



BEZMİÂLEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**SINIF II MALOKLÜZYONUN FONKSİYONEL TEDAVİSİNDE ŞEFFAF
PLAKLARIN VE TWINBLOK APAREYİNİN ETKİLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

UZMANLIK TEZİ

Ahsen İrem TOKTAŞ

Ortodonti Anabilim Dalı
Ortodonti Uzmanlık Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ezgi SUNAL AKTÜRK
İkinci Danışman: Prof. Dr. Gökmen KURT



BEZMİÂLEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**SINIF II MALOKLÜZYONUN FONKSİYONEL TEDAVİSİNDE ŞEFFAF
PLAKLARIN VE TWINBLOK APAREYİNİN ETKİLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

UZMANLIK TEZİ

Ahsen İrem TOKTAŞ

Ortodonti Anabilim Dalı
Ortodonti Uzmanlık Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ezgi SUNAL AKTÜRK
İkinci Danışman: Prof. Dr. Gökmen KURT

EKİM 2025

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim süresince desteklerini her zaman üzerimde hissettiğim, bilgi birikimini, tecrübelerini benimle daima paylaşan danışman hocalarım Doç.Dr. Ezgi SUNAL AKTÜRK ve Prof.Dr. Gökmen KURT'a

Tecrübeleri ve değerli bilgileri ile uzmanlık eğitimim boyunca emeği geçen değerli hocalarım Prof. Dr. Nazan KÜÇÜKKELEŞ, Doç. Dr. Berza YILMAZ, Doç.Dr. Elif Dilara ŞEKER, Dr. Öğr. Üyesi Banu KILIÇ, Dr. Öğr. Üyesi Şerife ŞAHİN ve Dr.Öğr. Üyesi Nihal KAYA'ya,

Her zaman yanımda olan ve her konuda desteklerini benden eksik etmeyen sevgili annem Birgül TOKTAŞ, babam Hasan TOKTAŞ, biricik kardeşim Mina Nihan TOKTAŞ ve ailem olarak gördüğüm çok değerli arkadaşlarıma,

Başta tanımak ve eğitim sürecimi birlikte geçirmekten büyük bir mutluluk duyduğum eş kıdemlilerim Dt. Fatma Derin ALPAYDIN, Dt. İrem ŞENSOY ve Dt. Meriç ARSLAN olmak üzere anabilim dalındaki günlerimi güzelleştiren bütün asistan arkadaşlarıma,

Sonsuz teşekkür eder, sevgi ve saygılarımı sunarım.

Ekim 2025

Ahsen İrem TOKTAŞ
Diş Hekimi

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Ahsen İrem Toktaş

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	iii
BEYAN	iv
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xii
1.GİRİŞ	15
1.1 Tezin Amacı	16
1.2. Hipotez	16
2. GENEL BİLGİLER	17
2.1 Sınıf II Maloklüzyonun Tanımı	17
2.2 Sınıf II Maloklüzyonun Epidemiyolojisi	19
2.3 Sınıf II Maloklüzyonun Etiyolojisi	20
2.3.1 Genetik ve hereditör faktörler	20
2.3.2 Çevresel faktörler	21
2.4 Sınıf II Maloklüzyonun Özellikleri	22
2.5 Sınıf II Maloklüzyon Tedavisi	24
2.6 Fonksiyonel Apareyler ile Ortopedik Tedavi	27
2.6.1 Tanım ve tarihçe	27
2.6.2 Fonksiyonel apareyler ile ortopedik tedavinin zamanlaması	28
2.6.3 Fonksiyonel aparey etkileri	29
2.6.4 Fonksiyonel aparey sınıflaması	33
2.6.4.1 Hareketli fonksiyonel apareyler	34
2.6.4.2 Sabit fonksiyonel apareyler	39
2.7 Şeffaf Plaklar ile Ortodontik Tedavi	41
2.7.1 Şeffaf plaklar ile fonksiyonel tedavi	43
2.8. Fraktal Analiz Yöntemi	47
3.GEREÇ VE YÖNTEM	49
3.1.Birey Seçimi ve Grupların Oluşturulması	50
3.2. Hasta Kayıtlarının Toplanması	51
3.3. Tedavi Protokolü ve Aparey Tasarımları	51
3.3.1 Şeffaf plaklar ile mandibular ilerletme	51
3.3.2 Twinblok apareyi	54
3.4. Analiz ve Ölçümler	57
3.4.1 Lateral sefalometrik analizler	57

