



**HAREKETLİ VE SABİT FONKSİYONEL APAREY
TEDAVİLERİNİN MANDİBULAR KEMİKTEKİ
ETKİLERİNİN FRAKTAL ANALİZ YÖNTEMİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Mahmut Ayhan Öner
ORTODONTİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Samet Özden

Uzmanlık Tezi 2024

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ DEKANLIĞI

HAREKETLİ VE SABİT FONKSİYONEL APAREY
TEDAVİLERİNİN MANDİBULAR KEMİKTEKİ ETKİLERİNİN
FRAKTAL ANALİZ YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Mahmut Ayhan Öner

ORTODONTİ ANABİLİM DALI
Uzmanlık Tezi

Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Samet Özden

MALATYA
2024

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
Diş Hekimliği Fakültesi

ETİK BEYANI

İnönü Üniversitesi Tez Yazım Kurallarına uygun olarak Dr. Öğr. Üyesi Samet ÖZDEN danışmanlığında hazırlayıp sunduğum “Hareketli ve Sabit Fonksiyonel Aparey Tedavilerinin Mandibular Kemikteki Etkilerinin Fraktal Analiz Yöntemi ile Değerlendirilmesi” başlıklı uzmanlık tezim içinde elde ettiğim verileri, bilgileri, belgeleri akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tezimde yararlandığım eserlere bilimsel kurallara uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, tezimin özgün olduğunu, tezimin çalışma ve yazımında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim. 23/12/2024

Mahmut Ayhan ÖNER

İTHAF

*Uzmanlık tezimi, hayatımın en değerli varlıkları sevgili kızlarım Öykü ve Hazal'a
ithaf ediyorum.*

İÇİNDEKİLER

ÖZET	ix
ABSTRACT.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Sınıf II Malokluzyonlar	3
2.1.1. Tanım ve Sınıflandırma.....	3
2.1.2. Epidemiyoloji.....	3
2.1.3. Etiyoloji	4
2.1.4. Sınıf II Malokluzyonun Karakteristikleri	5
2.1.5. Morfolojik Özellikler	6
2.1.6. Alt Çene Gelişim Geriliğine Bağlı Sınıf II Malokluzyonların Tedavi Seçenekleri.....	6
2.1.6.1. Ortodontik Kamuflej.....	7
2.1.6.2. Ortognatik Cerrahi	7
2.1.6.3. Fonksiyonel Ortopedik Tedavi.....	7
2.1.7. Fonksiyonel Apareyler	9
2.1.7.1. Hareketli Fonksiyonel Apareyler	9
2.1.7.2. Sabit Fonksiyonel Apareyler.....	11
2.1.8. Fonksiyonel Ortopedik Tedavi Zamanlaması	13
2.2. Ortodontide Kullanılan Radyolojik Görüntüleme Yöntemleri	15
2.2.1. Panoramik Radyografiler	15
2.2.2. Sefalometrik Radyografiler.....	16
2.2.3. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT)	16
2.3. Fraktal Analiz (FA)	17
2.3.1. Fraktal Boyutun Hesaplanmasında Kullanılan Yöntemler	18
2.3.2. Fraktal Analizin Tıpta Kullanım Alanları	20
2.3.3. Diş Hekimliğinde Fraktal Analiz	20
2.3.4. Ortodontide Fraktal Analiz	21
3. MATERYAL ve METOT	24

3.1. Hasta Gruplarının Oluşturulması	24
3.2. Fonksiyonel Ortopedik Tedavi Protokolü	25
3.3. Maksiller Geniştirme Protokolü	28
3.4. Radyografilerin Elde Edilmesi.....	29
3.5. Sefalometrik Analiz	29
3.5.1. Sefalometrik Analizde Kullanılan Noktalar.....	30
3.5.2. Sefalometrik Analizde Kullanılan Düzlemler	31
3.5.2.1. Horizontal Düzlemler.....	31
3.5.2.2. Vertikal Düzlemler	32
3.5.3. Lateral Sefalometrik Radyografi Analizinde Kullanılan Ölçümler	33
3.5.3.1. İskeletsel Doğrusal ve Oransal Ölçümler	33
3.5.3.2. İskeletsel Açısal Ölçümler	34
3.5.3.3. Dişsel Doğrusal Ölçümler.....	34
3.5.3.4. Dişsel Açısal Ölçümler	34
3.6. Fraktal Analiz.....	35
3.7. İstatistiksel Analiz.....	40
3.7.1. İstatistiksel Yöntem	40
4.BULGULAR.....	41
4.1. Metot Hatasının Değerlendirilmesi.....	41
4.2. Demografik Özelliklerin Değerlendirilmesi	42
4.3. Sefalometrik Bulguların Değerlendirilmesi	43
4.3.1. Sefalometrik Bulguların Grup İçi Değerlendirilmesi	43
4.3.2. Sefalometrik Değerlerde T1-T0 Zaman Aralığında Görülen Değişimin Cinsiyete Göre Değerlendirilmesi.....	52
4.3.3. Sefalometrik Bulguların Gruplar Arası Değerlendirilmesi	59
4.4. Fraktal Analiz Bulgularının Değerlendirilmesi.....	66
4.4.1. Fraktal Analiz Bulgularının Grup İçi Değerlendirilmesi	66
4.4.2. Fraktal Değerlerde T1 -T0 Zaman Aralığında Görülen Değişimin Cinsiyete Göre Değerlendirilmesi.....	69
4.4.3. Fraktal Analiz Bulgularının Gruplar Arası Değerlendirilmesi.....	71
5. TARTIŞMA.....	73
5.1. Amacın Tartışılması	73
5.2. Materyal ve Metodun Tartışılması	75
5.3. Bulguların Tartışması.....	82

5.3.1. Herbst, Monoblok ve Twinblok Apareylerinin Sefalometrik Değerlere Göre Tedavi Etkinliklerinin Değerlendirilmesi	82
5.3.2. FB Değerlerinin Bulgularının Değerlendirilmesi	85
5.3.2.1. FB Değerlerinin Grup İçi Değerlendirilmesi	85
5.3.2.2. FB Değerlerinin Gruplar Arası Değerlendirilmesi.....	91
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	95
KAYNAKÇA	98
EKLER.....	119
EK-1. Etik Kurul Onayı	119



TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince her zaman yanımda olan, bilgi ve deneyimiyle beni yönlendiren, gerektiğinde kendi zamanından fedakârlık ederek bana destek veren değerli hocam ve tez danışmanım **Dr. Öğr. Üyesi Samet ÖZDEN**'e;

Ortodonti eğitimim boyunca bilgilerini ve deneyimlerini bizlerle paylaşan, desteğiyle her zaman yanımda olan kıymetli hocam **Dr. Öğr. Üyesi Sabahattin BOR**'a;

Beş yıllık uzmanlık eğitimim süresince birlikte öğrenip geliştiğim ve bu süreci benim için anlamlı kılan değerli arkadaşlarım **Arş. Gör. Serhat TENTAŞ**, **Arş. Gör. Fırat OĞUZ**, **Arş. Gör. Handan Göze OĞUZ**, **Arş. Gör. Mehman AMİRASLANLI**'ya;

Uzmanlık eğitimim süresince desteğini hep hissettiğim canım dostlarım **Uzm. Dt. Serdar DEMİRTÜRK**, **Uzm. Dt. Ayhan DOĞAN** ve **Uzm. Dt. Birol UZUN**'a;

Bu süreçte yanımda olan değerli asistan arkadaşlarım ve desteklerini esirgemeyen tüm Ortodonti Anabilim Dalı Ailesi'ne;

Hayatım boyunca maddi manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen bugünlere gelmemde büyük emekleri olan değerli aileme;

Hayatımın her alanında olduğu gibi bu süreçte de karşılaştığım tüm zorluklarda beni motive eden, her zaman yanımda olup hayatımı güzelleştiren sevgili eşim **Uzm. Dt. Burcu Sevim ÖNER**'e;

Tüm içtenliklerim ile teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Hareketli ve Sabit Fonksiyonel Aparey Tedavilerinin Mandibular Kemikteki Etkilerinin Fraktal Analiz Yöntemi ile Değerlendirilmesi

Amaç: Bu çalışmanın amacı, pubertal dönemde olan iskeletsel sınıf II maloklüzyonlu hastaların, hareketli ve sabit fonksiyonel aparey ile tedavisi sonrasında mandibular trabeküler kemikte meydana gelen değişiklikleri panoramik ve lateral sefalometrik radyografiler kullanılarak Fraktal Analiz (FA) yöntemi ile değerlendirmektir.

Materyal Metot: İskeletsel sınıf II maloklüzyonu olan, normodiverjan dik yön paternine sahip, pubertal atılım döneminde olan 120 bireyin panoramik ve sefalometrik görüntüleri 4 gruba ayrılmıştır. Çalışma grupları Monoblok apareyi, Twinblok apareyi ve Herbst apareyi ile tedavi gören 30'ar hasta olacak şekilde 3 ayrı tedavi grubundan oluşmaktadır. Kontrol grubu ise tedavi görmemiş 30 bireyden oluşmaktadır. Tüm bireylerde fonksiyonel tedavi sonrası mandibulanın kondil, angulus, korpus ve simfizis bölgelerinde oluşabilecek değişiklikler FA yöntemi ile incelenmiştir.

Bulgular: Tedavi gruplarında yer alan tüm bireylerin kondil, korpus ve simfizis bölgelerinin fraktal boyut (FB) değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma gözlenmiştir ($p<0,05$). Tüm tedavi gruplarının angulus bölgesi FB değerlerinde ise istatistiksel olarak anlamlı bir artış tespit edilmiştir ($p<0,001$). Kontrol grubunda yer alan bireylerin tedavi başı ve sonu FB değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Sonuç: Pubertal dönemde uygulanan sabit ve hareketli fonksiyonel aparey tedavileri mandibulanın kondil bölgesinin yeniden şekillenmesini ve böylelikle daha ileri bir pozisyonda konumlanmasını sağlamaktadır. Bununla beraber mandibulanın konumundan etkilenen masseter kasının liflerinin olduğu angulus bölgesinde rezorpsiyona dirençli bir alan olduğu gözlenmiştir. Hareketli aparey tedavilerinde, posterior dişlerin bölgedeki akrilik kütle ve bu bölgedeki dişlerin ekstrüzyonu için uygulanan selektif mölleme işlemine bağlı, mandibulanın korpus bölgesindeki trabeküler kemik yoğunluğunda azalma meydana gelmiştir. Hareketli ve sabit fonksiyonel tedavilerinin bir yan etkisi olarak gözlemlenen alt keser açılarındaki artışın, keser köklerinin bukkalinde yer alan trabeküler kemik yoğunluğunda azalmaya neden olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Fonksiyonel Apareyler, Fraktal analiz, Trabeküler Kemik, Panoramik Radyografi, Sefalometrik Radyografi.

ABSTRACT

Evaluation of the Effects of Removable and Fixed Functional Appliance Treatments on Mandibular Bone Using Fractal Analysis Method

Aim: The aim of this study is to evaluate the changes occurring in the mandibular trabecular bone after treatment with removable and fixed functional appliances in patients with skeletal Class II malocclusion during the pubertal growth period, using the Fractal Analysis (FA) method with panoramic and lateral cephalometric radiographs.

Materials and Methods: Panoramic and cephalometric images of 120 individuals with skeletal Class II malocclusion and normodivergent vertical growth patterns in the pubertal growth period were divided into four groups. The study groups consisted of three treatment groups of 30 patients each, treated with Monoblock, Twin-block, and Herbst appliances. The control group included 30 untreated individuals. Changes in the mandibular condyle, angle, corpus, and symphysis regions after functional treatment were evaluated using the FA method in all individuals.

Results: A statistically significant decrease in fractal dimension (FD) values was observed in the condyle, corpus, and symphysis regions of all individuals in the treatment groups ($p < 0.05$). However, a statistically significant increase in FD values was noted in the angle region for all treatment groups ($p < 0.001$). No statistically significant difference was found in the FD values between the beginning and end of the study period for individuals in the control group ($p > 0.05$).

Conclusion: Fixed and removable functional appliance treatments applied during the pubertal period reshape the mandibular condyle, allowing it to be positioned more anteriorly. Additionally, it was observed that the angle region, influenced by the fibers of the masseter muscle attached to the mandible, forms a resistant area to resorption. In treatments involving removable appliances, a decrease in trabecular bone density in the mandibular corpus region occurred, likely due to the acrylic mass in the posterior region and selective grinding applied for the extrusion of posterior teeth. The increase in lower incisor angles observed as a side effect of removable and fixed functional treatments is thought to cause a reduction in trabecular bone density on the buccal side of incisor roots.

Key Words: Functional Appliances, Fractal Analysis, Trabecular Bone, Panoramic Radiography, Cephalometric Radiography.

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	: Yüzde
°	: Derece
BT	: Bilgisayarlı Tomografi
DICOM	: Digital Imaging and Communication in Medicine
FA	: Fraktal Analiz
FB	: Fraktal Boyut
KIBT	: Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
Ma	: miliamper
Mm	: milimetre
MRG	: Manyetik Rezonans Görüntüleme
Ort	: Ortalama
ROI	: Region of Interest
RPE	: Rapid Palatal Expansion
SKK	: Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı
Ss	: Standart sapma
TME	: Temporomandibular Eklem

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa No
Şekil 2.1. FB ölçümünde kullanılan yöntemler; A. Richardson metodu, B. Kutu sayma metodu, C. Piksel genişletme metodu, D. Hacim ölçümüne göre yapılan FB hesaplama yöntemi	19
Şekil 3.1. Herbst apareyinin yandan ağız içi görüntüsü	26
Şekil 3.2. Monoblok apareyinin yandan ağız içi görüntüsü	27
Şekil 3.3. Twinblok apareyinin yandan ağız içi görüntüsü.....	28
Şekil 3.4. Sefalometrik analizde kullanılan noktalar	31
Şekil 3.5. Sefalometrik analizde kullanılan horizontal düzlemler	32
Şekil 3.6. Sefalometrik analizde kullanılan vertikal düzlemler	33
Şekil 3.7. Panoramik radyografi üzerinde seçilen 60x60 boyutlarında ilgili ROI bölgeler ..	35
Şekil 3.8. Sefalometrik radyografi üzerinde seçilen 30x30 piksel boyutlarında ilgili ROI bölgesi	36
Şekil 3.9. İmagej programı ile panoramik radyografi üzerinde yapılan kalibrasyon işlemi..	37
Şekil 3.10. Mandibulanın kondil bölgesinden 60x60 boyutlarında kare şeklinde ilgili ROI bölgesinin seçilmesi	37
Şekil 3.11. Fraktal analizin işlem basamakları A: Dublikasyon B: Gaussian Filtresi ile bulanıklaştırma C: Substraksiyon D: 128 eşik değeri eklenmesi E: Binarizasyon F: Erozyon G: Dilatasyon H: Tersine çevirme I: İskeletleştirme.....	38
Şekil 3.12. Görüntünün farklı piksel boyutlarında kutulara bölünmesi işlemi.....	39
Şekil 3.13. Fraktal boyut değerini gösteren grafik. Doğrunun eğimi fraktal boyut değerini gösterir. ‘D’ harfi ile gösterilen değer fraktal boyut değerini ifade etmektedir.	39

TABLolar DİZİNİ

Tablo No	Sayfa No
Tablo 4.1. Sefalometrik analiz ölçümlerinin tekrarlanma katsayıları	41
Tablo 4.2. Fraktal analiz ölçümlerinin tekrarlanma katsayıları	42
Tablo 4.3. Gruplara göre cinsiyet dağılımı	43
Tablo 4.4. Gruplara göre kronolojik yaş ve tedavi süresinin dağılımı	43
Tablo 4.5. Herbst grubunda yer alan bireylerin tedavi öncesi ve tedavi sonrası sefalometrik ölçüm değerlerinin karşılaştırılması.....	45
Tablo 4.6. Monoblok grubunda yer alan bireylerin tedavi öncesi ve tedavi sonrası sefalometrik ölçüm değerlerinin karşılaştırılması.....	47
Tablo 4.7. Twinblok grubunda yer alan bireylerin tedavi öncesi ve tedavi sonrası sefalometrik ölçüm değerlerinin karşılaştırılması.....	50
Tablo 4.8. Kontrol grubunda yer alan bireylerin tedavi öncesi ve tedavi sonrası sefalometrik ölçüm değerlerinin karşılaştırılması.....	51
Tablo 4.9. Herbst grubunda yer alan bireylerin sefalometrik değerlerindeki değişimin cinsiyete göre karşılaştırılması.....	53
Tablo 4.10. Monoblok grubunda yer alan bireylerin sefalometrik değerlerindeki değişimin cinsiyete göre karşılaştırılması.....	54
Tablo 4.11. Twinblok grubunda yer alan bireylerin sefalometrik değerlerindeki değişimin cinsiyete göre karşılaştırılması.....	56
Tablo 4.12. Kontrol grubunda yer alan bireylerin sefalometrik değerlerindeki değişimin cinsiyete göre karşılaştırılması.....	57
Tablo 4.13. Tedavi öncesi (T0) sefalometrik ölçüm değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması	60
Tablo 4.14. T1-T0 zaman aralığında sefalometrik ölçümlerde görülen değişim değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması	64
Tablo 4.15. Herbst grubunda yer alan bireylerin tedavi öncesi ve tedavi sonrası fraktal analiz ölçüm değerlerinin karşılaştırılması.....	66
Tablo 4.16. Monoblok grubunda yer alan bireylerin tedavi öncesi ve tedavi sonrası fraktal analiz ölçüm değerlerinin karşılaştırılması	67
Tablo 4.17. Twinblok grubunda yer alan bireylerin tedavi öncesi ve tedavi sonrası fraktal analiz ölçüm değerlerinin karşılaştırılması	68
Tablo 4.18. Kontrol grubunda yer alan bireylerin tedavi öncesi ve tedavi sonrası fraktal analiz ölçüm değerlerinin karşılaştırılması	69

Tablo 4.19. Herbst grubunda yer alan bireylerin fraktal değerlerindeki değişimin cinsiyete göre karşılaştırılması	69
Tablo 4.20. Monoblok grubunda yer alan bireylerin fraktal değerlerindeki değişimin cinsiyete göre karşılaştırılması.....	70
Tablo 4.21. Twinblok grubunda yer alan bireylerin fraktal değerlerindeki değişimin cinsiyete göre karşılaştırılması.....	70
Tablo 4.22. Kontrol grubunda yer alan bireylerin fraktal değerlerindeki değişimin cinsiyete göre karşılaştırılması	71
Tablo 4.23. Tedavi öncesi (T0) fraktal analiz ölçüm değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması	71
Tablo 4.24. T1-T0 zaman aralığında fraktal analiz ölçümlerinde görülen değişim değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması.....	72

1. GİRİŞ

Sınıf II maloklüzyon, toplumun %30'unda görülen ve en yaygın bulgusu alt çenenin sagittal yönde yetersiz büyümesi ile karakterize bir anomalidir (1). Bu durum, mandibular daimi birinci molar dişin, maksiller daimi birinci molar diştten en az yarım tüberkül daha distalde konumlanması olarak da tanımlanmaktadır (2). Büyüme sürecine rağmen, birçok bireyde sınıf II maloklüzyonun kendiliğinden düzelmediği ve hekimin müdahalesini gerektirdiği bildirilmektedir (3).

Mandibular retrognatiye sahip iskeletsel Sınıf II Bölüm 1 maloklüzyonlu hastalarda, büyüme ve gelişimin en hızlı olduğu dönemde tedavi, hareketli ve sabit fonksiyonel apareylerin kullanımıyla gerçekleştirilir. Mandibulaya sagittal yönde kuvvet uygulayarak büyümesini yönlendiren bu apareylerle yapılan tedavi, "fonksiyonel ortopedik tedavi" olarak adlandırılmaktadır (4).

Mandibulanın büyümesine benzer etkiler gösterdiği bildirilen Monoblok ve Twinblok apareyleri, mandibular retrognatiye sahip hastalarda sıklıkla tercih edilen hareketli fonksiyonel apareylerdir (5). Herbst apareyi ise hasta uyumunun iyi olması, 24 saat aktif kuvvet uygulayabilmesi, tedavi süresinin kısa olması ve Sınıf II maloklüzyonlu hastalarda yüksek başarı oranına sahip olması nedeniyle en sık tercih edilen sabit fonksiyonel aparey seçeneklerinden biri olarak öne çıkmaktadır (6–10).

Fonksiyonel tedavinin kraniyofasiyal yapılara olan etkisi konusunda literatürde tam bir görüş birliği bulunmamaktadır. Bazı araştırmalarda fonksiyonel tedavinin hücre aktivitesini artırarak mandibulanın kondil bölgesinde yeniden şekillenme sağladığı ve böylece mandibular büyümeyi indüklediği ileri sürülmektedir. Ayrıca, apareylerin oluşturduğu fonksiyonel uyarıların kemiğin mikro yapısında değişikliklere yol açarak morfolojik değişimlere neden olduğu belirtilmiştir (11,12). Ancak, fonksiyonel tedavinin asıl etkisinin dentoalveoler bölge üzerinde yoğunlaştığını ve kemik yapılara minimal düzeyde etkisinin olduğunu savunan çalışmalar da bulunmaktadır (13,14).

Dental panoramik radyografiler, dişlenmenin yanı sıra kemikte meydana gelen trabeküler değişiklikleri değerlendirmek için de kullanılabilir (15). Ancak, mandibular kemikte oluşan değişimlerin konvansiyonel radyografiler üzerinden hekim tarafından değerlendirilmesi, yorumlama kapasitesine bağlı olduğundan subjektif sonuçlar

doğurabilmektedir. Bu nedenle, kantitatif ve daha objektif veriler elde etmek amacıyla yapılan araştırmalar giderek artmaktadır (16–19).

Kemikteki trabeküler yapılar da oluşan değişiklikleri değerlendirmek için kullanılan kantitatif yöntemlerden biri de fraktal analiz (FA)’dir (20–22). FA’ in trabeküler paternin tanımlanması için güvenilir ve doğru bilgiler sağlayan bir yöntem olduğu bildirilmiştir (23–25).

Literatürde fonksiyonel aparey tedavilerinin mandibular trabeküler kemikte meydana getirdiği değişiklikleri FA yöntemi ile inceleyen çeşitli çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda mandibulanın kondil, angulus, korpus ve simfizis bölgelerinde oluşan trabeküler değişiklikler incelenmiştir (24,26–30). Ancak literatürde, hareketli ve sabit fonksiyonel apareylerin mandibulada oluşturduğu trabeküler değişiklikleri karşılaştırmalı olarak tek bir çalışma kapsamında değerlendiren bir araştırmaya rastlanmamıştır

Bu çalışmanın amacı, hareketli ve sabit fonksiyonel apareylerle tedavi edilen hastalarda, tedavi sonrasında mandibular kemikte meydana gelen trabeküler değişiklikleri FA yöntemi kullanarak değerlendirmektir.

Çalışmanın sıfır hipotezi, hareketli ve sabit fonksiyonel aparey tedavilerinin sonucunda mandibular trabeküler kemikte ölçüm yapılan bölgelerde, gruplar arası ve grup içi FB değerlerinde herhangi bir anlamlı değişiklik olmayacağı yönündedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Sınıf II Maloklüzyonlar

2.1.1. Tanım ve Sınıflandırma

Edward Angle'ın 1899 yılında yaptığı sınıflamada yer alan tanıma göre sınıf II maloklüzyon, alt birinci büyük azı dişinin üst birinci büyük azı dişine göre daha distal konumda yer almasıdır. Bu tanıma göre üst birinci büyük azı dişi sabit kabul edilmiştir. Angle sınıf II maloklüzyonu dental ve iskeletsel olarak şu şekilde sınıflandırılmıştır;

Dental olarak yapılan sınıflama;

- Sınıf II Divizyon 1: Sınıf II molar ilişkiye ilave olarak overjet'te artış gözlenir. Bu maloklüzyon tipinde maksiller dental ark dardır ve üst keserler protruziv bir durum sergiler. Aynı zamanda fonksiyonel alışkanlıklar mevcut duruma eşlik eder.
- Sınıf II Divizyon 2: Sınıf II molar ilişki ilave olarak overbite'ta artış gözlenir. Bu maloklüzyon tipinde dikleşmiş maksiller keserlere dental çapraşıklık eşlik eder.
- Sınıf II Subdivizyon: Molar ilişkisinin bir tarafta Sınıf I, diğer tarafta Sınıf II olarak gözlenmesidir.

İskeletsel olarak yapılan sınıflama;

- Kafa kaidesine göre maksillanın önde ve mandibulanın normal konumlanması
- Kafa kaidesine göre maksillanın yerinde ve mandibulanın geride konumlanması
- Kafa kaidesine göre maksillanın önde ve mandibulanın geride konumlanması olarak tanımlanmıştır (31).

2.1.2. Epidemiyoloji

Toplumda en sık karşılaşılan ortodontik problemlerden biri sınıf II maloklüzyondur ve genelde mandibular retrüzyon ile karakterizedir (32).

Amerika'da yapılan bir çalışmada Sınıf II maloklüzyonu olan çocuklarda 5 mm'den fazla overjet görülme oranı %23, genç erişkinlerde %15, yetişkinlerde ise %13 olduğu bildirilmiştir (33).

Angle ve ark. toplumda sınıf II divizyon 1 maloklüzyon görülme oranının %12.4 olduğunu bildirirken (34), Nanda ve ark. %35 olduğunu (35), Ast ve ark. %23.8 oranında olduğunu bildirmiştir (36).

Ülkemizde Sarı ve ark., Selçuk Üniversitesi Ortodonti Anabilim Dalı'na başvuran hastalar üzerinde yaptığı epidemiyolojik çalışmada sınıf II divizyon 1 maloklüzyon görülme oranını %25.1 olarak bildirmiştir (37).

Sayın ve ark., Türkiye'nin güney bölgesinde yaşayan ve hiç ortodontik tedavi görmemiş 1356 hasta üzerinde yaptığı araştırmada; bireylerin %19 oranında Sınıf II Bölüm 1 maloklüzyonlu olan hastalardan oluştuğunu bildirmiştir (38).

Gelgör ve ark., 2007 yılında yaptığı bir çalışmada 2329 genç bireyin %40'ında Sınıf II divizyon 1 maloklüzyon görüldüğü bildirmiştir (39).

2.1.3. Etiyoloji

Genetik ve çevresel faktörler, büyüme ve gelişim döneminde ortaya çıkan ve çene-yüz sistemini oluşturan yapılar arasında uyumsuzluklara neden olabilir. Sınıf II kapanış bozuklukları bu uyumsuzlukların başında gelir (40).

Sınıf II anomalilerin gelişiminin, genetik ve çevresel faktörlerin bir araya gelmesiyle ortaya çıktığı değerlendirilmektedir. Ailesel özelliklerin etkili olduğu durumlarda, bu anomaliler genetik olarak sonraki nesillere aktarılabilir ve benzer özellikler veya kombinasyonlar aile üyelerinin çocuklarında görülebilir. Bununla birlikte, bazı anomalilerin oluşumunda çevresel faktörlerin daha belirleyici olduğu bildirilmektedir. Örneğin, alt çene süt ikinci molar dişin erken kaybı, genellikle daimi birinci molar dişlerin rotasyonu ve mesiale devrilmesiyle sonuçlanmaktadır. Ayrıca, hatalı yutkunma, emzik veya parmak emme gibi parafonksiyonel alışkanlıklar da sınıf II kapanış bozukluğunun nedenleri arasında yer almaktadır. Bu alışkanlıklar, alt dudağın üst keser dişlerin arkasında konumlanmasına neden olur ve çevre kasların fonksiyonunu bozarak hem overjet artışına hem de üst keser dişlerin öne doğru eğimlenmesine yol açabilir (41).

Alışkanlıklar, burun yolu obstrüksiyonları veya proliferen adenoid nedeniyle gelişen ağız solunumu, kraniyofasiyal yapılar üzerinde çeşitli değişimlere neden olabilir. Bu değişimler arasında mandibular dental arkın daha distalde oklüzyona gelmesi, mandibular gelişimin yetersiz olması, maksiller arkın daralması, damak derinliğinin artması ve üst kesici dişlerde protrüzyon yer almaktadır (42).

Dişler üzerinde konumlanan dudakların yetersizliği aynı zamanda labial ve lingual kuvvet dengesizliğine yol açarak üst keserlerin protrüzyonuna neden olmaktadır (43).

Anomalilerin oluşumunda etiyolojik faktörlerin yanı sıra, bu faktörlerin yaşamın hangi evresinde etkili olduğu ve etki süresinin yoğunluğu da belirleyici bir rol oynamaktadır. Kesikli bir etkiyle ortaya çıkan problemler, sürekli bir etki sonucu oluşan problemlerle kıyaslandığında farklı şiddetlerde ve özelliklerde olabilir. Benzer şekilde, bir etkenin doğru zamanda ve yeterli süreyle etkili olmaması durumunda anomali gelişmeyebilir (44,45).

2.1.4. Sınıf II Malokluzyonun Karakteristikleri

Panchez ve ark., 1996 yılında yayınladığı çalışmada 11-13 yaş aralığında olan çocuklarda gözlemlenen sınıf II divizyon I maloklüzyonun iskeletsel ve dişsel karakteristik özelliklerini aşağıdaki gibi belirtmiştir (46):

Sınıf II Malokluzyonun İskeletsel Karakteristikleri;

Sagital Maksiller Konum (SNA): Bireylerin %74'ünde maksilla SNA açısına göre normal konumda, %13'ünde maksilla retrüziv, %13'ünde maksilla protrüziv konumda gözlenmiştir.

Sagital Mandibular Konum (SNB): Bireylerin %68'inde mandibula SNB açısına göre normal konumda, %29'unda mandibula retrüziv, %3'ünde mandibula protrüziv konumda gözlenmiştir.

Sagital Mandibular Konum (SNPg): Bireylerin %63'ünde mandibula SNPg açısına göre normal konumda, %33'ünde mandibula retrüziv, %4'ünde mandibula protrüziv konumda gözlenmiştir.

Sagital Maksiller-Mandibular İlişki (ANB): Bireylerin %53'ünde ANB açısı 5 dereceden büyük, %47'sinde ise 0 ile 5 derece arasında gözlenmiştir.

Mandibular Düzlem Açısı (ML/NSL): Bireylerin %77'sinde ML/NSL açısı normal, %12'sinde artmış, %11'inde azalmıştır.

Vertikal Maksiller-Mandibular İlişki (NL/ML): Bireylerin %78'inde ML/NL açısı normal, %5'inde artmış, %17'sinde azalmıştır.

Sınıf II Malokluzyon Dişsel Karakteristikleri;

Üst Kesici Diş Pozisyonu (U1/NL): Üst kesici dişlerin %73'ü normal konumda, %20'si protrüziv, %7'si retrüziv olarak gözlenmiştir.

Alt Kesici Diş Pozisyonu(L1/ML): Alt kesici dişlerin %43'ü normal konumda, %54 protrüziv, %3 retrüziv konumda yer gözlenmiştir.

2.1.5. Morfolojik Özellikler

Graber ve ark., 1997 yılında yayınladığı çalışmada sınıf II divizyon 1 maloklüzyonun morfolojik özelliklerini iskeletsel olarak şu şekilde belirtmiştir (40):

- Erken diş kaybı gibi nedenler ile dişlerin migrasyonu sonucu oluşan sınıf II kapanış bozuklukları
- Üst çenenin normal gelişim gösterdiği ancak alt çene gelişiminin yetersizliğinden dolayı oluşan Sınıf II kapanış bozuklukları
- Üst çene gelişiminin normalden fazla olması ve alt çenedeki gelişimin normal olması ile gelişen sınıf II kapanış bozuklukları

Mcnamara ve ark., sınıf II iskeletsel anomalilerin büyük çoğunluğunun mandibulanın gelişim yetersizliğine bağlı olarak geliştiğini açıklamıştır ve dört grup halinde değerlendirmiştir (32):

- Maksiller alveoler protrüzyon
- Maksiller bazal protrüzyon
- Mandibular mikrognati
- Mandibular retrüzyon

Maksiller Alveolar Protrüzyon: İskeletsel olarak üst çenenin konumu yerindedir. Maksiller dişlerin protrüzyonu bu maloklüzyonun sebebidir. Etiyolojisinde parmak emme, dudak emme, dudak ısırma, dil itimi, yanlış yutkunma ve kalem ısırma gibi kötü alışkanlıklar bulunur.

Maksiller Bazal Protrüzyon: Alt çene sagittal yönde iskeletsel olarak normal konumdadır. Maksilla iskeletsel olarak önde konumlanmıştır.

Mikro Mandibula: Hastalarda genetik olarak mandibulanın hacmi küçüktür ve sagittal olarak geride konumlanmıştır. Mandibular ve okluzal düzlem açıları artmıştır. Alt keser dişler protrüze olmuştur.

Mandibular Retrüzyon: Mandibula iskeletsel olarak geride konumlanmıştır fakat yeterli hacme sahiptir. Sorunun kaynağı glenoid fossanın gelişim yetersizliğidir.

2.1.6. Alt Çene Gelişim Geriliğine Bağlı Sınıf II Maloklüzyonların Tedavi Seçenekleri

Sınıf II anomalilerde uygulanacak tedavi seçenekleri üç ana başlık altında incelenmiştir (47):

1. Büyümenin pubertal atılım evresinde çocuklara ve adolesanlara uygulanan fonksiyonel apareyler ile büyüme modifikasyonu
2. Genç erişkinlere diş çekimi ve sabit mekanikler ile uygulanan kamufraj tedavisi
3. Erişkin hastalara uygulanan ortognatik cerrahi.

2.1.6.1. Ortodontik Kamufraj

Kamufraj tedavisi hastada iskeletsel olarak herhangi bir değişiklik yapılmadan maloklüzyonun dişsel olarak tedavi edilmesidir. Bu tedavilerde yapılan değişikliklerde hedef genel olarak keser açılarını normale yakın hale getirmeye çalışarak ideal overbite-overjet ilişkisini sınıf I kanin ilişki sağlayarak gerçekleştirmektir (48).

2.1.6.2. Ortognatik Cerrahi

Büyüme atılımının tamamen sona erdiği yetişkin hastalara uygulanacak tedavi alt çenenin cerrahi olarak daha ileri bir pozisyonda konumlandırılmasıdır. Sorun genelde alt çeneden kaynaklandığı için yapılacak cerrahi işlem çift taraflı sagittal splint osteotomisi ile mandibulanın ileri pozisyona alınmasıdır (48).

2.1.6.3. Fonksiyonel Ortopedik Tedavi

Fonksiyonel tedavinin etki mekanizmasının anlaşılmasına yönelik çeşitli araştırmacıların bu alanda yaptığı çalışmalar aşağıdaki gibidir:

Wolff Kanunu: Bu prensip kemiğin mikro yapısında olan değişimlerin, belirli bir düzen içerisinde morfolojik değişikliklere neden olduğunu savunur. Kasların uyarıları sonucu ortaya çıkan fonksiyonel kuvvetler, kasların yapıştığı kemiklere doğrudan veya periodontal membran vasıtasıyla dolaylı olarak çene ve alveol kemiklerine iletilir. Bunların sonucunda yapım ve yıkım reaksiyonları ile kemikte şekillenme meydana gelir (44).

Muzzy'nin Enerjivital Teorisi: Canlıların erişkin olmaya ve daha iyi bir şekil almaya eğilimi vardır. Bu engel aşılamazsa gelişim bozulur ve bozulmuş yapı korunur. Engelin ortadan kalkması ile beraber gelişim devam eder (44).

Muzy'nin Lienplastik Teorisi: Birbiri yakın ilişkide olan iki kemikten birinde olan değişiklik diğerini de etkiler (44).

Moss'un Fonksiyonel Matriks Teorisi: Baş ve yüz bölgesi, birçok fonksiyonun bir arada gerçekleştiği bölgedir. Moss, fonksiyon gören bu yapılara "fonksiyonel kraniyal komponent" adını vermiştir ve iki komponenti bulunmaktadır (49,50).

- İskeletsel Ünite: Fonksiyonel matrikse fiziksel destek sağlayan ve onu koruyan yapıları içermektedir. Kemik yapıları ile kemiğin bir bölümünü içerir.

- Fonksiyonel Matriks: Fonksiyon gören boşluklar ile bu boşlukların etrafını saran yumuşak dokular (membran, kas, sinir, bağ doku, damar) ve beyin gibi organları kapsar.

Fonksiyonel tedavi, temel olarak fonksiyonel uyaranların düzenlenmesi ve bu uyaranlar aracılığıyla morfolojik değişikliklerin sağlanmasına dayanan bir tedavi yaklaşımıdır. Fonksiyonel apareyler, alt çeneyi mevcut konumundan daha önde konumlanmaya zorlayarak pterygoid kas hariç diğer çiğneme kaslarının boylarında uzamaya neden olur. Bu uzama, kasların eski durumlarına dönme çabasıyla kuvvet üretmesine yol açar. Oluşan bu kuvvet, maksiller gelişimi frenleyerek üst çene gelişimini ters yönde etkilerken, alt çeneye öne doğru büyüme yönünde bir kuvvet iletilir. Alt çene, bu yeni konumuna uyum sağlamak için kondilde enkondral kemik oluşumunu başlatır. Adaptasyon süreci sonucunda meydana gelen kemik değişiklikleri hem kondil hem de fovea articulariste gözlemlenir. Bu süreç, alt çenenin hem transformasyon hem de translasyon yoluyla bir bütün olarak öne doğru yer değiştirmesiyle sonuçlanır (44).

Fonksiyonel apareyler; yüz iskeletini, kondilleri ve suturları en fazla etkileyen ortopedik aygıtlardır. Dentoalveoler bölgeye de etki ederler ve bu etkinin sebebi fonksiyonel apareylerin kuvveti uygulama şekline kaynaklanır. Kuvvetin dağıtılması, elimine edilmesi ya da yönlendirilmesi gibi etkilerini kas aktivitesi ve büyümeyle gerçekleştirirler (11).

Woodside'a göre fonksiyonel tedaviyi uygularken dikkat edilmesi gerekenler şöyle sıralanmıştır:

- Hasta uyumunun fonksiyonel tedavilerin başarısında çok kritik bir faktör olarak değerlendirilmesi gerekir.
- Bazı uzmanlar fonksiyonel apareyleri gece, bazıları da 24 saat kullanırmayı önermektedirler. Uzun zamanlı etkisi bakımından 24 saat süre ile kullanılması yararlı olabilir ancak bu durum apareyin konuşma esnasında zorluğa neden olmayacak şekilde planlanması ile mümkündür. Dışarıdan görünümünün de dikkatli planlanması gerekir.
- Tedavi esnasında mandibuladaki pubertal büyüme, sonrasında azalmış bir büyüme dönemi ile devam edebilir.
- Bazı durumlarda ortognatik cerrahi ile tedavi zorunlu hale gelir ve bu tür durumlarda fonksiyonel tedavide ısrar etmenin bir anlamı yoktur.
- Fonksiyonel apareyin alt yüz yüksekliği fazla olan bireylerde kullanılmaması önerilir.

Woodside fonksiyonel apareylerin alt çene gelişim geriliğine bağlı Sınıf II malokluzyonların tedavisindeki etki mekanizmalarını şu şekilde sıralamıştır:

- Orta yüzün sagittal yön büyümesini sınırlandırır.
- Dentoalveoler değişime neden olur.
- Büyümesi normal şekilde devam eden hastaların büyüme kapasitelerini arttırır.
- Kondilin büyümesini posteriora yönlendirir.
- Mandibular büyüme daha çok horizontal eksene kayar.
- Ramus rotasyona uğrayacak şekilde formasyona uğrar.
- Mevcut fonksiyonel değişimler ile kemik yapımı uyarılır.
- Glenoid fossada yukarı ve öne doğru olacak şekilde adaptif değişiklikler yaratır (51) .

2.1.7. Fonksiyonel Apareyler

Ortodontik tedavide alt çenenin ileri konumlandırılmasını 1879 yılında ilk uygulayan kişi Norman W. Kingsley'dir. Kingsley'in molar kroşeli hareketli plağı, sürekli bir labial tele ve arkaya doğru uzanan bir ısırma düzlemine sahip olan fonksiyonel apareylerin öncüsü olarak düşünülür (52).

Fonksiyonel apareyler, hareketli ve sabit fonksiyonel apareyler olmak üzere iki temel başlık altında incelenir.

2.1.7.1. Hareketli Fonksiyonel Apareyler

Hareketli fonksiyonel apareyler ağız hijyeninin sağlanabilmesi, kırılma gibi bir durum söz konusu olduğunda hastanın rahatlıkla çıkartabilmesi gibi avantajları olmasına rağmen hasta kooperasyonuna bağlı olmaları sebebiyle tedavinin başarısı açısından risk taşır. Aparey kullanılmadığında veya daha az süre ile kullanıldığında tedaviden istenilen sonuç alınamayabilir. Bu apareyler hacimli olduklarından estetik olarak rahatsızlık verebilirler. Yutkunma, konuşma ve ağızdan nefes alma gibi fonksiyonlar zorlayıcı olabilir. Ayrıca mukozal irritasyona neden olarak ve dilin hareket alanını daraltarak hastanın apareye uyum sağlamasını zorlaştırabilirler (53). En sık kullanılan hareketli fonksiyonel apareyler; Monoblok, Bionatör, Twinblok, Frankel ve manyetik apareyler olarak sayılabilir.

Monoblok Apareyi:

Bu aparey, ilk kez Pierre Robin tarafından 1902 yılında Sınıf II maloklüzyonun tedavisinde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Kingsley'in apareyinin bir modifikasyonu olarak geliştirilen bu cihaz, mandibulanın sagittal yöndeki konumunu değiştirerek kas aktivitesini artırmayı amaçlamaktadır. Pierre Robin, bu apareyi öncelikli olarak glossopitozis sendromu olan hastalar için tasarlamıştır. Bu sendrom, daha sonra Pierre Robin sendromu olarak adlandırılmıştır (52).

