sesto Fiorentino, Florence, Italy) ölçüler alınmış ve boyut değişikliği olmaması için beklenmeden ortodontik sert alçı (Zhermack Elite Ortho Type 3 Dental Stone, Roma, İtalya) kullanılarak dişlerin hareket miktarının ölçülmesinde kullanılacak olan T₀ modelleri elde edilmiştir. Çalışma için

belirlenen 9 haftalık kuvvet uygulamasının sonunda aparey çıkartılmış ve tekrar aynı şekilde ölçü alınarak T₄ modelleri üretilmiştir. Modeller üzerinde birinci molarların meziobukkal tüberkül tepelerinin birleştirilmesiyle elde edilen intermolar hat tespit edilmiştir.

Çalışmamızda birinci premolar dişlere palatinal yönlü kuvvet uygularken ankraj aldığımız birinci molarların konumlarının değişmemesi hedeflenmiş ve bu amaçla apareyimizin tasarımına eklenen bir TPA ile bu mesafe sabitlenmiştir. İntermolar mesafenin değişip değişmediğini tespit etmek için T₀ ve T₄ modellerinde dijital kumpas kullanılarak intermolar mesafe ölçümü yapılmıştır.

Santral keserlerin orta noktasından intermolar hatta bir dikme indirilmiştir. Birinci premolarların palatinal tüberkül tepelerinden bu dikmeye olan en kısa mesafe ölçülerek kaydedilmiştir. T₀ ve T₄ modellerinde ölçülen bu mesafelerin farkı alınarak diş hareketinin miktarı milimetre (mm) cinsinden tespit edilmiştir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Model analizinde kullanılan referans çizgileri.

2.3. İstatistiksel Analiz

Çalışmamız planlanırken istenilen güce ulaşmak için gereken örneklem sayısının belirlenmesinde G*Power güç analiz programı (Ver. 3.1.2, Franz Faul, Universitat, Kiel, Almanya) kullanılmıştır. Alternatif hipotezimize uygun olarak artan gruptaki rezorpsiyon miktarının azalan gruptaki rezorpsiyon miktarından daha düşük olduğunu araştırmak için kurulacak tek yönlü araştırma hipotezini test etmek amacıyla 0,5 etki büyüklüğü, %5 anlam seviyesi ve %80 güce ulaşabilmek için toplamda 27 birimlik örnek hacmine ulaşılması gerektiği görülmüştür. Bu nedenle her bir grupta 14 hasta (toplam 28 diş) olacak şekilde artan kuvvet ve azalan kuvvet olmak üzere iki grup oluşturulması planlanmıştır.

Çalışmanın istatistiklerine başlamadan önce verilerin karşılaştırılacak gruplara göre normalliği Shapiro Wilk normallik testi ile kontrol edilmiştir. Normal dağılıma uygunluk gösteren grupların karşılaştırılmasında Tek Yönlü Varyans (Anova) analizi kullanılmıştır. Normal dağılıma uygunluk göstermeyen grupların karşılaştırılmasında ise Kruskal Wallis ve Mann Whitney-U testlerinden yararlanılmıştır.

Testler sonucunda anlamlı farklılık belirlenen grupların ikili karşılaştırılmasında Kruskal Wallis testi için Conover-Iman, Anova için Tukey HSD çoklu karşılaştırma testleri kullanılmıştır. Grupların genel karşılaştırılmasında istatistiksel anlamlılık için $p < 0.05$ değeri, ikili karşılaştırmalarda Conover-Iman testi uygulanırken de Bonferroni düzeltmesi yapılarak $p < 0.0033$ değeri kullanılmıştır. İstatistiksel bulgular ilgili çizelgelerde sunulmuştur. Ayrıca tüm testler ve analiz sonuçları grafikler ile desteklenmiştir.

Grup içi istatistiksel değerlendirmelerde, her bir bölge için azalan ve artan kuvvet taraflarında rezorpsiyon hacimleri (mm^3) arasındaki farklılıklar incelenmiştir. Grup içi istatistiksel analizlerde Mann Whitney-U testi kullanılmıştır.

Gruplar arası istatistiksel analizlerde Kruskal Wallis testi kullanılmıştır. Ayrıca, istatistiksel olarak anlamlı fark bulunan grupları belirlemek için Conover-Iman çoklu karşılaştırma testi Bonferroni düzeltmesi yapılarak uygulanmıştır.

Analizler sonucu elde edilen istatistiki bilgiler çizelgelerde Ortalama (Ort.), Standart Sapma (SS), Medyan, Minimum (Min) ve Maksimum (Max) şeklinde sunulmuştur. İstatistiksel anlamlılık için $p < 0,05$ değeri kullanılmıştır.

İstatistiksel analizlerin tümünde RStudio (RStudio Desktop Version 3.2.1, Boston, ABD) açık kaynak kodlu istatistik programından yararlanılmıştır.



3. BULGULAR

3.1. Grup İçi İstatistiksel Değerlendirmeler

Bu bölümde grup içi istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır. Bu anlamda, her bir bölge için azalan ve artan kuvvet taraflarında rezorpsiyon hacimleri (mm^3) arasındaki farklılıklar incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 3.2. ve Şekil 3.1.'de sunulmuştur. Grup içi istatistiksel analizlerde Mann Whitney-U testi kullanılmıştır.

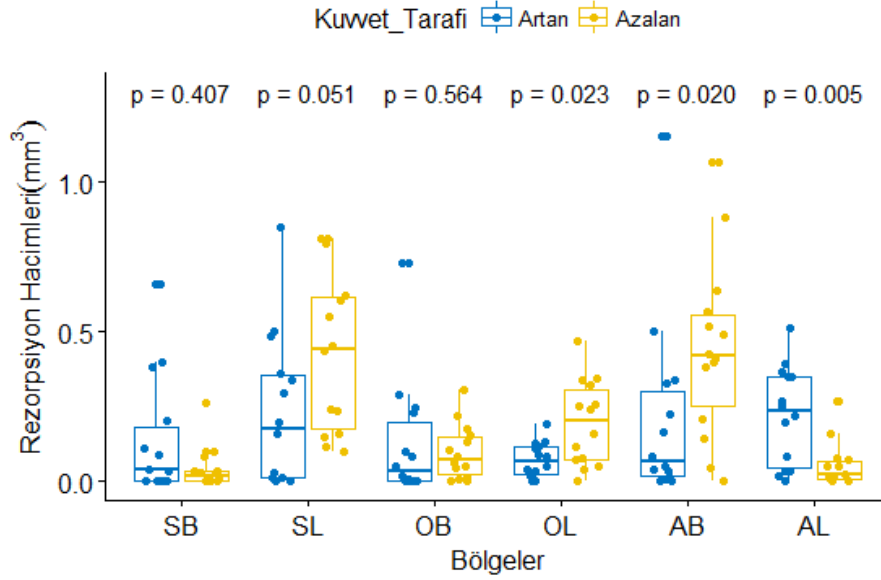
Çizelge 3.2. Uygulama Bölgelerinde, Kuvvet Taraflarına Göre Rezorpsiyon Hacim Farklarına (mm^3) İlişkin İstatistikler.

Bölgeler	Kuvvet Tarafı	Ort	SS	Medyan	p
SB	Azalan	0.043	0.070	0.020	0.407
	Artan	0.137	0.204	0.039	
SL	Azalan	0.434	0.268	0.444	0.051
	Artan	0.231	0.256	0.178	
OB	Azalan	0.097	0.092	0.073	0.564
	Artan	0.125	0.202	0.032	
OL	Azalan	0.196	0.142	0.202	0.023 [†]
	Artan	0.071	0.060	0.067	
AB	Azalan	0.441	0.297	0.419	0.020 [†]
	Artan	0.210	0.313	0.066	
AL	Azalan	0.054	0.076	0.022	0.005 [†]
	Artan	0.220	0.163	0.234	

Ort: Ortalama, SS: Standart Sapma, p: Mann Whitney-U testi için anlamlılık değeri, İstatistiksel anlamlılık için $p < 0.05$ değeri kullanılmıştır, [†]İstatistiksel olarak anlamlı farklılığı gösterir.

Uygulama bölgelerinde, kuvvet taraflarına ait rezorpsiyon miktarları arasındaki farklılıklar incelendiğinde, SB, SL ve OB bölgeleri için kuvvet taraflarına göre dişlerde meydana gelen rezorpsiyon hacimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p > 0.05$). Bu sonuca göre, SB, SL ve OB bölgelerinde artan ya da azalan kuvvetle meydana gelen rezorpsiyonların anlamlı farklılığa sahip olmadığı belirlenmiştir. OL bölgesi incelendiğinde, azalan kuvvetle meydana gelen rezorpsiyonun artan kuvvetle meydana gelenden anlamlı bir şekilde fazla olduğu görülmektedir ($p = 0.023 < 0.05$). Aynı şekilde AB bölgesi içinde azalan kuvvetle meydana gelen rezorpsiyonun artan kuvvetle meydana gelenden anlamlı bir şekilde fazla olduğu görülmektedir ($p = 0.020 < 0.05$). AL bölgesi incelendiğinde ise, artan kuvvetle oluşan rezorpsiyonun azalan

kuvvetle oluşandan istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha az olduğu belirlenmiştir ($p=0.005<0.05$). Elde edilen bu sonuçlara ait grafikler Şekil 3.1.'de sunulmuştur.



Şekil 3.1. Uygulama Bölgelerinde, Kuvvet Taraflarına Göre Rezorpsiyon Hacimleri (mm^3) Arasındaki Farklara İlişkin Yapılan Testlere Ait Anlamlılık Değerleri (p) ve Box-Plot Grafikleri.

3.2. Gruplar Arası İstatistiksel Değerlendirmeler

Bu bölümde gruplar arası istatistiksel değerlendirme yapılmıştır. Bu anlamda, her bir uygulanan kuvvet tarafı için gruplarda meydana gelen rezorpsiyon hacimleri (mm^3) arasındaki farklılıklar incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 3.3. ve Şekil 3.2.'de sunulmuştur. Gruplar arası istatistiksel analizlerde Kruskal Wallis testi kullanılmıştır. Ayrıca, istatistiksel olarak anlamlı fark bulunan grupları belirlemek için Conover-Iman çoklu karşılaştırma testi Bonferroni düzeltmesi yapılarak uygulanmıştır.

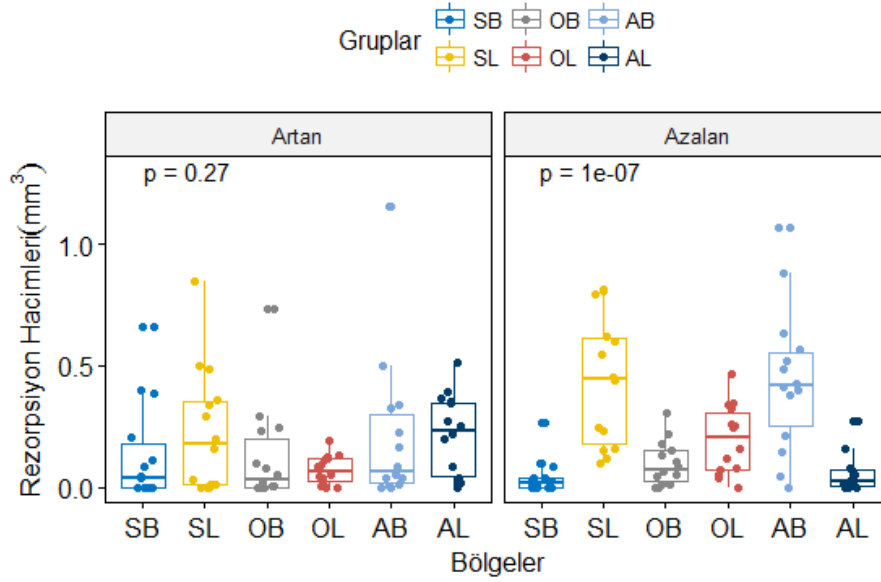
Çizelge 3.3. Uygulanan Kuvvet Tarafına Göre Grupların Rezorpsiyon Hacim Farklarına (mm³) İlişkin İstatistikler.

Kuvvet Tarafı	Bölgeler	Ort	SS	Medyan	p	Çoklu Karşılaştırma Sonuçları				
						SL	OB	OL	AB	AL
Azalan	SB	0.043	0.070	0.020	<0.001 [†]	<0.001 [†]	0.065	0.001 [†]	<0.001 [†]	0.614
	SL	0.434	0.268	0.444		-	<0.001 [†]	0.014	0.741	<0.001 [†]
	OB	0.097	0.092	0.073		-	0.050	<0.001 [†]	0.176	
	OL	0.196	0.142	0.202		-	0.033	0.001 [†]		
	AB	0.441	0.297	0.419		-	<0.001 [†]			
	AL	0.054	0.076	0.022		-				
Artan	SB	0.137	0.204	0.039	0.265	0.234	0.956	0.919	0.341	0.055
	SL	0.231	0.256	0.178		-	0.214	0.276	0.811	0.458
	OB	0.125	0.202	0.032		-	0.876	0.314	0.051	
	OL	0.071	0.060	0.067		-	0.394	0.069		
	AB	0.210	0.313	0.066		-	0.327			
	AL	0.220	0.163	0.234		-				

Ort: Ortalama, SS: Standart Sapma, p: Kruskal Wallis testi için anlamlılık değeri, Çoklu karşılaştırma sonuçları Conover-Iman çoklu karşılaştırma testine ait anlamlılık değerlerini gösterir, İstatistiksel anlamlılık için Kruskal Wallis testinde $p < 0.05$ değeri kullanılmıştır, Çoklu karşılaştırmalarda ise $p < 0.0033$ değeri kullanılmıştır, [†]İstatistiksel olarak anlamlı farklılığı gösterir.