3.4.1.1 Çalışmada kullanılan sefalometrik anatomik noktalar	57
3.4.1.2 Çalışmada kullanılan sefalometrik referans doğru ve düzlemler	60
3.4.1.3 İskeletsel sefalometrik ölçümler	61
3.4.1.4 Dişsel sefalometrik ölçümler.....	64
3.4.1.4 Hava yolu, hyoid ve yumuşak doku ölçümleri.....	66
3.4.2. Fraktal analiz.....	69
3.5 İstatistiksel Analiz.....	73
3.6 Yöntem Hatası.....	73
4.BULGULAR	75
4.1 Demografik Özellikler	75
4.2 Başlangıç Verilerinin Karşılaştırılması	76
4.3 Lateral Sefalometrik Analiz Bulguları	76
4.3.1 İskeletsel ölçümlerin karşılaştırılması.....	76
4.3.2 Dişsel ölçümlerin karşılaştırılması.....	81
4.3.2 Hava yolu, hyoid ve yumuşak doku ölçümlerinin karşılaştırılması...	85
4.4 FA Bulguları.....	89
5.TARTIŞMA	92
5.1. Amacın Tartışılması	92
5.2. Gereç ve Yöntemin Tartışılması	93
5.3 Bulguların Tartışılması.....	97
5.3.1 Lateral sefalometrik analiz bulguları	97
5.3.1.1 İskeletsel ölçümlerin tartışılması.....	97
5.3.1.2 Dişsel ölçümlerin tartışılması.....	99
5.3.1.3 Hava yolu, hyoid ve yumuşak doku ölçümlerinin tartışılması.....	101
5.3.2 Fraktal analiz bulguları	104
5.2 Çalışmanın Limitasyonları	106
6. SONUÇLAR	106
EKLER 108	
KAYNAKLAR.....	115
ÖZGEÇMİŞ.....	127

KISALTMALAR

FA	: Fraktal Analiz
FB	: Fraktal Boyut
IPR	: Interproksimal Redüksiyon
KIBT	: Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
MA	: Mandibular Advancement



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Angle maloklüzyon sınıflaması.....	16
Şekil 2.2: İskeletsel ve/veya dental Sınıf II maloklüzyon.	19
Şekil 2.3: Ayakkabı-ayak örneği ile temsil edilen maksilla-mandibula ilişkisi	22
Şekil 2.4: Pendulum apareyi.....	25
Şekil 2.5: A) Servikal (Low-pull) headgear, B) Oksipital (High-pull) headgear.	26
Şekil 2.6: Aktivatör apareyi	35
Şekil 2.7: Sınıf II Bionatör apareyi.....	36
Şekil 2.8: Frankel-2 Apareyi	37
Şekil 2.9: Herbst apareyi	40
Şekil 2.10: Forsus apareyi	41
Şekil 3.1: Invisalign MA apareyi ile tedavi edilen bir hastaya ait ağız içi fotoğraflar	52
Şekil 3.2: MA apareyi ile tedavi edilen bir hastaya ait tedavi başı fotoğrafları.	53
Şekil 3.3: MA apareyi ile tedavi edilen bir hastaya ait MA fazı sonrası fotoğraflar.	53
Şekil 3.4: MA apareyi ile tedavi edilen bir hastaya ait ortodontik tedavi sonu fotoğrafları.	54
Şekil 3.5: Twinblok apareyi ile tedavi edilen bir hastaya ait ağız içi fotoğraflar.....	54
Şekil 3.6: Twinblok apareyinin klinik ortamda sagittal yönde aktivasyonu.	55
Şekil 3.7: Twinblok apareyi ile tedavi edilen bir hastaya ait tedavi başı fotoğrafları.	56
Şekil 3.8: Twinblok apareyi ile tedavi edilen bir hastaya ait tedavi fonksiyonel tedavi sonu fotoğrafları.....	56
Şekil 3.9: Twinblok apareyi ile tedavi edilen bir hastaya ait ortodontik tedavi sonu fotoğrafları.	57
Şekil 3.10: Çalışmada kullanılan sefalometrik anatomik noktalar.	60
Şekil 3.11: Çalışmada kullanılan sefalometrik doğru ve düzlemler	61
Şekil 3.12: Sagittal yönde iskeletsel ölçümler	63
Şekil 3.13: Vertikal yönde iskeletsel ölçümler	63
Şekil 3.14: İskeletsel çene boyut ölçümleri	64
Şekil 3.15: Üst çene dişsel ölçümleri.....	65
Şekil 3.16: Alt çene ve çeneler arası diş ölçümleri.....	66
Şekil 3.17: A) Hava yolu ve yumuşak doku ölçümleri.....	68
Şekil 3.18: Panoramik ve lateral sefalometrik röntgenler üzerinde belirlenen ROI alanları.....	70
Şekil 3.19: Fraktal analiz aşamaları.....	72
Şekil 3.20: Logaritmik grafik ile FB değeri elde edilmesi	72

