

T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTODONTİ ANABİLİM DALI

**FORSUS APAREYİ UYGULANMIŞ SINIF II KAPANIŞ
BOZUKLUĞUNA SAHİP HASTALARDAKİ İSKELETSEL
DEĞİŞİKLİKLERİN ÜÇ BOYUTLU
DEĞERLENDİRİLMESİ: KHBT ÇALIŞMASI**

Dt. Onur GÜRKAYNAK

**ORTODONTİ ANABİLİM DALI
DOKTORA PROGRAMI DOKTORA TEZİ**

DANIŞMANI

Yrd. Doç. Dr. Oruç Yener ÇAM

ADANA – 2015

**T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTODONTİ ANABİLİM DALI**

**FORSUS APAREYİ UYGULANMIŞ SINIF II KAPANIŞ
BOZUKLUĞUNA SAHİP HASTALARDAKİ İSKELETSEL
DEĞİŞİKLİKLERİN ÜÇ BOYUTLU
DEĞERLENDİRİLMESİ: KHBT ÇALIŞMASI**

Dt. Onur GÜRKAYNAK

**ORTODONTİ ANABİLİM DALI
DOKTORA PROGRAMI DOKTORA TEZİ**

DANIŞMANI

Yrd. Doç. Dr. Oruç Yener ÇAM

ADANA – 2015

KABUL VE ONAY

Ortodonti Anabilim Dalı Doktora Programı Çerçevesinde yürütölmüş olan

“Forsus Apareyi Uygulanmış Sınıf II Kapanış Bozukluğuna Sahip Hastalardaki İskeletsel Değişikliklerin Üç Boyutlu Değerlendirilmesi: KHBT Çalışması”

adlı çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tarihi: 28 / 12 / 2015

TEZ SINAV JÜRİSİ

Yrd. Doç. Dr. O. Yener ÇAM
Çukurova Üniversitesi
Başkan

Prof. Dr. M. Serdar TOROĞLU
Çukurova Üniversitesi
Üye

Doç. Dr. Didem NALBANTGİL
Yeditepe Üniversitesi
Üye

Prof. Dr. Haluk ÖZTUNÇ
Çukurova Üniversitesi
Üye

Doç. Dr. Derya ÇAKAN
Yeditepe Üniversitesi
Üye

Yukarıdaki Tez, Yönetim Kurulunun / / tarih ve
kabul edilmiştir.

sayılı kararı ile

Prof. Dr. Behice DURGUN
Sağlık Bilimleri Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Ortodonti eğitimim boyunca ve bu çalışma süresince bana büyük emeği geçen, gerektiğinde yardımlarını hiç esirgemeyen ve her türlü konuda destek olan değerli hocam ve tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. O. Yener ÇAM'a,

Ortodonti eğitimimde kendimi geliştirmemde çok yardımcı olan ve değerli katkılarından dolayı Prof. Dr. İlter UZEL'e, Prof. Dr. Serdar TOROĞLU'na, Doç. Dr. Aslıhan UZEL'e ve Yrd. Doç. Dr. Funda KADIOĞLU'na,

Bu süreçte her zaman yanımda olan, desteğini sürekli hissettiğim dönem arkadaşım Dt. Nazife İŞLER'e,

Eğitimim boyunca maddi ve manevi desteklerini hiç esirgemeyen aileme,

Doktora eğitimimin başından itibaren iyi ve kötü günde hep yanımda olan, tüm sıkıntılarımı ve sevinçlerimi paylaştığım sevgili nişanlım Dr. Dt. Ece ŞENGÜN'e,

En içten sevgi ve saygılarımla teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Kabul ve Onay	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Üç Boyutlu Görüntüleme Yöntemleri	3
2.1.1. Üç Boyutlu Görüntü Yöntemlerinin Teknik Detayları	3
2.1.2. Üç Boyutlu Görüntüleme Yöntemlerinin Radyolojik Kullanımı	9
2.1.2.1. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRI)	9
2.1.2.2. Ultrasonografi	11
2.1.2.3. Bilgisayarlı Tomografi	11
2.1.2.4. Konik Hüzmeli Bilgisayarlı Tomografi	14
2.1.2.4.1. Konik Hüzmeli Bilgisayarlı Tomografinin Avantajları	17
2.1.2.4.2. Konik Hüzmeli Bilgisayarlı Tomografinin Dezavantajları	21
2.1.3. Üç Boyutlu Sefalometri	22
2.2. Sınıf II Kapanış Bozuklukları	25
2.2.1. Sınıf II Kapanış Bozukluklarının Özellikleri	25
2.2.2. Sınıf II 1. Sınıf Kapanış Bozukluklarının Tedavisi	28
2.2.2.1. Fonksiyonel Apareyler	29
2.2.2.1.1. Sabit Fonksiyonel Apareyler	30
2.2.2.1.1.1. Forsus Apareyi	32

3. GEREÇ VE YÖNTEM	37
3.1. Gereç	37
3.2. Yöntem	38
3.2.1. Çalışmada Kullanılan Referans Noktaları	43
3.2.2. Çalışmada Kullanılan Referans Düzlemleri ve Doğruları	44
3.2.3. Çalışmada Kullanılan Ölçümler	45
3.3. İstatistiksel Yöntem	46
4. BULGULAR	48
4.1. Metod Hatası Bulgularının Değerlendirilmesi	48
4.2. Üç Boyutlu Sefalometrik Bulguların Değerlendirilmesi	49
4.2.1. Tüm Bireylerin Üç Boyutlu Sefalometrik Bulgularının Değerlendirilmesi	49
4.2.2. Tüm Bireylerin Üç Boyutlu Sefalometrik Bulgularının Cinsiyetler Arası Değerlendirilmesi	50
4.2.3. Gruplar Arası Üç Boyutlu Sefalometrik Bulguların Karşılaştırması	53
5. TARTIŞMA	58
5.1. Gereç ve Yöntem	58
5.2. Üç Boyutlu Sefalometrik Bulgular	62
5.2.1. Üst Çenedeki İskeletsel Bulgular	63
5.2.2. Alt Çenedeki İskeletsel Bulgular	64
5.2.3. Üst Çene ile Alt Çene Arasındaki İlişkiye Bağlı İskeletsel Bulgular	66
5.2.4. Dikey Yöndeki İskeletsel Bulgular	67
5.2.5. Dişsel Bulgular	69
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	71
6.1. Sonuçlar	71
6.2. Öneriler	71
KAYNAKLAR	72
ÖZGEÇMİŞ	84

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Medikal görüntülemelerde kullanılan eksen ve düzlemler.	3
Şekil 2.2. Piksel.	4
Şekil 2.3. Voksel.	4
Şekil 2.4. Projeksiyon. Ortografik projeksiyon (A), perspektif projeksiyon (B) ve aşırı perspektif projeksiyon (C) ile modellenmiş küp.	5
Şekil 2.5. Hacim verisi.	6
Şekil 2.6. Transfer fonksiyonu.	7
Şekil 2.7. Vektör grafiklerle yapılmış çizim.	7
Şekil 2.8. Yürüyen küpler algoritması ile eşdeğer yüzey biçimlendirmesi.	8
Şekil 2.9. Işın atışı.	9
Şekil 2.10. İki boyutlu MRI taramasına bir örnek. (a) Baş bölgesinden alınan sagittal MRI taraması. (b) Aksiyel bir MRI taraması.	10
Şekil 2.11. Üç boyutlu MRI taramasına bir örnek.	10
Şekil 2.12. Sağ ve sol submandibular tükürük bezinin ultrason görüntüsü.	11
Şekil 2.13. Bilgisayarlı Tomografinin çalışma prensibi.	12
Şekil 2.14. En son geliştirilen yeni nesil BT cihazlarına bir örnek. (A) Gantri. (B) Gantri açıklığı.	13
Şekil 2.15. Kronofasiyal hastalıkların BT görüntüleri. (A) Apert Sendromu (B) Craniosynostosis (C) Treacher Collins Sendromu.	14
Şekil 2.16. KHBT cihazlarından bazı örnekler (a) The i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, USA and Cardiff University, UK). (b) The 3D Accuitomo (J. Morita Mfg. Corp., Kyoto, Japan). (c) The NewTom 3G (QR srl, Verona, Italy). (d) The NewTom VGi (QR srl, Verona, Italy). (e) ILUMA (IMTEC 3M, Ardmore, OK)	15
Şekil 2.17. Konik-şekilli X-ışını huzmesi.	16
Şekil 2.18. Kesitsel (cross-sectional) görüntü.	16
Şekil 2.19. KHBT cihazının temel işleyişi.	18
Şekil 2.20. (a) KHBT taraması görüntülerinin özel bir yazılım ile tasarımılanmış görüntüleri. (b) Sagittal plan görüntüsü, (c) Koronal plan görüntüsü.	19

Şekil 2.21. KHBT görüntülerinin özel bir program ile renklendirilmiş görüntüsü.	20
Şekil 2.22. Üst çene sağ ikinci kesici diş çevresinde metalik restorasyona bağlı oluşan ışın saçılması.	21
Şekil 2.23. (A,B) Orbita bölgesinin aksiyal kesitinin BT görüntüsü.	22
Şekil 2.24. Broadbent'in radyografik sefalometri düzeneği. (A) Orijinal Broadbent Sefalostatı, (B) Bolton odası (Case Western Reserve Tıp Fakültesi anatomi laboratuvarı,Cleveland), (C) Lateral ve PA filmler	23
Şekil 2.25. Sanal sefalometrik filmler ile üç boyutlu sefalometri.	24
Şekil 2.26. Esnek sabit fonksiyonel apareyler. (A) Bite Fixer, (B) Jasper Jumper	31
Şekil 2.27. Rijit sabit fonksiyonel apareyler. (A) Ritto apareyi, (B) Herbst apareyi	31
Şekil 2.28. Hibrit fonksiyonel apareyler. (A) Twin Force apareyi, (B) Eureka Spring apareyi	32
Şekil 2.29. Forsus Nitinol Flat Spring.	32
Şekil 2.30. Forsus Fatigue Resistant Apareyini oluşturan parçalar (sağ-sol): Universal spring modül, L pin ve push rod.	34
Şekil 2.31. Forsus Fatigue Resistant Apareyi	34
Şekil 3.1. Simplant O&O programı üzerinde örnek bir hastanın baş konumunun düzeltilmesi.	39
Şekil 3.2. Simplant O&O programı üzerinde örnek bir hastanın eşik değerinin (threshold) ayarlanması.	39
Şekil 3.3. Simplant O&O programı üzerinde örnek bir hastanın yapılan ölçümlerinin oblik görüntüsü.	40
Şekil 3.4. Simplant O&O programı üzerinde örnek bir hastanın yapılan ölçümlerinin frontal görüntüsü.	41
Şekil 3.5. Simplant O&O programı üzerinde örnek bir hastanın yapılan ölçümlerinin lateral görüntüsü.	42

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Radyografi türlerine göre hastanın aldığı radyasyon dozları (μSv)	17
Çizelge 3.1. Çalışmaya dahil edilen hastaların ortalama yaş, ANB ve overjet değerleri ile cinsiyet dağılımları	38
Çizelge 4.1. Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı (ICC) analizi	48
Çizelge 4.2. Çalışmaya dahil edilen tüm bireylerin üç boyutlu sefalometrik bulguları.	49
Çizelge 4.3. Forsus apareyi uygulanmadan önceki ölçümlerin cinsiyetlere göre dağılımları ve karşılaştırması	51
Çizelge 4.4. Forsus apareyi çıkarıldıktan sonraki ölçümlerin cinsiyetlere göre dağılımları ve karşılaştırması	52
Çizelge 4.5. 1. Gruptaki bireylerin üç boyutlu sefalometrik bulguları	53
Çizelge 4.6. 2. Gruptaki bireylerin üç boyutlu sefalometrik bulguları	54
Çizelge 4.7. Gruplar arası farkların istatistiksel anlamlılık düzeyi analizi	55

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
°	Derece
μSv	microsievert
3D	Üç boyutlu
BT	Bilgisayarlı Tomografi
FNFS	Forsus Nitinol Flat Spring
FRD	Fatigue Resistant Device
ICC	Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı
KHBT	Konik Hüzmeli Bilgisayarlı Tomografi
Min	Minimum
Maks	Maksimum
mm	Milimetre
MPI	Mandibular Position Indicator
MRI	Manyetik Rezonans Görüntüleme
n	Birey sayısı
Ort	Ortalama
p	Anlamlılık Değeri
SS	Standart Sapma
TME	Temporomandibular eklem

ÖZET

FORSUS APAREYİ UYGULANMIŞ SINIF II KAPANIŞ BOZUKLUĞUNA SAHİP HASTALARDAKİ İSKELETSEL DEĞİŞİKLİKLERİN ÜÇ BOYUTLU DEĞERLENDİRİLMESİ: KHBT ÇALIŞMASI

Bu tez çalışmasının amacı Forsus aparatı (Forsus Fatigue Resistant Device, 3M Unitek) uygulanan Sınıf II kapanış bozukluğuna sahip hastalarda meydana gelen iskeletsel değişimlerin Konik Hüzmeli Bilgisayarlı Tomografi (KHBT) görüntüleri kullanılarak üç boyutlu olarak incelenmesidir.

Geriye dönük olarak planlanan bu çalışma, kliniğimize tedavi amacıyla başvuran ve sabit fonksiyonel aparat endikasyonu olup başka bir çalışma amacıyla Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalında Forsus aparatı uygulanmadan önce ve çıkarıldıktan sonra çekilmiş KHBT görüntüleri bulunan 35 hasta üzerinden yürütülmüştür. Hastaların büyüme ve gelişim potansiyeli farklılıklarından dolayı peak pubertal dönem olarak 13-14 ve geç pubertal dönem olarak 15-17 yaşları arası iki alt grup oluşturulmuştur. Hastaların seçiminde iskeletsel Sınıf II dişsel Sınıf II Bölüm 1 kapanış bozukluğuna sahip olmasına, KHBT çekimi sırasında bireylerin 13-17 yaş aralığında olmasına, tüm daimi dişlerinin sürmüş, herhangi bir alt çene deviasyonu, sistemik problemi ve temporomandibular eklem problemi olmamasına, ANB açısının 4 dereceden ve overjet miktarının 5 mm'den büyük olmasına dikkat edilmiştir.

Forsus aparatı uygulanmadan önce ve çıkarıldıktan sonra alınan KHBT görüntüleri incelendiğinde, Forsus aparatının peak pubertal dönemdeki hastalarda daha fazla olmak üzere alt çene üzerinde uyarıcı etkisi olduğu görülmüştür. Üst çene üzerinde sagittal yönde iskeletsel etki gözlemlenmemiştir. Dik yön oranlarında her iki grup için de değişiklik görülmemiştir. Her iki grup için de üst kesici dişlerin dikleştiği, alt kesici dişlerin devrildiği görülmüş, geç pubertal dönemdeki hastalarda bu durumun daha şiddetli olduğu saptanmıştır.

Sonuç olarak, Forsus aparatının Sınıf II kapanış bozukluğuna sahip bireylerde olumlu yönde iskeletsel etkisinin bulunduğu ancak geç pubertal dönemdeki bireylerde bu iskeletsel etkinin sınırlı olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Forsus, sabit fonksiyonel aparat, fonksiyonel tedavi, Sınıf II kapanış bozukluğu, konik hüzmeli bilgisayarlı tomografi

ABSTRACT

THREE-DIMENSIONAL EVALUATION OF SKELETAL CHANGES IN PATIENTS WITH CLASS II MALOCCLUSION TREATED WITH FORSUS APPLIANCE: CBCT STUDY

The aim of this study was to evaluate the skeletal changes in patients with Class II malocclusion treated with Forsus (Forsus Fatigue Resistant Device, 3M Unitek) appliance by using three-dimensional images of cone-beam computed tomography (CBCT).

The study consisted of patients who applied to Çukurova University, Faculty of Dentistry, Department of Orthodontics and treated with a fixed functional appliance. The study sample consisted of 35 subjects which has 3D images of computed tomography before placement and after removal of Forsus appliance. The subjects were divided into two groups based on their different growth pattern: The age of 13-14 is peak phase of pubertal growth (Peak pubertal group) and the age between 15-17 is late phase of pubertal growth (late pubertal group). The patient selection criteria were as follows: Skeletal Class II dental Class II Division 1 malocclusion, patients with the age between 13-17 during the CBCT imaging, no missing permanent teeth, no mandibular deviation, no temporomandibular joint problems, no systemic diseases, ANB angle greater than 4° and overjet greater than 5 mm.

It can be seen that the Forsus appliance has an stimuli effect on mandibula in both groups; but more in peak pubertal group based on the 3D images which were taken before placement and after removal of the appliance. There were no sagittal skeletal effect on maxilla. There were no vertical changes for two groups. Both maxillary incisors were retruded and mandibular incisors were protruded in two groups. The changes were more intensive in late pubertal group.

The results revealed that, in patients with Class II malocclusion, Forsus appliance has an positive skeletal effect but in late pubertal group, this skeletal effect was limited.

Key Words: Forsus, fixed functional appliance, functional treatment, Class II malocclusion, cone-beam computed tomography

1. GİRİŞ

Sınıf II kapanış bozuklukları ortodonti pratiğinde en sık karşılaşılan problemlerden biridir (1, 2).

Etyolojisi incelendiğinde, herediter (genetik faktörler) ve çevresel faktörler olarak ikiye ayrılır. Genetiğin, kapanış bozukluğu üzerindeki etkisini inceleyen Harris ve Johnson, sefalometrik filmler ve alçı modeller üzerinde yapmış oldukları uzun dönem (1930'ların sonundan 1970'lerin başına kadar) çalışmalarında; genetiğin dişsel özellikler üzerindeki etkisi düşük bir seviyede iken, iskeletsel özellikler üzerindeki etkisinin yüksek bir seviyede olduğunu bulmuşlardır (3).

Çevresel faktörler, büyüme-gelişim döneminde yüze, çenelere ve dişlere, fizyolojik aktivite ile ilişkili olarak uygulanan basınç ve kuvvetlerin tümüdür. Fonksiyon, çevresel faktörlere göre kendini şekillendirir. Örneğin, çenelere ve dişlere uygulanan kuvvetler, çenelerin nasıl büyüyeceğini ya da dişlerin nasıl süreceğini etkileyebilir (4).

Dişsel Sınıf II kapanış bozukluklarının iskeletsel uyumsuzlukla birlikte görüldüğü durumlar, iskeletsel Sınıf II bozukluk olarak adlandırılmaktadır. Burada ya çenelerin ön-arka yöndeki oransal uyumsuzlukları ya da ön-arka yöndeki konumsal uyumsuzlukları söz konusudur (5). Bunlar, üst çene ileriliği, alt çene geriliği ya da her ikisinin bir arada olduğu durumlar şeklinde karşımıza çıkabilmektedir. Literatürde üst çenenin ileride olması durumundan çok, alt çene geriliğine bağlı Sınıf II kapanış bozukluklarına daha sık rastlandığı görülmektedir (6-8). Bu nedenle, bu durumun tedavisinde alt çenenin ve alt çene dişlerinin önde konumlanmasına olanak tanıyan fonksiyonel apareyler sıklıkla kullanılır (9, 10).

Norman W. Kingsley, ilk kez 1879 yılında alt çenenin ileride konumlanmasını sağlayan hareketli bir aparey yapmış ve bu aparey ileride yapılacak olan fonksiyonel apareylerin ilk örneğini oluşturmuştur. Günümüzde fonksiyonel apareyler çeşitlilik göstermelerine rağmen alt çenenin ileride konumlandırılması üzerine benzer mekanizmaları vardır. Bu apareyler çeneler arası uygulanırlar ve hareketli ve sabit olmak üzere ikiye ayrılırlar. Literatürde iskeletsel olarak üst çene gelişimini yavaşlattığı ve alt çene gelişimini olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir. Bu apareylerin kullanımı

sonucunda üst çene dişlerinde retraksiyon, alt çene dişlerinde ise protraksiyon meydana geldiği belirtilmiştir (11).

Forsus apareyi ile ilgili yapılan çalışmaları incelediğimizde, genel olarak diğer sabit fonksiyonel apareylerde olduğu gibi alt çene gelişiminin uyarıldığı, üst çene gelişiminin yavaşlatıldığı ve dişsel değişimlerin iskeletsel değişimlere göre daha fazla olduğu bulunmuştur (12-15). Yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda karşılaştırma amacıyla iki boyutlu sefalometrik filmler kullanılmıştır (12-24).

Geleneksel iki boyutlu sefalometrik filmler üç boyutlu cisimlerin iki boyuta indirgenmesiyle oluşturuldukları için bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bunlar; görüş açısındaki yetersizlik, projeksiyon hataları, geometrik bozulmalar, filmdeki istenmeyen görüntüler, cihazlara göre değişen magnifikasyon oranları ve baş pozisyonlandırmasındaki hatalar olarak bildirilmiştir (25-30). Son yıllarda Konik Hüzmeli Bilgisayarlı Tomografi (KHBT)'nin kullanımının yaygınlaşması sonucu bu cihazlardan elde edilen üç boyutlu görüntüler, üç boyutlu sefalometrik analiz amacıyla kullanılmaya başlanmıştır.

Sınıf II fonksiyonel apareylerin kullanımı sonucunda çene-yüz bölgesinde oluşan iskeletsel etkilerin üç boyutlu Konik Hüzmeli Bilgisayarlı Tomografi (KHBT) görüntüleri üzerinden incelendiği sadece bir adet çalışma literatürde bulunmaktadır (31).

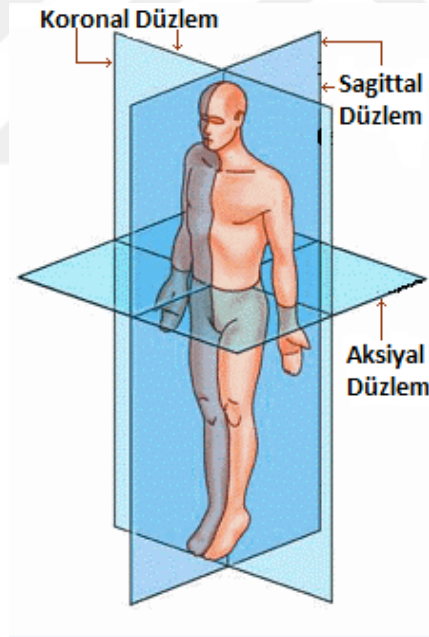
Geriye dönük olarak planlanan bu tez çalışmasında, Forsus apareyi uygulanan Sınıf II kapanış bozukluğuna sahip hastalarda meydana gelen iskeletsel değişimlerin üç boyutlu KHBT görüntüleri üzerinden incelenmesi amaçlanmıştır. Bu sayede geleneksel iki boyutlu sefalometrik filmlere göre daha ayrıntılı ve güvenilir bilgiler elde edilmesi amaçlanmaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Üç Boyutlu Görüntüleme Yöntemleri

2.1.1. Üç Boyutlu Görüntü Yöntemlerinin Teknik Detayları

İki boyutlu fotoğraf ya da radyografilerde yatay ve dikey olmak üzere iki eksen bulunurken, üç boyutlu bir görüntüde, X eksen (transversal), Y eksen (vertikal) ve Z eksen (anteroposterior derinlik) olmak üzere üç eksen bulunmaktadır (32). Medikal görüntülemelerde her iki eksen, bir düzlemi ya da kesiti oluşturmaktadır. Ön arka yöndeki düzlem “sagittal düzlem”, sağdan sola veya soldan sağa “koronal düzlem”, aşağıdan yukarıya veya yukarıdan aşağı “aksiyal düzlem” olarak adlandırılır (Şekil 2.1).

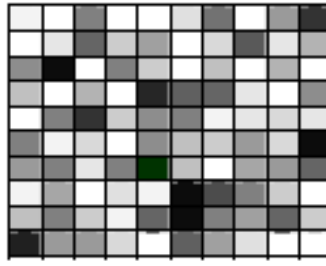


Şekil 2.1. Medikal görüntülemelerde kullanılan eksen ve düzlemler (33).

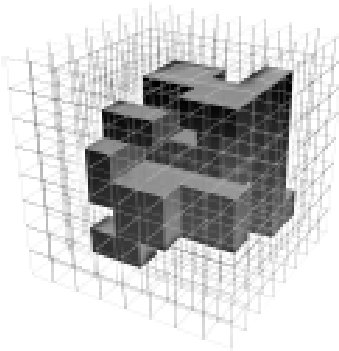
İki boyutlu dijital görüntünün en küçük yapısal elemanı “piksel” olarak adlandırılır. Pikseller iki boyutlu olarak satırlar ve sütunlar oluşturan küçük kareler şeklinde görüntü elemanlarıdır (Şekil 2.2). Her piksel, renk, parlaklık, yoğunluk gibi bilgiler içermektedir. Çözünürlük, görüntüdeki piksel sayısı (piksel/mm), piksel başına

düŖen grilik oranı (bit) ve gri katmanların dağılımları ile ilişkilidir. Radyografik görüntüler, gri rengi genellikle 8 bit (256 gri tonu) ve 12 bit (4096 gri tonu) arası yoğunluk değeriinde kullanılır (dijital değeri “0 ve 1” olasılığını gösteren “bit” ile ifade edilir. 8 bitlik bir görüntüde 256 olasılık vardır. Bu olasılıklar, siyahı ifade eden 0 ile beyazı temsil eden 255 olasılık değeri arasındadır). 8 bitlik bir bilgi “1 bayt”lık hafızaya eşittir. 512x512 piksel ve 8 bitlik bir görüntü (262,144 piksel ve her pikselde 8 bit toplam 2,097,152 bit), 262,144 bayt hafızaya ihtiyaç duyar (34).

Üç boyutlu görüntünün en küçük yapısal elemanı ise “voksel” olarak adlandırılır. Yan yana dizilmiş küçük küplerdir (Şekil 2.3). Piksellerde olduğu gibi, her voksel ilişkili anatomik yapıya ait bilgileri içerir. Veri boyutunun büyüklüğü hacimsel görüntülerin kliniksel olarak kullanılmasında en önemli engel olarak karşımıza çıkmaktadır (35).



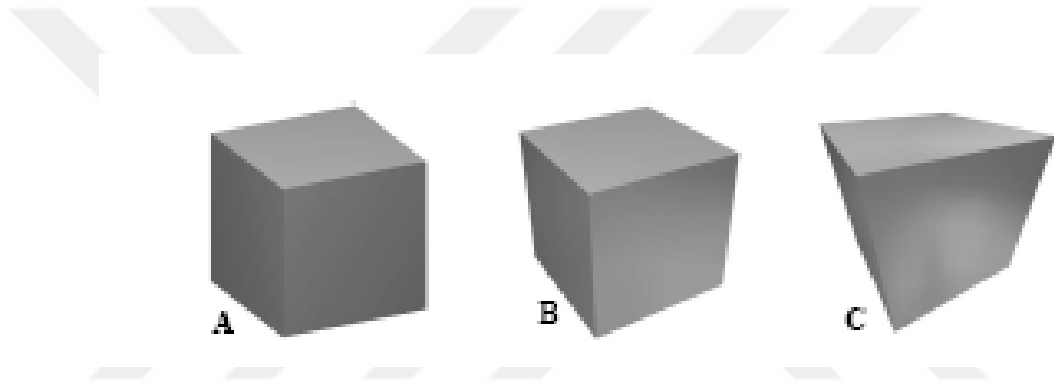
Şekil 2.2. Piksel.



Şekil 2.3. Voksel.

Bilgisayar yardımıyla oluşturulan üç boyutlu bir görüntüye, fotorealistik görüntü oluşturacak şekilde birtakım algoritmalar kullanılarak, gerçeğinde görülen bazı karakteristik özellikler verilmektedir (32, 35).

Üç boyutlu bir cisim iki boyutlu bilgisayar ekranında görüntülemek için iki temel projeksiyon metodu mevcuttur: Perspektif ve ortografik projeksiyon. Perspektif projeksiyon, gözle ya da fotoğraflarda görüldüğü gibi, yakın cisimler uzaktakilere daha büyük ve paralel çizgiler uzaklaştıkça birbirine yaklaşıyormuş gibi görünen bir sonuç oluşturur. Ortografik projeksiyon (paralel projeksiyon), cismin boyutlarını ekrana olan uzaklıklarından etkilenmeden sabit tutar ve paralel çizgiler paralel kalır (Şekil 2.4).



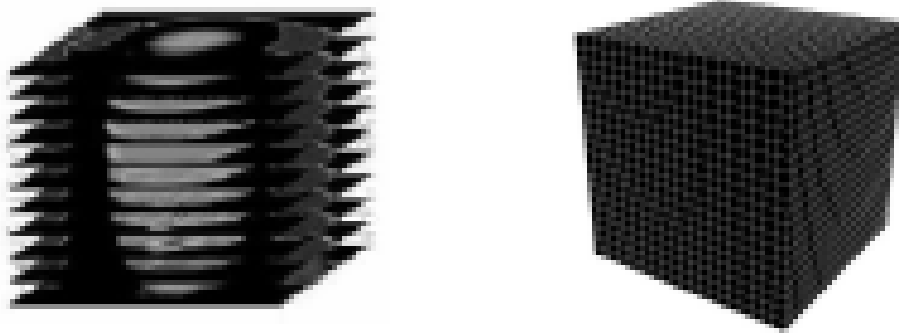
Şekil 2.4. Projeksiyon. Ortografik projeksiyon (A), perspektif projeksiyon (B) ve aşırı perspektif projeksiyon (C) ile modellenmiş küp (35).

Perspektif projeksiyon, daha doğal bir bakış açısından görüntüler oluşturur. Ancak, ortografik projeksiyon, boyut ve şekli, bakış açısına göre değiştirmedikleri için, cismin geometrisini değerlendirmek için daha uygundur. Örneğin alt çene simetrisinin değerlendirilmesi için ortografik projeksiyon tavsiye edilmektedir. Ayrıca, ortografik projeksiyon, uygulanması daha kolay olduğu için, program geliştiriciler tarafından da tercih edilmektedir (35).

Üç boyutlu bir cisim tamamıyla görünür değildir. Bakış açımıza bağlı olarak sadece bir bölümünü görürüz ve geri kalan kısmı, cismin kendisi ya da başka cisimler tarafından gizlenmiştir. Bilgisayar sadece görünen parçayı hesaplar ve çizer; bunun sonucunda hatalı ve gerçeğinden uzak sonuçlar elde edilebilir. Geçirgen ya da yarı geçirgen yüzeyler için de aynı problem mevcuttur (35).

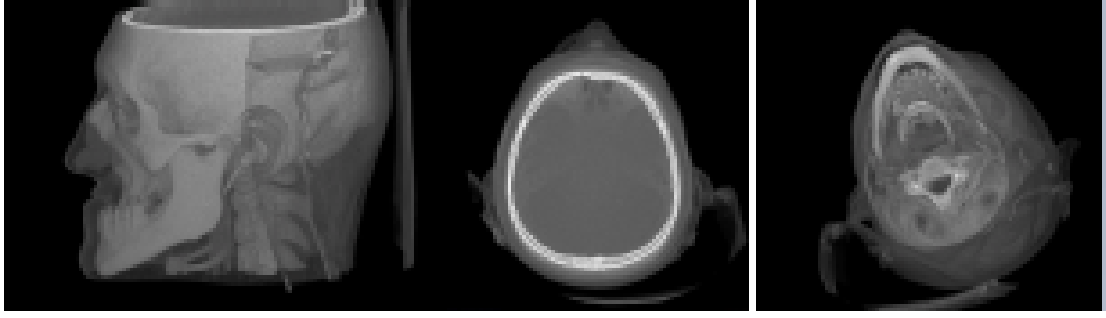
Fotorealistik görüntü elde etmek için bilgisayar, çizim yüzeylerine gölge uygulamaya ihtiyaç duyar. Gölgelendirme, aydınlatma yönünün tersinde kalan yüzeylerin parlaklığını yumuşatır. Bazı komplike programlar, geçirgenlik ya da ışığı cismin içine yansıtma fonksiyonu da sağlayabilir ancak, bu işlem modelleme süresini uzatır (35, 36).