Dişlere uygulanan kuvvete göre, bölgelerin rezorpsiyon hacimleri arasındaki farklılıklar incelendiğinde, Azalan kuvvet tarafında bölgelerin rezorpsiyon hacimleri arasında anlamlı fark bulunurken ($p < 0.05$), artan kuvvet tarafında bölgelerin rezorpsiyon hacimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p = 0.265 > 0.05$). Azalan kuvvet tarafında elde edilen sonuçlar incelendiğinde, en yüksek diş rezorpsiyonunun ortalama 0.434 mm^3 ile SL bölgesinde, en düşük rezorpsiyon hacminin ise 0.043 mm^3 ortalama ile SB bölgesinde olduğu görülmüştür. Azalan kuvvet tarafında meydana gelen bu istatistiksel anlamlı farklılığın hangi bölgeler arasında olduğunu belirlemek için yapılan çoklu karşılaştırma testlerine göre, SB bölgesinde meydana gelen rezorpsiyon hacmi ile SL, OL ve AB bölgelerinde meydana gelen rezorpsiyon hacimleri, SL bölgesi ile SB, OB ve AL bölgeleri, OB bölgesi ile SL ve AB bölgeleri, OL bölgesi için SB ve AL bölgeleri, AB bölgesi için SB, OB ve AL bölgeleri, AL bölgesi için ise SL, OL ve AB bölgeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p < 0.0033$).

Elde edilen sonuçlar ve bölgelerin kuvvet taraflarına göre istatistikleri Şekil 3.2.'de de görsel olarak sunulmuştur.



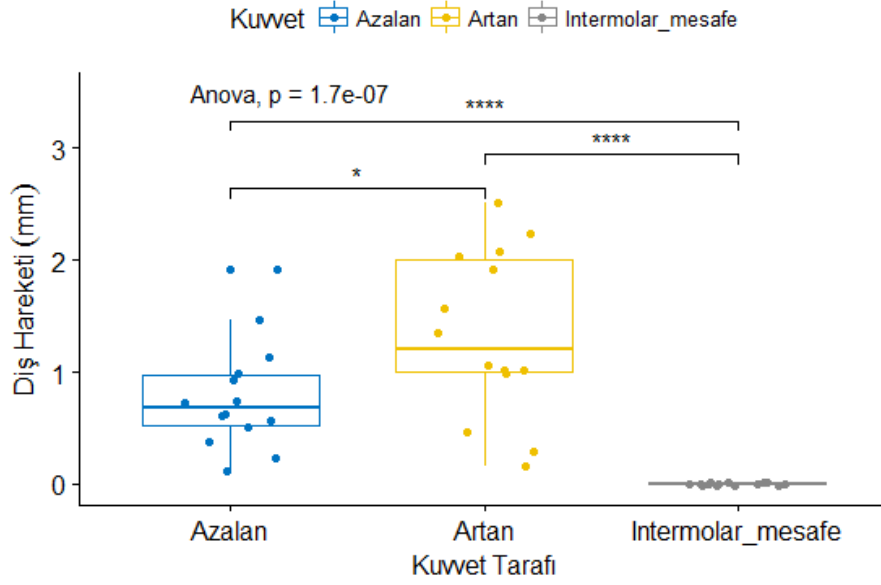
Şekil 3.2. Kuvvet Taraflarına Göre Bölgelerin Rezorpsiyon Hacimleri (mm^3) Arasındaki Farklara İlişkin Yapılan Testlere Ait Anlamlılık Değerleri (p) ve Box-Plot Grafikleri.

Çizelge 3.4. Uygulanan Kuvvet Tarafına Göre Diş Hareket Miktarlarına (mm) İlişkin İstatistikler.

Kuvvet Tarafı	Ort	SS	Medyan	p	Çoklu Karşılaştırma Sonuçları	
					Artan	İntermolar Mesafe
Azalan	0.779	0.483	0.675	<0.001 [†]	0.018 [†]	0.001 [†]
Artan	1.335	0.746	1.205		-	<0.001 [†]
İntermolar Mesafe	0.00071	0.011	0		-	-

Ort: Ortalama, SS: Standart Sapma, p : Tek Yönlü Varyans Analizi (Anova) testi için anlamlılık değeri, Çoklu karşılaştırmalar Tukey HSD testi ile yapılmıştır ve bu teste ait anlamlılık değerleri verilmiştir, İstatistiksel anlamlılık için $p < 0.05$ değeri kullanılmıştır, [†]İstatistiksel olarak anlamlı farklılığı gösterir.

Uygulanan kuvvet tarafına göre diş hareket miktarları arasındaki farklılıklar incelendiğinde, azalan, artan ve intermolar mesafe arasında diş hareket miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır. Farklılıkların hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için yapılan çoklu karşılaştırma testine göre, azalan kuvvet ile artan kuvvet ve intermolar mesafe arasında, artan kuvvet ile azalan ve intermolar mesafe arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır. En fazla oluşan diş hareket miktarı artan kuvvet tarafında ölçülmüştür (1.335). Çizelge 3.4.'te yer alan sonuçlar Şekil 3.3.'te görsel olarak sunulmuştur.



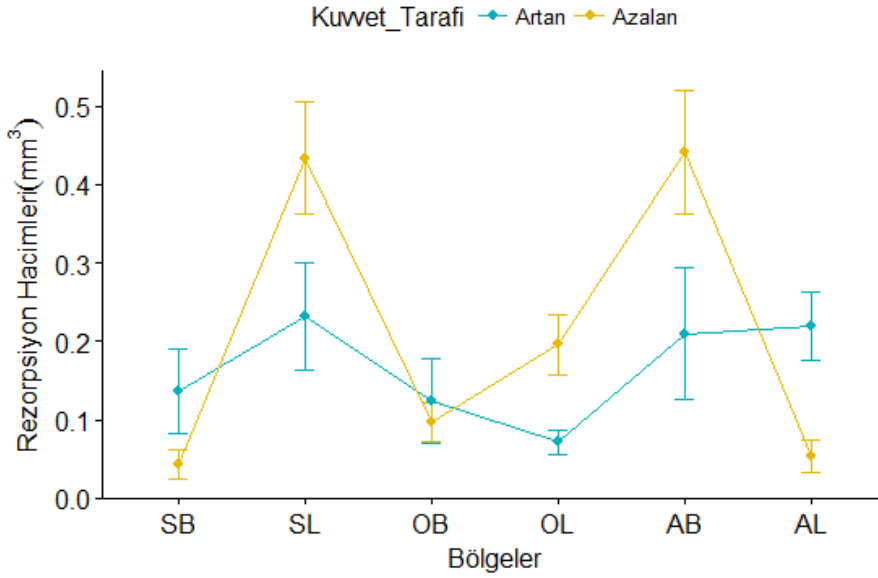
Şekil 3.3. Kuvvet Taraflarına Göre Diş Hareket Miktarlarına (mm) Ait Box-Plot Grafiği.

Çizelge 3.5. İstatistiksel Özet Tablosu.

Gruplar	Artan Kuvvet & Azalan Kuvvet	Azalan Kuvvet Tarafı İçin
SB	Fark Yok	(SL)(OL)(AB) ile Fark Var
SL	Fark Yok	(SB)(OB)(AL) ile Fark Var
OB	Fark Yok	(SL)(AB) ile Fark Var
OL	Fark Var	(SB)(AL) ile Fark Var
AB	Fark Var	(SB)(OB)(AL) ile Fark Var
AL	Fark Var	(SL)(OL)(AB) ile Fark Var

Çizelge 3.5.'te yapılan istatistiksel analizler sonucu elde edilen bulgular özetlenmiştir. Bu özet tabloya göre, SB grubu için, artan ve azalan kuvvetler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yok iken, azalan kuvvet grubu içinde SB ile SL, OL ve AB arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. SL grubu için, artan ve azalan kuvvetler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yok iken, azalan kuvvet grubu içinde SL ile SB, OB ve AL arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. OB grubu için, artan ve azalan kuvvetler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yok iken, azalan kuvvet grubu içinde OB ile SL ve AB arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. OL grubu için, artan ve azalan kuvvetler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark var iken, azalan kuvvet

grubu içinde OL ile SB ve AL arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. AB grubu için, artan ve azalan kuvvetler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark var iken, azalan kuvvet grubu içinde AB ile SB, OB ve AL arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. AL grubu için, artan ve azalan kuvvetler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark var iken, azalan kuvvet grubu içinde AL ile SL, OL ve AB arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır.



Şekil 3.4. Uygulama Bölgeleri ve Kuvvet Taraflarına Göre Rezorpsiyon Hacim Farklarına (mm³) İlişkin Güven Aralıkları ve Ortalamaları İçeren Etkileşim Grafiği.

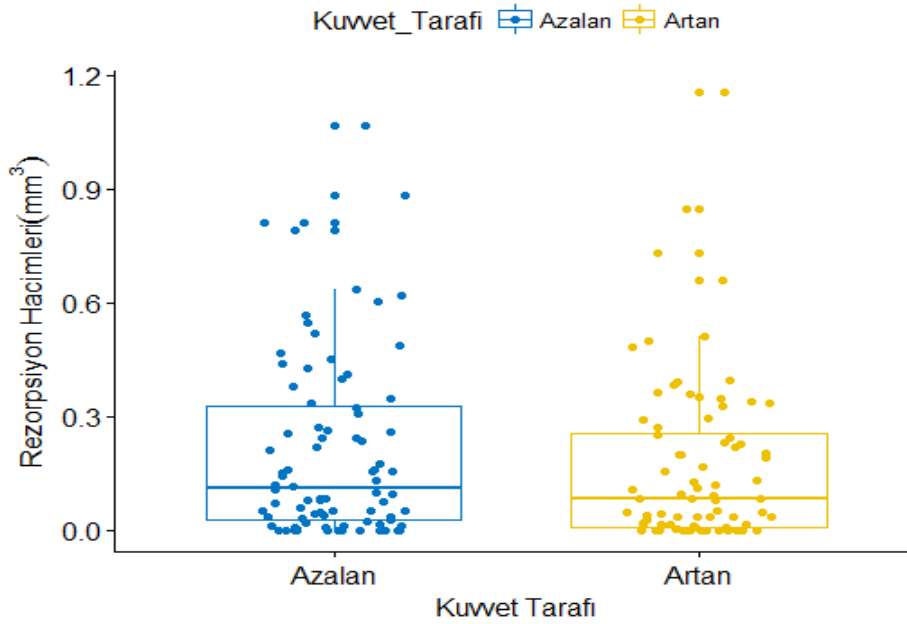
Şekil 3.4.'te uygulama bölgeleri ve kuvvet taraflarına göre rezorpsiyon farklarına ilişkin grafik verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, azalan kuvvet tarafına ait rezorpsiyon hacim farkı SL, OL ve AB grubunda artan kuvvet tarafından daha fazladır. SB, OB ve AL grubunda ise artan kuvvet tarafının rezorpsiyon hacim farkı azalan kuvvetten daha fazladır.

Toplam rezorpsiyon hacminin kuvvet taraflarına göre karşılaştırılmasına ilişkin sonuçlar Çizelge 3.6.'da verilmiş ve Şekil 3.5.'da gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, uygulama bölgesi dikkate alınmadan dişlere uygulanan kuvvet taraflarına göre rezorpsiyon hacimlerinin istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermediği belirlenmiştir ($p=0.160>0.05$).

Çizelge 3.6. Toplam rezorpsiyon hacminin kuvvet taraflarına göre karşılaştırılması.

Kuvvet Tarafları	Ort	SS	Medyan	p
Azalan	0.211	0.244	0.112	0.160
Artan	0.166	0.216	0.083	

Ort: Ortalama, SS: Standart Sapma, p: Mann Whitney-U testi için anlamlılık değeri, İstatistiksel anlamlılık için $p < 0.05$ değeri kullanılmıştır.



Şekil 3.5. Uygulama Bölgesi Göz Ardı Edilerek, Kuvvet Taraflarına Göre Rezorpsiyon Hacim Farklarına (mm³) İlişkin Box-Plot Grafiği.

Elde edilen bulgular çerçevesinde, dişe uygulanacak olan farklı kuvvetlerin (artan ya da azalan) dişlerde oluşan rezorpsiyon miktarına istatistiksel olarak anlamlı düzeyde etki etmediği tespit edilmiştir.

4. TARTIŞMA

Ortodontik tedavinin istenmeyen yan etkilerinin en önemlilerinden bir tanesi kuvvetler karşısında diş köklerinde oluşan rezorpsiyondur. Dişlerin kemik içinde hareket etmeleri için kemiğin rezorbe olması fakat köklerin bütünlüğünü koruması gerekmektedir. Fakat gerçekte ortodontik tedavi görmüş bütün dişlerde mikroskobik seviyelerde de olsa kök rezorpsiyonu gözlenir.

Kök rezorpsiyonundan literatürde ilk kez Bates tarafından 1856 yılında bahsedilmiştir. Konunun ortodontik diş hareketiyle olan ilişkisini tespit eden ve histolojik çizimleriyle birlikte yayımlayan Sandstedt (Sandstedt 1905) ve peşinden Ottolengui (Ottolengui 1914) olmuştur. Ortodontik tedavinin sebep olduğu rezorpsiyonla ilgili ilk klinik çalışmaları 1927 ve 1929 yılında Ketcham yayımlamıştır. Tedavi öncesi ve sonrasını radyografik olarak kıyaslayarak ortodontik tedavi sonucunda meydana gelen kök rezorpsiyonunu oranlarıyla birlikte ortaya koymuştur. Fakat yazar ikinci çalışmasında bazı hastalarda tedavi öncesinde de kök rezorpsiyonuna benzer bulgular görüldüğünü ileri sürmüştür ve bu sebeple ortodontik tedavi ve kök rezorpsiyonunun neden-sonuç ilişkisine şüpheyile yaklaşmıştır (Ketcham 1927; Ketcham 1929).

Oppenheim ise ortodontik tedavinin her zaman kök rezorpsiyonuna sebep olduğunu ileri sürmüştür. Rezorpsiyon miktarının kök uygulanan tedavinin şekli ile değiştiğini belirtmiştir. Oppenheim, kök rezorpsiyonunun azaltılması için tedavinin daima çok hafif kuvvetlerle ve uzun sürelerle yayılarak yapılması gerektiğini ileri sürmüştür (Oppenheim 1942).