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1: T0 ve T1 değerlerine ait ölçümlerin Cronbach Alpha katsayısı değerleri	74
Tablo 3.1 (Devam): T0 ve T1 değerlerine ait ölçümlerin Cronbach Alpha katsayısı	75
Tablo 4.1: MA ve Twinblok gruplarının demografik verilerinin karşılaştırılması ...	76
Tablo 4.2: MA ve Twinblok gruplarının T0 ve T1 iskeletsel değerlerinin grup içi ve gruplar arası, T1-T0 fark değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması	78
Tablo 4.2 (Devam): MA ve Twinblok gruplarının T0 ve T1 iskeletsel değerlerinin grup içi ve gruplar arası, T1-T0 fark değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması	79
Tablo 4.2 (Devam): MA ve Twinblok gruplarının T0 ve T1 iskeletsel değerlerinin grup içi ve gruplar arası, T1-T0 fark değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması	79
Tablo 4.3: MA ve Twinblok gruplarının T0 ve T1 dişsel değerlerinin grup içi ve gruplar arası, T1-T0 fark değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması	82
Tablo 4.3 (Devam): MA ve Twinblok gruplarının T0 ve T1 dişsel değerlerinin grup içi ve gruplar arası, T1-T0 fark değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması	83
Tablo 4.3 (Devam): MA ve Twinblok gruplarının T0 ve T1 dişsel değerlerinin grup içi ve gruplar arası, T1-T0 fark değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması	84
Tablo 4.4: MA ve Twinblok gruplarının T0 ve T1 havayolu, hyoid ve yumuşak doku değerlerinin grup içi ve gruplar arası, T1-T0 fark değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması	86
Tablo 4.4 (Devam): MA ve Twinblok gruplarının T0 ve T1 havayolu, hyoid ve yumuşak doku değerlerinin grup içi ve gruplar arası, T1-T0 fark değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması	87
Tablo 4.4 (Devam): MA ve Twinblok gruplarının T0 ve T1 havayolu, hyoid ve yumuşak doku değerlerinin grup içi ve gruplar arası, T1-T0 fark değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması	88
Tablo 4.5: MA ve Twinblok gruplarının FA bulgularının T0 ve T1 değerlerinin grup içi ve gruplar arası karşılaştırılması, T1-T0 fark değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması	89
Tablo 4.5(Devam): MA ve Twinblok gruplarının FA bulgularının T0 ve T1 değerlerinin grup içi ve gruplar arası karşılaştırılması, T1-T0 fark değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması	90

SINIF II MALOKLÜZYONUN FONKSİYONEL TEDAVİSİNDE ŞEFFAF PLAKLARIN VE TWINBLOK APAREYİNİN ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

Bu uzmanlık tez çalışmasında; büyüme-gelişimi devam eden, mandibular retrognatiye bağlı iskeletsel Sınıf II maloklüzyona sahip hastalarda, geleneksel bir fonksiyonel aparey olan Twinblok ile şeffaf plaklar kullanılarak yapılan mandibular ilerletmenin; iskeletsel, dişsel, yumuşak doku, havayolu ve hyoid kemiğin konumu üzerine etkilerinin sefalometrik ölçümler aracılığıyla, mandibuladaki trabeküler kemik yapısındaki değişikliklerin ise fraktal analiz (FA) yöntemi ile karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

Çalışmamızda MA grubuna (Invisalign MA (Align Technology, San Jose, California, ABD)) 12 kız, 4 erkek olmak üzere 16 hasta (yaş ortalaması: $11,80 \pm 1,0$ yıl), Twinblok grubuna ise 9 kız, 9 erkek olmak üzere (yaş ortalaması: $12,10 \pm 0,90$ yıl) 18 hasta dahil edilmiştir. Hastalardan tedavi başlangıcı ve fonksiyonel tedavi sonunda lateral sefalometrik ve panoramik radyografiler alınmıştır. Lateral sefalometrik analizlerde 18 iskeletsel, 16 dişsel, 4 havayolu, 3 hyoid, 6 yumuşak doku olmak üzere toplam 47 ölçüm yapılmıştır. FA ise panoramik röntgenlerde sağ ve sol olmak üzere kondil, angulus, korpus; lateral sefalometrik röntgenler üzerinde simfiz bölgesi olmak üzere toplam 8 bölgede fraktal boyutun (FB) hesaplanmasıyla yapılmıştır. Veri analizleri MedCalc Statistical Software version 12.7.7 (MedCalc Software bvba, Ostend, Belgium; <http://www.medcalc.org>; 2013) programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sürekli değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilks testi ile incelenmiştir. Grup içi karşılaştırmalarda normal dağılıma uygunluk göstermeyen bağımsız iki sürekli değişken arasındaki fark Mann-Whitney U testi, gruplar arası karşılaştırmalarda bağımlı iki sürekli değişken arasındaki fark ise Wilcoxon Signed Rank testi ile değerlendirilmiştir. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak belirlenmiştir.