Tomografi ya da manyetik rezonans kesitlerinden elde edilen hacim verileri sadece ilgili yapıyı değil, aynı zamanda cismi çevreleyen ortamı da kapsamaktadır. Sadece iki boyutlu kesitleri üst üste koyarak elde edilebilecek tek şey siyah bir küptür (Şekil 2.5). Bunun nedeni, düşük radyasyon Emilimi olan dış yüzeydeki siyah vokselleri (hastanın başı etrafındaki havayı) görüyor olmamızdır. Bu durumu çözmek için vokseller gruplara ayrılır. Görünmesi istenmeyen vokseller tamamen geçirgen hale getirilir. Voksel geçirgenliği ve voksel değeri (emilim yoğunluğu) arasındaki ilişki transfer fonksiyonu ile belirlenir.



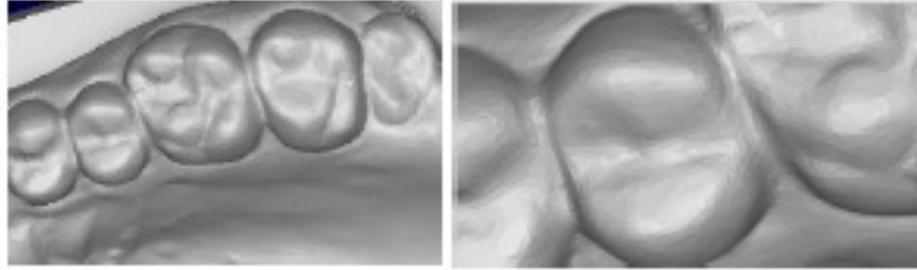
Şekil 2.5. Hacim verisi.

En basit transfer yöntemi, değeri 0 (siyah) olan tüm vokselleri geçirgen, diğerlerini opak hale getirerek, başın etrafındaki havayı baştan ayırmaktır. Transfer fonksiyonu voksel değerlerini değişik transparanlık derecesi ve renge dönüştürmek için de kullanılabilir (Şekil 2.6). Farklı yapılar farklı renkte boyanabilir. Hacim verisinin ayrıştırması yapılabilir (35, 36).



Şekil 2.6. Transfer fonksiyonu.

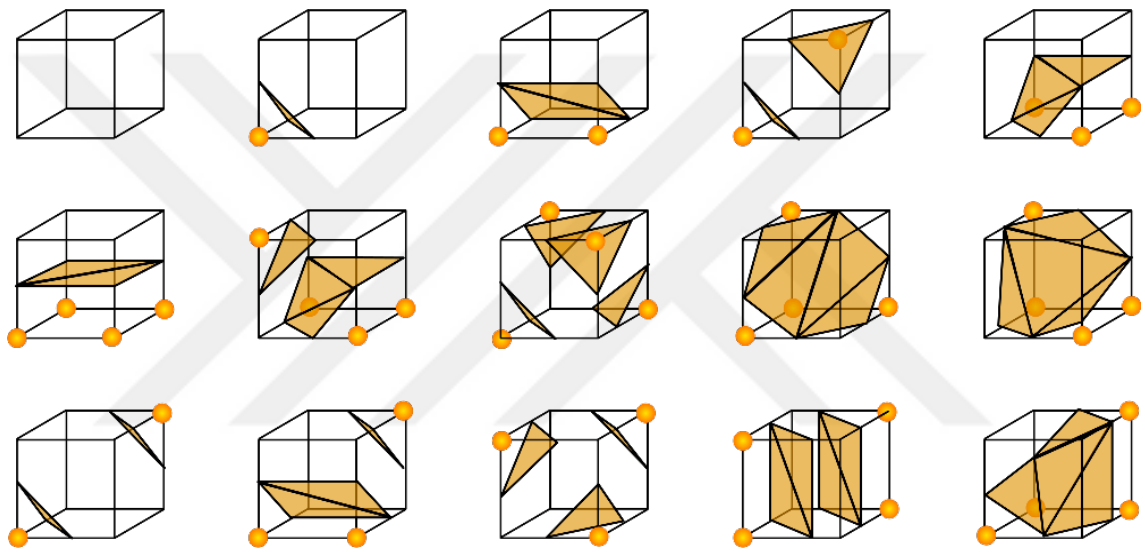
Üç boyutlu grafikler için bilgisayar mimarisi, basit geometrik şekiller çizecek şekilde yapılandırılmıştır. Yani, her üç boyutlu cisim, köşelerinin koordinatları ile tanımlanan üçgenler ya da kareler gibi ilkel geometrik şekillere bölünmüşlerdir. Düzgün yüzeyli bir şekil elde etmek için çok sayıda küçük üçgenlere ihtiyaç vardır. Her bir üçgene ayrı bir renk ya da gölge tonu verilebilir. Belli köşe koordinatlarına göre basit geometrik şekillerin çizilmesi vektör grafik olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2.7) (33, 35, 36).



Şekil 2.7. Vektör grafikle yapılmış çizim.

Ancak tomografi verilerinde cismin yüzeyini belirten üçgenler bulunmamakta, veri sadece hacmin içini dolduran üç boyutlu voksel sıralarından oluşmaktadır. Yukarıda bahsedilen çizim metodunun kullanılabilmesi için, ham tomografi verisinin vektör verisine dönüştürülmesi gerekmektedir. İlgili cismi çevreleyen ve birçok üçgenden oluşan yüzeyin oluşturulması için birtakım bilgisayar algoritmalarından faydalanılır. Bunlar içinde en iyi bilineni, yürüyen küpler (marching cubes) algoritmasıdır (37).

Böyle bir algoritmanın uygulanabilmesi için hangi voksellerin cisme ait olduğunu, hangisinin ait olmadığını belirleyecek bir ilk vokselle değerin belirtilmesi gerekmektedir. İki kesit arasında oluşturulan küplerin köşelerine ait dizinler yardımıyla hangi köşenin yüzeye dahil olmadığı belirlenir ve oluşan küçük üçgenler yüzey şeklini belirler. Muhtemel 256 olasılık, simetriden faydalanılarak 15 temel küp formuna indirgenebilir (Şekil 2.8) (33, 36, 37). Yüzey, aynı değere sahip voksellerden meydana geldiği için, bu çizim metodu aynı zamanda eşdeğer yüzey biçimlendirmesi (iso-surface rendering) olarak da adlandırılır (38).

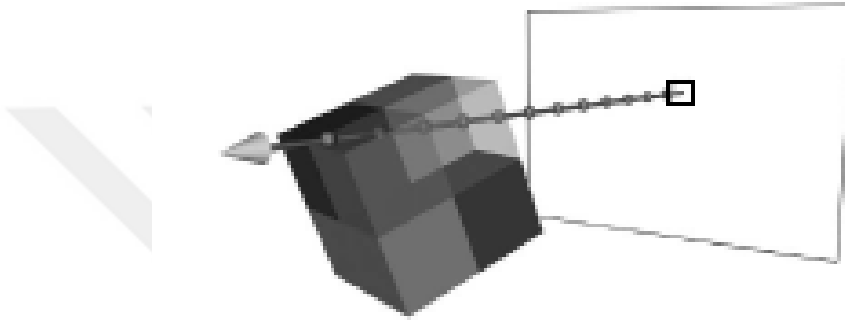


Şekil 2.8. Yürüyen küpler algoritması ile eşdeğer yüzey biçimlendirmesi.

Eşdeğer yüzey biçimlendirmesi, belirgin sınırlara sahip ve çevresinden farklı yüzeyli cisimlerde problem teşkil etmezken; sınırlar düzensiz, bulanık ve aynı değerle ifade edilemediğinde yanıltıcı sonuçlara sebep olabilmektedir. Bu yaklaşımın bir alternatifi, veri dönüştürmesinin yapılamadığı, voksellerin ekranda doğrudan çizildiği direkt hacim biçimlendirmesidir (direct-volume rendering) (35, 36, 38).

Direkt hacim biçimlendirmesi, sadece eşdeğer yüzeyin değil, tüm hacmin çizilmesini amaçlamaktadır. Genel olarak bütün vokseller görünürdür, ancak geçirgenlik derecesi (tam ya da kısmi), hacim sınırlarının içerisindeki şekilleri gösterecek şekilde ayarlanabilir. Gerçekçi etki elde edebilmek için bilgisayar, ışığın yarı geçirgen bir cismin içinden geçmesine benzer bir simülasyon oluşturmaya çalışır. Bunu gerçekleştirebilmek için, ışık

huzmelerinin bilgisayar ekranından cisme doğru ters yönde yol aldığı farz edilerek, ekranın her pikselinden cismin içine doğru bir ışık huzmesi fırlatılır. Her ışık huzmesinin cismin içinden geçişine göre, karşılaşılan voksellerin ne kadar ışığı absorbe ettiği ve ilişkili ekran pikselinin rengi hesaplanır. Bu metot ışın atışı (ray casting) olarak adlandırılır (Şekil 2.9) ve çok yüksek kalitede görüntüler oluşturulabilir. Ancak yavaş bir direkt hacim biçimlendirmesi metotudur (35).



Şekil 2.9. Işın atışı.

Direkt hacim biçimlendirmesiyle, teşhis için kullanışlı görüntüler elde edilebilir. Bununla birlikte etkili hacim biçimlendirmesi, transfer fonksiyonu seçimi ile yakından ilişkilidir. Voksel değeri, farklı anatomik yapıların ayrıştırılması için tek başına yeterli değildir. Transfer fonksiyonunun, voksel değeri ile yoğunluk derecesinin birleşimi şeklinde kullanılması önerilmektedir (35).

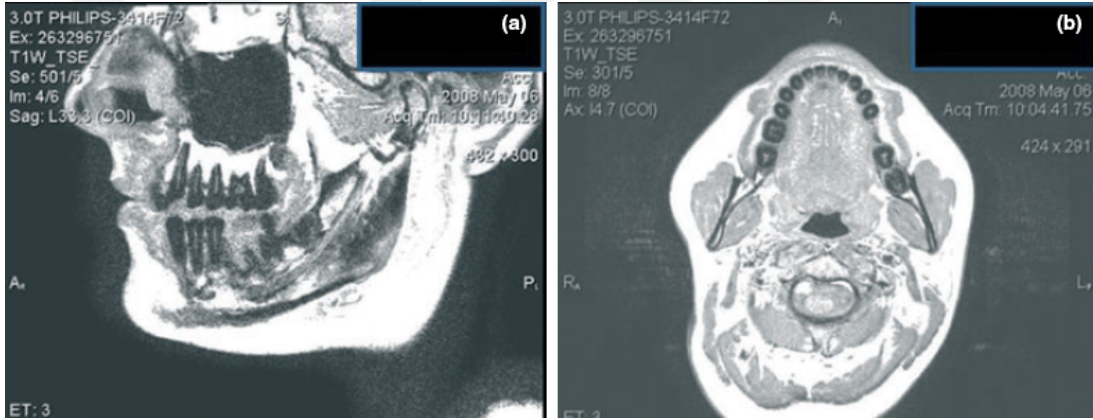
2.1.2. Üç Boyutlu Görüntüleme Yöntemlerinin Radyolojik Kullanımı

2.1.2.1. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRI)

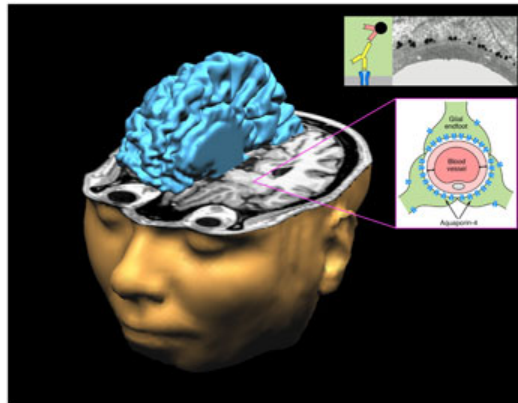
MRI taramaları ilk olarak vücut yapılarının iki boyutlu görüntüsünü elde etmek amacıyla geliştirilmiş cihazlardı (Şekil 2.10), ancak daha sonradan geliştirilerek üç boyutlu görüntü elde etmek de mümkün olmuştur (Şekil 2.11). Bu sistemler, güçlü radyo dalgaları vericilerinden ve alıcılarından oluşan büyük silindir şeklinde elektromıknatıslardan oluşmaktadır. Dokudaki hidrojen atomlarının yoğunluklarına ve hareketlerine göre görüntü oluşturur. MRI’da radyasyon kullanılmaz, onun yerine

manyetik alanla vücuttaki hidrojen atomlarının çekirdeklerindeki proton uyarılır. Görüntü alınacak kişi cihazın içine girer ve güçlü bir elektromıknatıs ile oluşturulan manyetik alanda radyo dalgaları uygulanır. Bunun sonucunda, dokulardaki hidrojen atomları ilk önce polarize olur ve sonra depolarizasyon sırasında ışıyım yayarlar (39). Elde edilen veri toplanarak analiz amacıyla üç boyutlu görüntü oluşturulur.

MRI'nın baş ve boyun bölgesinde uygulanmasının kullanışlı ve güvenli ancak pahalı olduğu belirtilmiştir (40). MRI, diş hekimliğinde temporomandibular eklem analizinde (41), tümör rezeksiyonu planlamasında (42) ve maksiler sinüs değerlendirmesinde (43) kullanılmaktadır. Bu görüntüler aynı zamanda cerrahi tedavi planlamasında CT görüntüleri ile birlikte kullanılırlar (44).



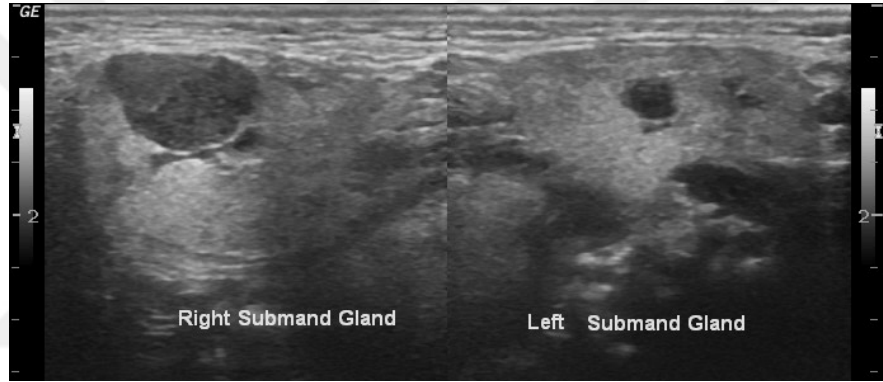
Şekil 2.10. İki boyutlu MRI taramasına bir örnek. (a) Baş bölgesinden alınan sagittal MRI taraması. (b) Aksiyel bir MRI taraması.



Şekil 2.11. Üç boyutlu MRI taramasına bir örnek.

2.1.2.2. Ultrasonografi

Ultrasonografi, ses dalgalarından faydalanarak görüntüleme sağlayabilen bir yöntemdir. Buradaki ses dalgaları yüksek frekanslı ve insan kulağının işitemeyeceği ses dalgalarıdır. Ultrasonografinin çalışma prensibi ses dalgalarının farklı doku ve organlardan farklı şekilde yansması özelliğine dayanır. Ultrasonografi cihazının ses dalgaları gönderen ve dokulardan geri dönen ses dalgalarını algılayan vücuda tutulan kısmına prob denir. Prob geri dönen ses dalgalarını algılar ve bunları bir tür bilgisayar yani işlemci içerisinde işleyerek görüntüye dönüştürür. Görüntü monitörde izlenir (Şekil 2.12) (45).



Şekil 2.12. Sağ ve sol submandibular tükürük bezinin ultrason görüntüsü.

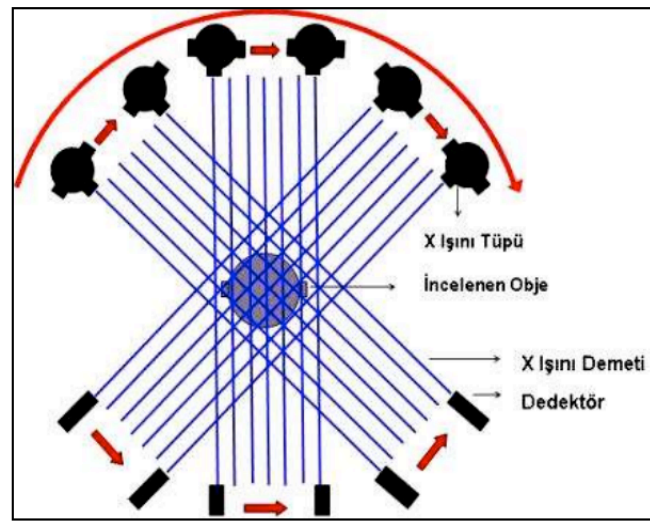
Bu teknik genellikle jinekolojide fetüs incelenmesi amacıyla kullanılmasının yanı sıra, baş ve boyun bölgesinde de kullanılmaktadır. Ultrasonografi ile görüntü hemen elde edilebilmektedir ve maksillofasiyal cerrahlar tarafından dil, burun ve tükürük bezleri gibi yumuşak dokuların ve organların görüntülenmesi amacıyla kullanılmaktadır (46).

2.1.2.3. Bilgisayarlı Tomografi

Bilgisayarlı tomografi (BT) tekniği, bir objeden seri halde iki boyutlu X-ışını imajları alan ve bu imajlardan üç boyutlu görüntüler elde etmeye yarayan bir tekniktir. Bilgisayarlı tomografinin teorisi, Amerikalı fizik profesörü A.M.Cormack tarafından geliştirilmiştir. İngiliz fizikçisi Dr. Godfrey Hounsfield'in 1972 yılında tanı alanına soktuğu ve X-ışınlarının keşfinden bu yana radyoloji alanında yapılmış en büyük ilerleme

olarak kabul edilen bu yöntem, iki bilim adamına da 1979 Nobel Tıp Ödülü'nü kazandırmıştır. Ambrose (1973) ve Pfeiler (1976) başarılı klinik uygulamalar gerçekleştirmişlerdir. Literatürde bilgisayarlı tomografi bugüne kadar geliştirilmiş en kaliteli anatomik görüntüleme teknolojisi olarak yorumlanmaktadır (47).

Bilgisayarlı tomografi görüntüleri, dairesel bir cihaza yerleştirilen X-ışını üreten bir kaynak ile onun karşısına konumlandırılan algılayıcının hastanın çevresinde dönerek elde ettiği verilerin bilgisayar algoritmaları kullanarak işlenmesiyle elde edilirler (Şekil.2.13) (48). Bilgisayarlı tomografi, cihazın parçalarına ve görüntüleme için kullanılan X-ışınının fiziksel hareketine göre sınıflanan farklı gelişim evrelerinden geçmiştir. İlk bilgisayarlı tomografiler çizgisel bir ışık kaynağı (pencil-beam) ile tek bir algılayıcıdan oluşmaktaydı (47). 1972 yılında satışa sunulan bu cihazların ilginç bir özelliği sadece baş bölgesini görüntülemek amacıyla üretilmiş olmalarıdır.



Şekil 2.13. Bilgisayarlı Tomografinin çalışma prensibi.

1975 yılında ikinci kuşak bilgisayarlı tomografi cihazları ortaya çıkmıştır. “Hibrid” sistemler adı verilen bu cihazlarda birden fazla algılayıcı kullanılmakta ve X-ışınları kaynaktan yelpaze biçiminde (fan-beam) açılarak yayılmaktaydı (49-51).

Günümüzde yaygın olarak kullanılan bilgisayarlı tomografi cihazlarının ilk örnekleri ise 1976 yılında satışa sunuldu. Bu cihazlarda yay biçiminde büyük bir

algılayıcı bulunduğundan X-ışınları daha geniş bir alanı taramakta ve etkin biçimde toplanabilmekteydi.

Daha sonra üretilen bilgisayarlı tomografilerde yay şeklindeki algılayıcı tam dairesel bir algılayıcı ile değiştirildi. Ancak, X-ışını kaynağının açısının değişmesinin radyasyon dağılımını arttırdığı ve cihazın hastanın istemsiz hareketlerine aşırı duyarlı hale geldiği görüldü. Bu sorunun üstesinden gelmek için üretilen yeni bilgisayarlı tomografi cihazları da oldukça etkilidirler. Ancak fiziksel olarak çok yer işgal ederler ve oldukça pahalıdırlar (Şekil 2.14). Ayrıca, üç boyutlu görüntüleme oluşturulabilmesi için kesitlerin bir araya getirilerek işlenmesi gerekir. Bunun için özelleşmiş bilgisayar platformları kullanılır (52).

Tomografi cihazında “gantri” adı verilen bir kısım vardır. X-ışını tüpü ve detektörler gantri içerisinde bulunur. Gantrinin ortası “gantri açıklığı” olarak adlandırılır (Şekil.2.14). Gantrinin ön kısmında üzerinde hastanın uzandığı hareketli taşıyıcı masa vardır. Hasta bu masaya sırtüstü veya yüzükoyun pozisyonda yatırılır. Daha sonra hasta, masa ile gantri açıklığı arasına alınır. Kesit alınacak bölge hasta üzerinde görülebilen ışık ile belirlenir. Gantri öne veya arkaya doğru 30° eğilebilir. Gantri ve hasta masası arasındaki açı hastadan alınan kesitlerin düzlemini belirler. Bu sayede X-ışını incelenecek dokuya uygun olarak gönderilir (48, 53, 54).

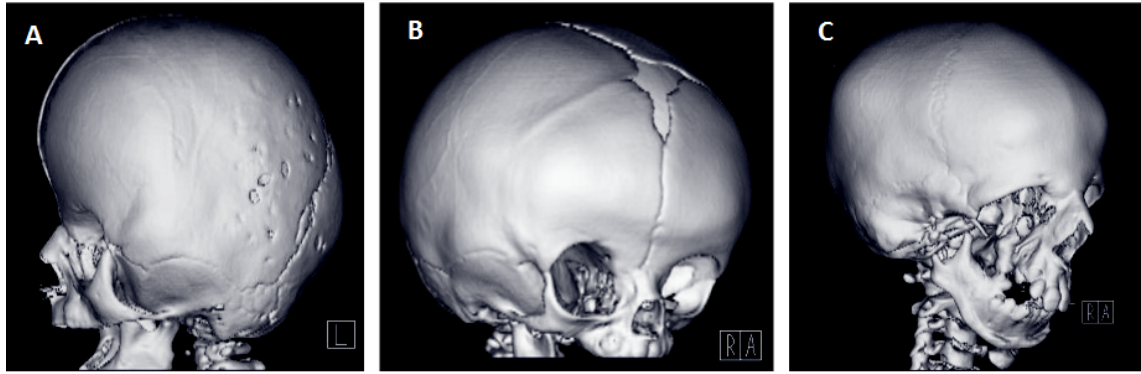


Şekil 2.14. En son geliştirilen yeni nesil BT cihazlarına bir örnek. (A) Gantri. (B) Gantri açıklığı.

BT, baş ve boyun bölgesindeki tümörlerin incelenmesinde çok sık kullanılmaktadır. BT'nin kemik morfolojisini üç boyutlu olarak görüntülemesindeki başarısından dolayı, yüz asimetrisine sahip hastalarda da sıkça kullanılmaktadır (55). Oluşan deformiteden etkilenmemiş nokta bulmak zor olsa da, meatus acusticus externus'un uygun bir referans noktası olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (56). Stabil referans düzlemi olarak ise Frankfurt horizontal düzlemi önerilmiştir (57).

Elde edilen üç boyutlu volumetrik veriler, üç boyutlu sefalometrik film elde etmek için de kullanılabilir. Geleneksel iki boyutlu sefalometrik filmlerde kullanılan noktalar daha gerçekçi değerlendirme için üç boyutlu ortama aktarılabilirler (58). Ancak, iki boyutlu sefalometrik filmlerde kullanılan noktalar genellikle kesin değildir ve üç boyutlu görüntülerde yapıların tam pozisyonlarını yansıtmayabilirler.

Üç boyutlu BT görüntüleri, Apert ve Treacher Collins Sendromları gibi kraniofasiyal hastalıkların incelenmesinde de kullanılmaktadırlar. Bu görüntüler teşhisin doğrulanması ve suture ve sinostozların detaylı olarak görüntülenmesine yardımcı olurlar (Şekil 2.15) (59).

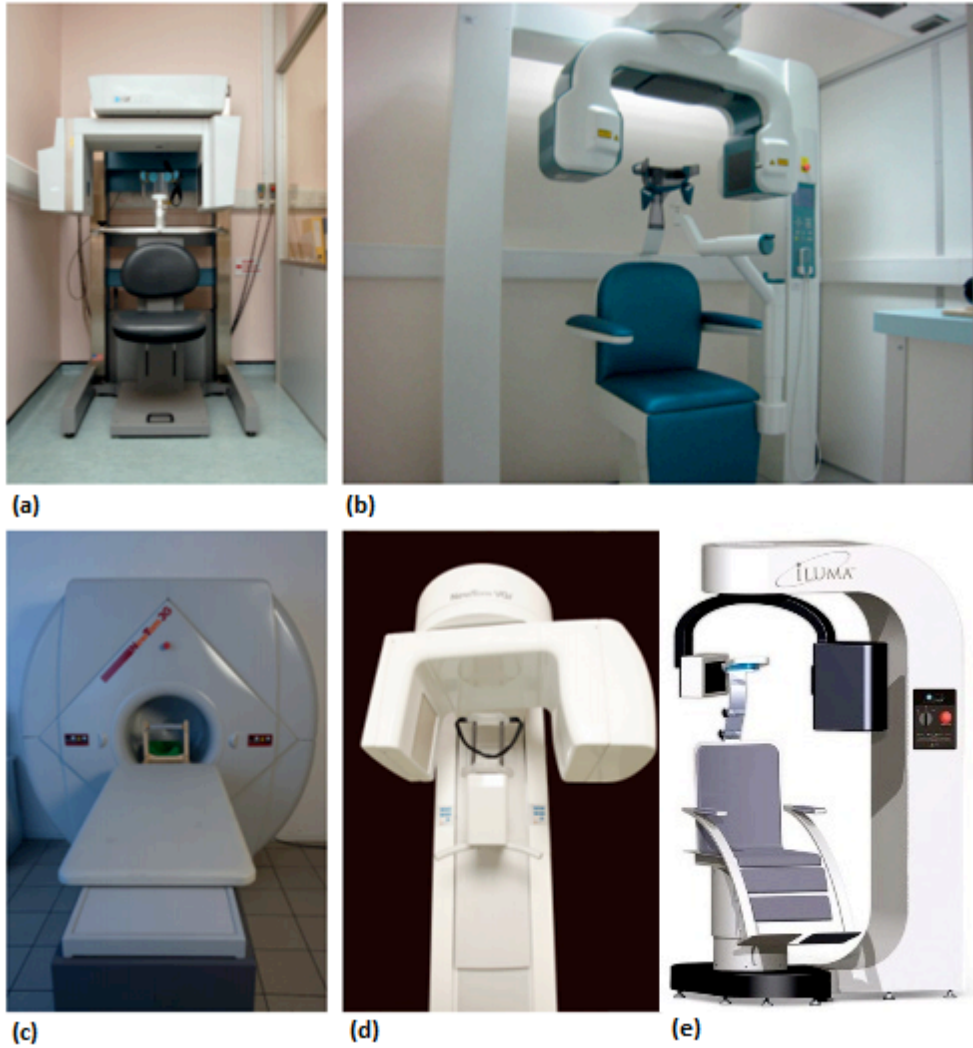


Şekil.2.15. Kronofasiyal hastalıkların BT görüntüleri. (A) Apert Sendromu (B) Craniosynostosis (C) Treacher Collins Sendromu

2.1.2.4. Konik Hüzmeli Bilgisayarlı Tomografi

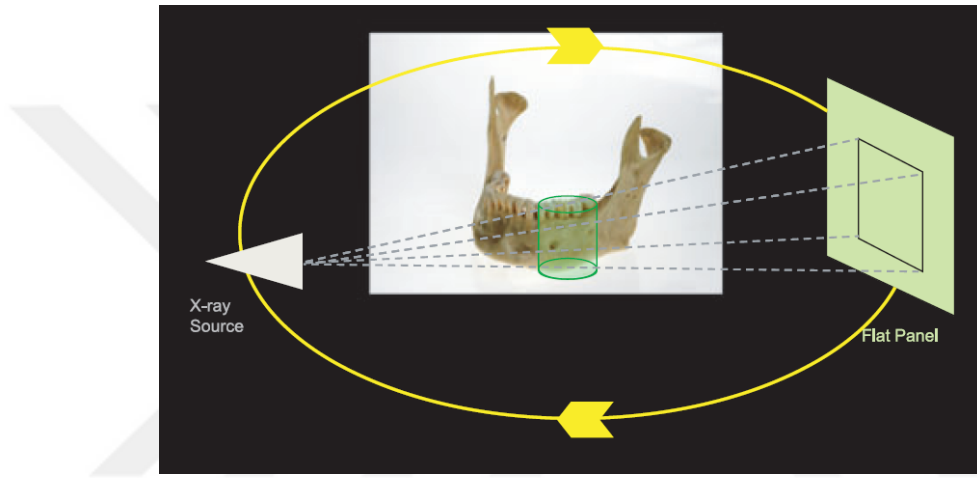
Konik hüzmeli bilgisayarlı tomografi (KHBT) veya dental volumetrik tomografi (DVT) cihazları, 1990'ların sonunda maksillofasiyal bölgeden üç boyutlu görüntüler elde etmesi amacıyla üretilen tarayıcılardır (Şekil 2.16) ve medikal BT cihazlarına göre

oldukça az radyasyon üretirler (60, 61). Ticari olarak üretilen ilk KHBT cihazı, NewTom-9000 (Quantitative Radiology, Verona, İtalya) adıyla 1996 yılında piyasaya sürülmüştür. O zamandan beri bir çok büyük üretici dişlerin ve maksillofasiyal bölgenin görüntülenmesi için özelleştirilmiş KHBT cihazları geliştirmişlerdir. Bu cihazlar genellikle geleneksel BT cihazlarından daha küçüktürler. Görünüş olarak bazıları geleneksel BT cihazlarına benzese de, hareketli gantri kısmına sahip değildir. Çoğu, hastanın oturarak veya ayakta durduğu panoramik cihazlara benzer bir görünüme sahiptir (62, 63).

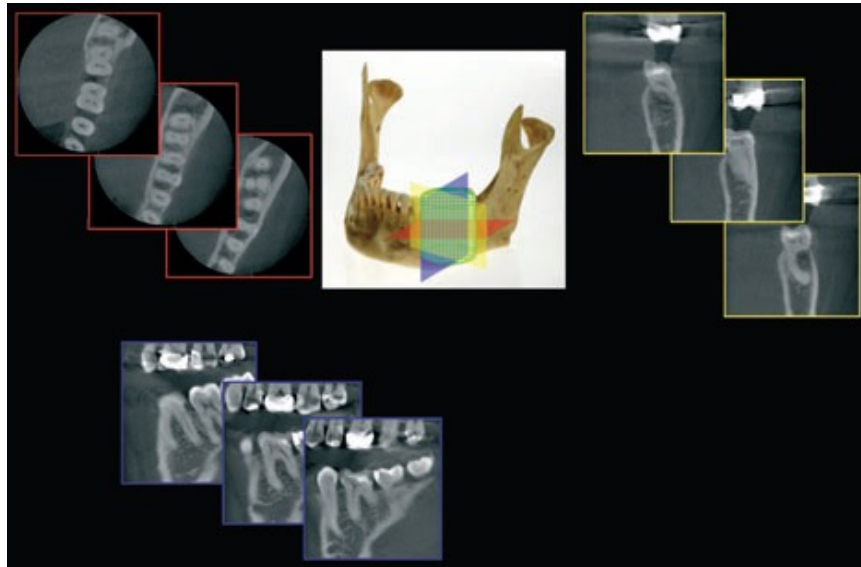


Şekil 2.16. KHBT cihazlarından bazı örnekler (a) The i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, USA and Cardiff University, UK). (b) The 3D Accuitomo (J. Morita Mfg. Corp., Kyoto, Japan). (c) The NewTom 3G (QR srl, Verona, Italy). (d) The NewTom VGi (QR srl, Verona, Italy). (e) ILUMA (IMTEC 3M, Ardmore, OK)

Konik huzmeli bilgisayarlı tomografi tekniğinde, hasta başının etrafında 360° dönerek tarama yapan iki boyutlu X-ışını sensörünün merkezinde bulunan dairesel veya dikdörtgen konik biçimli X ışını demeti kullanılır. Tarama esnasında, her derece rotasyon için 1 adet olmak üzere, seri bir şekilde 360 ışınlama veya izdüşümü elde edilir. Bu izdüşümlerinin oluşturduğu ham dijital veri, bilgisayar algoritması ile yeniden yapılandırılarak ilgili bölgeye ait aksiyal, sagittal ve koronal kesit görüntüleri oluşturulur (Şekil 2.17, 2.18) (63, 64).



