

T.C.
İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTODONTİ ANABİLİM DALI

**MİNİ İMPLANT VE UTİLİTY ARK KULLANILARAK YAPILAN
ALT KESER İNTRÜZYONU SONRASI MEYDANA GELEN
PULPA KAN AKIM DEĞİŞİKLİĞİNİN LASER DOPPLER
FLOWMETRY (LDF) İLE DEĞERLENDİRİLMESİ VE PULPAL
KAN AKIMI DEĞİŞİMİ İLE APİKAL KÖK REZORPSİYONU
ARASINDAKİ İLİŞKİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Edvina PERE KELEBEK
ORCID ID: 0009-0002-8395-5621
DOKTORA TEZİ

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Dr. Mehmet İrfan KARADEDE

İZMİR - 2023

T.C.
İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTODONTİ ANABİLİM DALI

**MİNİ İMPLANT VE UTİLİTY ARK KULLANILARAK YAPILAN
ALT KESER İNTRÜZYONU SONRASI MEYDANA GELEN
PULPA KAN AKIM DEĞİŞİKLİĞİNİN LASER DOPPLER
FLOWMETRY (LDF) İLE DEĞERLENDİRİLMESİ VE PULPAL
KAN AKIMI DEĞİŞİMİ İLE APİKAL KÖK REZORPSİYONU
ARASINDAKİ İLİŞKİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Edvina PERE KELEBEK
ORCID ID: 0009-0002-8395-5621

DOKTORA TEZİ

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Dr. Mehmet İrfan KARADEDE

Bu tez İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 2014-TDR-SABE-0028 proje numarası ile desteklenmiştir.

İZMİR - 2023

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	ii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI.....	v
ETİK BEYAN.....	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
TABLolar.....	xiii
ŞEKİLLER.....	xiv
RESİMLER.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Problemin Tanımı ve Önemi.....	1
1.2. Araştırmanın Amacı.....	2
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Derin Kapanışın Tanımı Ve Görülme Sıklığı.....	3
2.2. Derin Kapanışın Etiyolojisi.....	4
2.2.1. İskeletsel Faktörler.....	5
2.2.2. Dental Faktörler.....	5
2.2.3. Yumuşak Doku Faktörleri.....	6
2.3. Derin Kapanışın Morfolojik Özellikleri.....	7
2.3.1. Derin Kapanışın İskeletsel Özellikleri.....	8
2.3.2. Derin Kapanışın Dento - Alveolar Özellikleri.....	8
2.4. Derin Kapanışta Nöromusküler Yapı:.....	9
2.5. Derin Kapanış ve TME Bozuklukları Arasındaki İlişki.....	10
2.6. Derin Örtülü Kapanışın Tedavi Zamanlaması ve Yöntemleri.....	11
2.6.1. Posterior Dişlerin Ekstrüzyonu.....	12
2.6.2. Kesici Dişlerin Proklinasyonu.....	13
2.6.3. Kesici dişlerin intrüzyonu.....	13
2.6.4. Cerrahi.....	13
2.7. Yumuşak Doku Değerlendirilmesi.....	14
2.7.1. İnterlabial Aralık.....	14
2.7.2. Gülme Hattı.....	14

2.7.3. Incision-Stomion Mesafesi	15
2.7.4. Dudak Uzunluğu	15
2.7.5. Dudak Tonisitesi	15
2.8. Derin Kapanışının Stabilitesini Etkileyen Faktörler	16
2.9. Keser Dişlerin İntrüzyonunda Kullanılan Mekanikler	16
2.9.1. Edgewise Teknik	17
2.9.2. Begg Teknik	17
2.9.3. Segmental İntrüzyon Arkı	17
2.9.4. Sürekli İntrüzyon Arkı	18
2.9.5. '2x4 Ark' Mekanığı	19
2.9.6. Utility Arklar ve Biyoprogresiv Tedavi	20
2.9.7. Nanda'nın Connecticut İntrüzyon Arkı (CTA)	23
2.9.8. Ağız Dışı Teknikler: J Çengelli Headgear	24
2.10. Ortodontik Mini Vidalar kullanılarak intrüzyon mekanikleri	25
2.10.1. Kesici Dişlerin İntrüzyonu İçin İmplant Lokalizasyonu	26
2.10.2. Mini implant seçimi	27
2.10.3. Keser İntrüzyonunda Mini-İmplant Kullanımı ile İlgili Çalışmalar	27
2.11. Keser İntrüzyonunda Uygulanan Kuvvet Miktarı	28
2.12. Kesici İntrüzyonu İle ilgili Çalışmalar	29
2.13. Ortodontik Tedavide Kök Rezorpsiyonu	33
2.13.1 Kök Rezorpsiyonunun Sınıflandırılması	35
2.13.2. Kök Rezorpsiyonunun Derecelendirilmesinde Kullanılan Ölçekler	36
2.13.3 Kök Rezorpsiyonuna Etki Eden Faktörler	37
2.13.4 Alt keserlerde kök rezorpsiyonu	38
2.13.5. Rezorpsiyon Miktarının Ölçümünde Kullanılan Yöntemler	38
2.14. Laser Doppler Flowmetre	41
2.14.1. Laser Doppler Flowmetre'nin Kullanım Alanları	42
2.14.2. Dişhekimliğinde Kullanımı	42
2.14.3. LDF Endikasyonları:	42
2.14.4. LDF ile ilgili çalışmalar	43
3. GEREÇ VE YÖNTEM	46
3.1. Bireyler	46
3.2. Yöntem	48
3.2.1. LDF Ölçümleri	50
3.2.2. KIBT Değerlendirmesi	52

3.2.3. KIBT Görüntülerinin Elde Edilmesi ve Mimics® Yazılım Programına Aktarılması.....	52
3.2.4. İstatistiksel Yöntem	56
4. BULGULAR.....	57
5. TARTIŞMA.....	67
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	76
7. KAYNAKLAR	77
EKLER.....	87
ÖZGEÇMİŞ	104

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi'ne verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

o Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir. (Bu seçenekte teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etmeniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, teziniz arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)

o Tezimin/Raporumun tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını istemiyorum. (İç kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) (Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.)

o Tezimin/Raporumun..... tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.

o Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi

28.07.2023

Edvina PERE KELEBEK

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Tez Danışmanım Prof. Dr. Dr. Mehmet İrfan KARADEDE danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna göre yazıldığını beyan ederim.

28.07.2023

Edvina PERE KELEBEK

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince değerli bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen, ortodontiyi daha çok sevmeme sebep olan saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Dr. Mehmet İrfan KARADEDE'ye,

Doktora eğitimime katkılarından dolayı, emeği geçen değerli hocalarım Prof. Dr. Aslı BAYSAL, Doç. Dr. İlknur VELİ, Doç. Dr. Dr. Beyza KARADEDE ÜNAL, Doç. Dr. Burçin YÜKSEL AKAN, ve Dr. Öğretim Üyesi Gökçenur GÖKÇE'ye,

Çalışmamızın istatistiksel değerlendirmeleri ve ölçümlerdeki katkılarından dolayı Doç. Dr. Ferhan ELMALI'ya,

Yıllardır birlikte bilgilerimizi paylaşarak ve keyif alarak çalıştığım tüm klinik ve fakülte arkadaşlarıma ve bizlere yardımcı olan tüm ortodonti laboratuvar ve klinik çalışanlarına,

Tez projesi kapsamında maddi olarak çalışmamızı destekleyen Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne,

Bana sevgilerini, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, hep çok çalışarak bana rol model olan, eğitimim için kendilerinden pek çok fedakarlık yapan annem, babam ve iki ablama,

Üniversite yıllarımızdan beri aynı meslek ve iş sevgisini paylaştığım, birlikte büyürken iyi günde, kötü günde benle sevinci ve hüznü paylaşan, anlayışı ve yanımda olmasından dolayı hayat arkadaşım, eşime,

Hayatımın her gününde bana yeni bir şey öğreten ve beni her gün daha iyi bir insan olmak için motive eden, umut ışığım olan canım oğluma hayatıma girdiğinden itibaren mutluluk getirdiği için sonsuz teşekkür ederim.

ÖZET

MİNİ İMPLANT VE UTİLİTY ARK KULLANILARAK YAPILAN ALT KESER İNTRÜZYONU SONRASI MEYDANA GELEN PULPA KAN AKIM DEĞİŞİKLİĞİNİN LASER DOPPLER FLOWMETRY (LDF) İLE DEĞERLENDİRİLMESİ VE PULPAL KAN AKIMI DEĞİŞİMİ İLE APİKAL KÖK REZORPSİYONU ARASINDAKİ İLİŞKİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Edvina PERE KELEBEK

**İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Ortodonti Anabilim Dalı/ Doktora Tezi, İzmir, Türkiye, 2023**

Amaç: Kök rezorpsiyonu ortodontik tedavilerde sık karşılaşılan yan etkilerden biridir. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT) kullanılarak rezorpsiyon miktarı ile ilgili net bir değer elde edilebilmektedir. Ortodontik diş hareketi sırasında periodontal ligament ve pulpa kan akımında değişiklikler meydana gelir. İntrüzyon gibi basıncın köklerin apikal uçlüsünde yoğunlaştığı hareketlerde bu değişiklikler daha fazladır ve kök kısaltmalarına da neden olabilmektedir. Bu prospektif çalışma iki farklı yöntem ile yapılan mandibular kesici diş intrüzyonunun pulpa canlılığı üzerindeki etkilerini Laser Doppler Flowmetry (LDF) yöntemi ile değerlendirip, KIBT görüntüleri kullanılarak elde edilen kök rezorpsiyonu verileri ile karşılaştırarak pulpa kan akımı ve kök rezorpsiyonu miktarı arasındaki ilişkiyi değerlendirmeyi amaçlamıştır.

Yöntem: Bu çalışmada 29 hasta 3 gruba ayrılmıştır. İlk grupta mini vida desteği ile alt keser intrüzyonu, 2. grupta ise utility ark kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İntrüze edilen dişler işlem den önce ve intrüzyon sürecinde sekiz defa olacak şekilde LDF ölçümü yapılmıştır. Dört mandibular keser dişin hacimi intrüzyondan önce ve

intrüzyon tamamlanınca KIBT görüntüleri ve Mimics yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır.

Bulgular: LDF ölçümleri değerlendirildiğinde 3. günde kontrol grubu değerleri utility ark değerlerinden yüksek ($P=0,026$) bulunmuştur. Pulpa kan akımı değerleri 3 hafta sonra utility ark grubunda minivida ve kontrol grubu ile kıyaslandığında daha düşük ($P=0,007$) bulunmuştur. 4 hafta sonra utility ark değerleri minivida değerlerinden düşük ($P=0,010$) bulunmuştur. Kök haciminde gruplar arası karşılaştırmalara göre ilk ölçüm ve son ölçümlerde grupların toplam değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Grup içi karşılaştırmalara göre Utility ark ve minivida gruplarının son ölçüm değerleri ilk ölçümlerden istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,017$; $p=0,025$). Fark değerlere göre gruptaki azalma miktarları istatistiksel olarak anlamlı çıkmamıştır.

Sonuçlar: KIBT kullanılarak dört mandibular keser dişin hacimleri 3 boyutlu olarak hesaplanmış ve gruplar arasında benzer miktarlarda anlamlı rezorpsiyon bulunmuştur. Hacimsel ölçümler değerlendirildiğinde madde kaybı miktarı her iki grupta %10'dan küçük bulunmuştur. Pulpa kan akımı değerleri çalışma süresince değişiklik göstermekle birlikte ilk ve son değerler birbirine yakın bulunmuştur. Pulpa kan akımının LDF gibi non invaziv yöntemler ile ölçülebilmesi ortodontik tedaviyi ve uzun dönem başarısını olumlu yönde etkileyebilecektir.

Anahtar Kelimeler: Intrüzyon, Laser Doppler Flowmetry (LDF), Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT), Kök Ucu Rezorpsiyonu.

ABSTRACT

EVALUATION OF PULPAL BLOOD FLOW CHANGES USING LASER DOPPLER FLOWMETRY (LDF) AFTER LOWER INCISOR INTRUSION USING MINI IMPLANT AND UTILITY ARCH AND EVALUATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN PULPAL BLOOD FLOW CHANGES AND APICAL ROOT RESORPTION

Edvina PERE KELEBEK

**İzmir Katip Çelebi University, Institute of Health Sciences,
Department of Orthodontics/ Doctoral Thesis, İzmir, Turkey, 2023**

Aim: Root resorption is a common side effect of orthodontic treatment. Cone Beam Computed Tomography (CBCT) can be used to obtain a precise value of the amount of root resorption. During orthodontic tooth movement, changes in periodontal ligament and pulp blood flow occur. These changes are greater in movements such as intrusion, where the pressure is concentrated in the apical third of the roots and may cause root shortening. This prospective study aimed to evaluate the relationship between pulp blood flow and the amount of root resorption by evaluating the effects of mandibular incisor intrusion on pulp vitality with the Laser Doppler Flowmetry (LDF) method and comparing it with root resorption data obtained using CBCT images.

Methods: In this study, 29 patients were divided into 3 groups. In the first group, lower incisor intrusion was performed with mini screw support and in the second group, utility arch was used. LDF measurements of the intruded teeth were performed before the procedure and at regular intervals after the intrusion was performed, with a total of 8 periods. The volumes of the four mandibular incisors

were calculated using CBCT images and Mimics software before the intrusion started and after the planned intrusion was completed.

Results: When LDF measurements were evaluated, the control group values were higher ($P=0.026$) than the utility arch values at day 3. Pulp blood flow values were lower ($P=0.007$) in the utility arch group compared to the miniscrew and control group after 3 weeks. After 4 weeks, utility arch values were lower ($P=0.010$) than miniscrew values. According to intergroup comparisons in root volume, there was no statistical difference between the total values of the groups in the first and last measurements. According to intra-group comparisons, the last measurement values of Utility arch and miniscrew groups were statistically significant compared to the first measurements ($p=0.017$; $p=0.025$). The amount of reduction in the groups was not statistically significant.

Conclusion: The volumes of four mandibular incisors were calculated in 3D using CBCT images and Mimics software and similar amounts of significant resorption were found between the groups. When volumetric measurements were evaluated, the amount of material loss was less than 10% in both groups. Although pulp blood flow values varied during the study, the initial and final values were found to be close to each other. Measurement of pulp blood flow with non-invasive methods such as LDF may positively affect orthodontic treatment and long-term success.

Key Words: Intrusion, Laser Doppler Flowmetry (LDF), Cone-Beam Computed Tomography (CBCT), External Apical Root Resorption (EARR).

SİMGELER VE KISALTMALAR

BT: Bilgisayarlı Tomografi

CBCT: Cone Beam Computed Tomografi

CTA: Nanda'nın Connecticut İntrüzyon Arkı

DICOM: Digital Imaging and Communications

FOV: Field Of View

HU: Hounsfield Unitesi

KIBT: Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi

LDF: Laser Doppler Flowmetre

MPR: Multiplanar Rekonstrüksiyon

MRG: Manyetik Rezonans Görüntüleme

OİKR: Ortodontik Olarak İndüklenmiş İltihabi Kök Rezorpsiyonu

PDL: Periodontal Ligament

PKA: Pulpa Kan Akımı

PU: Perfusion Unit

TMA: Titanium Molybdenum Alloy (Beta-titanyum teller)

TME: Temporomandibuler Eklem

SEM: Scanning Elektron Mikroskobu

USG: Ultrasonografi

TABLULAR

Tablo 1: Anterior dişlerin intrüzyonu için kuvvet değerleri.....	29
Tablo 2: Çalışma grupları ve n sayıları	47
Tablo 3: Kök hacim ölçümünün tekrarlanabilirliğini değerlendiren metod hatası.....	56
Tablo 4: 42 no'lu dişte farklı zaman periyotlarındaki kan akımı ölçüm karşılaştırma sonuçları	57
Tablo 5: 41 no'lu dişte farklı zaman periyotlarındaki kan akımı ölçüm karşılaştırma sonuçları.....	58
Tablo 6: 31 no'lu dişte farklı zaman periyotlarındaki kan akımı ölçüm karşılaştırma sonuçları	59
Tablo 7: 32 no'lu dişte farklı zaman periyotlarındaki kan akımı ölçüm karşılaştırma sonuçları	60
Tablo 8: Tüm Dişlerin Ortalamasına Göre Gruplar arası Karşılaştırmalar	61
Tablo 9: Gruplara göre 42 no'lu diş için intrüzyondan önce ve sonra ölçülen kök hacim değerleri	62
Tablo 10: Gruplara göre 41 no'lu diş için intrüzyondan önce ve sonra ölçülen kök hacim değerleri	63
Tablo 11: Gruplara göre 31 no'lu diş için intrüzyondan önce ve sonra ölçülen kök hacim değerleri	64
Tablo 12: Gruplara göre 32 no'lu diş için intrüzyondan önce ve sonra ölçülen kök hacim değerleri	64
Tablo 13: Gruplara göre alt 4 kesici diş için intrüzyondan önce ve sonra ölçülen toplam kök hacim değerleri.	65
Tablo 14: İşlem Öncesi (T0) Korelasyonlar.....	65
Tablo 15: İşlem Sonrası (T7) Korelasyonlar.....	66

ŞEKİLLER

Şekil 1: Cinch back yapıldığında molar kökü meziale kyonu distale, keser kökü ise distale hareket eder.....	20
Şekil 2: Utility ark bölümleri	21
Şekil 5: Tablo 4 bulgularının grafiği	58
Şekil 6: Tablo 5 bulgularının grafiği	59
Şekil 7: Tablo 6 bulgularının grafiği	60
Şekil 8: Tablo 7 bulgularının grafiği	61
Şekil 9: Tablo 8 bulgularının grafiği	62

RESİMLER

Resim 1: Utility ark; a) heliks auxiliary tüpün mezialine dayanmaktadır, b) ark dört kesicinin olduğu bölgede diş-gingiva sınırının hemen üzerinden geçmektedir, kanin ve premolar bölgesinde basamak bükümü nedeni ile daha yukardan seyretmektedir, c) arkın bağlanmış görünümü, d) düzeneğin biyomekaniği.....	18
Resim 2: Utility ark kullanılan gruptan bir olgu.	49
Resim 3: Mini vida kullanılan gruptan bir olgu.	50
Resim 4: Hastaya ait bireysel akrilik plak yapımı.....	51
Resim 5: LDF ile pulpa kan akımının llmesi.....	52
Resim 6: Mandibulanın koronal, aksiyal, sagital kesitlerin ve üç boyutlu modelin görüntüsü	53
Resim 7: Hastaya uygun threshold belirlendikten sonra oluşturulan üç boyutlu modelin görüntüsü	53
Resim 8: Alt 4 kesici diş köklerinin üç boyutlu modelin görüntüsü	54
Resim 9: Diş köklerinin koronal, aksiyal, sagital kesitlerin ve üç boyutlu modelin görüntüsü	55
Resim 10: Alt 4 dişin toplam kök hacminin hesaplanması	55
Resim 11: Alt 4 kesici dişin tek başına hacimlerinin hesaplanması.....	55

1. GİRİŞ

1.1. Problemin Tanımı ve Önemi

Modern ortodontik tedavi yöntemleri 100 yıldan beri kullanılmaktadır. Bu tarihsel süreçte ortodonti anlayışı ve felsefesi oldukça gelişmiştir. Bu malokluzyonlardan biri olan derin kapanış üst keserlerin alt keserleri normalden fazla örtmesinden kaynaklanmaktadır. Derin örtülü kapanışın anormal fonksiyon, travma, bruksizm, düzensiz çiğneme gibi sorunlara sebep olduğu bildirilmiştir (1).

Artmış overbite, anterior rehberliği okluzyonun dengesini bozmaktadır. Örtülü kapanış, çene ve dişlerin anterior hareketlerini sınırladığında, hasta temporo mandibular eklem sorunları açısından daha yüksek risk taşımaktadır (2).

Aşırı sürmüş mandibular keserler aynı zamanda yaşlı bir görünüme sebep olarak estetiği de olumsuz etkilemektedir. Derin kapanış çeşitli yöntemlerle tedavi edilebilir, bunlardan mandibular kesici diş intrüzyonu iskeletsel derin örtülü kapanışın çözülmesinde uzun vadede nüks ve stabilite açısından en uygun yöntem olduğu bildirilmiştir (3).

Bugüne kadar derin kapanışın düzeltilmesinde farklı alt keser intrüzyonu yöntemleri kullanılarak başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Fakat uygulanan yöntemden bağımsız olarak ortodontik tedavinin sonunda kök ucunda rezorpsiyonun meydana gelmesi sıklıkla rastlanan bir durumdur. Literatürde intrüzyon hareketi kök rezorpsiyonu açısından riski en yüksek hareket tipi olarak raporlanmıştır.

Ortodontik tedavinin temel amacı minimum doku hasarı yaratarak maksimum diş hareketi elde etmektir. Dişlere uygulanan intrüziv kuvvetler sonucunda diş pulpasına giden kan akışınında değişiklikler meydana gelmiştir. Pulpa canlılığını değerlendiren yöntemlerin bazı sınırlamaları mevcuttur. Ortodontik tedavi pulpa canlılığını etkilemektedir ve günümüze kadar sıklıkla kullanılan elektrikli pulpa ve termal duyarlılık testleri gibi geleneksel yöntemlerin bazı kısıtlamaları bulunmaktadır. Laser Doppler Flowmetry (LDF) gibi pulpa canlılığını değerlendiren non invaziv yöntemlerin gelişmesi ile ortodontik diş hareketlerin de dişin canlılığı üzerindeki anlayışımızı geliştirmiştir.

Ortodontik tedavinin sonunda meydana gelebilecek kök rezorpsiyonları uzun zamanlardır periapikal, panoramik, sefalometrik filmler aracılığı ile araştırılmıştır. Fakat bu yöntemler dişleri iki boyutlu olarak değerlendirdiği için rezorpsiyonun gerçek miktarı hakkında yeterli bilgi vermemektedir ve ayrıca görüntülerin netliği ile ilgili sorunlar yaşanmaktadır. Konik ışıklı bilgisayarlı tomografi (KIBT/CBCT), ortodontik olarak indüklenen apikal kök rezorpsiyonunu saptamak için yararlı bir teşhis aracıdır. Bu tekniğinin kullanılması yüksek netlik ve hassasiyet içeren görüntüler ile üç boyutlu gerçek rezorpsiyonun miktarının saptanmasını sağlar.

Literatürde keser intrüzyonunun etkileri ve rezorpsiyonu açısından karşılaştıran konvansiyonel mekanikler ve mini implantlar ile yapılan çalışmalar bulunmasına rağmen, mandibular keser intrüzyonunda bu mekaniklerin etkilerini pulpanın canlılığı ile ilişkilendiren herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ayrıca intrüzyon mekaniklerinden Ricketts Utility ark ve minivida yardımı ile yapılan alt keser intrüzyonunun etkileri geçmişte üç boyutlu olarak ve pulpa cevabı kapsamında ve bunların kök rezorpsiyonu ile ilişkisini ortaya koyan, kısa veya uzun dönem yapılmış bir çalışmaya rastlanmamıştır.

1.2. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmada mini implant ve Ricketts Utility ark kullanılarak yapılan alt kesici diş intrüzyonu ile meydana gelen pulpa kan akımı (PKA) değişikliğinin Laser Doppler Flowmetry (LDF) yöntemi ile incelenip, KIBT görüntüleri kullanılarak elde edilen kök rezorpsiyonu verileri ile karşılaştırarak pulpa kan akımı ve kök rezorpsiyonu miktarı arasındaki ilişkiyi değerlendirmeyi amaçlamıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Derin Kapanışın Tanımı Ve Görülme Sıklığı

Kapanış fazlalığı (overbite), üst santral kesici dişlerin alt santral kesici dişleri örtme miktarı olarak tanımlanmaktadır. Nanda'nın normal oklüzyon konseptinde üst santral kesici dişler mandibular santral kesici dişleri hafifçe örtmektedir; bu miktarı milimetre veya mandibular kesici dişlerin örtülme yüzdesi olarak ifade etmektedir. Bununla birlikte alt kesici diş kron uzunluğunun bireyler arasında çok değişkenlik göstermesinden dolayı "yüzde" kullanımı daha açıklayıcı olmaktadır. Sonuç olarak Nanda'nın (4) 1981 yılındaki tanımına göre iskeletsel ve yumuşak doku parametreleri kayda alınmadan sadece dentisyonu düşünerek ideal bir oklüzyonda ideal overbite mandibular kesici dişlerin yüzde 5 ile 25'inin maksiller kesici dişler tarafından örtülmesidir. Nanda'ya (5) göre normal bir oklüzyonda ideal overbite 2 ile 4 mm veya %5 ile %25 arasında değişebilir (mandibular kesici dişlerin maksiller kesici dişlerle örtüşmesi). Temporomandibular eklem (TME) çeşitli hareketleri sırasında ilişkili fonksiyonel semptomlar oluşturmuyor ise %25 ile %40'lık bir aralık "normal" olarak kabul edilebilir. Bununla birlikte, %40'tan daha fazla örtme miktarı, çevredeki periodontal yapıların ve TME'nin genel sağlığı üzerinde zararlı etkiler yaratma potansiyeli nedeniyle derin kapanış olarak kabul edilmelidir. 5 ile 6 yaşlarında derin kapanış yüzdesi %36,5 ile %39,2 arasında değişmektedir. 9 ile 12 yaş arasında derin kapanış genellikle artarken, 12 yaşından yetişkinliğe kadar azalır. Daha sonra, dikey boyutu potansiyel olarak azaltabilecek aşınma veya diş kaybı gibi diğer faktörlerden etkilenmedikçe, derin kapanış büyük ölçüde değişmeden kalır ve %37,9 ile %40,7 arasında değişir.

Kaynaklarda overbite ile ilgili farklı görüşler mevcuttur. Proffit (6) overbite'ı iki üst kesici dişlerin alt kesici dişleri dikey yöndeki örtme miktarı olarak tanımlamıştır ve ideal miktarın 1-2 mm olması gerektiğini söylemiştir. Yetişkinlerde çocuklara göre overbite miktarında daha az normalden sapma bulunmuştur. Proffit, ideal overbite değerinin 1-2 mm olduğunu belirtmiştir. Bunun yanında 3-4 mm derin kapanışa (deep bite) sahip vakaları orta, 5-7 mm olanları şiddetli ve 7 mm'nin üzerindeki overbite miktarını aşırı derin kapanış olarak tanımlamıştır (7). Proffit'e

göre alt kesici diş kenarı üst kesici dişlerin palatinal singuluma temas etmelidir veya hafif üzerinde olmalıdır (6) Strang'a (8) göre ideal overbite üst keser dişlerin alt keser dişleri üst keser kron boyunun üçte biri miktarında örtmesidir. Neff'e (9) göre maksiller keserlerin mandibular keserleri %20 oranında örtmesidir. Bolton'a (10) göre ise maksiller keserlerin mandibular keserleri %31,3 oranında örtmesidir.

Derin kapanış üst santral kesici dişlerin alt santral kesici dişleri normal'den daha fazla örtmesi durumudur. Kaynaklarda ilk olarak deep bite terimi Angle'in 1899 yılındaki makalesinde karşımıza çıkmaktadır (11). Angle'in derin kapanış konseptinde üç durum görülmektedir: retruze maksiller dişler, geride konumlanmış alt dental ark ve deep bite ile birlikte görülen dental kapanış ve bunu Sınıf II bölüm 2 maloklüzyon olarak isimlendirmiştir. (11) Sonraki yıllarda derin örtülü kapanış "Deckbiss" terimi olarak Avrupa'da karşımıza çıkmaktadır ve alt çenenin üst çene tarafından kutu kapağı gibi örtülmesini gösteren bir tablo olarak tarif edilmiştir (12). Günümüzde derin kapanış (deepbite) alt çene sentrik oklüzyonda iken maksiller dişlerin mandibular dişleri vertikal olarak idealinden daha fazla örtmesi olarak tanımlanmıştır (13).

Solberg ve ark. (14) derin kapanışı 3 mm'yi geçen overbite olarak tanımlamıştır (15). Beckmann ve ark. (16) , Ceylan ve ark. (17) , Tausche ve ark. (18) ise derin örtülü kapanışı terimini üst kesici dişlerin alt kesicileri 4 mm'den fazla örten vakalar için kullanmışlardır. Ingervall (19), Mohlin ve Kopp (20) ise derin örtülü kapanışı, overbite miktarı 5 mm veya daha fazla olduğu vakalar için kullanmıştır.

Proffit'in çalışmasına göre (15) orta şiddetli örtülü kapanış (≥ 5 mm) çocuklarda %20, erişkinlerde %13 oranında görülmektedir, açık kapanış %1 den az rastlanmaktadır; şiddetli örtülü kapanışı ise beyazlarda, siyah ve latin ırka göre 2 kat fazla gözlemiştir.

2.2. Derin Kapanışın Etiyolojisi

Derin kapanışın etiyolojisi karmaşık bir durumdur. Onu genetik veya kazanılmış derin örtülü kapanış olarak iki sınıfa ayırmak mümkündür:(21)

Genetik Faktörler: iskeletsel patern ve maloklüzyon, kondiler büyüme paterni gibi bireyin kalıtsal özellikler içermektedir.