Monoblok apareyi için mumlu kayıt alınırken, alt çenenin aktivasyon miktarının hastanın tolerans sınırları içinde tutulması büyük önem taşımaktadır. Aktivasyon miktarının aşırı olması durumunda kaslarda yorgunluk meydana gelebileceğinden, hasta gece boyunca apareyi istemsizce ağızdan çıkarabilir. Sagittal mesafenin fazla olduğu durumlarda ise, tedaviye devam edilebilmesi için ikinci bir Monoblok apareyine ihtiyaç duyulabilir ve bu doğrultuda yeniden ölçü alınması gerekebilir. Benzer şekilde, dikey aktivasyon miktarının fazla olması da hastanın gece apareyi ağızdan çıkarmasına neden olabilir. Buna karşılık, dikey aktivasyon miktarının yetersiz olması durumunda, alt ve üst çeneden gelen basıncın azlığı nedeniyle hasta diliyle apareyi kolayca çıkarabilir. Bu sebeple aktivasyon miktarının dengeli ve hastaya uygun bir şekilde belirlenmesi önemlidir (54).

Monoblok'un dental ve ortopedik etkileri şöyledir:

- Maksillanın gelişimini durdurduğuna yönelik çalışmalar olmakla beraber (55–57), bu etkinin hiç olmadığı yada minimal düzeyde olduğunu bildiren çalışmalar da mevcuttur (58,59).
- ANB° açısına olan etkilerinin incelendiği çalışmalarda bu değerin tedavi sonunda azaldığı bildirilmiştir (55,60,61).
- Mandibular uzunluğa etkileri konusunda artışın olduğunu bildiren çalışmalar olmakla beraber (55,57,59), bu artışın önemsiz miktarda olduğunu bildiren çalışmalar da mevcuttur (62–64).
- Ön ve arka yüz yüksekliklerine olan etkisini inceleyen çalışmalarda bu oranları artırdığı bildirilmiştir (58,65,66).
- Maksiller molar dişlerin distal yönde hareket ettiği ve mandibular molar dişlerin ise mesial yöndeki hareketine ek olarak vertikal yönde erüpsiyonuna neden olduğu bildirilmiştir (67). Bazı araştırmalarda maksiller keserlerin retrüze olduğu ve mandibular keserlerin ise protrüze olduğu görülmüştür (61,68,69).

Twinblok Apareyi:

Monoblok apareyinin hacimce büyük olması ve ağızda taşıma zorluğu gibi nedenlerden dolayı, İskoçyalı ortodontist William J. Clark tarafından iki parçalı olarak tasarlanmıştır (70).

İlk yıllarda Twinblok apareyi Sınıf II Bölüm 1 maloklüzyonu olan hastalarda mandibulayı fonksiyonel olarak önde konumlandırmak amacıyla iki adet oklüzal ısırma bloğundan oluşmaktaydı. Mevcut aparey ana hatları ile günümüzde kullanılmakla birlikte dizaynı biraz daha geliştirilmiş ve hastanın daha kolay tolere edebileceği bir hale getirilmiştir. En büyük avantajı farklı şekillerde dizayn edilebilmesi ve her iki arkta olan problemlerin bağımsız olarak düzenlenmesine izin verebilmesidir (71). Mandibulanın öne alınmasıyla üst çenede ortaya çıkan genişletme ihtiyacı üst parçanın ortasına yerleştirilen genişletme vidası ile çözülebilmektedir. Aynı zamanda basit diş hareketlerini sağlamak amacıyla aparey üzerine vida, spring veya sabit mekanikler eklenebilir.

Twinblok'un dental ve ortopedik etkileri şu şekilde özetlenebilir:

- Kafa kaidesine göre alt çeneyi önde konumlandırıp sagittal yön gelişimini artırır (72–74).
- Maksillanın sagittal yöndeki gelişimini frenler (74–76).
- Mandibular uzunluğun artışına neden olur (72,73,75).
- Maksiller keserlerde retrüzyona, mandibular keserlerde ise protrüzyona neden olur (72,73,76).
- Genel yüz profilini iyileştirir (69,77–79).

2.1.7.2. Sabit Fonksiyonel Apareyler

Sabit fonksiyonel apareyler hareketli fonksiyonel apareylerin dezavantajlarını elimine etmek için geliştirilmiştir. Hasta kooperasyonuna bağlı kalmadan kullanılmaları en büyük avantajlarından biridir (80).

Hareketli fonksiyonel apareylerde olduğu kadar konuşma ve uyku sırasında rahatsızlık vermezler. Aynı zamanda hafif ve sürekli kuvvet verme, intermaksiller kapanışı daha hızlı düzeltme ve kapanışı vertikal olarak sınırlı düzeyde açma gibi avantajları vardır (81,82).

Bu apareylerin etkileri; maksillanın sagittal gelişimini frenleme, maksiller kesicilerde retraksiyon, maksiller büyük azı dişlerinde distalizasyon, mandibulada protrüzyon ve mandibular dentisyonda protraksiyon şeklinde özetlenebilir (83,84).

Sabit fonksiyonel tedavinin mandibulada oluşturduğu değişiklikler şu şekilde sıralanabilir:

- Mandibular kondilde remodelling meydana gelir.
- Glenoid fossada remodelling meydana gelir.
- Kondilin glenoid fossada konumu değişir.
- Mandibula otorotasyona uğrar (85).

Sabit fonksiyonel apareyler esnekliklerine göre rijit apareyler, flexible apareyler ve hibrit apareyler olarak üç ayrı grup altında incelenebilir (86).

Rijit apareyler: Mandibular Anterior Repositioning Appliance (MARA) apareyi ve Herbst apareyi bu grubun ilk örneklerini oluştururlar. Rijid sabit fonksiyonel apareylerin alt çenenin lateral hareketlerini kısıtlaması, destek dişlerde travma yaratabilmesi, apareyin kırılabilmesi ve kullanım zorluğu gibi bazı olumsuz yönleri vardır.

Flexible apareyler: Rijid apareylerin lateral hareketlerinin kısıtlı olması ve destek dişlerde travma yaratabilmesi gibi dezavantajlarını elimine edebilmek için esnek yapıya sahip flexible apareyler tasarlanmıştır. Jasper Jumper apareyi ve Forsus Nitinol Flat Spring gibi apareyler bu grupta değerlendirilir.

Hibrit apareyler: Bu yarı rijit apareyler esnekliklerini yanlarda bulunan piston sisteminin içinde yer alan coil spring ile oluştururlar. İskeletsel etkileri rijit apareyler kadar olmamakla beraber kullanımları daha kolaydır. Eureka spring, Forsus FRD, Sabbagh Universal Spring II (SUS II) ve Twin Force apareyleri bu grupta bulunur.

Herbst Apareyi:

Maksillada molar dişlere ve mandibulada kanin dişlerin kronuna piston yardımı ile tutunarak alt çenede devamlı bir protrüzyon etkisi yaratan Herbst apareyinin tasarımında teleskop mekanizması mevcuttur. Herbst apareyi ile hem iskeletsel hem de dentoalveoler etkilerin birlikte elde edildiği bildirilmiştir. Tedavi etkisinin yarısı maksiller posterior dişlerin yukarı-geriye hareketi ile oluşurken iskeletsel etkisi ise mandibulanın ileri yönde büyümesi ile meydana gelir (87–89).

İlk yıllarda Herbst apareyi, üst çenedeki birinci büyük azı dişlerine ve alt çenedeki kanin dişlerine takılan altın kronlardan oluşmaktaydı. Herbst, bu altın kronları dişlerin etrafındaki kalın halkalar olarak tanımlamıştır. Kronlar, üst çenede dişlerin iç yüzeyleri boyunca ve alt çenede dişlerin arka yüzeyleri boyunca uzanan tellerle birbirine bağlanarak alt çenedeki azı dişlerinin arka kısmına kadar uzanmaktadır (90). Herbst apareyinin bantlı, döküm kron ve akrilik splint şeklinde üç farklı dizaynı bulunmaktadır (91).

Herbst maksiller kaninlere bant yerleştirmenin, ikinci büyük azı dişi yok veya sürmemiş ise apareyin tutuculuğunu artırdığını belirtmiştir. Bantlar, maksiller azı dişlerinde

olduğu gibi palatal ark teline lehimlenmiştir. Maksiller kaninlere bant takmak yerine maksiller kesici dişlerin labial yüzeyine lehimlenmiş ince bir altın telin palatal kavisle birleştirilmesi şeklinde de kullanılabilir (47).

Herbst apareyinin başka bir tasarımı da akrilik splint şeklindedir. Buna göre akrilik, metal iskeletin üzerine 2-3 mm kalınlığında eklenerek maksiller kaninlerden başlayarak birinci molarlara kadar uzanır. Mandibulada birinci premolar ve maksillada birinci molarlar plunger ve pivot yerleştirilir. Akrilik tipte bulunan mandibuler parça, döküm Herbst'ten farklı olarak hareketli şekildedir.

1995 yılından bu yana Herbst hastalarına bant yerine döküm kronlar daha çok tercih edilmektedir. Krom kobalt dökümler mandibulada kanin de dahil olmak üzere maksiller ve mandibular arklardaki tüm sürmüş dişleri içermektedir (47).

Pancherz çalışmalarında bantlı Herbst apareyinin alt ön yüz yüksekliğini attırdığını bildirmiştir (92,93). Windmiller akrilik splint Herbst apareyinin ramusun boyutunda artışa neden olduğunu bildirmiştir (94).

Pancherz ve ark., Herbst tedavisi sonrası derin kapanışın, mandibulada molar dişlerin uzaması ve keser dişlerin gömülmesi ile azaldığını belirtmiştir. Dişlerde dik yönde oluşan bu değişikliklerin, alt yüz yüksekliğinde artışa neden olduğunu ve oklüzal düzlemin değiştiğini bildirmiştir (95).

2.1.8. Fonksiyonel Ortopedik Tedavi Zamanlaması

Sınıf II maloklüzyonun büyüme modifikasyonu ile düzeltilmesinde iki tedavi yaklaşımı bulunmaktadır. İlki preadölesan dönemde uygulanan tedavidir. Bu dönemde molar ilişkisinin, overjet'in, overbite'in düzeltilmesi ve keser dişlerin sıralanması gibi sınırlı yaklaşımlar uygulanır. Bu dönemde yapılan tedavi sonrasında adölesan dönemde oklüzyonu düzeltmek için tekrar tedavi gereksinimi oluşur. İkinci tedavi yaklaşımı ise adölesan dönemde uygulanan tedavi ile tam düzelme sağlanmasıdır (96).

Bazı durumlarda fonksiyonel tedaviye başlama zamanı geriye alınabilir. Örneğin hastanın mevcut durumu arkadaşları tarafından alay konusu ise veya buna benzer sosyal endikasyonlarda tedaviye erken başlanabilir. Aynı zamanda artmış overjet travma riski yaratacağı için erken fonksiyonel tedavi bu bakımdan tercih edilebilir (97,98).

Jon_Artun ve ark., yaptıkları çalışmada overjet'te meydana gelen her 1 mm'lik artışın travma riskini %13 artırdığını belirtmiştir. En çok travmaya uğrayan dişlerin üst santral keserler olduğunu ve travmanın %63 oranında 10 yaş ve üzerinde görüldüğünü bildirmiştir (99).

Faltin ve ark., bionatör ile tedavi edilen bireyleri servikal vertebra gelişimine göre ayırmıştır. Pubertal atılım öncesinde ve pubertal atılım döneminde apareyin etkilerinin değerlendirildiği çalışmada ideal tedavi zamanının pubertal büyüme atılımının hemen öncesi olduğu rapor edilmiştir (100).

Baccetti ve ark., erken ve geç dönemde uygulanan Twinblok apareyinin etkilerinin karşılaştırıldığı çalışmada ideal tedavi zamanının pubertal atılım dönemi olduğunu bildirmiştir. Molar ilişki düzeltilirken uygulanan tedavide bu dönemde daha fazla iskeletsel etki olduğu belirtilmiştir. Ayrıca total mandibular uzunlukta ve ramus yüksekliğinde artışın pubertal atılım döneminde daha fazla olduğu bildirilmiştir (101).

Bremen ve Pancherz, Sınıf II Bölüm 1 maloklüzyonlarda erken ve geç dönem tedavi etkinliklerini değerlendirdikleri çalışmada; erken dönem tedavi grubundaki bireylere önce fonksiyonel tedavi daha sonra sabit ortodontik tedavi, geç dönem tedavi grubundaki vakalara ise önce sabit fonksiyonel tedavi daha sonra sabit ortodontik tedavi uygulanmıştır. Geç dönemde uygulanan tedavinin erken dönemde uygulanan tedaviye göre daha kısa sürdüğü ve uygulanan tedavinin daha etkili olduğu bildirilmiştir (102).

Deneysel ve klinik çalışmalar büyüme ve gelişim döneminin sonunda olsa bile Herbst apareyi ile tedavi edilen bireylerde kondiler büyümenin aktive olabileceğini göstermektedir (9,103). Ruf ve Pancherz, erken ve geç dönem Herbst aparey tedavisi sonuçlarını karşılaştırdığı bir çalışmada, tedavi başı ve tedavi sonu lateral sefalometrik radyografileri değerlendirmiştir. Çalışmada, her iki grupta, overjet ve molar ilişkisi düzeltmesinin büyük ölçüde dişsel karakter taşıdığı gösterilmiştir. Ancak bu değerler, yetişkin grupta, overjet ve molar ilişkisi için sırasıyla %22 ve %25 iken, genç grupta, sırasıyla %39 ve %41 olarak belirlenmiştir. Hastaların profil konveksitesi iki grupta da azalmış ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Sonuçlar, Sınıf II maloklüzyonu olan sınır vakalarda, Herbst tedavisinin, ortognatik cerrahiye alternatif olarak sunulabileceğini göstermektedir (103).

Herbst tedavisi ile ilgili yapılan çalışmaların birçoğu tedavi sonrası oklüzal stabilitenin dişsel ve iskeletsel relapsı önlemede çok önemli olduğunu devamlı vurgulamaktadır. Tedavi sonrası karşılıklı birbirine iyi kenetlenmiş oklüzyonda, mandibula ve maksillada gerçekleşen değişimler birbirini etkilemektedir. Karma dentisyonda yapılan tedavilerin, sonrasında iyi bir oklüzyon ile sonuçlanmadığı bildirilmiştir. Bu açıdan bakıldığında uzun dönemli stabilitenin, hastanın büyüme ve gelişim döneminden çok tedavi sonunda yakalanan oklüzal stabilitenin daha etkili olduğu bildirilmektedir. Erken dönemli tedavilerde ideal overjet, overbite ve molar

ilişki sağlanması zor olduğu için relapslar daha yoğun görülmektedir. Kötü alışkanlıklar ise relapsın görülmesinde bir diğer önemli faktördür (47).

2.2. Ortodontide Kullanılan Radyolojik Görüntüleme Yöntemleri

Ortodontide kullanılan radyolojik görüntüleme yöntemleri; KIBT, Mikro-BT, Bilgisayarlı Tomografi (BT), MRG, panoramik radyografi, lateral sefalometrik radyografi, el-bilek radyografisi ve periapikal radyografiler olarak özetlenebilir (104–107).

2.2.1. Panoramik Radyografiler

Panoramik radyografi; maksillayı, mandibulayı, her iki dental arkı ve komşu anatomik yapıları tek radyografide gösteren ekstraoral bir tekniktir. Komşu anatomik yapılardan nazal septumu, konkalari, temporomandibular eklemi ve maksiller sinüsleri içerir (108).

Hasta konumlandırmasının doğru olması, iyi bir panoramik radyografi görüntülemesi için önemlidir. Kaset ile ışın kaynağı arasında olan alan ‘fokal trough’ olarak adlandırılır ve bu alanda görüntü nettir. Görüntülenecek bölgenin bu sınırlar içerisinde ve hareketsiz olması gerekir. Magnifikasyon, bulanıklık ve distorsiyon fokal trough’un önünde veya arkasında kaldığında gerçekleşir (109).

Panoramik radyografinin çekimi yapılırken hasta hareketsiz durumdayken, radyografik sensörler ve x ışını kaynağı bir veya daha fazla dönüş merkezi etrafında, birbirine ters yönde hareket ederler (110).

Günümüzde panoramik cihazlar, magnifikasyon ve distorsiyonu en aza indirmek için birden çok rotasyon merkezi kullanır (111).

Panoramik radyografilerin avantajları:

- Hastayı konumlandırmak kolaydır.
- Hasta minimal oranda radyasyona maruz kalır.
- Ağız açmada kısıtlılığı ya da kusma refleksi olan hastalarda rahatlıkla uygulanır çünkü ekstraoral bir yöntemdir.
- Maksilla, mandibula ve tüm dişler geniş kapsamlı şekilde görüntüye dahil edilir.
- Hastayı görsel olarak bilgilendirmede kolaylık sağlar çünkü anlaşılması kolaydır.

Panoramik radyografilerin dezavantajları:

- Yumuşak dokuların ve hava yolunun, dişler ve çeneler üzerinde oluşan süperimpozisyonu yorumlamayı zorlaştırır.
- Magnifikasyon, distorsiyon ve artifaktlar mevcuttur.

- Başlangıç çürük lezyonlarını tespit etmek zordur.
- Hayalet görüntü oluşumu vardır.
- Premolar dişlerde süperpozisyonlar görülür.
- Servikal vertebralar anterior bölgeye süperpoze olur (112).

2.2.2. Sefalometrik Radyografiler

Sefalometrik radyografiler, kafatasının şekil ve boyutlarını ölçmek amacıyla geliştirilmiş bir tekniktir. Özellikle büyüme ve morfolojinin tanımlanması, anomalilerin tespiti, tedavi planı ve tedavi sonuçlarının değerlendirildiği önemli bir klinik araçtır (113). İskeletsel ve dental yapılar arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesine izin veren pratik bir görüntüleme yöntemi olmasının yanı sıra üç boyutlu görüntüleme yöntemleri ile kıyasladığında çözünürlüğünün yüksek olması diğer bir tercih nedenidir. (114). Başın sabitlenmesi ve projeksiyon hatalarını engellemek için kulak çubuğu ve burun sabitleyici kullanılır. Ancak cihazdaki başı sabit tutan tüm bu elemanlara rağmen başın hafif de olsa rotasyonu sonucu görüntüde sagittal , transvers veya vertikal eksen sapmalarına yol açabilir (115).

Lateral sefalometrik radyografilerin ortodontide kullanım alanları şu şekilde özetlenebilir;

- Kraniyofasiyal büyüme ile ilgili çalışmalarda,
- Ortodontide teşhis ve tedavi planlamasında,
- Tedavi edilmiş vakaların değerlendirilmesinde,
- Kraniyofasiyal deformitelerin teşhisinde,
- Ortodontide relapsın değerlendirilmesinde kullanılır (116).

2.2.3. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT)

Üç boyutlu görüntüleme yöntemleri teşhis, tedavi planlaması ve tedavi sonucunun değerlendirilmesinde yardımcı olmaktadır (117). Ortodontide kraniyofasiyal kompleksin görüntülenmesi önemli bir hedeftir. Rutin görüntüleme yöntemlerinde üç boyutlu objelerin iki boyutlu yansıması, çoğu zaman distorsiyon, magnifikasyon ve süperpozisyon dezavantajlar içerir. Bununla beraber, KIBT'nin görüntü kalitesinin daha iyi hale gelmesi gibi avantajlar, maksillofasiyal görüntülemelerde teşhis ve cerrahi prosedürlerde rehberlik gibi geniş bir alanda kullanılmasına olanak sağlamaktadır (118).

KIBT ortodontide şu alanlarda kullanılır:

- Gömülü dişlerin tüm açılardan pozisyonunun saptanmasında kullanılmaktadır (119).
- Kök rezorbsiyonunun tipi ve çok köklü dişlerde lokalizasyonu belirlenebilmektedir (120).
- Ortodontik implantların, anatomik olarak zorlu bölgelerde komşu dişlerin kökleri arasına yerleştirilmesine rehberlik eder ve yerleştirileceği alandaki kemik hacminin ve kalitesinin değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (121).
- Anatomik yapıların lokalizasyonu KIBT ile kolayca görüntülenebilmektedir (118).
- TME’de olası dejeneratif değişikliklerin değerlendirilmesinde kullanışlıdır (118).
- Havayolu analizinde 3 boyutlu radyografilerin kullanımı ile kullanışlı bir araç olabilmektedir (122).
- Yarık dudak ve damak varlığında, yarığın lokalizasyonu, anatomik yapılarla ilişkisi ve etkilediği dişlerin çevresindeki kemik kalınlığı hakkında bilgi vermektedir (123,124).
- Ortognatik cerrahi alanında ve travma görmüş veya iskeletsel malformasyonu olan hastalarda kullanılmaktadır (123–125).
- Aligner ve 3 boyutlu dijital modellerin elde edilmesi gibi alanlarda da kullanılmaktadır (118).

2.3. Fraktal Analiz (FA)

Benoit Mandelbrot fraktalların öncüsü sayılmaktadır fakat daha öncesinde matematikçi Du Bois Reymond 1875 yılında sürekli olan ancak türevlenebilir olmayan fonksiyonları tanımlamıştır. 1900 yılında istatistikçi Louis Bachelier hisse senedi işlemleri ile ilgili tezinde Brownian hareketi kavramından bahsetmiştir. Daha sonra Brownian hareketi üzerine çalışmalar yürüten Perrin Nobel Ödülü kazanmış ve olasılık teorisinin gelişimine katkıda bulunmuştur. 1961 yılında Richardson sınır çizgilerinin fraktal davranışı ile ilgili bir çalışma yayınlamıştır. Son olarak 1977’de Mandelbrot, ‘fractus’ kelimesinden türettiği "fraktaller" terimini standart geometride bulunmayan ve amorf yapıları tanımlamak için kullanmıştır. Fraktal geometride ölçeklendirilmiş yapıdan alınan şeklin her parçası o cismin bütününe yansır (126). Öklid geometrisinin karmaşık, pürüzlü ve parçalı nesnelerin ölçümünde yetersiz kaldığı ancak fraktal geometrinin bu nesnelerin ölçümünde kullanılabileceği belirtilmiştir (127).

Mandelbrot, bir cisimden alınan ölçek değıştiğinde bile düzensizlik derecesinin yani fraktal boyut (FB)'unun sabit kaldığını belirtmiştir. Bundan dolayı, FA yöntemi doğrusal olmayan komplike yapıların nicel olarak ölçümünün yapılabileceğı matematiksel bir metot olarak tanımlanabilir. Fraktal analiz yönteminde ölçeklenen yapının düzensizliğı arttıkça FB değeri artar, düzensizlik azaldıkça FB değeri azalır (128).

Bir cisimin belirli ölçeklerde alınan birkaç farklı fraktal parçası o cismin kendisine benzer. Yani fraktaller self-similarity olarak tanımlanan bir özelliğe sahiptirler. Burada önemli olan bir başka nokta da yapılan ölçüm aracına bağılı olarak FB değerinin değışebileceğidir. Ölçek büyüyünce fraktallerin detayları belirgin hale gelip FB değeri artar. Aynı şekilde ölçek küçüldükçe fraktallerin detayları ve FB değeri azalır. Fraktallerin çevrelerinin ölçülmesi mümkün değildir çünkü kendilerini sonsuza kadar tekrar ederler (128).

Fraktaller tam sayı değeri almazlar. Rasyonel değerlerle ifade edilirler. Fraktallerin boyutları, düzlemsel ise 1 ile 2 arasında, dalgalı yada girintili çıkıntılı bir boyutta ise 2 ile 3 arasında değerler alır (129).

Matematiksel olarak ifade edilen fraktaller farklı ölçeklerde incelenmelerine rağmen benzer özellik sergilerler yani izotropik yapıdadırlar. Akciğer yada trabeküler kemik gibi doğada var olan fraktaller ise sınırlı ölçeklerde kendilerine benzeme eğilimi gösterdikleri için anizotropik yapıdadırlar (129,130).

2.3.1. Fraktal Boyutun Hesaplanmasında Kullanılan Yöntemler

FB hesaplamasında kullanılan yöntemler iki grupta incelenir:

1. Fraktal boyutu mesafe ölçümüne bağılı olarak hesaplanan yöntemler
2. Fraktal boyutu hacim ölçümüne bağılı olarak hesaplanan yöntemler

Mesafe ölçümüne bağılı FB hesaplama yöntemleri ise şu şekildedir:

- Piksel genişletme(dilatasyon) metodu
- Richardson metodu
- Kutu sayma metodu (fraktal box counting) (131,132).

Piksel genişletme metodunda, önce ilgili görüntüde bir piksel genişliğinde bir hat oluşturulur. Daha sonra incelenen görüntü içerisine yerleştirilen belirli boyutlarda daireler kullanılarak görüntünün sınırları dilate edilir. Bu dilatasyon miktarı ile yerleştirilen dairelerin çaplarının logaritmik ölçekte grafiğı çizildikten sonra oluşan noktaların meydana getirdiğı eğim bize FB değerini verir (15,126,129,131,133).

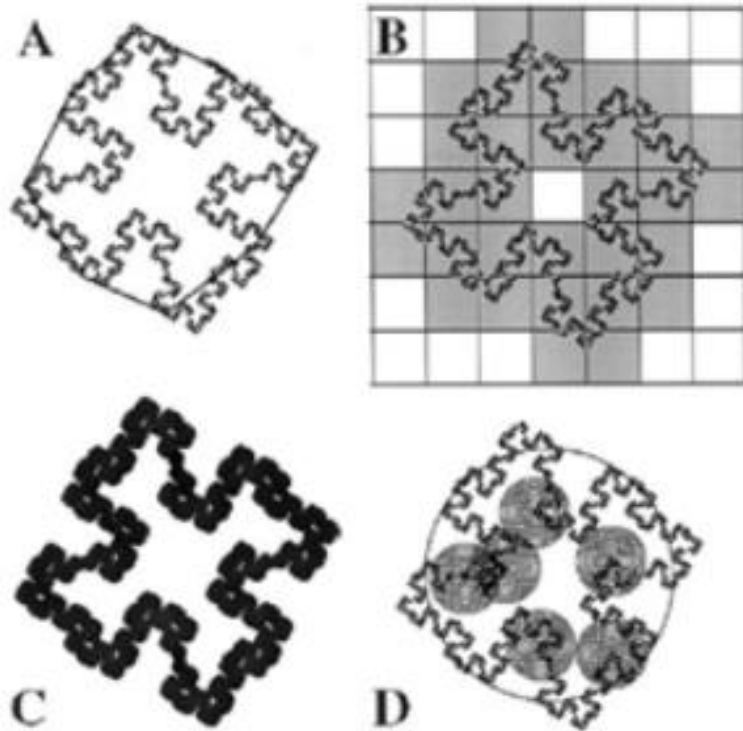
Richardson metodunda, incelenen fraktalin çevresi farklı uzunlukları olan cetveller ile ölçüldükten sonra her cetvelin ve fraktalin çevresinin logaritmik ölçeklerde grafiğı çizilir.

Daha sonra bu grafikte oluşan noktalar birleştirildiğinde ortaya çıkan doğrunun eğimi FB değerini oluşturur (131).

Kutu sayma metodu trabeküler kemik morfolojisini ve kemik iliği boşluklarını incelemek için en çok kullanılan yöntemdir. Bu metotta ölçeği trabeküler yapı üzerine yerleştirdikten sonra boyutları 2-64 piksel arasında değişen kutuların oluşturduğu kılavuzlarda bulunan trabeküler kemik içeren kutular sayılır. Sayılan kutular ile kılavuzda bulunan toplam kutu boyutunun logaritmik ölçekte grafiği çizilir ve elde edilen doğrunun eğimi toplam FB değerini verir (130).

Hacim ölçümüne bağlı FB hesaplama yöntemi kum havuzu (sandbox) yöntemi olarak adlandırılır. Görüntüde bulunan sınır hattına farklı çapta daireler konumlandırıldıktan sonra dairelerin görüntü sınırında bulunan pikseller sayılır. Bu yöntemde sınır hattına yerleştirilen dairelerin çapları piksel sayısı ile doğrudan ilişkili olduğu için mevcut piksel sayısı ve konumlandırılan dairelerin çaplarının logaritmik ölçekte oluşturduğu grafik üzerinde bulunan noktalar birleştirilir. Ortaya çıkan doğrunun eğimi FB değerini verir.

FB ölçümünde kullanılan yöntemler Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. FB ölçümünde kullanılan yöntemler; A. Richardson metodu, B. Kutu sayma metodu, C. Piksel genişletme metodu, D. Hacim ölçümüne göre yapılan FB hesaplama yöntemi (131).

2.3.2. Fraktal Analizin Tıpta Kullanım Alanları

Onkoloji alanında Fehmi Narter ve ark.'nın, 2013 yılında yayınladığı çalışmada, vücudun damarlanmasının fraktal özellik göstermesinden dolayı mesane kanserlerinde gelişen mikrovasküler damarlanma yoğunluğu ile FB arasında ilişki araştırılmıştır (134).

Cheung ve ark.'nın, oftalmoloji alanında yayınladığı bir çalışmada tip 1 diyabet hastalarında diyabetik mikrovasküler hasarın erken tespiti amacıyla retinal FB değeri ve retinopati arasındaki ilişki incelenmiştir (135).

Chung ve ark.'nın, yayınladığı bir çalışmada nükleer tıp alanında hastaların akciğerlerdeki karbon partikülü radyo-aerosolü'nün heterojen dağılımını niceliksel olarak belirlemek için FA yöntemi kullanılmıştır (136).

Nagao ve ark., 2002 yılında yaptığı üç boyutlu FA çalışmasında, ^{99m}Tc-heksametilpropilenamin oksim ile elde edilen SPECT görüntülerini kullanarak Alzheimer hastalarında serebral kan akışının dağılımını ölçmüştür (137).

2002 yılında kardiyoloji alanında yapılan bir çalışmada kalp krizine bağlı olarak gerçekleşen mortalite oranlarını belirlemek için kalp atışında gerçekleşen değişikliğin fraktal analizi ile hasta prognozu arasındaki ilişki araştırılmıştır (138).

2.3.3. Diş Hekimliğinde Fraktal Analiz

Shrout ve ark.'nın, 1998 yılında yayınladığı çalışmada, 29 gingivitis ve 32 periodontitis tanısı alan toplam 61 hastanın periapikal radyografileri üzerinde FA çalışması yapılmıştır. Periodontitis tanısı alan grupta bulunan hastaların FB değeri diğer gruba göre anlamlı derecede düşük bulunmuştur (139).

Chen ve ark., 2005 yılında kök kanal tedavisi uygulanan ve periapikal lezyonu olan 27 hastadan 3, 6 ve 12. ayda periapikal radyografiler alıp kök ucunda oluşan değişiklikleri fraktal kutu sayma metodu ile incelemiştir. Analiz yapılan 27 hastanın 25'inde, 3.ayda alınan radyografilerde ilk alınan radyografilere göre FB değerinde artış gözlenmiştir. Buradan yola çıkarak fraktal analizin kök ucunda erken dönemde gerçekleşen trabeküler değişikliklerin saptanmasında kullanılabileceği belirtilmiştir (140).

Zeytinoğlu ve ark.'nın, 2014 yılında yaptığı çalışmada implant çevresindeki trabeküler kemik değişikliklerini incelemek amacıyla 76 hastaya yapılan implant işlemi sonrası ilk protetik yüklemede (3. Ayda), 6. Ayda ve 12. Ayda panoramik radyografiler alınmıştır. Panoramik radyografiler kullanılarak implantların mesial, distal ve apikal bölgelerinden

alınan ROI 'ler (ilgi alanı) üzerinde kutu sayma metodu ile FA yöntemi uygulanmıştır. Yapılan analiz sonucunda yüklemenin 6. ayında FB değerinde anlamlı bir azalma görülmüştür. 12. ayda elde edilen radyografilerde benzer şekilde azalma görülmüştür ancak 6. Ayda alınan radyografilerde yapılan FB analizi ile aralarında anlamlı bir fark görülmemiştir. Sonuç olarak başarılı diş implantlarının etrafındaki trabeküler kemiğin protetik yüklemekten 6 ay sonra daha düşük FB değerleri sergilediği ve 12 aylık takip sonucu kemik mikro yapısının stabil kaldığı belirtilmiştir (141).

Arsan ve ark.'nın, 2016 yılında yaptığı çalışmada, TME rahatsızlığı olan ve yaşları 18-73 arasında değişen 100 hastadan panoramik radyografiler alınmıştır. Mandibular kondiller, boyutları 84x84 olan ROI'ler alınarak kutu sayma metodu ile FA yöntemi uygulamak amacıyla incelenmiştir. Sonuç olarak mandibular kondil dejenerasyonuna sahip hastaların FB değerleri sağlıklı kontrol grubuna göre daha düşük çıkmıştır (23).

Umemori ve ark., 2010 yılında yaptığı çalışmada, çürük tanısı koymak için pit ve fissürlerde oluşan renk değişikliğini dijital görüntü üzerinden FA yöntemi ile değerlendirmiştir. Sonuç olarak çürük derinliği arttıkça FB değerinin de arttığı bulunmuştur (142).

Literatürde dental porselen ve kompozit rezin gibi kırılma materyaller üzerinde yapılan FA çalışmaları da mevcuttur. Araştırmacılar bu maddelerin fraktal boyutu ile yüzey pürüzlülüğü ve kırılma dayanıklılığı arasında bir korelasyon olup olmadığını araştırmak amacıyla incelemişlerdir (143,144).

2.3.4. Ortodontide Fraktal Analiz

Sarul ve ark., 2022 yılında ortodontik braketlerin yüzey topografyasını FA yöntemini kullanarak incelemiştir. Çalışmada braket yuvası yüzeyinin yüksek derecede heterojenlik gösterebildiği ve aynı üreticinin ürettiği braketler içerisinde değişen derecelerde pürüzlülük olabileceği belirtilmiştir (145).

Sarul ve ark.'nın, yaptığı başka bir çalışmada ortodontide kullanılan ark tellerinin yüzey özelliklerinin tekrarlanabilirliğini değerlendirmek için FA yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada, nikel-titanyum teller ile krom-nikel paslanmaz çelik teller üzerinde yapılan analiz sonucunda, tel yüzeylerinin yüksek oranda farklılık gösterdiğini ve aynı üreticiye ait aynı türden tellerin de önemli ölçüde farklılık gösterebileceği belirtilmiştir (146).

Wagle ve ark.'nın, 2005 yılında yayınladığı deneysel çalışmada periodontal ligament-kemik arayüzünün karmaşık morfolojisini incelemek için FA yöntemi kullanılmıştır. Çalışma grubunda bulunan farelerin birinci molar dişlerine 6 saat boyunca bukkolingual yönde 0.1N

ile 0.5N başlangıç kuvvetleri uygulanmıştır. Sonuç olarak mekanik yüklemenin, kemik hücrelerinin yönlendirdiği yeniden şekillendirme mekanizmalarından bağımsız olarak, PDL-kemik arayüzünde fraktal boyutun artmasına neden olabildiği belirtilmiştir. Fraktal boyuttaki değişikliğin hücresel tepkiden değil fiziksel bir tepkiden kaynaklandığı belirtilmiştir. Bu değişikliklerin yüklemeye orantılı olduğu ve ortodontik diş hareketinde kuvvetin belirlenmesinde yeni bir bakış açısı sağlayabileceği bildirilmiştir (147).

Köse ve ark.'nın, 2022 yılında yayınladığı retrospektif çalışmada ortodontik tedavi süresi ile FB değeri arasında bir ilişki olup olmadığını belirlemek amacıyla 10-25 yaş arası 643 çocuk ve genç yetişkinden alınan panoramik radyografiler kullanılarak mental foramen bölgesinde belirlenen ROI'ler üzerinde FA çalışması yapılmıştır. Çalışmada mandibulada mental foramen bölgesinde ölçülen FB değeri ile toplam ortodontik tedavi süresi arasında negatif bir korelasyon bulunmuştur (148).

Akbulut ve ark.'nın, 2020 yılında yayınladığı çalışmada, hastalara RPE (rapid palatal expansion) uygulanmasına karar verilirken el-bilek radyografisinde yapılacak olan fraktal analizin etkinliği araştırılmıştır. Çalışmaya RPE uygulanan 48 hasta dahil edilmiştir. Daha sonra bu hastalar 19 kadın ve 5 erkek bireyden oluşan iki gruba ayrılmıştır. İlk grupta bulunan hastalar başarılı, ikinci grupta bulunanlar başarısız RPE hastalarından oluşmaktadır. Hastaların el-bilek radyografilerinde bulunan 4 farklı bölgeye FA yöntemi uygulanmıştır. Sonuç olarak başarısız RPE hasta grubunun FB değerinin yüksek çıktığı görülmüştür. Buradan yola çıkarak çalışmanın sınırları dahilinde el-bilek radyografilerine uygulanacak fraktal analizin RPE başarısını öngörmek için önemli bir yöntem olduğu bildirilmiştir (149).

Korkmaz ve ark., pubertal ve postpubertal dönemde hareketli fonksiyonel ağız tedavilerinin etkilerinin karşılaştırıldığı FA çalışmasında, pubertal grupta yer alan hastaların tuber maksilla, kondil ve corpus mandibula alanlarının trabeküler yapısında ciddi değişikliklere yol açtığını ancak postpubertal grupta önemli bir değişiklik olmadığını bildirmiştir (26).

Güleç ve ark., bruksizmin mandibular trabeküler kemiğin FB'u üzerindeki etkisini panoramik radyografiler aracılığıyla araştırmak için FA yöntemini kullanmıştır. Çalışmada sağ mandibular kondilin FB değerlerinin, bruksizimli ve bruksizimsiz bireyler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gösterdiği bildirilmiştir. Bununla beraber bruksizimli bireylerde ölçülen FB değerlerinin bruksizmi olmayan bireylere göre daha düşük olduğu belirtilmiştir (150).

Çiçek ve ark., konjenital maksiller lateral kesici diş eksikliği olan hastaların boşluk açma ve kapama yöntemleriyle tedavisi sonrasında alveolar trabeküler kemikte gerçekleşen değişiklikleri FA yöntemiyle incelemiştir. Boşluk açma yöntemi ile tedavi edilen grupta,

tedavi öncesi ile kıyaslandığında tedavi sonu FB değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma tespit edilirken, boşluk kapama yöntemi ile tedavi edilen grupta tedavi sonunda istatistiksel olarak anlamlı bir artış görülmüştür. Bununla beraber, boşluğun açıldığı vakalarda alveolar kemik stabilitesini arttırmak için implant cerrahisi öncesinde bu bölgenin konsolidasyon periyodunun gerekli olduğunu veya mümkünse boşluk kapatma yönteminin tercih edilmesi gerektiği belirtilmiştir (151).

Özden ve Çiçek, panoramik radyografler üzerinde gerçekleştirdikleri FA çalışmasında, bilateral ve unilateral dudak ve damak yarığına sahip bireylerin mandibular trabeküler kemik yapısındaki farklılıkları incelemiştir. Çalışmada, dudak ve damak yarığı bulunmayan sağlıklı bireyler ile bilateral ve unilateral dudak ve damak yarığı bulunan bireylerin kondil, koronoid, angulus ve korpus bölgelerindeki trabeküler kemik yapıları arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir (152).

3. MATERİYAL ve METOT

3.1. Hasta Gruplarının Oluşturulması

Bu çalışmanın materyali, İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'nda 2010-2024 yılları arasında hareketli ve sabit fonksiyonel aparey ile tedavisi tamamlanmış hastaların 12 ay aralıkla alınan panoramik ve lateral sefalometrik radyografilerinin 'retrospektif' olarak taranmasıyla toplanmıştır. Hastaların iskeletsel büyüme ve gelişim aşamaları tedavi öncesinde çekilen el-bilek radyografileri kullanılarak Björk'un tarif ettiği yöntemle göre tespit edilmiştir (153). Araştırmaya başlamadan önce, İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Araştırma ve Yayın Etik Kurulu'ndan 26 Aralık 2023 tarih ve 2023/5395 karar numarası ile etik onay alınmıştır.

Çalışma için ihtiyaç duyulan en az örneklem büyüklüğünü belirlemek için yapılan güç analizi GPower programı (versiyon 3.1.9.7 Düsseldorf Üniversitesi, Almanya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Cesur ve ark. nın yaptığı çalışma referans alınarak gerçekleştirilen güç analizinde, %95 güven (1- α), %95 test gücü (1- β) ve $f=0,345$ etki büyüklüğü ile 4 grup olarak planlanan çalışmaya dahil edilmesi gereken minimum örnek sayısı her bir grupta 24 olmak üzere toplamda 96 olarak bulunmuştur (24). Çalışmanın gücünü daha da artırmak ve olası veri kayıpları nedeniyle, her gruptaki hasta sayısı 6'şar artırılarak toplamda 120 hasta dahil edilmiştir. Ayrıca, cinsiyetin etkisini de değerlendirmek amacıyla, gruplarda kadın ve erkek bireylerin homojen dağılımına dikkat edilmiştir.

Çalışma grupları ve kontrol grubu şu şekildedir;

- Grup I: Herbst apareyi ile fonksiyonel tedavi görmüş bireyler (30 birey)
- Grup II: Monoblok apareyi ile fonksiyonel tedavi görmüş bireyler (30 birey)
- Grup III: Twinblok apareyi ile fonksiyonel tedavi görmüş bireyler (30 birey)
- Grup IV: Kontrol grubu (30 birey). Bu grup, çalışma grupları ile aynı büyüme-gelişim döneminde kayıtları bulunan ve çeşitli nedenlerle tedaviye ulaşamamış bireylerden oluşturulmuştur.