Şekil 2.17. Konik-şekilli X-ışını huzmesi.



Şekil 2.18. Kesitsel (cross-sectional) görüntü.

Daha kaliteli görüntüyü çok daha düşük dozlarda sağlayan bu yöntem hem diş hekimleri, hem de baş-boyun bölgesi patolojileriyle ilgilenen diğer hekimlere düşük radyasyon dozuyla çalışma olanağı sunmaktadır. Cihazın maliyetinin klasik bilgisayarlı tomografi cihazlarına oranla uygun olması da diğer cazip özelliklerinden birisidir.

2.1.2.4.1. Konik Hüzmeli Bilgisayarlı Tomografinin Avantajları

Yumuşak dokuların görüntülenmesinde sınırlı olması bir yana bırakılırsa; KHBT baş ve yüz bölgesinin sert dokularının incelenmesinde tartışmasız bir yere sahiptir. KHBT bu niteliklerini sahip olduğu teknik özelliklerine borçludur:

a. Radyasyon dozunun azaltılması:

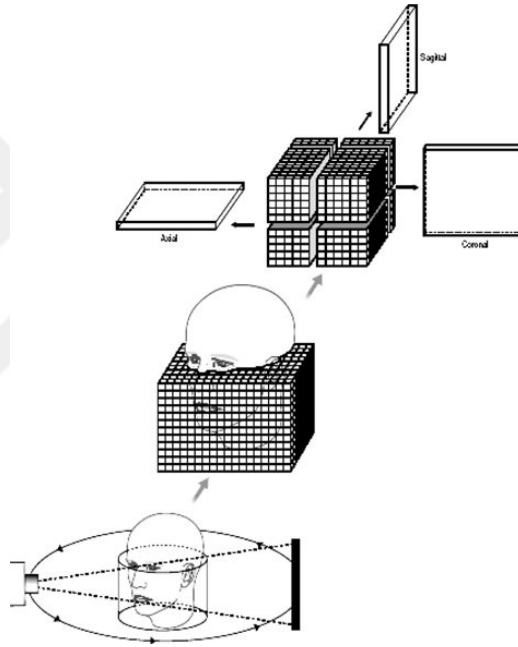
Konvansiyonel bilgisayarlı tomografilerle karşılaştırıldığında KHBT'lerin en önemli avantajlarından biridir. Farklı çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, bilgisayarlı tomografilere göre aynı görüntüleri elde etmek için çok daha az radyasyon uygulanmaktadır (65). Hastanın aldığı radyasyon KHBT'de 36,9–50,3 microsievert (μSv) aralığındayken, konvansiyonel bilgisayarlı tomografilerde alt çene için 1.320–3.324 μSv ; üst çene için 1.031–1.420 μSv aralığındadır (65-68). Diğer radyografi türlerinde hastanın aldığı radyasyon bir seri periapikal film çekiminde 13–100 μSv , panoramik radyografi çekiminde 3,85–38 μSv , sefalometrik radyografi çekiminde ise 1,1–5,6 μSv aralığındadır (Çizelge 2.1) (65, 68, 69).

Çizelge 2.1. Radyografi türlerine göre hastanın aldığı radyasyon dozları (μSv) (68).

Yazar	Panoramik Radyografi	Sefalometrik Radyografi	KHBT
Danforth ve ark. (70)	3,85		
Gavala ve ark. (71)	12 - 38		
Gijbels ve ark. (72)	4,7 - 14,9		
Gijbels ve ark. (73)		2,2 - 3,4	
Grünheid ve ark. (74)	21,5	4,5	65 - 134,2
Ludlow ve ark. (75)	14,2 – 24,3	5,6	
Qu ve ark. (76)	22		77,9
Silva ve ark. (77)	10,4		56,2 - 61,1
Visser ve ark. (78)		1,1 - 2,3	

b. Görüntü kalitesi:

KHBT görüntülemesi sonucunda elde edilen hacimsel veri setleri “voksel” adı verilen kübik şekilli üç boyutlu yapılar halinde saklanır. Her bir voksel farklı bir değerdeki x-ışını emilimine sahiptir. Bu voksellerin boyutları, görüntünün çözünürlüğünü belirler. Bilgisayarlı tomografilerde vokseller dikdörtgen şeklindedir ve genellikle aksiyal kesitlerden elde edilirler. Bu yüzden voksellerin boyutları eş değildir. KHBT'de ise vokseller üç boyutta da (uzunluğu, genişliği, derinliği) eşit görüntü verirler (Şekil 2.19). Bu durum detayı ve görüntü kalitesini arttıran bir etkidir.



Şekil 2.19. KHBT cihazının temel işleyişi.

c. Hızlı tarama

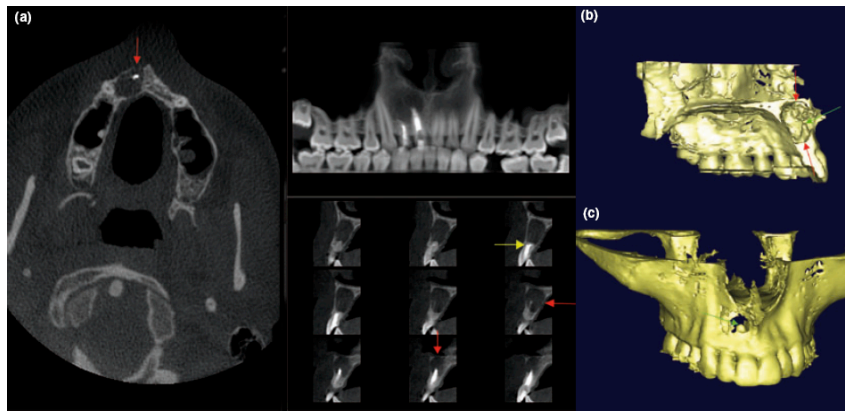
KHBT cihazları, tek bir dönüşle ham verileri elde ettiği için hızları yüksek teknoloji ürünü yüksek doz uygulayan spiral bilgisayarlı tomografilerle benzerdir (10-70 sn). Bu sayede hastanın cihazda kalış süresi azalır ve hasta memnuniyeti artar. Ayrıca klostrofobi gibi rahatsızlıklarda kontrollü çekim yapılabilmesini sağlar (50, 63).

d. Yazılım kolaylıkları

Tıp radyolojisinde kullanılan cihazlarla elde edilen verilerle doğrudan çalışmak güçtür. Bu cihazlar özel tasarlanmış platform bilgisayarlar gerektirirler. Elde edilen verilerin hekim tarafından incelenmesini sağlamak için özel yazılımlar kullanılarak yeniden oluşturulması gerekir. Bu durum, ileri düzeyde bilgisayar kullanımı bilgisini gerektirir. Bu işlemler zaman aldığından görüntünün elde edilmesi daha geç olur. KHBT’de ise üzerinde yazılım yüklü olan tek bir kişisel bilgisayar, görüntüleri incelemek için yeterlidir. Bu yazılımların kullanıcı ara birimleri oldukça kolaydır ve hekime hızlı bir şekilde değerlendirme yapma olanağı sunarlar (50, 79).

e. 3 Boyutlu Rekonstrüksiyon özelliği

KHBT'den elde edilen veri setleri kullanarak bilgisayar ekranında detaylı ve hızlı bir şekilde üç boyutlu, renklendirilebilen görüntüler yaratılabilir. Görüntüler bilgisayar ortamında her yöne rahatlıkla döndürülebildiğinden anatomik yapıların ve patolojilerin izlenmesi kolaylaşır. Görüntüler üzerinde gömülü dişlerin tam olarak konumlarının belirlenmesi, dudak-damak yarıklı hastalarda yarık bölgesinin detaylı incelenmesi, implant yönlendiriciler, yapay greft hacimlerinin hesaplanması, otojen kemik greftlerinin boyutlarının belirlenmesi gibi operasyon öncesi hazırlık yöntemleri uygulanabilir. Ayrıca, temporomandibular eklem bölgesindeki yapılar incelenebilmekte ve eklem problemlerinin tespiti mümkün olmaktadır. Bu teknikler operasyonun başarısını artırır ve süresini kısaltırlar (Şekil 2.20).



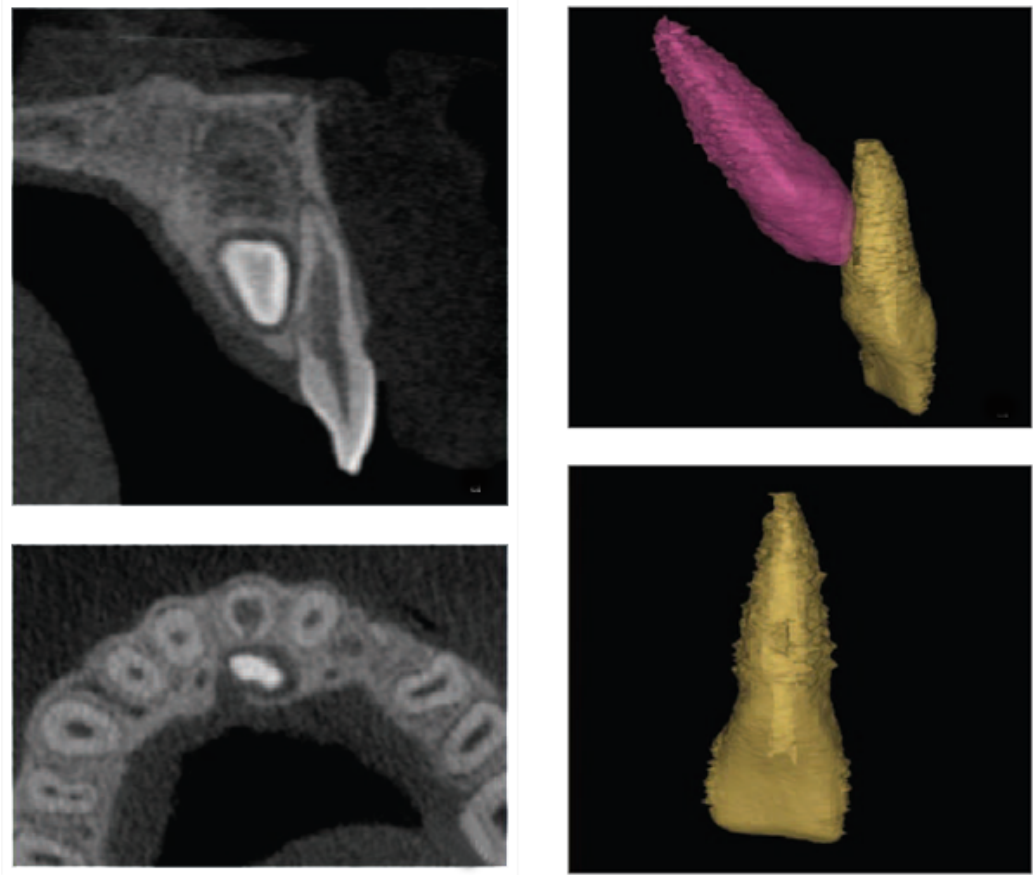
Şekil 2.20. (a) KHBT taraması görüntülerinin özel bir yazılım ile tasarlanmış görüntüleri. (b) Sagittal plan görüntüsü, (c) Koronal plan görüntüsü (32).

f. X ışının sınırlanması

Üretici firmaya göre değişmekle beraber KHB'T'ler genel olarak baş ve yüz bölgesini görüntülemek için üretilmiş özel cihazlardır. Bu özellikleri konik hüzmeli ışın teknolojisi ile birleştğinde ilgili bölgede çok küçük alanlara odaklanmış bir tarama yapabilirler. Bu sayede hastanın aldığı radyasyonun dozu ve saçılımı sınırlanır ve çevre dokuların gereksiz yere radyasyon alması engellenir.

g. Renklendirme

Elde edilen görüntülerde istenilen bölgeler anatomik özelliklerine göre renk kodlaması yapılarak işaretlenebilir. Anatomik yapıların yoğunluğunu belirlemek için görüntü kesitlere bölünerek incelenebilir. İncelenecek alan ekranda büyütülebilir (Şekil 2.21).

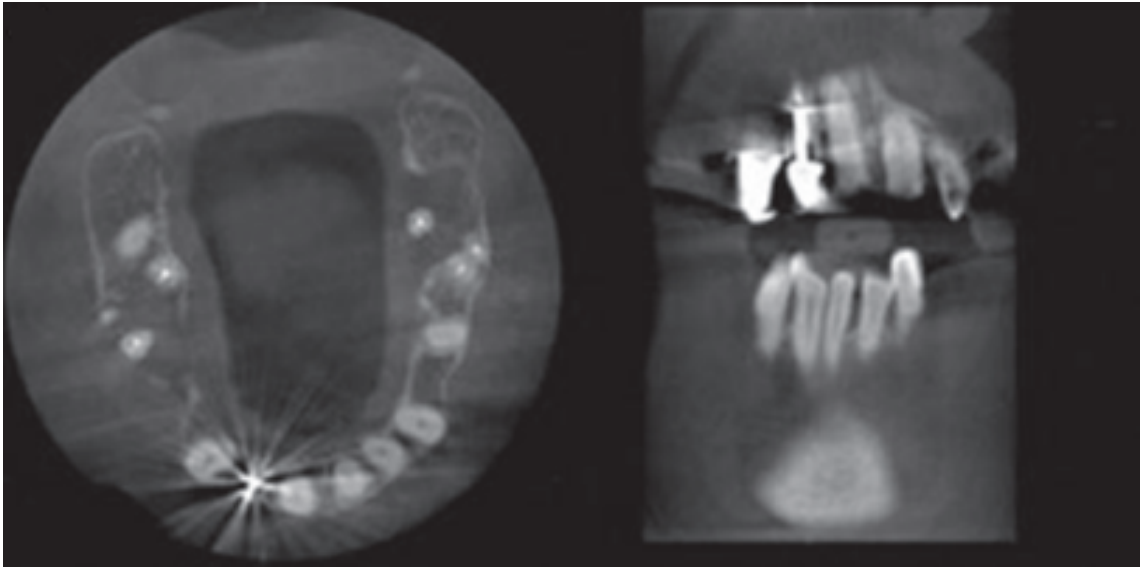


Şekil 2.21. KHB'T görüntülerinin özel bir program ile renklendirilmiş görüntüsü.

2.1.2.4.2. Konik Hüzmeli Bilgisayarlı Tomografinin Dezavantajları

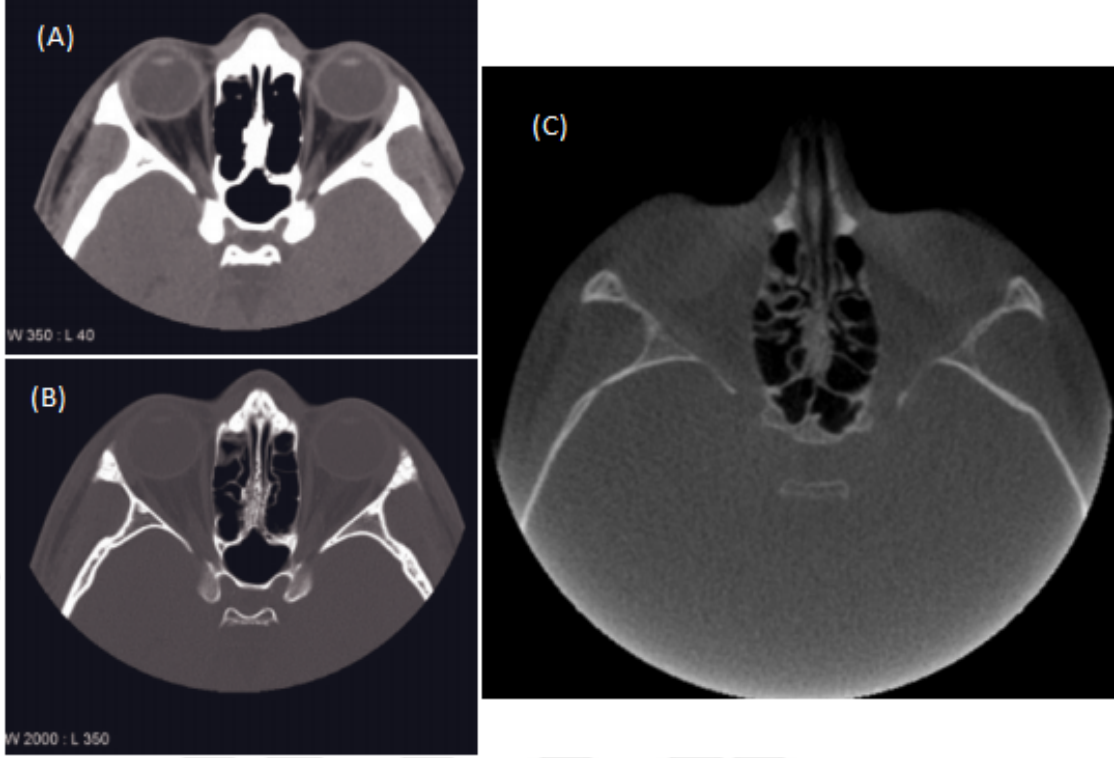
KHBT cihazlarının maliyeti, geleneksel ağız içi radyografileri sunan cihazlarına göre daha fazladır, dolayısıyla her merkezde bulunmazlar.

KHBT'nin bu dezavantajı dışında, sundukları görüntülerde de problemler mevcut olabilir. KHBT görüntülerinde mine, metal post ve metal restorasyonlar gibi yüksek yoğunluktaki yapılara yakın komşuluk içeren bölgelerde ışın saçılması benzeri bir görüntü oluşabilmektedir (Şekil 2.22) (80, 81)



Şekil 2.22. Üst çene sağ ikinci kesici diş çevresinde metalik restorasyona bağlı oluşan ışın saçılması (58).

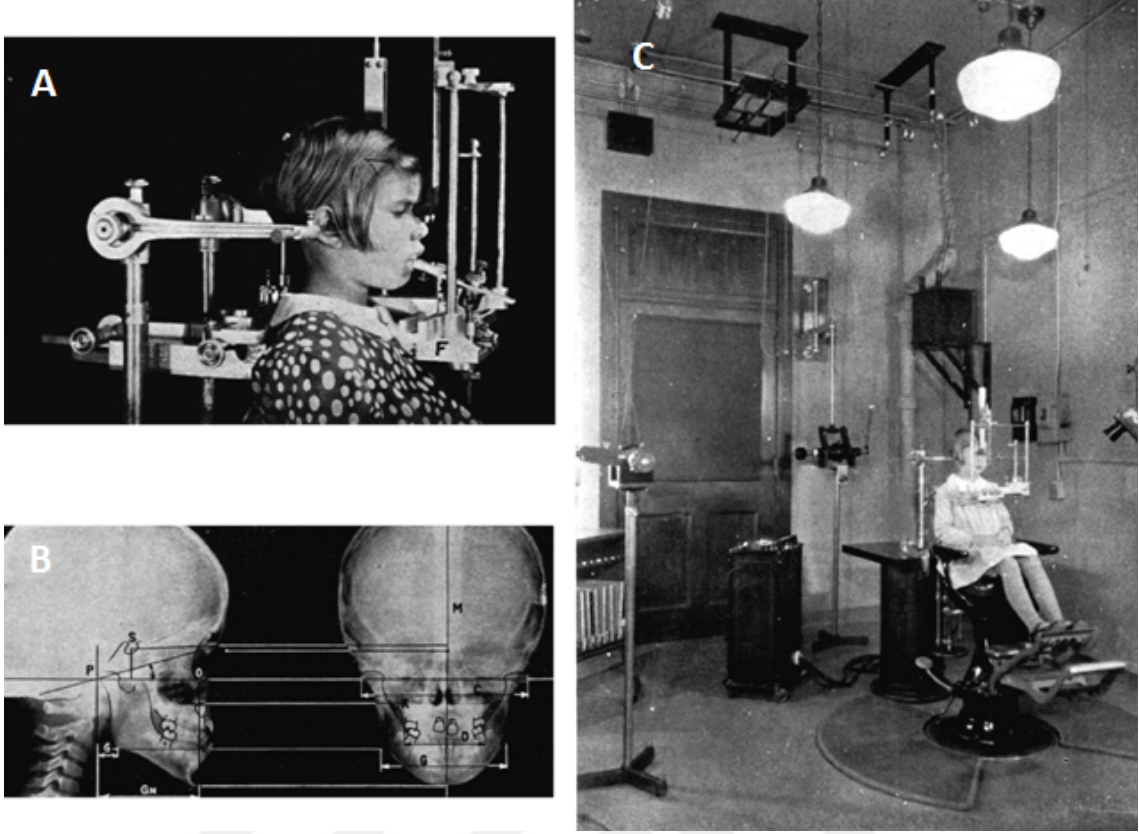
Ayrıca, KHBT görüntüleri düşük kontrasta sahip görüntülerdir ve bu nedenle yumuşak doku yapılarını birbirinden ayırt etmek çok zordur (Şekil 2.23). Ancak, bu sistemlerin özellikle sert dokuyu incelemek amacıyla tasarlandığını da unutmamak gerekir.



Şekil 2.23. (A,B) Orbita bölgesinin aksiyal kesitinin BT görüntüsü.

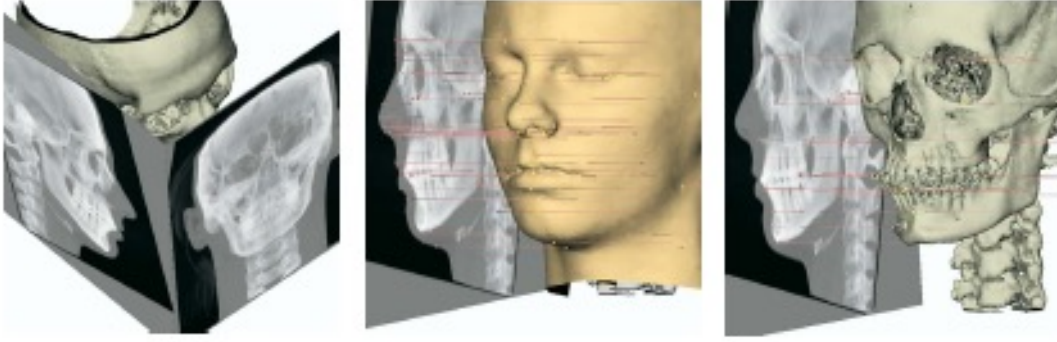
2.1.3 Üç Boyutlu Sefalometri

Sefalometrik analiz ilk olarak 1931 yılında Broadbent tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemde, lateral ve frontal sefalometrik radyograflar kullanılarak kafayüz iskeletinin, dentofasiyal oranların, dişsel kapanış bozukluklarının, büyümeyle meydana gelen değişikliklerin analizinin yapılması amaçlanmıştır (Şekil 2.24) (82). Bu analiz günümüzde ortodontik tedavi, büyüme ve gelişimin takibi ile ortognatik cerrahi planlamasında aktif olarak kullanılmaktadır (83). Ancak geleneksel sefalometrik filmler üç boyutlu cisimlerin iki boyuta indirgenmesiyle oluşturuldukları için bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bunlar; görüş açısındaki yetersizlik, projeksiyon hataları, geometrik bozulmalar, filmdeki istenmeyen görüntüler, cihazlara göre değişen magnifikasyon oranları ve baş pozisyonlandırmasındaki hatalar olarak bildirilmiştir (25-30).



Şekil 2.24. Broadbent'in radyografik sefalometri düzeneği. (A) Orijinal Broadbent Sefalostatı, (B) Bolton odası (Case Western Reserve Tıp Fakültesi anatomi laboratuvarı, Cleveland), (C) Lateral ve PA filmler

Son yıllarda KHBT'nin kullanımının yaygınlaşması sonucu, elde edilen üç boyutlu görüntülerin sefalometrik analiz amacıyla kullanımı araştırılmaya başlanmıştır. Elde edilen üç boyutlu görüntüler kullanarak, sefalometrik ölçümlerin yapılabilmesi için farklı yöntemler önerilmektedir. Bu yöntemlerden birisi, üç boyutlu görüntü verisinden, sanal lateral ya da frontal sefalometrik filmler oluşturarak yapılan ölçümlerdir (84-87). Bu teknikte üç boyutlu görüntü, vokselleştirilmiş iki boyutlu distorsiyonsuz verilere dönüştürülmektedir. Üç boyutlu görüntüden hassas bir şekilde seçilen sert ve yumuşak doku noktalarının, oluşturulan sanal sefalometrik filmler üzerindeki izdüşüm noktaları kullanılmaktadır (84-87). Ancak yine de iki boyutlu görüntüler üzerinde çalışıldığı için hastanın anatomisi tam olarak incelenememektedir (Şekil 2.25).



Şekil 2.25. Sanal sefalometrik filmler ile üç boyutlu sefalometri.

Bazı çalışmalarda sagittal, frontal ve aksiyal kesitler kombine bir şekilde kullanılarak ölçümler yapılmıştır (88, 89). Bu metot bazı araştırmacılar tarafından 2.5D olarak adlandırılmıştır. Ancak bu metotta da hastanın gerçek üç boyutlu verisinin tam olarak efektif kullanılması mümkün olmamaktadır (88).

Üç boyutlu sefalometrik analiz yapabilmek için KHBT ya da BT ile alınmış üç boyutlu görüntü verisi ve sefalometrik analiz yapabilme özelliğine sahip bir programa ihtiyaç vardır. Hastanın sert ve yumuşak dokularının gerçek üç boyutlu hacimsel tasvirinin yapılabilmesi, anatomik yapılarda süperpozisyonun olmaması, yüksek doğruluk ve güvenilirlik, kraniofasial değişikliklerin analizi için biyolojik olarak anlamlı üç boyutlu sefalometrik referans sistemi oluşturulabilmesi gibi avantajları bulunan bu yöntemin (90) dezavantajları arasında, rutin kullanım için yüksek fiyat ve diğer radyografi yöntemlerine göre yüksek radyasyon dozu, artefaktlara bağlı olarak okluzyona ait detayların eksikliği, bazı cihazlarda kayıt sırasında yatay pozisyona bağlı yumuşak doku bozulmaları sayılabilir (58).

Kitaura ve ark., BT görüntüleri üzerinde, üç boyutlu koordinat sistemini kullanarak sefalometrik noktaların standardize edilmesi ile açısal ve doğrusal üç boyutlu ölçümler yapmışlardır (91). Kesit kalınlığı azaldıkça, görece hata oranının da azaldığı tespit edilmiştir. Hennessy ve Moss, optik yüzey tarayıcılarla elde ettikleri üç boyutlu görüntülerden oluşturdukları fasyal noktalar yardımıyla yüz büyümesinin kişisel karakteristiklerinin belirlenebileceğini göstermişlerdir (92). Hassan ve ark. üç boyutlu görüntüler üzerindeki ölçümleri geleneksel sefalometrik ölçümler ile karşılaştırmış ve üç boyutlu görüntü üzerindeki ölçümlerin, hastanın çekim esnasındaki baş pozisyonundan

etkilenmediği için doğruluğunu daha yüksek bulmuştur (93). Olszewski ve ark., düşük dozda çekilen BT görüntülerinden elde edilen üç boyutlu sefalometrik noktaların yüksek dozda alınan görüntülere göre doğruluğunu araştırmışlar ve anlamlı bir fark bulmamışlardır (94).

2.2. Sınıf II Kapanış Bozuklukları

Sınıf II kapanış bozukluğu en sık karşılaşılan kapanış bozukluklarından birisidir (1, 2, 95, 96). Sınıf II kapanış bozukluğu, alt çene geriliğine, üst çenenin ileriliğine ya da her ikisinin birlikte görülmesine bağlı olarak oluşmaktadır. Literatür incelendiğinde, Sınıf II kapanış bozukluklarının daha çok alt çene geriliğine bağlı olduğu görülmektedir (1, 6, 7, 97).

Sınıf II kapanış bozukluğunun etiyolojisini incelediğimizde, bu durumun genetik etkenler ya da çevresel faktörler nedeniyle oluşabildiği görülmektedir (98). Genetiğin kapanış bozukluğu üzerindeki etkilerini araştıran Harris ve Johnson, genetik etkenlerin iskeletsel özellikler üzerinde, dişsel özelliklere göre daha fazla etkisinin olduğunu bildirmişlerdir (3).

Çevresel faktörler, büyüme-gelişim döneminde yüze, çenelere ve dişlere, fizyolojik aktivite ile ilişkili olarak uygulanan basınç ve kuvvetlerin tümüdür. Fonksiyon çevresel faktörlere göre kendini şekillendirerek çenelerin nasıl büyüyeceğini ya da dişlerin nasıl süreceğini etkileyebilmektedir (4). Sınıf II kapanış bozukluğuna neden olabilen çevresel faktörlere; anormal dudak fonksiyonu, ağızdan nefes alma, parmak emme, hatalı yutkunma, erken süt dişi çekimi gibi etkenleri örnek gösterebiliriz (4, 99, 100).

2.2.1. Sınıf II Kapanış Bozukluklarının Özellikleri

Sınıf II kapanış bozukluğu, iskeletsel ve dişsel olmak üzere ayrı ayrı görülebileceği gibi, iskeletsel bozukluğa dişsel problemin de eşlik ettiği durumlar olabilmektedir.

İskeletsel Sınıf II kapanış bozukluğu, alt ve üst çenenin sagittal yönde kafa kaidesine ve birbirlerine göre uyumsuzluğu ile karakterizedir. Bu uyumsuzluk üst

çenenin ön kafa kaidesine göre ileride bulunması, alt çenenin ön kafa kaidesine göre geride bulunması ya da bu iki durumun kombinasyonu şeklinde oluşabilmektedir. Üst ve alt çenenin ön kafa kaidesine göre pozisyonları sefalometrik olarak sırasıyla SNA ve SNB açıları ile ölçülebilmektedir. Bu iki açı arasındaki farkı veren ANB açısı da iskeletsel Sınıf II kapanış bozukluğunun şiddetini göstermektedir. Ayrıca çenelerin sagittal yöndeki uyumsuzluklarına dik yön problemleri de eşlik edebilmektedir (5).

20. yüzyılın başlarında Angle; üst ve alt birinci büyük azı dişlerinin sagittal yönde birbirleri arasındaki ilişkisine göre, günümüzde de geçerliliğini koruyan sınıflandırmayı yapmıştır. Bu sınıflandırmaya göre üst birinci büyük azı dişinin meziobukkal tüberkülünün, alt birinci büyük azı dişinin meziobukkal oluşuna oturduğu ilişki normal, alt birinci büyük azı dişinin, üst birinci büyük azı dişine göre geride olduğu durumu Sınıf II kapanış bozukluğu olarak kabul etmiştir (101).

Angle, üst kesici dişlerin eğimine göre Sınıf II kapanış bozukluğunu Bölüm 1 ve Bölüm 2 olmak üzere iki alt bölüme ayırmıştır (101). Sınıf II Bölüm 1 kapanış bozukluğunda üst kesici dişlerin eğimi ve overjet artmıştır. Sınıf II Bölüm 2 kapanış bozukluğunda ise üst kesici dişlerin eğimi ve overjet azalmış ve overbite artmıştır (102). Sınıf II Bölüm 1 kapanış bozukluğuna sahip overjeti şiddetli olarak artmış hastalarda alt kesici dişler damak ile temasta olabilmektedirler (5, 103). Sınıf II kapanış bozukluğunun dişsel olarak tek taraflı olarak görüldüğü bazı durumlar da mevcuttur. Bu durumda tek taraf Sınıf I iken, diğer taraf Sınıf II kapanış bozukluğuna sahiptir ve bu durum Sınıf II subdivizyon olarak adlandırılmaktadır (104).