Kazanılmış faktörler: kas alışkanlığı, dişlerin konumundaki değişiklikler, üst antagonist diş kaybı, lateral dil itme alışkanlığı gibi doğumdan sonra meydana gelen bu faktörler de derin kapanışa neden olabilmektedir.

Bazen derin kapanış hem genetik hem çevresel faktörlerin kombinasyonu olarak ortaya çıkmaktadır.

2.2.1. İskeletsel Faktörler

- Derin kapanış bazen iskeletsel paterninin oklüzyona yansması olarak ortaya çıkmaktadır.
- Bir veya daha fazla alveolar segmentin fazla büyümesi veya az büyümesi durumu.
- Ramusun ve posterior kafa kaidenin fazla büyümesi mandibulanın öne ve yukarı yönde rotasyonuna sebep olabilmektedir (22). Böyle vakalarda uzun ramus boyu, kısa mandibular corpus (gövde) uzunluğu ve azalmış gonial açı karakteristik özelliklerdir.

Enlow (23) "Counterpart" teorisinde kafatasının temel iskeletsel parçaları, tamamlayıcı bölgeleri ile ilişkide olduğunu savunarak bunların arasında meydana gelen boyut ve konum farklarının zaman içerisinde dengelenmemesi ile açık kapanış veya derin kapanış ile sonuçlanacağını belirtmiştir (24, 25).

- Çoğu derin kapanış vakalarında horizontal büyüme paterni ortaya çıkmaktadır.

2.2.2. Dental Faktörler

Alt ve üst kesici dişlerin aşırı sürmesi veya posterior segmentin infraoklüzyonda olması gibi özellikler mevcuttur.

- Sınıf II, 1 maloklüzyonda derin kapanış alt kesici dişlerin palatal rugalara temas etmesi ile karakterizedir.
- Sınıf II, 2 maloklüzyonda ise genelde üst kesici dişler dik konumdadır.

2.2.3. Yumuşak Doku Faktörleri

Mandibuler posterior kaslar (masseter, iç pterygoid ve temporal kas) çok güçlü ve anterior konumda olduğu durumlarda dentisiyona ve özellikle molar dişlere çok fazla çiğneği yük iletilmektedir.

Alt dudak çizgisinin yüksek olduğu durumlarda alt ve üst keserler dudağın rehberliği sonucunda dik konuma gelmektedir ve derin kapanış gelişmektedir.

Graber derin kapanışın etiyojisini iki madde olarak ayırmıştır: gelişimsel ve kazanılmış derin kapanış (26).

a) Gelişimsel (kalıtsal) derin kapanış;

- Horizontal büyüme paterni ile karakterize iskeletsel derin kapanış
- Kesici dişlerin supraokluzyonundan kaynaklanan dentoalveolar derin kapanıştır, interokluzal açıklık bu vakalarda azalmıştır.

b) Kazanılmış derin kapanış iki sebepten meydana gelir:

- Birincisi lateral dil itimi veya dil postürü'ne bağlı olarak posterior dişler infraokluzyon'da kalır, bu da derin kapanışın'a yol açar. Sınıf II, 2 malokluzyon bunun bir örneği'dir. Freeway space (istirahat aralığı) bu hastalarda genelde artmıştır, onun için dentofasiyal ortopedik fonksiyonel tedaviler iyi sonuç vermektedir.
- İkincisi ise süt molarlar ya da daimi posterior dişler erken kaybedildiğinde ve bundan dolayı bazen diğer dişlerde meydana gelen çekim boşluğuna devrilme sonucunda derin kapanış ortaya çıkmaktadır.
- Oklüzal yüzeylerin aşınması bazı vakalarda sekonder bir derin kapanışa yol açabilmektedir.

Hotz (27), derin kapanışı fonksiyonel ve morfolojik olarak ikiye ayırmıştır. Fonksiyonel derin kapanışın temel özelliği istirahat konumdayken interokluzal aralığın artmış olmasıdır. Derin kapanış istirahat pozisyonunda iken kaybolmaktadır. Morfolojik derin kapanışta hasta istirahat pozisyonunda iken deep bite miktarı değişmemektedir. Deep bite'ın kaynağı keserlerin aşırı sürmesidir.

Lewis'e göre (28), derin kapanış birkaç nedene bağlı ortaya çıkabilir. Bunlar ön ve arka yüz boyutları arasında oluşan orantısızlıklar, kondil ve mandibular ramusun aşırı büyümesi, maksilla ve mandibulanın vertikal yön büyümesinin az

olması, molarların infra-okluzyonu, hem mandibular, hem maksiller keserlerin ekstrüzyonları, alt keserler üst keserlerin 1/3 kesici kenarı palatal yüzeyi ile iyi bir temasa sahip olmaması gibi özellikleri saymıştır.

Schudy (29), yayınladığı makalede derin kapanışın altı anatomik bölgenin büyümesi ile ilişkili olduğunu savunmuştur. Bunlar: (1) mandibular kondiller, (2) palatinal düzlemini daha aşağıda konumlanmasına yol açabilen üst çenenin gövdesi, (3) üst çenenin posterior alveolar prosesi, (4) alt çenenin posterior alveolar prosesi, (5) üst çenenin anterior alveolar prosesi ve (6) alt çenenin kesici dişlerin dikey büyümesi. Schudy (1968) (29) kondiller büyümenin diğer anatomik bölgeler ile uyumlu olmasının kapanışı olumlu etkileyeceğini vurgulamıştır. Ayrıca, molar dişlerin aşağı doğru hareketinin de derin kapanış miktarını azaltmada çok önemli bir etkisi olduğunu söylemiştir. Maksilla gövdesinin yüz kompleksinin içinde vertikal olarak büyümesi anterior yüz yüksekliğini belirlediğini ifade etmiştir. Maksilla dikey yönde fazla büyüme gösterirse mandibula aşağı ve geri rotasyon yapar. Bu nedenle maksiller alveolar proses anterior yüz yüksekliğini belirleyen birincil etken olduğunu söylemiştir.

Isaacsona (22) göre mandibula, kafatası kemiği ile artikülasyonda olduğu için ön yüzdeki dikey büyüme artışlarının arka yüzdeki dikey büyümeyi miktar ve zaman olarak tam olarak eşit olmalıdır. Bu uyum bozulduğunda mandibulada rotasyon meydana gelir. Eğer yüz sütürlerindeki ve / veya alveolar prostesteki dikey büyümesi mandibular kondilin dikey büyümesini aşarsa mandibula posterior rotasyon yapar (22)

Moss ve Salentijn (30) problemin büyümedeki uyumsuzlukların fonksiyonel matriks teorisi ile açıklamaktadır. Bu teoriye göre kemikler büyümeleri sırasında spesifik fonksiyonlar doğrultusunda şekillenir ve fonksiyonel gereksinimlere cevap verir. Onlara göre kalsifiye dokular fonksiyonel matriksi takip ederek büyümektedir. Barton (31) dişlerin kas sistemine göre konumlandığını bildirmiştir.

Ogata (32) derin spee eğrisinin lateral dil itiminden kaynaklandığını ve derin kapanışa sebep olduğunu idda etmiştir.

2.3. Derin Kapanışın Morfolojik Özellikleri

Derin kapanış dentoalveolar veya iskeletsel olarak ikiye ayrılmaktadır.

2.3.1. Derin Kapanışın İskeletsel Özellikleri:

Derin kapanış maloklüzyonunun iskeletsel ve dişsel özellikleri birçok çalışmada incelenmiştir. Nanda ve ark. (33) yaptığı çalışmada derin kapanışa sahip bireylerde posterior yüz yüksekliği ve ramus yüksekliği anterior yüz yüksekliğinden daha fazla çıkmıştır fakat open bite vakaları ile kıyaslandığında bu değer anlamlı bulunmamıştır. Nanda'ya (33) göre derin kapanışın sebebi mandibulanın horizontal büyümesinin vertikal büyümesinden daha fazla olması, dolayısı ile mandibulanın öne ve yukarı doğru rotasyona uğramasıdır. Trouten ve ark. (25), derin kapanış ve açık kapanış olgularında morfolojik faktörleri incelediği çalışmasında derin kapanış maloklüzyonunun azalmış gonial açı, derin spee eğrisi, azalmış posterior maksiller boyut, damak düzleminde aşağı doğru rotasyon ve ramusun daha öne konumlanması ile ilişkili olduğunu ortaya çıkarmıştır. Beckmann ve ark. (16, 34) overbite ve alt yüz yüksekliği ile ilişkili alveoler ve iskeletsel parametreleri değerlendirmiştir. Derin kapanışın mevcut olduğu vakalarda alt yüz yüksekliğinin normalden az, anterior alveolar ve bazal alanların normalden geniş ve maksiller kesici dişlerin retrokline olduğunu öne sürmüştür (16, 34). Bydas ve ark. (35) spee eğrisinin derinliğinin overbite ve overjet üzerindeki etkisini incelemiştir. Derin spee'ye sahip vakalarda alt keserlerin ekstrüviz olmasından kaynaklı artmış overbite gözlemlenmiştir.

2.3.2. Derin Kapanışın Dento - Alveolar Özellikleri

Derin kapanış dentoalveolar veya çenelerin büyümesine bağlı olarak iskeletsel olarak sınıflandırılır. En temel düzeyde analizinde, Overbite değişimini etkileyen iskeletsel ve dental bileşenler temel olarak:

- (1) maksiller iskelet yer değiştirmesi,
- (2) mandibular iskelet yer değiştirmesi,
- (3) maksiller diş değişimi ve
- (4) mandibular dental değişim olarak sayılabilmektedir (36).

Dental faktörlere bakıldığında hem mandibular, hem maksiller keserlerin ekstrüzyonu, molarların infra-oklüzyonu; artmış overjet ile birlikte görülen sınıf II, alt kesici dişlerin üst kesici dişlerin 1/3 kesici kenar palatal yüzeyi uygun bir temasın bulunmaması sonucunda alt kesicilerin aşırı sürmesi gibi faktörler görülmektedir

(22). Sınıf II, 2 olgularda ise derin kapanış üst kesici dişlerin dikleşmesi ile ortaya çıkmaktadır (20).

Angle (37), sınıf II, 2 malokluzyonların etyolojisinde molarların infra-okluzyonu ile birlikte ortaya çıkan derin kapanışın olduğunu savunmuştur. Alt kesici dişlerin bu yüzden palatinal mukozaya temas ettiğini belirtmiştir.

Björk ve Skieller (38) alt kesici dişlerin üst kesici dişin palatal yüzeyi ile iyi bir teması olduğunda derin kapanışın meydana gelmeyeceğini savunmuştur. Bu istenilen temas olmadığında fulkrum hattı kesici dişlerden daha geride konumlanır ve derin kapanış meydana gelir. Temas bozulduğunda mandibula rotasyonları ortaya çıkar. Dentoalveolar olarak da spee eğrisinin derinleştiği görülmektedir. Bu tür olgularda simfizde de derin kapanışa özgü bir şekil almaktadır.

Hotz (27) keserlerin fazla sürdüğü vakalarda istirahat pozisyondayken bile derin kapanışın kaybolmadığını göstermiştir.

2.4. Derin Kapanışta Nöromusküler Yapı:

Çiğneme kas sisteminin (Masseter, temporalis, medial pterygoid ve lateral pterygoid kasları) yüzün dikey boyutu ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Elektromiyografi (EMG) ve ısırma kuvvetini değerlendiren çalışmalar yüz morfolojisi ve çiğneme kasları arasında bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Her ne kadar brakisefal hastalar ile karşılaştırıldığında dolikosefal hastaların çiğneme kaslarının daha zayıf olduğu yaygın olarak kabul edilse de, mandibular kasların gücü mü yüz morfolojisini belirlediğini yoksa tama tersi mi geçerli hala tartışma konusudur (39).

Elektromiyografik ve kinesiometrik çalışmalar azalmış yüz yüksekliği olan bireylerde nöromusküler yapının da karakteristik olduğunu göstermiştir.

Ringqvist (40), kısa yüzlü bireylerdeki kas yapısı uzun yüze sahip olanlara göre daha kuvvetli olduğunu rapor etmiştir. Kas kuvvetinin miktarı uzun yüzlü bireylerde 50-90 pound, kısa yüz ve kapanışa sahip olanlarda 150-200 pound olarak ölçülmüştür. Bu kasların dik konumu ve güçlü kuvveti posterior dişlerde gömmücü bir etki yaratmaktadır.

Ingervall'e (41) göre kısa yüz yüksekliğine sahip bireylerde kasların güçlü olması maksiller posterior gelişimini engellemektedir.

2.5. Derin Kapanış ve TME Bozuklukları Arasındaki İlişki

Derin kapanış temporomandibular eklem fonksiyonlarında düzensizlik (42); (43), düzensiz çiğneme, travma ve periodontal dokular üzerinde zararlı etkilere neden olduğunu gösterilmiştir (1). Derin kapanışın kondilin daha posteriorda konumlanması, TME sorunları ve ağrı şikayetleri ile bağlantılı olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (42, 44, 45).

Thompson (42), derin kapanışa ve azalmış overjetle sahip vakalarda mandibuler kondillerin posterior deplasmanına ve TME şikayetlerine sebep olduğunu vurgulamıştır. Thompson bu çalışmada üst keserlerin konumunun önemini vurgulayarak, ortodontik tedavi sırasında bu dişler fazla retrakte edilirse ve mandibulanın anterior translasyonuna engel olursa kondillerin posterior deplasmanı ortaya çıkma riski olduğunu bildirmiştir. Thompson, estetiğin yanı sıra fonksiyonel ilişkilerin ve bunların eklemler üzerindeki etkilerinin çok dikkatlice değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Seligman ve ark. (43) ortalama yaşı 23.9 olan 222 bireyi çiğneme disfonksiyonu veya ağrısı açısından anket ve klinik muayene ile değerlendirmiş ve kas semptomları ile TME hassasiyeti ve click sesi arasında anlamlı bir ilişki olduğunu saptamıştır. Çalışmalarının sonucunda 5 mm veya daha fazla derin örtülü kapanışına sahip bireylerde TME ve kas hassasiyeti daha yaygın bulunmuştur.

Lieberman ve ark. yaşları 10-18 arasında olan 369 bireyi değerlendirdikleri çalışmada derin örtülü kapanışın TME bozuklukları ile ilişkili olduğunu raporlamıştır.

Derin örtülü kapanışın varlığında erken dönemde dişlerde abrazyon ve periodontal sorunlar veya TME şikayetleri gibi semptomlar gözlemlenmektedir. Azalmış overjet ile birlikte derin kapanışlarda kondiller posteriora doğru yer değiştirir ve mandibuler hareketlerde sapma görülür. Bu problemler çok küçük yaşlarda bile seyretmektedir (46).

2.6. Derin Örtülü Kapanışın Tedavi Zamanlaması ve Yöntemleri

Büyümekte olan ve büyüme-gelişimi tamamlanan hastalar arasında tedavi yöntemleri değişmektedir.

Büyümekte olan hastalarda:

- Keser intruziyonu
- Posterior dişlerin erüpsiyonu ve keser intruziyonu ile birlikte yapılan tedaviler düşünülmelidir.

Büyüme gelişimi bitmiş hastalarda:

- Ortognatik cerrahi
- Anterior dişlerin intruziyonu.

Derin kapanış tedavisinin büyümekte olan hastalarda, büyüme gelişimi bitmiş hatalara göre hem daha kolay hem de daha stabil olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir. Büyüme ile birlikte maksilla ve mandibula arasındaki vertikal mesafe artmaktadır dolayısı ile bu tür hastaların aktif mandibular büyüme döneminde tedavi edilmesi daha yararlıdır. Büyüme döneminde kondiler büyüme dentoalveoler büyümeye izin verdiği için diş sürmesi arka segmentlerde uyarılabilir ve ön segmentlerde inhibe edilebilir.

Bununla birlikte, yetişkinlerde, özellikle hipodiverjan iskelet paterni olanlarda, böyle bir hareket posterior oklüzyon tarafından engellenir. Böyle bir diş hareketinin stabilitesi, eğer yapılırsa, son derece şüphelidir çünkü kas fizyolojisinde değişikliklere yol açarak nüksetme riskini arttırır. Büyüme stimülasyonunun artık mümkün olmadığı bu maloklüzyonlarda ve diğerlerinde, optimum tedavi sonuçları elde etmek için sabit veya hareketli mekanik apareylere ihtiyaç vardır. Bazı hastalarda cerrahi işlem gerekebilir. Örneğin, gelişimini tamamlamış şiddetli vakalarda ideal yüz oranlarını ve fasiyal estetiği yakalamak için vertikal maksiller fazlalık maksillanın LeFort I osteotomi ile gömmülmesi ile giderilebilir.

Ramusun dikey büyümesi çeneler arasındaki free way space'i arttırır. Bu nedenle, mandibular ramusun büyüme durumu posterior dişlerin ekstrüze edilmesi açısından büyük önem taşır. Eğer ramus büyümesi devam etmekte ise posterior

dişlerin ekstrüzyonu mümkün olur, daha iyi bir nöro-muskular adaptasyon ve uzun vadeli stabilite elde edilmektedir.(47)

Proffit'e (6) göre derin kapanışı ve azalmış alt anterior yüz yüksekliğine sahip karma dentisyondaki çocuklarda tedavinin hedefleri: keser dişlerin erüpsiyonunun engellenmesi, maksiller posterior dişlerin erüpsiyonunun kontrol altına alınması ve mandibuler posterior dişlerin erüpsiyonuna olanak sağlanmasıdır.

Derin kapanışı düzeltmek için kullanılan tedavi seçenekleri genel olarak 4 ana gruba ayrılmaktadır:

2.6.1. Posterior Dişlerin Ekstrüzyonu

Molar dişlerin ekstrüzyonu anterior bölgede kapanışın açılmasını sağlamaktadır. Bu yöntem genellikle kısa alt yüz yüksekliği, horizontal büyüme paternine sahip hastalarda ve posterior erüpsiyonun tolere edilebildiği büyüme çağındaki çocuklarda endikedir. Büyümekte olan hastalarda posterior dişlerin ekstrüzyonu ile alt çenenin saat yönünde rotasyonu indüklenmektedir ve bu şekilde büyüme potansiyeli vertikale yönlendirilmektedir. Büyümeyen veya vertikal büyüme paternine sahip hastalarda bu yöntem kontrendikedir. Molar ekstrüzyonu kararı verirken diğer değerlendirilen kriterler gülümsemede artmış interoklüzal aralık, normal keser görünümü, artmış Spee eğrisi, ve azalmış interlabial aralıktır. Ortalama 1 mm'lik molar dişlerin ekstrüzyonu 2 ila 2,5 mm'lik kapanışın açılması ile sonuçlanmaktadır.

Posterior bölgenin ekstrüzyonu anterior biteplane kullanarak dişlerin pasif erüpsiyonu ile elde edilebilmektedir. Ayrıca sabit aparatlar ile birlikte vertikal elastik yardımı ile aktif olarak da molar ve premolar dişler ekstrüze olabilmektedir.

Molar ekstrüzyonuna karar verilirken doğru teşhis çok önemlidir. Hastada morfolojik derin kapanış mevcut ise molar ekstrüzyonuna karşın çiğneme kasları istirahat pozisyonundan daha fazla gerilime maruz kalacaktır ve eski durumuna geri dönmeye çalışacaktır. Buradan doğan kuvvetlerin sonucunda molar dişler tekrar intrüze olur ve relaps ortaya çıkar. Çocuklarda molar ekstrüzyonu ile ortaya çıkan istirahat aralığının azalması büyümenin etkisi ile tolere edilebilmektedir. Yetişkin hastalarda molar dişlerin ekstrüzyonu ile alt ön yüz yüksekliğinin artırılması her

zaman fizyolojik sınırlar zorlandığı için stabil bir durum değildir. Bununla birlikte kök rezorpsiyonu sık görülen bir yan etkidir.

2.6.2. Kesici Dişlerin Proklinasyonu

Üst ve alt kesici dişlerin proklinasyonu sonucunda derin kapanışta azalma meydana gelir. Eberhart ve ark. üst kesici dişleri her bir derecelik procline olduğunda derin kapanış 0,2 mm azaldığını bildirmişlerdir. Yani, kesici dişlerin her beş derecelik proklinasyonu ile overbite 1 mm azalmaktadır. Bu tedavi yöntemi linguale eğimli kesici dişlerin bulunduğu hastalar için endikedir.

2.6.3. Kesici dişlerin intrüzyonu

Burstone, derin kapanışın tedavi planlamasında iskeletsel konveksitenin, dikey boyutun ve interokluzal aralığın en önemli faktörler olduğunu savunmuştur (48). Vertikal büyüme paternine sahip hastalarda kapanışın açılması kesici dişlerin intrüzyonu ile sağlanmalıdır. Bu hastalarda molar dişlerinin ekstrüzyonu ile yapılan derin kapanış düzeltmesi yüz profilini kötüleştirir. Yetişkinlerde genellikle kesici dişlerin intrüzyonu ilk tercih olmaktadır. Kesici dişlerde saf intrüzyonun sadece implant veya mini vidalar ile mümkün olduğunu savunan çalışmalar olsa da bununla ilgili de literatürde farklı fikirler ileri sürülmüştür (49-51).

2.6.4. Cerrahi

Şiddetli iskeletsel sorunların ortodontik kamufraj ile tedavi edilmesi çok zordur ve relaps açısından yüksek risk teşkil etmektedir. Şiddetli derin örtülü kapanış ortodontik tedavi ile kombine ortognatik cerrahi tedavisi ile düzeltilebilmektedir (15).

Maksiller cerrahi: Derin kapanışın maksiller fazlalıktan kaynaklanan durumlarda maksilla Lefort I osteotomi ile gömülerek superior yönde yeniden konumlandırılabilir.

Mandibular cerrahi: Kısa yüzlü hastalar (iskeletsel derin kapanış) uzun mandibular ramus, kare gonial açı ve kısa burun-çene mesafesi problemi bulunan hastalarda en çok uygulanan tedavi seçeneği mandibular düzlemi açısını artırarak alt çenenin aşağı doğru hareket etmesini sağlayan mandibular ramus ameliyatıdır. Sagittal split osteotomi ile mandibula hafifçe öne ve aşağıya doğru konumlandırılır

ve gonial açı artar. Mandibular anterior alveolar bölgedeki derin kapanış subapikal osteotomi ile düzeltilebilmektedir.

2.7. Yumuşak Doku Değerlendirilmesi

Derin örtülü kapanışın tedavisine karar verilirken yumuşak dokuların konumu rehberlik etmektedir. Bu değerlendirmeler bunları içermektedir:

2.7.1. İnterlabial Aralık

Dişler maksimum okluzyonda ve dudaklar rest pozisyonda iken stomion superior ve stomion inferior, yani alt ve üst dudak arası mesafesi interlabial aralıktır. İstirahat halinde 3-4 mm'lik bir aralık genel olarak estetik olarak kabul edilmektedir (5)

Burstone (1967) (52) adölesanlarda interlabial aralığın dişler maksimum interkuspasyonda iken 1,8 mm, istirahat pozisyonda iken de 3,7 mm olarak bulmuştur. Alt yüz yüksekliği dudak uzunluğundan daha fazla ise interlabial aralık artar, alt yüz yüksekliği dudak uzunluğundan daha az ise interlabial aralık azalmaktadır. Derin örtülü kapanışın tedavi hedefi gerekli interlabial aralığın sağlanmasıdır. Eğer hastanın interlabial aralık oranı ideal miktarda ise bu oranın korunması amaçlanır. Artmış bir aralık mevcutsa tedavi bu miktarı azaltmaya veya en azından korumaya yönelik olmalıdır. Derin örtülü kapanışı düzeltirken posterior dişlerde uygulanan ekstrüviz mekanikler mandibulanın saat yönünde rotasyonu ile sonuçlanmaktadır, bu da interlabial aralığın mesafesini daha fazla artırmaktadır. Bu durumda dişsel olarak problem çözülsün de yumuşak dokularda istenmeyen bir etki ortaya çıkmaktadır. Bu tür vakalarda derin örtülü kapanışın tedavisinde keser intrüzyonu daha iyi bir seçenektir. Artmış interlabial aralığın bulunmadığı vakalarda tedavi seçeneği molar ekstrüzyonu yönünde olmalıdır (5).

2.7.2. Gülme Hattı

Derin örtülü kapanış tedavisinde doğal gülüşün değerlendirilmesi önemli bir kriterdir. Estetik bir gülme esnasında üst dudak, üst kesiciler ve gingival seviyeler uyum içinde olmalıdır, üst dudak çizgisi diş ile dişeti birleşim seviyesinde veya hafif üzerinde olması gerekmektedir, üst diş arkı alt dudak kurvatürünü takip etmelidir. Kadınlarda gülüş sırasında dişeti daha fazla görülmektedir. Bu estetik kriterlere uyarak planlanan tedaviler uygun ve kişiselleştirilmiş olacaktır.

Gummy smile'a sahip bireylerde azı dişlerin ekstrüzyonu estetiği kötü yönde etkileyecektir. Bu tip derin kapanışlarda keseici dişlerin intrüzyonu tercih edilmelidir (5).

2.7.3. Incision-Stomion Mesafesi

Üst keser dişlerin dudakla olan ilişkisini ve interlabial aralığı ilk irdeleyen ortodontistlerden biri Burnstone'dur. Dudaklar istirahat pozisyonundayken üst orta keser diş kronunun insizal kenarı ile üst dudağın en alt sınırı (Incision-Stomion) mesafesi ölçüldüğünde istirahatte üst keser görünümünü belirlemektedir (53). Bu mesafe 3 ila 4 mm olduğunda estetik olarak göze hoş görünmektedir (5). Burnstone'a (53) göre ise bu mesafe ortalama 2 veya 3 mm olmalıdır. Üst keser görünümü 40'lı ve 50'li yaşlarda yerçekiminin de bir yan etkisi olarak azalmaktadır. Bu yüzden tedavi seçenekleri düşünülürken hastanın yaşı göz önünde bulunmalıdır. Tedavinin amacı her maturasyon basamağı için dengeli ve uyumlu bir görünüm yakalamaktır. Üst keser görünümü 3-4 mm'den fazla ise üst keser intrüzyonu planlanabilir, fakat üst keser görünümü bu miktardan az ise alt keser dişlerin intrüzyon seçeneği değerlendirilmelidir. Ayrıca bu hastalarda alt keser görünümü daha yaşlı bir görünüme sebep olduğu için bu dişlerdeki gömmülme estetiğin iyi yönde değişmesine de katkıda bulunacaktır (4).

2.7.4. Dudak Uzunluğu

Subnasale stomion arasındaki mesafe üst dudak uzunluğunu, stomion gnathion arasındaki mesafe ise alt dudak-çene uzunluğunu göstermektedir. Burnstone'a göre ideal yüz estetiği için alt dudak-çene uzunluğu üst dudak uzunluğuna oranı 2/1 olmalıdır (52).

Burnstone ortalama üst dudak uzunluğunu kızlarda 20 mm, erkeklerde ise 24 mm olarak bildirmiştir. Üst dudak uzunluğu istirahatte ve gülümsemede değerlendirilmelidir. Genellikle geniş interlabial aralık veya geniş incision-stomion mesafesi, kısa üst dudak uzunluğundan kaynaklanmaktadır. Bu tür hastalarda derin örtülü kapanış üst keser dişlerin intrüzyonu ile çözümlenmelidir (5).

2.7.5. Dudak Tonisitesi

Adolesan bir bireyde subnasale ve yumuşak doku pogonionu geçen hayali bir düzlemden üst dudağın 3,5 mm, alt dudak ise 2,2 mm önünde olması

gerekmektedir. Dudak konumu keserlerin en stabil konumunun belirlenmesinde önemli bir faktördür (5).

Hiperaktif alt ve üst dudaklara sahip hastalarda derin kapanış stabilitesi azdır. Yetişkin hastalarda proklinasyon ve protrüzyon önerilmemektedir. Kas basıncı nedeni ile nüks olasılığı fazladır (5).

2.8. Derin Kapanışının Stabilitesini Etkileyen Faktörler

Derin örtülü maloklüzyonu tedavi sırasında önemli ölçüde düzeltme yapılır ve düzeltmenin çoğu uzun vadede korunur. Başlangıçtaki şiddet uzun vadeli derin kapanışla ilişkili görünmektedir. Diş çekiminin tedaviyi büyük oranda etkilemediği gözlenmiştir. Retansiyona ilişkin bilgiler nadiren tam olduğundan retansiyonun etkisinin değerlendirilmesi zordur.

- Keserler arası açı yaklaşık 135° olarak bitirilmelidir.
- Alt kesici dişlerin üst dişlerin 1/3 kesici kenar palatal yüzeyi arasında iyi bir ilişki sağlanmalıdır.
- Yetişkin hastalarda istirahat aralığının değiştirilmemesi gerekmektedir.
- Vertikal yüz büyümesi geç ergenliğe kadar devam eder, onun için biteplane kullanımı önerilmektedir.