Sefalometrik analize göre iki grupta da SNA° ve $A-VRD$ değeri anlamlı değişiklik göstermezken ($p > 0,05$), $A-Nd$ ik değerinde MA grubunda anlamlı azalma gözlenmiştir ($p = 0,017$). Mandibulada ise hem MA hem Twinblok apareyi sagittal yön değerlerinde artışa sebep olmakla birlikte SNB° değerinde Twinblok grubunda daha fazla artış

görülmüştür ($p=0,021$). Efektif mandibular boyut (Co-Gn) iki apareyde de artmıştır ($p<0,05$) ve bu artış gruplar arasında benzer bulunmuştur ($p>0,05$). Korpus uzunluğu (Go-Me) MA apareyinde, ramus uzunluğu (Ar-Go) ise Twinblok apareyinde anlamlı olarak artış göstermiştir ($p<0,05$). İki apareyin de etkisi ile üst kesici dişlerde retrüzyon, retroklinasyon, ekstrüzyon gözlenmiştir ($p<0,05$) ve bu etki apareyler arasında benzer bulunmuştur ($p>0,05$). Alt kesici dişlerde Twinblok apareyi anlamlı proklinasyona ($L1-NB^\circ=6\pm3$) sebep olurken ($p<0,05$); MA apareyi ile anlamlı değişiklik gözlenmemiştir. Twinblok apareyi ile alt kesici dişlerin vertikal konumu değişmemiş ($p>0,05$), MA grubunda anlamlı intrüzyon gözlenmiştir ($p=0,011$).

Havayolu değerlerini her iki aparey de arttırmıştır, yalnızca orofarenks mesafesini Twinblok daha fazla arttırmıştır ($p<0,05$). Hyoid kemiğin sagittal konumu iki apareyle de değişmemiştir ($p>0,05$). Hyoid kemiğin vertikal konumu ise MA grubunda değişmezken ($p>0,05$), Twinblok grubunda yukarı hareket görülmüştür ($p<0,05$). Yumuşak dokuda iki aparey de üst dudağı geri konumlandırmış ve konveksite açısını arttırmıştır ($p<0,05$). Yumuşak doku üzerinde A' noktası MA grubunda ($p=0,021$), çene ucu ise yalnızca Twinblok grubunda anlamlı olarak değişmiştir ($p=0,004$). Tedavi etkisi ile mandibular kondil, angulus, korpus bölgelerinin trabeküler yapısı değişmemiş ($p>0,05$), simfiz bölgesinde FB her iki grupta da artış göstermiştir ($p<0,05$). Bu artış benzer olarak izlenmiştir ($p>0,05$).

Sonuç olarak hem MA hem de Twinblok apareyleri Sınıf II maloklüzyonun düzeltiminde mandibula üzerinde etkilidir. Fakat Twinblok SNB° değerinin artışında daha efektif bulunmuştur. Üst kesici dişler üzerinde iki apareyin etkisi benzerdir, alt kesici dişler üzerinde MA apareyi daha fazla kontrol sağlamıştır. Havayolu ve yumuşak doku üzerinde iki aparey de pozitif etki göstermiştir; orofarenks değerlerinde Twinblok lehine daha fazla iyileşme bulunmuştur. Hyoid kemik Twinblok apareyinde yukarıda konumlanmıştır. İki aparey de mandibulada kemik trabekülasyonuna benzer etki göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Fonksiyonel tedavi, Sınıf II maloklüzyon, Şeffaf plak, Twinblok

COMPARISON OF THE EFFECTS OF CLEAR ALIGNERS AND TWINBLOCK APPLIANCES IN FUNCTIONAL TREATMENT OF CLASS II MALOCCLUSION

SUMMARY

In this thesis, the aim was to compare the effects of mandibular advancement with Twinblock, a conventional functional appliance, and with clear aligners in growing patients with skeletal Class II malocclusion due to mandibular retrognathia. The effects on skeletal, dental, soft tissue, airway, and hyoid bone position were evaluated through cephalometric measurements, while alterations in the trabecular bone structure of the mandible were assessed using the fractal analysis (FA) method.