İskeletsel ve dişsel Sınıf II kapanış bozuklukları genellikle bir arada görülürken, sadece dişsel problemin olduğu durumlar da mevcuttur. Bu hastalarda, alt ve üst çeneler kafa kaidesine göre normal pozisyonda iken, üst dişler sagittal yönde ileride konumlanmış, alt dişler ise geride konumlanmışlardır (105-107).

Fisk ve ark. (108), Sınıf II Bölüm 1 kapanış bozukluğunun morfolojik çeşitliliğini 6 madde halinde sıralamıştır.

1. Üst çene ve dişler kafa kaidesine göre önde konumlanmıştır.
2. Üst dişler, üst çene içerisinde önde konumlanmıştır.
3. Alt çene az gelişmiştir.
4. Alt çene normal boyutundadır ancak geride konumlanmıştır.

5. Alt çene normal gelişmiştir ancak alt dişler geride konumlanmıştır.
6. Belirtilen olasılıkların herhangi biri birlikte görülebilir.

Bishara ve ark. (109), Sınıf II Bölüm 1 kapanış bozukluklarında üst büyük azı dişleri arasındaki mesafenin normal bireylere göre daha az olduğunu bulmuşlardır.

Dişsel Sınıf II Bölüm 1 kapanış bozuklukları genellikle kötü alışkanlıklar ve hastadaki fonksiyon bozuklukları gibi çevresel faktörlere bağlı olarak ortaya çıkmaktadır (110).

Bireylerin 4 yaşından sonra devam eden parmak emme, emzik emme, dudak emme ve biberon emme gibi kötü alışkanlıkları sonucunda Sınıf II Bölüm 1 kapanış bozukluğu oluşabilmektedir. Bu hastalarda; alt çene geriliği, üst çene ileriliği, ön açık kapanış, azalmış ya da artmış üst ve alt dudak kasları aktivitesi, damak genişliğinin azalması, bebeklik yutkunması ve ağız solunumu görülebilmektedir (111).

Grosfeld (112) ve Pancherz (113), yaptıkları araştırmalarda, Sınıf II Bölüm 1 kapanış bozukluğu olan hastaların temporal ve masseter kaslarında elektromyografik olarak anormal bir aktivasyon olduğunu belirtmişlerdir.

Balters (114), Sınıf II Bölüm 1 kapanış bozukluğunun etyolojisini dilin geri konumda olmasına bağlamıştır, buna bağlı olarak da laringeal bölgenin daraldığını ve hastanın ağızdan solunum yaptığını belirtmektedir.

Graber (114) ve Hotz (115)'a göre istirahat konumunda bile kasların dişler ve çeneler üzerinde etkisi vardır. Yutkunma sırasında mental kasın aşırı aktivasyonu sonucu üst dişler öne, alt dişler geriye doğru hareket ederek overjet miktarı artar. Emme refleksi aşırı gelişmiş bebeklerde bu alışkanlığın üç yaşından sonra terkedilmeyip devam etmesi alt çenenin öne doğru gelişimini engellediği için Sınıf II Bölüm 1 kapanış bozukluğuna neden olmaktadır (114, 115).

Anormal kas aktivitesi sonucu oluşan kuvvet, diş kavislerini deforme edici özelliğe sahip olduğundan Sınıf II Bölüm 1 kapanış bozukluğuna sahip hastalarda üst diş kavsi sıklıkla V şeklinde, alt kesiciler uzamış, alt dudak üst kesicilerin gerisinde kalmış, dil fonksiyonları zayıflamıştır. Yutkunma sırasında, buksinatör ve mental kas aktivitesi üst kaviste daralmaya, üst kesicilerin vestibüle doğru eğilmesine ve diastemaya neden olur (114).

2.2.2. Sınıf II Bölüm 1 Kapanış Bozukluklarının Tedavisi

Sınıf II Bölüm 1 kapanış bozukluğunun tedavi edilmediği takdirde düzelmediği bildirilmiştir. Bu problemin düzeltilmesinde tek ya da iki aşamalı tedavi seçeneği vardır. İki aşamalı tedavi seçeneğinde, tedavi karma dişlenme döneminde başlar. Bu dönemde çene ilişkilerini düzenlemek için hareketli fonksiyonel apareyler kullanılır ve ikinci aşamada sabit ortodontik tedavi ile tedavi bitirilir. Tek aşamalı tedavide ise tüm daimi dişler sürdükten sonra sabit ortodontik tedaviye başlanır ve apareyler ile kapanış bozukluğu düzeltilir. Son yıllarda yapılan çalışmalar tek aşamalı tedavinin iki aşamalı tedaviye göre avantajları olduğunu göstermiştir. Tek aşamalı tedavinin iki aşamalı tedavi kadar etkili olduğu, daha az zaman gerektirdiği ve daha az maliyetli olduğu bildirilmiştir (116). Önde konumlanmış ve/veya artmış üst kesicilerin yaratabileceği travma olasılığından dolayı iki aşamalı tedavi önerilebilmektedir. Fakat, iki aşamalı tedavi görmüş hastalar ile tek aşamalı tedavi görmüş hastaların tedavi sonuçlarının karşılaştırıldığı çalışmalarda çok az fark bulunmuştur (117).

Sınıf II Bölüm 1 kapanış bozukluğuna sahip bireylerin çoğunda dişsel ve iskeletsel problem birlikte görülmektedir. Bu hastaların tedavisinde; büyümenin yönlendirilmesi, dişsel kamufraj ve ortognatik cerrahi seçenekleri vardır. Büyüme gelişimi devam eden hastalarda bu üç seçenek uygulanabilirken, büyüme gelişimi tamamlanmış erişkin hastalarda büyüme yönlendirmesi yapılamamaktadır (11, 118).

Büyüme yönlendirmesindeki amaç, büyüme gelişimi devam eden hastalarda iskeletsel problemin kaynağına göre alt çene büyümesinin istenilen yönde uyarılması ve/veya üst çene büyümesinin istenilen yönde durdurulmasıdır. Dişsel kamufraj ile tedavi edilen hastalarda mevcut problem sadece dişsel olarak düzeltilir, iskeletsel bir etki söz konusu değildir (11). Ortognatik cerrahi seçeneğinde ise ortodontik tedavi ile alt ve üst çenenin kendi içinde dişsel düzeltimini takiben alt çeneye ortognatik cerrahi uygulanır. Eğer mevcut bir vertikal problem de var ise Lefort I üst çene cerrahisi ile birlikte çift çene ortognatik cerrahisi de yapılabilir (119).

Sınıf II Bölüm 1 kapanış bozukluğunun tedavisinde ağız dışı (headgear), çene içi ya da çeneler arası uygulanan apareyler kullanılabilir.

Headgear, Sınıf II Bölüm 1 kapanış bozukluğunun tedavisinde iskeletsel olarak üst çeneye durdurucu etki yapmak ve/veya dişsel olarak üst büyük azı distalizasyonu

amacıyla kullanılır. Dik yön gelişimi az olan hastalarda servikal headgear kullanılır. Bu apareyin kullanımı ile üst çenenin öne doğru gelişiminin yavaşladığı ve üst büyük azı ekstrüzyonu ile de dik yön gelişiminin arttığı belirtilmiştir (114, 120). Dik yön gelişimi fazla olan hastalarda ise high-pull headgear kullanılır. Bu apareyin ise üst çenenin öne ve aşağı büyümesini yavaşlattığı bildirilmiştir (121). Her iki apareyin kombine kullanıldığı durumlar da mevcuttur.

Çene içi uygulanan apareyler sabit (Pendulum, Jones Jig, Distal Jet, K-loop, First Class apareyi) ya da hareketli (Sagital aparey, Cetlin) olabilmektedir. Bu apareyler üst büyük azı dişinin distalizasyonu ile dişsel düzeltim sağlamaktadırlar (122). Bu apareyler genellikle üst kesici dişlere flaring, üst birinci büyük azı dişlerine distal tipping ve alt çeneye hafif derecede saat yönünde rotasyon yaptırırlar (123).

Çeneler arası apareyler de sabit (Herbst, Jasper Jumper, Twin Force, Forsus) ve hareketli (Andresen aktivatörü, Bionatör, Frankel II, Twin Block) olmak üzere ikiye ayrılırlar. Bu apareyler alt çeneyi önde konumlandırarak kuvvet uygulayarak etki ederler (11). Bu apareylerin üst çene gelişimini az da olsa yavaşlatma, alt çene gelişimini uyarma ve alt kesici dişlerin açısını arttırma etkileri vardır (123).

Sınıf II Bölüm 1 kapanış bozukluğunun tedavisinde hangi apareyin uygulanacağına hastanın yaşına, hastanın uyumuna, hastanın profiline (protrüziv, retrüziv ya da düz), hastanın dik yön boyutlarına (artmış ya da azalmış), kesici dişlerin açısına ve iskeletsel problemin kaynaklandığı çeneye göre karar verilir (124).

2.2.2.1. Fonksiyonel Apareyler

Fonksiyonel apareyler, alt çenenin fonksiyon ve pozisyonunu değiştirerek belli bir kas grubunun kuvvetini dişler aracılığıyla bazal kemik kaidesine yönlendiren aygıtlardır. Genellikle alt çenenin konumunu sagital ve vertikal yönde kuvvet uygulayarak yönlendirirler (125). Alt çene gelişim yetersizliği bulunan bireylerde fonksiyonel aparey kullanımı ile alt çene önde konumlanmaya zorlanmaktadır. Sınıf II Bölüm 1 kapanış bozukluklarının fonksiyonel tedavisi sonucu meydana gelen iskeletsel, dişsel ve yumuşak doku değişiklikleri, farklı tipteki hareketli ya da sabit fonksiyonel apareylerle sağlanabilmektedir (124).

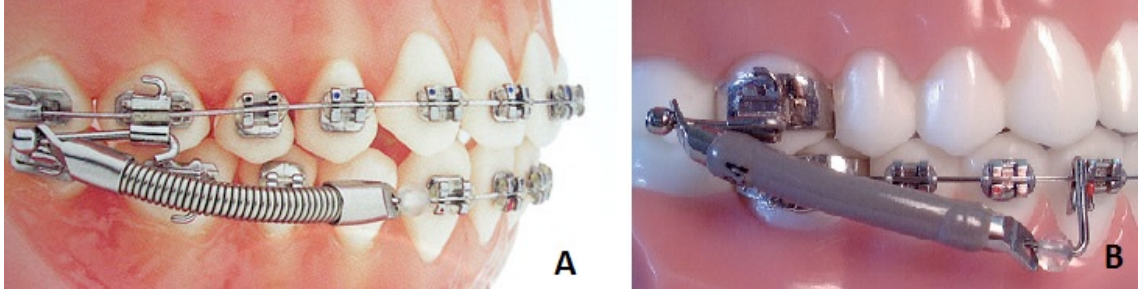
İlk kez 1879 yılında Norman W. Kingley tarafından alt çenenin ileride konumlanmasını sağlayan bir aparey yapılmış ve bu aparey ileride yapılacak olan fonksiyonel aygıtların temelini oluşturmuştur. Günümüzde kullanılan fonksiyonel apareyler çeşitlilik göstermelerine rağmen alt çenenin ileride konumlanması üzerinde benzer mekanizmaları bulunmaktadır (123).

Hareketli ve sabit fonksiyonel apareyleri karşılaştıran çalışmalar sonucunda sabit apareylerin daha fazla dişsel etkiye sahip oldukları bulunmuştur. Aynı zamanda hareketli fonksiyonel apareylerin çok iyi hasta uyumu gerektirdikleri belirtilmiştir (123, 124). Bir başka çalışmada doku veya diş destekli apareylerin etkileri karşılaştırılmış, diş destekli apareylerin, dişlerle minimal seviyede temasta bulunan doku destekli apareylere göre daha fazla dişsel etki meydana getirmesinin beklendiğini belirtmişlerdir (126).

2.2.2.1.1. Sabit Fonksiyonel Apareyler

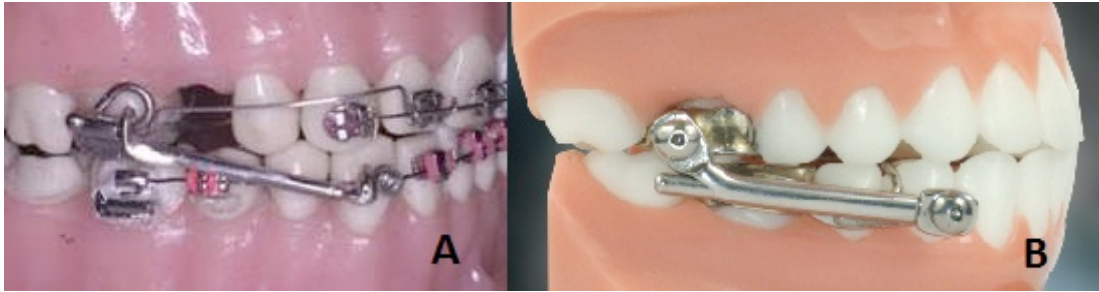
İlk sabit fonksiyonel aparey Emil Herbst tarafından 1905 yılında Uluslararası Berlin Diş Hekimliği Kongresi'nde tanıtılmıştır (127). Sabit fonksiyonel apareylerin hareketli apareylere göre bazı avantajları bulunmaktadır. Bu apareyler alt çene üzerinde 24 saat sürekli kuvvet uygularlar. Boyutları görece daha küçük oldukları için çiğneme, yutkunma, konuşma ve nefes alma daha rahat olmaktadır. Ayrıca daha az hasta uyumu gerektirirler hem de tedavi süresini kısaltmaktadırlar. Aparey hasta tarafından çıkartılamadığı için tedavi kontrolü daha rahat sağlanmaktadır (124).

Sabit fonksiyonel apareyler esnek, rijit ve hibrid olmak üzere üç gruba ayrılırlar. Esnek sabit fonksiyonel apareyler (Jasper Jumper, Bite Fixer, Klapper Super Spring, Churro Jumper) çeneler arası bükülen sarmallardan ya da sabit yaylardan oluşurlar. Esneklik ve elastisite bu apareylerin ana özellikleridir. Alt çeneye oldukça özgür hareket miktarı sağlarlar ve lateral hareketler rahatça yapılabilir. En büyük eksiklikleri ise hem apareyin kendisinin hem de destekleyici parçanın kırılmaya yatkın olmasıdır. Esneklikleri avantaj sağlamasına rağmen zamanla yaylarda yorgunluk oluşabilmektedir. Ayrıca, çiğneme hareketleri sırasında da hasar oluşabilme riski vardır. Apareyler alt arka sabitlenmiş olduğu için hasta ağzını tamamen açamasa bile yeterli bir açma miktarına sahiptir (Şekil 2.26) (124, 128, 129).



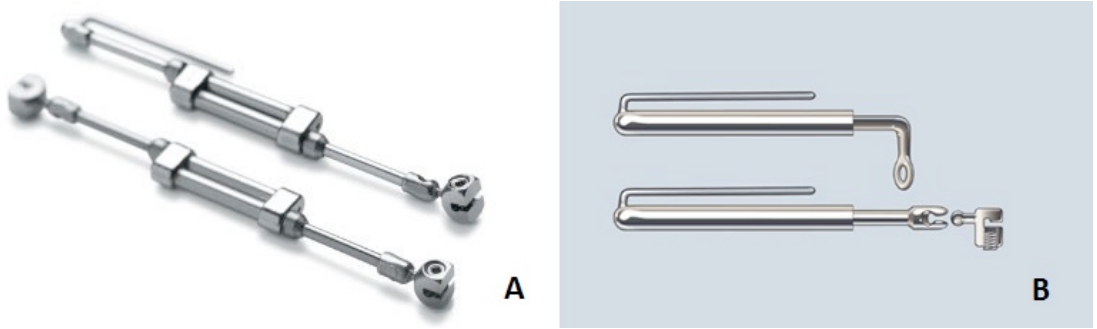
Şekil 2.26. Esnek sabit fonksiyonel apareyler. (A) Bite Fixer, (B) Jasper Jumper

Rijit sabit fonksiyonel apareyler (Herbst, Universal Bite Jumper, Ritto, IST, Biopedic) esnek olanlarına kıyasla daha zor kırılırlar ancak esneklik ve elastisiteden yoksundurlar. Bu apareyler ağız içine uygulandıktan ve aktifleştirildikten sonra hastanın ağzını sentrik ilişkide kapatmasına izin vermezler. Alt çene sürekli olarak önde pozisyonlandırılır ve bu durum alt çene büyümesinde daha fazla uyarıcı etki yapar. Yapılan kısa ve uzun dönem çalışmalar sonrasında bu apareylerin esnek olanlarına göre alt çene üzerindeki iskeletsel etkilerinin daha fazla olduğu bulunmuştur (Şekil 2.27) (130-134).



Şekil 2.27. Rijit sabit fonksiyonel apareyler. (A) Ritto apareyi, (B) Herbst apareyi

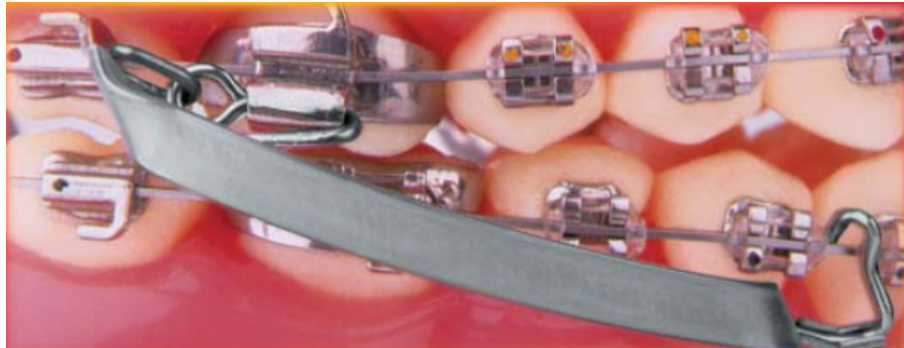
Son yıllarda rijit ve esnek sabit fonksiyonel apareylerin birleşimi olan hibrit apareyler (Forsus, Twin Force, Eureka Spring) geliştirilmiştir. Bu apareyler sarmal yaylara sahip rijit sistemler olarak adlandırılabilirler. Bu apareyler diş arkları üzerinde sürekli elastik kuvvet oluştururlar. Bu kuvvet genellikle sahip oldukları sarmal yaylar tarafından oluşturulur. 150 – 200 gr arası kuvvet uygularlar. Diğer gruplara göre bu gruptaki apareylerin hasta ağızına uygulanması daha kolaydır (Şekil 2.28) (135).



Şekil 2.28. Hibrit fonksiyonel apareyler. (A) Twin Force apareyi, (B) Eureka Spring apareyi

2.2.2.1.1. Forsus Apareyi

Forsus Nitinol Flat Spring (FNFS) (3M Unitek, Monrovia, CA), Amerikalı orthodontist Bill Vogt tarafından 2001 yılında Sınıf II Bölüm 1 kapanış bozukluklarını düzeltmek amacıyla geliştirilmiştir (Şekil 2.29). Bu aparey 0.5 x 3.0 mm spring bar (%45 nikel, %55 titanyum) ve hastanın yanağını tahriş etmemesi için transparan bir plastik kaplamadan oluşmaktadır. Üst birinci büyük azı dişine yerleştirilen bant ile alt çenede kanin dişinin distalinde kalacak şekilde ark teline uygulanır. 28, 31, 34 ve 37 mm olmak üzere dört farklı boyutu bulunmaktadır. Hangi boyut apareyin kullanılacağı çeneler sentrik oklüzyonda iken üst birinci büyük azı dişinin distali ile alt kanin dişinin distali arasındaki mesafenin ölçülmesi ile belirlenir (13).



Şekil 2.29. Forsus Nitinol Flat Spring

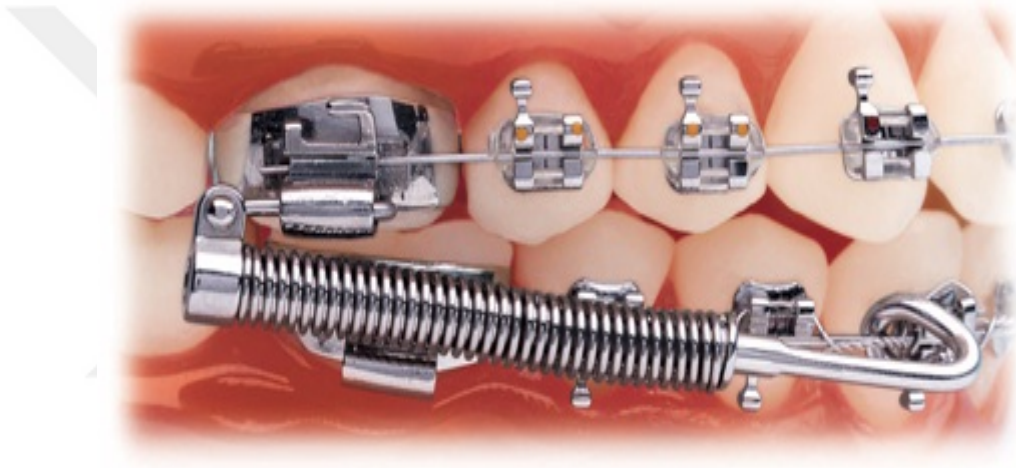
Heinig ve Göz (13), 2001 yılında FNFS apareyinin etkilerini araştırdıkları çalışmada, yaş ortalaması 14,2 olan Sınıf II kapanış bozukluğuna sahip 13 hastayı tedavi etmişlerdir. Aparey hasta ağzında 4 ay süreyle kalmıştır. Sagital yön düzeltiminin %66'sının dişsel olarak gerçekleştiğini bulmuşlardır. Üst büyük azı dişlerinde distal yönde hareket, alt büyük azı dişlerinde mezial yönde hareket, üst kesici dişlerde retrüzyon, alt kesici dişlerde protrüzyon meydana geldiğini bildirmişlerdir. Efektif alt çene uzunluğunda ise 1,2 mm artış olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca aparey ağız açıklığını kısıtladığı için hastaların rahatça esneyemediklerini ve dişlerini fırçalamalarının zorlaştığını da bildirmişlerdir.

Karaçay ve ark. (15), 2006 yılında FNFS apareyi ile Jasper Jumper apareyinin etkilerini karşılaştırdıkları çalışmasında, her iki apareyin de dişler üzerinde, iskeletsel yapılar üzerinde ve yumuşak dokular üzerinde benzer etkiler oluşturduklarını rapor etmişlerdir. Apareyler hasta ağzında ortalama 5,5 ay süreyle kalmıştır. Her iki apareyin de alt çene gelişimini uyardığını, üst çene gelişimini yavaşlattığını, hastaların ön ve arka yüz yüksekliklerinde artış meydana geldiğini bildirmişlerdir. Dişsel olarak üst birinci büyük azı dişlerinde intrüzyon ve distal yönde hareket, alt birinci büyük azı dişlerinde ekstrüzyon ve mezial yönde hareket, üst kesici dişlerde ekstrüzyon ve retrüzyon, alt kesici dişlerde ise intrüzyon ve protrüzyon meydana geldiğini rapor etmişlerdir. Her iki apareyin de Sınıf II kapanış bozukluğunun düzeltiminde etkili olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca bu apareylerin hasta konforunu olumsuz etkilediğini ve apareylerde kırılmalar meydana geldiğini rapor etmişlerdir.

2006 yılında bu apareyin bir başka çeşiti olan Forsus Fatigue Resistant Apareyi (FRD) geliştirilmiştir. Bu aparey nikel titanium yay, bu yayın içine yerleştirilen itici çubuk (push rod) ve L pinden oluşmaktadır (Şekil 2.30). Üst birinci büyük azı bandının headgear tüpü ile alt kanin dişin distaline gelecek şekilde alt ark teline uygulanırlar. İtici çubuk üzerinde yayın belli bir yere kadar sıkışmasını sağlayan durdurucu bir stop bulunmaktadır. Uygulanan kuvvet üst birinci büyük azı ve alt kanin dişi üzerinde dağılır. Bu sayede alt çeneye ileri ve bir miktar da aşağı yönde kuvvet uygular (Şekil 2.31) (136).



Şekil 2.30. Forsus Fatigue Resistant Apareyini oluşturan parçalar (sağ-sol): Universal spring modül, L pin ve push rod.



Şekil 2.31. Forsus Fatigue Resistant Apareyi

Bu apareyde yayların maksimum sıkışma miktarı sonucu çeneler arası en fazla 200 gr kuvvet uyguladıklarından dolayı, ağır Sınıf II elastiklere nazaran daha avantajlıdır. Ayrıca rijit sabit fonksiyonel apareylerde gözlenen kapanışın açılması durumu, Forsus FRD'nin üst birinci büyük azı dişleri üzerindeki gömücü etkisi ile elimine edilmektedir (136).

Forsus FRD apareyinin iki boyutlu sefalometrik filmler kullanılarak peak pubertal dönemdeki hastalar üzerindeki etkilerini araştıran çalışmaları incelediğimizde, Jones ve ark. (14), yaş ortalaması 12,6 olan Forsus FRD apareyi uygulanan hasta grubu ile yaş ortalaması 12,2 olan Sınıf II elastik kullandırılan hasta grubunu karşılaştırdıkları çalışma yapmışlardır. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmadığını

bildirmişlerdir. Sagittal yönde üst ve alt çenenin öne doğru hareket ettiğini rapor etmişler, alt çenedeki bu hareketin üst çeneye göre daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Her iki grupta da üst ve alt büyük azı dişlerinin uzadığını ve alt kesici dişlerin protrüze olduğunu bildirmişlerdir.

Franchi ve ark. (19), Forsus FRD apareyi ile tedavi ettikleri hastaların tedavi sonuçlarını tedavi edilmeyen hastalarla karşılaştırdıkları çalışmada, Forsus FRD apareyinin üst çene gelişimini yavaşlattığını ve alt çene gelişimini uyardığını bildirmişlerdir. Ayrıca, alt birinci büyük azı dişlerinde mezial yönde hareket, alt kesici dişlerde ise intrüzyon ve protrüzyon meydana geldiğini rapor etmişlerdir.

Cacciatore ve ark. (17), Forsus FRD apareyinin tedavi ve tedavi sonrası sonuçlarını inceledikleri çalışmada, üst çene büyümesinin yavaşladığını, overjet, overbite ve büyük azı ilişkisinin düzeldiğini rapor etmişlerdir. Sınıf II kapanış bozukluğu düzeltiminin daha çok dişsel düzeyde gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Tedavi sonrası retansiyon döneminde ise dişsel düzeltimin stabil kaldığını rapor etmişlerdir.

Dada ve ark. (18), Forsus FRD apareyi uygulanan 19 hasta üzerinde yaptıkları çalışmada, ANB, SNA ve konveksite açısının azaldığını, alt kesici dişlerinde protrüzyon meydana geldiğini bildirmişlerdir. Sınıf II kapanış bozukluğu düzeltiminin daha çok dişsel düzeyde meydana geldiğini rapor etmişlerdir. Hanoun ve ark. (22) da, benzer şekilde Forsus FRD apareyinin daha çok dişsel düzeltim meydana getirdiğini belirtmişlerdir.

Forsus FRD apareyinin iki boyutlu sefalometrik filmler kullanılarak geç pubertal dönemdeki hastalar üzerindeki etkilerini araştıran çalışmaları incelediğimizde, Günay ve ark. (21), Forsus FRD apareyinin vertikal ve sagittal yönde iskeletsel etkisinin bulunmadığını bildirmişlerdir. Dişsel olarak üst kesici dişlerinde retrüzyon ve ekstrüzyon meydana geldiğini, alt kesici dişlerinde protrüzyon ve intrüzyon meydana geldiğini, oklüzal düzlemin saat yönünde rotasyon yaptığını rapor etmişlerdir.

Benzer şekilde Öztoprak ve ark. (23), Forsus FRD apareyinin geç pubertal dönemdeki hastalarda iskeletsel etkisinin bulunmadığını, düzeltimin dişsel olarak gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, yumuşak doku profilindeki değişimin de sınırlı olduğunu rapor etmişlerdir.

Aslan ve ark. (16), Forsus FRD apareyi ile minivida destekli Forsus FRD apareyinin etkilerini karşılaştırmış, her iki grupta da tedavi sonrası çeneler üzerinde iskeletsel değişim meydana gelmediğini rapor etmişlerdir. Sınıf II düzeltiminin her iki grup için de dişsel düzeyde gerçekleştiğini, Forsus FRD apareyinin alt kesici dişler üzerindeki protrüzyon etkisinin minivida desteği ile azaltılabileceğini bildirmişlerdir.

Gao ve ark. (20) yaptıkları çalışmada, pubertal geç dönem hastalarda yapılan diğer çalışmalardan farklı olarak ortalama 6 ay Forsus FRD apareyi uygulanan hastalarda efektif alt çene uzunluğunda ortalama 6,47 mm artış olduğunu bildirmişlerdir. Dişsel olarak ise diğer çalışmalarla benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Tedavi sonrası Hawley apareyi ile 2 yıllık takip sonrası ise iskeletsel ve dişsel değişikliklerin stabil kaldığını rapor etmişlerdir.

Aras ve ark. (12), Forsus FRD apareyinin pubertal peak dönemdeki hastalar ile pubertal geç dönemdeki hastalar üzerindeki etkilerini karşılaştırdıkları çalışmada, pubertal peak dönem hasta grubunda alt çene ve ramus uzunluğunda artış olduğunu, pubertal geç dönem hasta grubunda ise alt çenede iskeletsel etki meydana gelmediğini bildirmişlerdir. Dişsel olarak ise her iki grupta da benzer değişimler olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, manyetik rezonans görüntüleme (MRI) kullanarak kondil ile glenoid fossa arasındaki ilişkiye bakmışlar ve her iki grup için de kondilin glenoid fossa içerisindeki konumunun değişmediğini rapor etmişlerdir.

Uzel ve ark. (137) ise yaptıkları çalışmada, Forsus FRD apareyinin kondil konumu üzerindeki etkisini hem MPI (Mandibular Position Indicator) kayıtları hem de KHBT görüntüleri aracılığıyla incelemişlerdir. MPI bulgularına göre, tedavi öncesinde fizyolojik sınır dışında sentrik sapma tespit edilen hastalarda, Forsus FRD tedavisi sonrasında sentrik sapma miktarında anlamlı düzeyde azalma meydana gelirken, başlangıçta fizyolojik sınır içinde sapma gösteren hastalarda anlamlı bir değişiklik olmadığını bildirmişlerdir. KHBT görüntülerinde ise, Forsus FRD tedavisi öncesinde alt çene kondilinin glenoid fossa içerisinde önde konumlandığını, tedavi sonrasında ise kondil konumunda anlamlı bir değişiklik bulunmadığını rapor etmişlerdir.

Günümüzde Forsus apareyinin FRD EZ ve FRD EZ2 modülleri de bulunmaktadır. Bu modüllerin avantajı, apareyin üst birinci büyük azı dişine uygulamak için L pine ihtiyaç duymamasıdır. Klipsli bir sisteme sahip olduğu için headgear tüpüne direk olarak uygulanabilmektedir (138).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Gereç

Geriye dönük olarak planlanan bu tez çalışmasına dahil edilen çalışma ve karşılaştırma materyalini, daha önceden Forsus apareyinin (Forsus Fatigue Resistant Device) kondil konumu üzerindeki etkilerinin incelenmesi amacıyla 2009 ile 2010 yılları arasında kliniğimize başvuran ve Forsus apareyi endikasyonu olan hastaların Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalında çekilmiş olan KHBT görüntüleri oluşturmuştur. Radyoloji Anabilim Dalı arşivinde bulunan 35 hastanın Forsus apareyi uygulanmadan önce alınan KHBT görüntüleri ile Forsus apareyi uygulanıp Sınıf II kapanış bozukluğu düzeldikten sonra alınan KHBT görüntüleri incelenmiştir.