Çalışma gruplarına ve kontrol grubuna aşağıdaki kriterleri karşılayan bireyler dahil edilmiştir;

- Tedavi öncesi mandibular retrognatiye bağlı iskeletsel ve dişsel sınıf II maloklüzyona sahip bireyler ($ANB \geq 4^\circ$, Wits değeri ≥ 1 mm ve $SNB \leq 78^\circ$)
- Tedavi öncesi büyüme yönü normal yönde olan normodiverjan bireyler ($22^\circ \leq SN-GoMe \leq 36^\circ$ ve $25^\circ \leq FMA \leq 29^\circ$)
- Tedavi başında pubertal gelişiminin pik döneminde olan bireyler (El-bilek aşaması MP3 Cap)
- En az 7 mm overjet'e sahip bireyler
- Tedavi sonrası molar ve kanin ilişkisi sınıf I'de olan bireyler

Aşağıdaki durumlardan herhangi birine sahip olan hastalar tez gruplarına dahil edilmemiştir;

- Radyografik kayıtları ve klinik takip çizelgeleri yetersiz ve eksik olan bireyler
- Ortodontik tedavi geçmişi olan bireyler
- İskeletsel gelişimi etkileyen travma ve/veya bir sistemik hastalığı olan bireyler
- Konjenital ve edinsel bir hastalığı olan bireyler
- Kraniyofasiyal anomalisi olan bireyler
- Dentoalveoler patolojisi olan bireyler
- Gömülü dişleri bulunan bireyler
- Temporomandibular eklem rahatsızlığı bulunan bireyler
- Periodontal problemi olan bireyler
- Fonksiyonel tedavi sırasında zayıf iş birliği sergileyen ve hareketli fonksiyonel apareyini günde 16 saatten daha az süre ile kullanan hastalar (Klinik kayıtlardan değerlendirildi.)
- Standart olmayan koşullarda ve/veya uygun olmayan kalitede çekilmiş panoramik, sefalometrik ve el-bilek radyografilere sahip bireyler

3.2. Fonksiyonel Ortopedik Tedavi Protokolü

Çalışmada grup I'i, 2010-2024 yılları arasında Ortodonti Ana Bilim Dalı Kliniği'nde 'Herbst apareyi' ile fonksiyonel tedavi görmüş hastalar oluşturmaktadır. Aparey döküm splint olarak tasarlanmıştır. Bu tasarım mandibulada molar, premolar ve kanin dişleri; maksillada ise molar ve premolar dişleri çepeçevre saran döküm kronlardan oluşmaktadır. Maksillada bulunan döküm kronlar Hyrax vidası (Dentaurum, Germany) ile lehimlenerek bir araya getirilirken, mandibulada bulunan kronlar lingual ark ile birleştirilmiştir. Ayrıca alt keser dişlerin protrüzyonunu azaltmak amacıyla alt kaninler arası metal bir bar tasarlanmıştır. Tüm hastalarda aynı markanın aynı model Herbst apareyi (Herbst® IV Bite Jumping Hinges,

Dentaurum, Ispringen, Almanya) kullanılmıştır (Şekil 3.1). Apareyde yer alan pivotlar mandibulada 1. premolar dişler hizasında, maksillada ise 1. molar dişler hizasında lehimlenmiştir. Plungerların distal ucu maksimum ağız açıklığında dişi parçadan çıkmaması amacıyla 3 mm uzun olacak şekilde hazırlanmıştır. Herbst apareyinin dişlere simantasyonu için 3M-ESPE cam iyonomer siman (Ketac-Cem; 3M ESPE, Seefeld, Germany) kullanılmıştır. Apareyin aktivasyonunda molar ilişkisinin süper Sınıf I veya hafif Sınıf III olacak şekilde ayarlanmasına dikkat edilmiştir. Grup I'deki hastalara uygulanmış Herbst aygıtının ağız içi görüntüsü Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Herbst apareyinin yandan ağız içi görüntüsü

Çalışmada grup II'yi, 2010-2024 yılları arasında Ortodonti Ana Bilim Dalı Kliniği'nde 'Monoblok apareyi' ile fonksiyonel tedavi görmüş hastalar oluşturmaktadır. Bu apareyin üretimi için hastalardan alınan kayıt işlemlerinde ilk aşamada alt ve üst çenelerden aljinat maddesi ile ölçüler alınmıştır. Bu ölçülerden sert alçı ile model elde edilmiştir. Model üzerinde diş kavsine uygun olarak mum bloklar hazırlanmıştır. Mumlu kapanış kaydını oluşturmak için önce hastaların freeway space'leri premolar dişler bölgesinden kontrol edilmiş, daha sonra bu mesafenin üzerine 2-3 mm mum eklenerek vertikal kayıt oluşturulmuştur. Daha sonra mandibula öne doğru ortalama 4-6 mm hareket ettirilerek dişler sınıf I ilişkisi sağlayacak şekilde sagittal yön mumlu kapanış kaydı oluşturulmuştur. Çalışma modelleri mumlu kapanış kaydı ile beraber oklüzör'e sabitlenmiştir.

Üst çene modeli üzerinde kanin dişlerinin arasına 0,7 mm kalınlığında olan tam yuvarlak tel ile vestibüler ark, tutuculuk için premolar dişler arasına damla kroşe ve 1. molar dişlere Adams kroşeler bükülmüştür. Kroşeler modele sabitlendikten sonra apareyi

oluşturmak için soğuk polimerize akrilik tüm dişlerin oklüzal, palatinal ve lingual bölgelerini kaplayacak ve çeneleri bir arada tutacak şekilde hazırlanmıştır. Aparey, basınçlı tencerede akrilik ile polimerize edildikten sonra tesfiye ve polisajı yapılmıştır. Monoblok apareyi hastaya teslim edildikten yaklaşık 3 seans sonra, spee eğrisini düzeltmek ve posterior dişlerin kontrollü olarak ekstrüzyonunu sağlamak için, maksiller premolar ve molar dişlere denk gelen akrilikte disto-oklüzal yönde, mandibular premolar ve molar dişlere denk gelen akrilikte ise mezio-oklüzal yönde selektif mölleme işlemi yapılmıştır. Bu işlem yeterli ekstrüzyon elde edilene kadar her seans yenilenmiştir. Grup II'deki hastalara uygulanmış Monoblok apareyinin ağız içi görüntüsü Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Monoblok apareyin yandan ağız içi görüntüsü

Çalışmada grup III'ü, 2010-2024 yılları arasında Ortodonti Ana Bilim Dalı Kliniği'nde 'Twinblok apareyi' ile fonksiyonel tedavi görmüş hastalar oluşturmaktadır. Twinblok apareyin mumlu kapanış kaydı alma işlemleri Monoblok apareyi ile aynı şekilde yapılmaktadır. Çalışma modellerine yerleştirilen mumlu kayıtlar oklüzöre alınıktan sonra üst çene modeli üzerinde 0,7 mm kalınlığında yuvarlak tel ile 1. molar dişlere Adams kroşe ve kanin dişlerin arasına vestibül ark uygulanmıştır. Üst çenede yer alan akrilik parça posterior grup dişlerin palatinal kısımlarını kaplayacak şekilde, sağda ve solda ısırma bloğu şeklinde yapılmıştır. Isırma bloklarının ön tarafı, 70 derece açı oluşturan eğik düzlem şeklinde hazırlanmıştır. Alt çenede yer alan akrilik parça at nalı şeklinde ve çift taraflı 1. premolar dişlere uzanacak şekilde yapılmıştır. Apareyde mandibular 1. premolar dişlere Adams kroşe, alt keser dişler arasına damla kroşe uygulanmıştır. Twinblok apareyi hastaya teslim edildikten 3 seans sonra, spee eğrisini düzeltmek ve arka dişlerin kontrollü olarak ekstrüzyonunu sağlamak için, maksiller parçanın alt premolar ve molar bölgelere gelen akrilik kısmından

mölleme işlemi yapılmaya başlanmıştır. Bu işlem yeterli ekstrüzyon elde edilene kadar her seans yenilenmiştir.

Grup III'teki hastalara uygulanmış Twinblok apareyinin ağız içi görüntüsü Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Twinblok apareyinin yandan ağız içi görüntüsü

Hastalara, hareketli fonksiyonel apareylerin diş fırçalama ve yemek yeme dışında 16-18 saat kullanılması gerektiği söylenmiştir. Apareylerin temizliği için gerekli bilgiler verilmiştir. Kontroller 4-6 haftalık aralıklarla yapılmıştır.

3.3. Maksiller Genişletme Protokolü

Maksiller genişletme, mevcut maksiller darlığı gidermek ve alt çene öne getirildiğinde meydana gelen maksiller ve mandibular arklar arasındaki horizontal yöndeki uyumsuzluğu gidermek amacıyla uygulanmıştır. Genişletme işlemi Twinblok ve Monoblok apareyinin maksiller parçasındaki ekspansiyon vidası (Lewa Dental, Dehnschrauben, Expansion Screws) ile yapılmıştır. Herbst apareyinde ise maksiller parçada yer alan Hyrax ekspansiyon vidası (Dentaurum, Almanya) ile yapılmıştır. Hastalara ve velilere ekspansiyon vidasının nasıl çevrileceği, uygulamalı olarak gösterilmiştir. Twinblok ve Monoblok apareyleri için çevirme protokolü 5 günde 1 çeyrek tur olacak şekilde uygulanmıştır. Herbst apareyi için çevirme protokolü ilk hafta 12 saatte 1 çeyrek tur olacak şekilde günde 2 defa uygulanmıştır. Midpalatal suturun açıldığı oklüzal radyografiler ile kontrol edildikten sonra yeterli genişlik

elde edilene kadar vida günde 1 çeyrek tur çevrilmeye devam edilmiştir. Tüm apareylerde genişletme işlemi fazladan düzeltim yapılarak sonlandırılmıştır.

3.4. Radyograflerin Elde Edilmesi

Çalışmanın materyali, İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Ana Bilim Dalı'nda tedavi öncesi(T0) ve tedavi sonrası(T1) yaklaşık 12 ay ara ile çekilmiş el-bilek, panoramik ve sefalometrik radyograflerden oluşturulmuştur.

Tüm hastaların dijital panoramik radyografi kayıtları aynı cihaz ile (Planmeca proline XC, 00880 Helsinki, Finlandiya) 66 Kv, 5.0 mA 18 saniye aralığındaki şutlama parametreleri kullanılarak elde edilmiştir. Işınlama sırasında hastanın Frankfurt Horizontal düzlemi yere paralel, vertikal düzlem yere dik olacak şekilde konumlanmasına dikkat edilmiştir. Hasta hareketini engellemek amacıyla ısırma çubuğu, çene ve kafa desteği kullanılmıştır.

Tüm hastaların dijital lateral sefalometrik radyografi kayıtları aynı röntgen cihazı (Planmeca OY, Helsinki, Finlandiya) kullanılarak elde edilmiştir. Radyografler alınmadan önce cihazın ayarları hastaların yaşı ve kilosu değerlendirilerek ortalama 72 kilowatt, 6 miliamper ve 18,7 sn ışınlama süresi olarak ayarlanmıştır. Cihazın sefalometrik radyograflerde magnifikasyon oranı 1:1,08 ile 1:1,13 arasındadır. Radyografler, bireyin Frankfurt horizontal düzlemi yere paralel olacak şekilde alınmıştır ve hastaların sentrik oklüzyon durumunda olmasına dikkat edilmiştir.

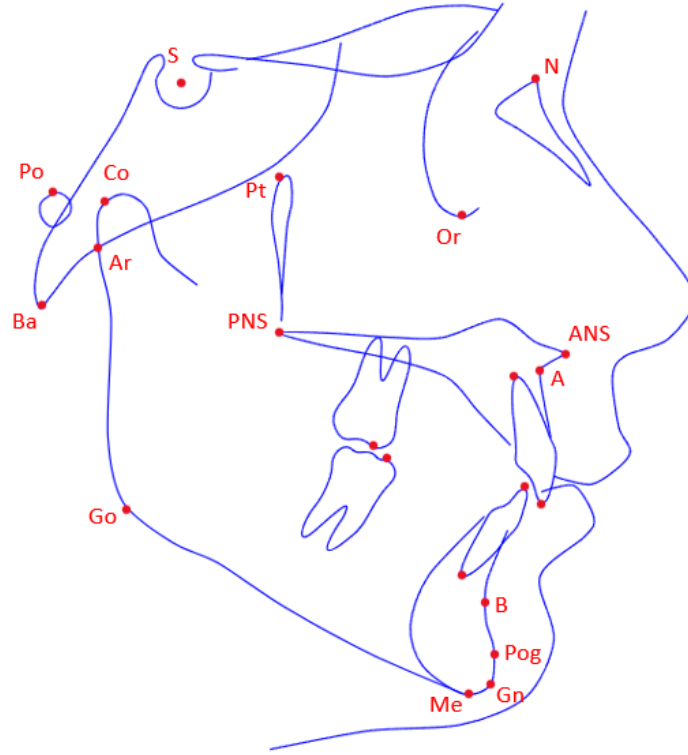
Tüm hastaların dijital el-bilek radyografi kayıtları aynı röntgen cihazı ile (Planmeca OY, Helsinki, Finlandiya) 60 kilowatt, 2 miliamper güç kullanılarak elde edilmiştir. El-bilek filmleri, hastaların sol el bileği ile ışın kaynağı arası maksimum mesafede olacak şekilde standart koşullarda elde edilmiş ve maturasyon aşamaları Björk'un tarif ettiği yöntemden yararlanılarak belirlenmiştir (153).

3.5. Sefalometrik Analiz

Lateral sefalometrik filmler üzerinde yapılan açısal ve doğrusal ölçümler Nemoceph programı (Software Nemotec SL, Madrid, Spain) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm hastaların tedavi öncesi ve sonrası radyografik analizleri ve ölçümleri, tek bir deneyimli ortodontist tarafından gerçekleştirilmiştir. Lateral sefalometrik analizler, ilk ölçümlerden 30 gün sonra aynı hekim tarafından tekrar edilmiş ve ölçümlerin güvenilirlik düzeyi metot hatası analizi ile hesaplanmıştır.

3.5.1. Sefalometrik Analizde Kullanılan Noktalar (Şekil 3.4)

- Sella (S): Sfenoid kemikte konumlanan Sella Tursika'nın merkez noktasıdır.
- Nasion (N): Frontonazal suturun en ön, en üst ve orta noktasıdır.
- Artikulare (Ar): Ramus mandibula ile oksipital kemiğin basiller parçasının alt kenarının kesişme noktasıdır.
- Condylion (Co): Kondilin en arka ve en üst noktasıdır.
- Menton (Me): Alt çene simfisis bölgesinin dış sınırı üzerindeki en alt noktadır.
- Porion (Po): Sağ ve sol meatus akustikus eksternusun en üst kısmıdır.
- Orbitale (Or): İnfraorbital marjinin en derin noktasıdır.
- Gonion (Go): Mandibular korpus ve ramus birleşiminin oluşturduğu açının en alt ve en arka noktasıdır.
- Gnathion (Gn): Çene ucunun en alt ve en ön noktasıdır.
- Pogonion (Pog): Alt çenede simfizisin dış konturu üzerinde yer alan ve en önde bulunan noktadır.
- Pt noktası (Pt): Fissura pterigomaksillarisin en üst ve en arka noktasıdır.
- A noktası (A): Spina nazalis anterior ile prosthion arasında yer alan alveoler prosesin orta konturu üzerindeki iç bükey bölgenin en derin noktasıdır.
- B noktası (B): Alt çenede simfiziste lokalize, infradentale ve pogonion arasında yer alan alveoler proses üzerindeki en derin noktadır.
- Spina Nasalis Anterior (ANS): Ön nazal açıklığın alt sınırı hizasında bulunan ve üst çenenin ortasında yer alan sivri kemik parçasıdır.
- Spina Nasalis Posterior (PNS): Sagittal düzlemde sert damağın arka uç noktasıdır.
- Alt orta kesici dişin kenar noktası (L1i): Alt çenede ve en önde yer alan orta kesici dişin kesici uç noktasıdır.
- A1 Apeksi (A1a): Alt çenede ve en önde yer alan orta kesici dişin kök ucudur.
- Üst orta kesici dişin kenar noktası (U1i): Üst çenede ve en önde yer alan orta kesici dişin kesici uç noktasıdır.
- Ü1 Apeksi (Ü1a): Üst çenede ve en önde yer alan orta kesici dişin kök ucudur.
- Üst molar noktası (Mst): Üst çene 1. Büyük azı dişin mesiobukkal tüberkülünün en tepe noktasıdır.
- Alt molar noktası (Mit): Alt çene 1. Büyük azı dişin mesiobukkal tüberkülünün en tepe noktasıdır.

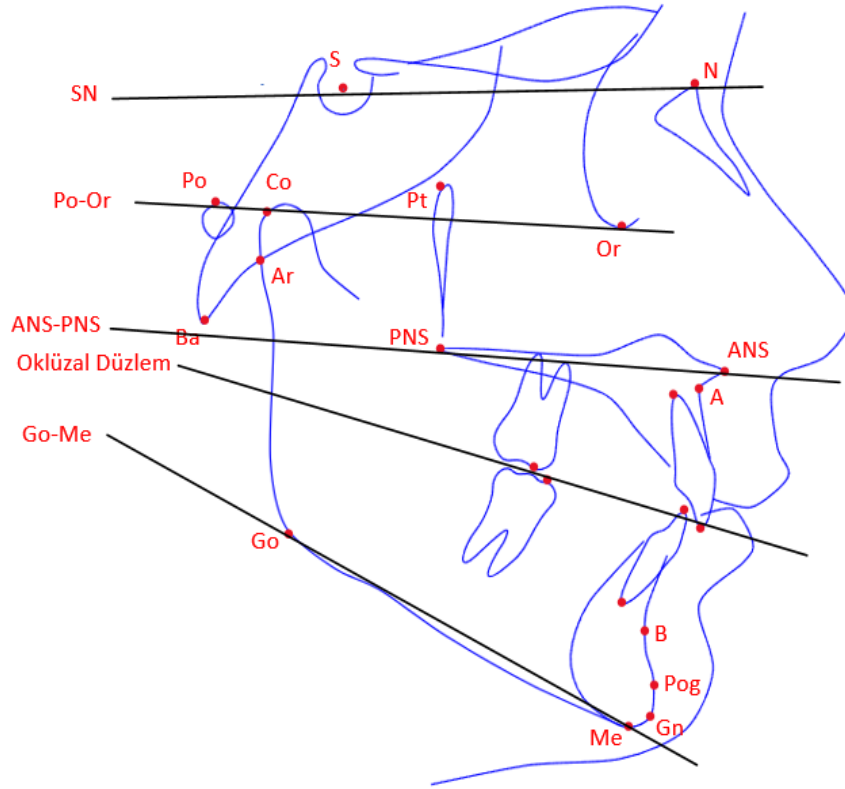


Şekil 3.4. Sefalometrik analizde kullanılan noktalar

3.5.2. Sefalometrik Analizde Kullanılan Düzlemler

3.5.2.1. Horizontal Düzlemler (Şekil 3.5)

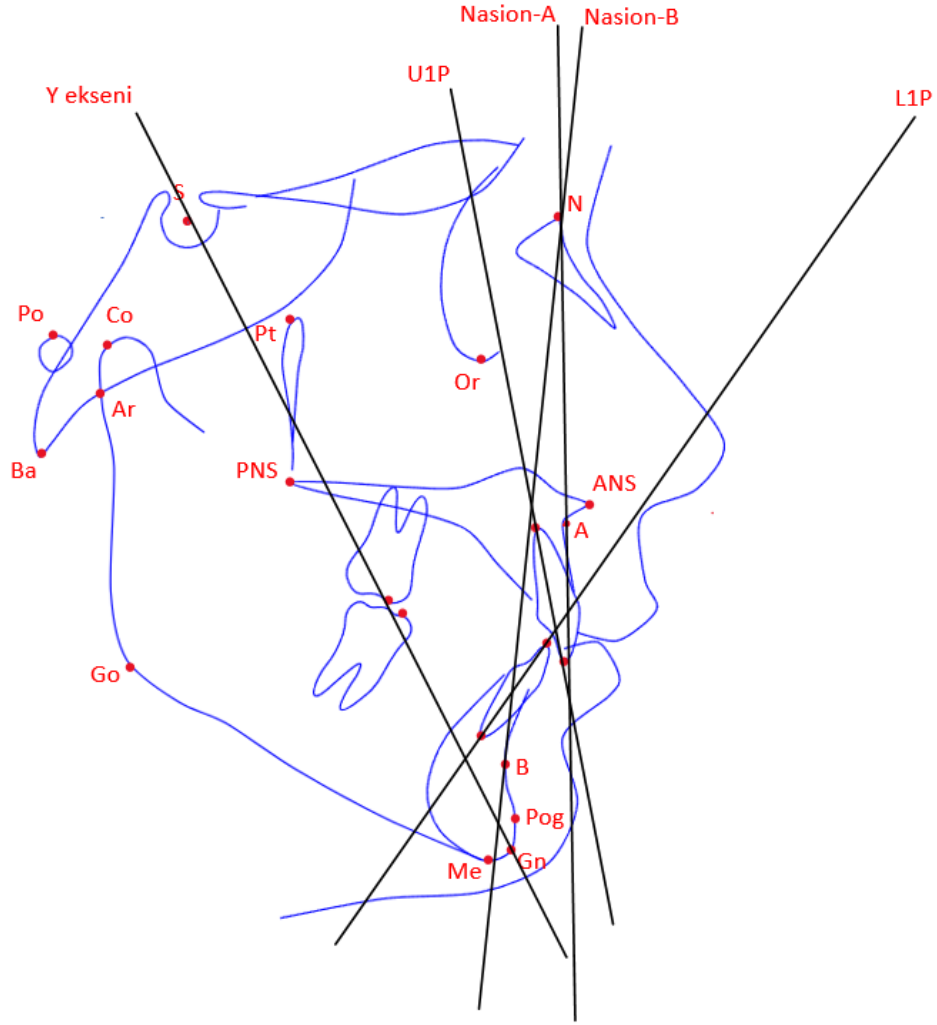
- SN düzlemi: Sella ve Nasion noktalarından geçen düzlemdir.
- Frankfurt Horizontale Düzlemi (FH): Orbitale ve Porion noktalarından geçen düzlemdir.
- Palatal Düzlem (PP): Spina nasalis anterior ve Spina nasalis posterior noktalarından geçen düzlemdir.
- Oklüzal Düzlem (OP): Alt çenede ve üst çenede yer alan orta keser dişlerin kesici kenarlarını birleştiren doğrunun orta noktası ile alt çenede ve üst çenede yer alan birinci molar dişlerin mesial tüberkül tepelerinden eşit uzaklıktaki noktadan geçen düzlemdir.
- Mandibular düzlem (MP): Gonion ile menton arasındaki düzlemdir.



Şekil 3.5. Sefalometrik analizde kullanılan horizontal düzlemler

3.5.2.2. Vertikal Düzlemler (Şekil 3.6)

- NA Düzlemi (NA): Nasion ve A noktalarından geçen düzlemdir.
- NB Düzlemi (NB): Nasion ile B noktalarından geçen düzlemdir.
- Y eksen: S ve Gn noktalarından geçen düzlemdir.
- Üst keser düzlemi (UIP): Üst kesici dişin kesici kenarı ile apeksi arasındaki düzlemdir.
- Alt keser düzlemi (LIP): Alt kesici dişin kesici kenarı ile apeksi arasındaki düzlemdir.



Şekil 3.6. Sefalometrik analizde kullanılan vertikal düzlemler

3.5.3. Lateral Sefalometrik Radyografi Analizinde Kullanılan Ölçümler

3.5.3.1. İskeletsel Doğrusal ve Oransal Ölçümler

- Co-A (mm): Efektif maksiller uzunluk.
- Co-Gn (mm): Efektif mandibular uzunluk.
- Go-Me (mm): Mandibular korpus uzunluğu.
- Ar-Go (mm): Mandibular ramus yüksekliği.
- S-Go (mm): Arka yüz yüksekliği.
- N-Me (mm): Total ön yüz yüksekliği.
- S-Go/N-Me (%): Posterior yüz yüksekliğini ifade eden Sella-Gonion noktaları arası uzaklığın, anterior yüz yüksekliğini ifade eden Nasion-Menton noktaları arası uzaklığa oranıdır.

3.5.3.2. İskeletsel Açısal Ölçümler

- SNA Açısı: Sella-Nasion ile Nasion-A doğruları arasında kalan açıdır. Üst çenenin ön kafa kaidesine göre, sagittal konumunu belirtir.
- SNB Açısı: Sella-Nasion ile Nasion-B doğruları arasında kalan açıdır. Alt çenenin ön kafa kaidesine göre sagittal konumunu belirtir.
- ANB Açısı: NA ve NB doğrularının kesiştikleri Nasion noktasında meydana gelen açıdır. Alt ve üst çenenin sagittal yönde birbirine göre ilişkisini belirtir.
- Gonial açı: Ramus düzlemi ile Mandibuler düzlem arasındaki açıdır.
- Y-ekseni açısı: Y eksenini ile Sella-Nasion düzleminin kesiştiği noktadaki açıdır.
- SN-GoMe Açısı: Sella-Nasion noktalarından geçen düzlem ile Gonion-Menton noktalarından geçen düzlem arasındaki açıdır.
- FMA Açısı: Porion-Orbitale noktalarından geçen düzlem ile Gonion-Menton noktalarının oluşturduğu düzlem arasında oluşan açıdır.

3.5.3.3. Dişsel Doğrusal Ölçümler

- U1i-NA (mm): Üst çenede yer alan ve en önde bulunan orta kesici dişin kesici kenarı ile Nasion -A noktalarından geçen doğru arasındaki dik uzaklıktır.
- L1i-NB (mm): Alt çenede yer alan ve en önde bulunan orta kesici dişin kesici kenarı ile Nasion-B noktalarından geçen doğru arasındaki dik uzaklıktır.
- Overjet (mm): Üst ve alt çenede yer alan orta kesici dişlerin kesici uçlarının oklüzal düzlem üzerindeki izdüşümleri arasındaki uzunluktur.
- Overbite (mm): Üst ve alt çenede yer alan orta kesici dişlerin uçları arasındaki uzaklığın oklüzyon düzlemine dik yöndeki uzunluğudur.

3.5.3.4. Dişsel Açısal Ölçümler

- U1-SN Açısı: Üst çenede yer alan keser dişin eksen eğimi ile Sella-Nasion düzlemi arasında oluşan açıdır.
- U1-NA Açısı: Üst çenede yer alan keser dişin eksen eğimi ile Nasion-A düzlemi arasında oluşan açıdır.
- IMPA Açısı: Alt çenede yer alan keser dişin eksen eğimi ile Mandibular düzlem arasında oluşan açıdır.
- L1-NB Açısı: Alt çenede yer alan ve en önde bulunan orta kesici dişin uzun ekseninin Nasion-B düzlemi ile yaptığı açıdır.

3.6. Fraktal Analiz

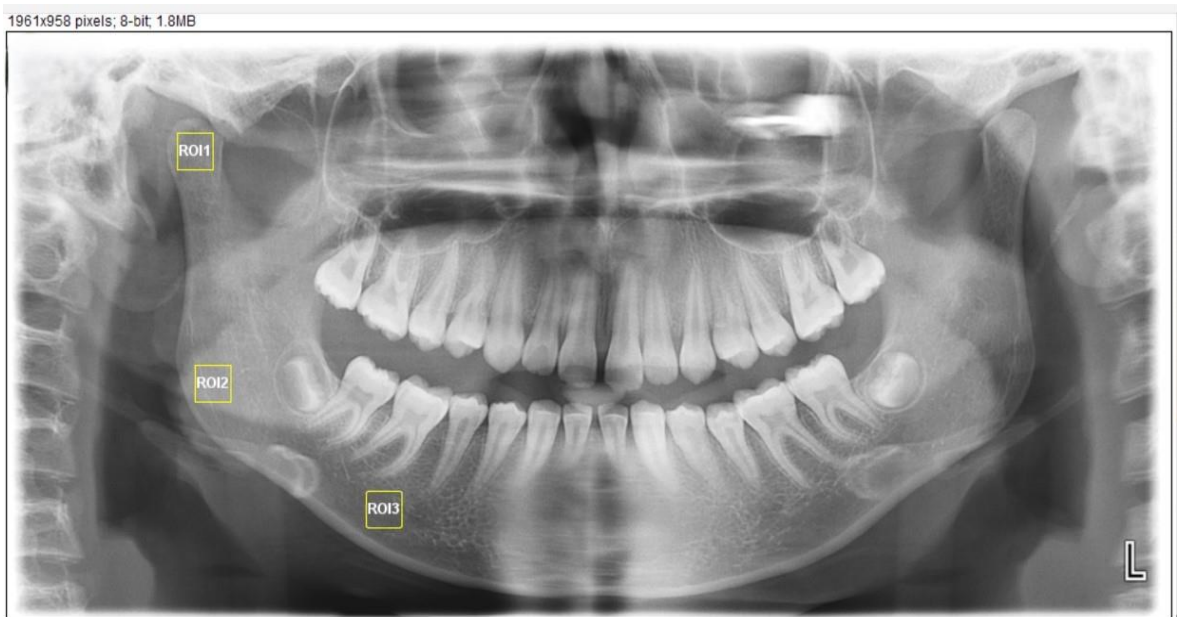
Dahil edilme kriterlerini karşılayan hastalardan tedavi öncesi ve sonrası 12 ay aralıklarla alınmış panoramik ve lateral sefalometrik radyografiler üzerinde, mandibular kemikte meydana gelen değişiklikleri belirlemek için FA yöntemi kullanılmıştır. Analiz için, ImageJ v1.53 (National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA) programı <https://imagej.nih.gov> adında internet sitesi üzerinden indirilmiştir. ImageJ v1.53 programı aracılığıyla panoramik radyografiler üzerinde mandibulanın kondil, angulus ve korpus bölgelerinde oluşturulan ROI'ler kök ve kortikal alanları içermeyecek şekilde 60×60 piksel boyutunda seçilmiştir. Lateral sefalometrik filmlerde mandibulanın simfizis bölgesinde oluşturulan ROI ise 30×30 piksel boyutunda seçilmiştir. Daha sonra analiz işlemleri White ve Rudolph tarafından tarif edilen şekilde fraktal box counting (fraktal kutu analizi) metodu uygulanarak yapılmıştır (154). Lateral sefalometrik radyografiler ve panoramik radyografiler üzerinde yapılan tüm FA ölçümleri 30 gün sonra ölçümlerin güvenilirliğini değerlendirmek amacıyla aynı deneyimli radyoloji uzmanı tarafından tekrar edilerek metot hatası hesaplanmıştır. Panoramik radyografi üzerinde seçilen 60x60 boyutlu ilgili ROI alanları Şekil 3.7'de gösterilmiştir.

Panoramik radyografide seçilen ilgili ROI'ler:

ROI 1: Mandibular kondilin merkezinden 60×60 piksel boyutunda seçilmiştir.

ROI 2: Mandibulanın angulus bölgesi 60×60 piksel boyutunda seçilmiştir.

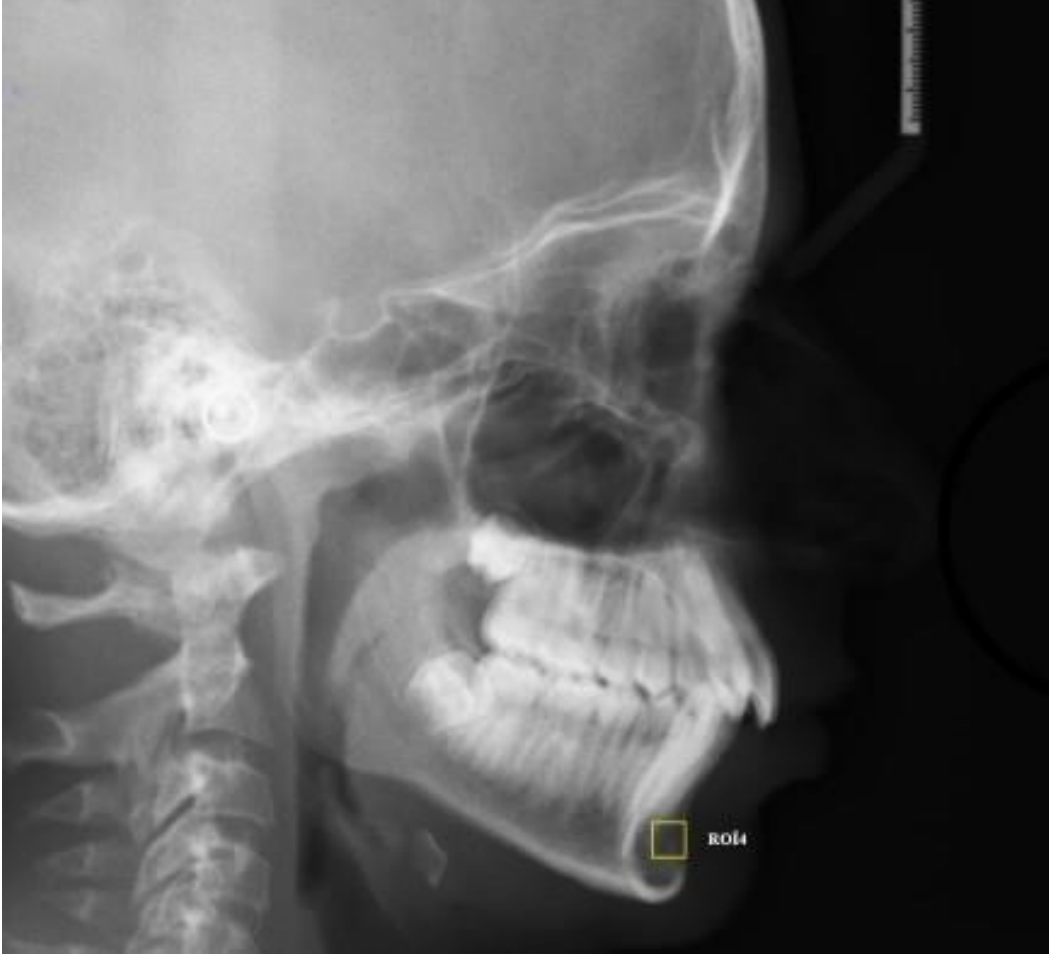
ROI 3: 45 ve 46 numaralı dişlerin kökleri arası hizasına denk gelen mandibulanın korpus bölgesinden 60×60 piksel boyutunda seçilmiştir.



Şekil 3.7. Panoramik radyografi üzerinde seçilen 60x60 boyutlarında ilgili ROI bölgeler

Lateral sefalometrik radyografide seçilen ilgili ROI bölgesi:

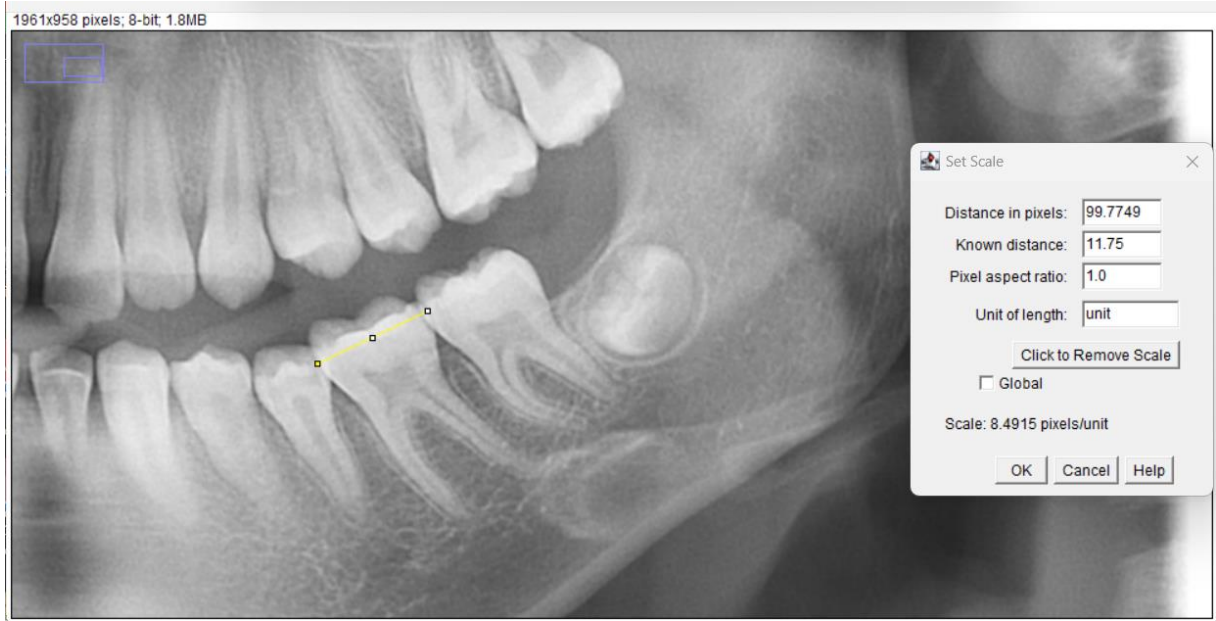
ROI4: Mandibulanın simfizis bölgesinde alt keser dişlerin bukkal bölgesinde yer alan bölge 30x30 piksel boyutunda seçilmiştir. İlgili ROI alanı Şekil 3.8’de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Sefalometrik radyografi üzerinde seçilen 30x30 piksel boyutlarında ilgili ROI bölgesi

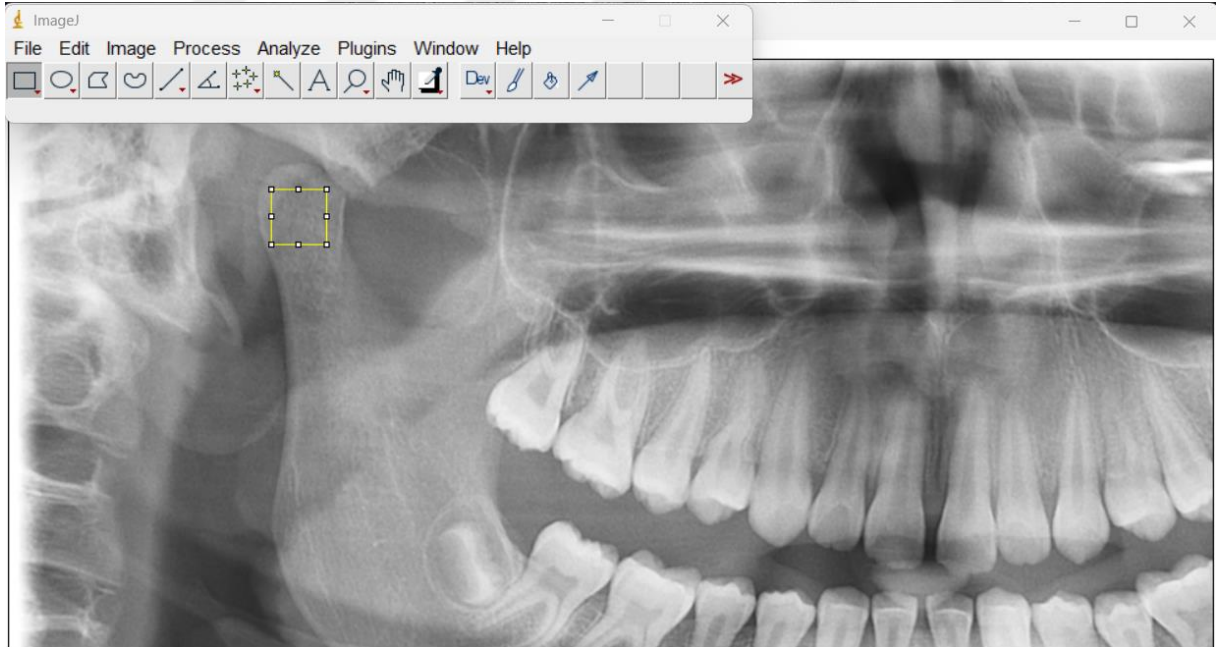
White ve Rudolph’un çalışmasında tarif edilen şekilde, panoramik radyografilerde gerçekleştirilen FA işleminin aşamaları aşağıdaki gibidir (154):

1.aşama: Ölçümlerin doğruluğu ve standardizasyonunu sağlamak amacıyla ilk aşamada TIFF formatındaki panoramik ve lateral sefalometrik radyografiler üzerinde kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem hastalardan tedavi öncesi alınan alçı model kayıtlarında yer alan dişlerin mesio-distal yönde doğrusal ölçümleri baz alınarak ImageJ programında yapılmıştır. Yapılan kalibrasyon işleminin örnek görüntüsü Şekil 3.9’da gösterilmektedir.



Şekil 3.9. ImageJ programı ile panoramik radyografi üzerinde yapılan kalibrasyon işlemi

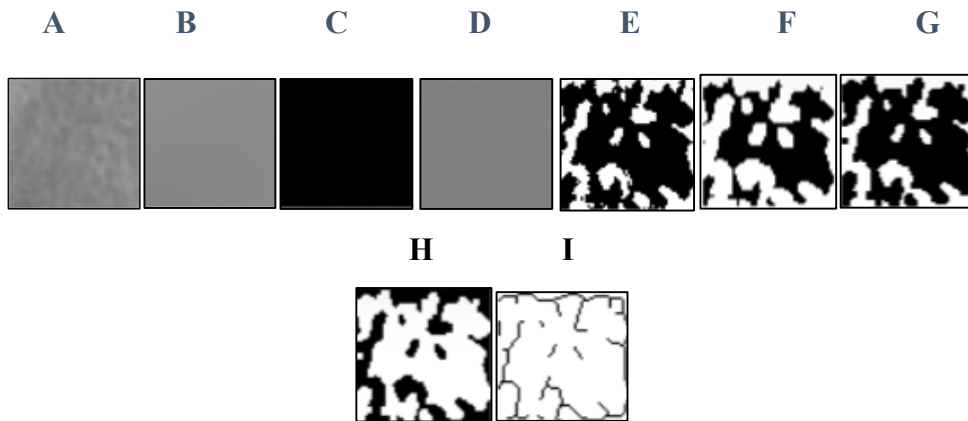
2.aşama: Kalibrasyon aşaması tamamlandıktan sonra radyografilerde ilgili ROI bölgesinden kare şeklinde 60x60 boyutlarında bir alan seçilmiştir. Şekil 3.10 'da mandibulanın kondil bölgesinden alınan kare şeklinde ve 60x60 boyutlarında ilgili ROI bölgesinin seçimi gösterilmektedir.