The MA group (Invisalign MA; Align Technology, San Jose, California, USA) consisted of 16 patients (12 females, 4 males; mean age: 11.80 ± 1.0 years), while the Twinblock group included 18 patients (9 females, 9 males; mean age: 12.10 ± 0.90 years). Lateral cephalometric and panoramic radiographs were obtained at the beginning of treatment and at the end of functional therapy. In the lateral cephalometric analysis, a total of 47 measurements were performed, including 18 skeletal, 16 dental, 4 airway, 3 hyoid, and 6 soft tissue parameters. FA was conducted by calculating the fractal dimension (FD) in eight regions: condyle, angulus, and corpus on both right and left sides of panoramic radiographs, and the symphysis region on lateral cephalometric radiographs. Data analysis was performed using MedCalc Statistical Software version 12.7.7 (MedCalc Software bvba, Ostend, Belgium; <http://www.medcalc.org>; 2013). The normality of continuous variables was tested with the Shapiro–Wilk test. For intragroup comparisons, the Mann–Whitney U test was used for independent continuous variables not conforming to a normal distribution, while the Wilcoxon signed-rank test was applied for dependent continuous variables in intergroup comparisons. A significance level of $p < 0,05$ was considered statistically significant.

According to cephalometric analysis, no significant changes were observed in the SNA° and A-VRD values in either group ($p > 0,05$), whereas a significant decrease in the A-Ndik value was found in the MA group ($p = 0,017$). In the mandible, both the MA and Twinblock appliances led to an increase in sagittal parameters, although the SNB° value showed a greater increase in the Twinblock group ($p = 0,021$). Effective

mandibular length (Co-Gn) increased in both appliances ($p < 0,05$), with no significant difference between the groups ($p > 0,05$). Corpus length (Go-Me) increased significantly with the MA appliance, while ramus length (Ar-Go) increased significantly with the Twinblock appliance ($p < 0,05$). Both appliances induced retrusion, retroclination, and extrusion of the maxillary incisors ($p < 0,05$), with no significant difference between the groups ($p > 0,05$). In the mandibular incisors, the Twinblock appliance caused significant proclination ($L1-NB^\circ = 6 \pm 3$) ($p < 0,05$), whereas no significant change was observed with the MA appliance. The vertical position of the mandibular incisors remained unchanged with the Twinblock appliance ($p > 0,05$), while significant intrusion was observed in the MA group ($p = 0,011$).

Airway measurements increased with both appliances; however, the oropharyngeal distance showed a greater increase in the Twinblock group ($p < 0,05$). The sagittal position of the hyoid bone did not change with either appliance ($p > 0,05$). In terms of vertical position, no significant change was observed in the MA group ($p > 0,05$), whereas a superior position was detected in the Twinblock group ($p < 0,05$). Regarding soft tissues, both appliances retruded the upper lip and increased the convexity angle ($p < 0,05$). Soft Tissue A' point demonstrated significant changes in the MA group ($p = 0,021$), while the Soft Tissue Pog' showed significant anterior movement only in the Twinblock group ($p = 0,004$). The trabecular structure of the mandibular condyle, angulus, and corpus regions remained unchanged ($p > 0,05$). The FD of the symphysis region increased in both groups ($p < 0,05$), with no significant difference between them ($p > 0,05$).

In conclusion, both MA and Twinblock appliances were effective on the mandible in the correction of Class II malocclusion. However, the Twinblock was found to be more effective in increasing the SNB° value. The effects of the two appliances on the maxillary incisors were similar, whereas the MA appliance provided better control over the mandibular incisors. Both appliances demonstrated positive effects on the airway and soft tissues; nevertheless, greater improvement in oropharyngeal measurements was observed in favor of the Twinblock. The hyoid bone was positioned superiorly with the Twinblock appliance. Both appliances exerted similar effects on mandibular trabecular bone structure.

Keywords: Clear aligner, Class II malocclusion, Functional treatment, Twinblock



1.GİRİŞ

İskeletsel Sınıf II maloklüzyon ortodonti pratiğinde en sık görülen iskeletsel maloklüzyonlardan biridir [1, 2]. Genellikle maksiller prognati, mandibular retrognati veya her ikisinin kombinasyonundan kaynaklanırken en sık nedeni mandibular retrognati olup, tedavi yaklaşımı büyüme gelişim dönemine göre değişmektedir [3]. Büyüme gelişimi tamamlanmamış bireylerde ortopedik tedavi tercih edilirken, erişkinlerde kamuflaj tedavileri veya ortognatik cerrahi uygulanmaktadır [4, 5]. Büyüme gelişimi devam etmekte olan hastalarda fonksiyonel aparey tedavileri mandibulanın sagittal yönde gelişiminin stimülasyonu için kullanılabilir [6] .