Çalışmaya;

- 1- İskeletsel Sınıf II, dişsel Sınıf II Bölüm 1 kapanış bozukluğuna sahip olan,
- 2- KHBT çekimi sırasında 13-17 yaş aralığında olan,
- 3- Tüm daimi dişleri sürmüş ve konjenital diş eksikliği olmayan,
- 4- Herhangi bir alt çene deviasyonu, sistemik problemi ve temporomandibular eklem problemi olmayan,
- 5- ANB açısı 4 dereceden büyük olan,
- 6- Overjet miktarı 5 mm'den fazla olan

hastalar dahil edilmiştir.

Hastaların ortodontik tedavileri sürecinde, öncelikle alt ve üst arkların seviyelenmesi tamamlanmıştır. Daha sonra Forsus apareyinin uygulanmasından önce ve Sınıf I kanin ilişki sağlandığında Forsus apareyinin ağızdan çıkarılmasından sonra hastalardan KHBT görüntüleri alınmıştır. Forsus apareyi ortalama 6 ay süreyle ağızda kalmıştır.

Çalışmada hastaların yaşları itibariyle büyüme gelişim dönemlerindeki farklılıklarından dolayı peak pübortal grup olarak 13-14 yaşları arasındaki hastalardan oluşan 1. Grup ve geç pübortal grup olarak 15-17 yaşları arasındaki hastalardan oluşan 2. Grup olmak üzere iki alt grup oluşturulmuştur.

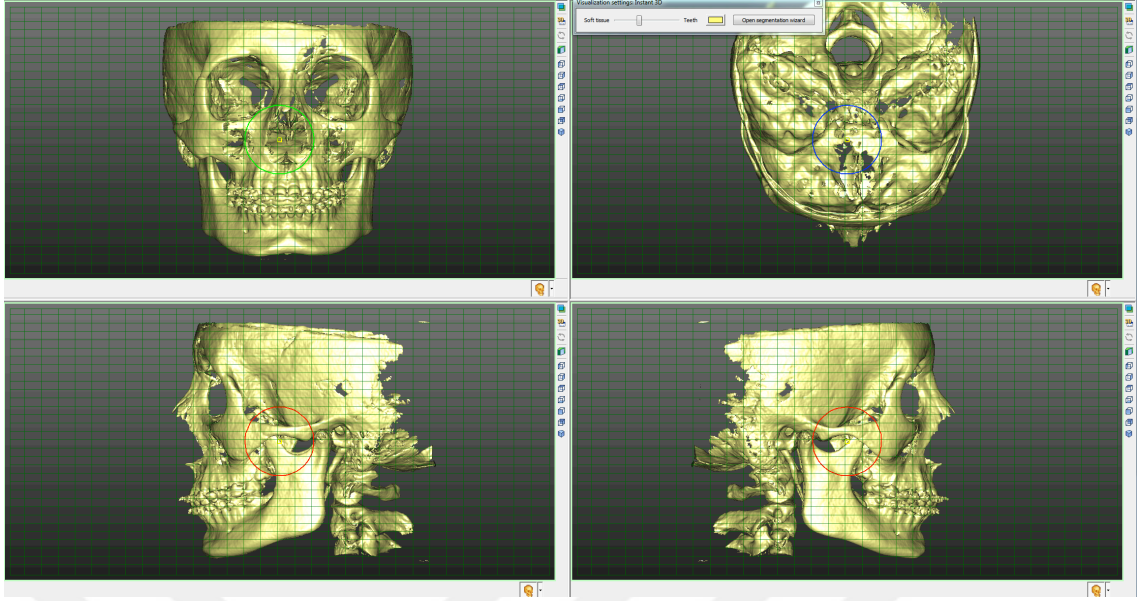
Çizelge 3.1. Çalışmaya dahil edilen hastaların ortalama yaş, ANB ve overjet değerleri ile cinsiyet dağılımları

		Cinsiyet		Yaş (Yıl)		ANB (°)	Overjet (mm)		
	Sayı	Erkek	Kız	Ortalama	Min-Maks	Ortalama	Min-Maks	Ortalama	Min-Maks
Üst Grup	35	16	19	14,5	13-17	6,4	5-9,9	7,6	5,5-12
1. Grup	17	9	8	13,3	13-14	6,7	5,1-9,9	7,8	5,7-12
2. Grup	18	7	11	15,7	15-17	6,2	5-9,3	7,4	5,5-11,1

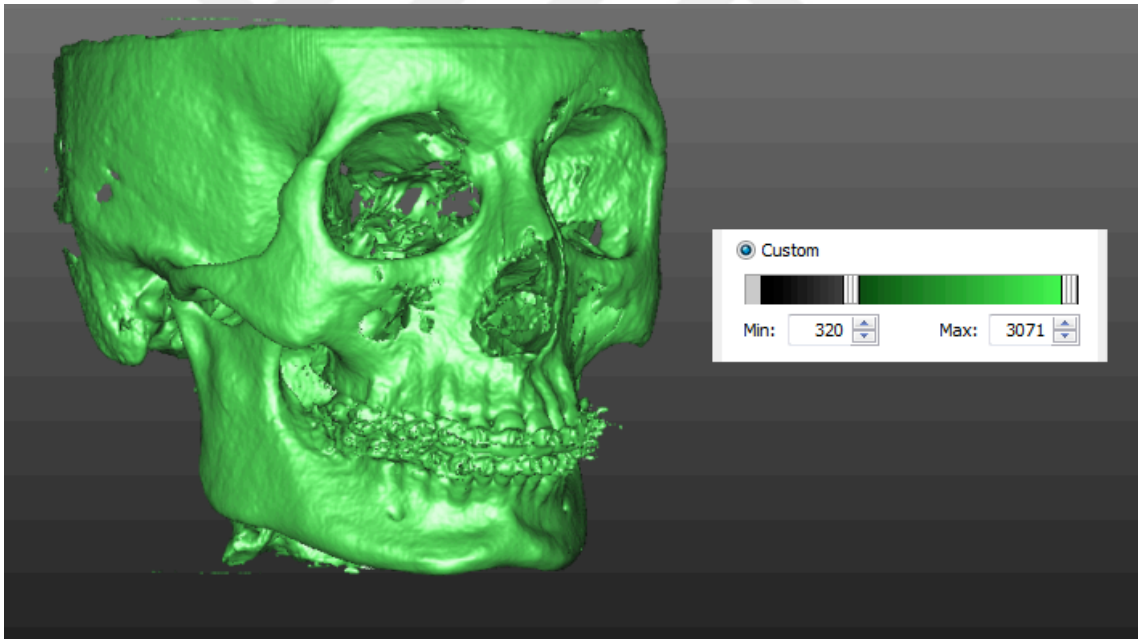
Bütün KHBT görüntüleri ILUMA (IMTEC 3M, Ardmore, OK) cihazı kullanılarak 120 kV ve 3,8 mA değeri ile hasta dik pozisyonda iken elde edilmiştir. Elde edilen üç boyutlu görüntüler DICOM formatında alınmış ve Simplant O&O V3.0.0.59 (Materialise Dental, Leuven, Belçika) programı kullanılarak değerlendirilmiştir (139).

3.2. Yöntem

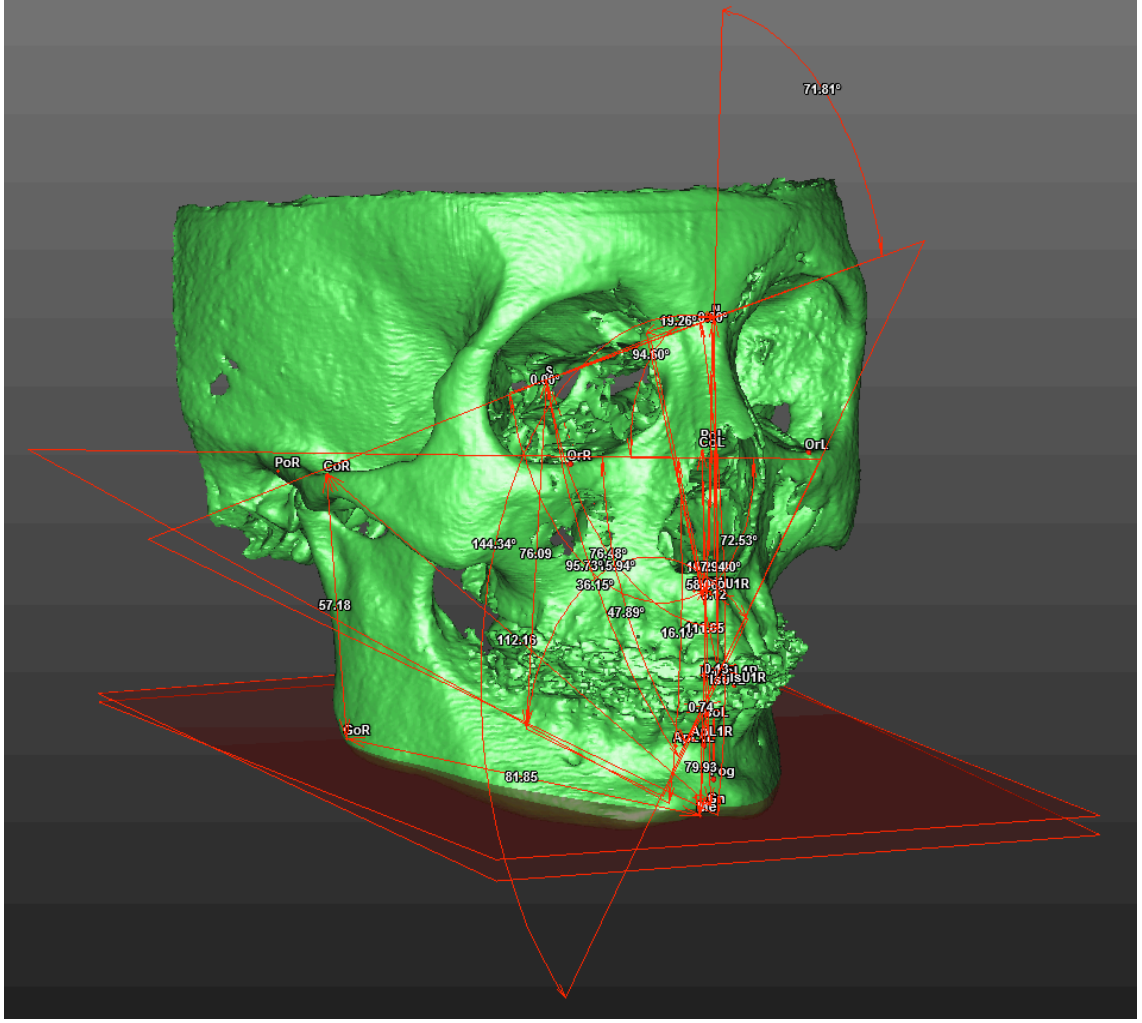
Hastaların KHBT görüntüleri üzerinden yapılan ölçümler için Simplant O&O V3.0.0.59 (Materialise Dental, Leuven, Belçika) programı kullanılmıştır (139). Oluşabilecek hatalı ölçümlerin önüne geçebilmek için KHBT görüntüleri program üzerinde referans oluşturan küçük kare çizgiler vasıtasıyla Frankfurt Horizontal Düzlemi (FHD) ve pupillalar arasından geçen doğru yere paralel olacak şekilde düzenlenmiştir (Şekil 3.1). Görüntülerin yer düzlemine paralel olarak ayarlanması için program üzerindeki küçük karelerin oluşturduğu yatay çizgiler referans alınmıştır. Tüm üç boyutlu görüntülerin yoğunluğu kemik ile dişlerin net olarak görülebildiği 320 ile 3071 eşik değeri (threshold) aralığında ayarlanmıştır (Şekil 3.2). Daha sonra elde edilen görüntüler üzerinden ölçüm yapacağımız bölgenin ayrıştırma (segmentation) işlemleri tamamlanmıştır. Sonuçta elde edilen üç boyutlu cisim (3D object) üzerinden de üç boyutlu sefalometrik ölçümler yapılmıştır (Şekil 3.3, 3.4, 3.5).



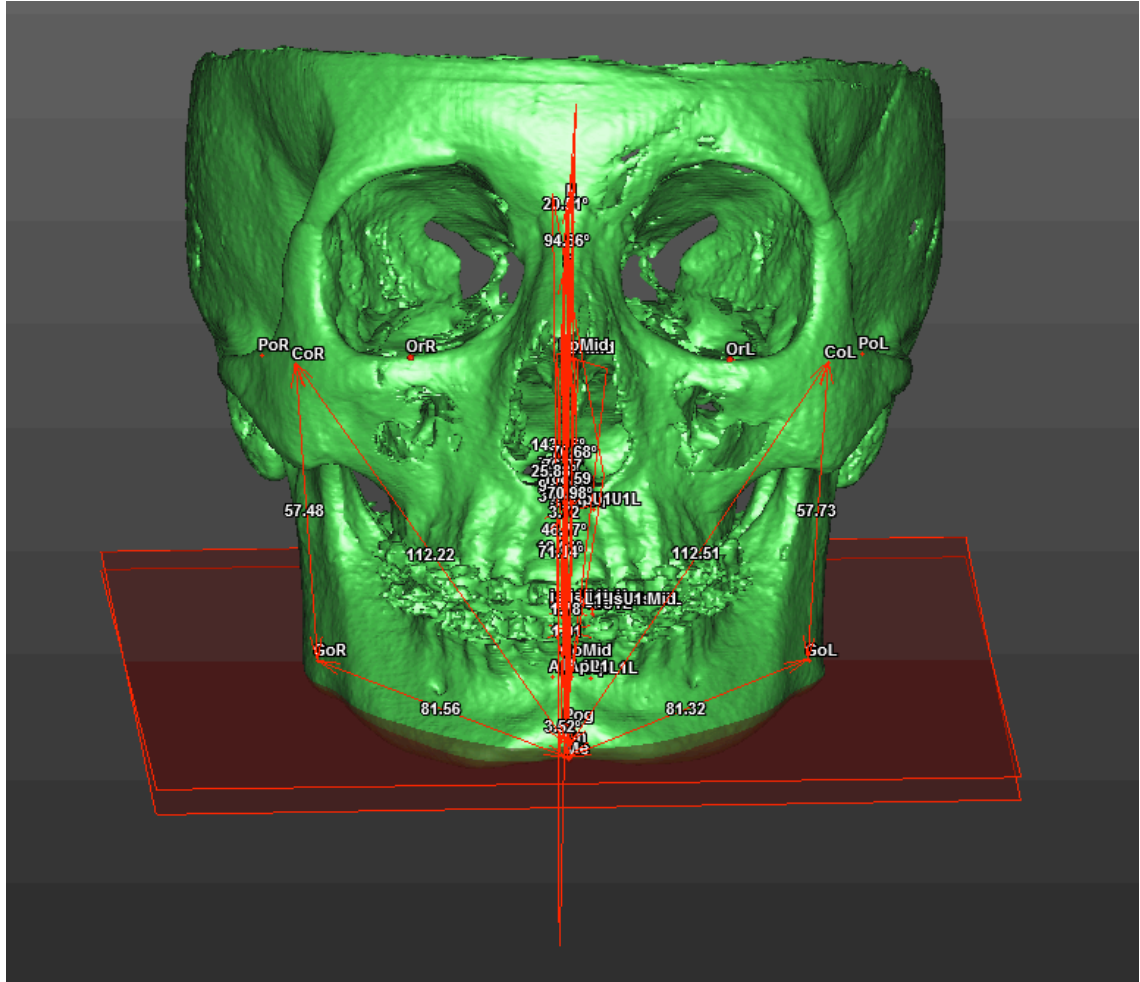
Şekil 3.1. Simplant O&O programı üzerinde örnek bir hastanın baş konumunun düzeltilmesi.



Şekil 3.2. Simplant O&O programı üzerinde örnek bir hastanın eşik değerinin (threshold) ayarlanması.



Şekil 3.3. Simplant O&O programı üzerinde örnek bir hastanın yapılan ölçümlerinin oblik görüntüsü.



uzunluğu ölçölmüştür. Alt çene boyutsal uzunluklarının incelenmesi için doğrusal olarak ramus, korpus ve efektif alt çene uzunlukları sol ve sağ olmak üzere ayrı ayrı ölçölmüştür.

Forsus apareyinin üst kesici dişler üzerindeki etkilerinin incelenmesi için açısal olarak SN-U1 açısı, FH-U1 açısı ve NA-U1 açısı, doğrusal olarak ise NA-U1 mesafesi ölçölmüştür. Alt kesici dişler üzerindeki etkilerinin incelenmesi için açısal olarak IMPA açısı, FMIA açısı, SN-L1 açısı ve NB-L1 açısı, doğrusal olarak ise NB-L1 mesafesi ölçölmüştür.

3.2.1. Çalışmada Kullanılan Referans Noktaları

Sella (S): Sella turcica'nın merkezi.

Nasion (N): Sutura frontonasalis'in en ön ve o bölgedeki girintinin en derin noktası.

Sol Orbita (OrL): Sol göz çukuru alt kenarının en derin noktası.

Sağ Orbita (OrR): Sağ göz çukuru alt kenarının en derin noktası.

Orbita Orta Noktası (OrMid): OrL ve OrR noktaları arasından geçen doğrunun orta noktası.

Sol Porion (PoL): Sol meatus acusticus externus'un en üst noktası.

Sağ Porion (PoR): Sağ meatus acusticus externus'un en üst noktası.

Porion Orta Noktası (PoMid): PoL ve PoR noktaları arasından geçen doğrunun orta noktası.

A Noktası (A): Anterior nasal spina altındaki üst çene alveolar kemik girintisinin en derin noktası.

B Noktası (B): Alt çene ucu ile alt çene alveolar çıkıntısının arasındaki kıvrımın en derin noktası.

Pogonion (Pog): Alt çene ucunun en ön noktası.

Gnathion (Gn): Alt çene ucunun en ön ve en alt noktası.

Menton (Me): Alt çene ucunun en alt noktası.

Sol Gonion (GoL): Sol alt çene corpusu ile ramusun birleşim yerinin en arka ve en alt noktası.

Sağ Gonion (GoR): Sağ alt çene corpusu ile ramusun birleşim yerinin en arka ve en alt noktası.

Gonion Orta Noktası (GoMid): GoL ile GoR noktaları arasından geçen doğrunun orta noktası.

Sol Condylion (CoL): Sol alt çene kondilinin en üst ve en arka noktası.

Sağ Condylion (CoR): Sağ alt çene kondilinin en üst ve en arka noktası.

Incision inferius (Ii): Sağ ve sol alt orta kesici diş kenarlarının orta noktası.

Lower incisor apex (LIA): Sağ ve sol alt orta kesici diş kök uçlarının orta noktası.

Incision superior (Is): Sağ ve sol üst orta kesici diş kenarlarının orta noktası.

Upper incisor apex (UIA): Sağ ve sol üst orta kesici diş kök uçlarının orta noktası.

3.2.2. Çalışmada Kullanılan Referans Düzlemleri ve Doğruları

Frankfurt Horizontal Düzlemi (FHD) (PoMid-OrMid): PoMid noktası ile OrMid noktası arasından geçen doğru.

Ön kafa kaidesi düzlemi (S-N): Sella ve Nasion noktaları arasından geçen doğru.

N-A: Nasion ve A noktaları arasından geçen doğru.

N-B: Nasion ve B noktaları arasından geçen doğru.

N-Pog: Nasion ve Pogonion noktaları arasından geçen doğru.

S-Gn: Sella ve Gnathion noktaları arasından geçen doğru.

A-Pog: A ve Pogonion noktaları arasından geçen doğru.

L1 (Ii-LIA): Incision inferius ve alt kesici apeksi (Lower incisor apex) noktaları arasından geçen doğru.

U1 (Is-UIA): Incision superior ve üst kesici apeksi (Upper incisor apex) noktaları arasından geçen doğru.

Mandibular Düzlem (MD) (GoL-GoR-Me): Sağ ve sol Gonion noktaları ile Menton noktası arasından geçen düzlem.

GoL-GoR-Gn: Sağ ve sol Gonion noktaları ile Gnathion noktası arasından geçen düzlem.

3.2.3. Çalışmada Kullanılan Ölçümler

FMA açısı: Midsagital düzlem üzerinde Frankfurt Horizontal Düzlemi ile Mandibular Düzlem arasındaki açı.

SN-GoGn açısı: Midsagital düzlem üzerinde Ön kafa kaidesi düzlemi ile GoL-GoR-Gn düzlemi arasındaki açı.

Yüz açısı: Midsagital düzlem üzerinde Frankfurt Horizontal Düzlemi ile N-Pog doğrusu arasındaki açı.

Y Aksı açısı: Midsagital düzlem üzerinde S-Gn doğrusu ile Ön kafa kaidesi düzlemi arasındaki açı.

Konveksite uzunluğu: Midsagital düzlem üzerinde Frankfurt Horizontal Düzlemine dik olacak şekilde A noktası ile N-Pog doğrusu arasındaki mesafe.

Konveksite açısı: Midsagital düzlem üzerinde N-A doğrusu ile N-Pog doğrusu arasındaki açı.

Sol Efektif Alt Çene Uzunluğu: CoL ile Gn noktaları arasındaki uzaklık.

Sağ Efektif Alt Çene Uzunluğu: CoR ile Gn noktaları arasındaki uzaklık.

Sol Korpus Uzunluğu: GoL ile Me noktaları arasındaki uzaklık.

Sağ Korpus Uzunluğu: GoR ile Me noktaları arasındaki uzaklık.

Sol Ramus Uzunluğu: CoL ile sol Go noktaları arasındaki uzaklık.

Sağ Ramus Uzunluğu: CoR ile sağ Go noktaları arasındaki uzaklık.

Ön Yüz Yüksekliği: Midsagital düzlem üzerinde Na ile Me noktaları arasındaki uzaklık.

Arka Yüz Yüksekliği: Midsagital düzlem üzerinde S ile GoMid noktaları arasındaki uzaklık.

SNA açısı: Midsagital düzlem üzerinde S, N ve A noktaları arasındaki açı.

SNB açısı: Midsagital düzlem üzerinde S, N ve B noktaları arasındaki açı.

ANB açısı: Midsagital düzlem üzerinde A, N ve B noktaları arasındaki açı.

IMPA açısı: Midsagital düzlem üzerinde GoMid ile Me noktaları arasından geçen doğru ile L1 doğrusu arasındaki açı.

SN-L1 açısı: Midsagital düzlem üzerinde ön kafa kaidesi düzlemi ile L1 doğrusu arasındaki açı.

FMIA açısı: Midsagital düzlem üzerinde Frankfurt Horizontal Düzlemi ile L1 doğrusu arasındaki açı.

SN-U1 açısı: Midsagital düzlem üzerinde ön kafa kaidesi düzlemi ile U1 doğrusu arasındaki açı.

FH-U1 açısı: Midsagital düzlem üzerinde Frankfurt Horizontal Düzlemi ile U1 doğrusu arasındaki açı.

NA-U1 açısı: Midsagital düzlem üzerinde N-A doğrusu ile U1 doğrusu arasındaki açı.

NA-U1 uzunluğu: Midsagital düzlem üzerinde Frankfurt Horizontal Düzlemine paralel olacak şekilde N-A doğrusu ile U1 doğrusu arasındaki uzaklık.

NB-L1 açısı: Midsagital düzlem üzerinde N-B doğrusu ile L1 doğrusu arasındaki açı.

NB-L1 uzunluğu: Midsagital düzlem üzerinde Frankfurt Horizontal Düzlemine paralel olacak şekilde N-B doğrusu ile L1 doğrusu arasındaki uzaklık.

3.3. İstatistiksel Yöntem

Verilerin istatistiksel analizinde SPSS 17.0 paket programı kullanılmıştır (140). Sürekli ölçümler ortalama, standart sapma ve minimum-maksimum olarak özetlenmiştir. Değişkenlerin tedavi öncesi ve tedavi sonrası değerlerinin karşılaştırılmasında parametrik test varsayımlarını sağlayan değişkenler için Paired T testi, parametrik test varsayımlarını sağlamayan değişkenlerde Wilcoxon testi kullanılmıştır. Değişkenlerin cinsiyete göre

karşılaştırılmasında parametrik test varsayımlarını sağlayan değişkenler için Student's T testi, parametrik test varsayımlarını sağlamayan değişkenlerde Mann Whitney U testi kullanılmıştır. Gruplar arası farkların karşılaştırmasında Mann Whitney U testi kullanılmıştır. Tüm testlerde istatistiksel önem düzeyi $p<0.05$ olarak alınmıştır.

KHBT görüntüleri üzerinde yapılan ölçümlerin güvenilirliğini ve tekrarlanabilirliğini değerlendirmek amacıyla her bir parametre için metod hatası analizi yapılmıştır. Tüm hastaların Forsus apareyi uygulanmadan önce ve Forsus apareyi çıkarıldıktan sonra alınan toplam 70 adet KHBT görüntüsü üzerindeki çizim ve ölçümler 1 ay ara ile aynı araştırmacı tarafından tekrarlanmıştır. Tekrarlanan bu ölçümler, Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı (ICC) analizi ile değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Metod Hatası Bulgularının Değerlendirilmesi

Araştırmamızda yapılan çizim ve ölçüm hatalarını belirlemek amacıyla yapılan Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı (ICC) analizi bulguları Çizelge 4.1.'de gösterilmiştir. Tüm ölçümlerde, sınıf içi korelasyon katsayılarının yüksek olduğu tespit edilmiştir. En yüksek güvenilirlik arka yüz yüksekliği ölçümünde bulunurken, en düşük güvenilirlik FMIA açısı ölçümünde bulunmuştur. Sınıf içi korelasyon katsayıları tüm ölçümler için 0,9'dan büyük bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı (ICC) analizi

	%95 Güven Aralığı	ICC
FMA (Açı)	0,965 - 0,988	0,978
SN-GoGn (Açı)	0,989 - 0,998	0,992
Yüz Açısı	0,971 - 0,987	0,979
Y Aksı (Açı)	0,985 - 0,995	0,991
Konveksite (mm)	0,986 - 0,991	0,989
Konveksite (açı)	0,989 - 0,996	0,992
Efektif Mandibula Uzunluğu Sol (mm)	0,985 - 0,992	0,989
Efektif Mandibula Uzunluğu Sağ (mm)	0,985 - 0,991	0,988
Korpus Uzunluğu Sol (mm)	0,993 - 0,996	0,994
Korpus Uzunluğu Sağ (mm)	0,989 - 0,994	0,992
Ramus Uzunluğu Sol (mm)	0,982 - 0,992	0,988
Ramus Uzunluğu Sağ (mm)	0,987 - 0,993	0,991
Ön Yüz Yüksekliği (mm)	0,988 - 0,994	0,991
Arka Yüz Yüksekliği (mm)	0,992 - 0,996	0,995
SNA (açı)	0,988 - 0,994	0,992
SNB (açı)	0,992 - 0,997	0,994
ANB (açı)	0,991 - 0,996	0,993
IMPA (açı)	0,973 - 0,987	0,982
SN-U1 (açı)	0,981 - 0,989	0,984
FH-U1 (açı)	0,969 - 0,985	0,975
NA-U1 (açı)	0,978 - 0,985	0,981
NA-U1 (mm)	0,977 - 0,985	0,981
SN-L1 (açı)	0,977 - 0,985	0,982
FMIA (FH-L1) (açı)	0,962 - 0,977	0,971
NB-L1(açı)	0,978 - 0,986	0,983
NB-L1(mm)	0,979 - 0,985	0,983

4.2. Üç Boyutlu Sefalometrik Bulguların Değerlendirilmesi

4.2.1. Tüm Bireylerin Üç Boyutlu Sefalometrik Bulgularının Değerlendirilmesi

Çalışmaya dahil edilen 35 hastanın Forsus apareyi uygulanmadan önceki (FÖ) ve çıkarıldıktan sonraki (FS) ölçüm değerleri Çizelge 4.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Çalışmaya dahil edilen tüm bireylerin üç boyutlu sefalometrik bulguları

Üst Grup (n=35)	FÖ		FS		Fark	p
	Ort±SS	Min-Maks	Ort±SS	Min-Maks		
FMA (açı)	21,2±6,2	8,9-33,0	21,4±6,6	8,2-33,2	0,2	0,276*
SN-GoGn (açı)	27,9±6,8	15,6-44,2	28±7,3	14,8-45,1	0,1	0,534*
Yüz Açısı	86,3±2,9	78,7-91,6	87,2±3,2	79,1-92,9	0,9	0,0001
Y Aksı (açı)	67,9±4,7	59,5-79,0	68,1±4,9	58,5-80,5	0,2	0,361
Konveksite (mm)	4,4±2,6	0,7-11,8	3,8±3,6	0,2-10,9	-0,6	0,004*
Konveksite (açı)	4,3±2,6	0,2-12,8	3,7±2,6	0,5-11,8	-0,6	0,0001*
Efektif Alt Çene Uzunluğu Sol (mm)	115,2±5,6	100,6-126,2	117,2±5,8	103,3-129,2	2	0,0001
Efektif Alt Çene Uzunluğu Sağ (mm)	115,1±5,3	101,3-124,8	116,9±5,5	103,9-128,1	1,8	0,0001
Korpus Uzunluğu Sol (mm)	79,3±4,6	68,5-89,9	80,6±4,7	70,3-92,2	1,3	0,0001
Korpus Uzunluğu Sağ (mm)	78,6±4,4	68,8-89,4	79,9±4,4	71,2-91,2	1,3	0,0001
Ramus Uzunluğu Sol (mm)	55,7±4,7	40,9-65,3	57,0±4,9	41,0-65,4	1,3	0,0001
Ramus Uzunluğu Sağ (mm)	56,1±4,7	43,0-65,8	57,5±5,8	43,0-67,0	1,4	0,0001
Ön Yüz Yüksekliği (mm)	110,3±6,1	97,4-128,8	111,9±6,2	95,2-129,2	1,6	0,0001
Arka Yüz Yüksekliği (mm)	75,1±5,7	62,2-89,6	76,6±5,8	62,3-89,6	1,5	0,0001
SNA (açı)	81,2±3,7	72,5-87,4	80,9±3,6	72,7-88,1	-0,3	0,1
SNB (açı)	74,8±3,5	65,2-82,2	75,5±3,6	65,7-83,0	0,7	0,0001
ANB (açı)	6,4±1,4	5,0-9,9	5,3±1,5	2,8-9,1	-1,1	0,0001*
IMPA (açı)	98,5±3,6	89,7-107,1	104,7±5,8	93,0-117,2	6,2	0,0001
SN-U1 (açı)	107,9±6,7	94,2-121,7	100,6±7,2	87,2-114,1	-7,3	0,0001
FH-U1 (açı)	117,5±5,4	105,1-128,7	110,3±5,9	98,2-120,7	-7,2	0,0001
NA-U1 (açı)	26,6±5,1	17,3-35,1	19,8±6,6	5,3-32,0	-6,8	0,0001*
NA-U1 (mm)	1,1±1,0	0,0-4,3	1,2±0,9	0,1-4,7	0,1	0,847*
SN-L1 (açı)	47,7±6,5	34,0-60,2	41,8±8,6	21,4-63,7	-5,9	0,0001
FMIA (FH-L1) (açı)	57,3±5,5	42,5-67,3	51,5±7,9	27,3-71,0	-5,8	0,0001
NB-L1(açı)	27,2±3,9	19,0-36,6	33,9±5,9	19,1-45,0	6,7	0,0001
NB-L1(mm)	1,1±1,2	0,1-5,4	1,5±0,9	0,0-4,4	0,4	0,114*
p: Paired T Testi; *: Wilcoxon Testi; Bold karakter: p<0,05						

Forsus apareyinin dik yön etkileri incelendiğinde, FMA açısında artış 0,2 derece, SN-GoGn açısındaki artış 0,1 derece, Y Aksı açısındaki artış ise 0,2 derecedir ve istatistiksel olarak anlamlı değildir. Ön yüz yüksekliğindeki artış 1,6 mm, arka yüz yüksekliğindeki artış ise 1,5 mm olarak bulunmuştur ve istatistiksel olarak anlamlıdır.