Şekil 3.10. Mandibulanın kondil bölgesinden 60x60 boyutlarında kare şeklinde ilgili ROI bölgesinin seçilmesi

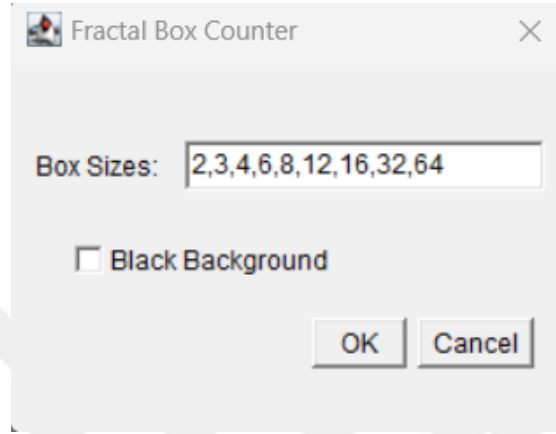
- 3.aşama:** Seçilen ROI bölgesi, FA işlem basamaklarını uygulayabilmek için duplike edilmiştir.
- 4.aşama:** Duplike edilen görüntüye Gaussian filtresi (sigma=35 piksel) uygulanarak bulanıklaştırılmıştır. Bu sayede görüntü üzerindeki değişen seviyelerde oluşan yumuşak doku ve kemik kalınlıklarından kaynaklanan parlaklık farklılıkları giderilmiştir.
- 5.aşama:** Bulanıklaştırılan bu görüntüyü orijinal görüntüden çıkarmak için “substraction background” işlemi uygulanmıştır.
- 6.aşama:** Kemik iliği boşluğu ile trabeküler yapılar arasındaki ayrımı ortaya çıkarmak için her bir piksele 128 gri değeri eşik değeri olarak eklenmiştir.
- 7.aşama:**”Binarizasyon” işlemi ile görüntü ikili hale getirilerek(siyah-beyaz) kemik iliği boşlukları ve trabeküllerin ana hatları ortaya çıkarılmıştır.
- 8.aşama:** Gürültüyü azaltmak için görüntü “Erode” seçeneği ile erozyona uğratılmıştır. Daha sonra mevcut alanları genişletmek için “Dilate” seçeneği uygulanmıştır.
- 9.aşama:** Ardından görüntü, beyaz alanları karartmak ve siyah alanları beyazlatmak için “İnvert” seçeneği ile ters çevrilmiştir, böylece trabeküler kemik çevresi belirlenmiştir.
- 10.aşama:** Ters çevirilen görüntüde yer alan trabeküler yapının “Skeletonize” seçeneği ile temel iskeletsel hatları belirlenmiştir.

İlgili bölgelere fraktal kutu sayma metodu uygulanırken yapılan işlem basamakları Şekil 3.11’de gösterilmiştir.

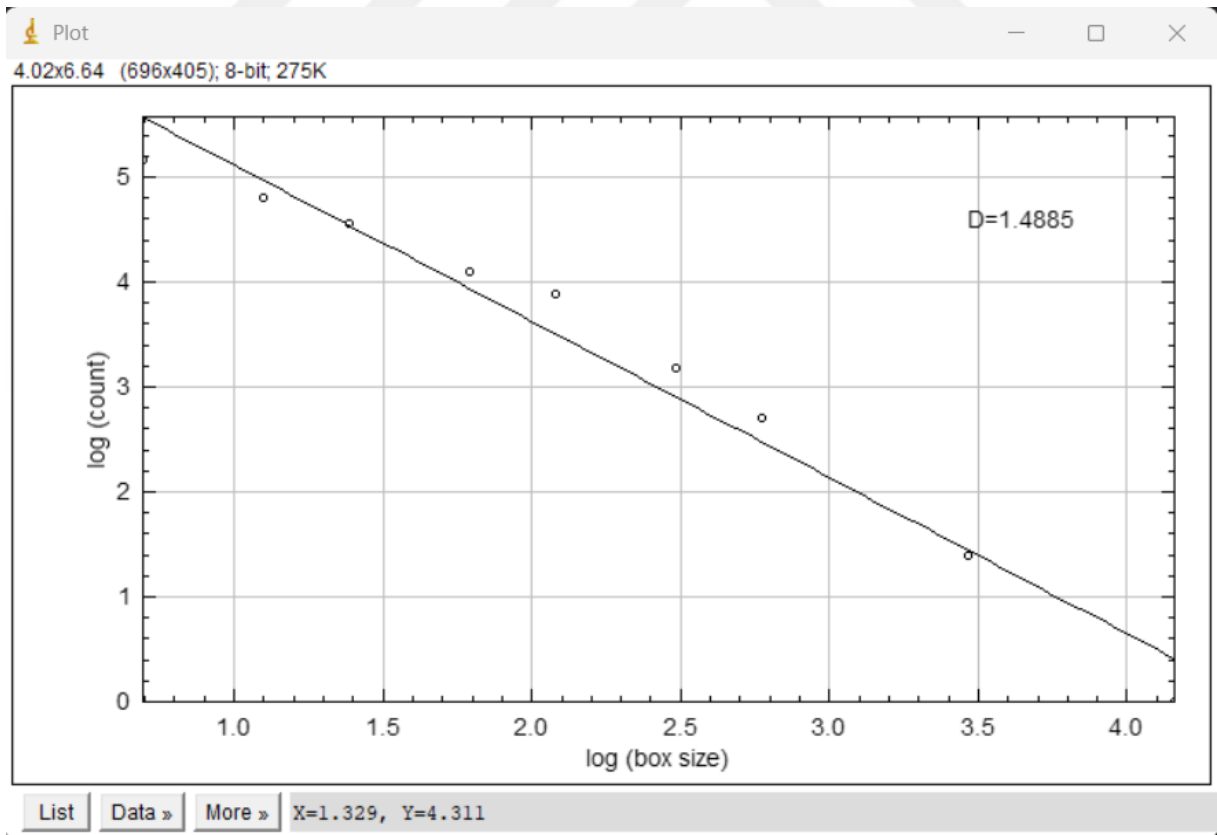


Şekil 3.11. Fraktal analizin işlem basamakları A: Dublikasyon B: Gaussian Filtresi ile bulanıklaştırma C: Substraksiyon D: 128 eşik değeri eklenmesi E: Binarizasyon F: Erozyon G: Dilatasyon H: Tersine çevirme I: İskeletleştirme

11.aşama: Daha sonra "Analyze" seçeneğinde bulunan "Fraktal box counting" sekmesi ile görüntünün fraktal değeri oluşturulmuştur. Bu metod görüntü boyutlarını 2, 3, 4, 6, 8, 12, 16, 32 ve 64 piksellik kutulara böler (Şekil 3.12). Sonra her piksel için trabeküllerin yer aldığı kareleri ve görüntüde yer alan kare sayısını hesaplar. Daha sonra bu değerler logaritmik olarak ölçeklenerek grafikleri oluşturur. Grafikte yer alan noktalar bir doğru oluşturur ve bu doğrunun eğimi bize FB değerini verir (Şekil 3.13).



Şekil 3.12. Görüntünün farklı piksel boyutlarında kutulara bölünmesi işlemi



Şekil 3.13. Fraktal boyut değerini gösteren grafik. Doğrunun eğimi fraktal boyut değerini gösterir. 'D' harfi ile gösterilen değer fraktal boyut değerini ifade etmektedir.

3.7. İstatistiksel Analiz

3.7.1. İstatistiksel Yöntem

Veriler ‘IBM SPSS V23’ ve ‘R’ programında analiz edilmiştir. Normal dağılıma uygunluk Shapiro-Wilk Testi ile incelenmiştir. Gruplara göre kategorik değişkenlerin karşılaştırılmasında Pearson Ki-Kare Testi kullanılmıştır. Gruplar arası karşılaştırmalar için normal dağılıma uyan verilerde Tek Yönlü Varyans Analizi (one-way ANOVA) kullanılmıştır ve çoklu karşılaştırmalar Bonferroni Düzeltmesi ile gerçekleştirilmiştir. Normal dağılımayanlarda ise, Kruskal Wallis Testi kullanılmıştır ve çoklu karşılaştırmalar Dunn Testi ile gerçekleştirilmiştir. Her bir grupta normal dağılıma uyan grup içi zamansal karşılaştırmalar Eşli İki Örnek t Testi ile, normal dağılıma uymayan grup içi zamansal karşılaştırmalar Wilcoxon Testi ile yapılmıştır. Cinsiyete göre normal dağılıma uyan değişkenlerin karşılaştırılmasında Bağımsız Örnekler t Testi, normal dağılıma uymayan değişkenlerin karşılaştırılmasında Mann Whitney U Testi kullanılmıştır. Normal dağılıma uyan değişkenler arasındaki ilişkinin incelenmesinde Pearson Korelasyon Katsayısı, normal dağılıma uymayan değişkenler arasındaki ilişkinin incelenmesinde Spearman’s rho Korelasyon Katsayısı kullanılmıştır. Metot hatası ölçümlerinde, ölçümler ve tekrarları arasındaki uyumun incelenmesinde Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı (SKK) analizi kullanılmıştır.

Analiz sonuçları kategorik değişkenler için frekans (yüzde) şeklinde, nicel değişkenler için ‘ortalama $\pm$ standart sapma’ ve ‘ortanca (minimum – maksimum)’ şeklinde sunulmuştur. Tüm analizlerde önem düzeyi (p) 0,05 olarak alınmıştır.

4.BULGULAR

4.1. Metot Hatasının Değerlendirilmesi

Tüm sefalometrik ve FB değerleri ilk ölçümlerden 4 hafta sonra sırasıyla aynı ortodontist ve radyoloji uzmanı tarafından tekrarlanmıştır. Gözlemci içi güvenilirliği belirlemek amacıyla, %95 güven aralığında olacak şekilde sınıf içi korelasyon katsayıları (SKK) hesaplanmıştır. Tekrarlı ölçümlerde, tüm sefalometrik (Tablo 4.1) ve fraktal ölçümler (Tablo 4.2) için 0,91-0,99 arasında değişen SKK değerleriyle yüksek düzeyde güvenilirlik bulunmuştur.

Tablo 4.1. Sefalometrik analiz ölçümlerinin tekrarlanma katsayıları

	Rr	P
SNA (°) T0	0.987	<0,001*
SNA (°) T1	0.983	<0,001*
SNB (°) T0	0.989	<0,001*
SNB (°) T1	0.996	<0,001*
ANB (°) T0	0.992	<0,001*
ANB (°) T1	0.990	<0,001*
Wits (mm) T0	0,988	<0,001*
Wits (mm) T1	0,985	<0,001*
Efektif mandibular uzunluk (mm) T0	0,987	<0,001*
Efektif mandibular uzunluk (mm) T1	0.991	<0,001*
Efektif maksiller uzunluk (mm) T0	0.989	<0,001*
Efektif maksiller uzunluk (mm) T1	0.988	<0,001*
Mandibular korpus uzunluğu (mm) T0	0.992	<0,001*
Mandibular korpus uzunluğu (mm) T1	0.994	<0,001*
A-N dikmesi (mm) T0	0.993	<0,001*
A-N dikmesi (mm) T1	0,988	<0,001*
Pog-N dikmesi (mm) T0	0,983	<0,001*
Pog-N dikmesi (mm) T1	0.995	<0,001*
SN GoMe (°) T0	0.997	<0,001*
SN GoMe (°) T1	0.998	<0,001*
FMA (°) T0	0.983	<0,001*
FMA (°) T1	0.990	<0,001*
Yüz yüksekliği oranı (%) T0	0.992	<0,001*
Yüz yüksekliği oranı (%) T1	0.996	<0,001*

Gonial açı (°) T0	0.989	<0,001*
Gonial açı (°) T1	0.991	<0,001*
Y eksen (°) T0	0.987	<0,001*
Y eksen (°) T1	0.993	<0,001*
U1 – SN (°) T0	0.996	<0,001*
U1 – SN (°) T1	0.986	<0,001*
U1 NA (mm) T0	0.989	<0,001*
U1 NA (mm) T1	0.987	<0,001*
U1 NA (°) T0	0.995	<0,001*
U1 NA (°) T1	0.984	<0,001*
IMPA (°) T0	0.995	<0,001*
IMPA (°) T1	0.959	<0,001*
L1-NB (°) T0	0.984	<0,001*
L1-NB (°) T1	0.992	<0,001*
L1-NB (mm) T0	0.997	<0,001*
L1-NB (mm) T1	0.989	<0,001*
Overjet (mm) T0	0.983	<0,001*
Overjet (mm) T1	0.991	<0,001*
Overbite (mm) T0	0.986	<0,001*
Overbite (mm) T1	0.987	<0,001*

Rr: Sınıf içi korelasyon katsayısı, p: anlamlılık değeri, *: p<0,05

Tablo 4.2. Fraktal analiz ölçümlerinin tekrarlanma katsayıları

	Rr	p
Kondil T0	0,944	<0,001*
Kondil T1	0,932	<0,001*
Angulus T0	0,918	<0,001*
Angulus T1	0,920	<0,001*
Korpus T0	0,919	<0,001*
Korpus T1	0,926	<0,001*
Simfizis T0	0,936	<0,001*
Simfizis T1	0,944	<0,001*

Rr: Sınıf içi korelasyon katsayısı, p: anlamlılık değeri, *: p<0,05

4.2. Demografik Özelliklerin Değerlendirilmesi

Çalışmamızda gruplara göre cinsiyet dağılımı Tablo 4.3’de verilmiştir.

Cinsiyet dağılımları gruplar arasında benzer olup aralarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır (p>0,05).

Tablo 4.3. Gruplara göre cinsiyet dağılımı

	Herbst n(%)	Monoblok n(%)	Twinblok n(%)	Kontrol n(%)	P
Erkek	14 (46,7)	14 (46,7)	16 (53,3)	14 (46,7)	0,940 ^x
Kadın	16 (53,3)	16 (53,3)	14 (46,7)	16 (53,3)	

^x: Pearson Ki Kare Testi, n: sayı, (%): yüzde, p: anlamlılık değeri

Tüm grupların tedavi öncesi kronolojik yaş, tedavi sonrası kronolojik yaş ve tedavi sürelerinin dağılımı Tablo 4.4’de gösterilmiştir.

Grupların yaş ve tedavi süreleri benzer olup aralarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır (p>0,05).

Tablo 4.4. Gruplara göre kronolojik yaş ve tedavi süresinin dağılımı

	Herbst	Monoblok	Twinblok	Kontrol	p
T0 yaş (yıl)	12,63 (10,83-13,83)	12,17 (10,83–14,83)	12,54 (10,08-15,33)	12,50 (11,08- 14,58)	0,685 ^x
T1 yaş (yıl)	13,58 ± 0,91	13,56 ± 1,20	13,58 ± 0,85	13,57 ± 1,14	0,740 ^y
Tedavi Süresi (ay)	11,60 ± 1,52	11,57 ± 1,87	11,77 ± 1,91	11,57 ± 1,36	0,085 ^y

^x: Kruskall Wallis H Testi, ^y: Tek Yönlü Varyans Analizi.

Bulgular ortalama±standart sapma ve ortanca (min-max) olarak gösterilmiştir.

4.3. Sefalometrik Bulguların Değerlendirilmesi

4.3.1. Sefalometrik Bulguların Grup İçi Değerlendirilmesi

Herbst grubuna ait bireylerin tedavi öncesi (T0) ve tedavi sonrası (T1) sagittal iskeletsel, vertikal iskeletsel ve dentoalveoler sefalometrik ölçüm değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.5.’de gösterilmiştir.

Herbst grubuna ait tedavi öncesi ve tedavi sonrası ‘sagittal iskeletsel ölçümler’ değerlendirildiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir;

SNA açısı değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür (p<0,05).

SNB açısal değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür ($p<0,001$).

ANB açısal değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür ($p<0,001$).

Wits milimetrik değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür ($p<0,001$).

Efektif mandibular uzunluk milimetrik değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür ($p<0,001$).

Mandibular korpus uzunluk milimetrik değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür ($p<0,001$).

Pog-N dikmesi milimetrik değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür ($p<0,001$).

Bu değerler dışındaki diğer sagittal iskeletsel ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı değişim görülmemiştir ($p>0,05$).

Herbst grubuna ait tedavi öncesi ve tedavi sonrası 'vertikal iskeletsel ölçümler' değerlendirildiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir;

SN-GoMe açısal değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür ($p<0,05$).

Y eksenli açısal değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür ($p<0,05$).

Diğer vertikal iskeletsel ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı değişim görülmemiştir ($p>0,05$).

Herbst grubuna ait tedavi öncesi ve tedavi sonrası 'dentoalveoler ölçümler' değerlerinin hepsinde istatistiksel olarak anlamlı değişim görülmüştür. Bu bağlamda aşağıdaki bulgular elde edilmiştir;

U1SN açısal değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür ($p<0,001$).

U1NA milimetrik değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür ($p<0,001$).

U1NA açısal değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür ($p<0,001$).

İMPA açısal değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür ($p<0,001$).

L1NB açısal değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür ($p<0,001$).

L1NB milimetrik değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür ($p<0,001$).

Overjet milimetrik değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür ($p<0,001$).

Overbite milimetrik değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür ($p<0,001$).

Tablo 4.5. Herbst grubunda yer alan bireylerin tedavi öncesi ve tedavi sonrası sefalometrik ölçüm değerlerinin karşılaştırılması

		T0	T1	p
Sagittal iskeletsel ölçümler	SNA (°)	81,50 ± 3,49	80,95 ± 3,71	0,015^x
		75,04 ± 3,48	76,87 ± 3,62	
	SNB (°)	6,45 ± 1,29	4,09 ± 1,51	< 0,001^x
		7,76 ± 1,95	3,90 ± 1,92	
	ANB (°)	81,90 (75,45-97,71)	82,11 (75,49-95,37)	0,249 ^k
		1,18 ± 4,27	1,15 ± 4,44	
	Wits (mm)	104,07 (92,48-113,93)	107,52 (99,59-117,16)	< 0,001^k
		66,52 ± 3,82	68,83 ± 4,16	
	Efektif maksiller uzunluk (mm)	-6,79 (-11,25 -6,45)	-2,09 (-8,15-4,3)	< 0,001^k
Vertikal iskeletsel ölçümler	A-N dikmesi (mm)	31,63 ± 5,35	30,90 ± 6,18	0,049^x
		21,55 ± 5,44	20,99 ± 5,64	
	Efektif mandibular uzunluk (mm)	67,56 ± 4,00	68,03 ± 4,65	0,115 ^x
		121,15 ± 6,75	121,24 ± 6,13	
	Mandibular korpus uzunluğu (mm)	58,51 ± 3,73	58,09 ± 3,76	0,035^x
	Pog-N dikmesi (mm)	106,18 (95,77-120,74)	103,05 (93,37-118,56)	< 0,001^k
		4,43 ± 1,82	2,39 ± 1,21	
	Yüz yüksekliği oranı (%)			0,855 ^x
Dentoalveolar ölçümler	Gonial açı (°)			< 0,001^x

U1 NA (°)	26,56 ± 6,59	23,31 ± 6,49	< 0,001 ^x
IMPA (°)	96,74 ± 6,88	101,20 ± 6,60	< 0,001 ^x
L1 NB (°)	23,85 ± 5,71	28,06 ± 6,26	< 0,001 ^x
L1 NB (mm)	3,99 ± 1,97	5,83 ± 1,99	< 0,001 ^x
Overjet (mm)	7,42 (4,76-8,8)	2,14 (0,25-3,63)	< 0,001 ^k
Overbite (mm)	5,10 ± 1,40	2,22 ± 1,18	< 0,001 ^x

^x: Eşli İki Örnek T Testi, ^k: Wilcoxon Testi, (°): derece, mm: milimetre.
Bulgular ortalama±standart sapma ve ortanca (min-max) olarak gösterilmiştir.

Monoblok grubuna ait bireylerin tedavi öncesi ve tedavi sonrası sagittal iskeletsel, vertikal iskeletsel ve dentoalveoler sefalometrik ölçüm değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.6.'de gösterilmiştir.

Monoblok grubuna ait tedavi öncesi ve tedavi sonrası 'sagittal iskeletsel ölçümler' değerlendirildiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir;

SNA açısal değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür (p<0,001).

SNB açısal değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür (p<0,001).

ANB açısal değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür (p<0,001).

Wits milimetrik değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür (p<0,001).

Efektif mandibular uzunluk milimetrik değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür (p<0,001).

Mandibular korpus uzunluk milimetrik değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür (p<0,001).

Pog-N dikmesi milimetrik değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür (p<0,05).

Bu değerler dışındaki diğer sagittal iskeletsel ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı değişiklik görülmemiştir (p>0,05).

Monoblok grubuna ait tedavi öncesi ve tedavi sonrası 'vertikal iskeletsel ölçümler' değerlendirildiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir;

Y eksenı açısal değeriinde istatistiksel olarak anlamlı artış görölmüştür ($p<0,05$).

Bu değeriiler dışındaki diğeri vertikal iskeletsel ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı değerişiklik görölmemiştir ($p>0,05$).

Monoblok grubuna ait tedavi öncesi ve tedavi sonrası ‘dentoalveoler ölçümleri’ değeriendirildiğiiinde aşğıdaki bulgular elde edilmiştir;

U1SN açısal değeriinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görölmüştür ($p<0,001$).

U1NA milimetrik değeriinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görölmüştür ($p<0,001$).

U1NA açısal değeriinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görölmüştür ($p<0,001$).

İMPA açısal değeriinde istatistiksel olarak anlamlı artış görölmüştür ($p<0,001$).

L1NB açısal değeriinde istatistiksel olarak anlamlı artış görölmüştür ($p<0,001$).

L1NB milimetrik değeriinde istatistiksel olarak anlamlı artış görölmüştür ($p<0,001$).

Overjet değeriinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görölmüştür ($p<0,001$).

Overbite değeriinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görölmüştür ($p<0,001$).

Tablo 4.6. Monoblok grubunda yer alan bireylerin tedavi öncesi ve tedavi sonrası sefalometrik ölçüm değeriilerinin karşılaştırılması

	T0	T1	p
Sagital iskeletsel ölçümleri	SNA (°) 81,88 ± 2,39	81,19 ± 2,27	< 0,001 ^x
	SNB (°) 74,59 ± 2,50	76,43 ± 2,39	< 0,001 ^x
	ANB (°) 7,28 ± 1,65	4,76 ± 1,69	< 0,001 ^x
	Wits (mm) 6,96 ± 2,73	2,95 ± 3,00	< 0,001 ^x
	Efektif maksiller uzunluk (mm) 80,70 ± 3,94	80,62 ± 3,72	0,875 ^x
	A-N dikmesi (mm) 1,15 (-2,71-7,52)	0,75 (-11,76-7,73)	0,329 ^h
	Efektif mandibular uzunluk (mm) 100,55 ± 5,43	105,36 ± 6,58	< 0,001 ^x
	Mandibular korpus uzunluğu (mm) 64,27 ± 4,60	67,15 ± 5,02	< 0,001 ^x
	Pog-N dikmesi (mm) -4,62 (-11,15-6,63)	-1,73 (-10,6 - 6,07)	0,002 ^h

Vertikal iskeletsel ölçümler	SN GoMe (°)	33,79 ± 5,11	34,04 ± 5,63	0,441 ^x
	FMA (°)	24,25 ± 5,49	24,50 ± 5,53	0,881 ^x
	Yüz yüksekliği oranı (%)	65,13 ± 3,97	65,46 ± 4,33	0,304 ^x
	Gonial açı (°)	123,46 ± 6,82	124,22 ± 7,1	0,164 ^x
	Y ekseni (°)	59,17 ± 2,98	59,77 ± 2,82	0,011 ^x
Dentoalveoler ölçümler	U1 – SN (°)	107,99 ± 8,45	105,53 ± 8,21	< 0,001 ^x
	U1 NA (mm)	4,57 ± 2,04	3,31 ± 1,89	< 0,001 ^x
	U1 NA (°)	26,51 ± 7,85	24,10 ± 7,19	< 0,001 ^x
	IMPA (°)	96,36 ± 5,33	99,69 ± 5,43	< 0,001 ^x
	L1 NB (°)	24,74 ± 4,14	28,41 ± 4,53	< 0,001 ^x
	L1 NB (mm)	4,81 ± 1,45	6,18 ± 1,95	< 0,001 ^x
	Overjet (mm)	7,16 ± 1,60	2,42 ± 0,87	< 0,001 ^x
	Overbite (mm)	5,06 (-0,45-7,25)	2,04 (-1,37- 5,76)	< 0,001 ^h

^x: Eşli İki Örnek T Testi, ^h: Wilcoxon Testi, (°): derece, mm: milimetre.

Bulgular ortalama±standart sapma ve ortanca (min-max) olarak gösterilmiştir.

Twinblok grubuna ait bireylerin tedavi öncesi ve tedavi sonrası sagittal iskeletsel, vertikal iskeletsel ve dentoalveoler sefalometrik ölçüm değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.7.'de gösterilmiştir.

Twinblok grubuna ait tedavi öncesi ve tedavi sonrası 'sagittal iskeletsel ölçümler' değerlendirildiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir;

SNA açısal değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür (p<0,001).

SNB açısal değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür (p<0,001).

ANB açısal değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür (p<0,001).

Wits milimetrik değeri istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür ($p<0,001$).

Efektif mandibular uzunluk milimetrik değeri istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür ($p<0,001$).

Mandibular korpus uzunluğu milimetrik değeri istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür ($p<0,001$).

Pog-N dikmesi milimetrik değeri istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür ($p<0,001$).

Bu değerler dışındaki diğer sagittal iskeletsel ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı değişiklik görülmemiştir ($p>0,05$).

Twinblok grubuna ait tedavi öncesi ve tedavi sonrası 'vertikal iskeletsel ölçümler' değerlendirildiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir;

SN-GoMe açısai değeri istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür ($p<0,001$).

FMA açısai değeri istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür ($p<0,001$).

Yüz yüksekliğı oranı değeri istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür ($p<0,05$).

Gonial açı değeri istatistiksel olarak anlamlı artma görülmüştür ($p<0,05$).

Y eksenii açısai değeri istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür ($p<0,001$).

Twinblok grubuna ait tedavi öncesi ve tedavi sonrası 'dentoalveoler ölçümler' değerlendirildiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir;

U1SN açısai değeri istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür ($p<0,001$).

U1NA milimetrik değeri istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür ($p<0,001$).

U1NA açısai değeri istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür ($p<0,001$).

İMPA açısai değeri istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür ($p<0,001$).

L1NB açısai değeri istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür ($p<0,001$).

L1NB milimetrik değeri istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür ($p<0,001$).

Overjet milimetrik değeri istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür ($p<0,001$).

Overbite milimetrik değeri istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür ($p<0,001$).

Tablo 4.7. Twinblok grubunda yer alan bireylerin tedavi öncesi ve tedavi sonrası sefalometrik ölçüm değerlerinin karşılaştırılması

		T0	T1	p
Sagittal iskeletsel ölçümler	SNA (°)	82,21 (70,89-91,21)	82,14 (70,09-90,09)	< 0,001^x
	SNB (°)	74,60 ± 3,20	76,76 ± 3,16	< 0,001^y
	ANB (°)	7,01 ± 1,65	4,31 ± 1,71	< 0,001^y
	Wits (mm)	6,37 ± 1,93	1,99 ± 2,30	< 0,001^y
	Efektif maksiller uzunluk (mm)	79,06 ± 4,98	79,64 ± 4,48	0,099 ^y
	A-N dikmesi (mm)	1,83 (-5,1-5,96)	1,26 (-5,5-4,81)	0,092 ^x
	Efektifmandibular uzunluk (mm)	98,32 ± 6,77	104,50 ± 6,72	< 0,001^y
	Mandibular korpus uzunluğu (mm)	62,34 ± 4,34	65,41 ± 4,08	< 0,001^y
	Pog-N dikmesi (mm)	-4,69 (-9,81-1,24)	-1,48 (-6,61-1,64)	< 0,001^x
Vertikal iskeletsel ölçümler	SN GoMe (°)	32,83 ± 5,30	34,39 ± 5,17	< 0,001^y
	FMA (°)	23,65 ± 5,64	25,10 ± 5,72	< 0,001^y
	Yüz yüksekliği oranı (%)	65,30 ± 3,48	64,99 ± 3,60	0,006^y
	Gonial açı (°)	123,95 ± 7,22	125,48 ± 6,34	0,003^y
	Y eksenini (°)	58,58 ± 3,06	59,85 ± 3,05	< 0,001^y
Dentoalveolar ölçümler	U1 – SN (°)	107,82 ± 5,47	105,98 ± 5,34	< 0,001^y
	U1 NA (mm)	4,53 ± 2,04	3,65 ± 2,07	< 0,001^y
	U1 NA (°)	26,55 ± 6,14	24,59 ± 6,40	< 0,001^y
	IMPA (°)	95,94 ± 6,99	99,71 ± 7,43	< 0,001^y

	L1 NB (°)	24,25 ± 4,02	28,13 ± 4,15	< 0,001^y
	L1 NB (mm)	4,22 ± 1,57	5,76 ± 1,80	< 0,001^y
	Overjet (mm)	7,93 ± 1,16	2,72 ± 1,04	< 0,001^y
	Overbite (mm)	4,87 ± 1,69	1,41 ± 0,94	< 0,001^y

^x: Wilcoxon Testi, ^y: Eşli İki Örnek T Testi, (°): derece, mm: milimetre.

Bulgular ortalama±standart sapma ve ortanca (min-max) olarak gösterilmiştir.

Kontrol grubuna ait bireylerin tedavi öncesi ve tedavi sonrası sagittal iskeletsel, vertikal iskeletsel ve dentoalveoler sefalometrik ölçüm değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.8.'de gösterilmiştir.

Kontrol grubuna ait bireylerin tedavi öncesi ve tedavi sonrası sefalometrik ölçüm değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır (p>0,05).

Tablo 4.8. Kontrol grubunda yer alan bireylerin tedavi öncesi ve tedavi sonrası sefalometrik ölçüm değerlerinin karşılaştırılması

		T0	T1	p
Sagittal iskeletsel ölçümler	SNA (°)	82,72	82,69	0,924 ^x
		±	±	
		3,78	3,79	
	SNB (°)	75,77	76,06	0,346 ^x
		±	±	
		3,05	3,57	
	ANB (°)	6,95	6,62	0,226 ^x
		±	±	
		2,14	2,35	
	Wits (mm)	5,36	5,44	0,089 ^x
		±	±	
		2,78	2,73	
	Efektif maksiller uzunluk (mm)	81,14	81,32	0,820 ^x
		±	±	
		3,74	4,09	
	A-N dikmesi (mm)	1,59	1,98	0,073 ^x
		±	±	
		2,70	2,48	
Efektif mandibular uzunluk (mm)	102,19	102,15	0,490 ^k	
	(94,11-116,37)	(95,33-116,4)		
Mandibular korpus uzunluğu (mm)	63,61	63,90	0,125 ^x	
	±	±		
	3,60	3,68		

	Pog-N dikmesi (mm)	-4,87 (-12,47-8,26)	-4,80 (-12,23-6,78)	0,360 ^k
Vertikal iskeletsel ölçümler	SN GoMe (°)	33,38 ± 4,41	33,19 ± 4,99	0,490 ^x
	FMA (°)	24,55 (15,69-29,32)	24,15 (15,83-31,39)	0,845 ^k
	Yüz yüksekliği oranı (%)	66,06 ± 3,28	66,47 ± 3,68	0,135 ^x
	Gonial açı (°)	123,62 ± 4,97	123,52 ± 4,84	0,707 ^x
	Y eksenini (°)	59,38 ± 3,08	59,68 ± 3,47	0,115 ^x
	U1 – SN (°)	104,57 ± 8,66	105,09 ± 8,60	0,054 ^x
Dentoalveoler ölçümler	U1 NA (mm)	3,45 ± 2,27	3,58 ± 2,23	0,299 ^x
	U1 NA (°)	22,05 ± 7,77	22,28 ± 8,08	0,618 ^x
	IMPA (°)	98,32 ± 6,90	98,47 ± 6,56	0,524 ^x
	L1 NB (°)	27,91 ± 5,55	28,10 ± 5,69	0,549 ^x
	L1 NB (mm)	5,27 ± 2,39	5,38 ± 2,46	0,178 ^x
	Overjet (mm)	6,34 ± 1,38	6,31 ± 1,36	0,328 ^x
	Overbite (mm)	3,79 ± 1,07	3,80 ± 1,03	0,851 ^x

^x: Eşli İki Örnek T Testi, ^k: Wilcoxon Testi, (°): derece, mm: milimetre.

Bulgular ortalama±standart sapma ve ortanca (min-max) olarak gösterilmiştir.

4.3.2. Sefalometrik Değerlerde T1-T0 Zaman Aralığında Görülen Değişimin Cinsiyete Göre Değerlendirilmesi

Herbst grubuna ait bireylerin sagittal iskeletsel, vertikal iskeletsel ve dentoalveoler sefalometrik değerlerinde T1-T0 zaman aralığında görülen değişimin cinsiyete göre

karşılaştırılması Tablo 4.9.'da gösterilmiştir. Bu değerlendirmeye göre aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

Sagital iskeletsel ölçümlerden biri olan 'efektif mandibular uzunluk' değerindeki değişim erkeklerde kadınlara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla bulunmuştur (p=0,047).

Bu değerler dışındaki diğer tüm sefalometrik değerlerin cinsiyete göre değişiminde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır (p>0,05).

Tablo 4.9. Herbst grubunda yer alan bireylerin sefalometrik değerlerindeki değişimin cinsiyete göre karşılaştırılması

		Erkek (T1-T0)	Kadın (T1-T0)	p
Sagital iskeletsel ölçümler	SNA (°)	-0,42 ± 0,68	-0,65 ± 1,45	0,585 ^y
	SNB (°)	1,93 ± 0,90	1,73 ± 1,29	0,633 ^y
	ANB (°)	-2,34 ± 0,82	-2,38 ± 0,82	0,905 ^y
	Wits (mm)	-3,79 (-10,52 – -2,57)	-3,7 (-5,36 – -1,18)	0,608 ^x
	Efektif maksiller uzunluk (mm)	0,56 (-1,86-9,23)	0,57 (-19,46 -7,35)	0,618 ^x
	A-N dikmesi (mm)	-0,25 ± 4,76	0,16 ± 5,38	0,830 ^y
	Efektif mandibular uzunluk (mm)	4,42 (2,39-11,95)	2,77 (0,43-8,49)	0,047^x
	Mandibular korpus uzunluğu (mm)	2,36 (-0,74-7,75)	1,60 (-1,11-4,34)	0,289 ^x
	Pog-N dikmesi (mm)	5,18 (-3,17-8,39)	4,43 (0,66-12,31)	0,275 ^x
Vertikal iskeletsel ölçümler	SN GoMe (°)	-1,36 ± 1,68	-0,18 ± 2,03	0,095 ^y
	FMA (°)	-0,71 ± 1,50	-0,43 ± 1,68	0,638 ^y
	Yüz yüksekliği oranı (%)	0,92 (-3,65-3,23)	0,30 (-2,01-2,2)	0,442 ^x
	Gonial açı (°)	-0,62 ± 2,48	0,70 ± 2,57	0,165 ^y

	Y eksen (°)	-0,22 ± 0,87	-0,58 ± 1,14	0,342 ^y
Dentoalveolar ölçümler	U1 – SN (°)	-2,79 (-12,65– -1,19)	-3,20 (-5,14 – -2,18)	0,473 ^x
	U1 NA (mm)	-1,75 ± 0,87	-2,30 ± 1,09	0,144 ^y
	U1 NA (°)	-3,18 ± 1,3707	-3,30 ± 1,0284	0,792 ^y
	IMPA (°)	3,38 (2,63-10,44)	4,36 (1,64-11,9)	0,552 ^x
	L1 NB (°)	3,71 (1,92-12,1)	3,38 (1,43-6,66)	0,289 ^x
	L1 NB (mm)	1,84 ± 1,25	1,85 ± 1,07	0,980 ^y
	Overjet (mm)	-5,76 ± 0,90	-5,14 ± 0,86	0,065 ^y
	Overbite (mm)	-3,36 ± 1,45	-2,47 ± 1,43	0,102 ^y

^x: Mann Whitney U Testi, ^y: Bağımsız Örnekler T Testi, (°): derece, mm: milimetre. Bulgular ortalama±standart sapma ve ortanca (min-max) olarak gösterilmiştir.

Monoblok grubuna ait bireylerin sagittal iskeletsel, vertikal iskeletsel ve dentoalveolar sefalometrik değerlerinde T1-T0 zaman aralığında görülen değişimin cinsiyete göre karşılaştırılması Tablo 4.10.'da gösterilmiştir. Bu değerlendirmeye göre aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

Monoblok grubuna ait bireylerin sefalometrik değerlerinin cinsiyete göre değişiminde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır (p>0,05)

Tablo 4.10. Monoblok grubunda yer alan bireylerin sefalometrik değerlerindeki değişimin cinsiyete göre karşılaştırılması

		Erkek (T1-T0)	Kadın (T1-T0)	P
Sagittal iskeletsel ölçümler	SNA (°)	-0,68 ± 0,99	-0,68 ± 0,76	0,994 ^x
		1,69 ± 0,94	1,97 ± 1,36	
	SNB (°)	-2,37 ± 1,10	-2,65 ± 1,45	0,519 ^x
	ANB (°)			0,562 ^x

	Wits (mm)	-3,41 ± 1,14	-4,55 ± 2,37	0,100 ^x
	Efektif maksiller uzunluk (mm)	0,40 (-7,85-2,06)	1,05 (-6,8-3,06)	0,423 ^z
	A-N dikmesi (mm)	-2,26 ± 4,71	0,12 ± 3,18	0,112 ^x
	Efektif mandibular uzunluk (mm)	4,77 (-5,27-23,22)	4,91 (-2,57-9,79)	0,697 ^z
	Mandibular korpus uzunluğu (mm)	3,10 ± 3,98	2,69 ± 2,14	0,725 ^x
	Pog-N dikmesi (mm)	3,76 ± 2,80	2,21 ± 5,55	0,354 ^x
Vertikal iskeletsel ölçümler	SN GoMe (°)	0,60 ± 1,66	-0,04 ± 1,94	0,339 ^x
	FMA (°)	0,41 ± 1,56	-0,27 ± 1,66	0,259 ^x
	Yüz yüksekliği oranı (%)	0,13 ± 1,72	0,53 ± 1,85	0,546 ^x
	Gonial açı (°)	0,61 ± 3,11	0,88 ± 2,79	0,805 ^x
	Y eksenini (°)	0,68 ± 1,08	0,51 ± 1,33	0,704 ^x
Dentoalveoler ölçümler	U1 – SN (°)	-2,84 (-9,97--0,39)	-2,23 (-3,7-7,27)	0,070 ^z
	U1 NA (mm)	-1,24 (-3,88-0,83)	-1,16 (-5,39-0,93)	0,728 ^z
	U1 NA (°)	-2,09 (-6,89--0,34)	-2,33 (-6,09 --0,3)	0,603 ^z
	IMPA (°)	3,20 ± 0,90	3,45 ± 1,41	0,562 ^x
	L1 NB (°)	3,56 ± 1,75	3,77 ± 1,70	0,737 ^x
	L1 NB (mm)	1,30 ± 1,04	1,44 ± 1,41	0,762 ^x
	Overjet (mm)	-5,15 ± 1,34	-4,39 ± 1,72	0,193 ^x
	Overbite (mm)	-2,37 ± 1,21	-2,45 ± 1,58	0,891 ^x

^x: Bağımsız Örnekler T Testi, ^z: Mann Whitney U Testi, (°): derece, mm: milimetre.
Bulgular ortalama±standart sapma ve ortanca (min-max) olarak gösterilmiştir.

Twinblok grubuna ait bireylerin sagittal iskeletsel, vertikal iskeletsel ve dentoalveoler sefalometrik değerlerinde T1-T0 zaman aralığında görülen değişimin cinsiyete göre karşılaştırılması Tablo 4.11.'da gösterilmiştir. Bu değerlendirmeye göre aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

Twinblok grubuna ait bireylerin sefalometrik değerlerinin cinsiyete göre değişiminde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Tablo 4.11. Twinblok grubunda yer alan bireylerin sefalometrik değerlerindeki değişimin cinsiyete göre karşılaştırılması

	Erkek (T1-T0)	Kadın (T1-T0)	P
Sagittal iskeletsel ölçümler	SNA (°) -0,24 (-3,01 - 0,41)	-0,82 (-1,88 - 1,42)	0,383 ^z
	SNB (°) 1,86 (-0,89 - 3,76)	1,90 (0,6 - 7,77)	0,697 ^z
	ANB (°) -2,39 (-3,61 - -1,29)	-2,53 (-6,35 - -1,72)	0,146 ^z
	Wits (mm) -4,01 (-6,02 - -2,61)	-4,07 (-13,86 - -2,35)	1,000 ^z
	Efektif maksiller uzunluk (mm) 0,17 ± 1,85	1,06 ± 1,88	0,207 ^x
	A-N dikmesi (mm) -0,44 (-2,41 - 3,79)	-0,55 (-1,98 - 1,71)	0,884 ^z
	Efektif mandibular (mm) 6,46 ± 4,25	5,85 ± 3,08	0,657 ^x
	Mandibular korpus uzunluğu (mm) 3,37 ± 2,83	2,74 ± 2,66	0,538 ^x
	Pog-N dikmesi (mm) 2,58 (0,29 - 7,97)	2,66 (1,04 - 6,63)	0,950 ^z
Vertikal iskeletsel ölçümler	SN GoMe (°) 1,25 ± 0,63	1,90 ± 1,21	0,070 ^x
	FMA (°) 1,04 (0,11 - 2,92)	1,14 (0,41 - 5,11)	0,739 ^z
	Yüz yüksekliği oranı (%) -0,22 (-0,86 - 1,65)	-0,45 (-1,36 - 0,22)	0,280 ^z
	Gonial açı (°) 1,93 (-0,36 - 7,02)	1,95 (-6,61 - 6,41)	0,886 ^z

	Y eksen (°)	1,13 (0,25 - 2)	1,28 (0,37 - 3,72)	0,480 ^z
Dentoalveoler ölçümler	U1 – SN (°)	-1,04 (-4,84 - -0,09)	-2,05 (-6,39 - 0,06)	0,480 ^z
	U1 NA (mm)	-1,00 (-4,07 - -0,18)	-0,62 (-1,47 - -0,08)	0,114 ^z
	U1 NA (°)	-1,88 ± 1,52	-2,04 ± 1,21	0,760 ^x
	IMPA (°)	3,82 (0,13 - 8)	3,25 (2,02 - 8,39)	0,951 ^z
	L1 NB (°)	3,85 ± 1,80	3,91 ± 1,43	0,916 ^x
	L1 NB (mm)	1,51 ± 0,98	1,57 ± 1,07	0,879 ^x
	Overjet (mm)	-5,21 ± 0,95	-5,20 ± 0,87	0,971 ^x
	Overbite (mm)	-3,45 ± 1,09	-3,46 ± 1,38	0,986 ^x

^x: Bağımsız Örnekler T Testi, ^z: Mann Whitney U Testi, (°): derece, mm: milimetre.
Bulgular ortalama±standart sapma ve ortanca (min-max) olarak gösterilmiştir.