Son zamanlarda yapılan çalışmalar incelendiğinde bilginiz dahilinde, mikro-bilgisayarlı tomografi cihazı kullanılarak artan ve azalan palatinal yönlü kuvvetlerin sebep olduğu kök rezorpsiyon miktarlarını karşılaştıran bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu tez çalışmasının amacı, üst çenede birinci premolar dişlere palatinal yönlü kuvvet uygulanan hastalarda artan ve azalan kuvvetlerin kök yüzey rezorpsiyonu miktarına etkilerini mikro-bilgisayarlı tomografi cihazı kullanılarak kıyaslanması ve literatürdeki sonuçlarla karşılaştırılmasıdır.

4.1. Bireylerin Tartışılması

Çalışmamızda üst birinci premolar dişlerine çekim endikasyonu konulmuş olan 14 hasta kullanılmıştır. Bu sayede her hastada 14 ve 24 numaralı dişler dahil edilecek şekilde toplam 28 premolar diş üzerinden inceleme yapılmıştır. Çalışmamız planlanırken istenilen güce ulaşmak için gereken örneklem sayısının belirlenmesinde G*Power güç analizi yapılmıştır. Her bir grupta 14 hasta olacak şekilde artan kuvvet ve azalan kuvvet olmak üzere toplamda 28 dişten oluşan iki grup oluşturulması planlanmıştır. Çalışmamıza 4 erkek, 10 kadın bireyden olmak üzere toplam 14 birey dahil edilmiştir. Çalışmaya katılan 10 kadın hastanın yaş ortalaması (13,90) ile 4 erkek hastanın yaş ortalaması (14,25) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p=0,772>0,05$). Çalışmada yer alan hastaların en küçüğü 12, en büyüğü 16 yaşındadır.

Büyüme ve gelişim çağında hastaların kök gelişimi devam etmekte olan dişleri köklerde meydana gelen boyut değişiklikleri sebebiyle yanlış ölçümlere yol açabilmektedir (Linge ve Linge 1991). Hastaların üst birinci premolar dişlerindeki kök gelişimleri radyografik olarak kontrol edilmiş ve kök gelişimi henüz tamamlanmamış dişler çalışmaya dâhil edilmemiştir.

Ortodontik kuvvetler sonucu oluşan kök rezorpsiyonunun miktarı, daha önce tedavi görmüş bireylerde uygulanan kuvvetler sebebiyle değişebileceği için çalışmamıza daha önce herhangi bir ortodontik tedavi görmemiş bireyler dâhil edilmiştir.

Çalışmamıza dâhil edilen üst birinci premolar dişlerin çekilerek mikro-bilgisayarlı tomografi cihazı ile taranması gerektiğinden, katılımcılar üst anterior bölgede yer gereksinimi olan ya da prognati süperiora bağlı Sınıf II sagittal anomalisi bulunan ve bu sebepler ile üst birinci premolar dişlerinin çekim endikasyonu olan hastalar arasından seçilmiştir.

Literatürdeki çalışmalara baktığımızda ortodontik tedavi sebebiyle meydana gelebilecek kök rezorpsiyonu miktarlarının alerjilere, sistemik hastalıklara, ilaç kullanımına ve sigara kullanımına bağlı olarak farklılık gösterebileceği belirtilmiştir (Sae-Lim ve ark 1998; Kale 2005; Murata ve ark 2013). Bu nedenle, tedaviye dâhil edilme kriterlerine hastanın bilinen hiçbir alerjisi veya sistemik hastalığının bulunmaması, ilaç kullanmıyor olması ve sigara içmemesi şartları eklenmiştir.

Çalışmamız için tasarlanan apareyin bir tarafı giderek artan kuvvetler uygularken, diğer tarafı ise giderek azalan kuvvet uyguladığı için çalışmamız prospektif split mouth bir çalışma olarak tasarlanmıştır. Artan ve azalan kuvvetler için sağ-sol seçimleri rastgele olacak şekilde yapılmıştır. Hastalardan 7 tanesi için sağ tarafta artan, sol tarafta azalan kuvvet uygulanırken; diğer 7 tanesi için sol tarafta artan, sağ tarafta azalan kuvvet uygulanmıştır.

Çalışmada kullanılan kayıtlar; kuvvet uygulaması öncesi alınmış ölçülerden elde edilmiş alçı modeller, kuvvet uygulaması sonrası alınmış ölçülerden elde edilmiş alçı modeller ve dişler çekildikten sonra alınmış mikro-BT görüntüleridir.

Literatürde ortodontik tedavi sonrası görülen kök rezorpsiyonunda cinsiyetin etkisi oldukça tartışmalıdır. Bazı çalışmalar cinsiyetin herhangi bir etkisi olmadığını ileri sürerken (Linge ve Linge 1991; Sameshima ve Sinclair 2001a; Zhang ve ark 2005), bazı çalışmalar da kadınlarda daha fazla rezorpsiyon görüldüğünü ortaya koymuştur (Kjaer 1995; Jiang ve ark 2003). Bu sonuçların tam aksine Newman, Spurrier ve ark, Baumrind ve ark gibi yazarlar ise erkek hastalarda daha fazla kök rezorpsiyonunun görüldüğünü rapor etmişlerdir (Newman 1975; Spurrier ve ark 1990; Baumrind ve ark 1996). Bu tutarsız sonuçlar sebebiyle çalışmamızda incelenecek kriterlere cinsiyet farkı dahil edilmemiş ve katılımcılarda kadın-erkek eşitliği aranmamıştır.

4.2. Yöntemin Tartışılması

Kök rezorpsiyonunun ortodontik tedavinin istenmeyen bir yan etkisi olduğunun keşfedildiği günden bu zaman dek rezorpsiyonu engelleyici veya rezorpsiyonun miktarını azaltıcı yöntemler aranmaktadır. Uygulanan kuvvetin özellikleriyle ilgili yapılabilecek değişiklikler bu konuda yapılan araştırmalarda büyük bir yer tutmaktadır. Kuvvetin türü, yönü, büyüklüğü ve süresi gibi değişkenler kök rezorpsiyonu ve steril nekroz gibi istenmeyen etkilere doğrudan sebep teşkil edebilmektedir. Histolojik olarak kuvvetin yönü periodontal ligamentin iki bölgeye ayrılmasına sebep olur. Bunlar gerilim ve sıkışma bölgeleridir. Özellikle sıkışma bölgesindeki basıncın miktarı bölgenin kanlanması engelleyecek seviyelere ulaştığında hiyalinizasyon dokusu denen nekrotik bölgeler oluşmakta ve bu durum istenmeyen etkilerin oluşumuna zemin hazırlanmış olmaktadır. Bu sebeple ideal kuvvet miktarının tartışıldığı ilk zamanlardan itibaren hafif kuvvetlerin daha

güvenli olduğu vurgulanmıştır (Schwarz 1932; Oppenheim 1942). Ancak diş hareketinin hızlandırılması yoluyla tedavi sürelerinin kısaltılması konusundaki talep sebebiyle yan etkileri azaltan çok düşük kuvvetler ile diş hareketini hızlandıran nispeten yüksek kuvvetler arasındaki fayda-zarar dengesini inceleyen araştırmalar yapılmaya devam etmiştir.

Owman-Moll 1995 yılında 144 yetişkin hasta üzerinde yaptığı çalışmada üst birinci veya ikinci premolar dişlere bukkal yönlü kuvvet uygulamıştır. Çalışmada 50 gram, 100 gram ve 200 gram olmak üzere 3 farklı şiddetteki kuvvetin etkileri karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre kök rezorpsiyonu miktarı ile diş hareketi hızı arasında herhangi bir korelasyon olmadığı görülmüştür. Kuvvet 50 gramdan 100 grama çıkartıldığında diş hareketi hızında veya kök rezorpsiyonu miktarında herhangi fark bulunmamıştır. Kuvvetin 50 gramdan 200 grama çıkartılması durumunda diş hareketi hızı artarken, kök rezorpsiyonu miktarının değişmediği görülmüştür (Owman-Moll 1995).

Owman-Moll ve arkadaşlarının düşük ve yüksek kuvvetlerin diş hareketi hızı ve kök rezorpsiyonu miktarına etkilerini inceledikleri 8 hasta (6 erkek, 2 kız) dahil edilen split mouth tasarımı çalışmalarında üst birinci premolar dişlere 7 hafta boyunca bir tarafta 50 gram diğer tarafta 200 gram kuvvet uygulamışlardır. Çalışma sonucunda yüksek kuvvet uygulanan tarafta diş hareketinin %50 daha fazla olduğunu fakat kök rezorpsiyon miktarının düşük kuvvet tarafıyla aynı olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca hem diş hareket hızında, hem de kök rezorpsiyonu miktarında aynı kuvvetler kullanılan hastalar arasındaki bireysel varyasyonların oldukça yüksek olduğu görülmüştür (P Owman-Moll ve ark 1996).

Literatürde kademeli olarak artan kuvvetlerin kök rezorpsiyonuna etkilerinin ölçüldüğü hayvan çalışmaları mevcuttur. Öncelikle düşük kuvvetlerin uygulanması, peşinden kuvvetin arttırılmasının rezorpsiyon miktarını azalttığını gösteren Tomizuka ve ark. 55 rat üzerinde yaptıkları çalışmalarında mıknatıslardan yararlanarak başlangıçta uyguladıkları hafif kuvvetleri zaman içinde 4 kat arttırmış ve kök rezorpsiyonunun bu durumdan nasıl etkilendiğini gözlemlemişlerdir. Sonuçlara bakıldığında hafif kuvvetle başlanarak 4 kata kadar arttırılan kuvvetin kontrol grubuna kıyasla rezorpsiyon miktarını arttırmaksızın diş hareketini hızlandırdığı görülmüştür. Ayrıca sıkışma bölgesi histolojik olarak da incelenmiş ve düşük seviyelerde

başlayarak sonradan artan kuvvetlerin hiyalinizasyon dokusunun miktarını azalttığı tespit edilmiştir (Tomizuka ve ark 2007).

Sabit tedavide kullanılan ark tellerinin başlangıçta seviyelenmemiş olan dişlere uyguladığı kuvvetlerin başlangıçta daha yüksek olup, dişler seviyelendikçe azaldığı düşünülürse her bir seans kendi içinde değerlendirildiğinde rutin ortodontik sabit tedavide daha ziyade azalan kuvvetlerin uygulanmakta olduğu anlaşılır. Aynı durum ağız içi şartlarda başlangıç kuvvetini zamanla kaybeden intermaksiller ve intramaksiller elastikler için de geçerlidir. Buradan anlaşılmaktadır ki çalışmaların işaret ettiğine göre olumlu etkileri daha fazla olan kuvvet çeşidi giderek artan kuvvetler olsa da rutin ortodontik sabit tedavide klinik olarak uygulanan kuvvetler daha ziyade giderek azalan kuvvetlerdir. Bu düşüncelerle bizim çalışmamızda artan ve azalan kuvvetlerin kök rezorpsiyonuna ve diş hareketi miktarına etkileri karşılaştırılmıştır.

Paetyangkul ve arkadaşları 10 hastanın alt ve üst birinci premolarlarına 12 hafta boyunca bir tarafta 25 gram, diğer tarafta 225 gram bukkal yönlü kuvvet uygulamış ve kök rezorpsiyon miktarının kuvvetin miktarı ile doğru orantılı olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmanın diğer bir sonucu yüksek kuvvet tarafında diş hareketinin düşük kuvvet tarafının yaklaşık 2 katı olduğu şeklindedir. Ayrıca çalışmada üst premolarların, alt premolarlara göre anlamlı miktarda daha fazla kök rezorpsiyonuna yatkın olduğu raporlanmıştır (Paetyangkul ve ark 2009). Biz de kendi çalışmamızda bu sebeple çekim endikasyonu konulmuş olan üst birinci premolar dişleri dahil etmeyi tercih ettik.

Rezorpsiyon çalışmalarının çoğunda üst premolar dişleri bukkal yönde tippinge uğratan mekanizmalar kullanılmıştır (Paetyangkul ve ark 2009; Karadeniz ve ark 2011; Aras ve ark 2012). Bütün çalışmalarda birinci molarlara uygulanan tüplerden mezial yönde uzanan kuvvet kolu birinci premolarların bukkal yüzeyine kadar ulaşmakta ve kuvveti bu kısıtlı mesafede aktive edilerek sağlamaktadır. Dolayısıyla çalışma esnasında oluşabilecek diş hareketlerinden dolayı kuvvet kolundaki kuvvet azalmakta ve sabit bir kuvvet elde edilememektedir (Ballard ve ark 2009b). Ayrıca birinci premolarların köklerinin bukkal kortikal kemiğe yakın olması sebebiyle bukkal yönde devrilme esnasında kökün genişçe bir yüzeyinin kortikal kemiğe yaslanma ihtimali vardır. Bu durumda çalışmanın sonuçları etkilenebileceği için köklere paralel bir kortikal kemik duvarının bulunmadığı palatinal yön bizce bu tür çalışmalar için daha uygundur. Bu düşüncelerle

çalışmamızda özgün bir aparey tasarlanarak hem birinci molarlardan distal yönde uzanan 3 sarmallı bir zemberekten sonra meziale yönelen uzun kuvvet kollarıyla diş hareketinin kuvvete etkisi azaltılmış, hem de palatinal yönlü devirme hareketi kullanılarak köklerin kortikal kemiğe yaslanmasının önüne geçilmiştir.

Ho ve arkadaşları 11 hastanın 4'er adet birinci premolar dişine aynı büyüklük ve yöndeki kuvveti aynı süre ile uygulamış, sonrasında kökleri mikro-BT cihazı ile incelemişlerdir. Mikro-BT görüntüleri üzerinden bilgisayar yazılımı yardımıyla rezorpsiyon kraterlerinin hacimlerinin hesaplandığı çalışmada, sağ ve sol taraftaki premolarlarda benzer miktarda kök rezorpsiyonu oluştuğunu tespit etmişlerdir. Bu sonuçlara göre rezorpsiyon çalışmalarında sağ ve sol dişlerin karşılıklı kontrol grubu olarak kullanıldığı split mouth tasarımı çalışmaları yapılmasının uygun olduğunu ifade etmişlerdir (Ho ve ark 2011).