Fonksiyonel apareyler mandibulanın sagittal ve vertikal pozisyonlarını değiştirerek kasların stimülasyonunu sağlamakta, bu sayede fonksiyonel uyarıları düzenleyerek iskeletsel yapılar üzerinde morfolojik değişiklikler oluşturmaktadır. Böylece büyüme potansiyelinin de kullanılmasıyla iskeletsel dengenin sağlandığı düşünülmektedir [7]. Bu apareyler, maksillada iskeletsel ve dentoalveolar büyümeyi inhibe ederken mandibulada uyarmaktadır. İskeletsel etkilerinin yanında dentoalveolar etkileri ile Sınıf I molar ilişki sağlanması ve overjetin azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca kondillerin glenoid fossada anterior yönde yer değiştirmesine sebep olarak temporomandibular eklemden yeniden şekillenme oluşturmaktadır [5]. Ek olarak fonksiyonel aparey etkisi ile gerçekleşen mandibulanın konum değişikliği havayolu ve çevredeki kas yapısıyla direkt ilişki içerisindeki hyoid kemiğin pozisyonu üzerinde de etki göstermektedir [8]. Fonksiyonel apareyler şiddetli mandibular yetersizlik görülen çocuklarda dil ve yumuşak damağı da önde konumlandırarak orofaringeal hava yolunu genişletmesiyle ileride gelişebilecek obstrüktif uyku apnesi gibi solunum problemlerinin riskini azaltmakta da etkilidirler [9].

Fonksiyonel apareyler sabit ve hareketli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. 1982 yılında Clark tarafından tanımlanan Twinblok apareyi bir hareketli fonksiyonel apareydir. Alt ve üst olmak üzere iki parçadan oluşan aparey bir eğik düzlem mekanizmasından oluşmaktadır. Bu eğik düzlem mekanizması sayesinde aparey mandibulayı önde konumlandırmaktadır. İki parçadan oluşması sebebiyle daha önceki hareketli

fonksiyonel apareylere göre konfor, estetik, fonksiyon ve konuşma kolaylığı gibi avantajları bulunmaktadır [10].

Son yıllarda ortodontik tedavilerde estetik beklentilerin artması ile şeffaf plak sistemleri popülerlik kazanmıştır. Literatürde şeffaf plaklar ile geleneksel ortodontik tedaviler ile olduğu gibi etkili ortodontik kuvvetler elde edilebildiğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır [11, 12]. Fonksiyonel tedavi için şeffaf plak alternatifi olarak Align Technology (San Jose, California, ABD) 2017 yılında Invisalign Mandibular Advancement (MA) özelliğini tanıtmıştır. Bu özellikte alt ve üst şeffaf plaklar mandibulayı ileri yönlendiren “hassas kanat”lara sahiptir. Böylece Twinblok benzeri bir mekanizma oluşmaktadır [13]. Literatürde şeffaf plaklar ile mandibular ilerletmenin iskeletsel etkileri konusunda farklı görüşler bulunmaktadır. Sınıf II maloklüzyon düzeltiminde iskeletsel etkinin minimum [14] olduğunu bildiren çalışmalar ile birlikte efektif bir iskeletsel düzeltim sağladığını gösteren [15-17] çalışmalar da bulunmaktadır.

Fraktal Analiz (FA) trabeküler kemik yapıdaki değişiklikleri objektif şekilde değerlendirmeye olanak sağlayan matematiksel bir ölçümdür. Literatürde fonksiyonel apareylerin mandibula üzerindeki etkilerini panoramik ve lateral sefalometrik radyografiler üzerinde FA ile değerlendiren çalışmalar mevcuttur [18-20].

1.1 Tezin Amacı

Bu uzmanlık tez çalışmasında; büyüme-gelişimi devam eden, mandibular retrognatiye bağlı iskeletsel Sınıf II maloklüzyona sahip hastalarda, geleneksel bir fonksiyonel aparey olan Twinblok ile şeffaf plaklar ile yapılan mandibular ilerletmenin; iskeletsel, dental, yumuşak doku, havayolu ve hyoid kemiğin konumu üzerine etkilerinin sefalometrik ölçümler aracılığıyla, mandibuladaki trabeküler kemik yapısındaki değişikliklerin ise FA yöntemi ile karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