Yüz açısında 0,9 derecelik artış, konveksite açısında ise 0,6 derece azalma olmuştur ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Ayrıca konveksite uzunluğunda da 0,6 mm'lik azalma olmuştur ve istatistiksel olarak anlamlıdır.

SNA açısında 0,3 derecelik istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir azalma gözlenmiştir. SNB açısında 0,7 derecelik artış, ANB açısında 1,1 derecelik azalma meydana gelmiştir ve bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Alt çenedeki iskeletsel büyüme incelendiği zaman efektif alt çene uzunluğu solda 2 mm, sağda ise 1,8 mm kadar artış göstermiştir. Korpus uzunluğu solda ve sağda 1,3 mm kadar artış göstermiştir. Ramus uzunluğu ise solda 1,3 mm, sağda ise 1,4 mm kadar artış göstermiştir. Bu değer artışlarının hepsi istatistiksel olarak anlamlıdır. Sol ve sağ alt çene iskeletsel uzunluklardaki artışlar birbirleriyle uyumludur ve aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Ayrıca Forsus apareyinin dişsel etkileri de incelendiği zaman, üst kesici açılarında istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olmuştur. SN-U1 açısı 7,3 derece, FH-U1 açısı 7,2 derece azalmıştır. Alt kesici açılarında ise istatistiksel olarak anlamlı bir artış olmuştur. IMPA açısı 6,2 derece artmış, SN-L1 açısı 5,9 derece azalmış, FMIA açısı ise 5,8 derece azalmıştır ve istatistiksel olarak anlamlıdır. N-A doğrusuna göre üst kesici açısı 6,8 derece azalmış, N-B doğrusuna göre alt kesici açısı 6,7 derece artmıştır ve istatistiksel olarak anlamlıdır. N-A doğrusuna göre üst kesici mesafesi 0,1 mm, N-B doğrusuna göre alt kesici mesafesi 0,4 mm artmıştır ancak istatistiksel olarak anlamlı değildir.

4.2.2. Tüm Bireylerin Üç Boyutlu Sefalometrik Bulgularının Cinsiyetler Arası Değerlendirilmesi

Forsus apareyi uygulanmadan önceki (Çizelge 4.3.) ve uygulandıktan sonraki (Çizelge 4.4.) tüm ölçümlerin kendi içlerindeki cinsiyetler arası fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Çizelge 4.3. Forsus apareyi uygulanmadan önceki ölçümlerin cinsiyetlere göre dağılımları ve karşılaştırması

	Erkek (n=16)		Kız (n=19)		
	Ort±SS	Min-Maks	Ort±SS	Min-Maks	p
FMA (açı)	20,2±4,7	12,3-31,5	22,1±7,3	8,9-33,0	0,378*
SN-GoGn (açı)	26,8±5,6	17,6-38,5	29,0±7,7	15,6-44,2	0,350*
Yüz Açısı	87,0±2,4	82,6-91,6	85,8±3,2	78,7-90,9	0,215
Y Aksı (açı)	67,0±5,2	60,6-76,6	68,7±5,1	59,5-79,0	0,281
Konveksite (mm)	3,6±2,5	0,7-9,9	5,0±2,6	0,9-11,8	0,113*
Konveksite (açı)	3,4±2,4	0,2-8,8	5,1±2,7	0,9-12,8	0,087*
Efektif Alt Çene Uzunluğu Sol (mm)	117,1±4,6	111,7-126,2	113,6±6,0	100,6-125,5	0,067
Efektif Alt Çene Uzunluğu Sağ (mm)	116,7±4,3	110,0-124,2	113,6±5,8	101,3-124,8	0,085
Korpus Uzunluğu Sol (mm)	80,7±4,1	73,5-89,9	78,2±4,9	68,5-86,0	0,117
Korpus Uzunluğu Sağ (mm)	80,3±3,9	73,7-89,4	77,2±4,3	68,8-83,3	0,095
Ramus Uzunluğu Sol (mm)	57,1±3,9	49,0-63,5	54,7±5,1	40,9-65,3	0,139
Ramus Uzunluğu Sağ (mm)	57,0±4,3	46,3-65,8	55,4±5,0	43,0-65,2	0,315
Ön Yüz Yüksekliği (mm)	111,4±5,5	105,6-128,8	109,4±6,6	97,4-119,5	0,329
Arka Yüz Yüksekliği (mm)	76,7±5,0	69,1-86,1	73,8±6,0	62,2-89,6	0,133
SNA (açı)	81,1±3,5	75,5-86,4	81,3±4,0	72,5-87,4	0,836
SNB (açı)	75,0±3,0	69,8-79,1	74,6±4,0	65,2-82,2	0,717
ANB (açı)	6,0±1,2	5,0-9,3	6,8±1,5	5,1-9,9	0,143*
IMPA (açı)	99,3±3,7	93,1-107,1	97,8±3,5	89,7-103,8	0,213
SN-U1 (açı)	109,0±5,3	98,6-118,2	107,2±7,7	94,2-121,7	0,432
FH-U1 (açı)	118,4±3,6	113,0-126,5	116,8±6,6	105,1-128,7	0,375
NA-U1 (açı)	27,7±4,2	17,3-35,1	25,6±5,7	17,6-34,8	0,241*
NA-U1 (mm)	1,3±1,2	0,2-4,3	1,0±0,8	0,0-2,8	0,3
SN-L1 (açı)	48,9±5,6	42,6-59,8	46,8±7,2	34,0-60,2	0,353
FMIA (FH-L1) (açı)	58,4±4,3	53,5-67,3	56,4±6,3	42,5-67,2	0,304
NB-L1(açı)	26,5±3,6	19,0-31,4	27,7±4,3	20,8-36,6	0,398
NB-L1(mm)	1,2±1,1	0,1-4,3	1,0±1,3	0,2-5,4	0,723*
p: Student's T testi; *:Mann Whitney U testi; Bold karakter: p<0,05					

Çizelge 4.4. Forsus apareyi çıkarıldıktan sonraki ölçümlerin cinsiyetlere göre dağılımları ve karşılaştırması

	Erkek (n=16)		Kız (n=19)		
	Ort±SS	Min-Maks	Ort±SS	Min-Maks	p
FMA (açı)	19,5±4,7	11,5-30,0	21,9±7,9	8,2-33,2	0,284*
SN-GoGn (açı)	26,2±5,8	16,9-38,2	29,1±8,3	14,8-45,1	0,245*
Yüz Açısı	88,0±2,7	83,8-92,9	86,4±3,4	79,1-92,8	0,138
Y Aksı (açı)	67,0±4,4	60,9-77,9	69,1±5,3	58,5-80,5	0,228
Konveksite (mm)	2,9±2,3	0,2-8,0	4,6±2,4	0,9-10,9	0,072*
Konveksite (açı)	2,7±2,2	0,5-7,6	4,6±2,6	0,8-11,8	0,084*
Efektif Alt Çene Uzunluğu Sol (mm)	119,4±4,1	112,5-127,0	115,2±6,4	103,3-129,2	0,068
Efektif Alt Çene Uzunluğu Sağ (mm)	118,9±4,1	112,2-126,9	115,2±6,1	103,9-128,1	0,076
Korpus Uzunluğu Sol (mm)	82,4±3,8	75,5-92,2	79,1±4,9	70,3-87,6	0,067
Korpus Uzunluğu Sağ (mm)	82,0±3,7	74,5-91,2	78,2±4,3	71,2-85,5	0,075
Ramus Uzunluğu Sol (mm)	58,6±4,2	49,3-65,3	55,7±5,3	41,0-65,4	0,077
Ramus Uzunluğu Sağ (mm)	58,7±4,5	46,9-67,0	56,6±5,1	43,0-65,6	0,208
Ön Yüz Yüksekliği (mm)	113,4±5,4	106,9-129,2	110,7±6,7	95,2-124,2	0,138
Arka Yüz Yüksekliği (mm)	78,5±5,5	66,7-87,0	75,0±5,8	62,3-89,6	0,078
SNA (açı)	80,7±3,1	75,6-85,9	81,0±4,0	72,7-88,1	0,829
SNB (açı)	75,7±3,0	70,8-80,4	75,3±4,1	65,7-83,0	0,741
ANB (açı)	4,9±1,4	2,8-9,1	5,7±1,5	3,7-8,7	0,119*
IMPA (açı)	104,1±6,5	93,0-117,2	105,2±5,4	96,2-114,1	0,58
SN-U1 (açı)	102,3±7,0	91,8-113,2	99,2±7,3	87,2-114,1	0,22
FH-U1 (açı)	111,9±5,0	102,9-119,7	109,0±6,4	98,2-120,7	0,158
NA-U1 (açı)	21,9±6,1	8,4-32,0	18,2±6,6	5,3-31,4	0,095
NA-U1 (mm)	1,5±1,1	0,4-4,7	0,9±0,9	0,1-3,5	0,091*
SN-L1 (açı)	45,4±8,3	34,2-63,7	38,8±7,9	21,4-49,3	0,082
FMIA (FH-L1) (açı)	55,0±6,8	44,7-71,0	48,6±7,8	27,3-57,9	0,075
NB-L1(açı)	31,7±6,2	19,1-43,8	35,8±5,1	27,8-45,0	0,067
NB-L1(mm)	1,8±1,2	0,1-4,4	1,3±0,6	0,0-2,3	0,135*
p: Student's T testi; *:Mann Whitney U testi; Bold karakter: p<0,05					

4.2.3. Gruplar Arası Üç Boyutlu Sefalometrik Bulguların Karşılaştırması

1. Gruptaki 17 hastanın Forsus apareyi uygulanmadan önceki (FÖ) ve çıkarıldıktan sonraki (FS) ölçüm değerleri Çizelge 4.5.'de, 2. Gruptaki 18 hastanın ölçüm değerleri ise Çizelge 4.6.'de gösterilmiştir. Gruplar arasındaki farkların istatistiksel analizi ise Çizelge 4.7.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. 1. Gruptaki bireylerin üç boyutlu sefalometrik bulguları

1. GRUP (n=17)	FÖ		FS			
	Ort±SS	Min-Maks	Ort±SS	Min-Maks	Fark	p
FMA (açı)	20,4±5,6	12,3-33,0	20,8±5,9	11,5-33,2	0,4	0,170*
SN-GoGn (açı)	27,3±6,1	17,6-44,2	27,7±6,7	16,9-45,1	0,4	0,492*
Yüz Açısı	86,7±3,0	80,9-91,6	87,5±3,1	81,1-92,9	0,8	0,0001
Y Aksı (açı)	67,0±4,0	60,6-76,9	67,3±4,3	60,9-77,2	0,3	0,32
Konveksite (mm)	4,6±3,6	0,7-11,8	3,6±2,9	0,2-10,9	-1	0,002*
Konveksite (açı)	4,4±3,4	0,2-12,8	3,5±3,0	0,5-11,8	-0,9	0,001*
Efektif Alt Çene Uzunluğu Sol (mm)	114,7±5,7	100,6-125,5	117,7±5,9	103,3-129,2	3	0,0001
Efektif Alt Çene Uzunluğu Sağ (mm)	114,7±5,7	101,3-124,8	117,7±5,8	103,9-128,1	3	0,0001
Korpus Uzunluğu Sol (mm)	78,3±5,5	68,5-89,9	80,3±5,6	70,3-92,2	2	0,0001
Korpus Uzunluğu Sağ (mm)	77,9±5,3	68,8-89,4	80,0±5,3	71,2-91,2	2,1	0,0001
Ramus Uzunluğu Sol (mm)	56,0±3,4	46,9-60,3	57,9±3,6	48,5-63,2	1,9	0,0001
Ramus Uzunluğu Sağ (mm)	56,1±3,4	46,1-59,6	58,3±3,5	48,7-62,6	2,2	0,0001
Ön Yüz Yüksekliği (mm)	109,2±5,6	98,4-119,5	112,3±6,1	102,4-124,2	3,1	0,0001
Arka Yüz Yüksekliği (mm)	74,8±5,0	62,2-84,0	77,6±5,1	66,6-86,4	2,8	0,0001
SNA (açı)	81,6±3,0	76,0-86,0	81±3,1	73,5-85,7	-0,6	0,068
SNB (açı)	74,9±2,7	68,9-89,3	75,6±2,8	69,2-80,4	0,7	0,003
ANB (açı)	6,5±1,6	5,1-9,9	5,2±1,6	2,8-8,7	-1,3	0,0001*
IMPA (açı)	98,9±2,4	95,8-103,1	103,5±5,0	96,5-112,4	4,6	0,001
SN-U1 (açı)	107,7±6,1	95,1-115,2	101,6±6,5	91,8-113,0	-6,1	0,001
FH-U1 (açı)	117,3±4,4	109,5-124,2	111,2±4,8	102,6-119,6	-6,1	0,001
NA-U1 (açı)	25,8±5,0	17,3-33,4	20,9±6,5	8,4-32,0	-4,9	0,013*
NA-U1 (mm)	1,1±1,1	0,1-4,3	1,4±1,2	0,3-4,7	0,3	0,758*
SN-L1 (açı)	48,3±6,7	36,1-59,8	43,9±9,3	21,7-63,7	-4,4	0,003
FMIA (FH-L1) (açı)	57,8±6,0	42,5-67,3	53,5±8,7	27,3-71,0	-4,3	0,003
NB-L1(açı)	26,4±4,0	19,0-32,7	31,6±5,4	19,1-40,1	5,2	0,001
NB-L1(mm)	1,5±1,5	1,1-5,4	1,6±1,0	0,1-4,4	0,1	0,523*
p: Paired T Testi; *: Wilcoxon Testi; Bold karakter: p<0,05						

Çizelge 4.6. 2. Gruptaki bireylerin üç boyutlu sefalometrik bulguları

2. GRUP (n=18)	FÖ		FS			
	Ort±SS	Min-Maks	Ort±SS	Min-Maks	Fark	p
FMA (açı)	22,0±6,9	8,9-32,7	21,5±7,4	8,2-32,9	-0,5	0,058*
SN-GoGn (açı)	28,6±7,6	15,6-39,2	28,6±8,0	14,8-39,7	0	0,647*
Yüz Açısı	86,0±2,9	78,7-90,9	86,8±3,2	79,1-92,8	0,8	0,0001
Y Aksı (açı)	68,9±5,2	59,5-79,0	69,0±5,5	58,5-80,5	0,1	0,983
Konveksite (mm)	4,2±1,8	1,2-8,2	4,1±2,0	1,1-8,0	-0,1	0,298*
Konveksite (açı)	4,2±1,9	1,1-7,8	3,9±2,1	0,5-7,6	-0,3	0,0001*
Efektif Alt Çene Uzunluğu Sol (mm)	115,7±5,6	107,2-126,2	116,6±5,8	107,8-127,0	0,9	0,0001
Efektif Alt Çene Uzunluğu Sağ (mm)	115,4±5,1	107,3-124,0	116,1±5,3	107,6-125,0	0,7	0,0001
Korpus Uzunluğu Sol (mm)	80,3±3,6	72,8-87,4	80,9±3,7	72,8-87,4	0,6	0,0001
Korpus Uzunluğu Sağ (mm)	79,2±3,3	71,8-86,0	80,0±3,5	71,8-86,0	0,8	0,0001
Ramus Uzunluğu Sol (mm)	55,5±5,8	40,9-65,3	56,2±6,0	41,0-65,4	0,7	0,0001
Ramus Uzunluğu Sağ (mm)	56,1±5,8	43,0-65,8	56,8±5,9	43,0-67,0	0,7	0,0001
Ön Yüz Yüksekliği (mm)	111,4±6,5	97,4-128,8	111,6±6,5	95,2-129,2	0,2	0,679
Arka Yüz Yüksekliği (mm)	75,4±6,4	62,2-89,6	75,7±6,5	62,3-89,6	0,3	0,133
SNA (açı)	80,9±4,3	72,5-87,4	80,9±4,1	72,7-88,1	0	0,679
SNB (açı)	74,7±4,2	65,2-82,2	75,4±4,3	65,7-83,0	0,7	0,001
ANB (açı)	6,2±1,3	5,0-9,3	5,5±1,4	3,8-9,1	-0,7	0,001*
IMPA (açı)	98,2±4,5	89,7-107,1	105,7±6,5	93,0-117,2	7,5	0,0001
SN-U1 (açı)	108,2±7,4	94,2-121,7	99,6±7,9	87,2-114,1	-8,6	0,0001
FH-U1 (açı)	117,8±6,3	105,1-128,7	109,4±6,8	98,2-120,7	-8,4	0,0001
NA-U1 (açı)	27,3±5,2	17,6-35,1	18,8±6,6	5,3-29,8	-8,5	0,0001*
NA-U1 (mm)	1,1±1,1	0,0-3,4	1,0±0,7	0,1-2,2	-0,1	0,472*
SN-L1 (açı)	47,2±6,5	34,0-60,2	39,9±7,7	21,4-52,6	-7,3	0,001
FMIA (FH-L1) (açı)	56,8±5,1	47,1-67,2	49,7±7,0	34,1-61,4	-7,1	0,001
NB-L1(açı)	27,9±3,9	20,8-36,6	36,2±5,7	27,7-45,0	8,3	0,0001
NB-L1(mm)	0,8±0,7	0,2-2,6	1,3±0,9	0,0-3,6	0,5	0,078*
p: Paired T Testi; *: Wilcoxon Testi; Bold karakter: p<0,05						

Çizelge 4.7. Gruplar arası farkların istatistiksel anlamlılık düzeyi analizi

	1. GRUP		2. GRUP		
	Ort	Min-Maks	Ort	Min-Maks	p
FMA (açı)	0,4	(-0,8-0,2)	-0,5	(-0,7-0,2)	0,883
SN-GoGn (açı)	0,4	(-3,9-2,0)	0	(-2,9-5,4)	0,883
Yüz Açısı	0,8	(0,0-2,6)	0,8	(-0,1-2,5)	0,987
Y Aksı (açı)	0,3	(-1,4-2,5)	0,1	(-2,6-2,6)	0,636
Konveksite (mm)	-1	(-3,5-0,6)	-0,1	(-1,3-2,0)	0,032
Konveksite (açı)	-0,9	(-2,6-0,4)	-0,3	(-1,4-1,2)	0,019
Efektif Alt Çene Uzunluğu Sol (mm)	3	(1,5-5,4)	0,9	(0,1-2,5)	0,0001
Efektif Alt Çene Uzunluğu Sağ (mm)	3	(1,8-5,1)	0,7	(0,0-1,9)	0,0001
Korpus Uzunluğu Sol (mm)	2	(0,3-4,5)	0,6	(0,0-2,7)	0,0001
Korpus Uzunluğu Sağ (mm)	2,1	(0,1-3,3)	0,8	(0,0-2,9)	0,001
Ramus Uzunluğu Sol (mm)	1,9	(0,3-3,9)	0,7	(0,0-2,1)	0,0001
Ramus Uzunluğu Sağ (mm)	2,2	(0,3-4,0)	0,7	(0,1-1,6)	0,0001
Ön Yüz Yüksekliği (mm)	3,1	(0,4-6,1)	0,2	(-3,1-5,3)	0,0001
Arka Yüz Yüksekliği (mm)	2,8	(0,5-6,0)	0,3	(-2,4-1,5)	0,0001
SNA (açı)	-0,6	(-3,3-1,9)	0	(-1,4-3,1)	0,072
SNB (açı)	0,7	(-0,5-2,0)	0,7	(-0,4-2,1)	0,961
ANB (açı)	-1,3	(-3,6-0,0)	-0,7	(-1,9-1,2)	0,011
IMPA (açı)	4,6	(-0,6-10,4)	7,5	(-0,1-13,4)	0,049
SN-U1 (açı)	-6,1	(-17,4-3,9)	-8,6	(-16,3-(-2,4))	0,103
FH-U1 (açı)	-6,1	(-17,5-3,9)	-8,4	(-16,1-(-1,3))	0,163
NA-U1 (açı)	-4,9	(-16,2-9,2)	-8,5	(-16,2-(-1,4))	0,062
NA-U1 (mm)	0,3	(-1,9-4,0)	-0,1	(-2,2-1,8)	0,568
SN-L1 (açı)	-4,4	(-14,4-3,9)	-7,3	(-16,1-5,0)	0,032
FMIA (FH-L1) (açı)	-4,3	(-15,2-3,7)	-7,1	(-13,1-5,5)	0,036
NB-L1(açı)	5,2	(-0,8-11,1)	8,3	(-0,4-15,1)	0,049
NB-L1(mm)	0,1	(-4,1-3,7)	0,5	(-2,3-3,3)	0,443
p: Mann Whitney U testi; Bold karakter: p<0,05					

Forsus apareyinin dik yön etkilerini karşılaştırdığımızda, FMA açısı 1. Grupta 0,4 derecelik bir artma, 2. Grupta ise 0,5 derecelik bir azalma göstermiştir. SN-GoGn açısı 1. Grupta 0,4 derecelik bir artış göstermiş, 2. Grupta açısal değişiklik olmamıştır. Y Aksı açısında 1. Grupta 0,3 derecelik bir artış, 2. Grupta ise 0,1 derecelik bir artış gözlemlenmiştir. Bu açılardaki değişiklikler istatistiksel olarak anlamlı değildir ve gruplar arası farklar anlamlı bulunmamıştır. Ön yüz yüksekliğindeki artış 1. Grupta 3,1 mm iken, 2. Grupta 0,2 mm'dir. Arka yüz yüksekliğinde ise 1. Gruptaki artış 2,8 mm iken, 2. Grupta 0,3 mm olmuştur. Ön ve arka yüz yüksekliklerindeki artış 1. Grupta istatistiksel olarak anlamlı, 2. Grupta ise anlamlı değildir ve gruplar arası farklar anlamlı bulunmuştur.

Yüz açısındaki artış her iki grupta da 0,8 mm olmuştur ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Gruplar arası fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. Konveksite açısında 1. Grupta 0,9 derecelik artış, 2. Grupta ise 0,3 derecelik bir azalma olmuştur ve her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlıdır. Konveksite uzunluğunda ise 1. Grupta 1 mm'lik istatistiksel olarak anlamlı bir azalma meydana gelirken, 2. Grupta 0,1 mm'lik istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir azalma meydana gelmiştir. Konveksite açısı ve uzunluğundaki gruplar arası farklar anlamlı bulunmuştur.

SNA açısında, 1. Grupta 0,6 derecelik istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir azalma meydana gelirken 2. Grupta değişiklik olmamıştır ve gruplar arası fark anlamlı bulunmamıştır. SNB açısında ise her iki grupta da 0,7 derecelik istatistiksel olarak anlamlı bir artış olmuştur ve gruplar arası fark anlamlı değildir. ANB açısında 1. Grupta 1,3 derece, 2. Grupta ise 0,7 derece istatistiksel olarak anlamlı azalma gözlemlenmiştir ve gruplar arası fark anlamlı bulunmuştur.

Alt çenedeki iskeletsel büyüme incelendiği zaman, her iki grupta da büyüme ve gruplar arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Ancak, 1. Gruptaki büyüme miktarı, 2. Gruptaki büyüme miktarına göre daha fazladır. Efektif alt çene uzunluğu 1. Grupta her iki tarafta da 3 mm artış göstermiş, 2. Grupta solda 0,9 mm, sağda ise 0,7 mm artış göstermiştir. Korpus uzunluğu 1. Grupta solda 2 mm, sağda ise 2,1 mm artış gösterirken, 2. Grupta solda 0,6 mm, sağda ise 0,8 mm artış göstermiştir. Ramus uzunluğu 1. Grupta solda 1,9 mm, sağda 2,2 mm artış göstermiş, 2. Grupta ise solda ve

sağda 0,7 mm artış göstermiştir. Sol ve sağ alt çene iskeletsel uzunluklardaki artışlar birbirleriyle uyumludur ve aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Dişsel değişikliklerin karşılaştırmasını yaptığımızda, üst kesici açıları 2. Grupta daha fazla olmak üzere her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlı azalma göstermiştir ve gruplar arası farklar anlamlı bulunmamıştır. 1. Grupta SN-U1 ve FH-U1 açıları 6,1 derece azalmış iken, 2. Grupta SN-U1 açısı 8,6 derece, FH-U1 açısı 8,4 derece azalmıştır. Alt kesici açıları ise 2. Grupta daha fazla olmak üzere her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlı artış göstermiştir ve gruplar arası farklar da anlamlı bulunmuştur. IMPA açısı 1. Grupta 4,6 derece, 2. Grupta 7,5 derece artmıştır. SN-L1 açısı 1. Grupta 4,4 derece, 2. Grupta ise 7,3 derece azalmıştır. FMIA açısı ise 1. Grupta 4,3 derece, 2. Grupta ise 7,1 derece azalmıştır. N-A doğrusuna göre üst kesici açısı 1. Grupta 4,9 derece, 2. Grupta ise 8,5 derece azalmıştır ve her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlıdır. N-B doğrusuna göre alt kesici açısı ise 1. Grupta 5,2 derece artmış, 2. Grupta ise 8,3 derece azalmıştır ve her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlıdır. N-A doğrusuna göre üst kesici mesafesi 1. Grupta 0,3 mm artmış, 2. Grupta ise 0,1 mm azalmıştır ve bu değişimler her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlı değildir. N-B doğrusuna göre alt kesici mesafesi ise 1. Grupta 0,1 mm, 2. Grupta ise 0,5 mm artmıştır ve her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlı değildir. Üst ve alt kesici mesafelerindeki gruplar arası farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

5. TARTIŞMA

Araştırmamızın amacı Sınıf II Bölüm 1 kapanış bozukluğuna sahip hastalarda uygulanan Forsus apareyinin (Forsus Fatigue Resistant Device) iskeletsel etkilerinin üç boyutlu KHBT görüntüleri üzerinde incelenmesidir. Ayrıca, konvansiyonel iki boyutlu sefalometrik analiz kullanılarak yapılan çalışmalarla karşılaştırabilmek ve iskeletsel etkileriyle birlikte kesici dişler üzerindeki etkilerini de değerlendirebilmek amacıyla üç boyutlu KHBT görüntülerinin midsagital düzlem üzerindeki ölçümleri ile dişsel ölçümleri de yapılmıştır.

5.1. Gereç ve Yöntem

Bu çalışma, Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'na tedavi amacıyla başvuran alt çene geriliğine sahip iskeletsel Sınıf II, dişsel Sınıf II Bölüm 1 kapanış bozukluğuna sahip sabit fonksiyonel aparey endikasyonu konmuş 13-17 yaşları arasında 35 hastanın kayıtları üzerinde yürütülmüştür. Çalışmaya dahil etme kriterlerinde tüm daimi dişleri sürmüş ve konjenital diş eksikliği olmayan, herhangi bir sistemik ve TME problemi olmayan, ANB açısı 4 dereceden büyük, overjet miktarı ise 5 mm'den fazla olan hastalar dahil edilmiştir. Geriye dönük olarak planlanan bu çalışmada, bu bireylerin KHBT görüntüleri üzerinde Forsus apareyi uygulanmadan önceki verileriyle Forsus apareyi uygulanıp dişsel Sınıf I kapanış elde edilip aparey çıkarıldıktan sonraki verileri karşılaştırılmıştır. Elimizde sadece Forsus apareyi ile tedavi edilen bireylerin KHBT görüntüleri bulunduğu için ve etik olarak tedavi edilmemiş bireyler üzerinden benzer zaman aralığında KHBT görüntüleri alınması uygun olmayacağı için kontrol grubu oluşturulamamıştır.

Sabit fonksiyonel apareylerin uygulanma yaşı, bireylerin büyüme ve gelişim potansiyelleri farklı olabileceğinden dolayı elde edeceğimiz sonuçlar açısından önemlidir. Yapılan klinik çalışmaların birçoğunda fonksiyonel apareylerin iskeletsel etkilerinin en fazla pubertal gelişimin peak döneminde olduğu belirtilmiştir (141-149).

King ve ark., yaptıkları literatür taramasında Sınıf II kapanış bozukluğuna sahip hastaların tedavisinde maksimum iskeletsel etki elde etmek için tedaviye pübortal gelişimin prepeak ya da peak dönemde başlanması gerektiğini belirtmişlerdir (144).

Hansen ve ark. Herbst apareyinin pübortal gelişimin prepeak, peak ve postpeak dönemlerindeki etkilerini inceleyen bir çalışma yapmışlardır ve en fazla çene gelişimini prepeak dönemdeki bireylerde tesbit etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda büyüme süresince uygulanan Herbst tedavisinin uzun dönemdeki sonuçlar üzerinde kesin bir etkisinden söz edilememiştir. Ancak tedavi sonrası oklüzal stabiliteyi kolaylaştırmak ve tedavi sonrası retansiyon süresini kısaltmak için Herbst apareyinin daimi dişlenmedeki bireylerde ya da peak pübortal döneminin hemen sonrasında uygulanmasını tavsiye etmişlerdir (147).

Baccetti ve Franchi, ortopedik etki için fonksiyonel aparey uygulanma zamanı ile ilgili yaptıklarında çalışmalarında peak pübortal dönemde ya da hemen sonrasında uygulanan fonksiyonel apareylerin alt çene gelişimi üzerinde daha erken dönemde uygulanan fonksiyonel aparey tedavilerine göre iki kat hatta daha fazla etkili olduğunu bildirmişlerdir (148).

Hagg ve Pancherz, Herbst apareyi ile peak pübortal dönemindeki hastaların tedavisi sonrası elde edilen alt çenenin sagittal yöndeki büyümesinin, peak dönemden üç yıl önceki ve üç yıl sonraki hastaların tedavisi sonrası elde edilen büyümeye göre iki kat fazla olduğunu belirtmişlerdir (149).

Pancherz, fonksiyonel tedavi ile ortognatik cerrahi tedavilerini değerlendirdiği çalışmasında 20 yaşından sonra bile büyüme ve gelişim gözlenebildiğini ve Herbst apareyi ile yapılan fonksiyonel tedavinin ileri yaşlarda özellikle hafif şiddetteki Sınıf II kapanış bozukluğuna sahip bireylerde başarılı olabileceğini belirtmiştir (150). Aynı şekilde Ruf ve ark., peak pübortal ve geç pübortal dönemdeki hastalar üzerinde yaptıkları çalışmada, adölesan dönemdeki hastalardaki gibi genç erişkin hastalarda da sabit fonksiyonel aparey tedavisi ile dentofasiyal adaptasyonun mümkün olduğunu belirtmişlerdir (151). Bakke ve Paulsen de, Sınıf II kapanış bozukluğuna sahip 17 yaşındaki erkek bir hasta üzerinde yaptıkları çalışmada Herbst tedavisi sonrası dentoalveolar düzeltim göre daha az olsa da alt çene korpus ve ramus uzunluğunda artış meydana geldiğini belirtmişlerdir (152). Aras ve ark., peak pübortal dönemindeki ve geç

pübortal dönemdeki Sınıf II kapanış bozukluğuna sahip bireylerde yaptıkları çalışmada her iki grupta da iskeletsel değişimin olduğunu ancak geç pübortal dönemdeki genç erişkinlerde tedavi sonunda elde edilen iskeletsel değişimin belirgin olmadığını ve düzeltimin daha çok dişsel değişiklikler ile meydana geldiğini bildirmişlerdir (12). Konik ve ark., erken ve geç dönemdeki Herbst tedavisinin etkilerini araştırdıkları çalışmalarında geç tedavi edilen hastalarda üst kesicilerin daha fazla dikleştiği ve alt kesicilerin açısının daha fazla arttığını belirtmişlerdir (153).

Bireylerin büyüme ve gelişim potansiyellerine göre Sınıf II sabit fonksiyonel aparey tedavisinin dişsel ve iskeletsel cevabı farklı olduğu için çalışmamızda 35 hastadaki değişikliklerin tek grup halinde incelenmesinin yanında, peak pübortal grup olarak 13-14 yaşları ile geç pübortal grup olarak 15-17 yaşları arasında hastalardan oluşan iki alt grup oluşturulmuş ve bu gruplarda meydana gelen değişimler ayrı ayrı incelenmiştir.

Forsus apareyinin etkilerinin değerlendirildiği çalışmamızda alt gruplar oluşturulurken cinsiyete göre dağılım yapılmamıştır. Ancak, cinsiyete göre dağılım sayısının birbirine yakın olması amaçlanmıştır.