Daha önce bahsedildiği gibi kök rezorpsiyonu multifaktöriyel bir patolojidir. Tamamen aynı ortodontik kuvvet protokolleri uygulansa bile rezorpsiyon miktarları bireyler arasında anlamlı derecede farklılıklar göstermektedir (P Owman-Moll ve ark 1996; Paetyangkul ve ark 2009). Bu durumun sebepleri arasında genetik ve sistemik pek çok faktör sayılabilir (Engström ve ark 1988; Sameshima ve Sinclair 2001b). Bu gibi bireyler arası farkların sonuçlar üzerindeki etkilerini en aza indirebilmek maksadıyla, çalışmamızda aynı hastanın sağ ve sol üst birinci premolar dişleri aynı anda kullanılmıştır. Çalışmamız bu sebeple Ho ve arkadaşlarının (Ho ve ark 2011) kök rezorpsiyonu çalışmaları için önerdiği şekilde split mouth tasarımı bir çalışmadır.

Sandstedt'in bir asırdan eski makalesiyle ortodontik kuvvetlerin kök rezorpsiyonuna sebep olduğunu ispat etmesinden beri pek çok araştırmacı bu konuyla ilgilenmiştir (Sandstedt 1905).

Yapılan çalışmalarda sağlıklı bir sonuç elde edilmesi için kök rezorpsiyonunun doğru şekilde teşhisinin önemi büyüktür. Literatürde histolojik ve radyografik pek çok teşhis yöntemi kullanılmıştır. Radyografik teşhis yöntemleri arasında periapikal, lateral sefalometrik, panoramik radyografiler, elektron mikroskobu ve farklı tomografi çeşitleri vardır.

Kennedy ve arkadaşları periapikal filmlerden (Kennedy ve ark 1983). Hendrix ve arkadaşları panoramik filmlerden yararlanarak köklerde rezorpsiyonu kaynaklı kısılmayı araştırmışlardır (Hendrix ve ark 1994).

Periapikal radyografi paralel teknik kullanılarak alındığında daha yüksek çözünürlüklü olması ve boyutsal bozulmaların daha az olduğu görüntüler vermesi sebebiyle avantajlı iken (Leach ve ark 2001), panoramik radyograflar da tek seferde bütün dentisyonu görüntülemeye izin vermesi, düşük radyasyon dozu ve ağzını açamayan hastalarda da kullanılabilmesi sebebiyle avantajlıdır. Ancak her iki yöntem de iki boyutlu olması sebebiyle rezorpsiyonun detaylı olarak incelenmesine ve hacim hesaplarına elverişli değildir (Brezniak ve Wasserstein 1993b; McNab ve ark 2000).

Laux ve ark radyografinin tek başına kök rezorpsiyonunun morfolojisini incelemek için yeterince hassas ve yeterli olmadığını, detaylı bir incele yapılabilmesi için kesitlerin ışık mikroskobu altında incelenmesi suretiyle ilave histolojik teşhis metotlarının kullanılmasının faydalı olduğunu belirtmiştir (Laux ve ark 2000).

Gerçek manada hacimsel değerlendirme için elektron mikroskobu, konfokal mikroskop ve çeşitli tomografi yöntemleri çalışmalarda kullanılmıştır. Elektron mikroskobu (SEM) ile alınan yüksek çözünürlüklü ve 3 boyutlu görüntülerin, 2 boyutlu görüntülerde görünmeyen rezorpsiyon kraterlerini net bir şekilde tespit etmeye imkan sağladığı 1981 yılında Barber ve Sims'in çalışmasıyla ortaya konmuştur (Barber ve Sims 1981). Bunu takiben pek çok araştırmacı bu yöntemi kullanmıştır. Weiland lazer taramalı konfokal mikroskop kullanılarak yaptığı bir çalışmada rezorpsiyon kraterlerinin derinliğini, çapını, hacmini üç boyutlu olarak tespit edebilmiştir (Weiland 2003).

Bilgisayarlı tomografi (BT) Hounsfield tarafından geliştirilmiş bir görüntüleme yöntemidir. Bu yöntemde X ışını anatomik yapıların kesitsel görüntüsünü elde etmek için kullanılır (Hounsfield 1973). Detaylı ve üç boyutlu görüntüler elde edilebilmesi sebebiyle oldukça avantajlı görünen bu yöntemin yüksek radyasyon dozu, maliyeti ve görüntüleme bölgesindeki metallerin kaliteyi olumsuz etkileyişi dezavantajlarıdır.

Konik ışımlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) son yıllarda giderek popüler hale gelen bir görüntüleme tekniğidir. Hastanın başının etrafında 360 derece dönen x ışını kaynağı ve onun tam

karşısında eş zamanlı olarak dönen alan detektörü bulunmaktadır. Meydana gelen kesitsel görüntüler bilgisayar tarafından birleştirilir ve bölgenin üç boyutlu hacimsel bir görüntüsü ortaya çıkartılır. KIBT ile panoramik radyografi karşılaştırıldığında, KIBT daha yüksek çözünürlükte ve üç boyutlu görüntü vermekte fakat panoramik radyografiye kıyasla hastaya 4-15 kat daha fazla radyasyon dozu vermektedir (Scarfe ve ark 2006). Üç boyutlu taramalar için kullanılan BT ile KIBT kıyaslandığında ise KIBT'in radyasyon dozunun daha düşük olması ve kısa sürede elde edilmesi önemli avantajlarıdır (Schulze ve ark 2004; Scarfe ve Farman 2008).

Son yıllarda kök rezorpsiyonu çalışmalarında daha yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edebilmek amacıyla mikro-bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) kullanılmaya başlamıştır. Bu yöntem in vivo görüntüleme yöntemlerine değilse de histolojik incelemelere iyi bir alternatif olmuştur. Dişlerin histolojik incelemesi için 3 hafta sürebilen dehidrasyon, boyanma ve kesitlere ayrılma gibi işlemlere gerek kalmadan, dişin bütünlüğünü koruyarak, kısa sürede, oldukça yüksek çözünürlükte incelenmesini sağlayan mikro-BT bu konuda altın standart olarak kabul edilmektedir (Yip ve ark 2004; Harris ve ark 2006).

Rezorpsiyon hacimlerinin tespiti için mikro-BT ile görüntüleme insanlarda in vivo olarak kullanılamamaktadır. Görüntüleme için dişlerin çekilmesi ve mikro-BT cihazına yerleştirilmesi gerekmektedir (Wang ve ark 2011). Bu sebeple mikro-BT ile yapılan görüntülemelerde hasta herhangi bir şekilde radyasyona maruz kalmamaktadır. Biz de çalışmamızda altın standart olarak gösterilen mikro-BT ile görüntüleme yöntemini kullanarak kök rezorpsiyonu miktarlarını çekilmiş dişlerin yüksek çözünürlüklü görüntüleri üzerinden inceledik.

Çalışmamızda kuvvet uygulandıktan sonra çekilmiş premolar dişlerden mikro tomografi cihazı ile alınan yüksek çözünürlüklü 2 boyutlu kesitsel görüntüler, Mimics yazılımı (Materialise NV, Leuven, Belgium) ile birleştirilerek getirilerek 3 boyutlu görüntüler haline getirilmiştir. Mimics programında 3 boyutlu görüntüler küçük boyutlardaki üçgenlerin bir araya getirilmesiyle oluşturulmaktadır. Bu üçgenlerin belirli koordinat düzlemlerinde dizilmesiyle meydana getirilen üçgen prizmalar sayesinde 3 boyutlu bir model ortaya çıkartılmıştır. Hacim ölçümleri bu üçgen prizmaların toplanmasıyla yapılmaktadır.

Öncelikle dişlerin rezorbe olmuş halinin toplam hacmi hesaplanmış daha sonra dişlerin rezorpsiyon öncesi durumlarındaki hacimlerinin belirlenmesi amacıyla görüntülerin işlenmesine

geçilmiştir. Köklerin düz yüzeyleri üzerinde belirgin olarak görülebilen rezorpsiyon kraterleri program ile doldurularak dişlerin rezorpsiyon öncesi sağlam durumları sanal olarak elde edilmiştir. Dişlerin sağlam hacimleri ile rezorpsiyona uğramış durumdaki hacimlerinin farkı alınarak rezorpsiyon miktarı milimetreküp (mm³) cinsinden tespit edilmiştir. Çalışmamızın tasarımına göre hastalara uygulanacak radyasyon dozuyla ilgili etik hassasiyet ve mikro-BT cihazının yalnızca in-vitro kullanılabilmesi sebebiyle başlangıç hacimleri çalışma öncesinde ölçülmemiştir. Literatürdeki mikro-BT ile yapılmış pek çok kök rezorpsiyonu çalışmasında olduğu gibi bizim çalışmamızda da başlangıç hacimleri görüntülerin işlenmesiyle sanal olarak sonradan elde edilmiştir (Harris ve ark 2006; Ballard ve ark 2009a; Cheng ve ark 2009; Deane ve ark 2009; Jiménez Montenegro ve ark 2012; Eross ve ark 2015).

Rezorpsiyonun kökün neresinde daha fazla olduğunu tespit edebilmek için her bir diş kökü bukkal, lingual şeklinde transversal olarak 2; apikal, orta ve servikal şeklinde vertikal olarak 3 bölgeye ayrılmıştır. Bu şekilde her kök için toplam 6 bölge elde edilmiştir. Çalışmamızda kuvvetler dişlere bukkopalatinal yönde etki ettiği için mezial ve distal olarak bölgelendirme yapılmamıştır. Bu sayede çalışmanın sadeleştirilmesi hedeflenmiştir.

4.3. Bulguların Tartışılması

Dişlere kuvvet uygulanan 9 haftanın sonunda bütün dişlerde farklı miktarlarda da olsa belirgin rezorpsiyon kraterleri oluşmuştur. Artan kuvvet ve azalan kuvvet taraflarında dişler aynı kuvvetlere maruz kalmış olmasına rağmen bireyler arasındaki rezorpsiyon miktarlarında varyasyonlar görülmüştür. Yapılan benzer çalışmalarda bireysel faktörlerin dişlere uygulanan kuvvetlerden ve kuvvetin süresinden bile oluşan rezorpsiyonun miktarında daha belirleyici olabileceği belirtilmiştir (Py Owman-Moll ve ark 1996; P Owman-Moll ve ark 1996). Bizim çalışmamızın bulgularına da bakıldığında benzer mekanik etkenler altında hem azalan kuvvetler için, hem de artan kuvvetler için rezorpsiyon miktarlarında bireysel farklılıklar görülmektedir. Bu durum bazı bireylerin rezorpsiyona daha yatkınken, bazı bireylerin de rezorpsiyona karşı doğal bir dirence sahip olduğu şeklinde yorumlanabilir.

Tipping hareketinde kuvvet uygulanan dişin rotasyon merkezinin koronalinde kalan kökün servikal bölgede kuvvet yönünde, rotasyon merkezinin apikalinde kalan kök ucu bölgede ise kuvvetin tersi yönde sıkışma bölgeleri oluşmaktadır (Lindauer ve Denis Britto 2000) Bukkal tipping hareketiyle ilgili literatürdeki çalışmalarda da görüleceği gibi servikal bölgenin bukkal yüzeyinde ve apikal bölgenin lingual yüzeyinde rezorpsiyon miktarı diğer bölgelere göre daha fazla bulunmaktadır.

Darendeliler ve ark 2004 yılında yayımladıkları çalışmalarında premolar dişlere bukkal yönde tipping hareketi yaptırarak rezorpsiyon bölgelerini incelemişlerdir. Çalışmada yoğunluklu olarak servikal üçlünün bukkal yüzeyinde ve apikal üçlünün lingual yüzeyinde rezorpsiyon görüldüğünü raporlanmıştır (Darendeliler et al., 2004).

Chan ve ark elektron mikroskopuyla kök rezorpsiyonunu inceledikleri çalışmalarında dişlere tipping hareketi yaptırmış ve rezorpsiyon bölgelerini tespit etmişlerdir. Çalışmada servikal bölgenin bukkalinde ve apikal bölgenin lingualinde diğer bölgelerden yüksek miktarda rezorpsiyon olduğu görülmüştür (Chan ve Darendeliler 2005).

Weiland yaptığı split mouth tasarımı çalışmada premolarlara bir tarafta paslanmaz çelik teller kullanarak, diğer tarafta ise süperelastik teller kullanarak bukkal tipping hareketi yaptırmış ve rezorpsiyon miktarlarını çekilmiş dişler üzerinden lazer taramalı konfokal mikroskop kullanarak karşılaştırmıştır. Çalışmada bölgelere göre rezorpsiyon miktarları değerlendirildiğinde apikal ve orta üçlüde servikal üçlüye kıyasla daha çok rezorpsiyon olduğunu raporlanmıştır. Ayrıca diş hareketi miktarlarına bakıldığında sürekli olarak aynı kuvveti uygulayan süperelastik tellerin, kuvveti başlangıçta yüksek olup diş hareketiyle beraber azalan paslanmaz çelik tellere göre daha fazla diş hareketine neden olduğu belirtilmiştir (Weiland 2003).

Özkalaycı yayımladığı split mouth tasarımı Mikro-BT çalışmasında, devamlı ve kesikli kuvvetlerin rezorpsiyona etkilerini incelemiş ve devamlı kuvvetlerin daha güvenli olduğu sonucuna varmıştır. Çalışmada benzer çalışmalarla aynı şekilde kuvvetin uygulanma yönü olan bukkal kök yüzeyinde daha fazla rezorpsiyon olduğu tespit edilmiştir. Bölgelere vertikal olarak bakıldığında ise en fazla rezorpsiyon orta üçlüde görülürken, bunu sırasıyla servikal ve apikal üçlü takip etmektedir (Özkalaycı, 2010).