Kontrol grubuna ait bireylerin sagittal iskeletsel, vertikal iskeletsel ve dentoalveoler sefalometrik değerlerinde T1-T0 zaman aralığında görülen değişimin cinsiyete göre karşılaştırılması Tablo 4.12.'da gösterilmiştir. Bu değerlendirmeye göre aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

Kontrol grubuna ait bireylerin sefalometrik değerlerinin cinsiyete göre değişiminde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır (p>0,05).

Tablo 4.12. Kontrol grubunda yer alan bireylerin sefalometrik değerlerindeki değişimin cinsiyete göre karşılaştırılması

		Erkek (T1-T0)	Kadın (T1-T0)	P
Sagittal iskeletsel ölçümler	SNA (°)	0,11 ± 2,19	-0,16 ± 1,97	0,729 ^t
		0,47 ± 1,79	0,14 ± 1,61	0,598 ^t
		-0,05 (-5,15 - 1,8)	-0,56 (-1,74 - 1,61)	0,423 ^x
	Wits (mm)	0,66 ± 1,38	0,52 ± 1,62	0,800 ^t
	ANB (°)			

	Efektif maksiller uzunluk (mm)	1,23 ± 2,06	1,13 ± 1,68	0,888 ^t
	A-N dikmesi (mm)	0,09 (-0,86 - 2,08)	0,44 (-3,46 - 2,03)	0,917 ^x
	Efektif mandibular uzunluk (mm)	1,16 ± 1,75	1,33 ± 1,79	0,794 ^t
	Mandibular korpus uzunluğu (mm)	1,24 ± 2,42	1,33 ± 1,06	0,899 ^t
	Pog-N dikmesi (mm)	0,65 ± 1,15	0,67 ± 2,08	0,977 ^t
Vertikal iskeletsel ölçümler	SN GoMe (°)	0,17 ± 1,80	-0,50 ± 1,09	0,223 ^t
	FMA (°)	0,43 ± 1,44	-0,39 ± 1,03	0,089 ^t
	Yüz yüksekliği oranı (%)	0,51 (-2,14 - 2,83)	0,42 (-1,13 - 4,54)	1,000 ^x
	Gonial açı (°)	0,25 (-2,48 - 4,24)	0,09 (-4,5 - 1,55)	0,822 ^x
	Y eksenini (°)	0,53 ± 1,13	0,11 ± 0,89	0,264 ^t
Dentoalveolar ölçümler	U1 – SN (°)	0,71 ± 1,52	0,35 ± 1,36	0,495 ^t
	U1 NA (mm)	-0,02 ± 0,80	0,27 ± 0,57	0,262 ^t
	U1 NA (°)	0,11 (-10,81 - 5,4)	0,25 (-0,75 - 3,49)	0,575 ^x
	IMPA (°)	0,97 ± 1,92	0,55 ± 1,56	0,522 ^t
	L1 NB (°)	0,62 ± 1,57	0,37 ± 1,06	0,606 ^t
	L1 NB (mm)	0,25 (-0,52 - 0,85)	0,18 (-0,69 - 0,57)	0,253 ^x
	Overjet (mm)	-0,15 (-0,93 - 0,11)	-0,05 (-0,76 - 0,18)	0,318 ^x
	Overbite (mm)	0,06 ± 0,24	-0,04 ± 0,22	0,258 ^t

^x: Mann Whitney U Testi, ^t:Bağımsız Örnekler T Testi, (°): derece, mm: milimetre
Bulgular ortalama±standart sapma ve ortanca (min-max) olarak gösterilmiştir.

4.3.3. Sefalometrik Bulguların Gruplar Arası Değerlendirilmesi

Tedavi öncesi (T0) sagital iskeletsel, vertikal iskeletsel ve dentoalveoler ölçümlerin gruplar arası karşılaştırmalı tanımlayıcı istatistikleri Tablo 4.13.'de gösterilmiştir.

Tedavi öncesi (T0) 'sagital iskeletsel ölçümler' değerlendirildiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

Wits milimetrik değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p<0,05$). Bu değer Herbst grubunda, Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Herbst, Twinblok ve Monoblok grupları arasında anlamlı fark bulunmamıştır.

Efektif mandibular uzunluk milimetrik değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p<0,05$). Bu değer Herbst grubunda, Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Twinblok, Monoblok ve Kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Efektif maksiller uzunluk milimetrik değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p<0,05$). Bu değer Herbst grubunda, Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Twinblok, Monoblok ve Kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Mandibular korpus uzunluğu milimetrik değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p<0,05$). Bu değer Herbst grubunda, Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Twinblok, Monoblok ve Kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Bu değerler dışındaki diğer 'T0 sagital iskeletsel ölçümlerde' gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmemiştir.

Tedavi öncesi (T0) 'vertikal iskeletsel ölçümler' değerlendirildiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

Yüz yüksekliği oranı değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p<0,05$). Ancak bu ölçümde yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda anlamlı farklılık bulunmamıştır. Buna göre, gruplar arasında T0 vertikal iskeletsel ölçümlerin hiçbirinde anlamlı farklılık bulunmamıştır.

Tedavi öncesi ‘dentoalveoler ölçümler’ değerlendirildiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

U1NA açısal değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p<0,05$). Ancak bu ölçümde yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda anlamlı farklılık bulunmamıştır.

L1NB açısal değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p<0,05$). Bu değer Monoblok grubunda, Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Herbst, Twinblok ve Kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Overjet milimetrik değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p<0,001$). Bu değer Herbst ve Twinblok grubunda, Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Herbst, Monoblok ve Twinblok grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Overbite milimetrik değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p<0,05$). Bu değer Herbst ve Twinblok grubunda, Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Herbst, Monoblok ve Twinblok grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Bu değerler dışındaki diğer ‘T0 dentoalveoler ölçümlerde’ gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmemiştir.

Tablo 4.13. Tedavi öncesi (T0) sefalometrik ölçüm değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması

		Herbst (T0)	Monoblok (T0)	Twinblok (T0)	Kontrol (T0)	P
Sagittal İskeletsel ölçümler	SNA (°)	81,49 ± 3,49	81,88 ± 2,39	81,61 ± 3,62	82,72 ± 3,78	0,489 ^x
		75,04 ± 3,48	74,59 ± 2,50	74,60 ± 3,20	75,77 ± 3,05	
		6,45 ± 1,29	7,28 ± 1,65	7,01 ± 1,65	6,95 ± 2,14	
	Wits (mm)	7,76 ± 1,95 ^a	6,96 ± 2,73 ^{ab}	6,37 ± 1,93 ^{ab}	5,36 ± 2,78 ^b	0,002^x
		81,90 (75,45-97,71) ^a	81,01 (70,33-88,97) ^{ab}	78,18 (70,94-94,33) ^b	80,40 (71,11-87,46) ^{ab}	
		1,18 ± 4,27	1,52 ± 2,34	1,24 ± 2,47	1,59 ± 2,70	
	Efektif maksiller uzunluk (mm)	81,90 (75,45-97,71) ^a	81,01 (70,33-88,97) ^{ab}	78,18 (70,94-94,33) ^b	80,40 (71,11-87,46) ^{ab}	0,027^y
		1,18 ± 4,27	1,52 ± 2,34	1,24 ± 2,47	1,59 ± 2,70	
		1,18 ± 4,27	1,52 ± 2,34	1,24 ± 2,47	1,59 ± 2,70	
	A-N dikmesi (mm)	1,18 ± 4,27	1,52 ± 2,34	1,24 ± 2,47	1,59 ± 2,70	0,938 ^x
		1,18 ± 4,27	1,52 ± 2,34	1,24 ± 2,47	1,59 ± 2,70	
		1,18 ± 4,27	1,52 ± 2,34	1,24 ± 2,47	1,59 ± 2,70	

	Efektif mandibular uzunluk (mm)	104,07 (92,48-113,93) a	100,89 (92,11-116,37) ab	100,34 (88,89-113,37) ab	98,67 (85,81-118,27) b	0,003^y
	Mandibular korpus uzunluğu (mm)	66,52 ± 3,82 ^a	64,27 ± 4,60 ^{ab}	62,34 ± 4,34 ^b	63,61 ± 3,60 ^b	0,002^x
	Pog-N dikmesi (mm)	-6,80 (-11,25-6,45)	-4,62 (-11,15-6,63)	-4,69 (-9,81- -1,24)	-4,87 (-12,47- 8,26)	0,083 ^y
Vertikal İskeletsel Ölçümler	SN-GoMe (°)	31,63 ± 5,35	33,79 ± 5,11	32,83 ± 5,30	33,38 ± 4,41	0,384 ^x
	FMA (°)	21,27 (12,47 - 31,09)	24,75 (15,33 - 38,12)	22,91 (13,94 - 34,43)	24,55 (15,69 - 29,32)	0,209 ^y
	Yüz yüksekliği oranı (%)	67,56 ± 4,00	65,13 ± 3,97	65,30 ± 3,48	66,06 ± 3,28	0,048^x
	Gonial açı (°)	121,15 ± 6,75	123,46 ± 6,82	123,95 ± 7,22	123,62 ± 4,97	0,327 ^x
	Y eksenı (°)	58,51 ± 3,73	59,17 ± 2,98	58,58 ± 3,06	59,38 ± 3,08	0,653 ^x
Dentoalveolar Ölçümler	U1 – SN (°)	107,79 ± 7,54	107,99 ± 8,45	107,82 ± 5,47	104,57 ± 8,66	0,246 ^x
	U1 NA (mm)	4,43 ± 1,82	4,57 ± 2,04	4,53 ± 2,04	3,45 ± 2,27	0,112 ^x
	U1 NA (°)	26,56 ± 6,59	26,51 ± 7,85	26,55 ± 6,14	22,05 ± 7,77	0,034^x
	IMPA (°)	96,74 ± 6,88	96,36 ± 5,33	95,94 ± 7,00	98,32 ± 6,90	0,522 ^x
	L1 NB (°)	23,85 ± 5,71 ^b	24,74 ± 4,14 ^{ab}	24,25 ± 4,02 ^b	27,81 ± 5,55 ^a	0,009^x
	L1 NB (mm)	3,99 ± 1,97	4,81 ± 1,45	4,22 ± 1,57	5,27 ± 2,39	0,073 ^x
	Overjet (mm)	7,42 (4,76 - 8,8) ^a	7,40 (3,8 - 9,9) ^{ab}	7,72 (5,93 - 9,73) ^a	6,01 (4,26 - 9,27) ^b	< 0,001^y
	Overbite (mm)	5,12 (1,81 - 7,5) ^a	5,06 (-0,45 - 7,25) ^{ab}	4,79 (1,75 - 8,27) ^a	3,78 (1,13 - 5,59) ^b	0,004^y

^x: Tek Yönlü Varyans Analizi, ^y: Kruskal Wallis H Testi, (°): derece, mm: milimetre.

^{a-c}: Aynı harfe sahip gruplar arasında bir fark yoktur.

Bulgular ortalama±standart sapma ve ortanca (min-max) olarak gösterilmiştir.

T1-T0 zaman aralığında sagital iskeletsel, vertikal iskeletsel ve dentoalveoler sefalometrik ölçümlerde görülen değişim değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması Tablo 4.14.'de gösterilmiştir.

T1-T0 zaman aralığında 'sagital iskeletsel ölçümlerde' görülen değişim değerleri grupların arasında değerlendirildiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

SNB açısal değişim değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p<0,001$). Bu değer Herbst, Monoblok ve Twinblok grubunda, Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla bulunmuştur. Herbst, Monoblok ve Twinblok grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

ANB açısal değişim değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p<0,001$). Bu değer Herbst, Monoblok ve Twinblok grubunda, Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla bulunmuştur. Herbst, Monoblok ve Twinblok grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Wits milimetrik değişim değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p<0,001$). Bu değer Herbst, Monoblok ve Twinblok grubunda, Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla bulunmuştur. Herbst, Monoblok ve Twinblok grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Efektif mandibular uzunluk milimetrik değişim değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p<0,001$). Bu değer Herbst, Monoblok ve Twinblok grubunda, Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla bulunmuştur. Herbst, Monoblok ve Twinblok grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Mandibular korpus uzunluğu milimetrik değişim değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p<0,05$). Bu değer Herbst, Monoblok ve Twinblok grubunda, Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla bulunmuştur. Herbst, Monoblok ve Twinblok grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Pog-N dikmesi milimetrik değişim değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p<0,001$). Bu değer Herbst, Monoblok ve Twinblok grubunda, Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla bulunmuştur. Herbst, Monoblok ve Twinblok grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Bu değerler dışındaki diğer sagital iskeletsel değişim değerleri incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı değişiklik görülmemiştir.

Tüm gruplara ait T1-T0 zamanlarında gerçekleşen ‘vertikal iskeletsel ölçümlerin değişim değerleri’ değerlendirildiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

SN-GoMe açısal değişim değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p<0,001$). Bu değer Twinblok grubunda, Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla bulunmuştur. Herbst, Monoblok ve Kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

FMA açısal değişim değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p<0,001$). Bu değer Twinblok grubunda, Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla bulunmuştur. Herbst, Monoblok ve Kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Yüz yüksekliği oranı değişim değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p=0,050$). Ancak yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda anlamlı farklılık bulunmamıştır.

Gonial açı değişim değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p<0,05$). Bu değer Twinblok grubunda, Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla bulunmuştur. Herbst, Monoblok ve Kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Y eksenini açısal değişim değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p<0,001$). Bu değer Twinblok grubunda Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla bulunmuştur. Herbst ve Monoblok grubu ile Kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Tüm gruplara ait T1-T0 zamanlarında gerçekleşen ‘dentoalveoler ölçümlerin değişim değerleri’ değerlendirildiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

U1 – SN açısal değişim değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark göstermiştir ($p<0,001$). Bu değer Herbst, Monoblok ve Twinblok grubunda, Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla bulunmuştur.

U1 – NA milimetrik değişim değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark göstermiştir ($p<0,001$). Bu değer Herbst, Monoblok ve Twinblok grubunda, Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla bulunmuştur.

U1 – NA açısal değişim değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark göstermiştir ($p<0,001$). Bu değer Herbst, Monoblok ve Twinblok grubunda, Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla bulunmuştur.

IMPA açısal değişim değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark göstermiştir ($p<0,001$). Bu değer Herbst grubunda Monoblok ve Twinblok grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede fazla bulunmuştur. Monoblok ve Twinblok grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

L1NB açısal değişim değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark göstermiştir ($p<0,001$). Bu değer Herbst grubunda Monoblok ve Twinblok grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede fazla bulunmuştur. Monoblok ve Twinblok grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

L1NB milimetrik değişim değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark göstermiştir ($p<0,001$). Bu değer Herbst grubunda Monoblok ve Twinblok grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede fazla bulunmuştur. Monoblok ve Twinblok grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Overjet milimetrik değişim değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark göstermiştir ($p<0,001$). Bu değer Herbst, Monoblok ve Twinblok grubunda, Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla bulunmuştur. Herbst, Monoblok ve Twinblok grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark bulunmamıştır.

Overbite milimetrik değişim değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark göstermiştir ($p<0,001$). Bu değer Herbst, Monoblok ve Twinblok grubunda, Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla bulunmuştur. Twinblok grubu, Herbst ve Monoblok grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla değişim göstermiştir.

Tablo 4.14. T1-T0 zaman aralığında sefalometrik ölçümlerde görülen değişim değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması

		Herbst (T1-T0)	Monoblok (T1-T0)	Twinblok (T1-T0)	Kontrol (T1-T0)	P
Sagittal iskeletsel ölçümler	SNA (°)	-0,43 (-3,34-3,04)	-0,62 (-2,99-1,13)	-0,34 (-3,01-1,42)	0,14 (-3,9-4,07)	0,221 ^x
	SNB (°)	1,91 (-1,28-4,06) ^a	1,78 (-0,27-4,61) ^a	1,90 (-0,89-7,77) ^a	0,53 (-3,32-3,38) ^b	< 0,001 ^x
	ANB (°)	-2,27 (-4,42 - -0,65) ^a	-2,53 (-5,44- -0,16) ^a	-2,48 (-6,35 - -1,29) ^a	-0,19 (-5,15 - 1,8) ^b	< 0,001 ^x
	Wits (mm)	-3,73 (-10,52--1,18) ^a	-3,48 (-8,53--0,81) ^a	-4,02 (-13,8--2,35) ^a	0,71 (-2,91-4,63) ^b	< 0,001 ^x

	Efektif maksiller uzunluk (mm)	0,57 (-19,46-9,23)	0,66 (-7,85-3,06)	0,48 (-4,06-4,31)	0,81 (-1,53-4,64)	0,565 ^x
	A-N dikmesi (mm)	-0,77 (-9,29-12,15)	-0,40 (-11,22-6,84)	-0,50 (-2,41-3,79)	0,36 (-3,46-2,08)	0,219 ^x
	Efektif mandibular uzunluk (mm)	3,67 (0,43-11,95) ^a	4,77 (-5,27-23,22) ^a	6,07 (-0,28-18,18) ^a	1,44 (-2,19-6,09) ^b	< 0,001 ^x
	Mandibular korpus uzunluğu (mm)	2,17 (-1,11-7,75) ^a	2,44 (-2,86-13,69) ^a	2,49 (-1,49-10,84) ^a	1,08 (-4,35-5,93) ^b	0,050 ^x
	Pog-N dikmesi (mm)	4,75 (-3,17 - 12,31) ^a	3,09 (-8,46-12,29) ^a	2,58 (0,29- 7,97) ^a	1,01 (-3 - 3,85) ^b	< 0,001 ^x
Vertikal iskeletsel ölçümler	SN GoMe (°)	-0,90 (-3,83- 2,87) ^a	0,15 (-2,73-3,8) ^a	1,53 (0,19 - 5,07) ^b	-0,05 (-2,92-3,69) ^a	< 0,001 ^x
	FMA (°)	-0,70 (-3,53 -2,81) ^a	0,25 (-2,61 -2,74) ^a	1,08 (0,11 - 5,11) ^b	-0,40 (-1,75 - 2,79) ^a	< 0,001 ^x
	Yüz yüksekliği oranı (%)	0,92 (-3,65 - 3,23)	0,61 (-2,75 - 3,83)	-0,25 (-1,36 - 1,65)	0,42 (-2,14 - 4,54)	0,050 ^x
	Gonial açı (°)	-0,02 (-6,63-5,21) ^a	0,07 (-4,12-7,67) ^{ab}	1,93 (-6,61-7,02) ^b	0,11 (-4,5-4,24) ^a	0,007 ^x
	Y eksenini (°)	-0,45 (-2,84-2,07) ^a	0,58 (-3,14-2,75) ^{bc}	1,18 (0,25 -3,72) ^c	0,10 (-1,55-2,33) ^{ab}	< 0,001 ^x
Dentoalveolar ölçümler	U1 – SN (°)	-3,09 (-12,65--1,19) ^a	-2,47 (-9,97-7,27) ^{ac}	-1,71 (-6,39-0,06) ^c	0,56 (-1,84-4,13) ^b	< 0,001 ^x
	U1 NA (mm)	-2,17 (-3,93--0,07) ^a	-1,21 (-5,39-0,93) ^{ac}	-0,75 (-4,07- -0,08) ^c	0,04 (-1,82- 1,47) ^b	< 0,001 ^x
	U1 NA (°)	-3,34 (-5,74--0,73) ^a	-2,13 (-6,89--0,3) ^{ac}	-1,45 (-5,55- -0,23) ^c	0,19 (-10,81 - 5,4) ^b	< 0,001 ^x
	IMPA (°)	4,53 (1,64-11,9) ^a	3,33 (1 - 6,41) ^b	3,66 (0,13 -8,39) ^b	0,85 (-3,07-4,85) ^c	< 0,001 ^x
	L1 NB (°)	4,47 (1,43 - 12,1) ^a	3,14 (1,13 - 7,28) ^b	3,55 (0,62 - 7,8) ^b	0,62 (-2,53-2,73) ^c	< 0,001 ^x
	L1 NB (mm)	2,91 (-0,81-4,32) ^a	1,21 (-1,22-3,93) ^b	1,39 (0,18 -4,09) ^b	0,22 (-0,69 - 0,85) ^c	< 0,001 ^x
	Overjet (mm)	-5,43 (-7,09--3,58) ^a	-5,03 (-7,46 - -0,9) ^a	-5,28 (-6,63- -3,29) ^a	-0,09 (-0,93 - 0,18) ^b	< 0,001 ^x
	Overbite (mm)	-2,41 ± 1,40 ^a	-2,88 ± 1,48 ^{ab}	-3,46 ± 1,21 ^b	0,01 ± 0,23 ^c	< 0,001 ^a

^x: Kruskal Wallis H Testi, ^a: Tek Yönlü Varyans Analizi, (°): derece, mm: milimetre.

^{a-c}: Aynı harfe sahip gruplar arasında bir fark yoktur.

Bulgular ortalama±standart sapma ve ortanca (min-max) olarak gösterilmiştir.

4.4. Fraktal Analiz Bulgularının Değerlendirilmesi

4.4.1. Fraktal Analiz Bulgularının Grup İçi Değerlendirilmesi

Herbst grubuna ait bireylerin tedavi öncesi (T0) ve tedavi sonrası (T1) fraktal ölçüm değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.15.'de gösterilmiştir.

Herbst grubuna ait tedavi öncesi ve tedavi sonrası kondil, angulus. korpus ve simfizis bölgesi FA ölçümleri değerlendirildiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

Kondil bölgesinin FB değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür ($p<0.001$).

Angulus bölgesinin FB değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür ($p<0.001$).

Korpus bölgesinin FB değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür ($p<0,05$).

Simfizis bölgesinin FB değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür ($p<0.001$).

Tablo 4.15. Herbst grubunda yer alan bireylerin tedavi öncesi ve tedavi sonrası fraktal analiz ölçüm değerlerinin karşılaştırılması

	T0	T1	p
Kondil (ROI 1)	1,47 (1,4 - 1,5)	1,39 (1,31 - 1,48)	< 0,001^x
Angulus (ROI 2)	1,42 ± 0,05	1,50 ± 0,06	< 0,001^y
Korpus (ROI 3)	1,44 ± 0,04	1,42 ± 0,05	0,015^y
Simfizis (ROI 4)	1,37 (1,31 - 1,49)	1,27 (1,22 - 1,33)	< 0,001^x

^x: Wilcoxon Testi, ^y: Eşli İki Örnek T Testi.

Bulgular ortalama±standart sapma ve ortanca (min-max) olarak gösterilmiştir.

Monoblok grubuna ait bireylerin tedavi öncesi (T0) ve tedavi sonrası (T1) fraktal ölçüm değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.16.'de gösterilmiştir.

Monoblok grubuna ait tedavi öncesi ve tedavi sonrası kondil, angulus. korpus ve simfizis bölgesi FA ölçümleri' değerlendirildiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

Kondil bölgesinin FB değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür ($p<0.001$).

Angulus bölgesinin FB değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür ($p<0.001$).

Korpus bölgesinin FB değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür ($p<0.001$).

Simfizis bölgesinin FB değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür ($p<0.001$).

Tablo 4.16. Monoblok grubunda yer alan bireylerin tedavi öncesi ve tedavi sonrası fraktal analiz ölçüm değerlerinin karşılaştırılması

	T0	T1	p
Kondil (ROI 1)	1,44 ± 0,03	1,35 ± 0,03	< 0,001^x
Angulus (ROI 2)	1,42 ± 0,09	1,48 ± 0,10	< 0,001^x
Korpus (ROI 3)	1,42 (1,38 - 1,5)	1,35 (1,27 - 1,44)	< 0,001^z
Simfizis (ROI 4)	1,38 ± 0,03	1,33 ± 0,04	< 0,001^x

^x: Eşli İki Örnek T Testi, ^z: Wilcoxon Testi.

Bulgular ortalama±standart sapma ve ortanca (min-max) olarak gösterilmiştir.

Twinblok grubuna ait bireylerin tedavi öncesi (T0) ve tedavi sonrası (T1) fraktal ölçüm değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.17.'de gösterilmiştir.

Twinblok grubuna ait tedavi öncesi ve tedavi sonrası kondil, angulus. korpus ve simfizis bölgesi FA ölçümleri değerlendirildiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

Kondil bölgesinin FB değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür ($p<0.001$).

Angulus bölgesinin FB değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür ($p<0.001$).

Korpus bölgesinin FB değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür ($p<0.001$).

Simfizis bölgesinin FB değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür (p<0.001).

Tablo 4.17. Twinblok grubunda yer alan bireylerin tedavi öncesi ve tedavi sonrası fraktal analiz ölçüm değerlerinin karşılaştırılması

	T0	T1	p
Kondil (ROİ 1)	1,47 (1,36 - 1,5)	1,33 (1,26 - 1,48)	< 0,001 ^x
Angulus (ROİ 2)	1,42 ± 0,03	1,49 ± 0,04	< 0,001 ^y
Korpus (ROİ 3)	1,44 ± 0,03	1,33 ± 0,04	< 0,001 ^y
Simfizis (ROİ 4)	1,37 (1,3 - 1,43)	1,31 (1,22 - 1,36)	< 0,001 ^x

^x: Wilcoxon Testi, ^y: Eşli İki Örnek T Testi.

Bulgular ortalama±standart sapma ve ortanca (min-max) olarak gösterilmiştir.

Kontrol grubuna ait bireylerin tedavi öncesi (T0) ve tedavi sonrası (T1) fraktal ölçüm değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.17.'de gösterilmiştir.

Kontrol grubuna ait tedavi öncesi ve tedavi sonrası kondil, angulus. korpus ve simfizis bölgesi FA ölçümleri değerlendirildiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

Kondil bölgesinin FB değerinde istatistiksel olarak anlamlı değişiklik görülmemiştir (p>0,05).

Angulus bölgesinin FB değerinde istatistiksel olarak anlamlı değişiklik görülmemiştir (p>0,05).

Korpus bölgesinin FB değerinde istatistiksel olarak anlamlı değişiklik görülmemiştir (p>0,05).

Simfizis bölgesinin FB değerinde istatistiksel olarak anlamlı değişiklik görülmemiştir (p>0,05).

Tablo 4.18. Kontrol grubunda yer alan bireylerin tedavi öncesi ve tedavi sonrası fraktal analiz ölçüm değerlerinin karşılaştırılması

	T0	T1	P
Kondil (ROİ 1)	1,45 ± 0,04	1,46 ± 0,04	0,125 ^x
Angulus (ROİ 2)	1,42 ± 0,03	1,42 ± 0,04	0,118 ^x
Korpus (ROİ 3)	1,44 ± 0,04	1,44 ± 0,03	0,349 ^x
Simfizis (ROİ 4)	1,38 (1,3 - 1,43)	1,38 (1,31 - 1,46)	0,370 ^t

^x: Eşli İki Örnek T Testi, ^t: Wilcoxon Testi.

Bulgular ortalama±standart sapma ve ortanca (min-max) olarak gösterilmiştir.

4.4.2. Fraktal Değerlerde T1 -T0 Zaman Aralığında Görülen Değişimin Cinsiyete Göre Değerlendirilmesi

Herbst grubuna ait bireylerin kondil, korpus, angulus ve simfizis bölgelerinin fraktal değerlerinde T1-T0 zaman aralığında görülen değişimin cinsiyete göre karşılaştırılması Tablo 4.19.'da gösterilmiştir. Bu değerlendirmeye göre aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

Herbst grubunda yer alan bireylerin fraktal değerlerinin cinsiyete göre değişiminde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır (p>0,05).

Tablo 4.19. Herbst grubunda yer alan bireylerin fraktal değerlerindeki değişimin cinsiyete göre karşılaştırılması

	Erkek (T1-T0)	Kadın (T1-T0)	P
Kondil değişim	-0,06 ± 0,05	-0,08 ± 0,03	0,383 ^y
Angulus değişim	0,09 ± 0,05	0,07 ± 0,04	0,122 ^y
Korpus değişim	-0,03 ± 0,04	-0,02 ± 0,05	0,614 ^y
Simfizis değişim	-0,11 (-0,16 - -0,02)	-0,10 (-0,13 - -0,03)	0,186 ^x

^x: Mann Whitney U Testi, ^y: Bağımsız Örnekler T Testi.

Bulgular ortalama±standart sapma ve ortanca (min-max) olarak gösterilmiştir.

Monoblok grubuna ait bireylerin kondil, korpus, angulus ve simfizis bölgelerinin fraktal değerlerinde T1-T0 zaman aralığında görülen değişimin cinsiyete göre karşılaştırılması Tablo 4.20.'da gösterilmiştir. Bu değerlendirmeye göre aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

Monoblok grubunda yer alan bireylerin fraktal değerlerinin cinsiyete göre değişiminde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Tablo 4.20. Monoblok grubunda yer alan bireylerin fraktal değerlerindeki değişimin cinsiyete göre karşılaştırılması

	Erkek (T1-T0)	Kadın (T1-T0)	P
Kondil değişim	-0,10 ± 0,03	-0,08 ± 0,04	0,251 ^x
Angulus değişim	0,04 (0,01 - 0,21)	0,05 (0 - 0,24)	0,644 ^k
Korpus değişim	-0,08 ± 0,03	-0,08 ± 0,04	0,605 ^x
Simfizis değişim	-0,06 ± 0,02	-0,05 ± 0,03	0,477 ^x

^x: Bağımsız Örnekler T Testi, ^k:Mann Whitney U Testi
Bulgular ortalama±standart sapma ve ortanca (min-max) olarak gösterilmiştir.

Twinblok grubuna ait bireylerin kondil, korpus, angulus ve simfizis bölgelerinin fraktal değerlerinde T1-T0 zaman aralığında görülen değişimin cinsiyete göre karşılaştırılması Tablo 4.21.'da gösterilmiştir. Bu değerlendirmeye göre aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

Twinblok grubunda yer alan bireylerin fraktal değerlerinin cinsiyete göre değişiminde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Tablo 4.21. Twinblok grubunda yer alan bireylerin fraktal değerlerindeki değişimin cinsiyete göre karşılaştırılması

	Erkek (T1-T0)	Kadın (T1-T0)	P
Kondil değişim	-0,14 ± 0,04	-0,10 ± 0,06	0,054 ^x
Angulus değişim	0,07 ± 0,04	0,07 ± 0,03	0,783 ^x
Korpus değişim	-0,11 ± 0,03	-0,12 ± 0,05	0,756 ^x
Simfizis değişim	-0,07 (-0,17 - -0,03)	-0,06 (-0,13 - -0,02)	0,216 ^h

^x: Bağımsız Örnekler T Testi, ^h: Mann Whitney U Testi
Bulgular ortalama±standart sapma ve ortanca (min-max) olarak gösterilmiştir.

Kontrol grubuna ait bireylerin kondil, korpus, angulus ve simfizis bölgelerinin fraktal değerlerinde T1-T0 zaman aralığında görülen değişimin cinsiyete göre karşılaştırılması Tablo 4.20.'da gösterilmiştir. Bu değerlendirmeye göre aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

Kontrol grubunda yer alan bireylerin fraktal değerlerinin cinsiyete göre değişiminde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Tablo 4.22. Kontrol grubunda yer alan bireylerin fraktal değerlerindeki değişimin cinsiyete göre karşılaştırılması

	Erkek (T1-T0)	Kadın (T1-T0)	p
Kondil değişim	0,01 (-0,01 - 0,03)	0 (-0,01 - 0,03)	0,291 ^z
Angulus değişim	0,01 (-0,01 - 0,02)	-0,01 (-0,01 - 0,02)	0,709 ^z
Korpus değişim	0,01 (-0,03 - 0,03)	0,01 (-0,03 - 0,02)	0,864 ^z
Simfizis değişim	0,01 (-0,02 - 0,02)	0 (-0,02 - 0,03)	0,592 ^z

^x: Bağımsız Örnekler T Testi, ^z: Mann Whitney U Testi.

Bulgular ortalama±standart sapma ve ortanca (min-max) olarak gösterilmiştir.

4.4.3. Fraktal Analiz Bulgularının Gruplar Arası Değerlendirilmesi

Tedavi öncesi (T0) FA ölçümlerinin gruplar arası karşılaştırmalı tanımlayıcı istatistikleri Tablo 4.23’de gösterilmiştir. Buna göre; kondil, angulus, korpus ve simfizis bölgelerinin tedavi öncesi (T0) FA ölçüm değerlerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmemiştir ($p>0.005$).

Tablo 4.23. Tedavi öncesi (T0) fraktal analiz ölçüm değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması

	Herbst T0	Monoblok T0	Twinblok T0	Kontrol T0	p
Kondil (ROİ 1)	1,47 (1,4-1,5)	1,45 (1,37- 1,49)	1,47 (1,36 -1,5)	1,45 (1,4 -1,54)	0,086 ^x
Angulus (ROİ 2)	1,42 ± 0,05	1,42 ± 0,09	1,42 ± 0,03	1,42 ± 0,04	0,988 ^z
Korpus (ROİ 3)	1,44 (1,34-1,53)	1,42 (1,38-1,5)	1,44 (1,37-1,49)	1,44 (1,33-1,5)	0,651 ^x
Simfizis (ROİ 4)	1,37 (1,31-1,49)	1,38 (1,34-1,46)	1,37 (1,3-1,43)	1,38 (1,3-1,43)	0,318 ^x

^x: Kruskall Wallis H Testi, ^z: Tek Yönlü Varyans Analizi.

^{a-c}: Aynı harfe sahip gruplar arasında bir fark yoktur.

Bulgular ortalama±standart sapma ve ortanca (min-max) olarak gösterilmiştir.

T1-T0 zaman aralığında kondil, angulus, korpus ve simfizis bölgelerinin fraktal ölçümlerinde görülen değişim değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması Tablo 4.24 'de gösterilmiştir.

T1-T0 zaman aralığında 'FA ölçümlerinde' görülen değişim değerleri gruplar arasında değerlendirildiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

Kondil değişim değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p<0,001$). Bu değer Herbst, Monoblok ve Twinblok grubunda, Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede fazla bulunmuştur. Monoblok grubu ile Herbst ve Twinblok grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır.

Angulus değişim değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p<0,001$). Bu değer Herbst, Monoblok ve Twinblok grubunda, Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede fazla bulunmuştur. Herbst, Monoblok ve Twinblok grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır.

Korpus değişim değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p<0,001$). Bu değer Monoblok ve Twinblok grubunda, Herbst ve Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede fazla bulunmuştur.

Simfizis değişim değeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p<0,001$). Bu değer Herbst, Monoblok ve Twinblok grubunda, Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede fazla bulunmuştur.

Tablo 4.24. T1-T0 zaman aralığında fraktal analiz ölçümlerinde görülen değişim değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması

	Herbst (T1-T0)	Monoblok (T1-T0)	Twinblok (T1-T0)	Kontrol (T1-T0)	p
Kondil (ROİ 1)	-0,08 (-0,17- 0) ^a	-0,09 (-0,14- 0) ^{ac}	-0,13 (-0,23- -0,01) ^c	0,01 (-0,01- 0,03) ^b	< 0,001^x
Angulus (ROİ 2)	0,08 (0- 0,22) ^a	0,04 (0- 0,24) ^a	0,07 (-0,03- 0,13) ^a	0 (-0,01- 0,02) ^b	< 0,001^x
Korpus (ROİ 3)	-0,02 (-0,09- 0,08) ^a	-0,09 (-0,15- -0,01) ^b	-0,11 (-0,2- -0,05) ^b	0,01 (-0,03- 0,03) ^a	< 0,001^x
Simfizis (ROİ 4)	-0,11 (-0,16- -0,02) ^a	-0,05 (-0,13- 0) ^b	-0,06 (-0,17- -0,02) ^b	0,01 (-0,02- 0,03) ^c	< 0,001^x

^x: Kruskall Wallis H Testi, ^{a-c}: Aynı harfe sahip gruplar arasında bir fark yoktur.

Bulgular ortalama±standart sapma ve ortanca (min-max) olarak gösterilmiştir.

5. TARTIŞMA

5.1. Amacın Tartışılması

Genetik ve çevresel faktörlerin veya ikisinin kombinasyonu tarafından olduğu bilinen sınıf II maloklüzyon, nüfusun ortalama %30'unu etkileyen, ortodonti pratiğinde sıklıkla karşılaşılan bir anomalidir (43). Bu maloklüzyonun tedavisinde çeşitli yaklaşımlar hastanın yaşına, altta yatan iskeletsel veya dentoalveoler problemin etyolojisine, büyüme dönemine ve hasta ile iş birliği gibi faktörlere bağlı olarak uygulanabilir.

Sınıf II Bölüm 1 maloklüzyonların tedavisinde güncel tedavi yaklaşımı temel olarak 3'e ayrılmaktadır. Bu yaklaşımlar; çocuklarda ve adölesanlarda uygulanan fonksiyonel çene ortopedisi, adölesan sonrası dönemde uygulanan kamuflaj tedavisi ve yetişkinlere uygulanan ortognatik cerrahi tedavileridir (155).

Ortopedik yaklaşım, aktif büyüme döneminde olan hastaların çenelerinin büyüme yönü ve miktarı gibi modifikasyonların değiştirilmesi ile gerçekleştirilir (44). Fonksiyonel çene ortopedisinde amaç iskeletsel anomalilerin tedavisi için gerekli olan doku değişikliklerini, fonksiyonel uyaranlar ile elde etmektir. Bu uyaranlar mimik kasları, dil ve çiğneme kaslarında meydana gelen pasif gerilmeler ile gerçekleşir (54,156). Günümüze kadar, mandibulanın öne doğru konumunu yeniden oluşturarak büyümesini artırmak için birçok hareketli ve sabit fonksiyonel aparey geliştirilmiştir (90).

Fonksiyonel tedavi mekanizmasını açıklamak için bazı hipotezler geliştirilmiştir. Wolff teorisi, kemiğin mikro yapısındaki değişikliklerin matematiksel bir düzende morfolojik değişikliklere yol açtığını söylemektedir. Bu teori dinlenme durumundaki kasların pasif haldeyken oluşturduğu tonusların ya da fonksiyon sırasında yüzde bulunan kasların kasılmalarından kaynaklanan uyarılarla oluşan fonksiyonel kuvvetlerin, çene kemiklerine doğrudan veya periodontal ligamentler aracılığıyla dolaylı olarak iletildiğini açıklamaktadır (157). Fonksiyonel apareyler, orofasiyal kasların oluşturduğu kuvvetleri dişlere ve alveolar kemiğe iletmekle görevlidir. Bu uyarılar kemikte adaptif iskelet değişikliklere yol açmaktadır (158). Çiğneme fonksiyonu sırasında kasların oluşturduğu oklüzal kuvvetler, dişler aracılığıyla kemiklere iletilerek proprioseptif uyarılar oluşturmakta ve bunun sonucu olarak kemiğin trabeküler yapısında değişiklikler meydana gelmektedir (159).

Fonksiyonel apareylerin kullanımına yönelik ilk çalışmalar hayvanlar üzerinde yapılmıştır ve mandibula üzerinde büyüme etkisi olduğu gösterilmiştir (160–162). Ancak sonradan insanlar üzerinde yapılan çalışmaların sonuçları tartışmalıdır (63,163). Literatürde

fonksiyonel aparey tedavisinin etki mekanizmasının çoğunlukla dentoalveoler olduğunu ve mandibulanın sagittal olarak pozisyonunun çok az etkilendiğini bildiren çalışmalar mevcuttur (164–169). Tüm bu çalışmaların aksine kondil ve glenoid fossada adaptif değişiklikler olduğunu ve mandibulanın yeniden önde konumlandığını gösteren çalışmalar da bulunmaktadır (9,103,170–173).

Fonksiyonel apareyler uzun yıllardır ortodonti pratiğinde kullanılıyor olmasına rağmen hala kemikte oluşturduğu etkiler tartışılmaktadır. Son zamanlarda araştırmacılar FA yöntemini tıp ve diş hekimliği alanlarında trabeküler kemik gibi anizotropik yapılarda meydana gelen çeşitli hastalık ve değişikliklerin değerlendirilmesinde yoğun olarak kullanmaktadır.

FA yöntemi, karmaşık yapıları ölçüm yapılabilir hale getirebilmek için ve özellikle tedavi kaynaklı veya hastalıklardan kaynaklı kemik yapıda meydana gelen değişiklikleri değerlendirmek için kullanılan objektif bir analiz yöntemidir(21)(174). Daha önce yapılan çalışmalarda hastalığın teşhisi, ilerlemesi ve şiddeti hakkında bilgi edinmek için kullanılmasının yanında trabeküler kemik yoğunluğunda oluşan değişiklikleri ve mineral kaybını tespit edebildiği de belirtilmiştir (15,130,175). Fraktal analizde ölçeklenen yapının düzensizliği arttıkça FB değeri de artar, düzensizlik azaldıkça FB değeri azalır (128). Ayrıca yapılan çeşitli çalışmalarda kemik yapıdaki artan karmaşıklığın yüksek FB değerleri ile ilişkilendirildiği, daha düşük FB değerlerinin ise daha basit bir kemik iç düzeni ile bağlantılı olduğu belirtilmektedir (150,175).