1.2. Hipotez

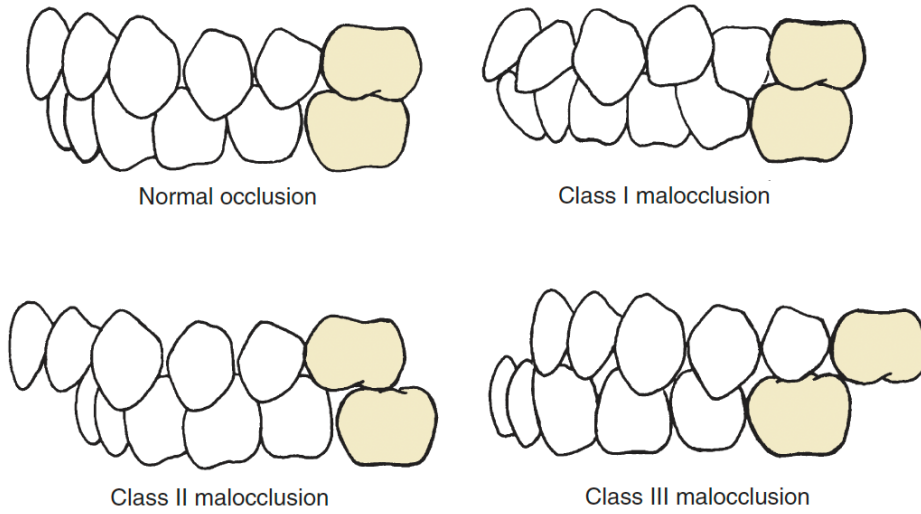
Sıfır hipotezi, Twinblok apareyi ve şeffaf plaklar ile gerçekleştirilen mandibular ilerletme tedavilerinin; iskeletsel, dental, yumuşak doku, havayolu, hyoid kemiğin konumu ve mandibular trabeküler kemik yapısı üzerindeki etkileri açısından anlamlı bir fark oluşturmayacağıdır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Sınıf II Maloklüzyonun Tanımı

1899 yılında Edward H. Angle ortodontik maloklüzyonları tanımlamış; ilk ve basit maloklüzyon sınıflamasını oluşturmuştur. Bu sınıflamada Angle üst birinci molar dişi oklüzyonun anahtarı kabul etmiş ve üst birinci molar dişin meziyobukkal tüberkülünün alt molar dişin bukkal oluğunda konumlandığı pozisyonu normal oklüzyon olarak belirlemiştir. Alt birinci molar dişin üst birinci molara göre distalde konumlanmasını ise Sınıf II maloklüzyon olarak tanımlamıştır [21] (Şekil 2.1).

Angle, Sınıf II maloklüzyonu maksiller santral kesici dişlerin inklinasyonuna göre iki gruba ayırmıştır. Sınıf II Divizyon 1 maloklüzyon, santral kesici dişlerin proklinasyonu ve artmış overjet ile karakterizeyken; Sınıf II Divizyon 2 maloklüzyon santral kesici dişlerin retroklinasyonu ve azalmış overjet ile karakterizedir [5].



Şekil 2.1: Angle maloklüzyon sınıflaması [21].

Angle'ın dişsel sınıflaması ortodonti alanında büyük bir gelişim olsa da bu sınıflama sadece sagittal yöne odaklanarak uzayın üç yönünde ortodontik problemlerin büyük bir kısmını içermemektedir. Ayrıca maksiller birinci moların erken süt dişi çekimi ile mezialize olduğu, gömülü kaldığı ya da çekildiği vakalarda bu dişin rehber olarak kullanımı da mümkün değildir. Bu nedenle McCall (1944), Björk ve ark. (1964),

Proffit ve Ackermann (1973) gibi çeşitli araştırmacılar tarafından yeni sınıflama yöntemleri tanımlanmıştır [22].

1931 yılında Hofrath ve Broadbent tarafından sefalostat ile sefalometrik radyografilerin çekilmesi ve ölçülmesiyle ortodontiye sefalometri kavramının girmesi, ortodontik tanıda dişlerin malpozisyonlarının değerlendirilmesinin yanında iskeletsel anomalilerin incelenmesini de mümkün kılmıştır. Sefalometrik radyografiler üzerinde belirlenen noktalarda geçen düzlemler aracılığıyla sagittal ve vertikal yönde ölçümler yapılabilmektedir. Ortodonti pratiğinde sagittal yönde Steiner analizine ait sefalometrik SNA° , SNB° ve ANB° açıları sıklıkla kullanılmaktadırlar. SNA° açısı maksillanın kafa kaidesi ile olan ilişkisini, SNB° açısı mandibulanın kafa kaidesi ile olan ilişkisini, ANB° açısı ise her iki çenenin birbirine göre konumunu belirtmektedir. İlk olarak Reidel [23] tarafından tanımlanmış olan ANB° açısının Steiner'e göre normal değeri 2° 'dir [24]. Türkiye popülasyonu için ise Gazilerli tarafından yapılan araştırma sonucu ANB° açısının normal değeri $3^\circ \pm 2^\circ$ olarak bildirilmiştir [25]. Normal değerlerin üstünde ANB° açısı İskeletsel Sınıf II maloklüzyon kabul edilmektedir. Ayrıca Jacobson (Wits analizi), Nanda ve Merrill (App-Bpp mesafesi), Baik ve Ververidou (Beta açısı) gibi birçok araştırmacı tarafından sagittal yönde iskeletsel incelemelerde kullanılmak üzere farklı sefalometrik açılar ve düzlemler tanımlanmıştır [26].