Aras ve ark yaptıkları split mouth tasarımı çalışmada aralıklı ve devamlı kuvvetler kullanarak premolar dişlerde oluşturduğu bukkal yönlü hareketinin rezorpsiyon miktarına etkilerini incelemiştir. Mikro-BT kullanılarak yapılan analizde toplam diş hacmi değerlendirildiğinde devamlı kuvvetlerin aralıklı kuvvetlere göre daha fazla rezorpsiyona neden olduğu görülmüştür. Bölgelere ayrılarak yapılan değerlendirmede ise iki tarafta da aynı mekanik düzenek kullanıldığı halde farklı bölgelerde yoğunlaşan rezorpsiyon kraterlerine rastlanmıştır. Özellikle devamlı kuvvet tarafında servikal bölgenin bukkal yüzeyinde, aralıklı kuvvet tarafına göre daha fazla rezorpsiyon görülmüştür. Çalışmada bu durum kuvvetlerin özellikle sıkışma bölgelerindeki kanlanmanın kesilmesi sebebiyle periodontal dokuyu nekroza uğratarak hiyalinizasyon dokusu oluşturucu etkileri ile açıklanmıştır. Her bir çalışma grubu kendi içinde değerlendirildiğinde bazı gruplarda en yüksek rezorpsiyon orta üçlüde görülürken, bazı gruplarda servikal üçlüde görülmüştür. Bütün grupların ortak noktası servikal bölgede apikal bölgeden daha fazla rezorpsiyon görülmesidir (Aras ve ark 2012). Bu durum tipping hareketinin doğası gereği kökün servikal kısmında, rotasyon merkezinin apikalinde kalan kök ucuna göre daha fazla sıkışma kuvveti oluşması ile açıklanabilir.

Rygh yayımladığı elektron mikroskobu çalışmasında kökün apikal bölümünün rezorpsiyona karşı diğer bölgelere göre daha dayanıksız olduğunu belirtmiştir. Çalışmaya göre, apikal bölgedeki daha düşük yoğunluklu olan hücreli sement tabakanın üzerindeki sementoid doku diğer bölgelerdekinden daha incedir. Bu da kökün apikal bölümünün rezorpsiyona daha meyilli olmasında sebep olmaktadır (Rygh, 1977).

Literatür araştırıldığında görülmektedir ki hızlı üst çene genişletmesinin kök rezorpsiyonuna etkilerinin incelendiği çalışmalarda rezorpsiyon miktarı en fazla kökün orta üçlüsünde bulunmaktadır (Çolak 2012; Yıldırım 2017). Dişlerin kronlarının bir akrilik kaideyle kaplandığı ve bu sayede mümkün olduğunca tipping hareketinin engellenmeye çalışıldığı hızlı üst çene genişletme apareyleri ile yapılan çalışmalarda, kuvvetlerin kökün orta üçlüsünde yoğunlaşması sebebiyle bu bölgede en yüksek miktarda rezorpsiyon görülmesi makuldür. Gerçek bir tipping hareketinde ise kuvvetlerin rotasyon merkezine göre en fazla servikal ve apikal bölgelerde yoğunlaşması beklenirken bazı tipping çalışmalarında (Özkalaycı 2010; Aras ve ark 2012) kökün orta üçlüsünde en fazla rezorpsiyon görülmesi ilgi çekicidir. Çalışmalarda kullanılan düzeneklerin resimleri incelendiğinde bu durumun, bukkal kuvvet uygulayan köşeli tellerin premolar dişler üzerindeki braketlerin slotuna oturtulması sebebiyle gerçek bir tipping

hareketinden ziyade paralel harekete benzer bir hareketin görülmesinden ve bu sayede periodontal bölgedeki sıkışmaların kökün orta üçlüsünde yoğunlaşmasından kaynaklı olarak gerçekleştiği düşünülebilir. Bizim çalışmamızda kuvvet kolları tork kuvvetlerinden kaçınmak için slota oturtulmadan ligatür teliyle bağlanmış ve bu sayede gerçek bir tipping hareketi hedeflenmiştir.

Çalışmamızda önceki tipping çalışmalarına benzer şekilde artan ve azalan kuvvet taraflarında rezorpsiyon kraterlerinin apikal ve servikal üçlü bölgelerinde yoğunlaştığı görülmüştür (Darendeliler ve ark 2004; Chan ve Darendeliler 2005). Vertikal olarak değerlendirildiğinde iki grup için de rezorpsiyon miktarları yüksekte düşüğe doğru sırasıyla apikal (Artan: 0,430 mm³, Azalan: 0,495 mm³), servikal (Artan: 0,368 mm³, Azalan: 0,477 mm³) ve orta (Artan: 0,196 mm³, Azalan: 0,293 mm³) üçlü bölgelerdedir. Rezorpsiyon kraterlerinin apikal ve servikal bölgede yoğunlaşması daha önce yapılan tipping çalışmalarının sonuçlarına benzerdir. Horizontal olarak değerlendirildiğinde ise her ne kadar lingual ve bukkal bölgelerdeki durum diğer çalışmaların sonuçlarıyla ters çıkmış gibi görünse de bunun sebebi gayet basittir. Örnek gösterilen tipping çalışmalarının tamamında dişler bukkal istikamette kuvvet uygulanarak hareket ettirilirken bizim çalışmamızda tipping hareketinin yönü palatinaldir. Dolayısıyla hem önceki çalışmalarda hem de bizim çalışmamızda dişlerin maruz kaldığı kuvvetin yönüyle aynı taraftaki kök yüzeyinin daha fazla rezorpsiyona uğradığı ve sonuçların birbiriyle uyumlu olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışmanın ilgi çekici sonuçlarından biri her iki tarafta da aynı [Kuvvet X Zaman] miktarı uygulandığı halde yalnızca kuvvetlerin artan veya azalan türde farklılık göstermesinin rezorpsiyon bölgelerinde meydana getirdiği farktır. Azalan kuvvet tarafında (0,293 mm³) artan kuvvet tarafındaki (0,196 mm³) rezorpsiyon miktarlarına bakıldığında orta üçlüde anlamlı derecede farklılık tespit edilmiştir. Ayrıca artan kuvvet tarafında en yüksek rezorpsiyon SL (serviko-lingual) bölgesinde görülürken, azalan kuvvet tarafında AB (apiko-bukkal) bölgesinde görülmüştür. Bu durum periodontal dokudaki sıkışmanın azalan kuvvet grubunda daha apikale kaydığı şeklinde yorumlanabilir. Bu da sadece mekanik perspektiften düşünülürse non-newtonian akışkanlardaki (Acrivos 1976) yüksek kuvvet karşısında artan sönümleme özelliği sebebiyle rotasyon merkezinin daha koronale taşındığı düşüncesini akla getirmektedir.

Başka bir izah olarak servikal üçlüdeki hücresiz sementin, apikal üçlüdeki hücreli sementten daha mineralize olması gösterilebilir (Selvig ve Selvig 1962). Mineral oranlarındaki

farklılıklar sebebiyle bölgelerin kemik esnekliğinin farklı olmasının da katkısıyla oluşan hiyalinizasyon dokusunun ortadan kaldırılma süreleri farklılık gösterebilir. Aynı zamanda sement dokusunun esnekliği de sabit kalmayarak farklı ortodontik kuvvetler karşısında değişim göstermektedir (Srivicharnkul ve ark 2005). Kuvvet protokollerine göre farklı bölgelerde farklı miktarlarda oluşan nekrotik kemik dokusu ve buna bağlı hücre çeşitlerindeki farklılıkların rezorpsiyon miktarlarını etkilemesi doğaldır. Bu da rezorpsiyonun en fazla gerçekleştiği bölgelerin artan ve azalan kuvvet tarafları için farklılık göstermesinin bir başka izahıdır.

Çalışmamızdaki diş hareket miktarlarına baktığımızda artan kuvvet tarafında (1,335 mm) azalan kuvvet tarafına (0.779 mm) kıyasla anlamlı derecede daha fazla diş hareketi gerçekleştiği görülmektedir. Weiland'ın benzer çalışmasında da sürekli olarak aynı kuvveti uygulayan süperelastik tellerin, kuvveti başlangıçta yüksek olup diş hareketiyle beraber azalan paslanmaz çelik tellere göre daha fazla diş hareketine neden olduğu raporlanmıştır (Weiland 2003).

Hücrel bir perspektiften bakarsak rezorpsiyon bölgelerinde düşük kuvvetlerin hiyalinizasyon dokuları oluşturmadan başlattığı direk kemik rezorpsiyonu için toplanmış osteoklastların, kuvvet kademeli olarak arttırıldığında bölgedeki daha hızlı kemik yıkımına adeta bir ön hazırlık durumunda olmaları sebebiyle daha hızlı diş hareketine izin vereceği düşünülebilir. Tomizuka ve arkadaşlarının 2006 yılında yayımladıkları artan kuvvetlerin etkilerinin araştırıldığı çalışmalarında, kuvvetlerin önce düşük seviyelerde başlayıp sonra giderek arttırılmasının diş hareketi miktarını arttırıcı etkisi olduğu belirtilmiştir (Tomizuka ve ark 2006). Bu durum bizim çalışmamızın bulgularıyla uyumludur.

4.4. Çalışmanın Limitasyonları

Çalışma esnasında kullanılan apareyin ankraj aldığı birinci molarların sabitlenmesi için TPA kullanılmıştır. Diş hareketine bağlı kuvvet kollarındaki yükün olabildiğince az etkilenmesi için 3 sarmallı zembek ve benzer çalışmalara göre daha uzun kuvvet kolları kullanılmıştır. Fakat oklüzyon yükseltilerinin sebep olacağı ağız açıklığında artışa bağlı yanakların baskısında artış, buna karşın yutkunma esnasında dilin kuvvet kollarına teması sonucu oluşabilecek baskıların

kuvvetin devamlılığını kısa süreli olarak etkilemesi gibi faktörler sebebiyle teorik olarak istenen kuvvet ağız içine farklı şekilde aktarılmış olabilir. Her ne kadar taraflar arasındaki bireysel farkları en aza indirmek amaçlı split mouth tasarımı kullanıldıysa da katılımcıların tespit edilememiş olan asimetrik çiğneme alışkanlıkları da kuvvet dağılımını etkilemiş olabilir. Katılımcı sayısı bireysel farklılıkların sonuçlar üzerindeki etkilerini ortadan kaldırmak için daha yüksek olmalıdır.

Çalışmanın süresi uzatılarak kuvvet aralığı genişletildiğinde farklı sonuçlar elde edilmesi muhtemeldir. Ayrıca daha homojen bir kuvvet değişimi için aktifleme işlemi daha fazla seansa yayılmalıdır.

Bunun dışında kök ucu rezorpsiyon miktarları değerlendirilirken krater şeklinin ötesinde kök sınırlarını tamamıyla değiştirici boyutta rezorpsiyonların tespiti mikro-BT görüntülerinin işlenmesiyle mümkün olmamaktadır. Bu durumun üstesinden gelinmesi için çalışma öncesi ağız içi mikro-BT görüntüler alınmalıdır. Mikro-BT görüntüleme henüz in vivo uygulanamasa da teorik olarak mümkündür. Bu konu hakkında hayvan çalışmaları mevcuttur (Badea ve ark 2008).

Bunlar çalışmamızın limitasyonlarıdır. Artan ve azalan kuvvetlerin etkilerinin kök rezorpsiyonuna etkilerinin değerlendirilmesi için daha yüksek katılımıyla ve kuvvet aralığı arttırılıp, aktiflenme aşamaları daha kısa aralıklara bölünerek benzer çalışmalar yapılmasının faydalı olacağını düşünüyoruz.

5. SONUÇLAR

Bu tez çalışması dahilinde elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

Diş hareket miktarları karşılaştırıldığında artan kuvvet grubunda azalan kuvvet grubuna göre anlamlı derecede fazla diş hareketi olduğu tespit edilmiştir.

Horizontal olarak incelendiğinde her iki grupta da lingual bölgede bukkal bölgeye göre daha fazla rezorpsiyon görülmüştür.

Vertikal olarak incelendiğinde her iki grupta da en yüksek rezorpsiyon miktarı sırasıyla apikal ve servikal uçlüde görülürken, en düşük rezorpsiyon orta uçlüde görülmüştür.

Artan kuvvet grubu için en yüksek rezorpsiyon SL bölgesinde görülürken, azalan kuvvet grubunda AB bölgesinde görülmüştür.

Bu bulguların tamamı kontrolsüz tipping hareketinin kök üzerinde oluşturduğu sıkışma bölgeleriyle uyumludur.

Toplam kök hacmi değerlendirildiğinde azalan kuvvet grubundaki rezorpsiyon miktarı daha yüksek bulunmuştur fakat bu fark istatistiksel olarak anlamlı düzeyde değildir. Bu sebeple sıfır hipotezi kabul edilmiştir.

Çalışmanın geneli değerlendirildiğinde artan kuvvetlerin sebep olduğu kök rezorpsiyonu miktarı daha düşük olduğu halde diş hareketi miktarı daha yüksek olduğu için azalan kuvvetlere göre daha avantajlı olduğu görülmektedir.

6. ÖZET

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ DEKANLIĞI

KADEMELİ OLARAK ARTAN VE AZALAN KUVVETLERİN KÖK REZORPSİYONUNA ETKİLERİNİN MİKRO-BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE KIYASLANMASI

“Mehmet Emre METİN”

Ortodonti Anabilim Dalı

UZMANLIK TEZİ / KONYA-2018

Bu çalışmanın amacı, üst birinci premolar dişlerine bir tarafta kademeli olarak artan, diğer tarafta ise kademeli olarak azalan kuvvetler uygulanan hastalarda meydana gelen kök yüzey rezorpsiyonu miktarlarının mikro-bilgisayarlı tomografi cihazı ile karşılaştırılmasıdır.

Çalışmamıza 14-24 nolu dişlerinin çekim endikasyonu bulunan, 12-16 yaş aralığında, 14 hasta dahil edilmiştir. Kuvvet uygulaması için dişlere palatinal yönlü tipping hareketi yaptıracak özgün bir aparey tasarımı kullanılmıştır. Toplamda 9 hafta boyunca her 3 haftada bir kuvvet değişikliği yapılarak artan ve azalan kuvvetler uygulanmış ve bu sürecin sonunda dişler çekilmiştir. Sonrasında çekilen dişlerden mikro-bilgisayarlı tomografi (Scanco Medical μ CT 50, Bassersdorf, Switzerland) görüntüleri alınmış ve Mimics bilgisayar yazılımı (Materialise NV, Leuven, Belgium) kullanılarak rezorpsiyon kraterlerinin hacimleri hesaplanmıştır. Çalışmada ayrıca diş hareketi miktarları da karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada Shapiro Wilk, Anova, Kruskal Wallis ve Mann Whitney-U testlerinden yararlanılmıştır.