2.9. Keser Dişlerin İntrüzyonunda Kullanılan Mekanikler

Intrüzyon mekanikleri temel olarak devamlı veya segmental arklar olarak ikiye ayrılmaktadır (48). Devamlı arklar etki-tepki prensibi ile çalışmaktadır, dolayısıyla keser dişleri intrüze ederken destek olarak kullanılan posterior dişlerde de bir miktar ekstrüzyona sebep olurlar. Devamlı arklar keser intrüzyonu ve molar ekstrüzyonunu aynı zamanda sağlamaktadır. Devamlı arkların kullanımı normal büyüme paternine sahip ve artmış Spee eğrisi olan derin kapanış vakalarının tedavisinde daha uygun iken saf keser intrüzyonu gerektiren vakalarda ise segmental arklar tercih edilmektedir (54). Keser intrüzyonu azı dişlere yapılan tip back bükümü ile elde edilebilmektedir. Tel kalınlığı, materyal, braketlere bağlama yöntemi ve tork (torque) farklıdır. Fakat bütün yöntemlerde devamlı ve hafif kuvvetleri kullanılır (55).

2.9.1. Edgewise Teknik

Edgewise tekniğinde tedavi ince yuvarlak bir ark teli kullanılarak dişlerin seviyelenmesi ile başlamaktadır. Bu telin sürekliliği başlangıç aşamasında derin spee eğrisinin düzeltilmesine imkan verir. Bu teknikte derin örtülü kapanışın düzeltilmesi molar dişlere yapılan ikinci düzen bükümlerin (tip back bend) yardımı ile yapılır. Bu bükümler ile molar dişler arkaya doğru eğilirken keser dişlerin intrüzyonu sağlanmaktadır. Aynı zamanda derin kapanışı düzelmek amacıyla Edgewise tekniği'inde keser dişlere uygulanan basamak bükümleri (alt için step-down, üstte step-up bükümü), sınıf II elastikler ve servikal headgear kullanılmıştır (56) .

Ters spee bükümü, eğrili veya düz ark tellerinin kullanımı ile birlikte alt molar dişlerde dikleşme, alt premolarlarda ekstrüzyon ve alt keserlerde öne doğru bir eğilme meydana gelmektedir, bu da derin kapanışın çözülmesine yardımcı olmaktadır (57) .

2.9.2. Begg Teknik

Bu teknikte 0.016" Australian ark teli üzerine 1. daimi molar tüplerinin 3 mm mezialinde ankraj bükümleri oluşturulur. Bu tekniğin temel avantajı alt molar dişlerin ekstrüzyonu ve üst molar dişlerin distale devrilmeleri ile kapanışın etkili bir şekilde açılmasıdır (56).

2.9.3. Segmental İntrüzyon Arkı

Bu teknik 1950'li yıllarda Charles Burstone tarafından tarif edilmiştir. Bu tedavinin prensibi diş arkını ön ve arka segmente ayırarak ve farklı kalınlıkta teller kullanarak daha kesin ve tahmin edilebilir bir kuvvet sistemi kurmaktır. Böylece geleneksel segmental ark terapisi ile elde edilemeyen saf keser intrüzyon hareketi amaçlanmaktadır (58).

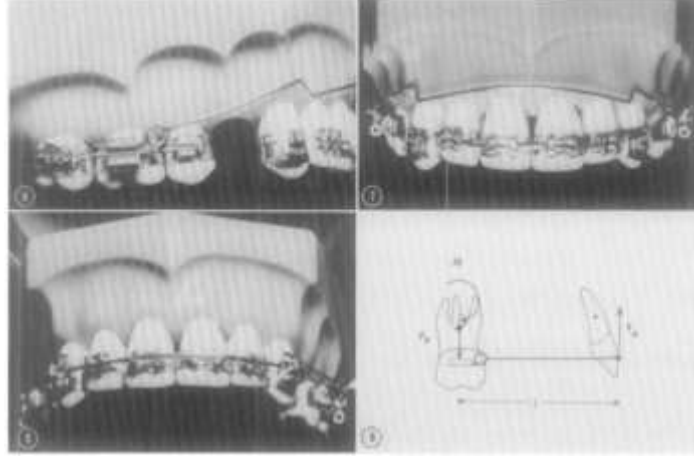
Burstone, 1977'de 3 parçadan oluşan intrüzyon mekaniğini tanımlamıştır:

1. posterior ankraj üniti
2. anterior segment
3. İntrüziv ark zembereği

Tedavinin ilk aşamasında posterior dişler seviyelenir ve bukkal stabil segment ile bağlanır. Üst çenede ankrajı arttırmak amacı ile transpalatal ark, alt çenede ise lingual ark kullanılır. Posterior segmentlerin stabilitelerini artırmak için seviyeldikten sonra 0,018-0,025 inch veya 0,021-0,025 inch teller kullanılır.

İntrüzyon arkı 0,018-0,022 veya 0,018-0,025 inch ark telinden bükülür. Heliksi 2.5 kez sarılmış, 3 mm çapında olmalı ve auxiliary tüpün mezialine dayanmalıdır. Ark teli kesici dişlerin gingivallerinden geçer ve ön dişlere bağlandığında intrüziv kuvvet ortaya çıkar. Heliks ile aktive edilen telin boyu kısalmır ve bu şekilde kesici dişlerin intrüzyonu sonunda aynı zamanda dişler prokline olmaz.

Tel keser dişlere direkt olarak bağlanmaz, anterior segment santral dişlere veya dört keser diş labial, insizal veya gingivale denk gelecek şekilde bağlanabilir (58).



Resim 1: Utility ark; a) heliks auxiliary tüpün mezialine dayanmaktadır, b) ark dört kesicinin olduğu bölgede diş-gingiva sınırının hemen üzerinden geçmektedir, kanin ve premolar bölgesinde basamak bükümü nedeni ile daha yukardan seyretmektedir, c) arkın bağlanmış görünümü, d) düzeneğin biyomekaniği (58)

2.9.4. Sürekli İntrüzyon Arkı

Sürekli intrüzyon arkı köşeli TMA telden veya paslanmaz çelik telden bükülür. TMA teli tercih edilirse helikse gerek yoktur. Bu ark 0.016 x 0.022 inch TMA, 0.017 x 0.025 inch TMA ya da 2.5 heliksli 0.018 x 0.025 inch paslanmaz çelik telden bükülmektedir. Molar dişlerde geriye eğilme (tip back) etkisi oluşmaması için arkın birinci premolar bölgesinde bir Spee (V) bükümü yapılır. Bu ark hedeflenen

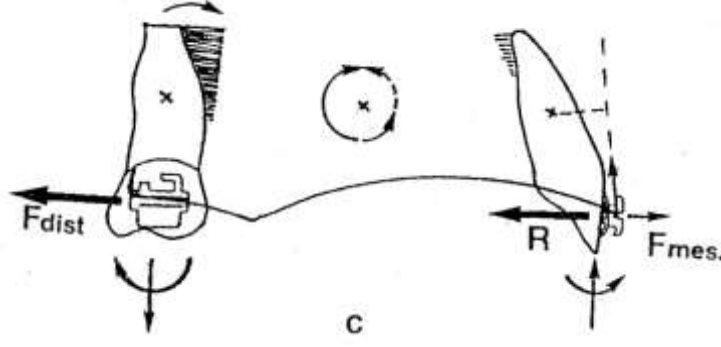
harekete göre uygulanmaktadır. Örn.: eğer keser dişlerin intrüzyonu ile birlikte ileri itim isteniyor ise ark santral dişlerin ortası hizasından bağlanmaktadır. Kesicilerin translatif intrüzyonu hedefleniyorsa kuvvet kesicilerin direnç merkezinden geçmesi gerekmektedir. Bu durumda ark lateral braketlerin distal kısımlarından bağlanmalıdır. Keser dişlerin ileri hareketi istenmiyor ise “cinch back” ya da “tie back” bükülmelidir (59)

2.9.5. ‘2x4 Ark’ Mekanığı

Bu mekanik arka bölgede 2 molar, ön bölgede 4 kesici dişi kapsamaktadır. Bu arklar çeşitli şekillerde aktive edilerek geniş aralıklı bir kuvvet uygulama imkanı sunmaktadır. Bu arkların en önemli özelliği üzerine “V” bükümü yapılarak dişlere farklı kuvvet ve moment uygulamasıdır. “V” bükümlerinin yeri ve miktarı, ark telinin yuvarlak ya da köşeli olması, braketlere ne şekilde ve hangi noktadan bağlandığı sistemin nasıl çalışacağını belirlemektedir. “2x4 ark mekanığı” ne en iyi örnekler tip back’li (ya da Spee bükümlü) düz arklar veya Ricketts’ in utility arklarıdır. Bu arklar sıklıkla daimi premolar ve kanin dişlerin arka dahil olmadığı karışık dişlenme döneminde kullanılmaktadır. 2x4 arkın üzerine ‘V’ bükümü yapıldığında arkın ön bölgesi vestibül sulkusa kadar uzanır. Tel keser dişlere bağlandığında hem keserleri, hem molarları içine alan bir kuvvet sistemi oluşturulur. “V” bükümü molarlar dişlerde negatif yönlü bir moment oluşturur (59).

Kesici dişlerin intrüzyonu amaçlandığında “V” bükümü birinci süt molar hizasında yapılır. Bu büküm molara yakın yapılırsa molarlarda distale devrilme meydana gelir etkisi en aza indirilmiş olur (59).

Ark üzerinde molarlarda cinch back yapılırsa “halat çekişmesi” diye adlandırılan bir etki oluşmaktadır. Molarlar distale kesici dişler meziale gitmeye çalışır. Böyle bir örnekte molar dişin ankrajının daha fazla olması nedeni ile kesici dişler prokline ve protruze olmaz, kökleri palatinala eğilir (59).



Şekil 1: Cinch back yapıldığında molar kökü meziale kyonu distale, keser kökü ise distale hareket eder (59).

Şekil 1’ de “2x4 ark mekaniği”ne bir örnek verilmiştir. Bu şekilde köşeli ark teli takılmıştır. Molar dişte yapılan tip back bükümünün açısı ve kesici dişin giriş açısı eşit ise molar dişler distale, kesici dişler meziale doğru eğilir. Molar dişin tarafında teldeki açı arttırılırsa kesici dişlerde intrüziv, molar dişlerde ekstrüziv hareketlerin ortaya çıkması ile sonuçlanır. Tork açısı molar tip back açısından fazla ise zıt yönde ve farklı şiddette momentler yaratır ve intrüzyondan ziyade keserlerde uzama olur ve kapanış derinleşir (59).

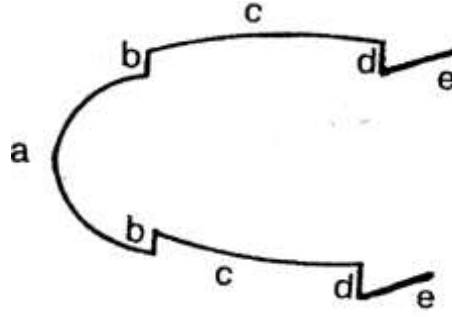
2.9.6. Utility Arklar ve Biyoprogresiv Tedavi

Bioprogresiv teknik sadece bir tedavi yöntemi değil, Dr. Ricketts’in sunduğu yeni bir felsefe olarak bilinmektedir. Felsefesi tedavinin her aşamasında kontrollü kök ve tork hareketlerinin sağlanması, kontrollü kassal ve kortikal kemik ankrajının sağlanması ve uzun dönem stabilite için overtreatment kavramını içermektedir. Bioprogresive teknikte keser intrüzyonu için utility ark kullanımı önerilmiştir. Bu ark dizayn olarak pasif utility arka benzemektedir fakat ark dişleri intrüze edecek şekilde aktive edilmektedir (60).

Utility ark 5 temel bölümden oluşur (Şekil 8) (59). Bunlar:

- a) Ön bölge
- b) Ön basamak
- c) Bukkal köprü
- d) Arka basamak

e) Arka bölgedir



Şekil 2: Utility ark bölümleri (59)

Utility ark'ları 2×4 ark mekanikleri arasında yer almaktadır. Utility ark başlangıçta mandibuladaki Spee eğrisini düzleştirmek amacı ile geliştirilmiştir, ancak alt kesici intrüzyonundan çok daha fazla işlevi yerine getirmek üzere uyarlanmıştır. Pasif utility ark stabilizasyonu veya yer tutucu görevi görmektedir. Kanin ve premolar dişlerin sürmesine izin verdiği karma dişlenme döneminde idealdir. İntrüzyon için kullanılan utility ark pasif arka benzer şekilde tasarlanmıştır, ancak alt anterior dişleri intrüze etmek için aktive edilir. Aktive edildiğinde alt kesici dişlerin her biri üzerinde yaklaşık 25gr kuvvet üretir, bu kuvvet seviyesi alt dişlerin intrüzyonu için ideal olarak kabul edilir.

Bu teknikte arklar segmentlere ayrılmış olup posteriorda molar dişler ankraj sağlamak amacı ile kullanılır, anterior segment ise keser dişleri içermektedir. Anteriorda ark direkt olarak keser braketlerine bağlanır. Utility arkı kanin ve premolar dişleri bypass geçmektedir. Bu şekilde dizayn edilmesinin karma dişlenmede kullanılmasının yanında çok önemli başka bir sebebi vardır. İntrüzyon hareketi için çok düşük kuvvetlerin kullanılması gerekmektedir. Özellikle alt keserlerde 40gr kuvvet bile etkili olabilir. Bunun için telin uzunluğu arttırılmıştır, böylece kuvvet iletimi azalmıştır. Arkın ön basamağı genelde 5-8mm, arka basamak ise 3-4mm olarak bükülür.

Aktivasyon yapıldığında anterior segment gingivale doğru hareket eder, kesici braketlerine yerleştirildiğinde de intrüzyon kuvveti ortaya çıkar. Aynı zamanda reaksiyon olarak arka segmentte de ekstrüzyon hareketi meydana gelir. İntrüzyon mekaniklerinden iki temel yan etki beklenmelidir. Biri kesici dişlerin proklinasyonu, diğeri de molar dişlerin ekstrüzyonu. Kuvvet çiftinin yarattığı

moment nedeni ile molar kökü meziale doğru hareket etme eğiliminde olur. Aynı zamanda molar dişte ekstrüzyon kuvveti brakettin olduğu bukal tarafta etki ettiği için, bu moların linguale doğru eğilmesine neden olur.

Daha serbest diş hareketleri sağlayan, yuvarlak ve ince tellerin kullanıldığı tedavi yöntemlerine göre bu teknikte kök hareketlerinin kontrolü vurgulanmıştır. Kortikal ankraj için kökler kortikal kemiğe dayandırılır. Aktive edildikten sonra uzun kaldıraç kolu tarafından molar dişlerden kesici dişlere hafif ve sürekli bir kuvvet iletilmektedir.

Profitte (6) göre, intrüzyon sırasında arkta serbest sonlanma olursa, kesici dişlerde labiyale eğilme meydana gelir. Uygulanan 4 keser dişin kuvvet direnç merkezinin labialinde uygulandığı için bu dişler prokline olmaya çalışacaktır.

Utility arkı aktif bir halde kesici dişlerin braketterine yerleştirildiğinde, köşeli olan telin yönü breketin içinde yön değiştireceği için labial kron torku ortaya çıkacaktır. Bunu engellemek için tele lingual kron torku verilebilir veya cinched back yapılabilir.

Derin kapanışın tedavi başlangıcında düzeltilmesi önerilmiştir. Aksi takdirde retraksiyon yapılırken anterior dişlerde çatışma meydana gelecektir ve istenen hareketler elde edilememektedir (61).

Bioprogressive tedavide, hareketi istenen dişler vasküler trabeküler kemik içinde hareket ettirilmektedir; ankrajı istenen dişler ise kortikal kemiğe dayandırılmaktadır. Utility arkın yapımında 0.016"x 0.016" ve 0.016""x 0.022" Blue Elgiloy tel kullanılması önerilmiştir. Alt dört keserlerin intrüzyonu için toplam 60-80gr, üst 4 keserlerin intrüzyonu için ise toplam 160-200 gr önerilmektedir (61).

Aktivasyon iki şekilde yapılabilir, molar tüpüne yakın basamakta tip back bükümü veya gable bend (V bükümü) yapılabilir.

İlk aktivasyon yöntemi bu şekildedir: Utility ark başlangıçta pasif olarak yerleştirilir. Aktivasyon vestibuler segmentin posterior bölgesinde okluzale bakan bir V bükümü aracılığı ile yapılmaktadır (60).

Diğer aktivasyon yönteminde molar segmente tip back bükümü yapılmaktadır. Ark molar tüpüne yerleştirildiğinde anterior segment sulkusa doğru

uzanmaktadır. Utility ark teli kanin ve premolarları bypass geçerek dört kesici diş braketine bağlandığında ise bu dişler intrüze edilir. Tip back bükümleri, her iki tarafta 1. daimi molar tüpünün mezialine, horizontal düzlemlerle 45°lik açı yapacak şekilde bükülürler. Bu yöntemin dezavantajı molarların distale eğilmesidir. Üst arka bu etkiyi önlemek için TPA kullanılması önerilmiştir (58).

Bir kuvvetin oluşturduğu moment, kuvvetin uygulandığı nokta ve direnç merkezi arasındaki mesafenin değişmesi ile ilişkilidir. Kesici dişte kuvvet direnç merkezinin labialinden uyulanırsa dişte proklinasyon meydana gelir. Direnç merkezine yaklaşması ile intrüzyon oranı artar.

Intrüzyon arkı çalışmaya başladığı zaman alt kesici dişlerde tork değişimi ortaya çıkar. Shrof ve ark. bu sistemde göreceli bir intrüzyon sağlandığını belirterek derin kapanışın daha çok kesici dişlerin proklinasyonu ile düzeltildiğini ifade etmiştir. Vertikal kontrol için high-pull headgear kullanımını önermiştir. Bu yöntemi anterior dişlerin protrüzyon ihtiyacı olduğu vakalar için önermişlerdir (62).

Özsoy ve ark.'ının yaptığı çalışmada utility arklar ve minivida ile keser intrüzyonunu karşılaştırmışlardır (49): bunun sonucunda utility ark grubunda üst molarlar distale devrilme hareketi göstermiştir. Minividaların kullanıldığı grupta ise intrüzyon kuvveti üst keserlerin direnç merkezlerine daha yakından uygulandığı için keserlerde daha az proklinasyon gözlemlenmiştir.

2.9.7. Nanda'nın Connecticut İntrüzyon Arkı (CTA)

CTA, Sınıf II malokluzyon ve derin kapanışı düzeltmek için kullanılır. CTA, hem utility arkın hem de geleneksel intrüzyon arkının özelliklerini taşımaktadır. Şekil hafızası, esneklik, hafif ve devamlı kuvvet dağılımı sağlamak amacıyla nikel titanyum alaşımından (63) elde edilir. Geleneksel intrüzyon arkının özelliklerinin yanı sıra utility arkın özelliklerini de içerir. CTA, kolay yerleştirme ve kullanım için gerekli uygun büküm yapılarak üretilmiştir. Karma dişlenme vakalarına uyum sağlamak için iki farklı uzunlukta mevcuttur.

CTA'nın kuvvet iletimi için temel mekanizması, yaklaşık 40-60 g kuvvet iletecek şekilde kalibre edilmiş bir V-bend'dir (V bükümü). Yerleştirildiğinde, V-bend molar braketlerin hemen anteriorunda yer alır. Ark aktive edildiğinde, anterior bölgede dikey bir kuvvet ve posterior bölgede bir momentten oluşan basit bir kuvvet

sistemi ortaya çıkar (33). Çekimli, çekimsiz ve karma dişlenme vakalarına uyum sağlamak için iki farklı uzunlukta mevcuttur: .016" X .022" ve .017" X .025". Maksiller ve mandibular versiyonlar sırasıyla 34 mm ve 28 mm anterior boyutlara sahiptir. Çoğu durumda tel doğrudan braket yuvalarına bağlanmasa da, anterior tel boyutu buna izin vermek için yeterlidir. Bir .018" X .025" yardımcı tüp, CTA'nın diğer tellerle birlikte kullanılmasını sağlar. Gerektiğinde piggyback teller ve posterior segmentler kullanılabilir. Bukkal genişliği korumak veya ankraj amacıyla transpalatal barlar eklenebilir.

Kesici diş intrüzyonu, dişin direnç merkezi boyunca apikal olarak yönlendirilen yaklaşık 50 g kuvvet gerektirir. CTA bu amaç için kalibre edilmiş olsa da, yerleştirmedeki küçük farklılıklar aktivasyon sırasında kuvvet sistemini değiştirebilir. Molar dişte yaratılan moment de kesici dişlerdeki kuvvet miktarının molar dişlere olan mesafe ile çarpımına göre değişecektir.

Bu küçük değişiklikler, ark yerleştirildiğinde bir yay ölçer ile ölçülebilir ve uygun kuvvet dağıtımını sağlamak için gerekli ayarlamalar yapılabilir. Maksiller molarlarda üçlü tüpler ve mandibular molarlarda ikili tüpler takılması önerilmektedir. Her altı haftada bir yaklaşık 1 mm'lik intrüzyon beklenebilir (33).

CTA kullanarak keser intrüzyonu yapılan çalışmalarda molar dişin mezio-bukkal tüberküllerinde sarkma ve sagittal yönde hafif ankraj kaybı ortaya çıkarmıştır (64),(65).

2.9.8. Ağız Dışı Teknikler: J Çengelli Headgear

Ağız dışı ankrajı olarak kullanılan J çengelli headgear ortodontide uzun yıllardır kullanılmıştır. Çengellerinden bir dişe veya bir diş grubuna kuvvet uygulanarak üst kesici dişlerin intrüzyonu sağlanmaktadır. Bu aygıtın diğer adı "Anterior High Pull Headgear" (66) (56). Bu aparey efektif tork kontrolü ile beraber kesici diş intrüzyonu sağlar (56). J-çengelli headgear'in avantajları, mükemmel bir ankraj kontrolü ve kuvvette değişkenlik (kuvvet vektörünün ayarlanabilmesi ile). Bu apareyin hastalar tarafından kolay ve güvenli bir şekilde kullanılmasının yanı sıra her iki arktaki dişlerin eşzamanlı olarak retraksiyonu da diğer bir avantajdır. Bu tekniğin dezavantajı diş arkının genişleme eğiliminde olması ve kafatasının yumuşak dokularında basınca bağlı bazı sorunların nadiren ortaya çıkmasıdır. Ayrıca bu

aparey hasta ile iyi bir işbirliği gerektirmektedir. Tedavi sırasında kooperasyonun azalması sebebiyle tedavinin sonucu etkilenebilir. Ayrıca kuvvetin kesikli olmasından dolayı diğer sürekli ve haffif kuvvet ileten aygıtlarla karşılaştırıldığında daha dezavantajlıdır (66).

Erişkin bireylerde ağız dışı bir apareyin kullanımı sosyal açıdan zordur, ağrı ve disfonksiyon nedeni ile kullanımı tercih edilmemektedir (67).

2.10. Ortodontik Mini Vidalar kullanılarak intrüzyon mekanikleri

Diş hareketi sırasında başka bir diş veya diş grubu ankraj olarak kullanıldığında kuvvet iki segmenti de etkileyerek eşit ve zıt yönde dağılmaktadır, dolayısı ile yan etki olarak bu destek dişlerde de bir takım istenmeyen hareketler meydana gelmektedir. Devamlı arklar ve segmental arklar ile ne kadar başarılı sonuçlar elde edilse de bu yöntemlerde keser dişleri intrüze etmek için hastanın diğer dişlerinden destek alınması gerekmektedir. Fakat alt ve üst kemiğe sabitlenebilen mini implantlar kullanıldığında uygulanan kuvvet, sadece hareketi istenen dişleri etkilemektedir. Bu durum implantları, ideal bir ankraj seçeneği olarak karşımıza çıkarmaktadır (68). İmplantları destek ünitesi olarak kullanma fikri çok eski olması ile birlikte son yıllardaki teknolojik gelişmeler çok daha iyi bir osteointegrasyona ve daha iyi tedavi sonuçlarının alınmasına sebep olmuştur.

Hayvanlarda vida kullanımını gerçekleştiren ilk araştırmacılarından biri Gainsforth ve Higley'dir. 1945 yılında köpekler üzerinde yaptıkları çalışmada vitallium vidalarından destek alarak dişsel hareket ve mandibular itme amaçlamıştır. Vidalar ağız florasının kontaminasyonu sonucunda kaybedilse de bir miktar diş hareketi elde edilmiş ve ilerleyen çalışmalar için ümit verici olmuştur (69).

Linkow, 1969 yılında anterior dişlerin retraksiyonu için endosseöz bir implant uygulamıştır (70). Creekmore ve Eklund, 1983 yılında titanyum osteosentez bir vida kullanarak üst keser intrüzyonu yapmayı başarmıştır (71). Roberts ve ark. 1989 yılında yaptıkları hayvan çalışmalarında implantları devamlı okluzal kuvvetlere maruz bırakarak uzun süreli stabiliteyi ispatlamıştır (72).

Mini-vidalar self tapping veya self drilling olmak üzere yerleştirme yöntemine göre iki gruba ayrılabilir. Self tapping vidaları bir rehber oluk hazırlandıktan sonra yerleştirilirken, self-drilling vidalarında ise hekim bu vidaları

direkt olarak, uygulanacak olan bölgeye bir tornavida ile çevirerek yerleştirmektedir (73). İkinci yöntemde vidanın kırılma ihtimali bulunsada dahi uygulandıktan sonra elde edilen yüksek kemik-implant teması daha iyi bir primer stabiliteye yol açtığı raporlanmıştır (74).

2.10.1. Kesici Dişlerin İntrüzyonu İçin İmplant Lokalizasyonu

Mini-vidanın yerleştirileceği bölgenin yumuşak doku kalınlığı ve kemik kalitesi değerlendirilmesi gereken faktörlerdir. Ayrıca, mini vidanın uygulanacağı bölgedeki komşu dokulara, diş köklerine yakınlığı ve anatomik yapılar göz önünde bulundurulmalıdır. Mini vida yakınındaki anatomik bölgelere zarar vermeyecek en uzun boy olarak seçilmelidir. Uzun ve kalın olan vidalar mekanik retansiyon açısından daha çok tercih edilmektedir. Vidaların keratinize dişeti sınırlarında yerleştirilmesi uzun süre stabilite için önerilmektedir. Hareketli mukozaya yerleştirilenler ise hijyenik olarak ve mekanik retansiyon açısından önerilmemektedir. Hastalarda enfeksiyon, irritasyona sebep oldukları rapor edilmiştir.

Mini vidalar her iki çenede de santral kökleri arasında orta çizgiye yerleştirilirler. Eğer keserlerin protrüzyonunda isteniyorsa intrüzyon kuvveti direk ark teline uygulanabilir. Protrüzyon istenmediği vakalarda ark boyunu korumak için ark teline cinch back yapılır, böylece daha etkili bir intrüzyon sağlanabilir.

Şiddetli derin kapanış vakalarında, sağda ve solda santral ile lateral dişler arasına birer implant yerleştirilerek etkin bir intrüzyon hareketi elde edilebilir. Ayrıca kant veya asimetri durumlarında da diğer segmentlerde ankraj kaybetmeden düzeltilebilir (75).

Saf kesici diş intrüzyonu yapıldığında ve yan etkileri minimuma indirmek amaçlandığında kuvvetin dişin direnç merkezinden geçmesi hedeflenir.

Sosly ve ark. (76) üst keserleri intrüze etmek için kullanılan minividaları değerlendirdiği meta-analiz çalışmasında yan etkisiz ve yüksek miktarda intrüzyon amaçlandığında minividaların çift taraflı olarak santral ile lateral kesici diş arasına yerleştirildiğinde daha başarılı sonuçlar elde edildiğini raporlamıştır. Fakat kaninler ve dört kesici dişin en masse intrüzyonu hedefleniyorsa minivida çift taraflı olarak lateral kesici diş ile kanin dişleri arasına yerleştirilmelidir ve kuvvetin ön altı dişin

direnç merkezinden geçebilmesi için hafif distal yönlü bir kuvvet uygulanmalıdır (50).

2.10.2. Mini implant seçimi

Mini implantları yerleştirirken kökler arası mesafeye dikkat edilmektedir. Çap ve boyut olarak farklılıklar olabilir (77). Kaynaklara bakıldığında kökler arasına yerleştirilen mini implantlar ankraj olarak baş kısmı en az 0.5 mm ve ondan daha büyükleri ilerleyen zamanlarda hareketlenme gösterdikleri rapor edilmiştir (78). Mini vidaların periodonsyumu korumak amacı ile kök ile arasında 1 mm mesafesi olmalıdır, çapı 1.5 mm ve altında tercih edilmektedir (79) Maksillanın ön bölgesinde yerleştirilen mini implantlar anterior nazal spinanın altında maksiller santral dişlerin kökleri arasına (79) (51) konulabilir santral-lateral (66) veya lateral-kanin dişlerin köklerinin arasına da konulmaktadır. Kullanılan mini implantların boyutları da farklılık göstermektedir.