Luder (154), Jakobsson (155), ve yaptıkları çalışmada alt çenede meydana gelen büyüme ve gelişimin cinsiyete bağlı olarak farklılıklar gösterebileceğinden bahsetmişlerdir.

Aelbers ve Dermaut (156), yaptıkları çalışmada Sınıf II kapanış bozukluğuna sahip 15 yaşındaki kızlarda alt çene uzunluğunun erkeklere göre 2 mm kısa olabileceğinden söz etmişlerdir. Bu durumun Harris (157) tarafından yapılan çalışmada da desteklenmesine rağmen birçok çalışmada fark bulunmadığı belirtilmiştir (158-161). Ayrıca Buschang (162, 163), Bishara (164) ve Carter (165) tarafından yapılan araştırmalarda alt çene büyümesinin cinsiyete göre değiştiğinin belirtilmesine rağmen Luder (154) ve Jakobsson (155) tarafından yapılan çalışmalar dışında cinsiyete göre değişiklik olduğu net bir şekilde ortaya konamamıştır.

Küçükkeleş ve ark., Sınıf II kapanış bozukluğuna sahip hastalarda Jasper Jumper apareyinin etkilerini incelediği çalışmada, tedavi ve kontrol grubunda meydana gelen değişikliklerde cinsiyetler arasında anlamlı bir fark bulunmadığını belirtmişlerdir. (166)

Çalışmamızda üst grup olan 35 hastanın Forsus apareyi uygulanmadan önceki ve uygulandıktan sonraki değerleri kendi içlerinde 16 erkek ve 19 kız olarak cinsiyetlere

göre ayrılmış ve ölçümlerin tamamında cinsiyetler arası istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Hem yapılan çalışmalar sonucunda cinsiyetler arası kesin bir fark belirtilememiş olması hem de cinsiyetler arası dağılım yapıldığında gruplardaki birey sayısının azalacak ve istatistiksel analiz güvenilirliğinin düşecek olmasından dolayı, yaşa göre oluşturduğumuz yaş alt gruplarında cinsiyete göre dağılım yapılmamıştır.

Çalışmamızda iki boyutlu sefalometrik filmler yerine üç boyutlu KHBT görüntüleri kullanılmıştır. Çünkü, geleneksel sefalometrik filmler üç boyutlu cisimlerin iki boyuta indirgenmesiyle oluşturuldukları için bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bunlar; görüş açısındaki yetersizlik, projeksiyon hataları, geometrik bozulmalar, filmdeki istenmeyen görüntüler, cihazlara göre değişen magnifikasyon oranları ve baş pozisyonlandırmasındaki hatalar olarak bildirilmiştir (25-30). Ayrıca, çalışmamızdaki çizim ve ölçüm hatalarını belirlemek amacıyla yapılan Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı (ICC) analizi bulguları sonucu tekrarlanabilirlik yüksek bulunmuştur.

Michele ve ark. (167), geleneksel sefalometrik filmler üzerinden iki boyutlu sefalometrik analizler ile KHBT görüntüleri üzerinden üç boyutlu sefalometrik analizleri karşılaştırmışlar ve aralarında istatistiksel olarak fark olmadığını bildirmişlerdir. Ancak Adams ve ark. (88), insan kafa iskeletleri üzerinde iki boyutlu sefalometrik filmler ile üç boyutlu bilgisayarlı tomografi görüntülerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, üç boyutlu görüntüler üzerindeki ölçümlerin daha kesin ve daha doğru olduklarını bildirmişlerdir. Ayrıca, KHBT görüntülerinin fasiyal yapılarıdaki büyüme ve gelişim ile ortodontik tedavilerin etkilerinin değerlendirilmesinde daha değerli olduklarını bildirmişlerdir.

Lisboa ve ark.'nın 2015 yılında yaptıkları sistematik derleme çalışmasında, KHBT görüntüleri kullanılarak oluşturulan üç boyutlu sefalometrik noktaların güvenilirliğini ve tekrar edilebilirliğini incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda genel olarak üç boyutlu sefalometrik noktaların güvenilirliği yüksek bulunurken, midsagittal düzlemdeki noktalar ile dişsel noktaların güvenilirliğini en yüksek bulmuşlardır. Kondil, porion ve orbitale noktalarının güvenilirliğini en düşük olarak bulmuşlar ve bu noktaların çıkıntı ya da kurvatür üzerinde bulundukları için saptamanın zor olabileceğini bildirmişlerdir. (168). Naji ve ark. da, KHBT görüntüleri üzerinden elde edilen anatomik noktaların güvenilirliğini inceledikleri çalışmada, üç boyutlu sefalometrik noktaların üç boyutlu sefalometrik analiz için güvenilir olduklarını belirtmişlerdir (169).

Yapılan literatür taramasında, Sınıf II kapanış bozukluğuna sahip hastalarda üç boyutlu KHBT görüntüleri üzerinden fonksiyonel apareylerin etkilerini araştıran çalışmaları incelediğimizde, çoğunlukla alt çene kondilinin glenoid fossa içerisindeki konumu üzerine etkisinin incelendiği çalışmalar yapıldığı görülmektedir (137, 170-172). Üç boyutlu KHBT görüntüleri kullanılarak sabit fonksiyonel aparey kullanımı sonucunda dentofasiyal yapılarda oluşan iskeletsel ya da dişsel değişimleri inceleyen sadece bir adet çalışma bulunmuştur. LeCornu ve ark., 2013 yılında yaptığı çalışmada Sınıf II kapanış bozukluğuna sahip hastaların tedavisi amacıyla uygulanan Herbst apareyinin iskeletsel etkilerini, kontrol grubu olarak belirlediği Sınıf II elastiklerle tedavi edilmiş hastalarla üç boyutlu KHBT görüntüleri üzerinde karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada da çalışmamıza benzer şekilde sabit fonksiyonel aparey uygulanmadan önce alınan KHBT görüntüleri ile aparey çıkarıldıktan sonra alınan KHBT görüntüleri karşılaştırılmıştır (31).

Rossini ve ark.'nın, KHBT ve BT görüntüleri üzerinden yapılan üç boyutlu sefalometrik analizleri araştırdıkları literatür derlemesinde, kabul görmüş ve yaygın kullanımı olan üç boyutlu sefalometrik analiz yönteminin bulunmadığı belirtilmiştir (173). Bu nedenle, üç boyutlu sefalometrik analiz için kullandığımız nokta, doğru ve düzlemler geleneksel inceleme yöntemi olarak kullandığımız iki boyutlu sefalometrik analizde kullanılan nokta ve düzlemlere yakın olacak şekilde oluşturulmuştur.

Literatürde, Sınıf II kapanış bozukluğuna sahip hastalarda kullanılan Forsus apareyinin ve diğer sabit fonksiyonel apareylerin dentofasiyal etkilerini iki boyutlu sefalometrik filmler üzerinden araştıran birçok makale bulunmaktadır (12-24). Bu nedenle, iki boyutlu analizler kullanılarak yapılan çalışmalar ile kendi çalışmamızı karşılaştırmak için açısal ölçümler midsagittal düzlem üzerinden yapılmıştır. Alt çenede meydana gelen boyutsal değişimler ise sol ve sağ olmak üzere ayrı ayrı hesaplanmıştır.

5.2. Üç Boyutlu Sefalometrik Bulgular

Forsus apareyi uygulanmış hastaların KHBT görüntüleri üzerinden yapılan üç boyutlu sefalometrik incelemede 15 adet açısal, 11 adet de doğrusal ölçüm yapılmıştır. Çalışmamızın sonuçlarını değerlendirirken istatistiksel olarak $p < 0,05$ anlamlılık düzeyi baz alınmıştır.

5.2.1 Üst Çenedeki İskeletsel Bulgular

Üst çenenin kafa kaidesine göre sagittal konumunu gösteren SNA açısını incelediğimiz zaman 1. Grupta 0,6 derecelik istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir azalma gözlenirken, 2. Grupta değişiklik olmamıştır. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu sonuca göre Forsus apareyi hem peak pübortal dönemdeki hastalarda hem de geç pübortal dönemdeki hastalarda üst çenenin sagittal yöndeki iskeletsel gelişimine bir etki yapmadığı görülmektedir. Literatürde bu sonucu destekleyen çalışmalar mevcuttur. Heining ve Goz (13), Forsus Nitinol Flat Spring (FNFS) apareyi uyguladıkları hastalarda SNA açısının değişmediğini bildirmişlerdir. Karaçay ve ark. (15), FNFS ve Jasper Jumper apareyini karşılaştırdıkları çalışmalarında her iki apareyde de SNA açısında bir azalma meydana geldiğini ama istatistiksel olarak anlamlı olmadığını bildirmişlerdir. Manfredi ve ark. (174), Herbst apareyinin etkilerini inceledikleri çalışmalarında SNA açısında istatistiksel olarak anlamlı bir değişim olmadığını söylemişlerdir. Benzer şekilde Günay ve ark. (21), Forsus apareyi uyguladıkları genç erişkin hastalarda SNA açısında istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir azalma meydana geldiğini rapor etmişlerdir.

Ancak, Forsus apareyi kullanımı sonucu SNA açısında istatistiksel olarak anlamlı bir azalmanın ya da artışın oluştuğunu bildiren çalışmalar da literatürde mevcuttur. Tarvade ve ark. (24), twin-block ve Forsus apareyinin etkilerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, Forsus apareyi kullanımı sonucu SNA açısında anlamlı bir artış meydana geldiğini bildirmişlerdir. LeCornu ve ark. (31), Herbst apareyinin etkilerini üç boyutlu KHBT görüntüleri üzerinden inceledikleri çalışmalarında A noktasının 1,22 mm geriye doğru yer değiştirdiğini ve bu değişimin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu belirtmişlerdir. Franchi ve ark. (19), Forsus apareyinin etkilerini araştırdıkları çalışmada SNA açısında istatistiksel olarak $p<0,001$ anlamlılık düzeyinde bir azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir. Cacciatore ve ark. (17), Forsus apareyinin etkilerini inceledikleri çalışmada SNA açısında istatistiksel olarak anlamlı bir azalmanın meydana geldiğini söylemişlerdir. Dada ve ark. (18), Forsus apareyi uyguladıkları çalışmalarında benzer şekilde SNA açısında istatistiksel olarak anlamlı bir azalma bulmuşlardır.

Çalışmamızın sonucunda, Forsus apareyinin sagittal yönde üst çene üzerinde peak pübortal dönemdeki hastalarda bir miktar durdurucu etkisi olsa bile her iki yaş grubu için

de anlamlı iskeletsel etkisinin olmadığını göstermektedir. Üst çene gelişimi büyük ölçüde erken yaşta tamamlandığı için böyle bir sonuç elde etmiş olabiliriz.

5.2.2. Alt Çenedeki İskeletsel Bulgular

Alt çene ucunun Frankfurt Horizontal düzlemine göre sagittal yön pozisyonunu gösteren yüz açısı her iki grupta da 0,8 derece anlamlı artış göstermiştir. Alt çenenin kafa kaidesine göre konumunu veren SNB açısını incelediğimizde her iki grupta da 0,7 derecelik anlamlı bir artış meydana gelmiştir. Bulduğumuz bu sonuca benzer şekilde; Heining ve Göz (13), Karacay ve ark. (15), Tarvade ve ark. (24) ile Aras ve Ark. (12), yaptıkları çalışmalarda SNB açısında iskeletsel olarak anlamlı bir artış olduğunu bildirmişlerdir.

LeCornu ve ark. (31) da, Herbst apareyi uyguladıkları hastalarda B noktasının 2,62 mm sagittal olarak öne doğru yer değiştirdiğini ve bu değişimin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu bildirmişlerdir.

Franchi ve ark. (19), Günay ve ark. (21), Cacciatore ve ark. (17), Dada ve ark. (18), Gao ve ark. (20) ile Öztoprak ve ark. (23) ise, Forsus apareyi uyguladıkları hastalarda SNB açısında artış meydana geldiğini ancak bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını bildirmişlerdir.

Efektif alt çene uzunluğunu gösteren sol taraf için CoL-Gn ve sağ taraf için CoR-Gn değerlerini incelediğimiz zaman 1. Grupta hem sağda hem de solda 3 mm boyut artışı meydana gelmiştir. 2. Grupta ise solda 0,9 mm, sağda ise 0,7 mm boyut artışı olmuştur. CoL-Go ve CoR-Go noktalarını kullanarak sol ve sağ ramus uzunluğunu incelediğimizde 1. Grupta sol ramus uzunluğu 1,9 mm, sağ ramus uzunluğu ise 2,2 mm artış göstermiştir. 2. Grupta ise sol ve sağ ramus uzunluğu 0,7 mm artış göstermiştir. Korpus uzunluğunu incelediğimizde 1. Grupta sol korpus uzunluğu 2 mm, sağ korpus uzunluğu ise 2,1 mm artış göstermiştir. 2. Grupta ise sol korpus uzunluğu 0,6 mm, sağ korpus uzunluğu ise 0,8 mm artış göstermiştir. Alt çenede meydana gelen iskeletsel boyut değişimlerini incelediğimizde, sol ve sağ tarafta meydana gelen değişimler arasındaki farklar hiçbir parametre için istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Gruplar arasındaki farklar ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Ayrıca tüm parametrelerde meydana gelen alt çene iskeletsel boyut değişimi tüm gruplar için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

LeCornu ve ark., üç boyutlu görüntüler üzerinden yaptıkları Herbst apareyi uyguladıkları hastalarda bizim çalışmamızla örtüşen sol ve sağ efektif alt çene uzunluğunda 4,05 mm artış bulmuşlardır. Kontrol grubu olarak kullandıkları Sınıf II kapanış bozukluğunu elastiklerle düzelttikleri hasta grubunda sol efektif alt çene uzunluğunda ise 3,05 mm, sağ efektif alt çene uzunluğunda ise 3,62 mm artış tespit etmişlerdir. Her iki grup arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını bildirmişlerdir. Ancak 3-4 ay retansiyon dönemi olmak üzere toplam ortalama 11,5 ay Herbst apareyi uygulamışlar ve elastik kullanan hasta grubunda fazladan 5 aylık bir gözlem süresi bulunduğunu belirtmişlerdir. Dolayısıyla bu 5 ay içinde alt çenenin büyüme gösterebilmiş olabileceğini ve bu nedenle Herbst apareyi kullanan hasta grubuyla aralarında istatistiksel bir fark bulunmamış olabileceğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde sol ve sağ korpus ile ramus uzunluklarında her iki grup için de artış meydana geldiğini, bu artış miktarının Herbst grubunda elastik kullanan gruba göre daha fazla olduğunu, ancak aralarındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını bildirmişlerdir. Oluşan bu durumu aynı şekilde elastik kullanan grubun 5 ay daha fazla gözlem süresi yüzünden oluşmuş olabileceğini söylemişlerdir. LeCornu ve ark.'nın yaptığı bu çalışmanın yaş grubunu incelediğimizde ortalama yaşı 13 olduğunu ve bizim 1. Grubumuzla benzerlik gösterdiğini görmekteyiz. Aynı şekilde bizim bulduğumuz boyut artışı miktarları da bu çalışmayla benzerlik göstermektedir (31).

1. Gruptaki yaş aralığında olan iki boyutlu inceleme çalışmalarına baktığımızda; Franchi ve ark. (19), tedavi edilmemiş Sınıf II kapanış bozukluğuna sahip hastaları kontrol grubu olarak kullandıkları çalışmada efektif alt çene uzunluğunda Forsus apareyi kullanan grupta kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir artış olduğunu belirtmişlerdir. Ramus uzunluğunda ise Forsus apareyi kullanan grupta kontrol grubuna göre daha fazla bir artış meydana gelmiş olmasına rağmen aralarındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bildirmişlerdir. Benzer şekilde Karaçay ve ark. (15), FNFS kullanan grupta kontrol grubuna göre efektif alt çene uzunluğunda istatistiksel olarak anlamlı artış olduğunu rapor etmişlerdir.

Ancak literatürde Forsus apareyi kullanımı sonucu meydana gelen alt çene büyümesinin anlamlı olmadığını belirten çalışmalar da bulunmaktadır. Cacciotore ve ark. (17), Forsus apareyi kullanan grupta efektif alt çene boyut artışının kontrol grubuna göre daha fazla olduğunu ancak bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını

bildirmişlerdir. Jones ve ark. (14), Forsus apareyi kullanan grupta meydana gelen alt çene boyut artışının elastik kullanmış olan kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı olmadığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Hanoun ve ark. (22), yaptıkları çalışmalarında Forsus apareyi kullanan grupta alt çene boyut artışının kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı olmadığını bildirmişlerdir.

2. Gruptaki yaş aralığında olan çalışmaları incelediğimizde ise; Tarvade ve ark. (24), Forsus apareyi uyguladıkları hastalarda alt çene uzunluğunda istatistiksel olarak anlamlı bir artış bulmuşlardır. Gao ve ark. (20), genç erişkin hastalarda yaptıkları çalışmalarında Forsus apareyi uyguladıkları hastalarda efektif alt çene uzunluğunun istatistiksel olarak anlamlı derecede artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

. Aras ve ark. (12), Forsus apareyinin etkilerini yaş ortalaması 14 olan peak pübortal grup ve yaş ortalaması 15,1 olan geç pübortal grup olarak karşılaştırmışlardır. Peak pübortal dönemdeki hastaların efektif alt çene uzunluğu ve ramus uzunluğunda artış bulmuşlar, geç pübortal dönemdeki hastalarda alt çenede iskeletsel etki olmadığını bildirmişlerdir. Ayrıca, her iki grup arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu belirtmişlerdir. Öztoprak ve ark. (23) ile Gunay ve ark. (21) ise, yaptıkları çalışmalar sonucunda geç pübortal dönemdeki hastalarda Forsus apareyinin alt çene üzerinde iskeletsel etkisinin olmadığını bildirmişlerdir.

Çalışmamızda her iki grupta da alt çene daha önde konumlanmıştır. Yaş ortalaması küçük olan 1. Grupta efektif alt çene uzunluğu, ramus uzunluğu ve korpus uzunluğu yaş ortalaması daha büyük olan 2. Gruba göre yaklaşık 3 kat daha fazla artış göstermiştir. Dolayısıyla, Forsus apareyinin geç pübortal dönemdeki hastalarda, peak pübortal dönemdeki hastalara göre alt çene üzerindeki iskeletsel etkisinin daha az olduğunu söyleyebiliriz.

5.2.3. Üst Çene ile Alt Çene Arasındaki İlişkiye Bağlı İskeletsel Bulgular

Ön kafa kaidesine göre üst ile alt çene arasındaki farkı gösteren ANB açısı 1. Grupta hem üst hem de alt çeneye bağlı olarak 1,3 derece anlamlı azalma göstermiştir. 2. Grupta ise alt çeneye bağlı olarak 0,7 derece anlamlı azalma meydana gelmiştir.. Konveksite uzunluğu 1. Grupta 1 mm azalmış, 2. Grupta ise 0,1 mm azalmıştır. Ancak 2. Gruptaki azalma istatistiksel olarak anlamlı değildir. Konveksite açısı 1. Grupta 0,9

derece azalmış, 2. Grupta ise 0,3 derece azalmıştır ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Gruplar arasındaki fark her üç parametre için de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Literatürde bulgularımıza paralel şekilde ANB açısının anlamlı derecede azaldığı çalışmalar rapor edilmiştir. (12, 15, 17-19, 24). Heinig ve Goz (13) ile Gao ve ark. (20) ise, ANB açısında azalma olduğunu ancak anlamlı olmadığını belirtmişlerdir. Hanoun ve ark. (22), peak pübortal dönemindeki hastalarda, 1. Gruptaki bulgularımıza benzer şekilde konveksite uzunluğunda kontrol grubuna göre 1 mm anlamlı azalmanın olduğunu söylemişlerdir. Konveksite açısını inceleyen çalışmalara baktığımızda; Aslan ve ark. (16), konveksite açısının değişmediğini belirtirken, Günay ve ark. (21), konveksite açısının 0,9 derece azaldığını ancak sonucun anlamlı olmadığını söylemişlerdir. Dada ve ark. (18) ise, sonuçlarımızla uyumlu olarak konveksite açısında anlamlı azalma olduğunu bildirmişlerdir.

Yaş grupları arasındaki farkı inceleyen Aras ve ark. (12), bizim bulgularımızla benzer olarak peak pübortal ve geç pübortal dönem gruplarında ANB açısının anlamlı olarak azalmış olduğunu bildirmişlerdir. Ancak, bizim bulgularımızdan farklı olarak yapmış oldukları çalışmadaki gruplar arasındaki farkın anlamlı olmadığını belirtmişlerdir.

Sonuçlarımızı değerlendirdiğimizde Forsus apareyinin her iki yaş grubu için de alt çene ve üst çene arasındaki ilişkinin düzeltiminde etkili olduğunu söylemek mümkündür. Ancak geç pübortal dönemdeki hastalarda meydana gelen bu iskeletsel düzelmenin peak pübortal dönemdeki hastalara göre daha az olduğunu söyleyebiliriz.

5.2.4 Dikey Yöndeki İskeletsel Bulgular

Alt çene düzleminin Frankfurt Horizontal düzlemi ile yaptığı FMA açısı 1. Grupta 0,4 derece artmış, 2. Grupta ise 0,5 derece azalmıştır. Ön kafa kaidesi ile Go-Gn düzlemi arasındaki açıya (SN-GoGn) baktığımızda 1. Grupta 0,4 derece azalmış, 2. Grupta ise değişiklik olmamıştır. Yüz yüksekliği oranını veren Y aksı açısını incelediğimizde 1. Grupta 0,3 derece, 2. Grupta ise 0,1 derece artmıştır. Ancak, elde ettiğimiz bu sonuçlar ve gruplar arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Doğrusal ölçümlere baktığımız zaman ön yüz yüksekliği 1. Grupta 3,1 mm, 2. Grupta ise 0,2 mm

artış göstermiştir. Arka yüz yüksekliği ise 1. Grupta 2,8 mm artarken, 2. Grupta 0,3 mm artmıştır. Ancak, yüz yüksekliklerindeki artışlar istatistiksel olarak 1. Grupta anlamlı iken, 2. Grupta anlamlı bulunmamıştır. Gruplar arası oluşan yüz yüksekliklerindeki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Tarvade ve ark. (24), FMA açısında artış bildirmişler ve bu durumun üst büyük azı dişlerinde meydana gelen uzama nedeniyle meydana gelmiş olabileceğini belirtmişlerdir. Gao ve ark. (20) da, dik yön açılarında artış meydana geldiğini, ön yüz yüksekliğinin arttığını ve alt çenenin geriye doğru rotasyon yaptığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Karaçay ve ark. (15), ön yüz yüksekliğinde hem doğrusal hem de açısal artış gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Dolayısıyla alt çenenin geriye rotasyon yaptığını belirtmişlerdir.

Ancak, literatürdeki diğer çalışmaları incelediğimizde birçok araştırmada bizim bulgularımızla paralel olarak dik yön açılarının değişmediği bildirilmiştir. Franchi ve ark. (19), peak pubertal dönemdeki hastalar üzerinde yaptıkları çalışmalarında dik yönde açısal değişiklik olmadığını ancak bizim bulgumuza benzer şekilde ön yüz yüksekliğinde 4 mm artış gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Aslan ve ark. (16), SN-GoGn açısında değişiklik meydana gelmediğini ancak ön ve arka yüz yüksekliklerinin doğrusal artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Günay ve ark. (21) ile Öztoprak ve ark. (23), geç pubertal dönemdeki hastalar üzerinde alt çene düzlem açısının değişmediğini ve arka yüz ile ön yüz oranını veren Jarabak oranının da sabit kaldığını rapor etmişlerdir. Dada ve ark. (18), Y aksı açısının değişmediğini ve alt çene düzlemi açısında değişiklik meydana gelmediğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde diğer çalışmalarda da bizim bulgularımıza paralel olarak dik yön açılarının değişmediği bildirilmiştir (12-14, 17).

Aras ve ark. (12), yaşlara göre gruplandırma yaptığı çalışmasında SN-GoGn açısında hem peak pubertal dönem grubunda hem de geç pubertal dönem grubunda istatistiksel olarak anlamlı olmayan azalma meydana geldiğini ve gruplar arasında anlamlı fark olmadığını bildirmişlerdir.. Bu yönüyle bizim çalışmamızla benzer sonucu elde etmişlerdir.

Elde ettiğimiz sonuçlar ışığında, her iki yaş grubundaki hastalarda da Forsus apareyinin hastaların dik yön açılarını arttırmadığını ve alt çeneye rotasyon etkisi bulunmadığını söyleyebiliriz.

5.2.5 Dişsel Bulgular

Ön kafa kaidesine göre üst kesici açısını veren SN-U1 açısına baktığımızda 1. Grupta 6,1 derece azalma, 2. Grupta ise 8,6 derece azalma meydana gelmiştir. Frankfurt Horizontal düzlemine göre üst kesici açısı (FH-U1) 1. Grupta 6,1 derece azalma, 2. Grupta ise 8,3 derece azalma göstermiştir. NA-U1 açısı ise 1. Grupta 4,9 derece, 2. Grupta ise 8,5 derece azalma göstermiştir. Üst kesicideki açısal değişimler her iki grup için de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Üst kesicinin N-A düzlemine göre uzaklığını gösteren NA-U1 mesafesi ise 1. Grupta 0,3 mm artış göstermiş, 2. Grupta ise 0,1 mm azalma göstermiştir. Ancak oluşan bu farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Ayrıca, gruplar arası farklar da istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Günay ve ark. (21) ile Öztoprak ve ark. (23), yaptıkları çalışmalarında bizim bulgularımıza benzer şekilde üst kesici açısının azaldığını ancak üst kesici konumunun değişmediğini bildirmişlerdir. Forsus apareyi ile yapılan literatürdeki çalışmaların hemen hepsinde üst kesici açılarında 2,2 derece ile 9 derece arasında değişen anlamlı azalma rapor edilmiştir (12, 13, 15, 16, 19-24). Cacciatore ve ark. (17) ile Dada ve ark. (18) ise üst kesici açısının değişmediğini ancak daha geride konumlandıklarını bildirmişlerdir.

Alt kesici açılarındaki değişimleri incelediğimiz zaman, alt kesicilerin alt çene düzlemi ile yaptığı açı (IMPA), 1. Grupta 4,7 derece, 2. Grupta 7,5 derece artmıştır. Alt kesicilerin Frankfurt Horizontal düzlemi ile yaptığı açı (FMIA) 1. Grupta 4,3 derece, 2. Grupta 7,1 derece azalma göstermiştir. Ön kafa kaidesi düzlemine göre ise (SN-L1) 1. Grupta 4,4 derece, 2. Grupta ise 7,3 derece azalma meydana gelmiştir. N-B doğrusuna göre alt kesici açısını incelediğimizde yine benzer şekilde alt kesici açıları 1. Grupta 5,2 derece, 2. Grupta ise 8,3 derece artmıştır. B noktasının her iki grup için de Forsus apareyi kullanımı sonucu daha önde konumlanmış olması nedeniyle N-B doğrusuna göre olan alt kesici ölçümleri bir miktar daha fazla çıkmıştır ve dolayısıyla sonuçlarımızla çelişmemektedir. Her iki gruptaki alt kesicilerin tüm açılarındaki artış ve gruplar arası farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Alt kesicilerin konumunu incelediğimizde 1. Grupta 0,1 mm, 2. Grupta ise 0,5 mm istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir artış meydana gelmiştir. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Literatürü incelediğimizde yapılan çalışmaların sonuçlarının bizim bulduğumuz sonuçlarla paralel olduğunu görmekteyiz. Bu çalışmaların hemen hepsinde alt kesici açılarının Forsus apareyi tedavisi sonunda 3 ile 10,8 derece arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış gösterdiği rapor edilmiştir (12-24). Bu çalışmalardan bazılarında alt kesicilerin konumu da incelenmiştir ve alt kesicilerin daha önde konumlandıkları bildirilmiştir (12, 15, 17, 19, 21, 23).

Yaptığımız çalışma sonucunda, Forsus apareyinin üst kesiciler üzerinde dikleştirici, alt kesiciler üzerinde ise açılarını arttırıcı etkisi bulunduğunu söyleyebiliriz. Forsus apareyinin hem alt hem üst kesiciler üzerinde sagittal yönde konumsal bir etkisi bulunmamaktadır. Ayrıca sonuçlarımız göstermektedir ki; Forsus apareyi dişler üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır ve ankraj kaybı meydana gelmektedir. Ayrıca, yaş ilerledikçe Forsus apareyinin dişler üzerindeki olumsuz etkisinin (üst kesicilerde dikleşme, alt kesicilerde labiale doğru devrilme) arttığını ve Sınıf II kapanış bozukluğunun düzeltiliminin daha çok dişsel düzeyde gerçekleştiğini söyleyebiliriz.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

1. KHBT görüntüleri üzerinden yaptığımız üç boyutlu sefalometrik ölçümlerin güvenilirliği ve tekrarlanabilirliği yüksek bulunmuştur.
2. Üst çenenin sagittal yönde büyümesinin durdurulduğunu gösteren bir bulgu her iki alt grup için de elde edilmemiştir.
3. Alt çene her iki alt grup için de boyutsal olarak artış göstermiş ve sagittal olarak daha önde konumlanmıştır. Meydana gelen boyutsal artış peak pübertal grupta geç pübertal gruba göre 3 kat fazla bulunmuştur.
4. Dik yön oranları her iki alt grup için de değişmemiştir.
5. Ön ve arka yüz yükseklikleri peak pübertal grupta artış göstermiş, geç pübertal grupta değişiklik olmamıştır.
6. Üst kesici dişler dikleşmiş, konum olarak sabit kalmışlardır. Meydana gelen dikleşme miktarı geç pübertal grupta daha fazla bulunmuştur.
7. Alt kesici dişler labiale doğru devrilmiş, konum olarak sabit kalmışlardır. Meydana gelen devrilme miktarı geç pübertal grupta daha fazla bulunmuştur.
8. Sınıf II kapanış bozukluğunun düzeltimi geç pübertal grupta peak pübertal gruba göre daha çok dişsel düzeyde gerçekleşmiştir.
9. Tüm hastaların dahil olduğu üst grupta Forsus apareyi uygulanmadan önceki ve çıkarıldıktan sonraki ölçümlerde cinsiyetler arası fark bulunmamıştır.

6.2. Öneriler

1. Forsus apareyinin etkilerini araştırarak diğer çalışmalarda hasta sayısı arttırılabilir ve eğer ileride KHBT cihazlarının radyasyon dozu azaltılabilirse kontrol grubu oluşturulup KHBT görüntüleri üzerinden birbirleriyle karşılaştırılarak incelenebilir.
2. Forsus apareyi tedavisi sonuçlarının uzun dönem stabilitesinin değerlendirilmesi amacıyla hastaların uzun dönem takibi yapılıp, sonuçları KHBT görüntüleri üzerinden araştırılabilir.
3. Forsus apareyi ile diğer sabit fonksiyonel apareylerin etkileri KHBT görüntüleri üzerinden karşılaştırılabilir.