Çalışmamızın sonucunda, artan kuvvet grubunda anlamlı derecede fazla diş hareketi olduğu tespit edilmiştir. Horizontal olarak incelendiğinde her iki grupta da lingual bölgede bukkal bölgeye göre daha fazla rezorpsiyon görülmüştür. Vertikal olarak incelendiğinde her iki grupta da en yüksek rezorpsiyon miktarı sırasıyla apikal ve servikal üçlüde görülürken, en düşük rezorpsiyon orta üçlüde görülmüştür. Artan kuvvet grubu için en yüksek rezorpsiyon SL bölgesinde görülürken, azalan kuvvet grubunda AB bölgesinde görülmüştür. Bu bulgular genel olarak kontrolsüz tipping hareketinin kök üzerinde oluşturduğu periodontal sıkışma bölgeleriyle uyumludur.

Sonuç olarak toplam kök hacmi değerlendirildiğinde azalan kuvvet grubundaki rezorpsiyon miktarı daha yüksek bulunmuştur fakat bu fark istatistiksel olarak anlamlı düzeyde değildir. Çalışmanın geneli değerlendirildiğinde artan kuvvetlerin sebep olduğu kök rezorpsiyonu miktarı daha düşük olduğu halde diş hareketi miktarı daha yüksek olduğu için azalan kuvvetlere göre daha avantajlı olduğu görülmektedir.

Anahtar Sözcükler: *Artan Kuvvetler, Azalan Kuvvetler, Kök rezorpsiyonu, Tipping, Mikro-bilgisayarlı tomografi*

7. SUMMARY

REPUBLIC of TURKEY

SELCUK UNIVERSITY

FACULTY of DENTISTRY

COMPARISON OF THE EFFECTS OF GRADUALLY INCREASING AND DECREASING FORCES ON ROOT RESORPTION BY MICRO-COMPUTED TOMOGRAPHY

“Mehmet Emre METİN”

Department of Orthodontics

THE SPECIALIZATION THESIS/ KONYA-2018

The aim of this study is to compare the amount of root resorption of upper first premolars in the patients treated with gradually decreasing forces on one side, and gradually increasing forces on the other side, with a micro-computed tomography device.

Our study includes 14 patients aged between 12-16 who are indicated for both upper first premolars extraction. For the application of force, an original appliance design is used to provide palatal tipping movement to the teeth. For a total of 9 weeks, accordingly a force increase or decrease was made every 3 weeks. Then, micro-computed tomography (Scanco Medical venCT 50, Bassersdorf, Switzerland) images were taken from the extracted teeth and the volumes of resorption craters were calculated using Mimics software (Materialize NV, Leuven, Belgium). In the study, the amount of tooth movement for both sides were also compared. For statistical analysis, Shapiro Wilk, Anova, Kruskal Wallis and Mann Whitney-U tests were used in this study.

As a result of our study, it was determined that the amount of tooth movement in the increasing force group was significantly higher. When examined horizontally, both groups had more resorption in the lingual region than buccal region. The highest rate of resorption in both groups was seen in the apical and cervical thirds of the roots, while the lowest resorption was seen in the middle third. The highest resorption was found in the cervico-lingual region for the increasing force group and in the apico-buccal region for the decreasing force group. These findings are generally consistent with the periodontal stress zones formed by uncontrolled tipping movement of the root.

In conclusion, when the total root volume was taken into consideration, the amount of resorption in the decreasing force group was found to be higher but this difference was not statistically significant. When the overall study is evaluated, it is seen that although the amount of root resorption caused by the increasing forces is lower, it is more advantageous than the decreasing forces since the amount of tooth movement is higher.

Key Words: *Increasing forces, Decreasing forces, Root resorption, Tipping, Micro-computed tomography*

8. KAYNAKLAR

- Acrivós, A. 1976. Non-Newtonian Fluids. *Science* 191(4230): 942–942. doi: 10.1126/science.191.4230.942-a.
- Al-Qawasmi, R. A., J. K. Hartsfield, E. T. Everett, L. Flury, L. Liu, T. M. Foroud, J. V. Macri, ve W. E. Roberts. 2003. Genetic predisposition to external apical root resorption. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 123(3): 242–252. doi: 10.1067/mod.2003.42.
- Aras, B., L. L. Cheng, T. Turk, S. Elekdag-Turk, A. S. Jones, ve M. A. Darendeliler. 2012. Physical properties of root cementum: Part 23. Effects of 2 or 3 weekly reactivated continuous or intermittent orthodontic forces on root resorption and tooth movement: A microcomputed tomography study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 141(2). American Association of Orthodontists: e29–e37. doi: 10.1016/j.ajodo.2011.07.018.
- Badea, C. T., M. Drangova, D. W. Holdsworth, ve G. A. Johnson. 2008. In vivo small-animal imaging using micro-CT and digital subtraction angiography. *Physics in medicine and biology* 53(19). NIH Public Access: R319-50. doi: 10.1088/0031-9155/53/19/R01.
- Ballard, D. J., A. S. Jones, P. Petocz, ve M. A. Darendeliler. 2009a. Physical properties of root cementum: Part 11. Continuous vs intermittent controlled orthodontic forces on root resorption. A microcomputed-tomography study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 136(1). American Association of Orthodontists: 8.e1-8.e8. doi: 10.1016/j.ajodo.2007.07.026.
- Ballard, D. J., A. S. Jones, P. Petocz, ve M. A. Darendeliler. 2009b. Physical properties of root cementum: Part 11. Continuous vs intermittent controlled orthodontic forces on root resorption. A microcomputed-tomography study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 136(1): 8.e1-8.e8. doi: 10.1016/j.ajodo.2007.07.026.
- Barber, A. F., ve M. R. Sims. 1981. Rapid maxillary expansion and external root resorption in man: A scanning electron microscope study. *American Journal of Orthodontics* 79(6): 630–652. doi: 10.1016/0002-9416(81)90356-0.
- BarKana, I., A. S. Narayanan, A. Grosskop, N. Savion, ve S. Pitaru. 2000. Cementum Attachment Protein Enriches Putative Cementoblastic Populations on Root Surfaces in vitro. *Journal of Dental Research* 79(7): 1482–1488. doi: 10.1177/00220345000790070901.
- Baumrind, S., E. L. Korn, ve R. L. Boyd. 1996. Apical root resorption in orthodontically treated adults. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics* 110(3): 311–20.
- Becks, H., ve J. A. Marshall. 1932. Resorption or Absorption?***From the George Williams Hooper Foundation and the College of Dentistry, University of California.Approved by the Committee on Nomenclature of the Faculty of the College of Dentistry, University of California, January, 1932.This discussion developed from the necessity of bringing about uniformity in the use of one or the other term in scientific dental publications and is also intended to assist in the problem of education of dental students. *The Journal of the American Dental Association* (1922) 19(9). Elsevier: 1528–1537. doi: 10.14219/jada.archive.1932.0185.

- Bishara, S. E., L. Vonwald, ve J. R. Jakobsen. 1999. Changes in root length from early to mid-adulthood: resorption or apposition? *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics* 115(5): 563–8.
- Bister, D., ve M. C. Meikle. 2013. Re-examination of “Einige Beiträge zur Theorie der Zahnregulierung” (Some contributions to the theory of the regulation of teeth) published in 1904-1905 by Carl Sandstedt. *European Journal of Orthodontics* 35(2): 160–168. doi: 10.1093/ejo/cjs007.
- Bosshardt, D. D., ve H. E. Schroeder. 1994. How repair cementum becomes attached to the resorbed roots of human permanent teeth. *Acta anatomica* 150(4): 253–66.
- Boyle, W. J., W. S. Simonet, ve D. L. Lacey. 2003. Osteoclast differentiation and activation. *Nature* 423(6937): 337–342. doi: 10.1038/nature01658.
- Brezniak, N., ve A. Wasserstein. 1993a. Root resorption after orthodontic treatment: Part 1. Literature review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 103(1): 62–66. doi: 10.1016/0889-5406(93)70106-X.
- Brezniak, N., ve A. Wasserstein. 1993b. Root resorption after orthodontic treatment: Part 2. Literature review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 103(2): 138–146. doi: 10.1016/S0889-5406(05)81763-9.
- Brezniak, N., ve A. Wasserstein. 2002a. Orthodontically Induced Inflammatory Root Resorption. Part I: The Basic Science Aspects. *Angle Orthodontist*. doi: 10.1043/0003-3219(2002)072<0175:OIIRRP>2.0.CO;2.
- Brezniak, N., ve A. Wasserstein. 2002b. Orthodontically induced inflammatory root resorption. Part II: The clinical aspects. *The Angle orthodontist* 72(2): 180–4. doi: 10.1043/0003-3219(2002)072<0180:OIIRRP>2.0.CO;2.
- Brudvik, P., ve P. Rygh. 1995. The repair of orthodontic root resorption: an ultrastructural study. *The European Journal of Orthodontics* 17(3). Oxford University Press: 189–198. doi: 10.1093/ejo/17.3.189.
- Chan, E., ve M. A. Darendeliler. 2005. Physical properties of root cementum: Part 5. Volumetric analysis of root resorption craters after application of light and heavy orthodontic forces. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 127(2): 186–195. doi: 10.1016/j.ajodo.2003.11.026.
- Cheng, L. L., T. Türk, S. Elekdağ-Türk, A. S. Jones, P. Petocz, ve M. A. Darendeliler. 2009. Physical properties of root cementum: Part 13. Repair of root resorption 4 and 8 weeks after the application of continuous light and heavy forces for 4 weeks: A microcomputed-tomography study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 136(3): 1–10. doi: 10.1016/j.ajodo.2008.05.014.
- Çolak, C. 2012. Hızlı ve Yavaş Üst Çene Genişletmesinde Destek Dişlerdeki Kök Rezorpsiyonunun Değerlendirmesi: Mikro-BT Çalışması. Ondokuz Mayıs Üniversitesi.
- Darcey, J., ve A. Qualtrough. 2013. Resorption: part 1. Pathology, classification and aetiology. *British Dental Journal* 214(9): 439–451. doi: 10.1038/sj.bdj.2013.431.

- Darendeliler, M. A., O. P. Kharbanda, E. K. M. Chan, P. Srivicharnkul, T. Rex, M. V. Swain, A. S. Jones, ve P. Petocz. 2004. Root resorption and its association with alterations in physical properties, mineral contents and resorption craters in human premolars following application of light and heavy controlled orthodontic forces. *Orthodontics and Craniofacial Research* 7(2): 79–97. doi: 10.1111/j.1601-6343.2004.00281.x.
- Deane, S., A. S. Jones, P. Petocz, ve M. A. Darendeliler. 2009. Physical properties of root cementum: Part 12. The incidence of physiologic root resorption on unerupted third molars and its comparison with orthodontically treated premolars: A microcomputed-tomography study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 136(2). American Association of Orthodontists: 148.e1-148.e9. doi: 10.1016/j.ajodo.2009.03.010.
- Dindaroğlu, F., ve S. Doğan. 2016. Root Resorption in Orthodontics. *Turkish Journal of Orthodontics* 88: 103–108. doi: 10.5152/TurkJOrthod.2016.16021.
- Engström, C., G. Granström, ve B. Thilander. 1988. Effect of orthodontic force on periodontal tissue metabolism. A histologic and biochemical study in normal and hypocalcemic young rats. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics* 93(6): 486–95.
- Eross, E., T. Turk, S. Elekdag-Turk, F. Cakmak, A. S. Jones, A. Végh, A. K. Papadopoulou, ve M. A. Darendeliler. 2015. Physical properties of root cementum: Part 25. Extent of root resorption after the application of light and heavy buccopalatal jiggling forces for 12 weeks: A microcomputed tomography study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 147(6): 738–746. doi: 10.1016/j.ajodo.2015.01.021.
- Fuss, Z., I. Tsesis, ve S. Lin. 2003. Root resorption--diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors. *Dental traumatology : official publication of International Association for Dental Traumatology* 19(4): 175–82.
- Goldie, R. S., ve G. J. King. 1984. Root resorption and tooth movement in orthodontically treated, calcium-deficient, and lactating rats. *American journal of orthodontics* 85(5): 424–30.
- Gunst, V., A. Mavridou, B. Huybrechts, G. Van Gorp, L. Bergmans, ve P. Lambrechts. 2013. External cervical resorption: An analysis using cone beam and microfocus computed tomography and scanning electron microscopy. *International Endodontic Journal* 46(9): 877–887. doi: 10.1111/iej.12073.
- Han, J., ve H. He. 2015. Expression and function of osteogenic genes runt-related transcription factor 2 and osterix in orthodontic tooth movement in rats. *International journal of clinical and experimental pathology* 8(9). e-Century Publishing Corporation: 11895–900.
- Han, J., X. Xu, B. Zhang, B. Chen, ve W. Hang. 2015. Expression of ATF4 and RUNX2 in periodontal tissue of pressure side during orthodontic tooth movement in rat. *International journal of clinical and experimental medicine* 8(1). e-Century Publishing Corporation: 934–8.
- Harris, D. A., A. S. Jones, ve M. A. Darendeliler. 2006. Physical properties of root cementum: Part 8. Volumetric analysis of root resorption craters after application of controlled intrusive light and heavy orthodontic forces: A microcomputed tomography scan study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 130(5): 639–647. doi: 10.1016/j.ajodo.2005.01.029.