2.10.3. Keser İntrüzyonunda Mini-İmplant Kullanımı ile İlgili Çalışmalar

Ortodontik mini implantları mandibular keser intrüzyonu için ilk defa Kanomi kullanmıştır. Kanomi (80) yayınladığı derin kapanışa sahip vaka raporunda alt çene keser dişlerin kök uçları arasına yerleştirdiği implantlar ile 4 ay sonunda 6 mm intrüzyon elde etmiştir ve bu süreçte implantlar köklerde rezorpsiyona ve peridontal dokularda herhangi bir patolojiye yol açmadığını bildirmiştir.

Ohnishi ve ark. (51) şiddetli derin örtülü kapanışa sahip ve gummy smile'ı bulunan 19 yaşında bir hastayı mini implant uygulayarak tedavi etmişlerdir. Mini implant, iki kesici diş arasına apeksin 3 mm yukarısına yerleştirilmiş ve devamlı bir ark teli üzerinden ligatür teli ile 20 gr lık hafif bir kuvvet uygulanmıştır. Alt ve üst çenede diş çekimi yapılmamış. Derin kapanış miktarı 7.2 mm'den 1.7 mm'ye düşmüş (üst kesici dişler 5.5 mm intrüze edilmiş) ve gummy smile düzeltilmiştir. 2 yıllık takip sürecinde relaps görülmemiştir. Mandibulada posterior rotasyona neden olacak herhangi bir molar konum değişikliği gözlenmemiştir.

Kim ve ark. (81) ise 10 yaşındaki yüksek gülme hattı, derin kapanış ve sınıf II bölüm 2 malokluzyonuna sahip erkek hastada üst çene kesici dişleri mini implant uygulayarak intrüze etmişlerdir. Maksiller kesici dişleri intrüze etmek için kökleri arasına 1 mini implant yerleştirilmiş ve segmental ark telinden nikel-titanyum kapalı

yaylarla kuvvet uygulanmış, ardından sagittal yön ilişkisinin düzeltmek amacı ile twin-block apareyi kullanılmıştır.

Toplam tedavi 2 yıl 3 ay sürmüştür, kesici dişlerde intrüzyon ile birlikte bir miktar protrüzyon meydana gelmiş, molarlar ekstrüze olmadan hastada ideal overbite, overjet, oklüzyon ve estetiğe ulaşılmıştır. Gummy smile düzeltilmiştir.

Polat Özsoy ve ark. (49) 4.55 ayda üst kesici dişi 1.92 mm intrüze etmiştir.

Aydoğdu ve Özsoy, (82) mini implantlar kullanarak mandibular kesiciintrüzyonunun dentofasiyal etkilerini, geleneksel bir kesici intrüzyon mekaniği olan yardımcı ark ile karşılaştırmıştır. Yirmi altı derin kapanış hastası iki gruba ayrılmış. Konvansiyonel lateral sefalometrik radyografiler tedavi öncesi ve intrüzyon sonunda çekilmiştir. Otuz landmark belirlenerek 23 doğrusal ve 20 açısal ölçüm yapılmış. Sonuç olarak intrüzyon süresi grup 1 için 5 ay ve grup 2 için 4 ay sürmüştür. İmplant grubunda ortalama değişim miktarı kesici uç için 0,4 mm/ay ve direnç merkezi için 0,3 mm/ay iken, yardımcı ark grubunda ortalama değişim miktarı kesici uç için 0,25 mm/ay ve direnç merkezi için 0,2 mm/ay çıkmıştır. Mandibular kesici dişler implant grubunda ortalama 7°, yardımcı ark grubunda ise 8° protrüzyon göstermiş. İmplant destekli segmentli ark teli kullanılarak elde edilen kesici intrüzyonu, geleneksel intrüzyonlu utility ark ile elde edilen hareketten farklı bulunmamıştır. İki yöntem arasındaki tek fark molar hareketinde gözlemlenmiştir.

2.11. Keser İntrüzyonunda Uygulanan Kuvvet Miktarı

İntrüzyon uygularken dişin köküne ve çevreleyen periodonsiyuma zararlı etkilerin minimum olması için mümkün olan en düşük kuvvet tercih edilmektedir. Kuvvet arttığında kök rezorpsiyonu riskinin artması ile birlikte posterior dişlerde ortaya çıkan resiprokal etkiden dolayı istenmeyen bir ekstrüzyon meydana gelmektedir. Burstone, üst santral dişler için diş başına 25 gr, alt 4 keser için toplam 40 gr kuvvet uygulanmasını önermiştir (58). Nanda (5), üst santral keser dişlerde 15 gr, üst lateral keser dişlerde 10gr, üst kanin dişlerde 25gr, üst 4 keser dişin toplamı için 50-60gr., alt 4 keser dişlerde 40gr. intrüzyon kuvvetinin dişlerde ekstrüzyon yaratmadığını bildirmiştir. Weiland ve ark. (83) çalışmalarında dört mandibular keser için 40-50 gr. intrüziv kuvvetin uygulanması posterior segmentte herhangi bir olumsuz etkiye yol açmayacağını savunmuştur. Bench ve ark. (84) dört mandibular

keser dişin intrüzyonunda diş başına 20 gr kuvvet olacak şekilde toplam 60-80 gr kuvvetin ideal olduğunu söylemiştir. McNamara (60) alt keser intrüzyonunda diş başına 25 gr uygulanmasının ideal olduğunu ifade etmiştir.

Kanin dişlerin keser dişler ile birlikte intrüze edilmesi daha büyük kuvvet gerektirmektedir, bu da posterior bölgede yan etki olarak ekstrüzyon ile sonuçlanır. Ayrıca daha büyük kuvvetlerin uygulanması keser dişlerin kök rezorbsiyonu açısından daha fazla risk taşımaktadır, dolayısı ile kanin dişlerin dahil edilmeleri tavsiye edilmemektedir (55).

Tablo 1: **Anterior dişlerin intrüzyonu için kuvvet değerleri (55)**

Diş	Kuvvet değeri(g)
Üst santral	12-15
Üst lateral	8-10
Üst kanin	25
Alt santral	8-10
Alt lateral	8-10
Alt kanin	25
Üst dört kesici diş	35-50
Alt dört kesici diş	30-40

2.12. Kesici İntrüzyonu İle ilgili Çalışmalar

Weiland ve ark. (83) çalışmalarında konvansiyonel devamlı ark tekniği ile Burstone' nun segmental ark tekniğini karşılaştırmışlar. Posterior segmentin ankraj desteğini arttırmak için transpalatal ark uygulamışlardır. İntrüzyon için diş başına 10 ila 15 gr arasında kuvvet uygulanmıştır. Derin kapanış iki grupta benzer ölçüde azalmıştır. Devamlı ark tekniğinde alt ve üst azı dişlerinde ekstrüzyon meydana gelmiş, buna bağlı olarak alt çene saat yönünde rotasyona uğramıştır ve alt yüz yüksekliğinde artış izlenmiştir. Bu teknikte alt keser dişlerde intrüzyon miktarı 1,03 mm olarak ölçülmüş, diğer gruba göre daha az intrüzyon ve daha çok labiale proklinasyon meydana gelmiştir. Segmental ark tekniğinde ise derin kapanışın düzeltimi alt ve üst keserlerin intrüzyonu sonucunda elde edilmiştir ve molar bölgede

çok az miktarda ekstrüzyon gözlemlenmiştir. Üst keser dişlerde 1,50 mm intrüzyon, alt keser dişlerde ise 1,72 mm intrüzyon ölçülmüştür.

Steenbergen ve ark. (85) devamlı arklar ile birlikte High-pull Headgear kullanmış ve dento alveolar etkilerini araştırmıştır. Posterior bölgede ekstrüzyon rastlanmamıştır. Bukkal segment genişliği değişimi arasındaki fark gruplar arası karşılaştırıldığında iki grup arası fark anlamlı bulunmuştur. High-pull headgear kullanan grupta bukkal segmentte genişleme meydana gelmiştir. Diğer grupta ise daralma gözlemlenmiştir.

Steenbergen ve ark.'ının (86) yaptıkları çalışmada derin overbite'ı maksiller kesici dişlerin intrüzyonu ile düzeltmişlerdir. Bu çalışma ile maksiller bukkal segmentin boyutunun, bukkal segmentlerin dikleşme, ekstrüzyon veya daralma miktarını veya meydana gelen intrüzyon oranını etkileyip etkilemediğini araştırmışlardır. Yaşları 9-14 arasında olan, 20 hasta 2 gruba ayrılmıştır. Uzun bukkal segment grubundaki hastaların maksiller bukkal segmentleri kaninleri, her iki premolar dişi ve birinci molar dişi kapsamıştır. Kısa bukkal segment grubunda ise bukkal segmentler sadece maksiller birinci molar dişleri kapsamıştır. Hasta kayıtları incelenerek iki grubun posterior dişler üzerindeki yan etkiler karşılaştırılmıştır. Sonuçta intermolar genişlik kısa bukkal segment grubunda hafifçe artmış, uzun bukkal segment grubunda ise hafifçe azalmıştır. Kısa bukkal segment grubunda bukkal segmentte daha fazla dikleşme, uzun bukkal segment grubunda ise anterior segmentte daha fazla proklinasyon meydana gelmiştir. Bukkal segmentin uzunluğu kesici diş intrüzyonu oranı veya posterior segment ekstrüzyonu miktarı üzerinde etkisi olmamıştır. Her iki grupta da ortalama kesici diş intrüzyon miktarı 2 mm'yi aşmıştır. Sonuçta kaninden birinci molar dişe kadar uzanan bir bukkal segment kesici diş intrüzyonunun yan etkilerini en aza indirmeye yardımcı olacağını belirtmişlerdir.

Deguchi ve ark. (66) çalışmasında implant ve J-hook headgear grupları kesici intrüzyonunun etkisi, kuvvet vektörü ve kök rezorpsiyonu miktarı açısından karşılaştırılmıştır. İmplant grubundaki 8 hastanın ve J-hook headgear grubundaki 10 hastanın lateral sefalometrik radyografileri kesici retraksiyonu açısından analiz edilmiştir. Kuvvet vektörü her iki grupta da yatay ve dikey yönlerde analiz edilmiştir. Periapikal radyografilerde kök rezorpsiyonu ölçülmüştür. Sonuçta implant grubunda overbite miktarında, maksiller kesici dişin palatal düzlemine ve maksiller kesici dişin

üst dudağa olan mesafelerinde J-hook headgear grubuna göre anlamlı derecede daha fazla azalma görülmüştür. Kuvvet analizinde implant grubunda dikey yönde önemli ölçüde daha fazla ve yatay yönde daha az kuvvet bulunmuştur. Ayrıca, implant grubunda J-hook headgear grubuna kıyasla anlamlı derecede daha az kök rezorpsiyonu gözlenmiştir. Sonuç olarak maksiller kesici dişler, hasta kooperasyonu olmaksızın ortodontik ankraj olarak mini vidalar kullanılarak etkili bir şekilde intrüze edilmiştir. Kök rezorpsiyonu miktarı, kesici dişlerin intrüzyonu sırasında mini vidaya bağlanan ligatür telinin aktivasyonundan etkilenmemiştir.

Sifakakis ve ark. (87) yaptıkları çalışmada farklı maksiller kesici intrüzyon mekanikleri kullanarak anterior maksiller intrüzyon sırasında oluşan intrüzyon kuvvetlerini ve bukkolingual tork momentlerini karşılaştırmalı olarak değerlendirmişlerdir. İn vitro model üzerinde uygulanan mekanikler ile üç milimetrelik intrüzyon simülasyonu yapılmıştır. Bu amaç ile mavi Elgiloy utility ark 0.16×0.016 inç, TMA utility ark 0.017×0.025 inç, Burstone TMA intrüzyon ark 0.17×0.025 inç ve Spee NiTi ters eğri 0.016×0.022 inç kullanılmıştır. İntrüzyon arklarının her biri için beş tel örneği kullanılmıştır. Tüm ölçümler her örnek için beş kez tekrarlanmış ve istatistiksel değerlendirmeler için tüm teller için 1,5 mm'de kaydedilen değerler kullanılmıştır.

Maksiller anterior dişler için iki ana intrüzyon tekniği olan segmentli ve biyoprogresif tekniklerin karşılaştırılması olan Burstone TMA $0.017 \times 0,025$ inç intrüzyon arkının kesici dişler üzerinde en düşük kuvveti uyguladığı (0,99 N), bunu TMA utility $0,017 \times 0,025$ inç (1,33 N) ve mavi Elgiloy $0,016 \times 0,016$ inç utility'nin (1,43 N) izlediği görülmüştür. En yüksek kuvvet Spee NiTi'nin ters eğrisi için kaydedilmiş ve 9 N değerini aşmıştır. En düşük bukkolingual momentler Burstone intrüzyon arkında (2,47 Nmm) kaydedilirken, en yüksek değer $0,017 \times 0,025$ inç TMA teli (7,31 Nmm) ile elde edilen utility arkında kaydedilmiştir.

Darendeliler ve ark. (88) çalışmalarında premolar dişlerine kontrollü hafif ve ağır intrüzyon kuvvetleri uygulandığında kök rezorpsiyon miktarını 3 boyutlu olarak ölçmüşler ve kök rezorpsiyonunun daha yaygın olduğu bölgelerini belirlemişlerdir. Ortodontik olarak çekim endikasyonu konmuş 27 hastanın 54 maksiller birinci premolar dişine 28 gün boyunca bukkal ve palatal beta-titanyum-molibden alaşımli $0.017-0.025$ -in cantilever springler ile intrüzyon uygulanmış. Hastalar rastgele 3

gruba ayrılmış ve çeşitli kuvvet seviyeleri kullanılmış: grup 1, 1 tarafta ağır kuvvet (225 g) ve kontralateral tarafta kontrol kuvveti (0 g); grup 2, 1 tarafta hafif kuvvet (25 g) ve kontralateral tarafta kontrol kuvveti (0 g); grup 3, 1 tarafta hafif kuvvet (25 g) ve kontralateral tarafta ağır kuvvet (225 g). Deneysel dönemden sonra, dişler kök yüzeyinin zarar görmesini önlemek için sıkı bir protokol altında çekilmiş ve mikrobilgisayarlı tomografi tarama röntgen sistemi ve doğrudan hacimsel ölçümler için özel olarak tasarlanmış bir yazılım kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçta intrüzyon sonrası kök rezorpsiyon kraterlerinin hacmi, uygulanan intrüzyon kuvvetinin büyüklüğü ile doğrudan orantılı bulunmuştur. Sonuçlar, kontrol grubunun daha az sayıda ve daha küçük kök rezorpsiyon kraterlerine sahip olduğunu, hafif kuvvet grubunun kontrol grubundan daha fazla sayıda ve daha büyük kök rezorpsiyon kraterlerine sahip olduğunu ve ağır kuvvet grubunun tüm gruplar arasında en fazla sayıda ve en büyük kök rezorpsiyon kraterlerine sahip olduğunu göstermiştir. Kök rezorpsiyon kraterlerinin hacminde kontrol grubundan hafif gruba ve ağır gruba doğru doğrusal bir artış eğilimi gözlenmiş ve bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Hafif ve ağır kuvvet gruplarındaki rezorpsiyon kraterlerinin ortalama hacimleri kontrol gruplarına göre sırasıyla 2 ve 4 kat daha büyük bulunmuştur. 2 yüzey arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmaksızın mezial ve distal yüzeyler en büyük rezorpsiyon hacmine sahip bulunmuştur.

Amasyalı ve ark.'ının (64) çalışmasında Connecticut Intrusion Arch (CIA) ve Utility Arkı olmak üzere iki farklı arklarının etkilerini incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Sınıf I veya Sınıf II maloklüzyona ve derin kapanışa sahip toplam 20 hasta (15 kız ve 5 erkek) iki gruba ayrılmış. Lateral sefalogramlar tedavi öncesinde ve üst kesici dişlerin intrüzyonu sonrasında elde edilmiştir. Lateral sefalogramların istatistiksel değerlendirmesi, her iki grupta da üst kesici dişlerin intrüze ve protrüze olduğunu, üst birinci molar dişlerin ekstrüze olduğunu ve alt kesici dişlerin protrüze olduğunu ortaya koymuştur. Azı dişlerinin ekstrüzyonuna bağlı olarak ön ve arka yüz yükseklikleri artmıştır. Her iki mekaniğin de ön dişlerin intrüzyonu üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir

Saxena ve ark. (89) mini-implantlar kullanarak 6 ön dişi en-masse olarak intrüze etmiştir ve etkinliğini değerlendirilmiştir. Toplam 10 hastada üst kesici dişler, lateral ve kaninler arası konulan bir mini vida desteği ile intrüze edilmiştir. Uygulanan intrüziv kuvvet miktarı 45 cN, bunun yanı sıra distalizasyon kuvveti de

eklenmiştir. 4 ay süren intruzyonda kaninler ortalama ayda 0,9 mm intrüze olmuş, kesici dişler ise ayda 0,7 mm gömülmüştür. Ancak klinik olarak kanin dişlerin daha uzun kökler ve daha fazla periodontal membran alanı nedeniyle kesici dişlere göre daha zor intrüze olmaktadır. Her dişin optimal kuvvetlerin büyüklüğü değişmektedir. Farklı büyüme şekilleri, cinsiyet veya yaş etkili faktörlerdir.

2.13. Ortodontik Tedavide Kök Rezorpsiyonu

Kök rezorpsiyonunun teşhisi klinik, histolojik ve biyolojik yöntemler ve radyografik inceleme ile yapılabilir. Klinik olarak kök rezorpsiyonu genellikle asemptomatikken, şiddetli vakalarda alveolar kemik kaybı ile birlikte diş hareketliliğinin artmasına ve çok nadiren diş kaybına yol açabilir.

Sert diş yapılarının rezorpsiyonu veya kök rezorpsiyonu süt dişlerde tipik fizyolojik bir yanıtıdır. Ancak daimi dişlenmedeki kök rezorpsiyonunun patolojik bir temeli vardır (90). Ortodonti pratiğinde diş hareketi planlarken hekimler en az biyolojik hasar, en az ağrı ve rahatsızlık oluşturacak tedavi mekaniklerini tercih eder. Kök rezorpsiyonu dişin kökündeki sert dokularında (sement ve veya dentin) odontoklastik hücre aktivitesi nedeni ile meydana gelen madde kaybı olarak tanımlanmıştır (91). Dentin iç tarafta pulpa yüzeyi ile sınırdadır (odontoblastik tabaka ve pre dentin), dış tarafında ise peridonsiyum (presement ve sementoblastik tabaka) ile sınırlıdır. Pre dentin ve presement hasar gördüğünde veya yıkılmaya başladığında kökte resorbsiyon başlar (90). Bu durumda osteoklastik hücreler dental sert dokulardaki organik ve mineral yapıları uzaklaştırarak patolojik bir olgu olan kök rezorpsiyonunu meydana getirmektedir. Patolojik kök rezorpsiyonu sistemik rahatsızlıklar, ortodontik tedavi, enflamasyon, periodontal sorunlar, travma, komşu bölgede süren ektopik dişler veya gömülü dişler veya kist, tümör gibi patolojilere bağlı olarak meydana gelebildiği gibi idiopatik kökenli de olabilmektedir.

1856 yılında Bates isimli adında araştırmacıdır 1856 yılında Bates, ilk defa daimi dişlerde ortaya çıkan kök rezorpsiyonundan bahsetmiştir (92). Becks ve Marshall 1932 yılında ilk defa rezorpsiyon kelimesinin kullanımını literatüre sunmuşlardır (93). Ortodonti ve kök rezorpsiyonu ilişkisine ilk defa Ottolingu 1914 (94) yılında değinmiştir. Ketcham, (95),(96) 1927 yılında ortodontik tedavi uyguladığı 385 hastasından aldığı radyograflar üzerine analizler yaparak her çeşit ortodontik tedavinin apikal kök rezorpsiyonu riskini arttırdığını sonucuna varmıştır.

Ketchamın bu çalışması ile diş hareketinin histolojisinin araştırılması konusunda merak uyandırıp birçok yeni çalışmaya sebep olmuştur (95). Ortodontik tedavi sırasında uygulanan kuvvete bağlı olarak oluşan kök yıkım türünü tarif etmek için Brezniak ve Wasserstein ilk kez “Ortodontik olarak indüklenmiş iltihabi kök rezorpsiyonu (OİKR)” terimini kullanmıştır (97) .

Dişler ortodontik olarak hareket ettirildiğinde, periodontal ligament (PDL) mekanik etkilere maruz kalır. Bunlar sıkıştırma ve çekme kuvvetleridir.

Ağır kuvvet durumlarında uzun süreler boyunca PDL yaralanır ve bunun sonucunda hyalinizasyon dokusu oluşur. Çoğu histolojik raporlarına göre, rezorpsiyon süreci periodontal ligamentin yaralanması ve nekrozu sonrası yeniden şekillenmesi ile ilişkili bulunmuştur. Nekrotik dokuda ortaya çıkan ilk hücreler makrofajlardır. Bu hücreler presegment ilk rezorpsiyonundan sorumludur. Bu katmanların makrofajlardan sonra sementi ve dentini rezorbe eden çok çekirdekli hücreler ortaya çıkar (odontoklastlar) .

Diş hareketi sırasında kan akımı sıkışma alanında azalır; gerilme gösteren bölgelerde ise ya aynı kalır ya da artar. Periodontal ligamentin aşırı gerildiği durumlarda oksijenlenme kanlanma değişir, metabolitlerin oranları da değişmekte (15).

Raporların çoğunda rezorpsiyon meydana gelmiştir esas olarak kökün apikal üçte birlik kısmında bulunur. Genelde rezorpsiyonun apikal üçte birinde meydana gelmesi ile ilgili şöyle açıklanmıştır:

1. Dişin fulkrum noktası okluzale yakın olması ve periodontal liflerin yöndeki farklılıklar kökün apikal ve orta üçlüklerinde travma olasılıkları daha fazla görünmesine sebep olur.
2. Apikal üçte birlik kısım hücresel sementum ile kaplıdır. orta ve insizal üçte birlik kısımları ise aselüler sementum ile kaplıdır. Bu hücresel sementum daha aktif ve daha fazla destekleyici damar yapısına sahiptir, Bu da onu travma ve hücre hasarına daha yatkın hale getirir.

Kök rezorpsiyonu hyalinize doku yakınında ilk olarak ortaya çıkar (98).

2.13.1 Kök Rezorpsiyonunun Sınıflandırılması

Kök rezorpsiyonlarının lokalize oldukları bölgeye göre:

- 1) İnternal (iç) kök rezorpsiyonu
- 2) Eksternal (dış) kök rezorpsiyonu olarak ikiye ayrılmaktadır.

Brezniak ve Wesserstein (188) (99) ortodontik kuvvet uygulamasının sonucunda meydana gelen kök rezorpsiyonuna ortodontik olarak indüklenmiş iltihabi kök rezorpsiyonu olarak tanımlamıştır ve üç alt gruba ayırmıştır.

- 1- Yüzey rezorpsiyonu - sadece sementin dış tabakasında rezorpsiyon meydana gelmiştir ve zaman ile tamamen tamir olmaktadır.
- 2- Derin rezorpsiyon - Sement ve dentin tabakasının dış katmanında meydana gelir ve zaman ile sement dokusu ile tamir edilir. Tamir sonucunda kök kendi orijinal şeklini koruyabilir veya değişebilir.
- 3- Çevresel apikal kök rezorpsiyonu - Üçüncü derece kök rezorpsiyonunda, kök apeksinin sert doku bileşenlerinde tam rezorpsiyon meydana gelir ve kök kısalması belirgindir. Kök, sementumun altındaki apikal materyali kaybettiğinde rejenerasyon mümkün değildir. Dış yüzey onarımı genellikle semental tabakada gerçekleşir. Zamanla keskin kenarlar kademeli olarak düzleşebilir.

Apikal kök rezorpsiyonları (Apikal eksternal kök rezorpsiyonları, kök ucunun kısalması veya küntleşmesi olarak tanımlanır)

Proffit ve Fields (15) ortodontik tedavi sonucu oluşan kök rezorpsiyonunu etyolojik olarak 3 grup altında incelemiştir.

- 1) Orta düzeyde yaygın rezorpsiyon: Ortodontik tedaviden sonra kolaylıkla fark edilemeyen rezorpsiyonu tipidir. Klinik bir önemi yoktur. Kökün kısalmasına sebep olmamaktadır.
- 2) Şiddetli yaygın rezorpsiyon: Rezopsiyon yatkınlığı bulunan dişlerde, ortodontik tedavi sırasında kuvvetlere maruz kaldığında rezorpsiyon tetiklenmiş olur. Ortodontik tedavi birinci faktör değildir.

- 3) Şiddetli lokalize rezorpsiyon: Bu sınıflamada ise ortodontik tedavi temel rol oynar, kontrolsüz olarak uygulanan veya ağır kuvvetler diş kökünün rezorpsiyonuna yol açar.

2.13.2. Kök Rezorpsiyonunun Derecelendirilmesinde Kullanılan Ölçekler

Ortodontik tedavi sırasında oluşan kök rezorpsiyonunun derecelendirilmesinde çeşitli ölçekler belirlenmiştir.

Malmgren ve ark. (100) kesici dişlerin kök rezorpsiyonunu periapikal radyograflar kullanarak değerlendirmişlerdir:

- 1- düzenli olmayan kök konturu;
- 2- 2 mm'den az AKR,
- 3- 2 mm'den fazla AKR,
- 4- orijinal kök uzunluğunun 1/3 ü'nü aşan kök rezorpsiyonu.

Kennedy ve ark. (101) aşağıdaki ölçekleri kullanmıştır.

- 0 - kök boyu ve morfolojisi normal seviyede,
- 1- normal'den hafif madde kaybı,
- 2- kök ucunda belirgin küntleşme izlenmektedir fakat kısalma şiddetli değildir,
- 3 - şiddetli azalma meydana gelmiştir.

Sharpe ve ark. (102) ise aşağıdaki ölçekleri önermiştir:

- 0- apikal kök rezorpsiyonu yok,
- 1- kök ucu hafif küntleşmiştir,
- 2- kök boyunun 1/4 ü kadar orta seviyede küntleşme,
- 3- kökün 1/4 ünü aşan aşırı madde kaybı.

Kuperstein (103) kök rezorpsiyonunu değerlendirirken kesici dişin toplam uzunluğundaki kaybı % olarak hesaplamıştır. Madde kaybı miktarını;

rezorpsiyon yok (%0),

hafif rezorpsiyon (%1-10),

orta rezorpsiyon (%10-30) ve şiddetli rezorpsiyon (%30 'dan fazla) şeklinde ifade etmiştir.

2.13.3 Kök Rezorpsiyonuna Etki Eden Faktörler

a) Hastaya Bağlı Faktörler

Genetik yatkınlık

Yaş

Diş vitalitesi

Kök formu

Travma hikayesi

Alveol kemik densitesi

Anatomik yapılar

Malokluzyon tipi

Kemik kaybı

b) Tedaviye bağlı faktörler

Ortodontik hareket tipi

Ortodontik kuvvet

Kuvvet miktarı

Tedavi süresi

Çekimli tedavi

2.13.4 Alt keserlerde kök rezorpsiyonu

Dişleri ortodontik olarak hareket ettirildiğinde daha sıkı ve daha az dayanıklı olan kortikal kemiğe itilmesi sonucunda rezorpsiyon riski artmaktadır (104). Bioprogressive tedavi tekniği sırasında kortikal kemik ankraj ile bukkal molar torkları dikkatlice izlenmelidir. Panoramik radyografları kullanılarak yapılan bir çalışmada lingual kortekse temas sonucunda mandibular keserlerin kök rezorpsiyonuna neden olduğu rapor edilmiştir. OPTG radyografların alt keserleri görüntülemeye yetersiz kalmaktadır onun için bu bilgiyi güvenilir kılmaktadır.

Bioprogressive tedavi tekniğinde molar dişlerin ankraj desteğini arttırmak için bukkal kök torku uygulanır. Derin kapanış ne kadar fazla ise intrüziv kuvvet o kadar fazla uygulanır dolayısıyla molarlarda daha fazla rezorptif kuvvet oluşur (104).

2.13.5. Rezorpsiyon Miktarının Ölçümünde Kullanılan Yöntemler

Radyografik inceleme kök rezorpsiyonunu teşhis etmek için rutin olarak kullanılan ana yöntemdir periapikal ve panoramik röntgenler gibi 2 boyutlu radyografi ile gerçekleştirilebilir veya üç boyutlu yöntemler (Bilgisayarlı Tomografi ve KIBT) kullanılabilir.

1 - Panoramik Radyograflar:

Bu radyograflarla elde edilen görüntülerde magnifikasyon problemleri ve geometrik bozulmalar meydana geldiğini söyleyen Sameshima ve Asgarifar (105) periapikal film çekilmesini önermiştir. Bunun yanı sıra periapikal filmler 0,3 mm'ye kadar doğru boyut göstermektedir. Panoramik filmler ise 0,4 mm'den 1,7 mm'ye kadar boyut değişikliği gösterebilmektedir. Ayrıca bu filmlerde kök rezorpsiyonunun %20 veya daha büyük oranda olduğundan fazla algılanması söz konusudur. Ayrıca bu filmlerde kök rezorpsiyonunun %20 veya daha büyük oranda olduğundan fazla algılanması söz konusudur. Panoramik filmlerin magnifikasyon faktörü dikey boyutta dişlerin %23-32 oranında uzama meydana gelmektedir, yatay ölçümler ise değişmektedir. Maksiller kesici dişler için horizontal magnifikasyon %19 iken mandibular ikinci molar dişler için magnifikasyon %55 olarak bildirilmiştir.