FA yöntemi diş hekimliğinde, gingivitis ve periodontitis gibi hastalıkların ilerlemesinin değerlendirilmesinde (139), kök kanal tedavisi sonrası erken dönem trabeküler değişimlerin takibinde (140), dental implant uygulamaları sonrası trabeküler kemik değişikliklerini gözlemlemede (141), TME’ de dejeneratif değişikliklerin incelenmesinde (23) ve çürük derinliğiyle ilişkili tanı koyma (142) gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır.

Ortodontik tedaviler sırasında diş hareketleri sonucu meydana gelen kemik rezorpsiyonları ve kemik apozisyonları sonucu kemiğin trabeküler yapısında ciddi değişiklikler meydana gelmektedir (176)(177). Bu adaptif değişikliklerin noninvaziv, radyasyon içermeyen, kolay ulaşılabilir ve aşamaları kısa süren (174)(178) FA yöntemi ile tespit edilebiliyor olması ortodonti literatüründe de bu hususun araştırılması yönünde etkili olmuştur. FA yöntemi; farklı dentofasiyal iskelet paternine sahip hastalarda mandibular kondillerin trabeküler yapısının değerlendirilmesi (179), hızlı maksiller genişletme tedavisinde orta palatal süturun açılması ile dental etkiler arasındaki ilişkinin incelenmesi (180), konjenital maksiller lateral kesici eksikliğinin boşluk açma ve kapama yöntemleriyle ortodontik tedavisi sonrası trabeküler değişikliklerin değerlendirilmesi (181), ortodontik

tedavi sonrası mandibular kesicilerde oluşan relaps potansiyeli ile mandibular kemiğin miktar ve yapısı arasındaki ilişkinin incelenmesi (25), ortodontik tel ve braketlerin yüzey yapısının değerlendirilmesi (145)(146), çocuklar ve genç yetişkinlerde FB değeri ile genel tedavi süresi arasındaki korelasyonun belirlenmesi (148) ve gömülü maksiller kanin çevresindeki trabeküler kemiğin konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) görüntüleri üzerinden analizi (182) gibi ortodontinin pek çok alanında başarıyla uygulanmaktadır.

Son yıllarda, FA yöntemi ile fonksiyonel ortopedik tedavi sonrası mandibulada meydana gelen trabeküler kemik değışikliklerini panoramik ve sefalometrik radyografiler üzerinden değerlendiren çalışmaların da yapıldığı tespit edilmiştir (24,26–30,183). Bu çalışmaların bir kısmında gerçekleştirilen fonksiyonel tedavilerden sonra özellikle kondiler bölgede trabeküler kemik yapısında değışikliklerin olduğu bildirilmiş ve sonuçlar sefalometrik analizler ile teyit edilmiştir (24,26,29,30).

Yukarıda bahsi geçen tüm çalışmalar, fonksiyonel tedaviden sonra mandibular kemikte meydana gelen trabeküler değışimleri apareyler özelinde ayrı ayrı incelemektedir (24,26–30,183). Literatürde, bu değışimleri tek bir çalışma altında ve karşılaştırmalı olarak inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Mevcut çalışma, bu eksiklikten yola çıkarak, farklı tipteki (hareketli ve sabit) fonksiyonel apareylerin, pubertal dönemdeki hastaların mandibulasında oluşturduğu iskeletsel ve dentoalveolar değışimlerin trabeküler kemik yapısına etkilerini tek bir çalışma altında karşılaştırmayı amaçlamaktadır.

5.2. Materyal ve Metodun Tartışılması

Fonksiyonel ortopedik tedavilerin başarılı olabilmesi için dikkate alınması gereken en önemli faktör tedavi zamanlamasıdır (184). Birçok çalışma, sınıf II iskeletsel maloklüzyona sahip hastalarda uygulanan fonksiyonel ortopedik tedavinin, pubertal büyüme döneminde etkili olabileceğini ve iskeletsel iyileşme sağlayabileceğini göstermiştir (185–187). Bu nedenle, mevcut çalışmanın çalışma ve kontrol grupları, pubertal atılım döneminde bulunan ve sınıf II iskeletsel ile dişsel maloklüzyona sahip hastalardan oluşturulmuştur. Tez çalışmasına dahil edilen hastaların iskeletsel maturasyon aşamalarını belirleyebilmek için tedavi öncesinde çekilen el-bilek radyografileri Björk'un (153) tarif ettiği sınıflamaya göre değerlendirilmiş ve bu sınıflamaya uygun olarak pubertal atılımın zirve noktası olarak kabul edilen 'Mp3cap aşaması' referans alınmıştır. Grupların oluşturulmasında, hastaların kronolojik yaşlarından ziyade el-bilek gelişim aşamalarının kriter olarak alınmasının bir diğer nedeni, cinsiyetin çalışma sonuçları üzerindeki etkisini minimize etmektir. Bilindiği üzere kadınlar erkeklere göre daha erken yaşta pubertal atılım dönemine girmektedir (188). Bu yüzden kronolojik yaşın hasta seçiminde kriter olarak alınmasının uygun olmayacağı

düşünülmüştür. Yine de hem standardizasyonu sağlamak hem de cinsiyetin grup içi ve gruplar arası bulgulara etkisini değerlendirebilmek için tüm gruplarda yer alan erkek ve kadın birey sayılarının birbirine yakın olmasına dikkat edilmiştir.

Fonksiyonel apareylerin ne kadar süreyle kullanılmaları gerektiği konusunda geçmiş yıllarda çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Clark(71), twinblok apareyinin aktif tedavi süresinin 6-9 ay olduğunu belirtmiştir. Hagg ve ark. ise, kademeli aktivasyon uyguladıkları headgear-aktivatör ve headgear-Herbst apareyleriyle yaptıkları çalışmada, etkilerin 6 ay sonra görülmeye başladığını ve stabil sonuçlar elde edilebilmesi için aktif tedavi süresinin uzatılması gerektiğini bildirmişlerdir (189). Pancherz ve ark., 7,5 aylık tedavi sonrasında mandibulanın ileri pozisyonda konumlandığını, ancak apareyin uzaklaştırılmasının ardından etkilerin hızla geriye döndüğünü bildirmiştir (85). Tüm bu çalışmaların yanı sıra, literatürde relaps oluşumunun nedenlerini retansiyon süresinin yetersizliği ve yeni oluşan olgunlaşmamış kemik formasyonunun stabilizasyonu için gereken tedavi süresinin yetersizliği ile ilişkilendiren çalışmalar da bulunmaktadır (190,191).

Literatürde çalışmamıza benzer şekilde gerçekleştirilen fraktal analiz çalışmalarında, Akan ve Kurşun (29), Gümüş ve ark. (183) ve Dilaver ve ark.'nın (28) belirttiği ortalama fonksiyonel tedavi süreleri sırasıyla 12 ay, $11,28 \pm 3,34$ ay ve 12 ay olarak rapor edilmiştir. Bunun aksine, Korkmaz ve ark. tedavi sürelerini sırasıyla $9,63 \pm 2,17$ ay ve $9,53 \pm 2,53$ ay olmak üzere daha kısa olarak belirtmiştir (26). Cesur ve ark.'nın çalışmasında ise tedavi süresi daha uzun tutulmuş; radyografik kayıtlar ortalama $1,31 \pm 0,46$ yıl üzerinden değerlendirilmiştir (24). Yukarıda bahsi geçen tüm çalışmaların ışığında, çalışmamızda kullanılan fonksiyonel apareylerin tedavi süreleri, etkilerin stabilizasyonunu sağlamak ve literatürdeki farklı yaklaşımlar ile kıyaslanabilir veriler sunmak amacıyla titizlikle belirlenmiştir. Bu doğrultuda, mevcut çalışmada fonksiyonel apareylerin tedavi süreleri sırasıyla Herbst apareyi için $11,60 \pm 1,52$ ay, monoblok apareyi için $11,57 \pm 1,87$ ay ve twinblok apareyi için $11,77 \pm 1,36$ ay olarak kaydedilmiştir.

Farklı dik yön gelişim paternine sahip bireylerin karşılaştırıldığı çeşitli FA çalışmalarında, vertikal boyutların mandibular kemiğin trabeküler yapısı üzerindeki etkileri ortaya konulmuştur (179,192). Bunun yanı sıra, hiperdiverjan bireylerde hareketli fonksiyonel apareylerin dik yön boyutlarını artırması, bu apareylerin kullanımını sınırlamakta ve aynı zamanda bu bireylerde kontraendikasyon oluşturmaktadır (63,81,193). Tüm bunlar ışığında, çalışmamızda hem standardizasyonu sağlamak hem de farklı dik yön gelişim paternlerinin iskeletsel, dentoalveolar ve trabeküler değişimler üzerindeki potansiyel etkilerini ekarte etmek

amacıyla, çalışma ve kontrol gruplarında yer alan tüm bireyler normodiverjan dik yön paternine sahip olacak şekilde seçilmiştir.

Literatürde, hareketli fonksiyonel apareylerin mandibular kemik üzerindeki etkilerini FA yöntemiyle inceleyen çalışmalar bulunmaktadır. Ancak bu çalışmalarda, monoblok ve twinblok apareyleri, mandibulanın büyümesi üzerindeki etkilerinin benzer olduğu varsayımıyla tek bir çalışma grubu altında değerlendirilmiştir (24,27,28,183). Bu görüşe karşıt olarak, bahsi geçen bu iki fonksiyonel apareyin etkilerinin karşılaştırıldığı bazı sefalometrik analiz çalışmalarında, benzer iskeletsel ve yumuşak doku etkileri olduğu ifade edilmiş olmasına rağmen dentoalveoler etkilerinin farklı olduğu belirtilmiştir (194–196). Kemiğin trabeküler yapısının ve bunun sonucunda FB değerlerinin diş hareketlerinden etkilendiği (197) gerçeği göz önünde bulundurulduğunda, mevcut çalışmada monoblok ve twinblok apareylerinin ayrı 2 grup olarak değerlendirilmesi gerektiği düşünülmüştür.

Literatürde, Herbst apareyinin mandibular kemiğin trabeküler yapısı üzerindeki etkileri sefalometrik analiz, manyetik rezonans görüntüleme (MRG), elektromiyografi (EMG) ve KIBT gibi yöntemlerle incelenmiş olmasına rağmen (9,103,198,199), trabeküler yapıdaki değişikliklerin net bir şekilde ortaya konulamadığı görülmektedir. Bu konuda yapılan sınırlı çalışmalardan biri, Amuk ve ark'nın herbst apareyinin tedavi öncesi ve sonrası mandibulanın trabeküler yapısına olan etkilerini inceleyen çalışmasıdır. Bu çalışma, sabit fonksiyonel apareylerin mandibulanın trabeküler yapısına olan etkilerini FA yöntemi ile değerlendiren literatürdeki tek çalışma olma özelliğini taşımaktadır (30). Herbst apareyi ile yapılan çalışmaların sınırlılığı göz önünde bulundurularak, bu çalışmada sabit fonksiyonel aparey grubunu Herbst apareyini kullanan hastalar oluşturmuştur. Bu yaklaşım, Herbst apareyinin kemik yapıları üzerindeki etki mekanizmasını daha iyi anlamak ve tedavi etkinliğini değerlendirmek için önemli bir adım niteliğindedir. Ayrıca, hareketli ve sabit fonksiyonel apareylerin iskeletsel, dentoalveolar ve trabeküler kemik üzerindeki etkilerinin hangi düzeyde farklılık gösterdiğini ortaya koymak, yalnızca tedavi sonuçlarını değerlendirmekle kalmayıp, gelecekteki klinik uygulamalara da ışık tutacaktır. Çalışmamız, bu eksikliği gidermeye yönelik kapsamlı bir analiz sunarak literatüre değerli bir katkı sağlamayı hedeflemektedir.

FA son yıllarda, görüntü analizi için kullanılan etkili bir matematiksel yöntem olarak birçok bilimsel çalışmada yoğun şekilde tercih edilmektedir (200). FA'nın projeksiyon geometrisi, radyasyon dozu gibi faktörlerden etkilenmemesi, noninvaziv olması, kolay ulaşılabilirliği ve sonuçlarının objektifliği gibi avantajları, bu yöntemi tıp ve diş hekimliğinin çeşitli alanlarında yaygın hale getirmiştir (174,178). Özellikle, trabeküler kemikte meydana gelen yoğunluk değişikliklerini ve mineral kaybını tespit edebilme yeteneği nedeniyle, FA;

bir hastalığın teşhisi, ilerlemesi ve şiddeti hakkında bilgi edinmek için yapılan çalışmalarda önemli bir yer tutmaktadır (15,130,175). Çene kemiklerinde, uzun kemiklere kıyasla daha hızlı bir metabolizmanın gerçekleşmesi, FA ile bazı hastalıkların erken teşhisini mümkün kılmaktadır (201–203). Bu bağlamda mevcut çalışma, fonksiyonel tedaviler sonrası mandibulada meydana gelen değişikliklerin objektif ve güvenilir bir şekilde değerlendirilmesi amacıyla FA yönteminin kullanılmasını hedeflemiştir. Bu yaklaşım, hem literatüre önemli bir katkı sağlamayı hem de tedavi sonrası oluşan biyolojik değişimlerin daha derinlemesine anlaşılmasını amaçlamaktadır.

FB hesaplama yöntemleri mesafe ölçümüne bağlı olarak 3 gruba ayrılmaktadır. Bunlar; piksel dilatasyon metodu, Richardson metodu ve kutu sayma metodudur (131,132). Trabeküler kemik morfolojisi ve kemik iliği boşluklarını incelemek için en yaygın kullanılan yöntem olan kutu sayma metodu, bu alandaki çalışmalar için standart bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır (130). Bu nedenle, mevcut çalışmada ilgili bölgelere uygulanan FA yöntemi, White ve Rudolph (154) tarafından tanımlanan "kutu sayma metodu" ile gerçekleştirilmiştir. Trabeküler kemikte meydana gelen değişiklikleri incelerken bu yöntemin kullanılması, yalnızca standardizasyon sağlamakla kalmayıp, benzer çalışmalarda aynı metodun tercih edilmesi sayesinde önceki ve sonraki araştırmaların sonuçlarının karşılaştırılmasını ve yorumlanmasını da kolaylaştırmıştır.

Diş hekimliği alanında, FA yöntemi kullanılarak kemiğin mikromimarisini incelemek amacıyla farklı görüntüleme teknikleri uygulanmıştır. Bu tekniklerden iki boyutlu olanlar, periapikal radyografiler, panoramik radyografiler, bitewing radyografiler ve lateral sefalometrik radyografiler (174) iken; üç boyutlu görüntüleme yöntemleri ise KIBT ve mikro-BT'dir (174,204–206). Kemik biyopsisi sonrası yapılan histomorfometrik analiz, nihai tanı aracı olarak görülse de invaziv bir yöntem olması önemli bir dezavantajdır. Bu yaklaşıma en yakın sonuçlar, MR ve BT görüntüleme teknikleri ile elde edilebilmekte, ancak bu yöntemler sırasıyla hem yaygın kullanılmamakta hem de radyasyon gibi istenmeyen yan etkiler içermektedir (207). Pawelzik ve ark. (208) panoramik radyografiler ile KIBT'nin kesitsel görüntülerini karşılaştırdıkları çalışmada, geleneksel panoramik radyografilerin çözünürlüğünün KIBT'den daha üstün olduğunu rapor etmiştir. Magat ve Sener (209) ise mandibulanın trabeküler kemik paternini KIBT ve panoramik radyografiler ile değerlendirdikleri çalışmalarında, KIBT'nin panoramik radyografiye kıyasla daha düşük çözünürlük sunduğunu bildirmiştir. Son olarak Yavuz ve Yardimci (210), FA yöntemi kullanarak periapikal radyografi, panoramik radyografi ve KIBT görüntüleme tekniklerini karşılaştırdıkları çalışmada, KIBT FB değerlerinin panoramik FB değerlerine göre daha düşük

olmasının nedenlerinden birinin KIBT'nin yetersiz görüntü çözünürlüğü olduğunu ifade etmiştir. Aynı çalışmada, FA yöntemiyle trabeküler kemik yapısının değerlendirilmesinde periapikal ve panoramik radyografilerin kullanımına devam edilmesinin uygun olacağı önerilmiştir. FA çalışmalarında panoramik radyografiler, en çok kullanılan görüntüleme yöntemi olarak öne çıkmaktadır (174). Bollen ve ark'nın panoramik ve periapikal radyografilerde elde edilen FB değerlerini karşılaştırdığı çalışmada, panoramik radyografilerdeki FB değerlerinin periapikal radyografilere göre daha düşük olduğu bildirilmesine rağmen, her iki tekniğin kemik kalitesinde meydana gelen değişikliklere benzer yanıtlar verdiği gösterilmiştir (15). Panoramik radyografilerin düşük radyasyon dozu, kolay uygulanabilirliği ve hastanın işlem sırasında daha toleranslı olması gibi avantajlarının yanı sıra, periapikal radyografilere kıyasla daha geniş bir alanın incelenmesine olanak tanması önemli bir üstünlük sağlamaktadır (211). Ayrıca, dijital panoramik radyografilerin bilgisayar destekli analiz yöntemleriyle incelenmesi, sayısal ve objektif veriler sunarak araştırmacının subjektif yorumlarını minimize edebilme potansiyeli taşımaktadır (154). Mevcut çalışmada, mandibulanın farklı bölgelerindeki değişikliklere odaklanılmış ve bu bölgeleri tek seferde kapsayan kayıtlar, kliniğimizde rutin olarak belirli aşamalarda alınan panoramik ve lateral sefalometrik radyografilerden oluşturulmuştur. Daha önceki çeşitli araştırmalarda (24,26,30), fonksiyonel tedaviler sonrası mandibular kemikte meydana gelen değişimlerin panoramik ve lateral sefalometrik radyografilerle incelenmiş olması, bu görüntüleme yöntemlerinin seçilmesinde belirleyici bir rol oynamıştır. Çalışmamız, mevcut görüntüleme tekniklerini kullanarak hem literatürdeki bulguları derinleştirmeyi hem de mandibular kemik üzerindeki değişimlerin daha kapsamlı bir değerlendirmesini sağlamayı hedeflemektedir.

Mevcut çalışmada kullanılan panoramik ve lateral sefalometrik radyografiler üzerinde belirlenen ROI bölgeleri, fonksiyonel apareylerin mandibulanın kondil, angulus, korpus ve simfizis bölgelerinde oluşturduğu trabeküler değişiklikleri tespit etmek amacıyla seçilmiştir. Bu bölgeler, Björk'ün sefalometrik radyografiler üzerinde tanımladığı mandibular biçimsel değişikliklerin en önemli yansımalarını temsil ettiği için tercih edilmiştir (212).

Sabit ve hareketli fonksiyonel aparey tedavilerinin kondilde oluşturduğu değişiklikler, uzun yıllardır sefalometrik radyografiler kullanılarak incelenmektedir (172,213–215). Son dönemde ise üç boyutlu görüntüleme teknikleri, kondilde fonksiyonel tedavi sonucu meydana gelen değişiklikleri değerlendirmek için yoğun şekilde kullanılmaya başlanmıştır (173,216,217). Ancak, tüm bu araştırmalara rağmen kondilin trabeküler yapısında meydana gelen değişiklikler net olarak ortaya konulamamıştır. Bu nedenle, son yıllarda panoramik radyografiler kullanılarak kondildeki trabeküler değişimlerin FA yöntemiyle incelendiği

Çalışmaların sayısında artış grlmştr (26,218,219). Fonksiyonel apareylerin mandibulaya olan etkilerini FA yöntemiyle araştıran çalışmalarda, özellikle kondil bölgesine odaklanıldığı dikkat çekmektedir (24,27–30,179). Mevcut çalışmada, rutin olarak alınan radyografik materyaller kullanılarak, hastaların fazladan radyasyona maruz kalmasına gerek kalmadan ve kolaylıkla erişilebilen bir program yardımıyla kondilde meydana gelen değişikliklerin objektif bir tanı aracı olan FA yöntemiyle değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Fonksiyonel apareylerin mandibular kemiğe etkilerini FA yöntemi ile inceleyen çalışmalarda, angulus bölgesi, kondil bölgesinden sonra en sık araştırılan alanlardan biri olarak öne çıkmaktadır (24,26,28,29,183). Angulus bölgesinin tercih edilmesindeki temel neden, fonksiyonel aparey tedavileri sonrasında değişen masseter kas aktivitesinin, mandibulanın bu bölgesine olan etkilerinin değerlendirilmesidir. Mevcut çalışmada, tüm radyografilerde angulus mandibula bölgesindeki ROI, kortikal sınırlar ve mandibular kanal göz önünde bulundurularak özenle belirlenmiştir. Bu yöntem, hem doğru ölçüm yapılmasını sağlamakta hem de çalışmanın bulgularının güvenilirliğini artırmaktadır.

Panoramik radyografi üzerinde belirlenen son ROI alanı, mandibular kanalın üstünde yer alacak şekilde, 45 ve 46 numaralı dişlerin kökleri arasında bulunan korpus bölgesi olarak tanımlanmıştır. Kliniğimizde Twinblok ve Monoblok apareyleri ile tedavi edilen hastalarda, tedavinin ilerleyen aşamalarında gerçekleştirilen selektif mölleme işlemiyle dişlerin ekstrüzyonu sağlanmaktadır. Bu işlemin dentoalveoler bir değişikliğe neden olup olmadığını araştırmak amacıyla bu bölge özellikle seçilmiştir. Ayrıca, hareketli ve sabit fonksiyonel apareylerin alt molar dişlerde mesializasyon (5,220) sonucu meydana getirdiği değişikliklerin değerlendirilmesi de çalışmanın bir diğer hedefi olarak belirlenmiştir.

Lateral sefalometrik radyografi üzerinde simfizis bölgesinin seçilmesinin temel nedeni, fonksiyonel aparey tedavileri sonucu bu bölgede meydana gelen dentoalveolar değişiklikleri incelemektir. Literatürde, fonksiyonel apareylerin simfizis bölgesine olan etkilerini sefalometrik radyografiler üzerinde FA yöntemi ile değerlendiren yalnızca bir çalışma bulunmaktadır. Korkmaz ve ark'nın bu çalışmasında, incelenen alan mandibulanın n tarafında, alt keser dişlerin apikallerinin hemen altında yer almaktadır (26). Mevcut çalışmada ise belirlenen ROI alanı, alt keser dişlerin köklerinin bukkal tarafında yer alan trabeküler kemik bölgesini kapsamaktadır. Bu yaklaşım, fonksiyonel tedaviler sonrası meydana gelen alt keser protrüzyonu ve köklerin linguale hareketi nedeniyle köklerin bukkalinde bulunan trabeküler kemik yapısındaki değişikliklerin detaylı bir şekilde değerlendirilmesini sağlamayı amaçlamaktadır. Bu seçimin, simfizis bölgesindeki biyomekanik değişimlerin daha kapsamlı bir şekilde anlaşılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Kondil, angulus ve korpus bölgelerinde yapılan ölçümlerde ROI büyüklüğü 60x60 piksel olarak belirlenmiştir. Bu boyutların seçilme nedeni, panoramik radyografilerde kondil bölgesinin mandibulada incelenen alanlar arasında sınırları en küçük bölge olmasıdır. Bu durum, seçilen alanın büyüklüğünün kondil boyutları tarafından sınırlanmasına neden olmuştur. Lateral sefalometrik radyografilerde seçilen ROI alanı ise simfizis bölgesinde, bukkalde simfizisin kortikal kısımları ve lingualde keser dişlerin kökleri tarafından sınırlandırılmış olup, bu bölgede ROI boyutu 30x30 piksel olarak belirlenmiştir. Ayrıca, ROI alanlarının sınırları içerisinde kortikal bölge, lamina dura veya kök yapısı bulunmamasına özen gösterilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalar, bu yapıların FB değerini etkilediğini rapor etmiştir (221). Bu titiz seçim, elde edilen verilerin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmayı amaçlamaktadır.

Daha önce yapılan çeşitli çalışmalarda, mandibulanın sağ ve sol tarafındaki aynı bölgelerden seçilen ROI'ler üzerinde gerçekleştirilen FB analizlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı bildirilmiştir. Bu nedenle, mevcut çalışmada ölçümler tek taraflı olarak gerçekleştirilmiştir (150,178).

Ruttimann ve ark. mandibulada farklı bölgelerden elde edilen fraktal boyutun ROI lokalizasyonundan etkilendiğini rapor etmiştir (222). ShROUT ve ark. ise FB değerinin ROI'nin boyutu, şekli ve lokalizasyonu gibi faktörlerden etkilendiğini göstermiştir (223). Jolley ve ark., 2006 yılında yayınladıkları çalışmada, çeşitli radyografik tekniklerin FB üzerinde etkisini incelemiş ve FB değerinin tüp potansiyeli, koni açılanması ve impuls değerlerindeki değişimlerden minimal düzeyde de olsa etkilendiğini bildirmiştir (224). Baksi ve Filder ise yaptıkları çalışmada, ekspozür süresi ve görüntü çözünürlüğünün FB üzerinde önemli değişikliklere yol açtığını vurgulamıştır (225). Bu bulgular doğrultusunda, mevcut çalışmada kullanılan tüm panoramik ve lateral sefalometrik radyografi kayıtları, aynı cihaz ve sabit şutlama parametreleriyle elde edilmiştir. Ayrıca, yüksek çözünürlük sağlamak ve ölçümlerin doğruluğunu artırmak amacıyla tüm radyografi kayıtları TIFF formatında alınmıştır. Bu standartlar, çalışmamızın verilerinin güvenilirliğini ve karşılaştırılabilirliğini artırmayı hedeflemektedir.

5.3. Bulguların Tartışması

5.3.1. Herbst, Monoblok ve Twinblok Apareylerinin Sefalometrik Değerlere Göre Tedavi Etkinliklerinin Değerlendirilmesi

Çalışmamızda, tüm tedavi gruplarında yer alan bireylerin SNA açısında istatistiksel olarak anlamlı bir azalma tespit edilmiştir. Bu bulgu, Monoblok, Twinblok ve Herbst apareylerinin maksillanın sagittal yön gelişimini sınırlayarak SNA açısında azalmaya neden olduğunu belirten önceki çalışmalarla uyum göstermektedir (5,72,92,151,194–197). Ancak, bulgularımızın aksine, Monoblok, Twinblok ve Herbst apareylerinin tedavi sonucunda SNA açısını etkilemediğini bildiren çalışmalar da bulunmaktadır (59,63,73,74,230). Çalışmamızdaki tedavi grupları kendi aralarında karşılaştırıldığında, SNA° açısındaki azalmanın tüm gruplarda istatistiksel olarak benzer olduğu görülmüştür. Bu sonuç, farklı fonksiyonel apareylerin maksiller büyüme üzerindeki etkilerinin birbirine yakın olduğunu ve bu etkinin aparey türünden bağımsız olabileceğini düşündürmektedir.

Tedavi gruplarının efektif maksiller uzunluk (Co-A mm) değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu durum sagittal yönde kondiler büyümede önemli bir artış olmadığına yorumlanabilir. Çalışmamızla uyumlu olarak hareketli ve sabit fonksiyonel apareylerle yapılan farklı çalışmalarda Co-A mm değerinin değişmediğini bildiren çalışmalar bulunmaktadır (226,231). (204,209). Ayrıca, büyüme ve gelişim döneminde uygulanan Forsus apareyinin etkilerini inceleyen Şengör'ün bulguları ile de sonuçlarımız büyük ölçüde örtüşmektedir (232). Bununla birlikte, Co-A mm değerinde artış olduğunu bildiren çalışmalar da bulunmaktadır (233,234). Bu farklılıklar, çalışma popülasyonundaki bireysel varyasyonlar, radyografik analizlerde kullanılan yöntemler, tedavi süreleri veya aparey tasarımlarındaki farklılıklar ile açıklanabilir.

Çalışmamızda, tüm tedavi gruplarında SNB açısında istatistiksel olarak anlamlı artışlar tespit edilmiştir. Bununla birlikte, Cozza ve ark.'nın, fonksiyonel apareylerin mandibula üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla gerçekleştirdiği sistematik derlemede, SNB açısının fonksiyonel ortopedik tedavi etkinliğini değerlendirmek için zayıf bir indikatör olabileceği belirtilmiştir (186). Bu durum, SNB° açısındaki değişimlerin bireysel varyasyonlardan etkilenebileceğini ve tedavi etkinliğini değerlendirmek için diğer parametrelerin de göz önünde bulundurulması gerektiğini göstermektedir. Nitekim çalışmamızda Pog-N 72 değeri, efektif mandibuler uzunluk değeri ve mandibuler korpus uzunluğu değerinde de istatistiksel olarak anlamlı artışlar tespit edilmiştir. Yukarıdaki tüm bu bulgular, fonksiyonel apareylerin

mandibular büyümei stimüle ettiği yönündeki hipotezi desteklemekte olup, önceki yıllarda yapılan birçok çalışma ile uyum göstermektedir (72,88,163,235).

Çalışmamızda, tüm gruplarda ANB° ve Wits (mm) değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma tespit edilmiştir. Literatürde, sınıf II hastalarda pubertal dönemde hareketli ve sabit fonksiyonel apareylerin kullanımı sonrasında, ANB° ve Wits (mm) ölçümlerinde belirgin bir azalma olduğunu bildiren birçok çalışma bulunmaktadır. Bu bulgular, çalışmamızdaki sonuçlarla uyumlu bir şekilde rapor edilmiştir (5,226,236). Wits (mm) değerindeki azalmanın, SNA açısının azalması ve SNB açısının artmasının yanı sıra; hareketli fonksiyonel apareylerde mandibular arka bölge dişlerin üzerine gelen akriliğin selektif möllenmesi sonucunda meydana gelen oklüzal düzlem eğimindeki değişiklik ile de ilişkili olduğu düşünülmektedir. Toran ve Bolat, Sınıf II Bölüm 1 ve Sınıf II Bölüm 2 hastalarda Monoblok ve Twinblok apareylerinin etkilerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, mandibular arka bölge dişler üzerindeki möllemelerin oklüzal düzlem eğimini değiştirerek Wits (mm) değerinde azalmaya katkıda bulunduğunu bildirmiştir (237). Cacciatore ve ark. ise, Forsus apareyi uygulanan hastalarda Wits uzunluğundaki azalmanın, çeneler arasındaki sagittal etkiden ziyade, oklüzal düzlemde meydana gelen posterior rotasyon ile ilişkili olabileceğini belirtmiştir (238). Bu sonuçlar, Wits (mm) ölçümündeki azalmanın çok yönlü mekanizmalarla açıklanabileceğini göstermektedir.

Çalışmamızda apareyler ile dik yönde meydana gelen değişimler SN-GoMe açısı, FMA açısı, Yüz yüksekliği oranı (%), Gonial açı ve Y eksenini açısı parametreleri ile değerlendirilmiştir.

Herbst tedavi grubunda, alt çenenin kraniyal kaideye göre rotasyonel değişimini gösteren parametrelerden SN-GoMe açısı ve Y eksenini açısı değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalmalar tespit edilmiştir. Çalışmamızla uyumlu olarak, Ruf ve Pancherz'in Herbst apareyinin mandibular düzlem üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmada, SN-GoMe açısında benzer bir azalma rapor edilmiştir. Araştırmacılar, bu azalmanın nedenini maksiller molarların gömülmesine bağlı olarak mandibulada meydana gelen otorotasyon ile açıklamıştır (239). Benzer şekilde, Stucki ve Ingerval, erken daimî dişlenme döneminde Juser Jumper apareyi ile tedavi edilen 13-25 yaş arası 26 hastayı inceledikleri çalışmalarında, SN-GoMe açısında istatistiksel olarak önemli bir azalma tespit etmişlerdir (240). Bununla birlikte, bulgularımızdan farklı olarak, SN-GoMe açısında istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik olmadığını bildiren çalışmalar da bulunmaktadır (241,242). Herbst tedavi grubunda yer alan diğer dikey parametrelerde (FMA açısı, Yüz yüksekliği oranı (%), Gonial açı) ise istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik tespit edilmemiştir.

Monoblok tedavi grubunda, vertikal değerlerde istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik tespit edilmemiştir. Bu bulgu, Jacobson ve Paulin'in aktivatör uygulanan bireylerde SN/GoGn açısındaki değişimlerin istatistiksel olarak anlamlı olmadığını belirttikleri çalışmayla paralellik göstermektedir (243). Benzer şekilde, Tümer ve Gültan tarafından Monoblok ve Twinblok apareylerinin iskeletsel ve dentoalveolar etkilerinin karşılaştırıldığı çalışmada, Monoblok grubunda SN/GoGn° açısında değişiklik gözlenmezken, Twinblok grubunda istatistiksel olarak anlamlı bir artış tespit edilmiştir (5). Çalışmamızda bu çalışmanın sonuçlarını destekler nitelikte, Twinblok tedavi grubunda SN-GoMe açısı, FMA açısı, Yüz yüksekliği oranı (%), Gonial açı ve Y eksen açısı değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı artışlar gözlenmiştir. Bu artışın, posterior dişler üzerine gelen akriliğin selektif möllenmesi ile dişlerin ekstrüzyonuna izin verilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatürde hareketli fonksiyonel apareylerin mandibuler düzlem açısında artış ve mandibulada hafif posterior rotasyon oluşturduğunu bildiren çalışmalar mevcuttur (63,85,163). Ancak mandibular düzlem açısında herhangi bir değişiklik olmadığını bildiren araştırmalar da vardır (72,235). Tüm bu çalışmalar, hareketli fonksiyonel apareylerin vertikal yöndeki etkilerinin bireysel anatomik farklılıklar, tedavi yöntemleri ve protokollerine bağlı olarak değişiklik gösterebileceğini ortaya koymaktadır.

Çalışmamızda dentoalveolar değerler, üst çene için U1SN (°), U1NA (°) ve U1NA (mm) ölçümleri; alt çene için ise IMPA (°), L1NB (°) ve L1NB (mm) ölçümleri olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, overjet ve overbite değerleri de incelenen parametreler arasında yer almaktadır.

Çalışmamızda da dentoalveolar değerler incelendiğinde, tüm tedavi gruplarında Herbst, Monoblok ve Twinblok apareyleri ile uygulanan tedaviler sonucunda üst keser dişlerde retrüzyon ve retroklinasyon meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu bulgular, hareketli ve sabit fonksiyonel apareylerin Sınıf II Bölüm 1 maloklüzyonlu bireylerde üst keser dişlerde retrüzyon ve retroklinasyona neden olduğunu belirten önceki çalışmalarla uyum göstermektedir (5,87,235,244). Tüm tedavi grupları kendi aralarında karşılaştırıldığında, Herbst aparey grubunda üst keser retrüzyonu ve retroklinasyonun, Twinblok ve Monoblok gruplarına kıyasla istatistiksel olarak daha fazla olduğu görülmüştür. Bu farkın, hareketli fonksiyonel apareylerin diş-doku destekli, Herbst apareyinin ise diş destekli bir aparey olmasından ve Herbst apareyinin karakteri gereği kuvveti gün boyunca sürekli olarak iletmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Monoblok aparey grubu, üst keser eğimini Twinblok grubuna göre daha fazla azaltmış olmasına rağmen, bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu bulgu, Tümer ve Gültan'ın Monoblok ve Twinblok apareylerinin

etkilerini karşılaştırdıkları çalışmada elde ettikleri sonuçlarla uyumludur. Söz konusu çalışmada da Monoblok aparey grubunun üst keser konumunu Twinblok grubuna göre daha fazla değiştirdiği ancak bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirtilmiştir (5).

Hareketli ve sabit fonksiyonel apareylerin etkilerini inceleyen birçok çalışmada, alt keser dişlerde protrüzyon ve proklinasyon meydana geldiği bildirilmiştir (72,74,212). Mevcut çalışmada kullanılan apareylerin alt keser dişlerde meydana getirdiği etkiler incelendiğinde, en fazla protrüzyon ve proklinasyonun Herbst apareyi ile elde edildiği tespit edilmiştir. Bu farkın, hareketli fonksiyonel apareylerin dış-doku destekli, Herbst apareyinin ise diş destekli bir aparey olmasından ve Herbst apareyinin karakteri gereği kuvveti gün boyunca sürekli olarak iletmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, Twinblok apareyi, Monoblok apareyine kıyasla alt keser dişlerde daha fazla protrüzyon oluşturmuş olsa da, bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu sonuçlar, farklı tipteki apareylerin alt keser dişler üzerindeki etkilerinin, aparey tasarımına ve mekanik özelliklerine bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir.

Çalışmamızda, overjet ve overbite değerleri incelendiğinde, tüm tedavi gruplarında her iki ölçümde de istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma olduğu tespit edilmiştir. Overjet değerindeki azalma tüm gruplarda istatistiksel olarak anlamlıdır ve gruplar arasında benzer düzeydedir. Ancak, overbite değerindeki azalma Twinblok grubunda Herbst ve Monoblok grubuna kıyasla istatistiksel olarak daha fazladır. Twinblok grubunda, alt arka bölgedeki molar dişlerin bulunduğu bölgede akriliğin selektif mollenmesi, overbite değerlerinde olumlu bir katkı sağlamış olabilir. Monoblok apareyinde de mölleme işlemi uygulanmış olmasına rağmen, Twinblok apareyinde möllemenin daha kontrollü ve efektif bir şekilde yapılmasının bu sonuçlara etki ettiği düşünülmektedir. Bulgularımız, hareketli ve sabit fonksiyonel apareylerin incelendiği birçok çalışmada, overbite ve overjet değerlerinde önemli oranda azalma olduğunu bildiren önceki literatürle uyum göstermektedir (72,226,234). Bu durum, fonksiyonel apareylerin dentoalveolar değişimler üzerindeki etkilerini destekler niteliktedir.

5.3.2. FB Değerlerinin Bulgularının Değerlendirilmesi

5.3.2.1. FB Değerlerinin Grup İçi Değerlendirilmesi

Kondil Bölgesi Ölçümlerinin Tartışılması:

Grup içi ölçümlerde, mevcut çalışmada yer alan tüm tedavi gruplarının kondil bölgesindeki FB değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma tespit edilmiştir. Bu durumun, kondil bölgesinde hareketli ve sabit fonksiyonel aparey tedavileri sonucunda

mandibulanın büyümesine bağlı olarak oluşan olgunlaşmamış kemikten kaynaklandığı düşünülmektedir. Arsan ve ark.'nın, temporomandibular hastalığı olan bireylerde mandibular kondil bölgesindeki trabeküler değişiklikleri FA yöntemi ile inceledikleri çalışmada, düşük FB değerlerinin dejeneratif değişikliklerle ilişkili olduğu belirtilmiştir (23). Büyüme ile birlikte gerçekleşen rezorpsiyon patolojik bir süreç olmamakla birlikte, kemik birikimiyle eş zamanlı olarak meydana gelmektedir. Kemiğin kortikal tabakasında birikim olurken, trabeküler kısmında ise rezorpsiyon süreci gözlenmektedir. Bu durum, kemik kalınlığının sabit kalmasını sağlarken, kemiğin yeni bir pozisyona doğru taşınmasına olanak tanımaktadır (245,246). Trabeküler kemiğin yoğunluğunda bir azalma meydana geldiğinde FB değerleri düşmekte; yoğunluk arttığında ise FB değerleri yükselmektedir (247). Fonksiyonel tedavilerle birlikte kondil bölgesinde oluşan adaptif değişiklikler, daha önceki rat çalışmalarıyla gösterilmiştir (213,248). Ek olarak, sabit fonksiyonel apareylerin temporomandibular eklemden büyüme stimüle edici etkileri, Rhesus maymunları üzerinde yapılan deneysel bir çalışmada histolojik olarak gözlemlenmiştir (249). Genç yetişkinlerde Herbst apareyinin kondil ve glenoid fossa büyümesini yönlendirebileceği ve yeniden stimülasyona olanak tanıyabileceği, klinik çalışmalarla ortaya konulmuştur (9)(103). Tüm bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, kondil bölgesindeki FB değerlerindeki azalmanın, fonksiyonel ortopedik tedavi sonucunda bu bölgede gerçekleşen rezorpsiyon ve yeniden yapılan immatüre kemik oluşumundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Kondil bölgesinden elde edilen bulgular, Korkmaz ve ark. ile Akan ve Kurşun'un araştırma sonuçlarıyla uyum göstermektedir (26)(29). Korkmaz ve ark., Sınıf II maloklüzyona sahip pubertal ve postpubertal hastalarda Twinblok apareyi kullanarak fonksiyonel tedavinin maksilla ve mandibula üzerindeki etkilerini panoramik ve lateral sefalometrik filmler üzerinde FA yöntemiyle incelemiştir. Pubertal dönem hastalarında, tedavi sonunda kondil bölgesindeki FB değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma bildirilmiştir (26). Benzer şekilde, Akan ve Kurşun, Twinblok ile tedavi edilen hastaların kondil bölgesinden tedavi öncesi ve sonrası alınan ROI'leri analiz etmiş ve bu analizlerde, mevcut çalışmadaki sonuçlarla uyumlu olarak, istatistiksel olarak anlamlı bir azalma tespit edilmiştir (29). Bu bulgular, fonksiyonel tedavilerin kondil bölgesindeki etkilerini daha iyi anlamak için önemli bir referans oluşturmakta ve tedavi sürecinin biyomekanik etkilerine ışık tutmaktadır.

Gümüş ve ark., hareketli fonksiyonel apareyler (Monoblok/Twinblok) kullanarak oluşturdukları çalışma grubunda, tedavi öncesi ve tedavi sonrası kondil bölgesinin trabeküler yapısını FA yöntemiyle incelemiştir. Kontrol grubunun bulunmadığı bu çalışmada, tedavi

sonunda kondil bölgesindeki FB değerlerinde azalma gözlenmiş ancak bu azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (183).