- Harris, E. F., ve W. C. Baker. 1990. Loss of root length and crestal bone height before and during treatment in adolescent and adult orthodontic patients. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics* 98(5): 463–9.
- Harris, E. F., Q. C. Robinson, ve M. A. Woods. 1993. An analysis of causes of apical root resorption in patients not treated orthodontically. *Quintessence international (Berlin, Germany : 1985)* 24(6): 417–28.
- Hendrix, I., C. Carels, A. M. Kuijpers-Jagtman, ve M. Van 'T Hof. 1994. A radiographic study of posterior apical root resorption in orthodontic patients. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 105(4): 345–349. doi: 10.1016/S0889-5406(94)70128-8.
- Hill, P. A. 1998. Bone remodelling. *British Journal of Orthodontics* 25(2): 101–107. doi: 10.1093/ortho/25.2.101.
- Ho, C., T. Türk, S. Elekdağ-Türk, A. S. Jones, P. Petocz, L. L. Cheng, M. A. Darendeliler, ve M. A. Darendeliler. 2011. Physical properties of root cementum: Part 19. Comparison of the amounts of root resorption between the right and left first premolars after application of buccally directed heavy orthodontic tipping forces. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 140(1): e49–e52. doi: 10.1016/j.ajodo.2010.02.034.
- Hofbauer, L. C., D. L. Lacey, C. R. Dunstan, T. C. Spelsberg, B. L. Riggs, ve S. Khosla. 1999. Interleukin-1beta and tumor necrosis factor-alpha, but not interleukin-6, stimulate osteoprotegerin ligand gene expression in human osteoblastic cells. *Bone* 25(3): 255–9.
- Hofbauer, L. C., S. Khosla, C. R. Dunstan, D. L. Lacey, W. J. Boyle, ve B. L. Riggs. 2000. The Roles of Osteoprotegerin and Osteoprotegerin Ligand in the Paracrine Regulation of Bone Resorption. *Journal of Bone and Mineral Research* 15(1): 2–12. doi: 10.1359/jbmr.2000.15.1.2.
- Hounsfield, G. N. 1973. Computerized transverse axial scanning (tomography): Part 1. Description of system. *The British Journal of Radiology* 46(552): 1016–1022. doi: 10.1259/0007-1285-46-552-1016.
- Jiang, R., D. Zhang, ve M. Fu. 2003. [A factors study of root resorption after orthodontic treatment]. *Zhonghua kou qiang yi xue za zhi = Zhonghua kouqiang yixue zazhi = Chinese journal of stomatology* 38(6): 455–7.
- Jiménez Montenegro, V. C., A. Jones, P. Petocz, C. Gonzales, ve M. A. Darendeliler. 2012. Physical properties of root cementum: Part 22. Root resorption after the application of light and heavy extrusive orthodontic forces: A microcomputed tomography study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 141(1): 9–12. doi: 10.1016/j.ajodo.2011.06.032.
- Jung, Y.-H., ve B.-H. Cho. 2011. External root resorption after orthodontic treatment: a study of contributing factors. *Imaging Science in Dentistry* 41(1): 17. doi: 10.5624/isd.2011.41.1.17.
- Kale, S. 2005. Ortodontik Tedaviye Bağlı Kök Rezorpsiyonları. *Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Dergisi* 29(4 (A)). Ankara: 94–103.

- Karadeniz, E. I., C. Gonzales, O. Nebioglu-Dalci, D. Dwarte, T. Turk, D. Isci, A. M. Sahin-Saglam, H. Alkis, S. Elekdag-Turk, ve M. A. Darendeliler. 2011. Physical properties of root cementum: Part 20. Effect of fluoride on orthodontically induced root resorption with light and heavy orthodontic forces for 4 weeks: A microcomputed tomography study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 140(5). American Association of Orthodontists: e199–e210. doi: 10.1016/j.ajodo.2011.05.017.
- Kennedy, D. B., D. R. Joondeph, S. K. Osterberg, ve R. M. Little. 1983. The effect of extraction and orthodontic treatment on dentoalveolar support. *American journal of orthodontics* 84(3): 183–90.
- Ketcham, A. H. 1927. A Radiographic Study of Orthodontic Tooth Movement: A Preliminary Report. *The Journal of the American Dental Association (1922)* 14(9). Elsevier: 1577–1598. doi: 10.14219/jada.archive.1927.0310.
- Ketcham, A. H. 1929. A progress report of an investigation of apical root resorption of vital permanent teeth. *International Journal of Orthodontia, Oral Surgery and Radiography* 15(4). Elsevier: 310–328. doi: 10.1016/S0099-6963(29)90554-8.
- Kjaer, I. 1995. Morphological characteristics of dentitions developing excessive root resorption during orthodontic treatment. *European journal of orthodontics* 17(1): 25–34.
- Lasfargues, J. J., ve J. L. Saffar. 1993. Inhibition of prostanoid synthesis depresses alveolar bone resorption but enhances root resorption in the rat. *The Anatomical Record* 237(4): 458–465. doi: 10.1002/ar.1092370404.
- Laux, M., P. V. Abbott, G. Pajarola, ve P. N. R. Nair. 2000. Apical inflammatory root resorption: a correlative radiographic and histological assessment. *International Endodontic Journal* 33(6). Wiley/Blackwell (10.1111): 483–493. doi: 10.1046/j.1365-2591.2000.00338.x.
- Leach, H. A., A. J. Ireland, ve E. J. Whaites. 2001. Radiographic diagnosis of root resorption in relation to orthodontics. *British dental journal* 190(1): 16–22.
- Lindauer, S. J., ve A. Denis Britto. 2000. Biological response to biomechanical signals: Orthodontic mechanics to control tooth movement. *Seminars in Orthodontics* 6(3). W.B. Saunders: 145–154. doi: 10.1053/SODO.2000.8081.
- Linge, L., ve B. O. Linge. 1991. Patient characteristics and treatment variables associated with apical root resorption during orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 99(1): 35–43. doi: 10.1016/S0889-5406(05)81678-6.
- Mah, J., ve N. Prasad. 2004. Dentine phosphoproteins in gingival crevicular fluid during root resorption. *European journal of orthodontics* 26(1): 25–30.
- Masella, R. S., ve M. Meister. 2006. Current concepts in the biology of orthodontic tooth movement. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 129(4): 458–468. doi: 10.1016/j.ajodo.2005.12.013.
- Maués, C. P. R., R. R. do Nascimento, ve O. de V. Vilella. 2015. Severe root resorption resulting from orthodontic treatment: prevalence and risk factors. *Dental press journal of orthodontics* 20(1). Dental Press International: 52–8. doi: 10.1590/2176-9451.20.1.052-058.oar.

- McNab, S., D. Battistutta, A. Taverne, ve A. L. Symons. 2000. External apical root resorption following orthodontic treatment. *The Angle orthodontist* 70(3): 227–32. doi: 10.1043/0003-3219(2000)070<0227:EARRFO>2.0.CO;2.
- Mirabella, A. D., ve J. Artun. 1995. Prevalence and severity of apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. *European journal of orthodontics* 17(2): 93–9.
- Murata, N., H. Ioi, M. Ouchi, T. Takao, H. Oida, R. Aijima, T. Yamaza, ve M. A. Kido. 2013. Effect of Allergen Sensitization on External Root Resorption. *Journal of Dental Research* 92(7): 641–647. doi: 10.1177/0022034513488787.
- Nakamura, I., N. Takahashi, E. Jimi, N. Udagawa, ve T. Suda. 2012. Regulation of osteoclast function. *Modern Rheumatology* 22(2). Springer Japan: 167–177. doi: 10.1007/s10165-011-0530-8.
- Ne, R. F., D. E. Witherspoon, ve J. L. Gutmann. 1999. Tooth resorption. *Quintessence international (Berlin, Germany : 1985)* 30(1): 9–25.
- Newman, W. G. 1975. Possible etiologic factors in external root resorption. *American Journal of Orthodontics* 67(5). Elsevier: 522–539. doi: 10.1016/0002-9416(75)90298-5.
- Norton, L. A. 2000. Fundamental principles of the biology of tooth movement. *Seminars in Orthodontics* 6(3). Elsevier: 139–144. doi: 10.1053/sodo.2000.8080.
- Oppenheim, A. 1942. Human tissue response to orthodontic intervention of short and long duration. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 28(5). Elsevier: 263–301. doi: 10.1016/S0096-6347(42)90492-7.
- Ottolengui, R. 1914. The physiological and pathological resorption of tooth roots. *Dent Items of Int.* 36: 332–355.
- Owman-Moll, P. 1995. Orthodontic tooth movement and root resorption with special reference to force magnitude and duration. A clinical and histological investigation in adolescents. *Swed Dent J Suppl* 105: 1–45.
- Owman-Moll, P., ve Kurol. 1998. Root Resorption pattern during orthodontic tooth movement in adolescents, Biological Mechanisms of Tooth Eruption, Resorption and Replacement by Implants. *Harvard Society for the Advancement of Orthodontics*. Mass: 415–424.
- Owman-Moll, P., J. Kurol, ve D. Lundgren. 1996. Effects of a doubled orthodontic force magnitude on tooth movement and root resorptions. An inter-individual study in adolescents. *European Journal of Orthodontics* 18(2): 141–150. doi: 10.1093/ejo/18.2.141.
- Owman-Moll, P., J. Kurol, ve D. Lundgren. 1996. The effects of a four-fold increased orthodontic force magnitude on tooth movement and root resorptions. An intra-individual study in adolescents. *European journal of orthodontics* 18(3): 287–94.
- Özkalaycı, N. 2010. Ortodontik kök rezorpsiyonunda sürekli ve kesikli kontrollü ortodontik kuvvetlerin etkilerinin incelenmesi. *Doktora tezi*. doi: 10.13140/RG.2.1.4563.7606.
- Paetyangkul, A., T. Türk, S. Elekdağ-Türk, A. S. Jones, P. Petocz, ve M. A. Darendeliler. 2009. Physical properties of root cementum: Part 14. The amount of root resorption after force application for 12 weeks on maxillary and mandibular premolars: A microcomputed-tomography study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 136(4): 1–9. doi: 10.1016/j.ajodo.2009.03.008.

- Parker, R. J., ve E. F. Harris. 1998. Directions of orthodontic tooth movements associated with external apical root resorption of the maxillary central incisor. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics* 114(6): 677–83.
- Peck, S. 2009. The contributions of Edward H. Angle to dental public health. *Community dental health* 26(3): 130–1.
- Persson, M. 2005. A 100th anniversary: Sandstedt's experiments on tissue changes during tooth movement. *Journal of Orthodontics* 32(1): 27–28. doi: 10.1179/146531205225020760.
- Proffit, W., H. Fields, ve D. Sarver. 2007. *Contemporary Orthodontics*. St Louis. doi: 10.1038/sj.bdj.2012.829.
- Reitan, K. 1964. Effects Of Force Magnitude And Direction Of Tooth Movement On Different Alveolar Bone Types*. *The Angle Orthodontist*. doi: 10.1043/0003-3219(1964)034<0244:EOFMAD>2.0.CO;2.
- Reitan, K. 1967. Clinical and histologic observations on tooth movement during and after orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics*. doi: 10.1016/0002-9416(67)90118-2.
- Ren, Y., J. C. Maltha, ve A. M. Kuijpers-Jagtman. 2003. Optimum force magnitude for orthodontic tooth movement: A systematic literature review. *Angle Orthodontist*. doi: 10.1043/0003-3219(2003)073<0086:OFMFOT>2.0.CO;2.
- Roberts-Harry, D., ve J. Sandy. 2004. PRACTICE Orthodontics. Part 11: Orthodontic tooth movement. *BRITISH DENTAL JOURNAL Journal* 196(196): 391–394. doi: 10.1038/sj.bdj.4811129.
- Sae-Lim, V., C. Y. Wang, ve M. Trope. 1998. Effect of systemic tetracycline and amoxicillin on inflammatory root resorption of replanted dogs' teeth. *Endodontics & dental traumatology* 14(5): 216–20.
- Sameshima, G. T., ve K. O. Asgarifar. 2001. Assessment of Root Resorption and Root Shape: Periapical vs Panoramic Films. *Angle Orthodontist* 71(3): 185–189. doi: 10.1043/0003-3219(2001)071<0185:AORRAR>2.0.CO;2.
- Sameshima, G. T., ve P. M. Sinclair. 2001a. Predicting and preventing root resorption: Part I. Diagnostic factors. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 119(5): 505–510. doi: 10.1067/mod.2001.113409.
- Sameshima, G. T., ve P. M. Sinclair. 2001b. Predicting and preventing root resorption: Part II. Treatment factors. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 119(5): 511–515. doi: 10.1067/mod.2001.113410.
- Sandstedt, C. 1901. Några bidrag till tendregleringens teori. *Kungl Boktryckeriet*.
- Sandstedt, C. 1904. Einige Beiträge zur Theorie der Zahnregulierung. *Nordisk Tandläkare Tidskrift* 5: 236–256.
- Sandstedt, C. 1905. Einige Beiträge zur Theorie der Zahnregulierung. *Nordisk Tandläkare Tidskrift* 5: 141–168.
- Sandy, J. R., R. W. Farndale, ve M. C. Meikle. 1993. Recent advances in understanding mechanically induced bone remodeling and their relevance to orthodontic theory and practice. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 103(3): 212–222. doi: 10.1016/0889-5406(93)70002-6.