2 - Periapikal Radyograflar:

Periapikal radyograflar açığortay veya paralel teknik ile çekilebilmektedir.

Kök rezorpsiyonu tespitinde daha güvenilir olan açığortay tekniğinin kullanılması tavsiye edilmektedir (106).

3 - Lateral Sefalometrik Filmler:

Kuperstein (103) maksiller dişlerin rezorpsiyon miktarını ölçmek amacıyla çektiği lateral sefalogramlar üzerinde magnifikasyon farkları ve süperimpozisyonların meydana geldiğini, görüntü kalitesinin bozulduğunu bildirmiştir (106).

4 - Scanning Elektron Mikroskobu (SEM):

Elektron mikroskobu ile kök yapısını ve rezorpsiyon miktarını ilk defa Boyde ve Jones incelemiştir.

Barber ve Sims (107) premolar dişlerin kökleri üzerinde mikrograflar kullanarak rezorpsiyon alanlarını incelemiştir. Yüksek magnifikasyon (x20000) kullanarak bu yapılarının ayrıntılarını incelemiştir. Periapikal filmlerin ve SEM'in elde ettiği görüntüler karşılaştırıldığında SEM'de periapikal filmin kaçırdığı bukkal yüzeydeki şiddetli kök rezorpsiyonu görülmüştür.

Chan ve Darendeliler (108), yaptıkları çalışmada ortalama yaşları 14 olan beş ortodonti hastasından çekilen on adet normal maksiller birinci premolar diş üzerine SEM kullanarak görüntüler elde etmişlerdir ve sonra bilgisayar ortamında üç boyutlu modeller oluşturmuşlardır. Dişler herhangi bir ortodontik kuvvete maruz kalmamıştır. Sementumun sertliği ve elastik modülü köklerin bukkal ve lingual yüzeylerinde üç lokasyonda ölçülmüş: servikal üçlü, orta üçlü ve apikal üçlü. Elde edilen modeller üzerinde rezorpsiyon kraterlerinin hacimleri hesaplanarak kök rezorpsiyon miktarı konusunda bilgi alınmıştır.

5 - Bilgisayarlı Tomografi:

Bilgisayarlı tomografi (BT) 2 boyutlu radyografinin dezavantajlarının üstesinden gelmek için kullanılmıştır.

Ortodontik tedavi gören hastalarda bilgisayarlı tomografi periodonsiyumdaki sert doku lezyonlarının her dişte incelenmesine izin verir. Bilgisayarlı tomografi ilk olarak Hounsfield tarafından tanıtılmıştır. Konvansiyonel yöntemler ile

kıyaslandığında BT 100 kat daha hassas olduğu rapor edilmiştir. Daha önce kullanılan yöntemlere göre değişik yumuşak dokuların farklılıkları çok daha net izlenebilmiştir. Tüm vücudun incelenebilmesine ile birlikte computed tomography (CT) veya bilgisayarlı tomografi(BT) olarak adlandırılmıştır (109) .

İki boyutlu radyograflar hastanın geometrik bir projeksiyon olarak aktarırken BT vücudun görüntülerini kesitler şeklinde birleştirerek üç boyutlu olarak incelenmesine olanak sağlar. Bu nedenle diğer yöntemler ile ortaya çıkan süperpozisyonlar engellenmiş olur. Daha önce kullanılan radyograflarda tespit edilemeyen ödem ve hemoraji yoğunlukları kesitler sayesinde net bir şekilde izlenebilmektedir (109-111).

BT'de en önemli avantajı aksiyal kesitlerden indirekt rekonstrüksiyonla koronal ve sagittal kesitler elde edilmesidir. Bu görüntüler original kesitte kıyasla daha düşük çözünürlüğe sahiptir (112). Manyetik rezonans görüntüleme yöntemi yumuşak dokularda çok iyi bir kontrast sağlamasına rağmen iskelet sisteminin incelenmesinde BT standart görüntüleme yöntemi olarak kabul edilmektedir (112).

6 - Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi

Doksanlı yılların sonlarında dental ve maksillofasiyal görüntülemeye yönelik, konik ışın tekniğine dayalı yeni bir BT yaklaşımı ortaya çıkmış (KIBT). KIBT'te x-ışınları bir koni oluşturur (113).

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT), diş ve diş köklerinin distorsiyonsuz ve tekrarlanabilir görüntüler olarak elde edilmesini sağlamaktadır. Yüksek çözünürlük nedeni ile ortodontik tedavi sonrası köklerin dış yüzeyindeki rezorpsiyonunu inceleme fırsatı yaratır. Kök / dişin hacimsel ölçümlerini kantitatif olarak değerlendirilmesi için olanak sağlar. KIBT'ın en önemli avantajlarından biri konvansiyonel BT'ye kıyasla nispeten daha düşük radyasyon seviyelerinin olmasıdır. KIBT son yıllarda yüksek çözünürlüklü görüntüleme ve tanısal güvenilirlik sağladığı için diş hekimliğinde birçok durumda tercih edilen bir muayenedir. Endikasyonları arasında: gömülü dişler için ortodontik teşhiste önerilmektedir, temporomandibular eklem değerlendirmesi, üst solunum yolunun 3 boyutlu görünümü, diş yaşı tahmini ve ayrıca kök morfolojisi ve kök rezorpsiyonunun değerlendirilmesi için uygulanmaktadır (113, 114).

2.14. Laser Doppler Flowmetre

Doppler etkisi 1842 yılında Avusturyalı fizikçi ve matematikçi Christian Doppler (1803-1853) tarafından tanımlanmıştır. Tıpta, Doppler etkisi vasküler teşhiste uygulanır. Yayılan ultrason dalgasının frekansları ile kırmızı kan hücreleri tarafından yansıtılan ultrason dalgası arasındaki farkın kırmızı kan hücrelerinin hareket hızı ile orantılı olduğu gerçeğine dayanır. Bu bilgiler karmaşık ekipmanlar tarafından işlenir ve kan akış hızı, pulsatilite indeksi, periferik direnç vb. gibi bazı parametrelerin yorumlanması mümkündür. Lazer Doppler Flowmetri (LDF), 1960 yılında Maiman tarafından tıbbi uygulamada gösterilen Doppler etkisine dayalı dokulardaki hemodinamiğin değerlendirilmesi için modern, invazif olmayan bir yöntemdir. Dental tıpta lazer Doppler ölçümleri ilk olarak 1986 yılında Gazelius ve ark. tarafından kullanılmıştır (114).

Modern diş hekimliğinde LDF, özellikle travma sonrasında diş pulpası ve diş etinde kan perfüzyonu ve mikrosirkülasyonun non-invaziv muayenesi için kullanılmaktadır. Lazer Doppler cihazları, hareket eden kırmızı kan hücreleri tarafından saçılan ve frekansını değiştiren monokromatik düşük güçlü ışık yayar. Bu değişim lazer Doppler sistemi tarafından ölçülür. Lazer Doppler Flowmetre cihazı iki optik uca sahip olan bir fiber kablunun ucundaki özel prob ile dokunun kanlanma değerini ölçmektedir. Cihaz içerisinde üretilen yaklaşık 800 nm dalga boyunda lazer ışını fiber uç ile ölçüm yapılacak dokuya gönderilir. Birinci fiber ucu ışığı dokulara iletir ve ikincisi saçılan ışığı algılar. Lazer Doppler sistemi tarafından algılanan ışık iki bileşenden oluşur: bir bileşen, değişmeyen statik doku matrisi tarafından saçılan ışıktır ve diğer bileşen, hareket eden kırmızı kan hücreleriyle etkileşiminin bir sonucu olarak spektral olarak genişletilmiştir. Bu bileşenlerin fotodetektör yüzeyinde optik olarak karıştırılması, elektrik voltajıyla sonuçlanan bir elektrik sinyali üretir. Bu, kırmızı kan hücrelerinin ortalama hareket hızı ve konsantrasyonlarıyla doğrudan orantılıdır. Cihaz saçılan ışığı tespit eder ve ortaya çıkan sinyalleri veya Flux adı verilen "hücrelerin konsantrasyonunu ve ortalama hızını" kaydeder. Dokudaki kan hücrelerine çarparak geri yansıyan ışın demetleri fiber kablo içerisindeki alıcıya iletilerek cihaz içerisinde kalibre edilir ve üretici firmanın belirlediği birim olan PU (Perfusion Unit)'e çevrilir (115, 116).

Cihazın canlı dokulara herhangi bir olumsuz etkisi olmadığı gibi herhangi bir etkileşimi de olmamaktadır. İnvaziv olmayan bir cihaz olması itibariyle tekrarlayan ölçümlere izin vermektedir. Hastalara LDF ölçümlerinden 1-2 saat öncesinden bir şey yememeleri gerektiği söylenmelidir. Ölçümden önce hastanın genel sistemik kan basıncının stabil hale gelmesi için bir süre dinlendirilmelidir. Ölçümler sırasında hasta dik konumda olmalıdır.

2.14.1. Laser Doppler Flowmetre'nin Kullanım Alanları

LDF 1970'lerin sonunda doku kan akışını ölçmek için geliştirilmiştir. Laser Doppler, ilk defa 1972'de Riva'nın çalışmasında, tavşan retinasının kan akımı ölçümü yapılarak uygulanmaya başlanmıştır. Günümüzde tıpta kardiyovasküler cerrahide , nöroloji, ortopedi, dermatolojide yara iyileşmesini takibine, iç hastalıklarda mikrodolaşımın vazodilatasyon ve vazokonstrüksiyon cavabının ölçümüne kullanılmaktadır.

2.14.2. Dişhekimliğinde Kullanımı

LDF cihazı non invaziv bir yöntem olduğu için diş hekimliğinde de yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Sadece pulpa değil, dişeti ve kemik kan akımı da ölçülebilmektedir. LDF endodonti başta olmak üzere diğer branşlarda da kullanılmaktadır. Örneğin ortodontik tedavi sırasında, travmalı dişlerde, yönlendirilmiş doku rejenerasyonu vakalarında ve periodontolojide de kan, dişeti ve kemik kan akımının ölçülebilmesi için kullanılmaktadır.

2.14.3. LDF Endikasyonları:

- Pulpa canlılığını tespit etmek: Tedavi planlamasında, diş ağrısının ayırıcı tanısı yapılırken her bir dişin pulpal durumunun değerlendirilmesi önemlidir. Özellikle nekrotik pulpalı bir dişin teşhisi ve tarif edilen ağrının kaynağı zor olabilir. Bu durumlarda, uygun bir test ve bu testin kesin yorumu büyük önem taşır (117)
- Çocuklarda pulpa canlılığının tespiti: duyarlılık testleri çocuklarda güvenilir değildir, çünkü çocuklar sübjektif olabilir ve bu testlerin sonucu hastanın tepkisine dayanır. LDF daha iyi bir seçim olabilir. Ayrıca, LDF'nin süt kesici dişlerde PKA ölçümü için uygun bir yöntem olduğu gösterilmiştir (118)

- Endodontik kaynaklı olmadığı periapikal radyolüsent bulgularda (119)
- Yaşın ilerlemesi ile PKA değişikliklerin değerlendirilmesi: Bu sistem kullanılarak, insan pulpasındaki hemodinamiğin yaşla birlikte azaldığı gösterilmiştir (120)
- Lokal ve sistemik olarak kullanılan farmakolojik ajanların etkilerinin değerlendirilmesi (121, 122)
- Egzersisin PKA'ı üzerinde etkisinin değerlendirilmesi: PKA seviyesi vucüt egzersiz halindeyken dinlenme seviyesine göre ortalama %38 olarak farklı ölçülmüştür. Dişeti kan akışındaki ortalama artış yüzdesi %65'tir. Ayrıca, egzersiz sırasında nabız hızı da artar fakat PKA ve nabız arasında doğrudan bir ilişki bulunmamıştır. Bu da pulpal ve dişeti kan akışlarını kontrol eden mekanizmaların farklı olduğunu göstermektedir. LDF ölçümleri, hastanın istirahat halinde olması koşuluyla tek tek dişlerde tekrarlanabilir ve bu durum klinik veya araştırma ölçümlerinde dikkate alınmalıdır (123)
- Pulpanın elektriksel (124) ve termal olarak uyarılması ile ortaya çıkan değişikliğin değerlendirilmesi (125)
- Ortodontik tedavi'ye bağlı diş hareketlerinin sonucunda meydana gelen PKA'ı değişikliklerin değerlendirilmesi (124, 126-129)

2.14.4. LDF ile ilgili çalışmalar

Sano ve ark. (124) çalışmalarında sürekli intrüzif kuvvet uygulamasının insan pulpal kan akımı (PKA) üzerindeki etkisini 3 periyotta (ortodontik ark teli takılmadan önce, tel takılırken ve tel çıkarıldıktan sonra) incelemiştir. 13 vital üst sol santral kesici dişlerden kayıtlar alınmıştır. PKA kuvvet uygulanmayan kontrol grubunda da ölçülmüştür. Sürekli intrüziv kuvvet uygulanan grupta aktif tedavi sırasında PKA'ında önemli ölçüde azalma kaydedilmiştir.

Brodin ve ark. (127) insanda diş intrüzyonu ve ekstrüzyonunun pulpa kan akımı üzerindeki etkisini ölçmüşlerdir. Dişlere önce 5 dakika boyunca 2 N'luk

intrüzif ve ekstrüzif kuvvetler uygulanmıştır. Kontralateral diş kontrol olarak kullanılmıştır. Ekstrüziv kuvvetler PKA'ında herhangi bir değişikliğer yol açmamıştır, ancak intrüzyon uygulandıktan sonraki ilk dakika boyunca PKA'ı %20 oranında azalma göstermiştir.

Barwick ve Ramsey'inin çalışmasında (128) 4 dakika boyunca kuvvet yüklemesi yapılan dişin pulpa kan akımındaki değişikliği incelenmiştir. Ardından kuvvet kaldırılıp 12 dakika beklenmiştir. En son ölçümler karşılaştırıldığında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Ikawa ve ark. (129) kısa süreli intrüzif kuvvetlerin PKA'ı üzerindeki etkisini incelemiştir. Klinik olarak sağlıklı diş kronlarına ve periodontal dokulara sahip 17 katılımcının 17 vital üst sol santral kesici dişinden LDF ölçümleri yapılmıştır. İncelenen dişlerin insizal kenarlarına kısa süreli intrüziv kuvvetler (0.5, 1, 5 N; 20 sn süre ile) uygulanmış ve dişlerin apikal yer değiştirmesi ve PKA'ı aynı zamanda ölçülmüştür. Sonuçta, intrüziv kuvvet uygulanan dişin geçici apikal yer değiştirmesinin PKA'nı azaltabileceğini göstermiştir.

Baab, Öberg ve Holloway (130) 1986 yılında yaptıkları çalışmada dişeti üzerine ölçüm yapmışlardır. Ölçüm sırasında basıncı minimuma indirmek için prob ile dişeti arasında 1mm mesafenin olması gerektiğini vurgulamışlardır. Ancak bu durumda ölçümlerde basınçtan kaynaklı değişiklikler elimine edilmiş olur. Dişlerden destek alan bir splintin kullanılması da bu amaç ile yapılmıştır.

Watson, Pitt Ford ve McDonald (130) yaptıkları çalışmada hafif egzersizin pulpa ve dişeti kanlanmasına etkisini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda dişeti kanlanmasında %65 'lik bir artış gözlenmiştir. %38 ortalama bir değişiklik kaydederek bireylerin hareket ve hareketsiz durumu arasındaki farkı ortaya çıkarmıştır.

Gazeilus elektrik pulpa testine pozitif cevap alınmayan ama LDF ile kan perfüzyonu tespit edilen dişlerde LDF'nin %100 güvenilir sonuç verdiğini söylemiştir (117).

Öztürk, Polat ve Yılmaz'ın (131) yaptıkları çalışmada 6 ve 12 µg adrenalinin uygulandığı diş ve komşu dişlere olan etkisini araştırmıştır. Enjeksiyonun yapıldığı diş ve dişetindeki kanlanma anlamlı olarak değişmiştir.

Ahn ve Pogre (121) 1998 yılında, 1/100,000 adrenalin içeren %2 lidokain uygulandığı diş pulpasına ve dişeti üzerindeki etkiyi araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda pulpal kan akımında azalma meydana gelmiş ve bu azalma gingival kan akımından daha fazla olduğunu bildirmiştir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Bireyler

Prospektif randomize kontrollü bir çalışma olan araştırmamıza İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'na tedavi olmak amacı ile başvuruda bulunan, derin örtülü kapanış ve daimi dentisyona sahip 30 hastanın katılımı ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu 17.11.2016 tarihli ve 151 sayılı izin kararı ile yürütölmüştür (Bkz. EK - 1). Etik kurulu onayı alındıktan sonra Sağlık Bakanlığı, Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumuna başvurularak çalışmamızı yürütmek için izin alınmıştır. Çalışmamız T.C. Sağlık Bakanlığı Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu tarafından incelenerek 22.12.2016 tarihli, 2016-099 konu numaralı ve 71146310-511.06-176003 sayılı karar ile onaylanarak yürütölmesi uygun bulundu. (Bkz. EK - 2).

Çalışmaya katılmadan önce hastalara ve velilerine çalışma sırasında uygulanacak olan tedavinin bütün detayları ve meydana gelebilecek komplikasyonları hakkında sözlü ve yazılı bilgi verildikten sonra hastaların kendileri ve ebeveynlerinden yazılı aydınlatılmış onamları alındı (Bkz. EK 3-4).

Çalışmaya uygun bulunan alt keser intrüzyonu yapılacak 30 birey rastgele, sayısı eşit olacak şekilde üç gruba ayrılmıştır. 10 hastadan oluşan grubun birine alt keser intrüzyonu mini vida kullanılarak yapılmıştır. 10 hastadan oluşan diğer grubta alt keser dişlerin intrüzyonu utility ark vasıtasıyla yapılmıştır. Diğer 10 kişi kontrol grubuna katılmıştır. Bu gruptaki hastaların ortodontik tedavisi çalışma süresi sonunda başlanmıştır. Çalışma sırasında mini vida grubunda bulunan 1 birey zayıf ağız hijyeni nedeni ile çalışma dışında bırakılmıştır ve bu grubun sayısı 9 olarak güncellenmiştir.

Tablo 2: Çalışma grupları ve n sayıları.

Grup adı	n sayısı
Kontrol	10
Mini vida (Deney 1)	9
Utility ark (Deney 2)	10

Çalışmaya dahil edilme kriterleri

- Bütün daimi dişlerin sürmüş ve eksiksiz olması,
- Kronolojik yaşı 12-18 arasında olması ve büyüme atılım döneminin geride bırakılmış olması,
- Gülümsemede dişeti görünümünün normal olması,
- 4 mm veya daha fazla derin kapanışı olması,
- Freewayspace'in normal değerlerde olması,
- Alt keserlerde az veya orta düzeyde çapraşıklık bulunması,
- Derin Spee eğrisinin olması.

Çalışmaya dahil edilmeme kriterleri

- Sendrom veya sistemik bir hastalığın bulunması,
- Ortodontik tedavi görmüş olması,
- Dişlerde travma geçmişinin olması,
- Dişlerde kanal tedavisinin bulunması,
- Dişlerin köklerinde veya apikalinde patolojilerin bulunması,
- Ağız bakımı ve hijyeninin zayıf olması

3.2. Yöntem

Her iki gruptaki hastaların dişlerine 0.018 - 0.025 inch oluklu metal braketler yapıştırılmıştır. Hastaların periodontal sağlığını devam ettirmek amacı ile her seansta oral hijyen motivasyonu yapılmıştır. Klinik olarak; hastanın ağız hijyeni durumu, ağrısı, periodontal durumu, okluzyon durumu ortodontik tedavi başlangıcından itibaren her ay, değerlendirilmiştir. Tedavi planlaması yapıldıktan sonra her iki grupta sadece alt kesici dişlerin braketleri takılıp segmental seviyeleme yapılmıştır. Utility ark gurubundaki bireylerin mandibular 1.azı dişlerine intrüzyona başlamadan önce bant takılmıştır. Her iki grupta üst azı dişinin mezio-palatinal cuspına yükseltici yerleştirilmiştir.

Utility ark kullanılan tedavi grubunda alt dört kesici dişlerin segmental seviyelemesi bittikten sonra utility ark 0.017''x0.025'' Beta Titanyum telden hastanın mandibular ark formuna uygun olarak bükülmüştür. Kortikal ankraj sağlamak amacıyla posterior segmente 45° bukkal kök tork bükümü yapılmıştır. Ayrıca kesici dişlerin tipping hareketini önleyebilmek amacıyla utility arkın anterior kısmına lingual kron tork bükümü yapılmıştır. Kesici dişlerin proklinasyonunu ve protrüzyonu önlemek amacıyla cinch back bükümü yapılmıştır. Aktivasyon ikinci premolar seviyesinde V bükümüyle yapılmıştır. Utility arkı tüplere takılıyken 80 gr intrüzyon kuvveti olacak şekilde kuvvet ölçer ile kontrol edilerek aktivasyon yapılmıştır (Resim 2).



Resim 2: Utility ark kullanılan gruptan bir olgu.

Hastalar aylık kontroller ile takip edilmiştir, gerekli aktivasyon ve ağız hijyeni motivasyonu yapılmıştır. İntrüzyon miktarının yeterli olup olmadığını anlamak için spee eğrisi ve dişlerin insizal kenarlarından yapılan ölçümler kullanılmıştır. Kuvvet aynı olacak şekilde intrüzyonun aktivasyonu her 4 haftada bir, kesici dişlerin insizal kenarları alt birinci molarların meziobukkal kasları ile aynı seviyeye gelene kadar yapılmaya devam edilmiştir. İntrüzyonun tamamlanmasının ardından her iki grupta KIBT ve diğer kayıtlar alınıp, planlanan tedavi protokolüne devam edilmiştir.

Minivida kullanılan grupta alt anterior dişler segmental olarak seviyelendikten sonra 0.016''x 0.022'' çelik teller takılmıştır. Hastaya lokal anestezi yapılarak alt lateral dişlerin distaline, 2 adet 1.2 mm çapında ve 6 mm uzunluğunda mini vida (Ortho Implant Excalibur L=6mm, D=1,6mm) mukogingival bileşim hizasında self drilling yöntemiyle yerleştirilmiştir. Yerleştirme aynı hekim tarafından yapılmıştır. Mini vidalar yerleştirildikten bir hafta sonra 80 gr intrüzyon kuvveti uygulanmıştır. Bunun için mini vidalardan lateral dişlerinin distal kısımlarına bağlanan Ni-Ti kapalı coil-springler kullanılmıştır. Hastalara oral hijyen eğitimi ile birlikte mini vidaların bakımı konusunda uyarılmıştır. Kuvvetin aktivasyonunu 4 haftada bir yenileyerek mini vidalar hijyen ve stabilizasyon açısından değerlendirilmiştir (Resim 3).



Resim 3: Mini vida kullanılan gruptan bir olgu.

3.2.1. LDF Ölçümleri

Laser Doppler Flowmetre cihazı iki optik uca sahip olan bir fiber kablonun ucundaki özel prob ile dokunun kanlanma değerini ölçmektedir. Cihaz içerisinde üretilen yaklaşık 800 nm dalga boyunda lazer ışını fiber uç ile ölçüm yapılacak dokuya gönderilir. Dokudaki kan hücrelerine çarparak geri yansıyan ışın demetleri fiber kablo içerisindeki alıcıya iletilerek cihaz içerisinde kalibre edilir ve üretici firmanın belirlediği birim olan PU (Perfusion Unit)'e çevrilir. Dişe lazer ışını verilip içindeki kan damarlarına yansıdıktan sonra geri yansıyan ışın demetleri alıcı sensör ile kayıt edilmiştir. Cihazın canlı dokulara herhangi bir olumsuz etkisi olmadığı gibi herhangi bir etkileşimi de olmamaktadır. İnvaziv olmayan bir cihaz olması itibarıyla tekrarlayan ölçümlere izin vermektedir.

Bu çalışmada ölçüm sırasında tekrarlanabilirliğin ve güvenilirliğin maksimum seviyede olması için ölçümler aynı araştırmacı tarafından yapılmıştır ve dişlerde referans bir nokta oluşturmak amacı ile prob tutucular yapılmıştır. Bunun için hastalardan ölçü alınarak akrilik plaklar hazırlanmıştır (Resim 4). Bu plaklarla dişin ölçüm yapılacak mine yüzeyi ile 2-3 mm kadar diş eti kaplanmıştır. Bu sayede LDF'nin probundan dişin pulpasına gönderilen ışın demetinin yayılması engellendiği gibi dişeti damarsal yapılarından gelebilecek pozitif yansımalarda önlenerek diş

pulpasının gerçek kan akımı PerfusionUnit (PU) değeri ölçülmektedir. Aynı zamanda plak üzerinde ölçüm yapılacak dişlerin mine yüzeyine uzanan delikler sayesinde her seferinde ilgili dişlerin aynı noktasından LDF probu temas ederek ölçüm yapılmıştır.



Resim 4: Hastaya ait bireysel akrilik plak yapımı

Hastalara LDF ölçümlerinden 1-2 saat öncesinden bir şey yememelerigerektiği söylenmiştir. Ölçümden önce hastanın genel sistemik kan basıncının stabil hale gelmesi için bir süre dinlendirilmiştir. Ölçümler sırasında hasta dik konumda olmuştur. Elde edilen veriler kaydedilmiştir (Resim 3).

LDF ölçüm süreleri; Noninvaziv bir yöntem olduğu için ve literatüre bakıldığında en az 3 ve en çok 8 zaman periyodunda bakıldığı göz önünde bulundurarak bu çalışma için 8 zaman periyodunda LDF ölçümü yapılmıştır. Her ölçümden önce dişlere gelen intrüzyon kuvveti ölçülüp 80 gr kuvvet olduğu teyit edilecektir. LDF ölçüm süreleri aşağıdaki gibidir.

T0 = intrüzyondan hemen önce T4 = 3 hafta sonra

T1 = 24 saat sonra T5 = 4 hafta sonra

T2 = 3 gün sonra T6 = 3 ay sonra

T3 = 7 gün sonra T7 = 6 ay sonra



Resim 5: LDF ile pulpa kan akımının ölçülmesi

3.2.2. KIBT Değerlendirmesi

Dahil edilme kriterlerine uygun olan hastaların KIBT görüntüleri İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalında NewTom 5G (Quantitative Radiology, Verona, İtalya. 110 kVp ve 1-20 mA) Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT) cihazı kullanılarak çekilmiştir.

KIBT kayıtları intrüzyona başlamadan hemen önce ve planlanan intrüzyon tamamlandıktan sonra alınmıştır. Alt ve üst dişlerin birbirine süperpozisyonunu engellemek amacı ile hastalara pamuk rulo ısırtılmıştır. 12x8 FOV alanı seçilerek yalnızca mandibuladan KIBT çekilmiştir. Çekim yapılırken hastanın hareketsiz kalması gerekmektedir.

Multiplanar reconstruction tekniği (MRT) kullanılarak aksiyal kesitlerden indirekt rekonstrüksiyonla koronal ve sagittal kesitler elde edilmektedir.

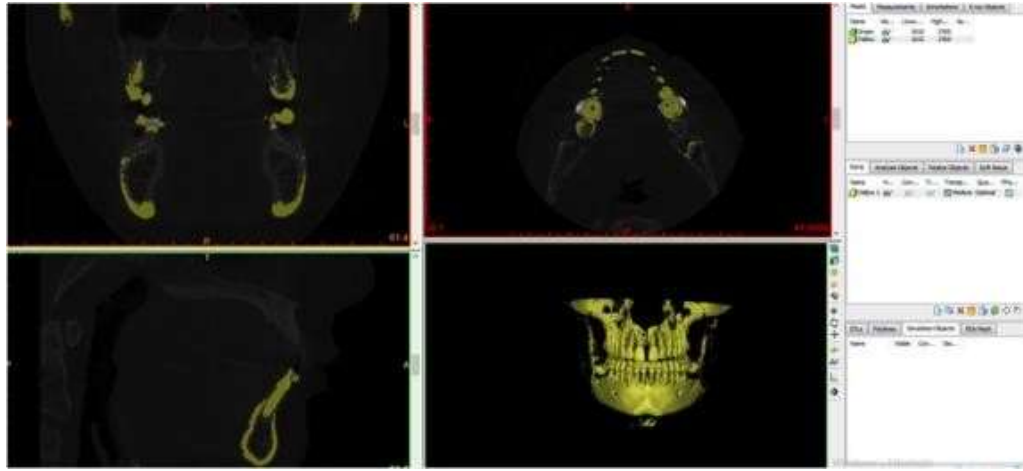
3.2.3. KIBT Görüntülerinin Elde Edilmesi ve Mimics® Yazılım Programına Aktarılması

29 bireyin KIBT görüntüleri DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) formatına dönüştürülerek kaydedildi. DICOM formatına çevirilen görüntüler dişlerin kök hacmini ölçmek amacı ile (Materialise HQ Technologielaan,

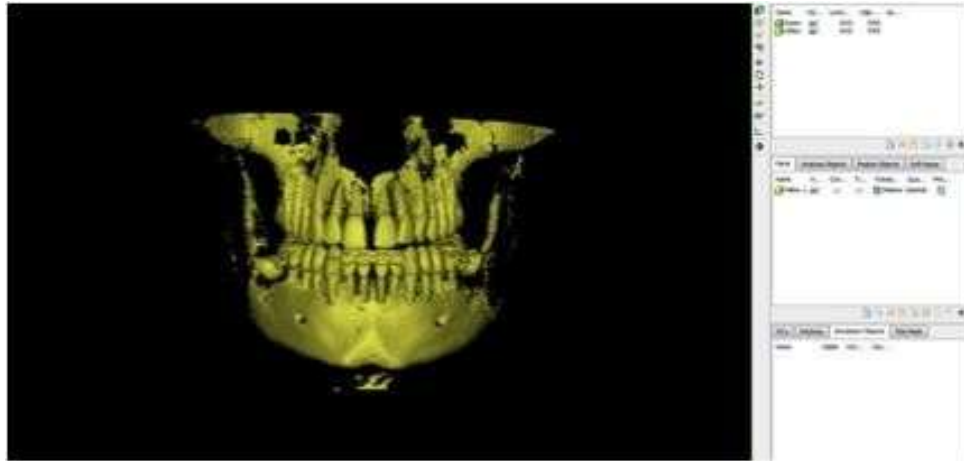
Leuven, Belçika) yazılımına aktarıldı. MIMICS programı kullanılarak iki boyutlu görüntü kesitleri birleştirilip üç boyutlu görüntüler elde edilebilmektedir ve üzerlerinde ölçümler yapılabilmektedir.