Bu çalışmanın aksine Cesur ve ark. (24) ile Amuk ve ark.'nın (30) FA yöntemini kullanarak panoramik radyografiler üzerinde gerçekleştirdiği çalışmalarda, kondil bölgesindeki FB değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı artışlar tespit edilmiştir. Cesur ve ark.'nın (24) hareketli fonksiyonel apareylerle (Monoblok/Twinblok) gerçekleştirdikleri çalışmada, hastaların ortalama tedavi süresinin ($1,31 \pm 0,46$ yıl), mevcut çalışmada Monoblok ($11,57 \pm 1,87$ ay) ve Twinblok ($11,77 \pm 1,91$ ay) apareyleriyle tedavi edilen hastaların ortalama tedavi sürelerinden daha uzun olmasının, bu farklılığa katkıda bulunmuş olabileceği düşünülmektedir. Amuk ve ark.'nın çalışmasında ise artan FB değerlerinin, mevcut çalışmanın aksine, hastaların postpubertal dönemde ($15,23 \pm 1,08$ yıl) yer almasından kaynaklandığı düşünülmektedir (30).

Dilaver ve ark., hareketli fonksiyonel apareylerle (Monoblok/Twinblok) tedavi edilen hastalardan oluşan tedavi grubunda, tedavi öncesi ve tedavi sonrası kondil bölgesinin merkezinden alınan FB değerlerini karşılaştırmıştır. Kontrol grubunun da yer aldığı bu çalışmada, tedavi grubunda FB değerlerinde anlamlı olmayan bir artış gözlenmiştir. Ancak, tedavi grubunun yaş ortalaması 12,4 yıl, kontrol grubunun ise 11,5 yıl olması, sonuçların yorumlanmasında dikkate alınması gereken bir faktör olarak belirtilmiştir. Araştırmacılar, kontrol grubunun tedavi grubuna kıyasla bir yıl daha genç olmasının, tedavi grubundaki olası terapötik etkinin kontrol grubundaki hızlı büyüme süreci ile dengelenmiş olabileceğine işaret etmektedir (28).

Angulus Bölgesi Ölçümlerinin Tartışılması:

Grup içi ölçümlerde, mevcut çalışmada yer alan tüm tedavi gruplarının angulus bölgesindeki FB değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış gözlenmiştir. Bu bölgede masseter kası liflerinin bağlanma noktalarının bulunması, sonuçların yüksek çıkmasında etkili bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Geçmiş yıllarda yapılan çeşitli EMG çalışmalarında, hareketli veya sabit fonksiyonel aparey tedavisi sonrası masseter kas aktivitesinin tedavi öncesine kıyasla arttığı bildirilmiştir (250–252). Ulusoy ve ark., Aktivatör ve Aktivatör-Highpull Headgear kombinasyonunun mandibula üzerindeki etkilerini 3 boyutlu sonlu elemanlar stres analizi ile değerlendirdikleri çalışmalarında, en yüksek stres değerlerinin kas bağlantı noktalarında meydana geldiğini; temporal ve masseter kasının bağlanma bölgeleri olan koronoid prosesin iç tarafının ve angulus bölgesinin en fazla stres alan bölgeler olduğunu rapor etmiştir (253). Bitsakos ve ark., proksimal femur modeli üzerinde farklı kas yükleme konfigürasyonlarının kemik remodellingi üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmalarında, kas

bağlantı noktalarına yakın bölgelerin rezorpsiyona karşı koruyucu bir etkiye sahip olduğunu belirtmiştir (254). Benzer şekilde, Balkan ve ark., bruksizmi olan hastaların masseter kasına botulinum toksin-A (BTX-A) enjeksiyonu sonrasında panoramik radyografilerde mandibulanın angulus, ramus ve kondil boynu bölgelerini FA yöntemi ile incelemiştir. Çalışmalarında, bruksizm nedeniyle masseter kas hiperaktivitesinin kas bağlanma bölgelerindeki kemik yoğunluğunu artırabileceğini bildirmiştir (255). Tüm bu çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, angulus bölgesinde bulunan kas bağlantı noktalarının, fonksiyonel tedavi sırasında kemik dokuda rezorpsiyona dirençli bir alan oluşmasına katkıda bulunduğu ve bu durumun kemik yoğunluğunu artırarak FB değerlerinin yüksek çıkmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Amuk ve ark., T0, T1 ve T2(sabit tedavi sonu) zamanlarında alınan panoramik radyografiler üzerinden fonksiyonel tedavi sonrası FB değerlerini karşılaştırmış ve T0-T1 aralığında (Herbst tedavisi sürecinde) angulus bölgesindeki FB değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir artış tespit ederken, T1-T2 aralığında (sabit ortodontik tedavi sürecinde) ise FB değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış olduğunu bildirmiştir. Araştırmacılar, bu durumu, Herbst tedavisi sürecinde masseter kasının aktivitesinin azalmasına, sabit ortodontik tedavi sürecinde ise dişlerin oklüzyona gelmesiyle birlikte kas aktivitesinin yeniden artmasına bağlamıştır (30). Cesur ve ark., mandibulanın kemik yapısını panoramik radyografi ile değerlendirdikleri çalışmalarında, angulus bölgesinin FB değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir artış bildirmiştir. Ancak, bu çalışmada tedavi sürelerinin ($1,31 \pm 0,46$ yıl), mevcut çalışmada Monoblok ($11,57 \pm 1,87$ ay) ve Twinblok ($11,77 \pm 1,91$ ay) apareyleriyle tedavi edilen hastaların ortalama tedavi sürelerinden daha uzun olmasının, bu farklılığa katkıda bulunmuş olabileceği düşünülmektedir (24).

Korkmaz ve ark. ise prepubertal ve postpubertal hastalarda hareketli fonksiyonel apareylerin etkinliklerini değerlendirdikleri çalışmalarında, angulus bölgesindeki FB değerlerinde her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlı olmayan azalmalar tespit etmiştir. Bu farklılığın, çalışma ve kontrol gruplarında yer alan bireylerin cinsiyet dağılımının homojen olmamasından kaynaklanabileceği düşünülmüştür (26). Gümüş ve ark., Sınıf II hastalarda hareketli fonksiyonel tedavinin mandibular trabeküler kemik üzerindeki etkilerini FA yöntemiyle inceledikleri çalışmalarında, FB değerlerindeki istatistiksel olarak anlamlı olmayan azalmanın, angulus bölgesinin dişlere ve trabeküler yapıyı etkileyebilecek oklüzal kuvvetlere en uzak ROI olmasıyla ilişkili olabileceğini belirtmiştir (183).

Korpus Bölgesi Ölçümlerinin Tartışılması:

Grup içi ölçümlerde, mevcut çalışmada yer alan tüm tedavi gruplarının korpus bölgesindeki FB değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma gözlenmiştir. Bu bölgede belirlenen ROI, 45 ve 46 numaralı dişlerin kökleri arasında yer alan bölgeye oldukça yakın bir konumda bulunmaktadır. Bu nedenle, bu bölgedeki kapanış ilişkileri ve dişlerde meydana gelen herhangi bir hareketin, bölgedeki kemiğin trabeküler yapısını etkileyebileceği düşünülmektedir.

Fonksiyonel apareylerin kullanımı sırasında Monoblok ve Twinblok apareylerinin premolar-molar bölgesinde yer alan akrilik alanlarında, mandibular dişlerin ekstrüzyonunu sağlamak amacıyla aşındırmalar yapılmaktadır. Bu durum, ilgili bölgedeki dişlerin oklüzal temaslarının ortadan kalkmasına ve oklüzal kuvvetlerin kesilmesine neden olabilir. Oklüzal kuvvetlerin azalması, fonksiyon görmeyen alveolar kemikte FB değerlerinde gözlemlenen azalmanın olası bir nedeni olarak değerlendirilmektedir. Bresin ve ark., yumuşak diyetle beslenen ratlarda, sert diyetle beslenen ratlarla karşılaştırıldığında trabeküler kemik kütlesinde önemli ölçüde bir azalma olduğunu bildirmiştir (256). Benzer şekilde, Kunii ve ark., ratlarda oklüzal hipofonksiyon ve iyileşmenin mandibular kemiğin dansitesi üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, süngerimsi kemik mineral yoğunluğunun azalan oklüzal uyaranlar altında daha düşük olduğunu belirtmiştir (257). Aynı zamanda, hareketli ve sabit fonksiyonel apareylerin bir yan etkisi olarak mandibular molar ve premolar dişlerde mezializasyon hareketinin geliştiği bilinmektedir (5,220). Bu durumun, alveolar alanda FB değerlerindeki azalmaya katkıda bulunduğu düşünülmektedir.

Geçmişte yapılan çalışmalarda, dişlerin basınç uygulanan alanlarında rezorpsiyon, gerilim uygulanan alanlarında ise yeni kemik oluşumunun gerçekleştiği histolojik hayvan deneyleri ile ortaya konulmuştur (258)(259). Ting Hsu ve ark., ortodontik tedavi sırasında dişlerin çevresindeki kemik yoğunluğu değişimlerini KIBT kullanarak değerlendirmiştir. Bu çalışmada, sekiz hastanın ortodontik tedavi öncesi ve tedavi sonrası (7 ay) altı dişin (üst çene santral kesici, lateral kesici ve kanin) çevresindeki kemik yoğunluğu ölçülmüştür. Kemik yoğunluğundaki değişimin diş seviyelerine göre farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla bölgeler, servikal, orta ve apikal olmak üzere üçe ayrılmıştır. Çalışma sonuçlarında, ortodontik tedavi sonrası dişlerin çevresindeki kemik yoğunluğunda ortalama %24 oranında bir azalma tespit edilmiştir (260). Yazarlar, bu çalışmanın ardından yaptıkları benzer bir çalışmada ise diş hareketi yönünün, maksimum kemik yoğunluğu azalmasının meydana geldiği alanla ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir (261).

Herbst apareyi ile tedavi sırasında, hareketli fonksiyonel apareylerde olduğu gibi posterior bölgeden herhangi bir aşındırma işlemi uygulanmamaktadır. Yine de bu aparey kullanımı ile korpus bölgesinde görülen trabeküler kemik yapısındaki değişimin; mandibular molar mesializasyonu, alt çenenin öne doğru aktivasyonu ve dişleri kaplayan metal alaşımdan kaynaklı okluzal kuvvetlerin azalması gibi faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Tariq ve ark., Sınıf II maloklüzyonu olan hastalarda Forsus FRD apareyinin kraniyofasiyal yapılar, ısırma kuvveti ve periodontal durum üzerindeki etkilerini araştırmış ve çalışmaları sonucunda, Forsus FRD apareyinin kullanımıyla birlikte ısırma kuvvetinde azalma meydana geldiğini bildirmiştir (262). Mavropoulos ve ark., genç ve büyüyen ratlar üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarında, yumuşak diyetin ve buna bağlı olarak çiğneme sırasında alveolar kemik üzerinde uygulanan aralıklı kuvvetlerin azalmasının, kemiğin mineral yoğunluğunda azalmaya, trabeküler kemik hacmi ve kalınlığında ise düşüşe neden olduğunu belirtmiştir (263).

Korkmaz ve ark. ile Gümüş ve ark., korpus bölgesinin FA ölçümlerinde, mevcut çalışmayla uyumlu olarak, istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğunu bildirmiştir (26)(183). Korkmaz ve ark., korpus bölgesindeki FB değerlerindeki azalmanın, Twinblok tedavisi sonucunda mandibular büyüme nedeniyle bu bölgelerde yeni oluşan olgunlaşmamış kemikten kaynaklandığını belirtmiştir (26). Gümüş ve ark. ise bu duruma ek olarak, hareketli fonksiyonel apareylerin posterior bölgesindeki akrilik tasarım nedeniyle oklüzal kuvvetlerin azaldığını ve oklüzal ilişkiyi sağlamak amacıyla yapılan aşındırma işlemi sonucunda gerçekleşen molar ekstrüzyonunun, trabeküler karmaşıklığı azaltarak FB değerlerinde azalmaya yol açtığını ifade etmiştir (183).

Simfizis Bölgesi Ölçümlerinin Tartışılması:

Grup içi ölçümlerde, mevcut çalışmadaki tüm tedavi gruplarının simfizis bölgesindeki FB değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma tespit edilmiştir. Daha önce yapılan çeşitli çalışmalarda, hareketli ve sabit fonksiyonel apareylerin dentoalveoler etkileri sonucunda alt keser dişlerde protrüzyon ve proklinasyona neden olduğu bildirilmiştir (5,196,234). Mevcut çalışmada elde edilen sefalometrik bulgular, sabit ve hareketli fonksiyonel apareylerin kullanımı sonrasında tüm tedavi gruplarında alt keser dişlerde protrüzyon ve proklinasyon oluştuğunu desteklemektedir. Bu durumun, simfizis bölgesindeki FB değerlerindeki azalmaya katkıda bulunduğu düşünülmektedir.

Simfizis bölgesinde sefalometrik film üzerinde belirlenen ROI alanı, alt keser dişlerin köklerinin bukkal bölgesine oldukça yakın bir konumdadır. Fonksiyonel tedavi sonucunda, alt keser dişlerin kökleri linguale kronları ise bukkale doğru hareket etmekte ve buna bağlı

olarak bukkal bölgedeki kemikte bir remodelasyon süreci gözlenmektedir (258,259). Matsumoto ve ark., 60 iskeletsel Sınıf II hastada, ortodontik tedavi öncesi ve sonrası alveolar kemik yüksekliği ile genişliğini, dişlerin uzun eksen boyunca kesitsel olarak KIBT ile ölçmüş ve lateral sefalogram analizleri gerçekleştirmiştir. Çalışmada, IMPA veya L1-NB değerlerindeki artışların, alveolar kemik genişliğinde azalmalarla (L1-NB: -0,25 mm/mm, IMPA: -0,07 mm/°) ilişkili olduğu ve bu durumun dehisens geliştirme olasılığını artırabileceği belirtilmiştir (264). Ayrıca, ortodontik tedavi sonrası dişlerin çevresindeki kemik yoğunluğunda %24 oranında azalma meydana geldiği, Ting Hsu ve ark. tarafından rapor edilmiştir (260). Mevcut çalışmada, alt keser dişlerin bukkal bölgesinde yer alan kemiğin FB değerlerindeki azalmanın, bu bulgularla paralel olarak kemikte meydana gelen remodelasyon ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bu durum, ortodontik tedavi sırasında alveolar kemiğin dinamik değişimlerinin klinik önemini bir kez daha ortaya koymaktadır.

Mevcut çalışmaya benzer şekilde, Çiçek ve ark. Forsus ve Monoblok apareyi ile tedavi edilen hastalardan tedavi öncesi ve sonrası aldıkları lateral sefalometrik radyografiler kullanılarak yaptıkları çalışmada; bizim çalışmamıza benzer olarak aynı bölgeden alınan 30x30 piksel boyutunda ROİ alanlarının FB değerlerini karşılaştırmışlardır. Çalışmada her iki apareyin de alt keser açılarını arttırdığını ve buna paralel olarak FB değerlerinin tedavi sonrasında azaldığı belirtilmiştir. Bu azalmanın nedeninin, fonksiyonel tedavi ile mandibular kesicilerin dental ark dışına hareket ettirilmesi sonucunda bölgedeki alveol trabekülasyonunun azalmasına ve FD değerlerinde düşüşe neden olduğunu bildirmiştir (265).

Korkmaz ve ark., Twinblok ile tedavi edilen pubertal ve postpubertal dönemdeki hastaların lateral sefalometrik radyografileri üzerinde simfizis bölgesindeki kemiği FA yöntemi ile incelemiştir. Bu çalışmada kullanılan ROI boyutları 60x60 piksel olarak belirlenmiş ve ölçüm yapılan bölge simfizisin merkezi olarak seçilmiştir. Çalışmanın sonucunda, pubertal ve postpubertal grupların FB değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik tespit edilmemiştir (26).

5.3.2.2. FB Değerlerinin Gruplar Arası Değerlendirilmesi

Kondil Bölgesi Ölçümlerinin Tartışılması:

Kondil bölgesindeki FB değişim değerleri gruplar arasında değerlendirildiğinde, kontrol grubuna kıyasla Herbst, Twinblok ve Monoblok gruplarında istatistiksel olarak anlamlı bir artış tespit edilmiştir. Bununla birlikte, Twinblok apareyinin kondilde neden olduğu FB değişim değerinin, Herbst grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla olduğu görülmüştür. Daha önce yayınlanan çalışmalarda, Herbst apareyinin dental

etkilerinin Twinblok apareyine göre belirgin şekilde daha fazla olduğu belirtilmiştir (266–268). Pubertal zirve döneminde Herbst apareyi ile tedavi edilen hastalarda, postpubertal döneme kıyasla daha fazla sagittal ve kondiler büyüme gözlemlendiği rapor edilmiştir (185). Ancak, Herbst apareyinin tamamen dış destekli bir yapıya sahip olması ve kuvveti gün boyunca sürekli olarak dişlere iletmesinin, Twinblok apareyine kıyasla kondilde daha az yeni kemik oluşumuna ve buna bağlı olarak iskeletsel etkinliğin azalmasına yol açtığı düşünülmektedir.

Angulus Bölgesi Ölçümlerinin Tartışılması:

Angulus bölgesindeki FB değişim değerleri gruplar arasında değerlendirildiğinde, kontrol grubuna kıyasla tüm tedavi gruplarında istatistiksel olarak anlamlı artışlar tespit edilmiştir. Ancak, tedavi grupları kendi aralarında karşılaştırıldığında, FB değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Hareketli fonksiyonel apareylerde iletilen kuvvet şekli aralıklı kuvvet, sabit fonksiyonel apareylerde ise sürekli kuvvet şeklinde tanımlanmaktadır (269). Sabit apareylerde, alt çene devamlı protrüzyon pozisyonunda bulunsun da, hastaların vertikal aktivasyonu hareketli apareylere kıyasla daha sınırlıdır. Bu özellikler, hareketli fonksiyonel apareylerin neden olduğu iskelet adaptasyonlardan farklı bir etki yaratmaktadır. Daha önce yapılan çalışmalarda, hareketli fonksiyonel apareylerin mandibular büyüme üzerindeki etkisinin daha çok dikey yönde (270–272); sabit fonksiyonel apareylerde ise sagittal yönde (8,95) gerçekleştiği gösterilmiştir. Öte yandan, angulus bölgesine yapışıklığı bulunan masseter kas aktivitesinin, hem sabit hem de hareketli fonksiyonel aparey tedavileri sonrası tedavi öncesine göre arttığı rapor edilmiştir (250–252). Mevcut çalışmada, fonksiyonel apareylerin mandibulada yarattığı iskeletsel adaptasyonun yönü ve ilettiği kuvvetin şekli her ne kadar farklı olsa da EMG çalışmalarında bildirilen masseter kas aktivasyonundaki artışın angulus bölgesindeki FB değişikliklerine olan etkisinin benzer oranda olduğu görülmüştür.

Korpus Bölgesi Ölçümlerinin Tartışılması:

Korpus bölgesinin FB değişim değerleri gruplar arasında değerlendirildiğinde, Kontrol ve Herbst grubuna göre Monoblok ve Twinblok gruplarında istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğu bulunmuştur.

Hareketli apareylerde, fonksiyonel tedavi sırasında posterior bölge dişlerinin ekstrüzyonunu sağlamak amacıyla uygulanan mölleme işleminin, Monoblok ve Twinblok apareylerinin korpus bölgesinde meydana gelen trabeküler değişikliklerde etkili olduğu düşünülmektedir.

Herbst apareyinin mandibular molar dişlerde ekstrüzyon hareketine neden olduğu, çeşitli araştırmalarda rapor edilmiştir (93,273). Ancak, Herbst apareyi alt çenede döküm halinde gelen ve molar dişlerden kaninlere kadar uzanan, dişleri çevreleyen bir tasarıma sahiptir. Bu tasarım, plunger'ın alt çeneye uyguladığı intrüziv yönlü kuvvetin ilgili bölgedeki dişlere doğrudan iletilmesine neden olmaktadır. Bu durum, sabit apareyin biyomekanik özellikleri nedeniyle, korpus bölgesindeki FB değerlerinde oluşan farklılıkların aparey tasarımıyla ilişkili olduğunu göstermektedir. Kullanılan sabit apareyin tasarımı, ekstrüzyon hareketine izin vermediğinden, korpus bölgesindeki FB değerinde hareketli apareylerde gözlemlenen düzeyde bir değişim meydana gelmemiştir. Bu bulgular, sabit ve hareketli apareylerin biyomekanik tasarım farklılıklarının, kemiğin trabeküler yapısı üzerindeki belirgin etkilerini vurgulamaktadır.

Simfizis Bölgesi Ölçümlerinin Tartışılması:

Simfizis bölgesindeki FB değişim değerleri gruplar arasında değerlendirildiğinde, kontrol grubuna kıyasla tüm tedavi gruplarında istatistiksel olarak anlamlı değişiklikler tespit edilmiştir. Ayrıca, Herbst grubunda meydana gelen FB değişimi, Monoblok ve Twinblok gruplarına kıyasla istatistiksel olarak daha fazla olmuştur.

Bu farklılığın, Herbst apareyinin alt keserlerde oluşturduğu protrüzyon ve proklinasyon hareketinin diğer iki hareketli fonksiyonel apareye göre daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Mevcut çalışmada elde edilen sefalometrik veriler, bu durumu destekler niteliktedir. Daha önce yapılan çeşitli araştırmalarda ise sabit fonksiyonel apareylerin, hareketli fonksiyonel apareylere kıyasla çok daha belirgin dentoalveoler etkilere sahip olduğu belirtilmiştir (266–268).

Monoblok apareyi ile Twinblok apareyinin alt keserler üzerindeki etkisi, sefalometrik veriler incelendiğinde istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir. FB değerleri ile birlikte değerlendirildiğinde, her iki apareyin keser protrüzyonu sonucu bölgede yarattığı trabeküler değişikliklerin benzer olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, Herbst apareyinin, diğer apareylere kıyasla daha fazla keser protrüzyonu oluşturması nedeniyle trabeküler kemikte daha yüksek düzeyde stres yarattığı ve bu durumun tedavi sonrası FB değerinde daha belirgin bir azalma ile sonuçlandığı söylenebilir.

FA yöntemi, literatürde trabeküler kemik değişimlerini değerlendirmek için etkili bir yöntem olarak kabul edilse de bazı limitasyonlara sahiptir. FB hesaplamasında farklı yöntemlerin kullanılması, çalışmalar arasındaki sonuçların etkili bir şekilde karşılaştırılmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, mevcut çalışmada, literatürde en sık kullanılan yöntem olan kutu sayma metodu tercih edilmiştir. Çalışmamızda mandibuladaki FB değişimlerinin

sefalometrik değişimlerle olan ilişkisini değerlendirmek için korelasyon analizi yapılmamış olması, çalışmanın limitasyonlarından biridir. Ayrıca, panoramik radyografilerle elde edilen veriler sıkça karşılaşılan süperpozisyon sorunlarını içermektedir. Bununla birlikte, KIBT kullanılarak yapılan fraktal çalışmaların en büyük dezavantajları yüksek radyasyon dozu ve çözünürlük düşüklüğüdür. Bu durum, çalışmamızın iki boyutlu radyografiler üzerinde yoğunlaşmasını gerektirmiştir.

Mevcut çalışmada, fonksiyonel tedavi sonrası pubertal atılım döneminde mandibular kemikte gerçekleşen trabeküler değişimler ile ilgili bilgiler elde edilmiştir. Bu hastaların uzun dönemli takibi ile yapılacak çalışmalarda, hem fonksiyonel tedavi sonucu değişen trabeküler kemiğin stabilitesi hem de sabit ortodontik tedavinin trabeküler kemikteki etkileri hakkında bilgi edinilecek ve yapılan tedavilerin çok daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlayacaktır.

FB analizinde daha büyük boyutlarda seçilen ROI alanlarının, ilgili bölge hakkında daha fazla bilgi sağlayabileceği bildirilmiştir (148). Ancak, özellikle simfizis bölgesinde 30×30 piksel olarak belirlenen ROI boyutunun, çevre anatomik yapıların sınırlandırması nedeniyle daha büyük alınamaması, çalışmanın bir diğer sınırlamasıdır. Ayrıca, kondilde seçilen ROI dışında kalan periferik trabeküler kemiğin yapısında meydana gelen değişiklikler hakkında yorum yapılamamaktadır. Kondil bölgesini daha detaylı bir şekilde değerlendirmek için farklı kesitlerini inceleyen ileri çalışmalara ihtiyaç vardır. Çalışmamızın retrospektif karakteri nedeniyle, hastaların mandibulasının tek seferde mi yoksa kademeli olarak mı aktive edildiği bilinmemektedir. Bununla birlikte, hastalar mevcut overjet ve aktivasyon miktarlarına göre sınıflandırılmamıştır. Bu durum, başlangıç aktivasyon kuvvetlerinin bireyler arasında farklılık göstermesine yol açmış ve özellikle kondil bölgesinde oluşan değişiklikler üzerinde etkili olmuş olabilir. Retrospektif tasarımın bir diğer sınırlaması olarak, bu kuvvetlerin temporomandibular eklem (TME) üzerindeki etkileri klinik olarak değerlendirilememiş ve radyografik bulgularla ilişkilendirilememiştir. Bu limitasyonlar, mevcut çalışmanın değerlendirilmesi sırasında göz önünde bulundurulmalıdır.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Mevcut çalışmada, pubertal dönemde bulunan iskeletsel Sınıf II maloklüzyonlu hastaların hareketli ve sabit fonksiyonel apareyler ile tedavisi sonrasında mandibular trabeküler kemikte meydana gelen değişiklikler, panoramik ve lateral sefalometrik radyografiler üzerinde FA yöntemi ile değerlendirilmiştir. Elde edilen istatistiksel olarak anlamlı bulgular neticesinde sıfır hipotezi reddedilmiştir. Mandibulanın kondil, angulus, korpus ve simfizis bölgelerine odaklanan bu çalışmada şu sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Tüm tedavi gruplarında, Herbst, Monoblok ve Twinblok apareyleri ile uygulanan tedaviler sonucunda mandibular büyümeyi ifade eden sefalometrik değerlerde istatistiksel olarak anlamlı bir artış tespit edilmiştir.
2. Dentoalveolar değerler incelendiğinde, tüm tedavi gruplarında Herbst, Monoblok ve Twinblok apareyleri ile uygulanan tedaviler sonucunda üst keser dişlerde retrüzyon ve retroklinasyon, alt keser dişlerde ise protrüzyon ve proklinasyon meydana geldiği tespit edilmiştir.
3. Grup içi ölçümlerde, mevcut çalışmada yer alan tüm tedavi gruplarının kondil bölgesindeki FB değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma tespit edilmiştir. Bu azalmanın, kondil bölgesinde hareketli ve sabit aparey tedavileri sonucunda mandibular büyümeye bağlı olarak oluşan olgunlaşmamış kemik dokusundan kaynaklandığı değerlendirilmektedir.
4. Grup içi ölçümlerde, mevcut çalışmada yer alan tüm tedavi gruplarının angulus bölgesindeki FB değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış tespit edilmiştir. Bu artışın, masseter kas aktivitesindeki yükselme ve kas bağlantı noktalarındaki kemik yoğunluğunun artışıyla ilişkili olduğu değerlendirilmektedir. FB değerlerindeki bu artış, angulus bölgesinin trabeküler kemik yapısındaki değişimlere karşı dirençli bir alan olduğunu düşündürmektedir.
5. Grup içi ölçümlerde, mevcut çalışmada yer alan tüm tedavi gruplarının korpus bölgesindeki FB değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma tespit edilmiştir. Bu azalmanın nedeni olarak, Herbst apareyi grubunda mandibular molar dişlerde fonksiyonel tedavilerin yan etkisi olarak gözlemlenen mezializasyon hareketi ve tedavi sırasında azalan ısırma kuvvetlerinin etkili olduğu düşünülmektedir. Hareketli aparey gruplarında ise posterior akrilik alanda gerçekleştirilen selektif möllemeler sonucu oluşan ekstrüzyonun ve molar dişlerde meydana gelen mezializasyon hareketinin, değerlerindeki bu azalmaya katkıda bulunduğu değerlendirilmektedir.

6. Grup içi ölçümlerde, mevcut çalışmada yer alan tüm tedavi gruplarının simfizis bölgesindeki FB değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma tespit edilmiştir. Bu azalmanın, fonksiyonel apareylerin kullanımına bağlı olarak alt keser dişlerde gelişen protrüzyon hareketi ve buna eşlik eden kemik remodelasyonu sonucu meydana geldiği değerlendirilmiştir.
7. Kondil bölgesindeki FB değişim değerleri gruplar arasında değerlendirildiğinde, Twinblok apareyinin kondilde neden olduğu FB değişim değerinin, Herbst grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla olduğu görülmüştür. Herbst apareyinin tamamen diş destekli bir yapıya sahip olması ve kuvveti gün boyunca sürekli olarak dişlere iletmesinin, Twinblok apareyine kıyasla kondilde daha az yeni kemik oluşumuna ve buna bağlı olarak iskeletsel etkinliğin azalmasına yol açtığı düşünülmektedir.
8. Angulus bölgesindeki FB değişim değerleri tüm gruplarda benzer bulunmuştur. Bu durum, sabit ve hareketli apareylerin masseter kas aktivitesini benzer düzeyde artırdığına işaret eden bir bulgu olarak değerlendirilmiştir.
9. Korpus bölgesinin FB değişim değerleri gruplar arasında değerlendirildiğinde, Kontrol ve Herbst grubuna göre Monoblok ve Twinblok gruplarında istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğu bulunmuştur. Hareketli apareylerde, fonksiyonel tedavi sırasında posterior bölge dişlerinin ekstrüzyonunu sağlamak amacıyla uygulanan mölleme işleminin ve apareyin posterior bölgesindeki akriliğin tasarımından kaynaklı azalan oklüzal kuvvetlerin Monoblok ve Twinblok apareylerinin korpus bölgesinde meydana gelen trabeküler değişikliklerde etkili olduğu düşünülmektedir. Ancak, Herbst apareyini kullanımı ile alt çene molar dişlerinde ekstrüzyon gözlenmesine rağmen apareyin tasarımından kaynaklı alt çeneye ve dişlere intrüziv yönlü bir kuvvet uygulamaktadır. Bu durum, sabit apareyin biyomekanik özellikleri nedeniyle, korpus bölgesindeki FB değerlerinde oluşan farklılıkların aparey tasarımıyla ilişkili olduğunu göstermektedir.
10. Simfizis bölgesindeki FB değişim değerleri gruplar arasında değerlendirildiğinde, kontrol grubuna kıyasla tüm tedavi gruplarında istatistiksel olarak anlamlı değişiklikler tespit edilmiştir. Ayrıca, Herbst grubunda meydana gelen FB değişimi, Monoblok ve Twinblok gruplarına kıyasla istatistiksel olarak daha fazla olmuştur. Bu farklılığın, Herbst apareyinin alt keserlerde oluşturduğu protrüzyon (2,91 mm) ve proklinasyon (4,53°) hareketinin Monoblok (1,21 mm; 3,33°) ve Twinblok (1,39 mm; 3,66°) apareylerine göre daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

11. Pubertal dönemdeki hastalarda uygulanan sabit ve hareketli fonksiyonel apareyler, iskeletsel ve dentoalveoler değişikliklerin yanı sıra mandibulanın çeşitli bölgelerinde remodeling süreçlerini de tetikleyerek kemiğin trabeküler yapısında değişikliklere neden olmaktadır.
12. Fonksiyonel apareylerin biyomekanik etkilerini daha iyi anlamak için, farklı yaş gruplarını kapsayan ve pubertal dönemin farklı evrelerini ayrı ayrı değerlendiren çalışmalar yapılması tavsiye edilmektedir.
13. Trabeküler kemiğin adaptif değişikliklerini daha ayrıntılı inceleyebilmek için, histolojik analiz veya mikro-CT gibi ileri görüntüleme yöntemleriyle FA sonuçlarının karşılaştırılması tavsiye edilmektedir.
14. FA, fonksiyonel apareylerin iskeletsel ve dental etkilerini değerlendirmek için sefalometrik analizleri destekleyici bir yöntem olarak kullanılabilir. Kısa sürede uygulanabilirliği, kolay erişilebilirliği ve objektif sonuçlar sunması, yöntemin klinik ve akademik çalışmalarda tamamlayıcı bir araç olarak önemini artırmaktadır. Trabeküler yapıdaki değişimlerin incelenmesinde FA yöntemi, ortodontik tedavi süreçlerine farklı bir bakış açısı kazandırabilir.

KAYNAKÇA

1. Proffit WR, Fields HWJ, Moray LJ. Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment need in the United States: estimates from the NHANES III survey. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 1998;13(2):97–106.
2. Blair ES. A Cephalometric Roentgenographic Appraisal of the Skeletal Morphology of Class I, Class II, Div. 1, and Class II, Div. 2 (Angle) Malocclusions. *Angle Orthod.* 1954;24(2):106–119.
3. Bishara SE, Jakobsen JR, Vorhies B BP. Changes in dentofacial structures in untreated Class II division 1 and normal subjects: A longitudinal study. *Angle Orthod.* 1997;67:55–66.
4. Dolce C, McGorray SP, Brazeau L, King GJ, Wheeler TT. Timing of Class II treatment: Skeletal changes comparing 1-phase and 2-phase treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2007;132(4):481–9.
5. Tümer N, Gültan AS. Comparison of the effects of monoblock and twin-block appliances on the skeletal and dentoalveolar structures. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;116(4):460–8.
6. O'Brien K, Wright J, Conboy F, Sanjie YW, Mandall N, Chadwick S, et al. Effectiveness of treatment for class II malocclusion with the Herbst or Twin-block appliances: A randomized, controlled trial. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2003;124(2):128–37.
7. Pancherz H. The effects, limitations, and long-term dentofacial adaptations to treatment with the Herbst appliance. *Semin Orthod.* 1997;3(4):232–43.
8. Paulsen HU. Morphological changes of the TMJ condyles of 100 patients treated with the Herbst appliance in the period of puberty to adulthood: A long-term radiographic study. *Eur J Orthod.* 1997;19(6):657–68.
9. Ruf S, Pancherz H. Temporomandibular joint remodeling in adolescents and young adults during Herbst treatment: A prospective longitudinal magnetic resonance imaging and cephalometric radiographic investigation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;115(6):607–18.
10. Amuk NG, Baysal A, Coskun R, Kurt G. Effectiveness of incremental vs maximum bite advancement during Herbst appliance therapy in late adolescent and young adult patients. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2019;155(1):48–56.
11. Rakosi T, Graber T, Petrovic A. Dentofacial orthopedics with functional appliances. St

- Louis: Mosby; 1985. 391–411 p.
12. McNamara JA, Allen Bryan F. Long-term mandibular adaptations to protrusive function: An experimental study in *Macaca mulatta*. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1987;92(2):98–108.
 13. Hirzel HC, Grewe JM. Activators: A practical approach. *Am J Orthod*. 1974;66(5):557–70.
 14. Tulley WJ. The scope and limitations of treatment with the activator. *Am J Orthod*. 1972;61(6):562–77.
 15. Bollen A, Taguchi A, Hujoel P, Hollender L. Fractal dimension on dental radiographs. *Dentomaxillofac Radiol*. 2001;30(5):270–275.
 16. Mol A, Dunn SM. The performance of projective standardization for digital subtraction radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2003;96(3):373–82.
 17. Tosoni GM, Lurie AG, Cowan AE, Burleson JA. Pixel intensity and fractal analyses: detecting osteoporosis in perimenopausal and postmenopausal women by using digital panoramic images. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2006;102(2):235–41.
 18. Maha Eshak Amer, Min-Suk Heo, Sharon L Brooks EB. Anatomical variations of trabecular bone structure in intraoral radiographs using fractal and particles count analyses. *Imaging Sci Dent*. 2012;42(1):5–12.
 19. Güleç M, Taşşöker M, Özcan S. Tıpta ve Diş Hekimliğinde Fraktal Analiz. *EÜ Dişhek Fak Derg*. 2019;40:17–31.
 20. Apolinario AC, Sindeaux R, De Souza Figueiredo PT, Guimarães ATB, Acevedo AC, Castro LC, et al. Dental panoramic indices and fractal dimension measurements in osteogenesis imperfecta children under pamidronate treatment. *Dentomaxillofac Radiol*. 2016;45(4):1–9.
 21. Bulut DG, Bayrak S, Uyeturk U, Ankarali H. Mandibular indexes and fractal properties on the panoramic radiographs of the patients using aromatase inhibitors. *Br J Radiol*. 2018;91(1091).
 22. Bayrak S, Göller Bulut D, Orhan K, Sinanoğlu EA, Kurşun Çakmak EŞ, Mısırlı M, et al. Evaluation of osseous changes in dental panoramic radiography of thalassemia patients using mandibular indexes and fractal size analysis. *Oral Radiol*. 2020;36(1):18–24.
 23. Arsan B, Köse TE, Çene E, Özcan İ. Assessment of the trabecular structure of

- mandibular condyles in patients with temporomandibular disorders using fractal analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2017;123(3):382–91.
24. Cesur E, Bayrak S, Kursun-Çakmak ES, Arslan C, Köklü A, Orhan K. Evaluating the effects of functional orthodontic treatment on mandibular osseous structure using fractal dimension analysis of dental panoramic radiographs. *Angle Orthod.* 2020;90(6):783–93.
 25. Rothe LE, Bollen AM, Little RM, Herring SW, Chaison JB, Chen CSK, et al. Trabecular and cortical bone as risk factors for orthodontic relapse. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2006;130(4):476–84.
 26. Korkmaz YN, Akbulut S, Bayrak S. Comparison of the effects of removable functional appliance therapy applied in pubertal and postpubertal periods: A retrospective cephalometric and fractal analyses study. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2023;163(5):700–9.
 27. Yüzbaşıoğlu Ertuğrul B. Effects of removable functional orthodontic apparatus on mandibular condyle bone quality. *Int Dent Res.* 2021;11(Suppl. 1):7–11.
 28. Dilaver BE, Günaçar DN, Kiki A. Evaluation of architectural changes in mandibular trabecular and cortical bone pattern after functional treatment. *Australas Orthod J.* 2022;38(2):380–7.
 29. Akan B, Ünlü Kurşun B. Structural changes in the trabecular bone of the mandibular condyle of growing patients with sagittal jaw discrepancy treated with the twin-block appliance. *Orthod Craniofacial Res.* 2022;25(1):142–9.
 30. Amuk M, Gul Amuk N, Yılmaz S. Treatment and posttreatment effects of Herbst appliance therapy on trabecular structure of the mandible using fractal dimension analysis. *Eur J Orthod.* 2022;44(2):125–33.
 31. Angle EH. Classification of malocclusion. *Dent Cosm.* 1899;41:350–7.
 32. McNamara Jr JA. Components of Class II malocclusion in children 8–10 years of age. *Angle Orthod.* 1981;51(3):177–202.
 33. Proffit WR. Malocclusion and dentofacial deformity in contemporary society. *Contemp Orthod.* 1986;2–13.
 34. Angle EH. Classification of malocclusion. *Dental Cosmos* 41: 248–64. *Braz Dent J.* 1899;21:247–52.
 35. Nanda RS, Dandajena TC, Nanda R. Biomechanic strategies for nonextraction Class II malocclusions. In: *Biomechanics and esthetic strategies in clinical orthodontics.* Elsevier; 2005. p. 177–93.