- Scarfe, W. C., ve A. G. Farman. 2008. What is Cone-Beam CT and How Does it Work? *Dental Clinics of North America* 52(4): 707–730. doi: 10.1016/j.cden.2008.05.005.
- Scarfe, W. C., A. G. Farman, ve P. Sukovic. 2006. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *Journal (Canadian Dental Association)* 72(1): 75–80.
- Schulze, D., M. Heiland, H. Thurmann, ve G. Adam. 2004. Radiation exposure during midfacial imaging using 4- and 16-slice computed tomography, cone beam computed tomography systems and conventional radiography. *Dentomaxillofacial Radiology* 33(2): 83–86. doi: 10.1259/dmfr/28403350.
- Schwarz, A. M. 1932. Tissue changes incidental to orthodontic tooth movement. *International Journal of Orthodontia, Oral Surgery and Radiography* 18(4). Mosby: 331–352. doi: 10.1016/S0099-6963(32)80074-8.
- Selvig, K. A., ve S. K. Selvig. 1962. Mineral Content of Human and Seal Cementum. *Journal of Dental Research* 41(3): 624–632. doi: 10.1177/00220345620410031501.
- Shirazi, M., A. R. Dehpour, ve F. Jafari. 1999. The effect of thyroid hormone on orthodontic tooth movement in rats. *The Journal of clinical pediatric dentistry* 23(3): 259–64.
- Spurrier, S. W., S. H. Hall, D. R. Joondeph, P. A. Shapiro, ve R. A. Riedel. 1990. A comparison of apical root resorption during orthodontic treatment in endodontically treated and vital teeth. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 97(2): 130–134. doi: 10.1016/0889-5406(90)70086-R.
- Srivicharnkul, P., O. P. Kharbanda, M. V. Swain, P. Petocz, ve M. A. Darendeliler. 2005. Physical properties of root cementum: Part 3. Hardness and elastic modulus after application of light and heavy forces. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 127(2): 168–176. doi: 10.1016/j.ajodo.2003.12.021.
- Tengku, B. S., B. K. Joseph, D. Harbrow, A. A. Taverne, ve A. L. Symons. 2000. Effect of a static magnetic field on orthodontic tooth movement in the rat. *European journal of orthodontics* 22(5): 475–87.
- Tomizuka, R., H. Kanetaka, Y. Shimizu, A. Suzuki, K. Igarashi, ve H. Mitani. 2006. Effects of Gradually Increasing Force Generated by Permanent Rare Earth Magnets for Orthodontic Tooth Movement. *The Angle Orthodontist* 76(6): 1004–1009. doi: 10.2319/071805-237.
- Tomizuka, R., Y. Shimizu, H. Kanetaka, A. Suzuki, S. Urayama, M. Kikuchi, H. Mitani, ve K. Igarashi. 2007. Histological evaluation of the effects of initially light and gradually increasing force on orthodontic tooth movement. *Angle Orthodontist* 77(3): 410–416. doi: 10.2319/0003-3219(2007)077[0410:HEOTEO]2.0.CO;2.
- Waddington, R. J., G. Embery, ve R. H. Samuels. 1994. Characterization of proteoglycan metabolites in human gingival crevicular fluid during orthodontic tooth movement. *Archives of oral biology*. doi: 0003-9969(94)90165-1 [pii].
- Wahl Sequim, N. 2005. Orthodontics in 3 millennia. Chapter 1: Antiquity to the mid-19th century. doi: 10.1016/j.ajodo.2004.11.013.
- Wang, Y., S. He, L. Yu, J. Li, ve S. Chen. 2011. Accuracy of volumetric measurement of teeth in vivo based on cone beam computer tomography. *Orthodontics & Craniofacial Research* 14(4): 206–212. doi: 10.1111/j.1601-6343.2011.01525.x.

- Weiland, F. 2003. Constant versus dissipating forces in orthodontics: The effect on initial tooth movement and root resorption. *European Journal of Orthodontics* 25(4): 335–342. doi: 10.1093/ejo/25.4.335.
- Weinberger, B. W. 1934. Historical Résumé of the Evolution and Growth of Orthodontia**Read at the Seventy-Fifth Annual Session of the American Dental Association in conjunction with the Chicago Centennial Dental Congress, Aug. 7, 1933. *The Journal of the American Dental Association (1922)* 21(11). Elsevier: 2001–2021. doi: 10.14219/jada.archive.1934.0277.
- Yasuda, H., N. Shima, N. Nakagawa, S.-I. Mochizuki, K. Yano, N. Fujise, Y. Sato, M. Goto, K. Yamaguchi, M. Kuriyama, T. Kanno, A. Murakami, E. Tsuda, T. Morinaga, ve K. Higashio. 1998. Identity of Osteoclastogenesis Inhibitory Factor (OCIF) and Osteoprotegerin (OPG): A Mechanism by which OPG/OCIF Inhibits Osteoclastogenesis *in Vitro*¹. *Endocrinology* 139(3): 1329–1337. doi: 10.1210/endo.139.3.5837.
- Yip, G., P. Schneider, ve E. W. Roberts. 2004. Micro-computed tomography: High resolution imaging of bone and implants in three dimensions. *Seminars in Orthodontics* 10(2): 174–187. doi: 10.1053/j.sodo.2004.01.005.
- Yıldırım, M. 2017. Kemik Destekli ve Diş Destekli Hızlı Üst Çene Genişletmesi Yapılan Hastalardaki Kök Rezorpsiyonu Miktarlarının Mikro Tomografi ile Karşılaştırılması. Uzmanlık Tezi, Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi.
- Zhang, J., W. Zhang, X. Wang, S. Ma, ve D. Chen. 2005. [Correlation study between sex and age of patients and root resorption after orthodontic treatment]. *Shanghai kou qiang yi xue = Shanghai journal of stomatology* 14(5): 452–5.

9. EKLER

EK-A. Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Konya Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Kararı.

EK-B. Etik Kurul Onaylı Bilgilendirilmiş Gönüllü Onayı Formu.



KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	"Kademeli Olarak Artan ve Azalan Kuvvetlerin Kök Rezorpsiyonuna Etkilerinin Mikro-Bilgisayarlı Tomografi ile Kıyaslanması"
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	

DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili
		ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ	13.12.2016	V2
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU (HASTA)			Türkçe <input checked="" type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU (VELİ)			Türkçe <input checked="" type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>
	OLGU RAPOR FORMU	10.11.2016	01	Türkçe <input checked="" type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>
	ARAŞTIRMA BROŞÜRÜ			Türkçe <input type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı	Açıklama		
	SIGORTA	<input type="checkbox"/>		
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	<input checked="" type="checkbox"/>	28.09.2015 – Versiyon no:2	
	BIYOLOJİK MATERYEL TRANSFER FORMU	<input type="checkbox"/>		
	ILAN	<input type="checkbox"/>		
	YILLIK BİLDİRİM	<input type="checkbox"/>		
	SONUÇ RAPORU	<input type="checkbox"/>		
	GÜVENLİLİK BİLDİRİMLERİ	<input type="checkbox"/>		
	DİĞER:	<input checked="" type="checkbox"/>	Akademik amaçlı yapılacaklarına dair belge, Yayın amaçlı kullanılacağına dair belge, Çalışmacılara ait özgeçmişler, Akış Şeması, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Uzman görüşü	
KARAR BİLGİLERİ	Karar No:15	Tarih: 06.04.2017		
	Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın/çalışmanın gereke, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmada etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına oy birliği ile karar verilmiştir.			

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU	
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI	İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:	Prof. Dr. Hasibe ARTAÇ

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişki		Katılım *		İmza
Prof.Dr. Hasibe ARTAÇ	Çocuk Sağ. Ve Hast. Başkan	Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	<i>Hasibe</i>
Prof.Dr. Murat AYAZ	Biyofizik Başkan Yard.	Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	<i>Murat</i>
Prof.Dr. Jale Bengi ÇELİK	Anestezi ve Reanim. Bilgilendirme Yet. Oluşturucu üye	Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	İznil
Prof.Dr. Hülagü BARIŞKANER	Tıbbi Farmakoloji	Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	<i>Hülagü</i>
Doç.Dr. İnci KARA	Anestezi ve Reanim.	Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	Katılımlı
Doç.Dr. Melmet AKIN	Ortodonti	Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	<i>Melmet</i>

Etik Kurul Başkanı
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof.Dr. Hasibe ARTAÇ
İmza:

Hasibe



Hasibe

Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmışdır.

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	"Kademeli Olarak Artan ve Azalan Kuvvetlerin Kök Rezorpsiyonuna Etkilerinin Mikro-Bilgisayarlı Tomografi ile Kıyaslanması"
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	

Doç.Dr. Hatice TÜRK DAĞI	Tıbbi Mikrobiyoloji	Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç.Dr.Serhat TÜRKÖĞLU	Çocuk ve Ergen Ruh Sağlığı	Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Yrd.Doç.Dr. Ayhan ULUDAĞ	Sağlık Yönetimi Bölümü	Necmettin Erbakan Ü. Sağlık Bilimleri Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Yrd.Doç.Dr. Kemal Macit HİSAR	Halk Sağlığı	Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Yrd.Doç.Dr. Pembe ÖLTÜLÜ	Tıbbi Patoloji	Necmettin Erbakan Üniv. Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	Katılmadı
Av. Gülden KARAKOÇ	Avukat	Necmettin Erbakan Üniversitesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
İlhan ALDORA	Emekli Araştırmacı	Emekli	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	

*:Toplantıda Bulunma

Etik Kurul Başkanı
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof.Dr. Hasibe ARTAÇ
İmza:





Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmalıdır.

 <p>TC Sağlık Bakanlığı Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu</p>	ASGARİ BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU ÖRNEĞİ	Doküman Adı: KADB-F.23-R.00
		Yayın Tarihi: 18.04.2013
		Sayfa No: 1/3
		Onaylayan: Daire Başkanı

Siz hasta velisi olarak Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi tarafından yürütülen bu çalışmaya çocuğunuzun katılıp katılmaması hususunda tamamen serbestsiniz. Aşağıda bu çalışma ile ilgili bazı bilgiler bulacaksınız. Kendi isteğiniz doğrultusunda çocuğunuzun çalışmaya katılmasını kabul etmeme veya çalışma esnasına çalışmadan çıkmasına karar verme hakkınız vardır. Böyle bir karar Diş hekimliği Fakültesinin tedavi hizmetlerinden yararlanmanızı herhangi şekilde etkilemeyecektir. Tüm klinik muayene işlemleri ücretsiz olarak gerçekleştirilecek ve bulgular size iletilecektir.

Üst küçük azı dişlerin çekilmesiyle yapılan sabit ortodontik tedavilerde elde edilen diş boşlukları kullanılarak dişlerin uygun konumlarına getirilmesi hedeflenmektedir. Diş hareketleri esnasında görülebilen yan etkilerden biri kök yüzeylerinde bölgesel erimelerdir. Çalışmamızda çekilecek olan bu dişlerinize, hangi tür kuvvetin daha az kök erimesine sebep olacağını tesbit etmek için farklı kuvvetler uygulanacaktır. Bu kuvvetleri uygulamak için üst azı dişlerindeki bandlara tutturulan zemberekler kullanılacaktır. İlk uygulamadan 3 hafta sonra kuvvet ayarlaması yapılacaktır. Bundan 3 hafta sonra tekrar kuvvet ayarlaması yapılacaktır. Son kuvvet ayarlamasını takiben 3 hafta sonunda tedavi planlaması gereği çekilmesi planlanmış bu dişler çekilecek ve tedaviye devam edilecektir.

Çalışmanın yürütücüsü Doç. Dr. Mehmet AKIN, yardımcı yürütücü Dt. Mehmet Emre METİN'dir. İlgili kişilere 05322869562 nolu telefonla ulaşabilirsiniz. Çalışmaya katılacak bireylerin çalışma kapsamında kalacağı süre 9 haftadır. Çalışma bitiminde hastaların ortodontik tedavisine devam edilecektir.

Araştırma kapsamındaki bireylerin özel hayatını korumak amacıyla kod, güvenlik numarası vb. yöntemler uygulanacaktır. Hastalardan alınan bütün kayıtlar araştırma yürütücüsü tarafından toplu halde tutulacak ve saklanacaktır. Bütün işlemler bittikten sonra vaka uygun şekilde arşivlenecektir. Tüm hastaların kişisel bilgileri gizli tutulacaktır. Hastanın doktoru ve vakayı takip ettiği danışmanı tarafından bilgilere ulaşılabilir.

Başlangıç kayıtlarının elde edilmesi ve diğer seanslar yaklaşık 30-90 dk'dır. Hastamızın bu tedavi sonrasında devam edecek olan aktif tel tedavi süreci buna dahil değildir.



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU
ASGARİ BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

Başlangıç kayıtlarının elde edilmesi ve diğer seanslar yaklaşık 30-90 dk'dır. Hastamızın bu tedavi sonrasında devam edecek olan aktif tel tedavi süreci buna dahil değildir.

Bütün kayıtların saklanma süresi en az beş yıldır. Değerlendirme yapılan bireylerin kendi isteği doğrultusunda çalışma kapsamı dışında kalabilme hakkı vardır. Böyle bir karar Diş hekimliği Fakültesinin tedavi hizmetlerinden yararlanmanızı etkilemeyecektir.

Verilen randevu tarihlerinde kontrole gelmeyen, tüm uyarılara rağmen ağız temizliğine dikkat etmeyen ve uyum göstermeyen bireyler araştırma kapsamı dışına çıkarılacaktır. Çünkü kötü ağız hijyeni hem tedavinin seyrini etkileyerek tedavi süresini uzatmakta hem de diş çürüklerine hatta diş kayıplarına neden olmaktadır.

Çalışmaya dahil olan bireylerin çalışma ile ilgili soruları en kısa sürede yanıtlanacaktır. Sorular doğrudan araştırma yürütücüsüne ve/veya yardımcı araştırmacılara sorulabilir. Bu konuda gerekirse 0 332 223 11 74 numaralı telefonu kullanabilirsiniz.

	<p style="text-align: center;">T.C. SELÇUK ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU ASGARİ BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU</p>	
---	--	--

Yukarıdaki “ 2 “ sayfadan oluşan metni okudum. Bunlar hakkında bana yazılı ve sözlü açıklamalar yapıldı. Bu koşullar altında “Kademeli Olarak Artan ve Azalan Kuvvetlerin Kök Rezorpsiyonuna Etkilerinin Mikro-Bilgisayarlı Tomografi ile Kıyaslanması” isimli klinik araştırmaya kendi rızamla, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın katılmayı kabul ediyorum.

Bu formun imzalı bir kopyası bana verilecektir.

Katılımcı

Adı, soyadı:

Adres:

Tel.

İmza

Katılımcının velisi

Adı, soyadı:

Adres:

Tel:

İmza:

Görüşme tanığı

Adı, soyadı:

Adres:

Tel.

İmza:

Katılımcı ile görüşen hekim

Adı soyadı, unvanı: Dr. Mehmet Emre METİN

Adres: SÜ Diş Hek. Fak. Ortodonti ABD

Tel. 0 332 223 1174

İmza

10. ÖZGEÇMİŞ

25.02.1984 yılında İstanbul'un Üsküdar ilçesinde dünyaya geldi. İlköğrenimini İstanbul'un Üsküdar ilçesinde, Özel Bilfen İlköğretim Okulu'nda gördü. Orta ve lise öğrenimini, Üsküdar Hüseyin Avni Sözen Anadolu Lisesi'nde gördü. 2006 yılında Macaristan Semmelweis Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde diş hekimliği eğitimine başladı. 2011 yılında Macaristan Semmelweis Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nden dr.med.dent ünvanı alarak mezun oldu. 2014 yılında Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'nda uzmanlık eğitimine başladı. Halen aynı bölümde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır. Yabancı dili İngilizcedir.