Hastaya uygun treshold seçildikten sonra çalışma ekranında hastaya ait mandibulanın koronal, aksiyal, sagittal kesitleri ve üç boyutlu modeli görüntülenmektedir (Resim 6, Resim 7).

Üç boyutlu görüntülerin elde edilmesi dokuların dansite değerlerini ifade eden Housfield Unit (HU) değerleri kullanılarak yapılır.



Resim 6: Mandibulanın koronal, aksiyal, sagittal kesitlerin ve üç boyutlu modelin görüntüsü



Resim 7: Hastaya uygun threshold belirlendikten sonra oluşturulan üç boyutlu modelin görüntüsü

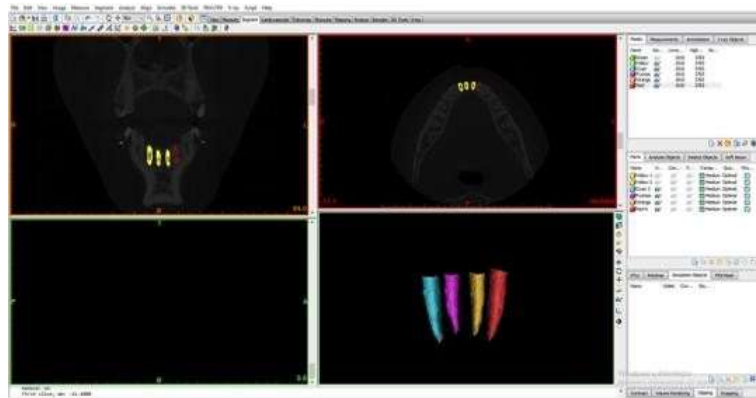
Mandibular keser diş kökleri hacminin hesaplanabilmesi için diş kökleri çevreleyen mandibular kemik ve diş kronlarından segmente edilmesi gerekmektedir. Bunun için Sırasıyla ‘Duplicate mask’, ‘Calculate part from mask’, ‘Toggle mask 3D preview’, “maskeyi düzenle (edit mask)” seçenekleri ile ilerleyerek artık üç boyutlu modelin üzerine ve diğer üç kesitinin üzerine düzenleme yapabilmekteyiz.

Dört tane alt keser dişin sınırları mine sement sınırından dişin kronundan ve kemikten manuel olarak ayrılarak belirlendi. Böylece sadece dört diş köklerinin maskesi oluşturuldu. Sınırları belirlerken bütün kesitler detaylıca kontrol edilerek sadece köklerin kalması sağlandı. Sonuç olarak, çalışma ekranında sadece alt dört keser dişin kökleri görüntülerinin ön planda olması sağlanmıştır (Resim 8).



Resim 8: Alt 4 kesici diş köklerinin üç boyutlu modelin görüntüsü

Bu işlem bittiğinde “bölge büyütme (region growing)” seçeneği tıklanarak her diş kökünün 3 boyutlu modeli ayrı bir renk olarak elde edilmektedir. ‘Calculate part from mask’ ve “özellikler (properties)” seçeneği ile dişlerin hacmini hesaplamaktadır (Resim 9).



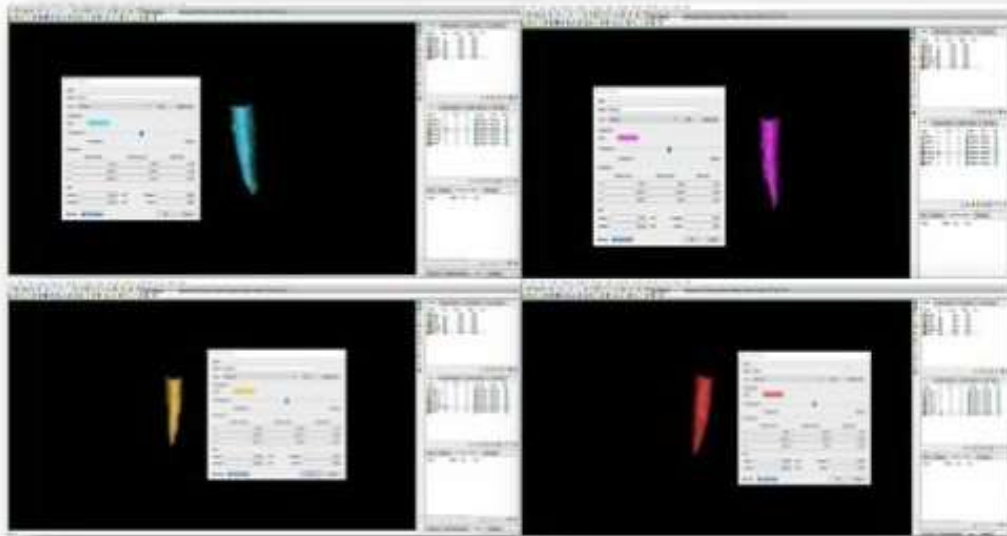
Resim 9: Diş köklerinin koronal, aksiyal, sagittal kesitlerin ve üç boyutlu modelin görüntüsü

Segmentasyonu yapılan alt 4 kesici dişin toplam hacminin hesaplanması 'İ' (Information) bölümüne tıklanarak elde edilebilmektedir (Resim 10).



Resim 10: Alt 4 dişin toplam kök hacminin hesaplanması

Son olarak mandibular 4 kesici dişin tek tek hacimleri hesaplandı. Bu işlem bütün hastaların intrüzyondan önce ve sonraki görüntüleri için uygulandı (Resim 11).



Resim 11: Alt 4 kesici dişin tek başına hacimlerinin hesaplanması.

Alınan aksiyal görüntüler program dahilinde işlenip, verilerden aksiyal, koronal, sagittal kesitler çıkartılmakta ve tüm datalar bu üç kesit üzerinde incelenebilmekte ve işlenebilmektedir.

3.2.4. İstatistiksel Yöntem

Veriler IBM SPSS Statistics Standard Concurrent User V 26 (IBM Corp., Armonk, New York, ABD) istatistik paket programında değerlendirildi. Tanımlayıcı istatistikler birim sayısı (n), yüzde (%), ortalama \pm standart sapma ($\bar{x} \pm ss$) değerleri olarak verildi. Sayısal değişkenlere ait verilerin normal dağılımı Shapiro Wilk normallik testi ile değerlendirildi. Ölçüm zamanlarına göre grupların pulpa kan akımları ve kök hacimleri tekrarlı ölçümlerde iki yönlü varyans analizi ile değerlendirildi. Tüm ikili karşılaştırmalarda Bonferroni düzeltmesi uygulandı. Pulpa kan akımları ile kök kanal hacimleri arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon analizi ile değerlendirildi. $p < 0,05$ değeri istatistiksel olarak önemli kabul edildi.

Metod hatası

Ölçüm hataları olup olmadığını ve kök hacim ölçümü ve segmentasyonun terarlanabilirliğini tespit etmek amacı ile çalışma grubundan rastgele 10 birey seçilerek tekrarlı ölçüm uygulanmıştır. Metod hatası sıfır içi korelasyon katsayısı ve eşleştirilmiş T testi ile kontrol edildi.

Tablo 3'e göre Sınıf içi Korelasyon Katsayısı değerlerinin tamamı yeterli düzeyde olup istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Tüm dişler için iki ölçüm arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Sonuç olarak ölçümler uyumlu bulunmuştur.

Tablo 3: Kök hacim ölçümünün tekrarlanabilirliğini değerlendiren metod hatası

	Ölçümler		Sınıf içi Korelasyon Katsayısı İstatistikleri			Eşleştirilmiş t testi İstatistikleri	
	Ölçüm 1	Ölçüm 2	SKK	SKK için %95 Güven Aralığı	p	t	p
42	128,2 \pm 35,7	128,2 \pm 36,0	0,998	0,996-0,999	<0,001	0,059	0,955
41	99,2 \pm 24,5	99,7 \pm 25,3	0,998	0,991-0,999	<0,001	0,974	0,356
31	95,6 \pm 21,4	95,9 \pm 22,0	0,995	0,978-0,999	<0,001	0,374	0,717
32	120,9 \pm 31,6	119,9 \pm 31,0	0,998	0,994-0,999	<0,001	1,781	0,109

SKK: Sınıf içi Korelasyon Katsayısı

4. BULGULAR

Çalışmamıza 13'ü kız, 17'si erkek olmak üzere toplam 30 birey dahil edilme kriterlerine uygun bulunup katılmıştır. Çalışma sırasında meydana gelen zayıf oral hijyeni nedeni ile bir hasta çalışma dışında bırakılmıştır. Hasta sayısı 29 olarak güncellenmiştir. Hastaların yaşları 12 ile 18 yıl arasında değişmekte olup yaş ortalaması 14,27yıl olarak tespit edilmiştir.

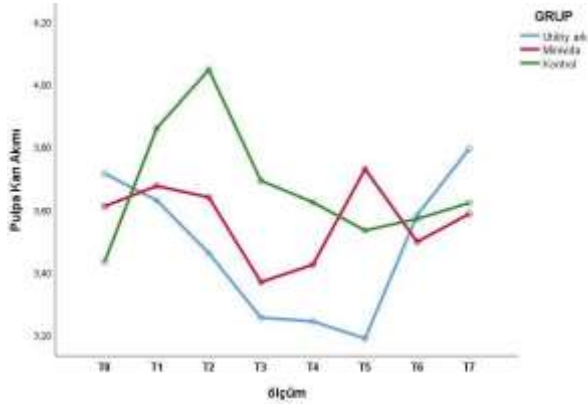
Diş örneklerinden 42 no'lu dişte yapılan farklı zaman periyotlarındaki pulpa kan akımı ölçümlerine ait ortalama, standart sapma ve iki yönlü anova sonuçları Tablo 4' te verilmiştir.

Tablo 4: 42 no'lu dişte farklı zaman periyotlarındaki kan akımı ölçüm karşılaştırma sonuçları

	Gruplar						Test	
	Utility ark		Minivida		Kontrol		İstatistikleri	
	mean	sd	mean	sd	mean	sd	F^{\ddagger}	p
D42_T0	3,72	0,43	3,61	0,61	3,43	0,44	0,815	0,453
D42_T1	3,63	0,35	3,68	0,66	3,86	0,51	0,547	0,585
D42_T2	3,46 ^a	0,29	3,64 ^{ab}	0,50	4,05 ^b	0,56	4,194	0,026
D42_T3	3,26	0,56	3,37	0,50	3,69	0,46	1,993	0,156
D42_T4	3,24	0,31	3,42	0,43	3,62	0,61	1,662	0,209
D42_T5	3,19	0,48	3,73	0,62	3,53	0,34	3,101	0,061
D42_T6	3,58	0,16	3,50	0,33	3,57	0,48	0,174	0,842
D42_T7	3,79	0,32	3,59	0,34	3,62	0,74	0,484	0,621
F^{\ddagger}	1,952		0,936		2,317			
p	0,111		0,500		0,064			

†: Her bir ölçümde gruplar arası karşılaştırmalar, ‡: Her bir grupta ölçümler arası karşılaştırmalar, *a* ve *b* üst simgeleri aynı satır içinde gruplar arası farklılığı göstermektedir. Aynı harflerin yer aldığı gruplar istatistiksel olarak farklı değildir.

Tablo 4'e göre 42 no'lu diş pulpa kan akımı ölçüm karşılaştırma sonuçlarına göre T2 zamanında (3 gün sonra) gruplar arası istatistiksel olarak fark bulunmaktadır. Utility ark grubunun pulpa kan akımında kontrol grubuna göre anlamlı azalma görülmüştür. Minivida ise diğer iki gruplar istatistiksel olarak benzerdir.



Şekil 3: Tablo 4 bulgularının grafiği.

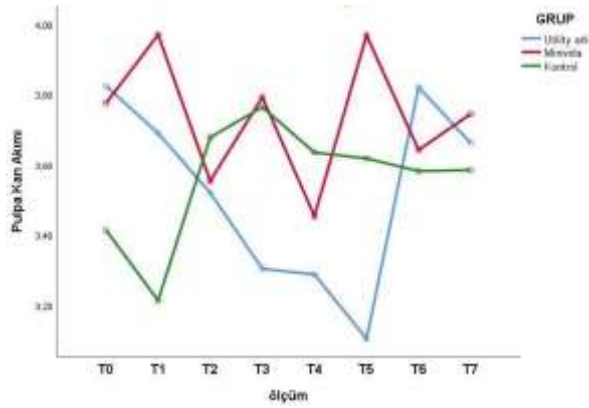
Diş örneklerinden 41 no'lu dişte yapılan farklı zaman periyotlarındaki pulpa kan akımı ölçümlerine ait ortalama, standart sapma ve iki yönlü anova sonuçları Tablo 5' te verilmiştir.

Tablo 5: 41 no'lu dişte farklı zaman periyotlarındaki kan akımı ölçüm karşılaştırma sonuçları.

	Gruplar						Test	
	Utility ark		Minivida		Kontrol		İstatistikleri	
	mean	sd	mean	sd	mean	sd	F^{\ddagger}	p
D41_T0	3,82	0,59	3,78	0,52	3,41	0,73	1,309	0,287
D41_T1	3,69 ^{ab}	0,52	3,97 ^a	0,37	3,21 ^b	0,63	5,412	0,011
D41_T2	3,52	0,59	3,55	0,57	3,68	0,41	0,245	0,785
D41_T3	3,30	0,54	3,79	0,58	3,76	0,42	2,769	0,081
D41_T4	3,29	0,48	3,45	0,51	3,64	0,33	1,510	0,239
D41_T5	3,11 ^a	0,50	3,97 ^b	0,38	3,62 ^b	0,35	10,961	<0,001
D41_T6	3,82	0,43	3,64	0,51	3,58	0,52	0,648	0,531
D41_T7	3,66	0,35	3,75	0,35	3,59	0,33	0,544	0,587
F	2,131		1,753		0,914			
p	0,085		0,151		0,515			

[†]: Her bir ölçümde gruplar arası karşılaştırmalar, [‡]: Her bir grupta ölçümler arası karşılaştırmalar, a ve b üst simgeleri aynı satır içinde gruplar arası farklılığı göstermektedir. Aynı harflerin yer aldığı gruplar istatistiksel olarak farklı değildir.

41 no'lu dişte T1'de (24 saat sonra) minivida değerleri kontrol grubundan istatistiksel olarak yüksek bulunmuştur. T5'de (4 hafta sonra) Utiliy ark değerleri diğer iki gruptan istatistiksel olarak düşük bulunmuştur.



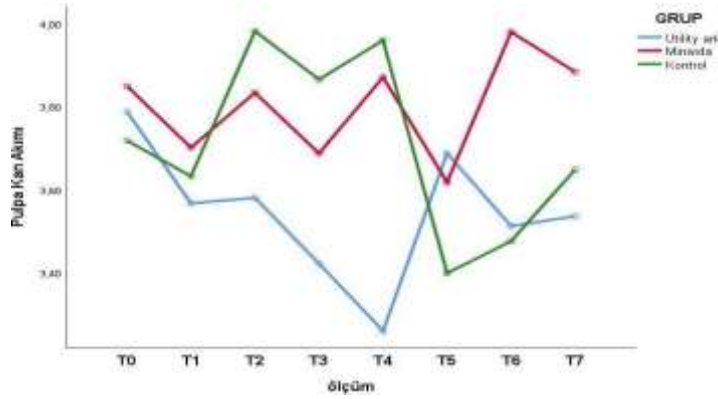
Şekil 4: Tablo 5 bulgularının grafiği.

Tablo 6: 31 no'lu dişte farklı zaman periyotlarındaki kan akımı ölçüm karşılaştırma sonuçları

	Gruplar						Test	
	Utility ark		Minivida		Kontrol		İstatistikleri	
	mean	sd	mean	sd	mean	sd	F^{\ddagger}	p
D31_T0	3,79	0,58	3,85	0,37	3,72	0,62	0,152	0,860
D31_T1	3,57	0,29	3,70	0,48	3,63	0,45	0,260	0,773
D31_T2	3,58	0,72	3,83	0,47	3,98	0,40	1,369	0,272
D31_T3	3,42	0,72	3,69	0,36	3,87	0,52	1,618	0,217
D31_T4	3,26 ^a	0,52	3,87 ^b	0,40	3,96 ^b	0,54	6,042	0,007
D31_T5	3,69	0,53	3,62	0,36	3,40	0,45	1,101	0,347
D31_T6	3,51 ^a	0,40	3,98 ^b	0,34	3,48 ^a	0,31	6,330	0,006
D31_T7	3,54	0,42	3,88	0,39	3,65	0,31	2,235	0,126
F^{\ddagger}	1,136		1,203		2,471			
p	0,379		0,344		0,085			

†: Her bir ölçümde gruplar arası karşılaştırmalar, ‡: Her bir grupta ölçümler arası karşılaştırmalar, ^a ve ^b üst simgeleri aynı satır içinde gruplar arası farklılığı göstermektedir. Aynı harflerin yer aldığı gruplar istatistiksel olarak farklı değildir.

T4’de ve T6’da gruplar istatistiksel olarak farklıdır. T4’de (3 hafta sonra) utiliy ark diğer iki gruptan düşük değerlere sahip bulunmuştur. T6’da (3 ay sonra) minivida grubu değerleri diğer iki gruptan istatistiksel olarak yüksek bulunmuştur.



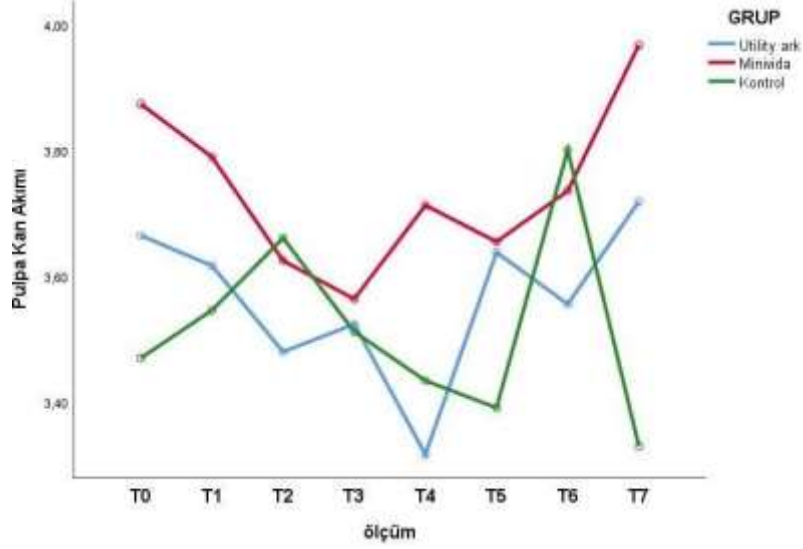
Şekil 5: Tablo 6 bulgularının grafiği.

Tablo 7: 32 no’lu dişte farklı zaman periyotlarındaki kan akımı ölçüm karşılaştırma sonuçları

	Gruplar						Test	
	Utility ark		Minivida		Kontrol		İstatistikleri	
	mean	sd	mean	sd	mean	sd	F^{\ddagger}	p
D32_T0	3,66	0,41	3,87	0,41	3,47	0,71	1,470	0,248
D32_T1	3,62	0,31	3,79	0,53	3,55	0,45	0,806	0,457
D32_T2	3,48	0,33	3,62	0,41	3,66	0,50	0,520	0,600
D32_T3	3,52	0,51	3,56	0,51	3,51	0,42	0,032	0,968
D32_T4	3,32	0,47	3,71	0,29	3,43	0,47	2,377	0,112
D32_T5	3,64	0,36	3,65	0,34	3,39	0,64	0,997	0,382
D32_T6	3,56	0,38	3,74	0,39	3,80	0,56	0,795	0,462
D32_T7	3,72 ^{ab}	0,50	3,97 ^a	0,37	3,33 ^b	0,49	4,926	0,015
F^{\ddagger}	0,932		0,810		1,047			
p	0,503		0,589		0,429			

†: Her bir ölçümde gruplar arası karşılaştırmalar, ‡: Her bir grupta ölçümler arası karşılaştırmalar, *a* ve *b* üst simgeleri aynı satır içinde gruplar arası farklılığı göstermektedir. Aynı harflerin yer aldığı gruplar istatistiksel olarak farklı değildir.

T7’de gruplar istatistiksel olarak farklıdır. Minivida değerleri kontrol grubundan istatistiksel olarak yüksek bulunmuştur.



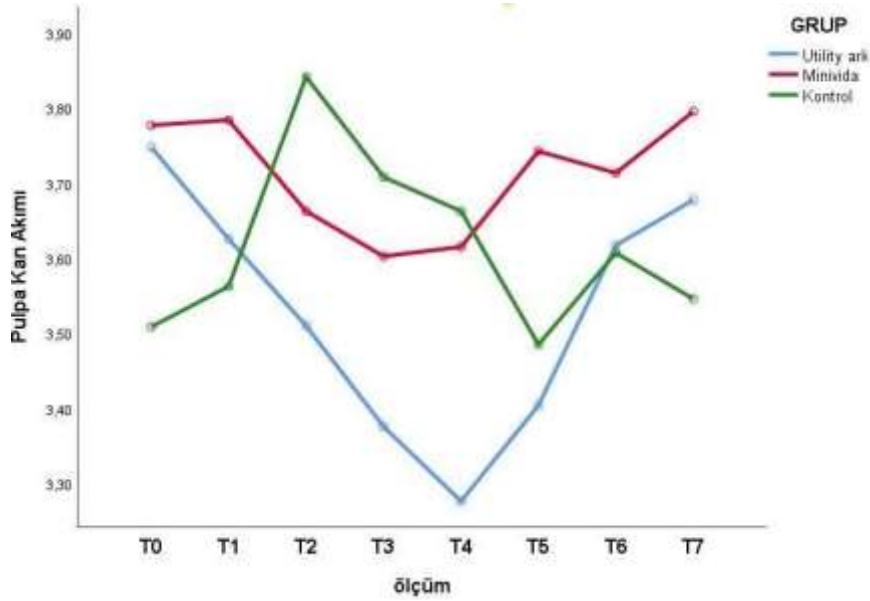
Şekil 6: Tablo 7 bulgularının grafiği.

Tablo 8: Tüm Dişlerin Ortalamasına Göre Gruplar arası Karşılaştırmalar

	Gruplar						Test	
	Utility ark		Minivida		Kontrol		İstatistikleri	
	mean	sd	mean	sd	mean	sd	F^{\ddagger}	p
T0	3,75	0,38	3,78	0,20	3,51	0,46	1,658	0,209
T1	3,63	0,21	3,78	0,15	3,56	0,34	2,106	0,141
T2	3,51 ^a	0,32	3,66 ^{ab}	0,25	3,84 ^b	0,18	4,210	0,026
T3	3,38	0,42	3,60	0,20	3,71	0,23	3,256	0,054
T4	3,28 ^a	0,37	3,62 ^b	0,17	3,66 ^b	0,24	6,050	0,007
T5	3,40 ^a	0,29	3,74 ^b	0,16	3,49 ^{ab}	0,25	5,443	0,010
T6	3,62	0,14	3,71	0,23	3,61	0,23	0,801	0,459
T7	3,68	0,25	3,80	0,13	3,55	0,28	2,966	0,068
F^{\ddagger}	2,303		0,972		2,719			
p	0,066		0,477		0,034			

†: Her bir ölçümde gruplar arası karşılaştırmalar, ‡: Her bir grupta ölçümler arası karşılaştırmalar, ^a ve ^b üst simgeleri aynı satır içinde gruplar arası farklılığı göstermektedir. Aynı harflerin yer aldığı gruplar istatistiksel olarak farklı değildir.

Tüm Dişlerin Ortalamasına Göre Gruplar arası Karşılaştırmalar yapıldığında ise Tablo 6'ya göre T2'de (3 gün sonra) kontrol grubu değerleri utility ark değerlerinden istatistiksel olarak yüksek bulunmuştur. T4'te (3 hafta sonra) utility ark değerleri minivida ve kontrol grubu değerlerinden istatistiksel olarak düşük bulunmuştur. T5'te (4 hafta sonra) utility ark değerleri minivida değerlerinden istatistiksel olarak düşük bulunmuştur. Diğer karşılaştırmalarda gruplar arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.



Şekil 7: Tablo 8 bulgularının grafiği.

Tablo 9: Gruplara göre 42 no'lu diş için intrüzyondan önce ve sonra ölçülen kök hacim değerleri.

	Gruplar						Test İstatistikleri [†]	
	Utility ark		Minivida		Kontrol		F^{\ddagger}	p
	mean	sd	mean	sd	mean	sd		
İlk ölçüm	122,74	25,31	142,26	18,93	133,47	29,05	1,458	0,251
Son ölçüm	110,67	23,66	132,39	32,03	133,47	29,05	2,033	0,151
Fark	12,07	13,49	9,87	23,14	0,00	0,00	1,799	0,185
Yüzde fark	9,8	10,6	7,45	16,7				
F^{\ddagger}	6,395		3,850		-			
p	0,018		0,061		-			

[†]: Her bir ölçümde gruplar arası karşılaştırmalar, [‡]: Her bir grupta ölçümler arası karşılaştırmalar

Tablo 9’da üç boyutlu görüntüler üzerinde yapılan kök hacim ölçümleri sonucunda elde edilen veriler gösterilmiştir. Bu verilere göre 42no’lu dış için gruplar arası karşılaştırmalara göre ilk ölçüm ve son ölçümlerde grupların kök hacim değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($p=0,251$; $p=0,151$). Grup içi karşılaştırmalara göre Utility ark grubunun son ölçüm değerleri ilk ölçümlerden istatistiksel olarak düşük bulunmuştur ($p=0,018$). Minivida grubunun son ölçüm değerlerindeki azalma miktarı istatistiksel olarak önemli değildir ($p=0,061$). Fark değerlere göre gruplardaki azalma miktarları istatistiksel olarak farklı değildir ($p=0,185$).

Tablo 10: Gruplara göre 41 no’lu dış için intrüzyondan önce ve sonra ölçülen kök hacim değerleri.

	Gruplar						Test İstatistikleri [†]	
	Utility ark		Minivida		Kontrol		F^{\ddagger}	p
	mean	sd	mean	sd	mean	sd		
İlk ölçüm	98,72	19,64	111,08	19,87	106,81	26,83	0,749	0,483
Son ölçüm	90,61	16,58	103,65	22,43	106,81	26,83	1,466	0,249
Fark	8,12	12,95	7,42	13,10	0,00	0,00	1,803	0,185
Yüzde fark	7,5	11,8	6,8	11,6				
F^{\ddagger}	5,942		4,476		-			
p	0,022		0,044		-			

[†]: Her bir ölçümde gruplar arası karşılaştırmalar, [‡]: Her bir grupta ölçümler arası karşılaştırmalar

Tablo 10’da gruplar arası karşılaştırmalara göre ilk ölçüm ve son ölçümlerde grupların 41’nolu dışın hacim değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($p=0,483$; $p=0,249$). Grup içi karşılaştırmalara göre utility ark ve minivida gruplarının son ölçüm değerleri ilk ölçümlerden istatistiksel olarak düşük bulunmuştur ($p=0,022$; $p=0,044$). Fark değerlere göre gruplardaki azalma miktarları istatistiksel olarak farklı değildir ($p=0,185$).

Tablo 11: Gruplara göre 31 no’lu diş için intrüzyondan önce ve sonra ölçülen kök hacim değerleri.