36. Ast DB, Carlos JP, Cons NC. The prevalence and characteristics of malocclusion among senior high school students in upstate New York. *Am J Orthod.* 1965;51(6):437–45.
37. Sarı Z, Uysal T, Karaman Aİ, Başçıftı FA, Üşümez S, Demir A. Ortodontik Maloklüzyonlar Ve Tedavi Seçeneklerinin Değerlendirilmesi: Epidemiyolojik bir Çalışma. Vol. 16, *Turkish Journal of Orthodontics.* 2003. p. 119–26.
38. Sayın MÖ, Türkkahraman H. Ortodontik tedavi amacıyla başvuran bir hasta popülasyonunun incelenmesi. *SDU Med Fac J.* 2009;12(3):23–6.
39. Gelgör İE, Karaman İA, Ercan E. Prevalence of Malocclusion Among Adolescents In Central Anatolia. *Eur J Dent.* 2007;01(03):125–31.
40. Graber TM, Rakosi T, Petrovic AG. Dentofacial orthopedics with functional appliances. 1997;
41. Bishara SE. Class II malocclusions: Diagnostic and clinical considerations with and without treatment. *Semin Orthod.* 2006;12(1):11–24.
42. Richard A. Smith, D.D.S. MSD. The Etiology of Angle Class II Division I Malocclusion. *Angle Orthod.* 1939;9(1):15–9.
43. Mossey P. The Heriability of Malocclusion: Part 2. The Influence of Genetics in Malocclusion. *Br J Orthod.* 1999;26(2):195–203.
44. Ülgen M. Ortodonti: anomaliler, sefalometri, etoloji, büyüme ve gelişim, tanı. Yeditepe Üniversitesi; 2000.
45. Moyers RE. Handbook of orthodontics 2nd ed. Chicago, IL: Year Book Medical Publishers. Inc; 1963.
46. H Panherz 1, K Zieber BH. Cephalometric characteristics of Class II division 1 and Class II division 2 malocclusions: A comparative study in children. *Angle Orthod.* 1997;67(2):111–20.
47. Panherz H, Ruf S. The Herbst Appliance Research-based Clinical Management,. Quintessence Publishing Co Ltd.; 2008.
48. Proffit WR, Phillips C, Douvartzidis N. A comparison of outcomes of orthodontic and surgical-orthodontic treatment of class II malocclusion in adults. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1992;101(6):556–65.
49. Moss ML, Salentijn L. The primary role of functional matrices in facial growth. *Am J Orthod.* 1969;55(6):566–77.
50. Moss JP. Function-fact or fiction? *Am J Orthod.* 1975;67(6):625–46.
51. Woodside DG. Do functional appliances have an orthopedic effect? *Am J Orthod*

- Dentofac Orthop.* 1998;113(1):11–4.
52. Wahl N. Orthodontics in 3 millennia. Chapter 9: Functional appliances to midcentury. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2006;129(6):829–33.
 53. Serogl HG, Zentner A. A comparative assessment of acceptance of different types of functional appliances. *Eur J Orthod.* 1998;20(5):517–24.
 54. Ülgen M. Ortodontik tedavi prensipleri. Ankara Üniversitesi Basımevi. 1983;161–96.
 55. Harvold EP, Vargervik K. Morphogenetic response to activator treatment. *Am J Orthod.* 1971;60(5):478–90.
 56. Ahlgren J, Laurin C. Late results of activator-treatment: a cephalometric study. *Br J Orthod.* 1976;3(3):181–7.
 57. Bilgiç F, Başaran G, Hamamci O. Comparison of Forsus FRD EZ and Andresen activator in the treatment of class II, division 1 malocclusions. *Clin Oral Investig.* 2015;19(2):445–51.
 58. Courtney M, Harkness M, Herbison P. Maxillary and cranial base changes during treatment with functional appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996;109(6):616–24.
 59. Ruf S, Baltromejus S, Pancherz H. Effective Condylar Growth and Chin Position Changes in Activator Treatment: A Cephalometric Roentgenographic Study. *Angle Orthod.* 2001;71(1):4–11.
 60. Cura N, Sarac M, Oztürk Y, Sürmeli N. Orthodontic and orthopedic effects of Activator, Activator-HG combination, and Bass appliances: a comparative study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996;110(1):36–45.
 61. Lux CJ, Rübel J, Starke J, Conradt C, Stellzig A, Komposch G. Effects of Early Activator Treatment in Patients with Class II Malocclusion Evaluated by Thin-Plate Spline Analysis. *Angle Orthod.* 2001;71(2):120–6.
 62. Bjöek A. The principle of the Andresen method of orthodontic treatment, a discussion based on cephalometric x-ray analysis of treated cases. *Am J Orthod.* 1951;37(6):437–58.
 63. Wieslander L, Lagerström L. The effect of activator treatment on Class II malocclusions. *Am J Orthod.* 1979;75(1):20–6.
 64. Forsberg CM, Odenrick L. Skeletal and soft tissue response to activator treatment. *Eur J Orthod.* 1981;3(4):247–53.
 65. Webster T, Harkness M, Herbison P. Associations between changes in selected facial dimensions and the outcome of orthodontic treatment Trevor. *Am J Orthod Dentofacial*

- Orthop.* 1996;110(1):46–53.
66. Öztürk Y, Tankuter N. Class II: A comparison of activator and activator headgear combination appliances. *Eur J Orthod.* 1994;16(2):149–57.
 67. Graber TM. Removable orthodontic appliances. Saunders. WB Co.; 1977. 229–246 p.
 68. Nelson C, Harkness M, Herbison P. Mandibular changes during functional appliance treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1993;104(2):153–61.
 69. Varlik SK, Gültan A, Tümer N. Comparison of the effects of Twin Block and activator treatment on the soft tissue profile. *Eur J Orthod.* 2008;30(2):128–34.
 70. Clark WJ. The twin block traction technique. *Eur J Orthod.* 1982;4(2):129–38.
 71. Clark WJ. Twin block functional therapy. JP Medical Ltd; 1995.
 72. Mills CM, McCulloch KJ. Treatment effects of the twin block appliance: a cephalometric study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;114(1):15–24.
 73. Lund DI, Sandler PJ. The effects of Twin Blocks: a prospective controlled study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;113(1):104–10.
 74. Toth LR, McNamara JA. Treatment effects produced by the twin-block appliance and the FR-2 appliance of Fränkel compared with an untreated Class II sample. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;116(6):597–609.
 75. Illing HM, Morris DO, Lee RT. A prospective evaluation of Bass, Bionator and Twin Block appliances. Part I—the hard tissues. *Eur J Orthod.* 1998;20(5):501–16.
 76. Antanas Š. The effects of the Twin-block appliance treatment on the skeletal and dentolaveolar changes in Class II Division 1 malocclusion. *Medicina (Kaunas).* 2005;41(5):392–400.
 77. Morris DO, Illing HM, Lee RT. A prospective evaluation of Bass, Bionator and Twin Block appliances. *Eur J Orthod.* 1998;20(6):663–84.
 78. O'Brien K, Macfarlane T, Wright J, Conboy F, Appelbe P, Birnie D, et al. Early treatment for Class II malocclusion and perceived improvements in facial profile. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2009;135(5):580–5.
 79. Quintão C, Brunharo IHVP, Menezes RC, Almeida MAO. Soft tissue facial profile changes following functional appliance therapy. *Eur J Orthod.* 2006;28(1):35–41.
 80. Graber TM NB. Removable Orthodontic Appliances. In: WB, Saunders, editors. Philadelphia; 1977. p. 133–82.
 81. Shen G, Hägg U, Darendeliler MA. Skeletal effects of bite jumping therapy on the mandible -removable vs. Fixed functional appliances. *Orthod Craniofacial Res.* 2005;8(1):2–10.

82. Bishara SE. Textbook of orthodontics. Saunders Company. Philadelphia; 2001.
83. Baccetti T, Franchi L, Stahl F. Comparison of 2 comprehensive Class II treatment protocols including the bonded Herbst and headgear appliances: A double-blind study of consecutively treated patients at puberty. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2009;135(6):698.e1-698.e10.
84. Küçükkeleş N, İlhan I, Orgun IA. Treatment efficiency in skeletal Class II patients treated with the Jasper Jumper: A cephalometric evaluation. *Angle Orthod.* 2007;77(3):449–56.
85. Pancherz H, Ruf S, Kohlhas P. “Effective condylar growth” and chin position changes in Herbst treatment: a cephalometric roentgenographic long-term study. In: American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics. *Elsevier*; 1998. p. 437–46.
86. Ritto AK, Ferreira AP. Fixed functional appliances--a classification. *Funct Orthod.* 2000;17(2):12-30,32.
87. McNamara JA, Howe RP, Dischinger TG. A comparison of the Herbst and Fränkel appliances in the treatment of Class II malocclusion. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1990;98(2):134–44.
88. Pancherz H, Hägg U. Dentofacial orthopedics in relation to somatic maturation. An analysis of 70 consecutive cases treated with the Herbst appliance. *Am J Orthod.* 1985;88(4):273–87.
89. Pancherz H. McNamara, J.A. and Brudon, W.L. (2001) Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. Needham Press Inc, Ann Arbor. *Semin Orthod.* 2003;9(1):3–11.
90. McNamara, J.A. and Brudon WL. Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. Needham Press Inc, Ann Arbor. 2001.
91. McNamara JA, Brudon WL, Kokich VG. Orthodontics and dentofacial orthopedics. Needham Press Ann Arbor; 2001.
92. Pancherz H. Treatment of Class II malocclusions by jumping the bite with the Herbst appliance. A cephalometric investigation. *Am J Orthod.* 1979;76(4):423–42.
93. Pancherz H. The Herbst appliance: Its biologic effects and clinical use. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1985;87:1–20.
94. Windmiller EC. The acrylic-splint Herbst appliance: A cephalometric evaluation. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1993;104(1):73–84.
95. Pancherz H, Anehus-Pancherz M. The headgear effect of the Herbst appliance: a cephalometric long-term study. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1993;103(6):510–20.
96. King GJ, Keeling SD HR and WT. The timing of treatment for class II malocclusions

- in children:a literature review. *Angle Orthod.* 1990;(60):87–97.
97. Järvinen S. Incisal overjet and traumatic injuries to upper permanent incisors: A retrospective study. *Acta Odontol Scand.* 1978;36(5–6):359–62.
 98. Mazzola R, Jacobs GB. Social and psychological implications of paraplegia. Vol. 5, *Journal of neurosurgical nursing.* 1973. p. 63–8.
 99. Årtun J, Behbehani F, Al-Jame B, Kerosuo H. Incisor trauma in an adolescent Arab population: Prevalence, severity, and occlusal risk factors. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2005;128(3):347–52.
 100. Faltin K, Faltin RM, Baccetti T, Franchi L, Ghiozzi B, McNamara JA. Long-term effectiveness and treatment timing for bionator therapy. *Angle Orthod.* 2003;73(3):221–30.
 101. Baccetti T, Franchi L, Toth LR, McNamara JA. Treatment timing for Twin-block therapy. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2000;118(2):159–70.
 102. Von Bremen J, Pancherz H. Efficiency of early and late Class II Division 1 treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2002;121(1):31–7.
 103. Ruf Sabine and Hans Pancherz. Dentoskeletal effects and facial profile changes in young adults treated with the Herbst appliance. *Angle Orthod.* 1999;69(3):239–46.
 104. Ajmera S, Venkatesh S, Ganeshkar S V. Volumetric evaluation of root resorption during orthodontic treatment. *J Clin Orthod.* 2014;48(2):113–9.
 105. Kakadiya A, Tandon R, Azam A, Kulshrestha R, Bhardwaj M. Recent Advancements in Diagnostic Aids in Orthodontics - A Review. *SM Dent J.* 2017;3(2):1–8.
 106. Greulich WW, Pyle SI. Radiographic atlas of skeletal development of the handandwrist. Stanford University Press; 1959.
 107. Karatas OH, Toy E. Three-dimensional imaging techniques: A literature review. *Eur J Dent.* 2014;8(1):132–40.
 108. Farman AG. Panoramic Radiology. Springer Berlin Heidelberg; 2007.
 109. GR. S. Oral radiology. Principles and interpretation. *J Dent.* 1983;1(3):278–9.
 110. Watanabe PCA, Faria V, Camargo AJ, Dos Santos M. Multiple radiographic analysis (systemic disease): dental panoramic radiography. *J Oral Heal Dent care.* 2017;1(1):7.
 111. Harorlu A. AH, Yılmaz AB., Bilge OM., Dağıstan S., Çakur B., Çağlayan F. MÖ, MA. S. Ağız Diş ve Çene Radyolojisi. 1st ed. istanbul: Nobel Tıp Kitabevleri; 2014. 133–90 p.
 112. Whaites E, Drage N. Essentials of dental radiography and radiology. *Elsevier Health Sciences;* 2013.

113. Chen YJ, Chen SK, Yao JCC, Chang HF. The effects of differences in landmark identification on the cephalometric measurements in traditional versus digitized cephalometry. *Angle Orthod.* 2004;74(2):155–61.
114. Mckee IW, Williamson PC, Lam EW, Heo G, Glover KE, Major PW. The accuracy of 4 panoramic units in the projection of mesiodistal tooth angulations. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2002;121(2):166–75.
115. Gaddam R, Shashikumar HC, Lokesh NK, Suma T, Arya S, Shwetha GS. Assessment of Image Distortion from Head Rotation in Lateral Cephalometry. *J Int oral Heal JIOH.* 2015;7(6):35–40.
116. Gurkeerat Singh. Landmarks and Analyses. In: Textbook of Orthodontics. 3rd ed. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2007. p. 95.
117. Al-Omari I, Millett DT, Ayoub AF. Methods of assessment of cleft-related facial deformity: A review. *Cleft Palate-Craniofacial J.* 2005;42(2):145–56.
118. Agrawal JM, Agrawal MS, Nanjannawar LG, Parushetti AD. CBCT in orthodontics: The wave of future. *J Contemp Dent Pract.* 2013;14(1):153–7.
119. Walker L, Enciso R, Mah J. Three-dimensional localization of maxillary canines with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2005;128(4):418–23.
120. Heimisdottir K, Bosshardt D, Ruf S. Can the severity of root resorption be accurately judged by means of radiographs? A case report with histology. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2005;128(1):106–9.
121. Peck JL, Sameshima GT, Miller A, Worth P, Hatcher DC. Mesiodistal root angulation using panoramic and cone beam CT. *Angle Orthod.* 2007;77(2):206–13.
122. Sforza E, Bacon W, Weiss T, Thibault A, Petiau C, Krieger J. Upper airway collapsibility and cephalometric variables in patients with obstructive sleep Apnea. *Am J Respir Crit Care Med.* 2000;161(2 I):347–52.
123. Wörtche R, Hassfeld S, Lux CJ, Müssig E, Hensley FW, Krempien R, et al. Clinical application of cone beam digital volume tomography in children with cleft lip and palate. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2006;35(2):88–94.
124. Chan HJ, Woods M, Stella D. Three-dimensional computed craniofacial tomography (3D-CT): potential uses and limitations. *Aust Orthod J.* 2007;23(1):55–64.
125. Cevitanes LHS, Bailey LJ, Tucker GR, Styner MA, Mol A, Phillips CL, et al. Superimposition of 3D cone-beam CT models of orthognathic surgery patients. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2005;34(6):369–75.

126. Geraets WGM, Van der Stelt PF. Fractal properties of bone. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2000;29(3):144–53.
127. Chakerian D, Mandelbrot BB. The Fractal Geometry of Nature. Vol. 15, *The College Mathematics Journal.* 1984. p. 175.
128. Mandelbrot B. The Fractal Geometry of Nature. 3th Ed. New York: W.H. Freeman & Co.; 1982. 3–468 p.
129. Sánchez I, Uzcátegui G. Fractals in dentistry. *J Dent.* 2011;39(4):273–92.
130. Demirbaş AK, Ergün S, Güneri P, Aktener BO, Boyacioğlu H. Mandibular bone changes in sickle cell anemia: fractal analysis. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2008;106(1):41–8.
131. Smith TG, Lange GD, Marks WB. Fractal methods and results in cellular morphology - Dimensions, lacunarity and multifractals. *J Neurosci Methods.* 1996;69(2):123–36.
132. Flook AG. The use of dilation logic on the quantimet to achieve fractal dimension characterisation of textured and structured profiles. *Powder Technol.* 1978;21(2):295–8.
133. Sanchez-Molina D, Velazquez-Ameijide J, Quintana V, Arregui-Dalmases C, Crandall JR, Subit D, et al. Fractal dimension and mechanical properties of human cortical bone. *Med Eng Phys.* 2013;35(5):576–82.
134. Narter F. Geometry of cancer and fractals in bladder cancer. :11–7.
135. Cheung N, Donaghue KC, Liew G, Rogers SL, Wang JJ, Lim SW, et al. Quantitative Assessment of Early Diabetic Retinopathy Using Fractal Analysis. *Diabetes Care.* 2009;32(1):106–10.
136. Chung HW, Huang YH. Fractal analysis of nuclear medicine images for the diagnosis of pulmonary emphysema: Interpretations, implications, and limitations. *Am J Roentgenol.* 2000;174(4):1055–9.
137. Kuikka JT, Nagao M. Fractal analysis of cerebral blood flow distribution in Alzheimer's disease. *J Nucl Med.* 2002;43(12):1727–8.
138. Tapanainen JM, Thomsen PEB, Køber L, Torp-Pedersen C, Mäkikallio TH, Still AM, et al. Fractal analysis of heart rate variability and mortality after an acute myocardial infarction. *Am J Cardiol.* 2002;90(4):347–52.
139. Shrout MK, Roberson B, Potter BJ, Mailhot JM, Hildebolt CF. A Comparison of 2 Patient Populations Using Fractal Analysis. *J Periodontol.* 1998;69(1):9–13.
140. Chen SK, Oviir T, Lin CH, Leu LJ, Cho BH, Hollender L. Digital imaging analysis with mathematical morphology and fractal dimension for evaluation of periapical

- lesions following endodontic treatment. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2005;100(4):467–72.
141. Zeytinoğlu M, İlhan B, DüNDAR N, Boyacıoğlu H. Fractal analysis for the assessment of trabecular peri-implant alveolar bone using panoramic radiographs. *Clin Oral Investig*. 2015;19(2):519–24.
 142. Umemori S, Tonami K, Nitta H, Mataka S, Araki K. The Possibility of Digital Imaging in the Diagnosis of Occlusal Caries. *Int J Dent*. 2010;2010:1–4.
 143. Drummond JL. Fractals, Surface Roughness, and Fracture Toughness of Dental Composite and Unfilled Resin Fracture Surfaces. *Cells Mater*. 1997;7(2):95–102.
 144. Drummond JL, Thompson M, Super BJ. Fracture surface examination of dental ceramics using fractal analysis. *Dent Mater*. 2005;21(6):586–9.
 145. Sarul M, Mikulewicz M, Kozakiewicz M, Jurczyszyn K. Surface Evaluation of Orthodontic Brackets Using Texture and Fractal Dimension Analysis. *Materials (Basel)*. 2022;15(6):1–11.
 146. Sarul M, Kozakiewicz M, Jurczyszyn K. Surface Evaluation of Orthodontic Wires Using Texture and Fractal Dimension Analysis. *Materials (Basel)*. 2021;14(13):1–13.
 147. Wagle N, Nha N Do, Yu J, Borke JL. Fractal analysis of the PDL-bone interface and implications for orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2005;127(6):655–61.
 148. Köse E, Ay Ünüvar Y, Uzun M. Assessment of the relationship between fractal analysis of mandibular bone and orthodontic treatment duration: A retrospective study. *J Orofac Orthop*. 2022;83:102–10.
 149. Akbulut S, Bayrak S, Korkmaz YN. Prediction of rapid palatal expansion success via fractal analysis in hand-wrist radiographs. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2020;158(2):192–8.
 150. Gulec M, Tassoker M, Ozcan S, Orhan K. Evaluation of the mandibular trabecular bone in patients with bruxism using fractal analysis. *Oral Radiol*. 2021;37(1):36–45.
 151. Çiçek O, Özden S, Arslan D. Evaluation of Trabecular Changes Using Fractal Analysis After Orthodontic Treatment for Congenital Maxillary Lateral Incisor Missing with Space Opening and Closure Methods. *Batı Karadeniz Tıp Derg*. 2024;8(1):43–51.
 152. Özden S, Çiçek O. Assessment of the Mandibular Osseous Architecture in Cleft Lip and Palate Using Fractal Dimension Analysis: A Pilot Study. *J Clinical Med*. 2024;13(23):7334.
 153. Björk A. Timing of interceptive orthodontic measures based on stages of maturation.

- Trans Eur Orthod Soc.* 1972;61–74.
154. White SC, Rudolph DJ. Alterations of the trabecular pattern of the jaws in patients with osteoporosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1999;88(5):628–35.
 155. Pancherz H. Dentofacial orthopedics or orthognathic surgery: is it a matter of age? *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;117(5):571–4.
 156. Baumrind S, Korn EL, Isaacson RJ, West EE, Molthen R. Quantitative analysis of the orthodontic and orthopedic effects of maxillary traction. *Am J Orthod.* 1983;84(5):384–98.
 157. Harold M F. Wolff’s Law and bone’s structural adaptations to mechanical usage: an overview for clinicians. *Angle Orthod.* 1994;64(3):175–88.
 158. Clark WJ. Twin block functional therapy: Applications in dentofacial orthopaedics St Louis: Mosby. In: 2nd edn. 2002. p. 3–4.
 159. W. J. Clark, B.D.S. DDO. The twin block technique A functional orthopedic appliance system. 1988;1–18.
 160. McNamara JA. Neuromuscular and skeletal adaptations to altered function in the orofacial region. *Am J Orthod.* 1973;64(6):578–606.
 161. McNamara JA, Carlson DS. Quantitative analysis of temporomandibular joint adaptations to protrusive function. *Am J Orthod.* 1979;76(6):593–611.
 162. Xiong H, Hägg U, Tang GH, Rabie ABM, Robinson W. The effect of continuous bite-jumping in adult rats: A morphological study. *Angle Orthod.* 2004;74(1):86–92.
 163. Vargervik K, Harvold EP. Response to activator treatment in Class II malocclusions. *Am J Orthod.* 1985;88(3):242–51.
 164. Tulloch JF, Phillips C, Koch G, Proffit WR. The effect of early intervention on skeletal pattern in Class II malocclusion a randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997;111(4):391–400.
 165. Keeling SD, Wheeler TT, King GJ, Garvan CW, Cohen D a, Cabassa S, et al. Anteroposterior skeletal and dental changes after early Class II treatment with bionators and headgear. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;113(1):40–50.
 166. O’Brien K, Wright J, Conboy F, Sanjie YW, Mandall N, Chadwick S, et al. Effectiveness of early orthodontic treatment with the Twin-block appliance: A multicenter, randomized, controlled trial. Part 1: Dental and skeletal effects. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2003;124(3):234–43.
 167. Trenouth MJ, Desmond S. A randomized clinical trial of two alternative designs of

- Twin-block appliance. *J Orthod.* 2012;39(1):17–24.
168. Koretsi V, Zymperdikas VF, Papageorgiou SN, Papadopoulos MA. Treatment effects of removable functional appliances in patients with Class II malocclusion: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2015;37(4):418–34.
 169. Zymperdikas VF, Koretsi V, Papageorgiou SN, Papadopoulos MA. Treatment effects of fixed functional appliances in patients with Class II malocclusion: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2016;38(2):113–26.
 170. Woodside DG, Metaxas A, Altuna G. The influence of functional appliance therapy on glenoid fossa remodeling. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1987;92(3):181–98.
 171. Güner DD, Öztürk Y, Sayman HB. Evaluation of the effects of functional orthopaedic treatment on temporomandibular joints with single-photon emission computerized tomography. *Eur J Orthod.* 2003;25(1):9–12.
 172. Pancherz H, Fischer S. Amount and direction of temporomandibular joint growth changes in herbst treatment: A cephalometric long-term investigation. *Angle Orthod.* 2003;73(5):493–501.
 173. Atresh A, Cevidanes LHS, Yatabe M, Muniz L, Nguyen T, Larson B, et al. Three-dimensional treatment outcomes in Class II patients with different vertical facial patterns treated with the Herbst appliance. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2018;154(2):238-248.e1.
 174. Kato CNAO, Barra SG, Tavares NPK, Amaral TMP, Brasileiro CB, Mesquita RA, et al. Use of fractal analysis in dental images: A systematic review. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2020;49(2).
 175. Ergün S, Saraçoğlu A, Güneri P, Özpınar B. Application of fractal analysis in hyperparathyroidism. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2009;38(5):281–8.
 176. Roberts WE, Epker BN, Burr DB, Hartsfield JK, Roberts JA. Remodeling of Mineralized Tissues, Part II: Control and Pathophysiology. *Semin Orthod.* 2006;12(4):238–53.
 177. Melsen B. Tissue reaction to orthodontic tooth movement—a new paradigm. *Eur J Orthod.* 2001;23(6):671–81.
 178. Güleç M, Taşşöker M, Özcan S. Mandibular trabeküler kemiğin fraktal boyutu: Yaş, cinsiyet ve ilgi alanı seçiminin önemi nedir? *Selcuk Dent J.* 2019;6(4):15–9.
 179. Korkmaz YN, Arslan S. Evaluation of the trabecular structure of the mandibular condyles by fractal analysis in patients with different dentofacial skeletal patterns. *Australas Orthod J.* 2021;37(1):93–9.

180. Ok U, Kaya TU. Fractal Perspective on the Rapid Maxillary Expansion Treatment; Evaluation of the Relationship Between Midpalatal Suture Opening and Dental Effects. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* 2022;123(4):422–8.
181. Orhan ÇİÇEK , Samet ÖZDEN DA. Evaluation of Trabecular Changes Using Fractal Analysis After Orthodontic Treatment for Congenital Maxillary Lateral Incisor Missing with Space Opening and Closure Methods. *Medical Journal of Western Black Sea.* 2024;8(1):43–51.
182. Servais JA, Gaalaas L, Lunos S, Beiraghi S, Larson BE, Leon-Salazar V. Alternative cone-beam computed tomography method for the analysis of bone density around impacted maxillary canines. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2018;154(3):442–9.
183. Bolat Gümüş E, Yavuz E, Tufekci C. Effects of functional orthopedic treatment on mandibular trabecular bone in class II patients using fractal analysis. *J Orofac Orthop.* 2023;84:155–64.
184. Perinetti G, Contardo L. Reliability of Growth Indicators and Efficiency of Functional Treatment for Skeletal Class II Malocclusion: Current Evidence and Controversies. *Biomed Res Int.* 2017;2017(Cvm):30–3.
185. 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. *Eur J Orthod.* 1988;10(1):169–76.
186. Cozza P, Baccetti T, Franchi L, De Toffol L, McNamara JA. Mandibular changes produced by functional appliances in Class II malocclusion: A systematic review. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2006;129(5):599.e1-599.e12.
187. Perinetti G, Primožič J, Franchi L, Contardo L. Treatment effects of removable functional appliances in pre-pubertal and pubertal Class II patients: A systematic review and meta-analysis of controlled studies. *PLoS One.* 2015;10(10):1–35.
188. Hägg U, Taranger J. Maturation indicators and the pubertal growth spurt. *Am J Orthod.* 1982;82(4):299–309.
189. Hägg U, Rabie ABM, Bendeus M, Wong RWK, Wey MC, Du X, et al. Condylar growth and mandibular positioning with stepwise vs maximum advancement. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008;134(4):525–36.
190. Chayanupatkul A, Rabie ABM, Hägg U. Temporomandibular response to early and late removal of bite-jumping devices. *Eur J Orthod.* 2003;25(5):465–70.
191. Hägg U, Du X, Rabie ABM, Bendeus M. What does headgear add to Herbst treatment and to retention. *Semin Orthod.* 2003;9(1):57–66.

192. Büyükbayraktar ZÇ. Fractal Analysis of Mandibular Trabecular Structure in Individuals with Different Vertical Dentofacial Skeletal Patterns. 2023;1–11.
193. Teuscher U. A growth-related concept for skeletal Class II treatment. *Am J Orthod.* 1978;74(3):258–75.
194. Manjeet Singh and Syed Zameer Khurshaid. Comparison of the effects of activator and twin block treatment on skeletal, dental and soft tissues. *Int J Appl Dent Sci.* 2020;6(4):474–7.
195. Akan B, Erhamza TS. Does Appliance Design Affect Treatment Outcomes of Class II Division 1 Malocclusion? A Two-Center Retrospective Study. *J Oral Maxillofac Res.* 2021;12(2):1–11.
196. Genc E, Karaman A, Püskül G. Evaluation of Dent aluation of Dentoskeletal and Phar eletal and Pharyngeal Air yngeal Airway Changes after y Changes after Treatment with Twin Block and Monoblock Appliance in Growing Patients. *J Dent Indones.* 2022;29(3):211–22.
197. Parekh U, Shetti S, Golgire S, Nannajanawar L, Fulari S. A Fractal Dimension Analysis to Evaluate the Change in the Alveolar Osseous Structure of Mandibular Incisors after Orthodontic Treatment: A Retrospective Study. *J Clin Diagnostic Res.* 2023;33–6.
198. Cheib Vilefort PL, Farah LO, Gontijo HP, Moro A, Ruellas AC de O, Cevidanes LHS, et al. Condyle-glenoid fossa relationship after Herbst appliance treatment during two stages of craniofacial skeletal maturation: A retrospective study. *Orthod Craniofacial Res.* 2019;22(4):345–53.
199. Leung DK, Hägg U. An Electromyographic Investigation of the First Six Months of Progressive Mandibular Advancement of the Herbst Appliance in Adolescents. *Angle Orthod.* 2001;71(3):177–84.
200. Gumussoy I, Miloglu O, Cankaya E, Bayrakdar IS. Fractal properties of the trabecular pattern of the mandible in chronic renal failure. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2016;45(5).
201. Gümüşsoy İ, Duman ŞB, Miloğlu Ö. Hiperparatiroidili hastalarda panoramik indeksler ve fraktal analiz kullanılarak mandibular kemiğin incelenmesi. *Selcuk Dent J.* 2019;6(4):299–303.
202. Son C, Choi MS, Park JC. Different Responsiveness of Alveolar Bone and Long Bone to Epithelial-Mesenchymal Interaction-Related Factor. *JBMR Plus.* 2020;4(8):1–12.
203. Updike SX, Nowzari H. Fractal analysis of dental radiographs to detect periodontitis induced trabecular changes. *J Periodontal Res.* 2008;43(6):658–64.
204. Öztürk Kocak AT, Göller Bulut D. Measurement of the trabecular bone structure of the

- TMJ region in patients with transverse maxillary deficiency: a CBCT fractal analysis study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2021;132(3):352–60.
205. Bachtler R, Walter C, Schulze RKW. Fractal dimension in CBCT images as predictor for MRONJ: a retrospective cohort study. *Clin Oral Investig*. 2021;25(4):2113–8.
 206. Kato CNAO, Barra SG, Abreu LG, Machado VC, Pinheiro J de JV, Henriques JAS, et al. Fractal analysis of fibrous dysplasia and ossifying fibroma in 2D and 3D CBCT images. *J Oral Maxillofac Surgery, Med Pathol*. 2022;34(6):791–9.
 207. Pothuau L, Benhamou CL, Porion P, Lespessailles E, Harba R, Levitz P. Fractal dimension of trabecular bone projection texture is related to three-dimensional microarchitecture. *J Bone Miner Res*. 2000;15(4):691–9.
 208. Pawelzik J, Cohnen M, Willers R, Becker J. A comparison of conventional panoramic radiographs with volumetric computed tomography images in the preoperative assessment of impacted mandibular third molars. *J Oral Maxillofac Surg*. 2002;60(9):979–84.
 209. Magat G, Ozcan Sener S. Evaluation of trabecular pattern of mandible using fractal dimension, bone area fraction, and gray scale value: comparison of cone-beam computed tomography and panoramic radiography. *Oral Radiol*. 2019;35(1):35–42.
 210. Yavuz E, Yardimci S. Comparison of periapical radiography, panoramic radiography, and CBCT in the evaluation of trabecular bone structure using fractal analysis. *Oral Radiol*. 2024;40(3):394–400.
 211. Flint DJ, Paunovich E, Moore WS, Wofford DT, Hermes CB. A diagnostic comparison of panoramic and intraoral radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1998;85(6):731–5.
 212. A.Björk odont. D. Prediction of mandibular growth rotation. *Am J Orthod*. 1969;55(6):585–99.
 213. Rabie ABM, She TT, Hägg U. Functional appliance therapy accelerates and enhances condylar growth. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2003;123(1):40–8.
 214. Fujita T, Hayashi H, Shirakura M, Tsuka Y, Fujii E, Kawata T, et al. Regeneration of condyle with a functional appliance. *J Dent Res*. 2013;92(4):322–8.
 215. Pancherz H, Michailidou C. Temporomandibular joint growth changes in hyperdivergent and hypodivergent Herbst subjects. A long-term roentgenographic cephalometric study. Vol. 126, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2004. p. 153–61.
 216. Souki BQ, Vilefort PLC, Oliveira DD, Andrade I, Ruellas AC, Yatabe MS, et al. Three-

- dimensional skeletal mandibular changes associated with Herbst appliance treatment. *Orthod Craniofacial Res.* 2017;20(2):111–8.
217. Wei RY, Atresh A, Ruellas A, Cevidanes LHS, Nguyen T, Larson BE, et al. Three-dimensional condylar changes from Herbst appliance and multibracket treatment: A comparison with matched Class II elastics. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2020;158(4):505-517.e6.
 218. Kayipmaz S, Akçay S, Sezgin ÖS, Çandırli C. Trabecular structural changes in the mandibular condyle caused by degenerative osteoarthritis: a comparative study by cone-beam computed tomography imaging. *Oral Radiol.* 2019;35(1):51–8.
 219. Zihni Korkmaz M, Yemenoğlu H, Günaçar DN, Ustaoglu G, Ateş Yildirim E. The effects of vitamin D deficiency on mandibular bone structure: a retrospective radiological study. *Oral Radiol.* 2023;39(1):67–74.
 220. Taylor KL, Evangelista K, Muniz L, Ruellas AC de O, Valladares-Neto J, McNamara J, et al. Three-dimensional comparison of the skeletal and dentoalveolar effects of the Herbst and Pendulum appliances followed by fixed appliances: A CBCT study. *Orthod Craniofacial Res.* 2020;23(1):72–81.
 221. Southard TE, Southard KA, Jakobsen JR, Hillis SL, Najim CA. Fractal dimension in radiographic analysis of alveolar process bone. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1996;82(5):569–76.
 222. Ruttimann UE, Webber RL, Hazelrig JB. Fractal dimension from radiographs of peridental alveolar bone. A possible diagnostic indicator of osteoporosis. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol.* 1992;74(1):98–110.
 223. Shrout MK, Farley BA, Patt SM, Potter BJ, Hildebolt CF, Pilgram TK, et al. The effect of region of interest variations on morphologic operations data and gray-level values extracted from digitized dental radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1999;88(5):636–9.
 224. Jolley L, Majumdar S, Kapila S. Technical factors in fractal analysis of periapical radiographs. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2006;35(6):393–7.
 225. Baksi BG, Fidler A. Image resolution and exposure time of digital radiographs affects fractal dimension of periapical bone. *Clin Oral Investig.* 2012;16(5):1507–10.
 226. Cozza P, De Toffol L, Colagrossi S. Dentoskeletal effects and facial profile changes during activator therapy. *Eur J Orthod.* 2004;26(3):293–302.
 227. Pancherz H. A cephalometric analysis of skeletal and dental changes contributing to Class II correction in activator treatment. *Am J Orthod.* 1984;85(2):125–34.

228. Valant JR, Sinclair PM. Treatment effects of the Herbst appliance. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1989;95(2):138–47.
229. Bishara SE, Ziaja RR. Functional appliances: A review. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1989;95(3):250–8.
230. Sidhu MS, Kharbanda OP, Sidhu SS. Cephalometric analysis of changes produced by a modified Herbst appliance in the treatment of Class II division 1 malocclusion. *Br J Orthod*. 1995;22(1):1–12.
231. Deniz Uzuner F, Darendeliler N, Yucel E. Combined fixed–functional treatment of skeletal class II malocclusions with the EVAA appliance. Vol. 75, *Journal of Orofacial Orthopedics*. 2010.
232. Şengün K. Büyüme Gelişimi Devam Eden İskeletsel 2. Sınıf Bireylerde Forsus Fatigue Resistant Device Apareyinin Etkilerinin Sefalometrik Olarak Değerlendirilmesi. Vol. 1, T.C. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimler Enstitüsü. 2010.
233. Karacay S, Akin E, Olmez H, Gurton AU, Sagdic D. Short-term treatment effects produced by the Herbst appliance in the mixed dentition. *Angle Orthod*. 2006;76(4):666–72.
234. Rodrigues De Almeida M, Henriques JFC, Rodrigues De Almeida R, Ursi W, McNamara JA. Short-term treatment effects produced by the herbst appliance in the mixed dentition. *Angle Orthod*. 2005;75(4):540–7.
235. Basciftci FA, Uysal T, Büyükerkmen A, Sari Z. The effects of activator treatment on the craniofacial structures of Class II division 1 patients. *Eur J Orthod*. 2003;25(1):87–93.
236. Schaefer AT, McNamara JA, Franchi L, Baccetti T. Active-treatment effects of the Forsus fatigue resistant device during comprehensive Class II correction in growing patients. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2004;126(1):7–15.
237. Toran FD, Bolat E. Sınıf II Bölüm 1 ve Sınıf II Bölüm 2 Olgularda Uygulanan Monoblok ve Twin Blok Apareylerinin Etkilerinin Karşılaştırılması. 2020;
238. Cacciatore G, Alvetro L, Defraia E, Ghislanzoni LTH, Franchi L. Active-treatment effects of the Forsus fatigue resistant device during comprehensive Class II correction in growing patients. *Korean J Orthod*. 2014;44(3):136–42.
239. Ruf S, Pancherz H. The effect of Herbst appliance treatment on the mandibular plane angle: a cephalometric roentgenographic study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1996;110(2):225–9.
240. Stucki N, Ingervall B. The use of the Jasper Jumper for the correction of Class II

- malocclusion in the young permanent dentition. 1998;20:271–81.
241. Schiavoni R, Grena V, Macri V. Treatment of Class II high angle malocclusions with the Herbst appliance: A cephalometric investigation. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1992;102(5):393–409.
 242. Manni A, Pasini M, Mauro C. Comparison between Herbst appliances with or without miniscrew anchorage. *Dent Res J (Isfahan).* 2012;9(Suppl 2):S216-21.
 243. Jakobsson SO, Paulin G. The influence of activator treatment on skeletal growth in angle Class II div 1 cases: A roentgenocephalometric study. *Eur J Orthod.* 1990;12(2):174–84.
 244. Hansen K, Pancherz H. Long-term effects of herbst treatment in relation to normal growth development: A cephalometric study. *Eur J Orthod.* 1992;14(4):285–95.
 245. Hobo S, Ichida E, Garcia LT. Osseointegration and occlusal rehabilitation. *Quintessence Publishing (IL)*; 1989.
 246. Muzy DE. La Thérapeutique orthopédique fonctionnelle de la face: Préface de Harold Chapman. Avant-propos, traduction et commentaires par le Dr Etienne Cadenat. *J. Prêlat*; 1952.
 247. Kurşun-Çakmak EŞ, Bayrak S. Comparison of fractal dimension analysis and panoramic-based radiomorphometric indices in the assessment of mandibular bone changes in patients with type 1 and type 2 diabetes mellitus. Vol. 126, *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology.* 2018. p. 184–91.
 248. Tsolakis AI, Spyropoulos MN, Katsavrias E, Alexandridis K. Effects of mandibular advancement on growth after condylectomy. *Eur J Orthod.* 1997;(19):9–19.
 249. Peterson JE, McNamara JA. Temporomandibular joint adaptations associated with Herbst appliance treatment in juvenile Rhesus monkeys (*Macaca mulatta*). *Semin Orthod.* 2003;9(1):12–25.
 250. Pancherz H, Anehus-Pancherz M. The effect of continuous bite jumping with the herbst appliance on the masticatory system: A functional analysis of treated Class II malocclusions. *Eur J Orthod.* 1982;4(1):37–44.
 251. Du X, Hägg U. Muscular adaptation to gradual advancement of the mandible. *Angle Orthod.* 2003;73(5):525–31.
 252. Miralles R, Berger B, Bull R, Manns A, Carvajal R. Influence of the activator on electromyographic activity of mandibular elevator muscles. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1988;94(2):97–103.
 253. Ulusoy Ç, Darendeliler N. Effects of Class II activator and Class II activator high-pull

- headgear combination on the mandible: A 3-dimensional finite element stress analysis study. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2008;133(4):490.e9-490.e15.
254. Bitsakos C, Kerner J, Fisher I, Amis AA. The effect of muscle loading on the simulation of bone remodelling in the proximal femur. *J Biomech*. 2005;38(1):133–9.
 255. Polat Balkan E, Paksoy CS, Bağış N. Fractal analysis of the effects on mandibular bone of botulinum toxin therapy of the masseter muscle in patients with bruxism. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2024;137(1):83–8.
 256. Bresin A, Kiliaridis S, Strid KG. Effect of masticatory function on the internal bone structure in the mandible of the growing rat. *Eur J Oral Sci*. 1999;107(1):35–44.
 257. Kunii R, Yamaguchi M, Aoki Y, Watanabe A, Kasai K. Effects of experimental occlusal hypofunction, and its recovery, on mandibular bone mineral density in rats. *Eur J Orthod*. 2008;30(1):52–6.
 258. Rygh P. Ultrastructural changes in pressure zones of human periodontium incident to orthodontic tooth movement. *Acta Odontol Scand*. 1973;31(2):109–22.
 259. Kaare Reitan, D.D.S., M.S.D., PH.D. Einar Kvam, D.D.S. LO. Comparative Behavior of Human and Animal Tissue During Experimental Tooth Movement. Vol. 41, Institute of Experimental Research, Dental Faculty, University of Oslo,. 1971. p. 1–14.
 260. Hsu JT, Chang HW, Huang HL, Yu JH, Li YF, Tu MG. Bone density changes around teeth during orthodontic treatment. *Clin Oral Investig*. 2011;15(4):511–9.
 261. Chang HW, Huang HL, Yu JH, Hsu JT, Li YF, Wu YF. Effects of orthodontic tooth movement on alveolar bone density. *Clin Oral Investig*. 2012;16(3):679–88.
 262. Tariq M, Parakkal MS, Khan S, Khan AA. Assessment of Changes in Craniofacial Structures, Bite Force and Periodontal Status Following Fixed Functional Appliance Therapy. *Turkish J Orthod*. 2023;36(1):22–9.
 263. Mavropoulos A, Kiliaridis S, Bresin A, Ammann P. Effect of different masticatory functional and mechanical demands on the structural adaptation of the mandibular alveolar bone in young growing rats. *Bone*. 2004;35(1):191–7.
 264. Matsumoto K, Sherrill-Mix S, Boucher N, Tanna N. A cone-beam computed tomographic evaluation of alveolar bone dimensional changes and the periodontal limits of mandibular incisor advancement in skeletal Class II patients. *Angle Orthod*. 2020;90(3):330–8.
 265. Cicek O, Arslan D. Effect of Fixed and Removable Functional Therapy on Mandibular Anterior Bone Structures: A Fractal Analysis Study. *Diagnostics*. 2024;14(16).
 266. Baysal A, Uysal T. Dentoskeletal effects of Twin Block and Herbst appliances in

- patients with Class II division 1 mandibular retrognathia. *Eur J Orthod.* 2014;36(2):164–72.
267. Wu Y, Yu Q, Xia Y, Wang B, Chen S, Gu K, et al. Does mandibular advancement with clear aligners have the same skeletal and dentoalveolar effects as traditional functional appliances? *BMC Oral Health.* 2023;23(1):1–12.
 268. Singh Dr. Anshu, Sawant DHR, Khudare DPA, Rathod DD, Gadhiya DN, Narkhede DS. A Comparative Study of Skeletal and Dental Changes in Fixed Functional and Removable Functional Appliance Therapy. *Saudi J Oral Dent Res.* 2020;5(10):519–21.
 269. William R. Proffit, Henry W. Fields, Brent E. Larson DMS. GÜNCEL ORTODONTİ. In: Prof. Dr. Nilüfer Darendeliler, editor. *Contemporary orthodontics.* 6th ed. 2020. p. 257.
 270. Luder HU. Skeletal profile changes related to two patterns of activator effects. *Am J Orthod.* 1982;81(5):390–6.
 271. McNamara JA, Bookstein FL, Shaughnessy TG. Skeletal and dental changes following functional regulator therapy on class II patients. *Am J Orthod.* 1985;88(2):91–110.
 272. Mills JR. The effect of functional appliances on the skeletal pattern. *Br J Orthod.* 1991;18(4):267–75.
 273. Hägg U, Du X, Rabie ABM. Initial and late treatment effects of headgear-Herbst appliance with mandibular step-by-step advancement. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2002;122(5):477–85.

EKLER

EK-1. Etik Kurul Onayı