KAYNAKLAR

1. **McNamara JA, Jr.** Components of class II malocclusion in children 8-10 years of age. *The Angle orthodontist*. **1981**;51(3):177-202.
2. **Proffit WR, Fields HW, Jr., Moray LJ.** Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment need in the United States: estimates from the NHANES III survey. *The International journal of adult orthodontics and orthognathic surgery*. **1998**;13(2):97-106.
3. **Harris EF, Johnson MG.** Heritability of craniometric and occlusal variables: a longitudinal sib analysis. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. **1991**;99(3):258-268.
4. **Proffit WR, Fields Jr HW, Sarver DM.** Contemporary orthodontics. *Elsevier Health Sciences*; **2006**:27-72.
5. **Sassouni V.** A classification of skeletal facial types. *American journal of orthodontics*. **1969**;55(2):109-123.
6. **Bishara SE, Jakobsen JR, Vorhies B, Bayati P.** Changes in dentofacial structures in untreated Class II division 1 and normal subjects: a longitudinal study. *The Angle orthodontist*. **1997**;67(1):55-66.
7. **Blair ES.** A Cephalometric Roentgenographic Appraisal of the Skeletal Morphology of Class I, Class II, Div. 1, and Class II, Div. 2 (Angle) Malocclusions. *The Angle orthodontist*. **1954**;24(2):106-119.
8. **Sayin MO, Turkkahraman H.** Comparison of dental arch and alveolar widths of patients with Class II, division 1 malocclusion and subjects with Class I ideal occlusion. *The Angle orthodontist*. **2004**;74(3):356-360.
9. **Cozza P, Baccetti T, Franchi L, De Toffol L, McNamara JA, Jr.** Mandibular changes produced by functional appliances in Class II malocclusion: a systematic review. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. **2006**;129(5):512-596.
10. **McNamara JA, Jr.** Neuromuscular and skeletal adaptations to altered function in the orofacial region. *American journal of orthodontics*. **1973**;64(6):578-606.
11. **Bishara SE.** Textbook of Orthodontics. *Saunders*; **2001**:324-375.
12. **Aras A, Ada E, Saracoglu H, Gezer NS, Aras I.** Comparison of treatments with the Forsus fatigue resistant device in relation to skeletal maturity: a cephalometric and magnetic resonance imaging study. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. **2011**;140(5):616-625.
13. **Heinig N, Goz G.** Clinical application and effects of the Forsus spring. A study of a new Herbst hybrid. *Journal of orofacial orthopedics*. **2001**;62(6):436-450.
14. **Jones G, Buschang PH, Kim KB, Oliver DR.** Class II non-extraction patients treated with the Forsus Fatigue Resistant Device versus intermaxillary elastics. *The Angle orthodontist*. **2008**;78(2):332-338.

15. **Karacay S, Akin E, Olmez H, Gurton AU, Sagdic D.** Forsus Nitinol Flat Spring and Jasper Jumper corrections of Class II division 1 malocclusions. *The Angle orthodontist*. **2006**;76(4):666-672.
16. **Aslan BI, Kucukkaraca E, Turkoz C, Dincer M.** Treatment effects of the Forsus Fatigue Resistant Device used with miniscrew anchorage. *The Angle orthodontist*. **2014**;84(1):76-87.
17. **Cacciatore G, Ghislanzoni LT, Alvetto L, Giuntini V, Franchi L.** Treatment and posttreatment effects induced by the Forsus appliance: A controlled clinical study. *The Angle orthodontist*. **2014**;84(6):1010-1017.
18. **Dada DM, Galang-Boquiren MT, Viana G, Obrez A, Kusnoto B.** Treatment effects of Forsus fatigue resistant device on class II malocclusion cases: A cephalometric evaluation. *Journal of the World Federation of Orthodontists*. **2015**;4(1):14-17.
19. **Franchi L, Alvetto L, Giuntini V, Masucci C, Defraia E, Baccetti T.** Effectiveness of comprehensive fixed appliance treatment used with the Forsus Fatigue Resistant Device in Class II patients. *The Angle orthodontist*. **2011**;81(4):678-683.
20. **Gao W, Li X, Bai Y.** An assessment of late fixed functional treatment and the stability of Forsus appliance effects. *Australian orthodontic journal*. **2014**;30(1):2-10.
21. **Gunay EA, Arun T, Nalbantgil D.** Evaluation of the Immediate Dentofacial Changes in Late Adolescent Patients Treated with the Forsus FRD. *European journal of dentistry*. **2011**;5(4):423-432.
22. **Hanoun A, Al-Jewair TS, Tabbaa S, Allaymouni MA, Preston CB.** A comparison of the treatment effects of the Forsus Fatigue Resistance Device and the Twin Block appliance in patients with class II malocclusions. *Clinical, cosmetic and investigational dentistry*. **2014**;6:57-63.
23. **Oztoprak MO, Nalbantgil D, Uyanlar A, Arun T.** A cephalometric comparative study of class II correction with Sabbagh Universal Spring (SUS(2)) and Forsus FRD appliances. *European journal of dentistry*. **2012**;6(3):302-310.
24. **Tarvade SM, Chaudhari CV, Daokar SG, Biday SS, Ramkrishna S, Handa AS.** Dentoskeletal Comparison of Changes Seen in Class II Cases Treated by Twin Block and Forsus. *Journal of International Oral Health : JIOH*. **2014**;6(3):27-31.
25. **Ahlqvist J, Eliasson S, Welanders U.** The effect of projection errors on angular measurements in cephalometry. *European journal of orthodontics*. **1988**;10(4):353-361.
26. **Baumrind S, Frantz RC.** The reliability of head film measurements. 2. Conventional angular and linear measures. *American journal of orthodontics*. **1971**;60(5):505-517.
27. **Baumrind S, Frantz RC.** The reliability of head film measurements. 1. Landmark identification. *American journal of orthodontics*. **1971**;60(2):111-127.
28. **Major PW, Johnson DE, Hesse KL, Glover KE.** Landmark identification error in posterior anterior cephalometrics. *The Angle orthodontist*. **1994**;64(6):447-454.
29. **Olszewski R, Reyhler H.** Limitations of orthognathic model surgery: theoretical and practical implications. *Revue de stomatologie et de chirurgie maxillo-faciale*. **2004**;105(3):165-169.

30. **Sutcher HD, Laskin DM.** An artifact in mandibular position induced by the intrameatal cephalometric head holder. *American journal of orthodontics*. **1971**;59(4):338-342.
31. **LeCornu M, Cevdanes LH, Zhu H, Wu CD, Larson B, Nguyen T.** Three-dimensional treatment outcomes in Class II patients treated with the Herbst appliance: a pilot study. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. **2013**;144(6):818-830.
32. **Hajeer MY, Millett DT, Ayoub AF, Siebert JP.** Applications of 3D imaging in orthodontics: part I. *Journal of orthodontics*. **2004**;31(1):62-70.
33. **Hanssen N.** Elastic Surface Nets -Three Dimensional Reconstruction of Medical Imaging Data. *Technical Report Series*, **2001**:9-55
34. **Quintero JC, Trosien A, Hatcher D, Kapila S.** Craniofacial imaging in orthodontics: historical perspective, current status, and future developments. *The Angle orthodontist*. **1999**;69(6):491-506.
35. **Halazonetis DJ.** From 2-dimensional cephalograms to 3-dimensional computed tomography scans. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. **2005**;127(5):627-637.
36. **Ohser J, Schladitz, K.** Image processing and analysis. *Clarendon Press*; **2006**:9-36.
37. **Lorensen WE, Cline HE.** Marching cubes: A high resolution 3D surface construction algorithm. *SIGGRAPH Comput Graph*. **1987**;21(4):163-169.
38. **John NW, McCloy RF.** Navigating and visualizing three-dimensional data sets. *The British journal of radiology*. **2004**;77:108-113.
39. **Hornak JP.** The basics of MRI. *Rochester Institute of Technology, Center for Imaging Science*; **1996**.
40. **Papadopoulos MA, Christou PK, Christou PK, Athanasiou AE, Boettcher P, Zeilhofer HF, et al.** Three-dimensional craniofacial reconstruction imaging. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **2002**;93(4):382-393.
41. **Hamada Y, Kondoh T, Nakaoka K, Seto K.** Magnetic resonance imaging findings and clinical symptoms in the temporomandibular joint in patients with mandibular continuity defects. *Journal of oral and maxillofacial surgery*. **2000**;58(5):487-493.
42. **Grevers G, Assal J, Vogl T, Wilimzig C.** Three-dimensional magnetic resonance imaging in skull base lesions. *American journal of otolaryngology*. **1991**;12(3):139-145.
43. **Gray CF, Staff RT, Redpath TW, Needham G, Renny NM.** Assessment of maxillary sinus volume for the sinus lift operation by three-dimensional magnetic resonance imaging. *Dento maxillo facial radiology*. **2000**;29(3):154-158.
44. **Takács B, Pieper S, Cebal J, Kiss B, Benedek B, Sziártó G.** Facial Modeling for Plastic Surgery Using Magnetic Resonance Imagery and 3D Surface Data. **2004**.
45. **Jacobson JA.** Fundamentals of musculoskeletal ultrasound. *Saunders/Elsevier*; **2007**;310-345.

46. **Sader R, Zeilhofer HF, Horch HH, Krol Z, Hoffmann KH, Michaelis M, et al.** [Diagnostic possibilities of 3-dimensional imaging of ultrasound image data in mouth-, jaw- and facial surgery]. *Biomedizinische Technik Biomedical engineering*. **1997**;42:211-212.
47. **Patel S, Dawood A, Ford TP, Whaites E.** The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *International endodontic journal*. **2007**;40(10):818-830.
48. **Harorlı A AHM, Dagistan S.** Dişhekimliği Radyolojisi. *Eser Ofset Matbaacılık*; **2006**.
49. **Gibbs SJ.** Effective dose equivalent and effective dose: comparison for common projections in oral and maxillofacial radiology. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. **2000**;90(4):538-545.
50. **Haring JI, Jansen L.** Dental radiography: principles and techniques: *WB Saunders*; **2000**.
51. **Johnson ON, McNally MA, Essay CE.** Essentials of dental radiography for dental assistants and hygienists: *Pearson Prentice Hall*; **2007**.
52. **Kau CH, Richmond S, Palomo JM, Hans MG.** Three-dimensional cone beam computerized tomography in orthodontics. *Journal of orthodontics*. **2005**;32(4):282-293.
53. **Bradley A.** Selection criteria for dental radiography, 3rd edition. *Br Dent J*. **2014**;216(4):155-155.
54. **Webber RL, Messura JK.** An in vivo comparison of diagnostic information obtained from tuned-aperture computed tomography and conventional dental radiographic imaging modalities. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **1999**;88(2):239-247.
55. **Kwon TG, Park HS, Ryoo HM, Lee SH.** A comparison of craniofacial morphology in patients with and without facial asymmetry--a three-dimensional analysis with computed tomography. *International journal of oral and maxillofacial surgery*. **2006**;35(1):43-48.
56. **Kim YH, Sato K, Mitani H, Shimizu Y, Kikuchi M.** Asymmetry of the sphenoid bone and its suitability as a reference for analyzing craniofacial asymmetry. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. **2003**;124(6):656-662.
57. **Yu CC, Wong FH, Lo LJ, Chen YR.** Craniofacial deformity in patients with uncorrected congenital muscular torticollis: an assessment from three-dimensional computed tomography imaging. *Plastic and reconstructive surgery*. **2004**;113(1):24-33.
58. **Swennen GR, Schutyser F.** Three-dimensional cephalometry: spiral multi-slice vs cone-beam computed tomography. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. **2006**;130(3):410-416.
59. **Binaghi S, Gudinchet F, Rilliet B.** Three-dimensional spiral CT of craniofacial malformations in children. *Pediatric radiology*. **2000**;30(12):856-860.
60. **Arai Y, Honda K, Iwai K, Shinoda K.** Practical model "3DX" of limited cone-beam X-ray CT for dental use. *International Congress Series*. **2001**;1230(0):713-718.
61. **Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA.** A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *European radiology*. **1998**;8(9):1558-1564.

62. **Baba R, Ueda K, Okabe M.** Using a flat-panel detector in high resolution cone beam CT for dental imaging. *Dento maxillo facial radiology*. **2004**;33(5):285-290.
63. **Sukovic P.** Cone beam computed tomography in craniofacial imaging. *Orthodontics & craniofacial research*. **2003**;6:31-36.
64. **Erdem T AKC.** Diş hekimliğinde kullanılan ileri görüntüleme teknikleri. *TDBD*. **2006**(96):48-52.
65. **Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P.** Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *Journal Canadian Dental Association*. **2006**;72(1):75-80.
66. **Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL.** Dosimetry of two extraoral direct digital imaging devices: NewTom cone beam CT and Orthophos Plus DS panoramic unit. *Dento maxillo facial radiology*. **2003**;32(4):229-234.
67. **Mah JK, Danforth RA, Bumann A, Hatcher D.** Radiation absorbed in maxillofacial imaging with a new dental computed tomography device. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **2003**;96(4):508-513.
68. **Li G.** Patient radiation dose and protection from cone-beam computed tomography. *Imaging Science in Dentistry*. **2013**;43(2):63-69.
69. **White SC.** Assessment of radiation risk from dental radiography. *Dento maxillo facial radiology*. **1992**;21(3):118-126.
70. **Danforth RA, Clark DE.** Effective dose from radiation absorbed during a panoramic examination with a new generation machine. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **2000**;89(2):236-243.
71. **Gavala S, Donta C, Tsiklakis K, Boziari A, Kamenopoulou V, Stamatakis HC.** Radiation dose reduction in direct digital panoramic radiography. *European journal of radiology*. **2009**;71(1):42-48.
72. **Gijbels F, Jacobs R, Bogaerts R, Debaveye D, Verlinden S, Sanderink G.** Dosimetry of digital panoramic imaging. Part I: Patient exposure. *Dento maxillo facial radiology*. **2005**;34(3):145-149.
73. **Gijbels F, Sanderink G, Wyatt J, Van Dam J, Nowak B, Jacobs R.** Radiation doses of indirect and direct digital cephalometric radiography. *Br Dent J*. **2004**;197(3):149-152.
74. **Grunheid T, Kolbeck Schieck JR, Pliska BT, Ahmad M, Larson BE.** Dosimetry of a cone-beam computed tomography machine compared with a digital x-ray machine in orthodontic imaging. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. **2012**;141(4):436-443.
75. **Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, White SC.** Patient risk related to common dental radiographic examinations: the impact of 2007 International Commission on Radiological Protection recommendations regarding dose calculation. *Journal of the American Dental Association*. **2008**;139(9):1237-1243.
76. **Qu XM, Li G, Ludlow JB, Zhang ZY, Ma XC.** Effective radiation dose of ProMax 3D cone-beam computerized tomography scanner with different dental protocols. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **2010**;110(6):770-776.

77. **Silva MA, Wolf U, Heinicke F, Bumann A, Visser H, Hirsch E.** Cone-beam computed tomography for routine orthodontic treatment planning: a radiation dose evaluation. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. **2008**;133(5):641-645.
78. **Visser H, Rodig T, Hermann KP.** Dose reduction by direct-digital cephalometric radiography. *The Angle orthodontist*. **2001**;71(3):159-163.
79. **White SC, Pharoah MJ.** Oral Radiology: Principles and Interpretation: *Elsevier*; **2013**:185-199.
80. **Mora MA, Mol A, Tyndall DA, Rivera EM.** In vitro assessment of local computed tomography for the detection of longitudinal tooth fractures. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. **2007**;103(6):825-829.
81. **Soğur E, Baksı B, Gröndahl HG.** Imaging of root canal fillings: a comparison of subjective image quality between limited cone-beam CT, storage phosphor and film radiography. *International endodontic journal*. **2007**;40(3):179-185.
82. **Broadbent BH.** A new x-ray technique and its application to orthodontia. *The Angle orthodontist*. **1931**;1(2):45-66.
83. **Chaconas SJ, Fragiskos FD.** Orthognathic diagnosis and treatment planning: a cephalometric approach. *Journal of oral rehabilitation*. **1991**;18(6):531-545.
84. **Cattaneo PM, Bloch CB, Calmar D, Hjortshøj M, Melsen B.** Comparison between conventional and cone-beam computed tomography-generated cephalograms. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. **2008**;134(6):798-802.
85. **Kumar V, Ludlow JB, Mol A, Cevidanes L.** Comparison of conventional and cone beam CT synthesized cephalograms. *Dento maxillo facial radiology*. **2007**;36(5):263-269.
86. **Moshiri M, Scarfe WC, Hilgers ML, Scheetz JP, Silveira AM, Farman AG.** Accuracy of linear measurements from imaging plate and lateral cephalometric images derived from cone-beam computed tomography. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. **2007**;132(4):550-560.
87. **van Vlijmen OJ, Berge SJ, Swennen GR, Bronkhorst EM, Katsaros C, Kuijpers-Jagtman AM.** Comparison of cephalometric radiographs obtained from cone-beam computed tomography scans and conventional radiographs. *Journal of oral and maxillofacial surgery*. **2009**;67(1):92-97.
88. **Adams GL, Gansky SA, Miller AJ, Harrell WE, Jr., Hatcher DC.** Comparison between traditional 2-dimensional cephalometry and a 3-dimensional approach on human dry skulls. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. **2004**;126(4):397-409.
89. **Grayson B, Cutting C, Bookstein FL, Kim H, McCarthy JG.** The three-dimensional cephalogram: theory, technique, and clinical application. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. **1988**;94(4):327-337.
90. **Cavalcanti MG, Haller JW, Vannier MW.** Three-dimensional computed tomography landmark measurement in craniofacial surgical planning: experimental validation in vitro. *Journal of oral and maxillofacial surgery*. **1999**;57(6):690-694.

91. **Kitaura H, Yonetsu K, Kitamori H, Kobayashi K, Nakamura T.** Standardization of 3-D CT measurements for length and angles by matrix transformation in the 3-D coordinate system. *The Cleft palate-craniofacial journal*. **2000**;37(4):349-356.
92. **Hennessy RJ, Moss JP.** Facial growth: separating shape from size. *European journal of orthodontics*. **2001**;23(3):275-285.
93. **Hassan B, van der Stelt P, Sanderink G.** Accuracy of three-dimensional measurements obtained from cone beam computed tomography surface-rendered images for cephalometric analysis: influence of patient scanning position. *European journal of orthodontics*. **2009**;31(2):129-134.
94. **Olszewski R, Reyhler H, Cosnard G, Denis JM, Vynckier S, Zech F.** Accuracy of three-dimensional (3D) craniofacial cephalometric landmarks on a low-dose 3D computed tomograph. *Dento maxillo facial radiology*. **2008**;37(5):261-267.
95. **Ast DB, Carlos JP, Cons NC.** The prevalence and characteristics of malocclusion among senior high school students in upstate New York. *American journal of orthodontics*. **1965**;51:437-445.
96. **Massler M, Frankel JM.** Prevalence of malocclusion in children aged 14 to 18 years. *American journal of orthodontics*. **1951**;37(10):751-768.
97. **Baccetti T, Franchi L, McNamara JA, Jr., Tollaro I.** Early dentofacial features of Class II malocclusion: a longitudinal study from the deciduous through the mixed dentition. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. **1997**;111(5):502-509.
98. **Mossey PA.** The heritability of malocclusion: part 2. The influence of genetics in malocclusion. *British journal of orthodontics*. **1999**;26(3):195-203.
99. **Grabner TM.** The "three M's": Muscles, malformation, and malocclusion. *American journal of orthodontics*. **1963**;49(6):418-450.
100. **Strang RHW.** Class II, Division 2 Malocclusions. *The Angle orthodontist*. **1958**;28(4):210-214.
101. **Angle EH.** Classification of Malocclusion. *Dental Cosmos*. **1899**;41(3-4):248-357.
102. **Angle EH.** Treatment of malocclusion of the teeth. Angle's system. *Philadelphia: S.S.* **1907**:628.
103. **Sassouni V.** The Class II Syndrome: Differential Diagnosis and Treatment. *The Angle orthodontist*. **1970**;40(4):334-341.
104. **Staley R.** Etiology and prevalence of malocclusion. *WB Saunders*; **2001**.
105. **Bass NM.** Orthopedic coordination of dentofacial development in skeletal Class II malocclusion in conjunction with edgewise therapy. Part I. *American journal of orthodontics*. **1983**;84(5):361-383.
106. **Coben SE.** Growth and class II treatment. *American journal of orthodontics*. **1966**;52(1):5-26.
107. **Coben SE.** The biology of Class II treatment. *American journal of orthodontics*. **1971**;59(5):470-487.

108. **Fisk GV, Culbert MR, Grainger RM, Hemrend B, Moyers R.** The morphology and physiology of distocclusion. *American journal of orthodontics*. 39(1):3-12.
109. **Bishara SE, Bayati P, Jakobsen JR.** Longitudinal comparisons of dental arch changes in normal and untreated Class II, Division 1 subjects and their clinical implications. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. **1996**;110(5):483-489.
110. **Fröhlich FJ.** Changes In Untreated Class II Type Malocclusions. *The Angle orthodontist*. **1962**;32(3):167-179.
111. **Ferreira JTL, Lima MdRF, Pizzolato LZ.** Relation between Angle Class II malocclusion and deleterious oral habits. *Dental Press Journal of Orthodontics*. **2012**;17:111-117.
112. **Grosfeld O.** Changes of muscle activity patterns as a result of orthodontic treatment. *Report of the congress European Orthodontic Society*. **1965**;41:203-213.
113. **Pancherz H.** The mechanism of Class II correction in Herbst appliance treatment. A cephalometric investigation. *American journal of orthodontics*. **1982**;82(2):104-113.
114. **Graber TM.** Orthodontics: Principles & Practice: Saunders; **1972**:240-274.
115. **Hotz R.** Orthodontia in Everyday Practice: Lippincott; **1961**:20-46.
116. **Kuijpers MA, Kuijpers-Jagtman AM.** [Orthodontics in general practice 3. Angle Class II/1 malocclusion: one-phase treatment treatment preferred to two-phase treatment]. *Nederlands tijdschrift voor tandheelkunde*. **2008**;115(1):22-28.
117. **Mitchell L.** An Introduction to Orthodontics: OUP Oxford; **2013**:113-127.
118. **Pancherz H.** Dentofacial orthopedics or orthognathic surgery: is it a matter of age? *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. **2000**;117(5):571-574.
119. **Ruf S, Pancherz H.** Orthognathic surgery and dentofacial orthopedics in adult Class II Division 1 treatment: mandibular sagittal split osteotomy versus Herbst appliance. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. **2004**;126(2):140-152.
120. **Hubbard GW, Nanda RS, Currier GF.** A cephalometric evaluation of nonextraction cervical headgear treatment in Class II malocclusions. *The Angle orthodontist*. **1994**;64(5):359-370.
121. **Tweed CH.** Clinical Orthodontics: Mosby; **1966**:454-492.
122. **Antonarakis GS, Kiliaridis S.** Maxillary Molar Distalization with Noncompliance Intramaxillary Appliances in Class II Malocclusion. *The Angle orthodontist*. **2008**;78(6):1133-1140.
123. **Graber TM, Rakosi T, Petrovic AG.** Dentofacial Orthopedics with Functional Appliances: Mosby; **1985**:68-101.
124. **Bishara SE, Ziaja RR.** Functional appliances: a review. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. **1989**;95(3):250-258.
125. **Chen JY, Will LA, Niederman R.** Analysis of efficacy of functional appliances on mandibular growth. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. **2002**;122(5):470-476.

126. **McNamara JA, Jr., Howe RP, Dischinger TG.** A comparison of the Herbst and Frankel appliances in the treatment of Class II malocclusion. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics.* **1990**;98(2):134-144.
127. **Herbst E.** Atlas und Grundriss der zahnärztliche Orthopädie. *J.F. Lehmann*; **1910**.
128. **Castanon R, Valdes MS, White LW.** Clinical use of the Churro jumper. *Journal of clinical orthodontics : JCO.* **1998**;32(12):731-745.
129. **Jasper JJ, McNamara JA, Jr.** The correction of interarch malocclusions using a fixed force module. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics.* **1995**;108(6):641-650.
130. **Ricketts RM.** The keystone triad: II. Growth, treatment, and clinical significance. *American journal of orthodontics.* **1964**;50(10):728-750.
131. **Schiavoni R, Bonapace C, Grenga V.** Modified edgewise-Herbst appliance. *Journal of clinical orthodontics : JCO.* **1996**;30(12):681-687.
132. **Mills JR.** The effect of functional appliances on the skeletal pattern. *British journal of orthodontics.* **1991**;18(4):267-275.
133. **Harvold EP, Vargervik K.** Morphogenetic response to activator treatment. *American journal of orthodontics.* **1971**;60(5):478-490.
134. **Pancherz H.** The Herbst appliance--its biologic effects and clinical use. *American journal of orthodontics.* **1985**;87(1):1-20.
135. **Papadopoulos MA.** Skeletal Anchorage in Orthodontic Treatment of Class II Malocclusion: *Contemporary applications of orthodontic implants, miniscrew implants and mini plates: Elsevier Health Sciences UK*; **2014**:244-249.
136. **Vogt W.** The Forsus Fatigue Resistant Device. *Journal of clinical orthodontics : JCO.* **2006**;40(6):368-377
137. **Uzel A, Özyürek Y, Öztunç H.** Condyle position in Class II Division 1 malocclusion patients: Correlation between MPI records and CBCT images. *Journal of the World Federation of Orthodontists.* **2013**;2(2):65-70.
138. **Sood S.** The Forsus Fatigue Resistant Device as a fixed functional appliance. *Journal of clinical orthodontics : JCO.* **2011**;45(8):463-466.
139. **Simplant O&O V3.0.0.59.** Materialise Dental, Leuven, Belgium. **2013**.
140. **SPSS 17.0.** SPSS Inc. SPSS for Windows. **2010**.
141. **Baccetti T, Franchi L, Toth LR, McNamara JA, Jr.** Treatment timing for Twin-block therapy. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics.* **2000**;118(2):159-170.
142. **Malmgren O, Omblus J, Hagg U, Pancherz H.** Treatment with an orthopedic appliance system in relation to treatment intensity and growth periods. A study of initial effects. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics.* **1987**;91(2):143-151.

143. **Collett AR.** Current concepts on functional appliances and mandibular growth stimulation. *Australian Dental Journal.* **2000**;45(3):173-178.
144. **King GJ, Keeling SD, Hocevar RA, Wheeler TT.** The timing of treatment for Class II malocclusions in children: a literature review. *The Angle orthodontist.* **1990**;60(2):87-97.
145. **Owen AH, 3rd.** Frontal facial changes with the Frankel appliance. *The Angle orthodontist.* **1988**;58(3):257-287.
146. **Frankel R.** The treatment of Class II, Division 1 malocclusion with functional correctors. *American journal of orthodontics.* **1969**;55(3):265-275.
147. **Hansen K, Pancherz H, Hagg U.** Long-term effects of the Herbst appliance in relation to the treatment growth period: a cephalometric study. *European journal of orthodontics.* **1991**;13(6):471-481.
148. **Baccetti T, Franchi L.** The Fourth Dimension in Dentofacial Orthopedics: Treatment Timing for Class II and Class III Malocclusions. *World Journal Of Orthodontics.* **2001**;2(2):159-167.
149. **Hägg U, Pancherz H.** Dentofacial orthopaedics in relation to chronological age, growth period and skeletal development. An analysis of 72 male patients with Class II division 1 malocclusion treated with the Herbst appliance. *The European Journal of Orthodontics.* **1988**;10(1):169-176.
150. **Pancherz H.** Dentofacial orthopedics or orthognathic surgery: Is it a matter of age? *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* **2000**;117(5):571-574.
151. **Ruf S, Pancherz H.** Dentoskeletal effects and facial profile changes in young adults treated with the Herbst appliance. *The Angle orthodontist.* **1999**;69(3):239-246.
152. **Bakke M, Paulsen HU.** Herbst treatment in late adolescence: clinical, electromyographic, kinesigraphic, and radiographic analysis of one case. *European journal of orthodontics.* **1989**;11(4):397-407.
153. **Konik M, Pancherz H, Hansen K.** The mechanism of Class II correction in late Herbst treatment. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics.* **1997**;112(1):87-91.
154. **Luder HU.** Skeletal profile changes related to two patterns of activator effects. *American journal of orthodontics.* **1982**;81(5):390-396.
155. **Jakobsson SO, Paulin G.** The influence of activator treatment on skeletal growth in Angle Class II: 1 cases. A roentgenocephalometric study. *European journal of orthodontics.* **1990**;12(2):174-184.
156. **Aelbers CM, Dermaut LR.** Orthopedics in orthodontics: Part I, Fiction or reality--a review of the literature. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics.* **1996**;110(5):513-519.
157. **Harris JE.** A cephalometric analysis of mandibular growth rate. *American journal of orthodontics.* **1962**;48(3):161-174.
158. **Lande MJ.** Growth behavior of the human bony facial profile as revealed by serial cephalometric roentgenology. *The Angle orthodontist.* **1952**;22(2):78-90.

159. **Solow B.** The dentoalveolar compensatory mechanism: background and clinical implications. *British journal of orthodontics*. **1980**;7(3):145-161.
160. **McNamara JAJ.** The role of functional appliances in contemporary orthodontics. *New vistas in orthodontics*. **1985**;38-75.
161. **Johnston LE, Jr.** A comparative analysis of Class II treatments: a retrospective/prospective alternative. *Clinical orthodontics and research*. **1998**;1(2):142-146.
162. **Buschang PH, Tanguay R, Demirjian A, La Palme L, Goldstein H.** Sexual dimorphism in mandibular growth of French-Canadian children 6 to 10 years of age. *American journal of physical anthropology*. **1986**;71(1):33-37.
163. **Buschang PH, Tanguay R, Demirjian A, LaPalme L, Turkewicz J.** Mathematical models of longitudinal mandibular growth for children with normal and untreated Class II, division 1 malocclusion. *European journal of orthodontics*. **1988**;10(3):227-234.
164. **Bishara SE, Jamison JE, Peterson LC, DeKock WH.** Longitudinal changes in standing height and mandibular parameters between the ages of 8 and 17 years. *American journal of orthodontics*. **1981**;80(2):115-135.
165. **Carter NE.** Dentofacial changes in untreated Class II division 1 subjects. *British journal of orthodontics*. **1987**;14(4):225-234.
166. **Kucukkeles N, Ilhan I, Orgun IA.** Treatment efficiency in skeletal Class II patients treated with the jasper jumper. *The Angle orthodontist*. **2007**;77(3):449-456.
167. **Michele C, Federica A, Roberto DG, Alessandro S.** Two-Dimensional and Three-Dimensional Cephalometry Using Cone Beam Computed Tomography Scans. *The Journal of craniofacial surgery*. **2015**;26(4):e311-315.
168. **Lisboa Cde O, Masterson D, Motta AF, Motta AT.** Reliability and reproducibility of three-dimensional cephalometric landmarks using CBCT: a systematic review. *Journal of applied oral science : revista FOB*. **2015**;23(2):112-119.
169. **Naji P, Alsufyani NA, Lagravery MO.** Reliability of anatomic structures as landmarks in three-dimensional cephalometric analysis using CBCT. *The Angle orthodontist*. **2014**;84(5):762-772.
170. **Mai L, Yao Y, Zhang S, Wang D, Zhang Z.** [Comparison of temporomandibular joint changes in adolescent Class II deviation 1 malocclusion patients with mandibular retrusion treated with Twin-block and Class II elastics]. *Chinese journal of stomatology*. **2014**;49(7):394-398.
171. **Fang HJ, Tao L.** [Evaluation of sagittal temporomandibular condyle position in adolescent Angle Class II division 1 patients by cone-beam CT]. *Shanghai journal of stomatology*. **2014**;23(6):740-743.
172. **Liu B, Wang Y, Song F, Liu M, Duan Y, Zhou L.** [Cone-beam CT evaluation of the changes in the temporomandibular joint of patients with class II division 1 subdivision malocclusion before and after twin-block treatment]. *West China journal of stomatology*. **2013**;31(6):610-614.
173. **Rossini G, Cavallini C, Cassetta M, Barbato E.** 3D cephalometric analysis obtained from computed tomography. Review of the literature. *Annali di Stomatologia*. **2011**;2(3-4):31-39.

174. **Manfredi C, Cimino R, Trani A, Pancherz H.** Skeletal changes of Herbst appliance therapy investigated with more conventional cephalometrics and European norms. *The Angle orthodontist*. **2001**;71(3):170-176.



ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında Samsun’da doğdu. İlköğrenimini 2001 yılında İstiklal İlköğretim Okulu’nda, lise öğrenimini ise 2004 yılında Samsun Anadolu Lisesi’nde tamamladı. 2010 yılında Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’nden onur derecesiyle mezun oldu. 2010 yılının Eylül ayında Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Ortodonti Anabilim Dalı’nda Doktora eğitime başladı. Doktora eğitimi süresince Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’nde klinik ve akademik faaliyetlerde bulundu.