	Gruplar						Test İstatistikleri [†]	
	Utility ark		Minivida		Kontrol		F^{\ddagger}	p
	mean	sd	mean	sd	mean	sd		
İlk ölçüm	94,22	17,73	107,55	14,16	111,14	29,36	1,683	0,205
Son ölçüm	86,73	13,64	100,47	19,57	111,14	29,36	3,115	0,061
Fark	7,49	11,06	7,07	14,46	0,00	0,00	1,638	0,214
Yüzde fark	7,3	9,4	6,7	13,9				
F^{\ddagger}	5,263		4,221		-			
p	0,030		0,049		-			

[†]: Her bir ölçümde gruplar arası karşılaştırmalar, [‡]: Her bir grupta ölçümler arası karşılaştırmalar

Tablo 11’de gruplar arası karşılaştırmalara göre ilk ölçüm ve son ölçümlerde grupların 31no’lu dişin hacim değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($p=0,205$; $p=0,061$). Grup içi karşılaştırmalara göre Utility ark ve minivida gruplarının son ölçüm değerleri ilk ölçümlerden istatistiksel olarak düşük bulunmuştur ($p=0,030$; $p=0,049$). Fark değerlere göre gruplardaki azalma miktarları istatistiksel olarak farklı değildir ($p=0,214$).

Tablo 12: Gruplara göre 32 no’lu diş için intrüzyondan önce ve sonra ölçülen kök hacim değerleri.

	Gruplar						Test İstatistikleri [†]	
	Utility ark		Minivida		Kontrol		F^{\ddagger}	p
	mean	sd	mean	sd	mean	sd		
İlk ölçüm	117,03	18,00	139,01	15,11	131,22	31,96	2,223	0,129
Son ölçüm	105,69	21,90	125,09	22,93	131,22	31,96	2,594	0,094
Fark	11,35	15,83	13,92	24,76	0,00	0,00	0,149	0,165
Yüzde fark	9,8	13,4	9,5	17,1				
F^{\ddagger}	4,674		6,335		-			
p	0,040		0,018		-			

[†]: Her bir ölçümde gruplar arası karşılaştırmalar, [‡]: Her bir grupta ölçümler arası karşılaştırmalar

Tablo 12’de gruplar arası karşılaştırmalara göre ilk ölçüm ve son ölçümlerde grupların 32’ nolu diş hacim değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($p=0,129$; $p=0,094$). Grup içi karşılaştırmalara göre Utility ark ve minivida gruplarının son ölçüm değerleri ilk ölçümlerden istatistiksel olarak düşük

bulunmuştur ($p=0,040$; $p=0,018$). Fark değerlere göre gruplardaki azalma miktarları istatistiksel olarak farklı değildir ($p=0,165$).

Tablo 13: Gruplara göre alt 4 kesici diş için intrüzyondan önce ve sonra ölçülen toplam kök hacim değerleri.

	Gruplar						Test İstatistikleri [†]	
	Utility ark		Minivida		Kontrol			
	mean	sd	mean	sd	mean	sd	F^{\ddagger}	p
İlk ölçüm	432,72	77,74	499,90	63,28	482,63	112,54	1,526	0,236
Son ölçüm	393,69	73,05	461,61	91,36	482,63	112,54	2,441	0,107
Fark	39,03	46,90	38,29	71,34	0,00	0,00	2,106	0,142
Yüzde fark	8,9	9,8	7,8	14,3				
F^{\ddagger}	6,544		5,670		-			
p	0,017		0,025		-			

[†]: Her bir ölçümde gruplar arası karşılaştırmalar, [‡]: Her bir grupta ölçümler arası karşılaştırmalar

Tablo 13’de gruplar arası karşılaştırmalara göre ilk ölçüm ve son ölçümlerde grupların toplam değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($p=0,236$; $p=0,107$). Grup içi karşılaştırmalara göre Utility ark ve minivida gruplarının son ölçüm değerleri ilk ölçümlerden istatistiksel olarak düşük bulunmuştur ($p=0,017$; $p=0,025$). Fark değerlere göre gruplardaki azalma miktarları istatistiksel olarak farklı değildir ($p=0,142$).

Tablo 14: İşlem Öncesi (T0) Korelasyonlar

	H42		H41		H31		H32	
	r	p	r	p	r	p	r	p
D42	0,044	0,823						
D41			0,022	0,911				
D31					0,158	0,412		
D32							0,085	0,661

r : Pearson korelasyon katsayısı

Tablo 14’e göre işlem öncesi değişkenler arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki bulunmamıştır.

Tablo 15: İşlem Sonrası (T7) Korelasyonlar

	H42		H41		H31		H32	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
D42	0,070	0,718						
D41			0,142	0,461				
D31					0,387	0,038		
D32							- 0,056	0,774

r: Pearson korelasyon katsayısı

Tablo 15'e göre intrüzyon sonrası D31 (31 no'lu dişin pulpa kan akımı) ile H31 (31 no'lu dişin kök hacmi) değerleri arasında istatistiksel olarak önemli zayıf düzey pozitif korelasyon bulunmaktadır ($r=0,387$; $p=0,038$). Tablo 7'deki diğer ilişki katsayıları istatistiksel olarak önemli değildir.

5. TARTIŞMA

Derin kapanış karmaşık bir ortodontik problemdir ve temporomandibular eklem, periodontal sağlık ve yüz estetiği üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle düzeltilmesi tedavinin önemli bir parçasıdır (82) Derin örtülü kapanış üst keserlerin alt keserleri normalden fazla örtmesinden kaynaklanmaktadır. Overbite'in normalden fazla olması anterior rehberliği ve dolayısıyla okluzyonun dengesini bozmaktadır. Derin kapanış çeşitli yöntemlerle tedavi edilebilir, bunlardan mandibular kesici diş intrüzyonu iskeletsel derin örtülü kapanışın çözülmesinde uzun vadede relaps ve stabilite açısından en uygun yöntem olduğu raporlanmıştır (3). Günümüze kadar derin kapanışın düzeltilmesinde farklı alt keser intrüzyonu yöntemleri kullanılarak başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Fakat uygulanan yöntemden bağımsız olarak ortodontik tedavinin sonunda kök ucunda rezorpsiyonun meydana gelmesi sıklıkla rastlanan bir durumdur. Literatürde intrüzyon hareketi kan akımını azaltığı için periapikal dokulara en fazla zararlı etkisi olan ve kök rezorpsiyonu açısından riski en yüksek hareket tipi olarak rapor edilmiştir. Ortodontik kuvvetler diş pulpasının vasküler sistemini uyarmaktadır. Pulpa mikrodolaşımını inceleyen araştırmacılar çeşitli yan etkiler rapor etmiştir. Bunlar pulpanın solunum hızının değişmesi, sekonder dentinin oluşması ile pulpa boşluğunda daralma ve en ekstrem durumlarda iç rezorpsiyon ve nekroz ortaya çıkmıştır (128). Stuteville ve Oppenheim (132) intrüziv kuvvetlerin pulpa dolaşımını engelleyerek pulpada hasara sebep olduğunu savunmuşlardır. Graber, düşük şiddette intrüziv kuvvetlerde bile hiperemi gelişebileceğini ve aşırı kuvvetlerin pulpada geri dönüşümsüz hasarlara yol açabileceğini bildirmiştir (133). Bu vakalarda pulpada nekroz, marjinal kemik kaybı ve replasman rezorpsiyonu (ankiloz) meydana gelme şansı daha yüksektir (132). Literatürdeki geçmiş çalışmalardan çıkan sonuca göre araştırmacıların çoğu intrüziv kuvvetlerin pulpanın dolaşımını iyatrojenik olarak etkileyebileceği düşüncesindedir.

Literatürde alt keser dişlerin intrüzyonu için pek çok yöntem mevcuttur. Bunlardan en sık kullanılan utility ark ve minivida yardımıyla yapılan alt keser intrüzyonunun etkileri geçmişte üç boyutlu olarak ve pulpa cevabı kapsamında kısa veya uzun dönem çalışmalar ile araştırılmamıştır.

Bu çalışmada intrüze edilen dişlerin pulpa mikrodolaşımı ve kök rezorpsiyonu arasında bir ilişki olup olmadığı araştırılmıştır.

Derin kapanışın tedavisi amacıyla mini implant ve utility arklar metodları ile 2 grup şeklinde alt keser intrüzyonu yapılmıştır. Dişlerin pulpa dokusundaki meydana gelen kan akım değişikliği LDF cihazı ile ölçülmüştür. Aynı zamanda hastalardan alınan KIBT'lerden kök rezorpsiyonunu değerlendirmek amacıyla kök hacmi ölçümleri yapılmıştır. İdeal bite elde edildikten sonra alınan LDF değerleri ve diğer parametreler iki grup arasında ve kontrol grubu ile elde edilen verilerle kök rezorpsiyonunun pulpa kan akımındaki değişikliklerle bir ilişkinin olup olmadığı araştırılmıştır.

Çalışmamızda derin örtülü kapanış miktarı en az 4 mm, alt kesici dişlerin intrüzyon edilmesi gerektiği endikasyonu bulunan derin örtülü kapanışa sahip hastalar dahil edilmiştir. Hastalarda derinleşmiş spee eğrisi, alt keserlerin aşırı erüpte olması, istirahatte free way space'in normal olması gibi ortak özelliklerin yanı sıra dahil edilen bireylerin seçiminde her üç grupta da benzer yaş ve iskeletsel özelliklere sahip bireylerin bulunmasına ve çapraşıklık düzeyinin de az ve orta düzeyde olmasına dikkat edilmiştir. Seçilen hastaların büyüme atılım dönemini geride bırakmış olmalarına dikkat edilmiştir. Bu değerlendirmeler, literatürde alt keser intrüzyonunu konu alan diğer benzer çalışmalar ile uyumludur.

Derin örtülü kapanış ortodonti pratiğinde sıklıkla karşılaşılan bir maloklüzyondur. Derin örtülü kapanışın gelişmesindeki sebeplerden biri olan Spee eğrisinin normalden derin olmasının önemli rol oynadığı gösterilmiştir (36, 134)

Çalışmamızda ortodontik tedavi alt keser dişlerin seviyelenip intrüze olması ile başlamıştır. Ortodontik pratiğinde alt kesici dişlerin supraerüpsiyonundan kaynaklanan derin kapanışı tedavi ederken karşımıza birçok problem ortaya çıkabilmektedir. Örn. üst keser dişlerin retrakte edilememesi veya retraksiyon sırasında posteriordan ankrajın kaybedilmesi, alt keserlerin karşıt dişlere veya ruga palatina bölgesine çarparak travmatik okluzyona sebep olması, alt braketlerin kırılması ile tedavi süresinin etkilemesi. Derin kapanış vakalarında derin kapanışın ortodontik tedavinin başlangıç aşamalarında çözülmesi tedavinin ilerleyişi açısından daha avantajlı olduğu bildirilmiştir (135). Bu sebeplerden dolayı çekim, distalizasyon ve bütün planlanan diğer işlemler alt keser intrüzyonu bitince yapılmıştır.

Seviyelemeyi sadece ön dişlerle sınırlı tutmak istememizin nedeni devamlı arklar ile meydana gelebilecek uzamaları engellemektir. Keser intrüzyonu için kullanılan birçok metot vardır. Bunlar; devamlı intrüzyon arkları, üç parçalı intrüzyon arkları, 2x4 mekanikler, utility arklar, Connecticut intrüzyon arkı, tersine veya arttırılmış Spee'li arklar ve mini- vida destekli intrüzyon gibi teknikler. Bu çalışmada utility arklar ve mini vidalar tercih edilmiştir.

Çalışmamızda mandibular keser dişleri intrüze etmek için bir grupta konvansiyonel bir yöntem olan utility ark kullanılmıştır, bir grupta mini vida destekli intrüzyon yapılmıştır, üçüncü grup da kontrol grubuydu. Kontrol grubuna katılan hastaların ortodontik tedavileri çalışma süresi bitince başlanmıştır. Utility ark grubunda Bench ve ark.'nın tanımladığı gibi 80 gr. intrüzyon kuvveti uygulanmıştır. Mini-implant grubunda her iki mini implanttan 30 - 40 gr olacak şekilde kapalı ni-ti coil ile kuvvet uygulanmıştır (136) .

Uygulanan iki farklı intrüzyon yöntemi ve kontrol grubundaki hastalarda zaman içinde meydana gelen değişiklikleri karşılaştırmak amacı ile araştırma süresi 6 ay olarak belirlenmiştir. Bu süre hem utility ark, hem mini vida grubu yeterli bulunmuştur.

Konvansiyonel yöntemlerden utility ark tercih edilmiştir. Bunun sebebi segmental tekniklerin devamlı arklara göre kuvvet kolunun uzun olmasından dolayı ortaya çıkan momentlerin daha iyi hesaplanabilmesidir.

Intrüzyon sırasında kök rezorpsiyonu ve posterior dişlerin ekstrüzyonu gibi yan etkileri minimuma indirmek için optimal olan, en düşük kuvvet tercih edilmelidir. Burstone, alt dört kesici dişler için toplam 40 gr kuvvet önermiştir. Bununla birlikte kök uzunluğu ve kök yüzeyi'nin de önemli faktörler olduğunu belirtmiştir (58). Nanda (5), alt 4 kesici diş için toplam 40gr. kuvveti önermiştir. Weiland ve ark. (83) ise anteriorda uygulanan 40-50 gr kuvvetinin posterior dişlere ekstrüzyon yaratmadan kesici dişleri etkili bir şekilde intrüze ettiğini bildirmiştir. Bench ve ark. (84) alt kesici dişlerde toplam 60-80 gr kuvvet, veya diş başına 20 gr kuvvet önermiştir. McNamara (60) ideal intrüziv kuvvetin alt dişler için diş başına 25 gr. olduğunu bildirmiştir. Bizim çalışmada diş başına uygulanan kuvvet literatürde tanımlandığı gibi 15-20 gr. intrüziv kuvveti geçmemiştir.

İntrüzyon mekaniğine karar verilirken dişlere uygulanacak kuvvetin özellikleri dikkate alınmalıdır. İdeal ortodontik bir uygulamada kuvvet hafif ve sürekli olmalıdır. Bunun için intrüzyon arkında, uzun bir ataçman mesafesiyle yük / defleksiyon oranının azaltılması ve intrüzyonda bu amaca yönelik olarak TMA gibi hafızalı teller kullanılması önerilmektedir. Beta-titanyum tellerin elastiklik modülleri paslanmaz çelik tellerden daha düşüktür, dolayısı ile heliks bükümüne ihtiyaç duyulmamaktadır, benzer aktivasyonlarda paslanmaz çelik tellerden yaklaşık %50 oranında düşük kuvvet uygulamaktadırlar, şekil verilebilme özelliklerinin nikel titanyum tellerden daha üstündür ve kesikli kuvvet uygulama gibi avantajları vardır. Bu bulgular ışığında çalışmamızda utility ark yapımında TMA teli tercih edilmiştir (137-140).

İntrüzyon hareketi kökün geometrik merkezinin oklüzal düzleme veya dişin uzun eksenini üzerinde bir düzleme göre apikale doğru yer değiştirmesi olarak tanımlanmıştır. Kesici dişlerin kendi merkezi etrafında labiale doğru eğilmesi insizal kenar pozisyonunu etkilediği için pseudo intrüzyona neden olmaktadır (141).

Alt kesici dişlerin intrüzyonu birçok yöntem ile tedavi edilmiştir. Çeşitli devamlı arklar, utility arkı, 3 parçalı intrüzyon arkları gibi farklı ark türlerini inceleyen araştırmacılar etkili bir intrüzyon ile birlikte keserlerin proklinasyonu ve ankraj olarak kullanılan dişlerin distal tipping hareketi gibi yan etkiler oluşturduğunu rapor etmişlerdir (58).

İntrüzyon gerçekleştiğinde kuvvet azalacağından, kuvvetin devamlılığı için, ark telinin belirli aralıklarla aktive edilmesi gerekmektedir. İntrüzyon sırasında bukkal segmente de eşit fakat zıt yönde ekstrüzyon kuvvet oluşabilmektedir (5). Weiland ve ark. yetişkin hastalarda segmentli ark mekaniğinin kesici dişlerde gerçek bir intrüzyon ile birlikte, posterior bölgede çok az ekstrüzyon hareketi oluşturabileceğini göstermiştir (83).

Son yıllarda mutlak kemik ankraji sağlayan mini implantlar sıklıkla tercih edilen bir yöntem olmuştur. Mini vida ankraji diğer dişlerde resiprokal hareketler oluşturmadan ve düşük, sürekli bir kuvvet uygulama fırsatı verdiği için diş intrüzyonu mekaniği olarak yaygın olarak tercih edilmeye başlanmıştır (142).

Çalışmamızda mini-vida grubundaki hastalara, alt lateral ve kanin dişler arasındaki bukkal kortikal kemiğe 1,2 mm çapında 6 mm uzunluğunda 2 adet mini-vida, literatürde pek çok yazarın uyguladığı şekilde self-drilling yöntemiyle yerleştirildi. Daha sonra Ni-ti sarmal yaylar, mini-vidalar ile segmental çelik ark arasına lateral dişler noktalarından bağlandı. Araştırmacılara göre self-drilling vidalardaki vida-kemik teması self tapping vidalara göre daha üstündür (73, 143). Kim ve ark. (144) da self-drilling vidaların daha iyi stabilite gösterdiğini ve yivlerinin arasında kemik yoğunluğunun daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Florvaag ve ark. (145) yerleştirme torkunu göz önüne olarak self-drilling vidaların primer stabilitesinin daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Yaptığımız çalışmada vidalar alt santral ve lateral keser dişler arasında yerleştirilmiştir. Çeşitli araştırmacılar anterior bölgede en geniş interradiküler bölgenin burada olması ve kuvvetin uygulanma noktasının keser segmentin rezistans merkezinden geçmesinden dolayı mini vidaları bu dişler arasında yerleştirmek en ideal sonuçları getireceğini savunmuşlardır (48, 49, 146-148). Çalışmamız literatürdeki çoğu çalışmalar ile uyumludur.

Polat-Özsoy ve ark.'nın (49) çalışmasında 1.2 mm çap ve 6 mm uzunluktaki mini vidaların kullanılmış, 1 mini vidanın lateral diş köküne yakın olmasına, 2 mini vidanın ise post-operatif enfeksiyon ve mobiliteye bağlı olarak, yeniden yerleştirildikleri bildirilmiştir. Çalışmamızda 3 adet mini vida hijyen eksikliği ve mobilitate görülmesinden sonra daha apikale yerleştirilmiştir.

Mini vidaların keratinize dişeti sınırında yerleştirilmesi stabilite açısından çok önemlidir. Mandibular keser bölgesinde yapışık dişeti genişliği yetersizdir. Mini vida non-keratinize mukozaya yerleştirildiğinde prognoz daha zayıftır, yumuşak doku ve has bağlantılarının hareketi sonucunda enflamasyon olabilir veya mukoza hipertrofisi mini vidayı örtebilir, dolayısı ile mini vida başarısız olabilmektedir (149-151).

LDF ölçümleri

Bu çalışmada ölçüm sırasında tekrarlanabilirliğin ve güvenilirliğin maksimum seviyede olması için ölçümler aynı araştırmacı tarafından yapılmıştır ve dişlerde referans bir nokta oluşturmak amacı ile prob tutucular yapılmıştır. Bunun için hastalardan ölçü alınarak akrilik plaklar hazırlanmıştır. Aynı zamanda plak

üzerinde ölçüm yapılacak dişlerin mine yüzeyine uzanan delikler sayesinde her seferinde ilgili dişlerin aynı noktasından LDF probu temas ederek ölçüm yapılmıştır. Hastalara LDF ölçümlerinden 1-2 saat öncesinden bir şey yememeleri gerektiği söylenmiştir. Ölçümden önce hastanın genel sistemik kan basıncının stabil hale gelmesi için bir süre dinlendirilmiştir. Ölçümler hasta dik konumda iken yapılmıştır.

LDF ölçüm süreleri; Noninvaziv bir yöntem olduğu için ve literatüre bakıldığında en az 3 ve en çok 8 zaman periyodunda bakıldığı göz önünde bulundurarak bu çalışmada da daha detaylı sonuç elde edebilmek için 8 zaman periyodunda LDF ölçümü yapılmıştır.

Ortodontik tedavi sırasında basıncın değişmesi ile birlikte pulpal kan akımı değişmektedir ve dolayısı ile pulpa sağlığı etkilenmektedir. Bu çalışmanın bulguları analiz edildiğinde diş pulpasındaki kan akımının intrüziv kuvvetlerden etkilendiği gözlemlenmiştir. İntrüziv kuvvetin uygulanmasından kısa bir süre sonra (T2- 3gün sonra) utility arkta kontrol grubuna göre PKA değerlerinde istatistiksel olarak bir düşüş kaydedilmiştir. Brodin ve ark'nın çalışmasında intrüziv hareketinin uygulanmaya başlanmasından birkaç dakika sonra bile PKA değerlerinde %80 oranında düşüş olduğunu raporlamıştır (127). Sabuncuoğlu ve ark. intrüziv kuvvetin anterior dişlerin PKA'nı geçici olarak azaltabileceğini bildirmiştir (152).

Buna benzer olarak başka çalışmalarda da intrüziv kuvvet ile birlikte PKAnın değerlerinin ilk aşamada düştüğü fakat sonrasında yine başlangıç değerlerine geri döndüğü saptanmıştır (124, 153-155) Ikawa ve ark. (129) intrüziv kuvvetlerin sonucunda PKA'nda istatistikler olarak anlamlı düşüş kaydetmiştir. Sano ve ark. PKA değerlerinin devamlı kuvvetin varlığında anlamlı olarak düştüğünü fakat tel çıkarıldığında kan akımında da bir geri dönme saptanmıştır (129). Elham S. ve ark. konvansiyonel ve self-ligating sabit apareyleri karşılaştırdığı çalışmalarında iki yöntem arasında PKA değişiklikleri açısından anlamlı bir fark olmadığını bulmuştur. Her iki yöntemde de PKA'nda 48 saat sonra düşüş, bir hafta sonra artış ve bir ay sonra PKA seviyesi başlangıç seviyesine geri ulaşmıştı (156). Elham S. ve arkadaşları tarafından yapılan başka bir çalışmada da PKA değişikliklerinin şeffaf plaklar ve sabit apareyler arasında değerlendirilmiştir ve anlamlı bir fark bulunmamıştır (157). Bu çalışmaların tümü PKA'nın geçici olarak azalma eğilimi

gösterdiğini ve sonra tekrar birkaç hafta sonra başlangıç seviyesine ulaştığını göstermiştir. Ortodontik kuvvet uygulamasından sonra periapikal damarların sıkışması nedeniyle, pulpa kan akımında geçici bir bozulma meydana gelebilmektedir bu da pulpa dokusunda hücrel hasar risklerini artırmaktadır.

Grünheid ve ark.ının (158) fare pulpa dokularında yaptığı histolojik çalışmada kuvvet uygulanmasının takibindeki 24-72 saatte patolojik bulguların gözlemlendiğini ama 168 saat sonra değerlerin başlangıç değerlerine geri döndüğünü bulmuşlardır.

Bu bulguların aksine Barwick ve Ramsay (128) intrüzyon kuvvetinin uygulandığı kısa süre sonra PKA'da herhangi bir değişiklik gözlemlenmemişlerdir. Bu çalışmada 8 farklı periyodun kullanılması ile PKA'ndaki erken ve geç etkilerini tespit etmek hedeflenmiştir. Üçüncü gündeki ölçümlerin düşük kuvvetlere bağlı enflamasyonun kademeli belirtilerini gözlemlenmeyi mümkün kılmıştır (159, 160). Oysa 3 haftada alınan ölçümler, olası kronik değişiklikleri yakalamayı amaçlamıştır (159, 160).

PKA'nin yaş ile birlikte azaldığı bilinmektedir ve histolojik bulgular kan damarlarının sayısı yaşla birlikte azalmanın yanı sıra, pulpa alanının da kalsifiye dokudaki artış nedeniyle yaşla birlikte azalmaktadır(161, 162) Bu nedenle hastaların yaşları yakın seçilmiştir 12-18.

Ortodontik tedavinin sonunda meydana gelebilecek kök rezorpsiyonları uzun zamanlardır periapikal, panoramik, sefalometrik filmler aracılığı ile araştırılmıştır. Fakat bu yöntemler dişleri iki boyutlu olarak değerlendirdiği için rezorpsiyonun gerçek miktarı hakkında yeterli bilgi vermemektedir ve ayrıca görüntülerin netliği ile ilgili sorunlar yaşanmaktadır. Eksternal apikal kök rezorpsiyonlarını değerlendirmek için konik ışınli bilgisayarlı tomografi tekniğinin kullanılması yüksek netlik ve hassasiyet içeren görüntüler ile üç boyutlu gerçek rezorpsiyonun miktarını elde edilmesini sağlar. (88, 163-165)

Araştırmamızda KIBT kesitlerini kullanarak 3 boyutlu görüntüler üzerinden 4 keser dişin intrüzyon öncesi ve sonrası hacimleri hesaplanmıştır. Hacimlerde meydana gelen azalmalar, rezorpsiyon miktarları olarak değerlendirilmiştir. Hacimsel ölçümler değerlendirildiğinde madde kaybı miktarı her iki grupta %10'dan

küçük bulunmuştur. Kupersteiner (103) skalası göz önünde bulunduğunda gruplarda hafif rezorpsiyon meydana gelmiştir. Bu değer literatürdeki çalışmalar ile uyumludur.

Chen ve Ning'in (166) çalışmasında sınıf III olan hastaların alt keser retraksiyonu ve intrüzyonu sonrasında kesici dişlerde meydana gelen kök hacmi altı parçaya bölünmüş ve her bir parçanın rezorpsiyon miktarı daha ayrıntılı olarak incelenmiştir. En yüksek rezorpsiyon apikal üçte biri kısmında bulunmuştur.

Darendeliler ve ark. (88) çalışmalarında farklı ortodontik kuvvet seviyelerinin sementum üzerindeki etkisini incelemek, fiziksel özellikleri, mineral bileşenlerindeki değişiklikler, rezorpsiyon kraterlerinin tipi ve yerini incelemek amacı ile premolar dişler ağır ve hafif kuvvetlere maruz bırakılmıştır. Sonrasında çekilen dişlerden mikrobilgisayar tomografi alınmıştır. Bu çalışmada rezorpsiyon kraterlerinin volümetrik analizi için yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Kuvvetle ilgili veriler, hafif kuvvet grubunda rezorpsiyon kraterinin ortalama hacminin kontrol grubundan 3.49 kat, ağır kuvvet grubunda ise 11.59 kat daha fazla olduğunu göstermiştir. Ağır kuvvet grubunun toplam rezorpsiyon hacmi hafif kuvvet grubuna göre 3,31 kat daha fazla çıkmıştır. Bukkal servikal ve lingual apikal bölgelerde diğer bölgelere kıyasla anlamlı derecede daha fazla rezorpsiyon kraterleri tespit edilmiştir. 2D ölçümler 3D ölçümlerle güçlü bir korelasyon bulunmuştur.

Makedonas ve ark. (167) yaptığı çalışmada aktif ortodontik tedavinin 6. ayından sonra kök rezorpsiyonunu ve bunun olası risk faktörleriyle ilişkisini araştırmıştır. Sabit aparey ve premolar çekimleri ile tedavi edilen Sınıf I maloklüzyona ve çapraşıklığa sahip doksan yedi hasta (10-18 yaş) aktif tedaviden önce ve 6 ay sonra konik ışınli bilgisayarlı tomografi ile incelenmiştir. Kök rezorpsiyonunun derecesini değerlendirmek için Malmgren indeksi kullanılmıştır. Aktif tedaviden önce çoğu dişte düzensiz kök konturu (skor 1) bulunmuş ve bu nedenle rezorpsiyonlar sadece skor 2 (<2 mm, minör rezorpsiyon) veya daha yüksek olarak kaydedilmiştir. Hastaların %10'unda minör kök rezorpsiyonu ve dört hastada >2 mm (skor 3) şiddetli kök rezorpsiyonu tespit edilmiş. Kök rezorpsiyonu üst çenede, özellikle kesici dişlerde daha sık görülmüş. Kök rezorpsiyonu ile seçilen risk faktörlerinden herhangi biri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon bulunmamıştır.

Çalışmamızda bulunan apikal kök rezorpsiyon miktarı yukarıdaki çalışmalar ile uyumludur.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

KIBT gibi güvenilir veriler sunan 3 boyutlu bir görüntüleme yöntemi ve LDF gibi pulpanın kan akımı ile ilgili bilgi veren non-invaziv bir tekniği birleştirerek, uygulanan kuvvet sonucunda dişlerde meydana gelen değişiklikler konusunda daha kapsamlı bir bilgiye sahip olabilmekteyiz.

Yapılan grup içi karşılaştırmalara göre Utility ark ve Minivida gruplarının ilk ölçüm ve son ölçüm değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur.

Pulpa kan akımı değerleri çalışma süresince değişiklik göstermekle birlikte ilk ve son değerler birbirine yakındır.

31 no'lu dişin Pulpa Kan Akımı ve kök hacimleri arasında istatistiksel olarak önemli zayıf düzey pozitif korelasyon bulunmuştur.

Hacimsel ölçümler değerlendirildiğinde madde kaybı miktarı her iki grupta %10'dan küçük bulunmuştur. Kupersteiner'e göre hafif rezorpsiyon meydana gelmiştir.

Bu konuda daha geniş gruplarda çalışmalar yapılması, durumu netleştirecektir.

7. KAYNAKLAR

1. Nielsen IL. Vertical malocclusions: etiology, development, diagnosis and some aspects of treatment. *The Angle Orthodontist*. 1991;61(4):247-60.
2. Smith RJ, Burstone CJ. Mechanics of tooth movement. *American journal of orthodontics*. 1984;85(4):294-307.
3. Varlık SK, Alpakan ÖO, Türköz Ç. Deepbite correction with incisor intrusion in adults: a long-term cephalometric study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2013;144(3):414-9.
4. Nanda R. The differential diagnosis and treatment of excessive overbite. *Dental Clinics of North America*. 1981;25(1):69-84.
5. Nanda R. Correction of deep overbite in adults. *Dental Clinics of North America*. 1997;41(1):67-87.
6. Proffit WR, Fields Jr H, Sarver DM. *Contemporary orthodontics*. Mosby. Elsevier, St Louis. 2007;160:207-17.
7. Proffit WR, White RP, Sarver DM. *Contemporary treatment of dentofacial deformity*: Mosby St. Louis; 2003.
8. West E. *Textbook of orthodontia*: By RHW Strang. Philadelphia, Lea & Febiger, 1950. Mosby; 1951.
9. Neff CW. Tailored occlusion with the anterior coefficient. *American journal of orthodontics*. 1949;35(4):309-13.
10. Bolton W. Disharmony in tooth size and its relation to the analysis and treatment of malocclusion [thesis]. Seattle (WA): University of Washington. 1952.
11. Peck S, Peck L, Kataja M. Class II Division 2 malocclusion: a heritable pattern of small teeth in well-developed jaws. *The Angle Orthodontist*. 1998;68(1):9-20.
12. Walkow TM, Peck S. Dental arch width in Class II Division 2 deep-bite malocclusion. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2002;122(6):608-13.
13. Graber T, Vanarsdall R, Katherine W. *Orthodontic current principles and techniques*. 2000, St. Louis: Mosby.
14. Solberg W, Bibb C, Nordström B, Hansson T. Malocclusion associated with temporomandibular joint changes in young adults at autopsy. *American journal of orthodontics*. 1986;89(4):326-30.
15. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM, Ackerman JL. *Contemporary Orthodontics*. St. Louis. MO: Mosby. 2000.
16. Beckmann S, Kuitert R, Prahl-Andersen B, Segner D, The R, Tuinzing D. Alveolar and skeletal dimensions associated with overbite. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 1998;113(4):443-52.
17. Ceylan İ, Eröz ÜB. The effects of overbite on the maxillary and mandibular morphology. *The Angle Orthodontist*. 2001;71(2):110-5.
18. Tausche E, Luck O, Harzer W. Prevalence of malocclusions in the early mixed dentition and orthodontic treatment need. *The European Journal of Orthodontics*. 2004;26(3):237-44.
19. Ingervall B. Prevalence of dental and occlusal anomalies in Swedish conscripts. *Acta odontologica Scandinavica*. 1974;32(2):83-92.
20. Mohlin B, Kopp S. A clinical study on the relationship between malocclusions, occlusal interferences and mandibular pain and dysfunction. *Swedish Dental Journal*. 1978;2(4):105-12.
21. Geiger A, Hirschfeld L. *Minor tooth movement in general practice*: Mosby; 1974.

22. Isaacson JR, Isaacson RJ, Speidel TM, Worms FW. Extreme variation in vertical facial growth and associated variation in skeletal and dental relations. *Angle orthod.* 1971;41(3):219-29.
23. **Enlow D, Moyers R, Merow W, Poston W. Handbook of facial growth. Philadelphia: W.B. Saunders; 1975.**
24. Enlow DH, Kuroda T, Lewis AB. Intrinsic craniofacial compensations. *Angle Orthod.* 1971;41(4):271-85.
25. Trouten JC, Enlow DH, RABINE M, PHELPS AE, SWEDLOW D. Morphologic factors in open bite and deep bite. *The Angle Orthodontist.* 1983;53(3):192-211.
26. Graber TM, Rakosi T, Petrovic AG. *Dentofacial orthopedics with functional appliances.* 1997.
27. Hotz R. *Orthodontics in daily practice.* Bern, Switzerland, Huber. 1974.
28. Lewis P. Correction of deep anterior overbite A report of three cases. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 1987;91(4):342-5.
29. Schudy FF. The control of vertical overbite in clinical orthodontics. *The Angle Orthodontist.* 1968;38(1):19-39.
30. Moss ML, Salentijn L. Differences between the functional matrices in anterior open-bite and in deep overbite. *American journal of orthodontics.* 1971;60(3):264-80.
31. Barton KA. Overbite changes in the Begg and edgewise techniques. *American journal of orthodontics.* 1972;62(1):48-55.
32. Ogata Y. Nonextraction Class II, Division 2 treatment. *American Journal of Orthodontics.* 1974;65(1):67-75.
33. Nanda R, Marzban R, Kuhlberg A. The Connecticut Intrusion Arch. *Journal of clinical orthodontics: JCO.* 1998;32(12):708-15.
34. Beckmann S, Kuitert RB, Prah-Andersen B, Segner D, The R, Tuinzing D. Alveolar and skeletal dimensions associated with lower face height. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 1998;113(5):498-506.
35. Baydaş B, Yavuz İ, Atasaral N, Ceylan İ, Dağsuyu İM. Investigation of the changes in the positions of upper and lower incisors, overjet, overbite, and irregularity index in subjects with different depths of curve of Spee. *The Angle orthodontist.* 2004;74(3):349-55.
36. Naumann SA, Behrents RG, Buschang PH. Vertical components of overbite change: a mathematical model. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2000;117(4):486-95.
37. Angle EH. Classification of malocclusion. *Dent Cosmos.* 1899;41:350-75.
38. Skieller V, Björk A, Linde-Hansen T. Prediction of mandibular growth rotation evaluated from a longitudinal implant sample. *American journal of orthodontics.* 1984;86(5):359-70.
39. Chiu Y-T, Ko W-C. A Review of the Relationship between Facial Morphology in Vertical Dimension and the Masticatory Musculature. *Taiwanese Journal of Orthodontics.* 2022;21(1):3.
40. Ringqvist M. Isometric bite force and its relation to dimensions of the facial skeleton. *Acta odontologica scandinavica.* 1973;31(1):35-42.
41. Ingervall B, Thilander B. Relation between facial morphology and activity of the masticatory muscles: an electromyographic and radiographic cephalometric investigation. *Journal of Oral Rehabilitation.* 1974;1(2):131-47.

42. Thompson JR. Abnormal function of the temporomandibular joints and related musculature. Orthodontic implications. Part II. The Angle Orthodontist. 1986;56(3):181-95.
43. Seligman DA, Pullinger AG, Solberg WK. Temporomandibular disorders. Part III: Occlusal and articular factors associated with muscle tenderness. The Journal of Prosthetic Dentistry. 1988;59(4):483-9.
44. Williamson E. Temporomandibular dysfunction in pretreatment adolescent patients. American Journal of Orthodontics. 1977;72(4):429-33.
45. Lieberman M, Gazit E, Fuchs C, Lilos P. Mandibular dysfunction in 10–18 year old school children as related to morphological malocclusion. Journal of Oral Rehabilitation. 1985;12(3):209-14.
46. Schellhas KP, Pollei SR, Wilkes CH. Pediatric internal derangements of the temporomandibular joint: effect on facial development. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 1993;104(1):51-9.
47. Cevidanes LH, Franco AA, Gerig G, Proffit WR, Slice DE, Enlow DH, et al. Assessment of mandibular growth and response to orthopedic treatment with 3-dimensional magnetic resonance images. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics. 2005;128(1):16-26.
48. Burstone CJ, editor Biomechanics of deep overbite correction. Seminars in orthodontics; 2001: Elsevier.
49. Polat-Özsoy Ö, Arman-Özçırpıcı A, Veziroğlu F, Çetinşahin A. Comparison of the intrusive effects of miniscrews and utility arches. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics. 2011;139(4):526-32.
50. Upadhyay M, Nagaraj K, Yadav S, Saxena R. Mini-implants for en masse intrusion of maxillary anterior teeth in a severe Class II division 2 malocclusion. Journal of orthodontics. 2008;35(2):79-89.
51. Ohnishi H, Yagi T, Yasuda Y, Takada K. A mini-implant for orthodontic anchorage in a deep overbite case. The Angle Orthodontist. 2005;75(3):444-52.
52. Burstone CJ. Lip posture and its significance in treatment planning. American journal of orthodontics. 1967;53(4):262-84.
53. Burstone C, Smith R. Mechanics of tooth movement. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1984;81:224-7.
54. Preston CB, Maggard MB, Lampasso J, Chalabi O. Long-term effectiveness of the continuous and the sectional archwire techniques in leveling the curve of Spee. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics. 2008;133(4):550-5.
55. Nanda R. Biomechanics and esthetic strategies in clinical orthodontics: Elsevier Health Sciences; 2005.
56. Ülgen M. Ortodontik tedavi prensipleri. 1993.
57. Dave ML, Sinclair PM. A comparison of the Ricketts and Tweed-type arch leveling techniques. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 1989;95(1):72-8.
58. Burstone CR. Deep overbite correction by intrusion. American journal of orthodontics. 1977;72(1):1-22.
59. Tosun Y. Sabit ortodontik apareylerin biyomekanik prensipleri. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi. 1999:6-7.
60. McNamara J. Utility arches. Journal of clinical orthodontics: JCO. 1986;20(7):452-6.
61. Van Steenberg E, Burstone C, Pahl-Andersen B, Aartman I. The influence of force magnitude on intrusion of the maxillary segment. The Angle Orthodontist. 2005;75(5):723-9.

62. Shroff B, Yoon WM, Lindauer SJ, Burstone CJ. Simultaneous intrusion and retraction using a three-piece base arch. *The Angle Orthodontist*. 1997;67(6):455-61.
63. Burstone CJ, Pryputniewicz RJ. Holographic determination of centers of rotation produced by orthodontic forces. *American journal of orthodontics*. 1980;77(4):396-409.
64. Amasyali M, Sağdıç D, Ölmez H, Akin E, Karaçay Ş. Intrusive effects of the connecticut intrusion arch and the utility intrusion arch. *Turkish Journal of Medical Sciences*. 2005;35(6):407-15.
65. Hor AB. Sınıf II bölüm 2 anomalili erişkinlerde üst kesici dişlerin intrüzyonunun dentofasiyal yapılara etkisinin incelenmesi. 2005.
66. Deguchi T, Murakami T, Kuroda S, Yabuuchi T, Kamioka H, Takano-Yamamoto T. Comparison of the intrusion effects on the maxillary incisors between implant anchorage and J-hook headgear. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2008;133(5):654-60.
67. Egolf RJ, BeGole EA, Upshaw HS. Factors associated with orthodontic patient compliance with intraoral elastic and headgear wear. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1990;97(4):336-48.
68. Shellhart WC, Moawad M, Lake P. Case report: implants as anchorage for molar uprighting and intrusion. *The Angle Orthodontist*. 1996;66(3):169-72.
69. Gainsforth BL, Higley L. A study of orthodontic anchorage possibilities in basal bone. *American Journal of Orthodontics and Oral Surgery*. 1945;31(8):406-17.
70. Linkow L. The endosseous blade implant and its use in orthodontics. *Int J Orthod*. 1969;18:149-54.
71. Creekmore TD. The possibility of skeletal anchorage. *J Clin Orthod*. 1983;17:266-9.
72. Roberts WE, Helm FR, Marshall KJ, Gongloff RK. Rigid endosseous implants for orthodontic and orthopedic anchorage. *The Angle Orthodontist*. 1989;59(4):247-56.
73. Heidemann W, Terheyden H, Gerlach KL. Analysis of the osseous/metal interface of drill free screws and self-tapping screws. *Journal of cranio-maxillofacial surgery*. 2001;29(2):69-74.
74. Wilmes B, Rademacher C, Olthoff G, Drescher D. Parameters affecting primary stability of orthodontic mini-implants Einfluss der Insertionsparameter auf die Primärstabilität orthodontischer mini-Implantate. *J Orofac Orthop/Fortschritte der Kieferorthopädie*. 2006;67:162-74.
75. Nanda RS, Tosun YS. *Biomechanics in orthodontics. Principles and practice* Hanover Park IL: Quintessence Publishing Co. 2010:38-9.
76. Sosly R, Mohammed H, Rizk MZ, Jamous E, Qaisi AG, Bearn DR. Effectiveness of miniscrew-supported maxillary incisor intrusion in deep-bite correction: A systematic review and meta-analysis. *The Angle Orthodontist*. 2020;90(2):291-304.
77. Poggio PM, Incorvati C, Velo S, Carano A. "Safe zones": a guide for miniscrew positioning in the maxillary and mandibular arch. *The Angle Orthodontist*. 2006;76(2):191-7.
78. Liou EJ, Pai BC, Lin JC. Do miniscrews remain stationary under orthodontic forces? *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2004;126(1):42-7.
79. Maino BG, Weiland F, Attanasi A, Zachrisson BU, Buyukyilmaz T. Root damage and repair after contact with miniscrews. *Journal of Clinical Orthodontics*. 2007;41(12):762.

80. Kanomi R. Mini-implant for orthodontic anchorage. *J clin Orthod.* 1997;31:763-7.
81. Kim T-W, Kim H, Lee S-J. Correction of deep overbite and gummy smile by using a mini-implant with a segmented wire in a growing Class II Division 2 patient. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics.* 2006;130(5):676-85.
82. Aydoğdu E, Özsoy ÖP. Effects of mandibular incisor intrusion obtained using a conventional utility arch vs bone anchorage. *The Angle Orthodontist.* 2011;81(5):767-75.
83. Weiland FJ, Bantleon H-P, Droschl H. Evaluation of continuous arch and segmented arch leveling techniques in adult patients—a clinical study. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics.* 1996;110(6):647-52.
84. Bench R, Gugino C, Hilgers J. Biopragressive therapy Part-2, 7, 10 and 11. *J Clin Orthod.* 1977;12(3):192-521.
85. Van Steenberg E, Burstone C, Pahl-Andersen B, Aartman I. The role of a high pull headgear in counteracting side effects from intrusion of the maxillary anterior segment. *The Angle Orthodontist.* 2004;74(4):480-6.
86. van Steenberg E, Burstone CJ, Pahl-Andersen B, Aartman IH. Influence of buccal segment size on prevention of side effects from incisor intrusion. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics.* 2006;129(5):658-65.
87. Sifakakis I, Pandis N, Makou M, Eliades T, Bourauel C. Forces and moments on posterior teeth generated by incisor intrusion biomechanics. *Orthodontics & Craniofacial Research.* 2009;12(4):305-11.
88. Harris DA, Jones AS, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: part 8. Volumetric analysis of root resorption craters after application of controlled intrusive light and heavy orthodontic forces: a microcomputed tomography scan study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2006;130(5):639-47.
89. Saxena R, Kumar PS, Upadhyay M, Naik V. A clinical evaluation of orthodontic mini-implants as intraoral anchorage for the intrusion of maxillary anterior teeth. *World journal of orthodontics.* 2010;11(4).
90. Trope M. Root resorption of dental and traumatic origin: classification based on etiology. *Practical periodontics and aesthetic dentistry: PPAD.* 1998;10(4):515-22.
91. Vlaskalic V, Boyd RL, Baumrind S, editors. *Etiology and sequelae of root resorption. Seminars in orthodontics;* 1998: Elsevier.
92. Shah A. Orthodontically induced root resorption-A review. *International Journal for Advance Research and Development.* 2017;2(1).
93. Becks H, Marshall JA. Resorption or absorption? *The Journal of the American Dental Association (1922).* 1932;19(9):1528-37.
94. Ottolengui R. The physiological and pathological resorption of tooth roots. *Items of interest.* 1914;36:332-62.
95. Phillips JR. Apical root resorption under orthodontic therapy. *The Angle Orthodontist.* 1955;25(1):1-22.
96. Ketcham AH. A preliminary report of an investigation of apical root resorption of permanent teeth. *International Journal of Orthodontia, Oral Surgery and Radiography.* 1927;13(2):97-127.
97. Brezniak N, Wasserstein A. Orthodontically induced inflammatory root resorption. Part I: the basic science aspects. *The Angle Orthodontist.* 2002;72(2):175-9.

98. Rygh P. Orthodontic root resorption studied by electron microscopy. *The Angle Orthodontist*. 1977;47(1):1-16.
99. Brezniak N, Wasserstein A. Orthodontically induced inflammatory root resorption. Part II: The clinical aspects. *The Angle Orthodontist*. 2002;72(2):180-4.
100. Malmgren O, Goldson L, Hill C, Orwin A, Petrini L, Lundberg M. Root resorption after orthodontic treatment of traumatized teeth. *American Journal of Orthodontics*. 1982;82(6):487-91.
101. Kennedy DB, Joondeph DR, Osterberg SK, Little RM. The effect of extraction and orthodontic treatment on dentoalveolar support. *American journal of orthodontics*. 1983;84(3):183-90.
102. Sharpe W, Reed B, Subtelny JD, Polson A. Orthodontic relapse, apical root resorption, and crestal alveolar bone levels. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1987;91(3):252-8.
103. Kuperstein R. External apical root resorption of the maxillary central incisor in anterior open bite malocclusion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2005;127(3):393-4.
104. Harris EF, editor *Root resorption during orthodontic therapy*. *Seminars in Orthodontics*; 2000: Elsevier.
105. Sameshima GT, Asgarifar KO. Assessment of root resorption and root shape: periapical vs panoramic films. *The Angle Orthodontist*. 2001;71(3):185-9.
106. Leach H, Ireland A, Whaites E. Radiographic diagnosis of root resorption in relation to orthodontics. *British dental journal*. 2001;190(1):16-22.
107. Barber AF, Sims M. Rapid maxillary expansion and external root resorption in man: a scanning electron microscope study. *American journal of orthodontics*. 1981;79(6):630-52.
108. Chan E, Darendeliler M. Exploring the third dimension in root resorption. *Orthodontics & craniofacial research*. 2004;7(2):64-70.
109. White SC, Pharoah Michael J. *Oral Radiology: Principles Anf Interpretation*: Elsevier; 2012.
110. Tuncel E. *Diyagnostik radyoloji: Taş Kitapçılık Ve Yayıncılık*; 1989.
111. Rothman SL. *Dental Application of Computerized Tomography. Surgical Planning for Implant Placement*. 1998.
112. Kuszyk BS, Fishman EK. Spiral CT with Volume Rendering: By collecting large volumes of data in short periods of time, spiral CT allows computerized image processing to display three-dimensional images. *SCIENCE AND MEDICINE*. 1997;4:22-31.
113. Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam CT and how does it work? *Dental Clinics of North America*. 2008;52(4):707-30.
114. White SC, Pharoah MJ. The evolution and application of dental maxillofacial imaging modalities. *Dental Clinics of North America*. 2008;52(4):689-705.
115. Bonner RF, Nossal R. *Principles of laser-Doppler flowmetry. Laser-Doppler blood flowmetry*: Springer; 1990. p. 17-45.
116. Roebuck E, Evans D, Stirrups D, Strang R. The effect of wavelength, bandwidth, and probe design and position on assessing the vitality of anterior teeth with laser Doppler flowmetry. *International Journal of Paediatric Dentistry*. 2000;10(3):213-20.
117. Gazelius B, Olgart L, Edwall B, Edwall L. Non-invasive recording of blood flow in human dental pulp. *Dental Traumatology*. 1986;2(5):219-21.

118. Fratkin RD, Kenny D, Johnston D. Evaluation of a laser Doppler flowmeter to assess blood flow in human primary incisor teeth. *Pediatric Dentistry*. 1999;21:53-6.
119. Chandler NP, Love RM, Sundqvist G. Laser Doppler flowmetry: An aid in differential diagnosis of apical radiolucencies. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 1999;87(5):613-6.
120. Ikawa M, Komatsu H, Ikawa K, Mayanagi H, Shimauchi H. Age-related changes in the human pulpal blood flow measured by laser Doppler flowmetry. *Dental traumatology*. 2003;19(1):36-40.
121. Ahn J, Pogrel MA. The effects of 2% lidocaine with 1: 100,000 epinephrine on pulpal and gingival blood flow. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 1998;85(2):197-202.
122. Terakawa Y, Handa M, Ichinohe T, Kaneko Y. Epinephrine in local anesthetic cancels increase in tongue mucosal blood flow after stellate ganglion block in rabbit. *The Bulletin of Tokyo Dental College*. 2007;48(1):37-42.
123. Watson A, Pittford T, McDonald F. Blood flow changes in the dental pulp during limited exercise measured by laser Doppler flowmetry. *International Endodontic Journal*. 1992;25(2):82-7.
124. Sano Y, Ikawa M, Sugawara J, Horiuchi H, Mitani H. The effect of continuous intrusive force on human pulpal blood flow. *The European Journal Of Orthodontics*. 2002;24(2):159-66.
125. Andersen E, Aars H, Brodin P. Effects of cooling and heating of the tooth on pulpal blood flow in man. *Dental Traumatology*. 1994;10(6):256-9.
126. McDonald F, Pitt Ford T. Blood flow changes in permanent maxillary canines during retraction. *The European Journal of Orthodontics*. 1994;16(1):1-9.
127. Brodin P, Linge L, Aars H. Instant assessment of pulpal blood flow after orthodontic force application. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*. 1996;57:306-9.
128. Barwick PJ, Ramsay DS. Effect of brief intrusive force on human pulpal blood flow. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1996;110(3):273-9.
129. Ikawa M, Fujiwara M, Horiuchi H, Shimauchi H. The effect of short-term tooth intrusion on human pulpal blood flow measured by laser Doppler flowmetry. *Archives of Oral Biology*. 2001;46(9):781-7.
130. Uffner NE. Three-dimensional assessment of the effects of extraction on the smile in Class II high and low mandibular plane angle patients: Temple University; 2013.
131. ÖZTÜRK M, Polat S, YILMAZ D. Farklı Oranlarda Epinefrin HCL İçeren 4 Artikain HCLün Diş ve Dişetinın Kanlanması Üzerine Olan Etkilerinin Laser Doppler Flowmetry Tekniği ile İncelenmesi. *Cumhuriyet Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*. 1998;8(2).
132. Stuteville O. Injuries caused by orthodontic forces and the ultimate results of these injuries. *American Journal of Orthodontics and Oral Surgery*. 1938;24(2):103-19.
133. Graber TM, Adams PE. Current orthodontic concepts and techniques. (No Title). 1969.
134. Marshall SD, Caspersen M, Hardinger RR, Franciscus RG, Aquilino SA, Southard TE. Development of the curve of Spee. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2008;134(3):344-52.

135. West V, Lewin B. Cephalometric evaluation of bioprogressive therapy in the treatment of overbite. *Journal of Clinical Orthodontics: JCO*. 1989;23(11):740-7.
136. RW B. Bioprogressive therapy. Part 6. *J Clin Orthod*. 1978;12:123-39.
137. Braun S, Sjursen Jr RC, Legan HL. Variable modulus orthodontics advanced through an auxiliary archwire attachment. *The Angle orthodontist*. 1997;67(3):219-22.
138. Burstone CJ. Variable-modulus orthodontics. *American journal of orthodontics*. 1981;80(1):1-16.
139. Nelson KR, Burstone CJ, Goldberg AJ. Optimal welding of beta titanium orthodontic wires. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 1987;92(3):213-9.
140. Sifakakis I, Pandis N, Makou M, Eliades T, Bourauel C. A comparative assessment of the forces and moments generated with various maxillary incisor intrusion biomechanics. *The European Journal of Orthodontics*. 2010;32(2):159-64.
141. Ng J, Major PW, Heo G, Flores-Mir C. True incisor intrusion attained during orthodontic treatment: a systematic review and meta-analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2005;128(2):212-9.
142. Ishihara Y, Kuroda S, Sugawara Y, Balam TA, Takano-Yamamoto T, Yamashiro T. Indirect usage of miniscrew anchorage to intrude overerupted mandibular incisors in a Class II patient with a deep overbite. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2013;143(4):S113-S24.
143. Çehreli S, Arman-Özçırpıcı A. Primary stability and histomorphometric bone-implant contact of self-drilling and self-tapping orthodontic microimplants. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2012;141(2):187-95.
144. Kim J-W, Ahn S-J, Chang Y-I. Histomorphometric and mechanical analyses of the drill-free screw as orthodontic anchorage. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2005;128(2):190-4.
145. Florvaag B, Kneuertz P, Lazar F, Koebke J, Zöller JE, Braumann B, et al. Biomechanical properties of orthodontic miniscrews. An in-vitro study. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*. 2010;71(1).
146. Echarri P. Treatment of class II malocclusions. *Centro de Ortodontia, Ladent*. 2010:11-3.
147. Fayed MMS, Pazera P, Katsaros C. Optimal sites for orthodontic mini-implant placement assessed by cone beam computed tomography. *The Angle Orthodontist*. 2010;80(5):939-51.
148. Bulcke MMV, Dermaut LR, Sachdeva RC, Burstone CJ. The center of resistance of anterior teeth during intrusion using the laser reflection technique and holographic interferometry. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1986;90(3):211-20.
149. Manni A, Cozzani M, Tamborrino F, De Rinaldis S, Menini A. Factors influencing the stability of miniscrews. A retrospective study on 300 miniscrews. *The European Journal of Orthodontics*. 2011;33(4):388-95.
150. Cheng S-J, Tseng I-Y, Lee J-J, Kok S-H. A prospective study of the risk factors associated with failure of mini-implants used for orthodontic anchorage. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2004;19(1).
151. Berens A, Wiechmann D, Dempf R. Mini-and micro-screws for temporary skeletal anchorage in orthodontic therapy. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*. 2006;67(6):450-8.

152. Alakus Sabuncuoglu F, Ersahan S. Changes in maxillary incisor dental pulp blood flow during intrusion by mini-implants. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2014;72(7):489-96.
153. Stenvik A, Mjo I. Pulp and dentine reactions to experimental tooth intrusion: a histologic study of the initial changes. *American Journal of Orthodontics*. 1970;57(4):370-85.
154. Guevara MJ, McClugage Jr SG. Effects of intrusive forces upon the microvasculature of the dental pulp. *The Angle Orthodontist*. 1980;50(2):129-34.
155. Raiden G, Missana L, Santamaria de Torres E, Kozusko S, Pedrosa R. Pulpal response to intrusive orthodontic forces. *Acta Odontologica Latinoamericana: AOL*. 1998;11(1):49-54.
156. Alhajja ESA, Shahin AY, Badran SA, Daher SO, Daher HO. Pulpal blood flow changes and pain scores related to using Superelastic 0.018-inch Nickel Titanium as the first orthodontic alignment archwire: a prospective clinical trial. *Journal of Applied Oral Science*. 2021;29.
157. ESJ AA, Al-Abdallah S, Taha N. A comparative study of initial changes in pulpal blood flow between clear aligners and fixed orthodontic appliances. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*. 2019;156(5):603-10.
158. Grünheid T, Morbach BA, Zentner A. Pulpal cellular reactions to experimental tooth movement in rats. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2007;104(3):434-41.
159. Kumar V. Tissue renewal and repair: regeneration, healing, and fibrosis. *Pathologic basis of disease*. 2005:87-118.
160. Ramazanzadeh BA, Sahhafian AA, Mohtasham N, Hassanzadeh N, Jahanbin A, Shakeri MT. Histological changes in human dental pulp following application of intrusive and extrusive orthodontic forces. *Journal of oral science*. 2009;51(1):109-15.
161. Bernick S. Age changes in the blood supply to human teeth. *Journal of Dental Research*. 1967;46(3):544-50.
162. Morse DR. Age-related changes of the dental pulp complex and their relationship to systemic aging. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. 1991;72(6):721-45.
163. Da Silveira H, Silveira H, Liedke G, Lermen C, Dos Santos R, De Figueiredo J. Diagnostic ability of computed tomography to evaluate external root resorption in vitro. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2007;36(7):393-6.
164. Kumar V, Gossett L, Blattner A, Iwasaki LR, Williams K, Nickel JC. Comparison between cone-beam computed tomography and intraoral digital radiography for assessment of tooth root lesions. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2011;139(6):e533-e41.
165. Sherrard JF, Rossouw PE, Benson BW, Carrillo R, Buschang PH. Accuracy and reliability of tooth and root lengths measured on cone-beam computed tomographs. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2010;137(4):S100-S8.
166. Chen J, Ning R. Evaluation of root resorption in the lower incisors after orthodontic treatment of skeletal Class III malocclusion by three-dimensional volumetric measurement with cone-beam computed tomography. *The Angle Orthodontist*. 2023;93(3):320-7.

167. Makedonas D, Lund H, Gröndahl K, Hansen K. Root resorption diagnosed with cone beam computed tomography after 6 months of orthodontic treatment with fixed appliance and the relation to risk factors. *The Angle Orthodontist*. 2012;82(2):196-201.

EKLER

ÖZGEÇMİŞ