Angle sınıflamasından ilham alarak çeşitli araştırmacılar, maloklüzyon için iskeletsel etkilerin de dahil olduğu tanımlar oluşturmuşlardır. Örneğin Fisk [5] Sınıf II maloklüzyon için altı olası dentofasiyal morfolojik varyasyon tanımlamıştır:

1. Maksilla ve maksiller dentisyon kranial kaideye göre anteriorda konumlanmıştır.
2. Maksiller dentisyon normal konumda bir maksillada anteriora yerleşmiştir.
3. Mandibula normal boyuttadır ancak posteriora konumlanmıştır.
4. Mandibula gelişimi yetersizdir.
5. Mandibular dentisyon normal konumda bir mandibulada posteriora yerleşmiştir.
6. Yukarıdaki ilişkilerin bir kombinasyonu görülmektedir.

Bishara [5] ise Sınıf II maloklüzyonu dişsel, iskeletsel ve fonksiyonel olarak ele almıştır. Maloklüzyonda bu komponentlerin ayrı ayrı görülebileceği gibi, eş zamanlı bulunabileceğini bildirmiştir. Dişsel bir Sınıf II maloklüzyona retrognatik bir mandibula veya prognatik maksillanın eşlik edebileceğini bildirmiştir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2: İskeletsel ve/veya dental Sınıf II maloklüzyon [21].

2.2 Sınıf II Maloklüzyonun Epidemiyolojisi

Maloklüzyonlar arasında Sınıf II maloklüzyon yüksek bir görülme sıklığına sahiptir. Maloklüzyon prevalansını inceleyen ilk kayıtlı çalışmalardan biri Angle'a aittir ve Sınıf II maloklüzyonun sıklığını yaklaşık %20 olarak tespit etmiştir [27]. O zamandan günümüze kadar birçok popülasyonda maloklüzyonların prevalansını belirlemek amaçlı çalışmalar yapılmıştır.

Proffit ve ark.[1] Amerikalı çocuk ve gençler üzerinde yaptıkları çalışmalarında Sınıf II maloklüzyonun prevalansını %15 olarak bildirmiştir. Bununla birlikte; Helm [28] Danimarka popülasyonunda %24, Lew ve ark. [29] Çin popülasyonunda %18, Onyeaso [30] ise Nijerya popülasyonunda %13 oranında Sınıf II maloklüzyon görüldüğünü rapor etmişlerdir.

Ülkemizde ise Sınıf II maloklüzyon prevalansını Sarı ve ark. [31] yaptıkları çalışmalarında %30 olarak belirtirken Sayın ve Türkkahraman [32] %24 olarak bildirmişlerdir. Gelgör ve ark. [33] İç Anadolu bölgesinde yürüttükleri çalışmada %40 ile en yüksek oranda sagittal yön ilişkisini Sınıf II Divizyon 1 olarak göstermişlerdir.

2.3 Sınıf II Maloklüzyonun Etiyolojisi

Ortodontik anomaliler genetik etkiler, konjenital anomaliler, travma, fiziksel etkenler, kötü beslenme, kötü alışkanlıklar, hastalıklar gibi birçok nedene bağlı olarak gelişebilir ve genellikle bu anomalilerin oluşmasında birden fazla faktör rol oynamaktadır. Bu faktörlerin prenatal dönemden başlayarak herhangi bir dönemde dentisyon, iskeletsel yapılar veya nöromüsküler sistem üzerine etki etmesiyle ortodontik anomaliler oluşmaktadır [25].

Bir ortodontik anomali olan Sınıf II maloklüzyonun da multifaktöriyel etiyolojiye sahip olduğu düşünülmektedir. Bu faktörler temel olarak 2 ana başlık altında incelenebilir:

2.3.1 Genetik ve herediter faktörler

Ebeveynlerden biri ya da her ikisinden gelen kalıtsal özellikler bir sonraki nesilde benzer ya da farklı varyasyonlarda kendini gösterebilmektedir. Sınıf II maloklüzyonun genetik etkilerini araştırmak üzere birçok çalışma yapılmıştır. Lundström [5]; yaptığı çalışma sonucunda Sınıf II maloklüzyonun tek yumurta ikizlerinde %68 oranında görülürken çift yumurta ikizlerinde %24 oranında görüldüğünü, aynı genotipte bile her zaman Sınıf II maloklüzyon gelişmediğini ve genetiğin tek başına etken olmayacağını bildirmiştir.

Son dönemde yapılan epigenetik çalışmalar da farklı gen ailelerinin maloklüzyon oluşumunda rol oynayabileceğini göstermektedir. Örneğin; Fontuara ve ark. [34] İskeletsel Sınıf II ilişkiye sahip bireyleri, Sınıf I ilişkiye sahip bir kontrol grubuyla karşılaştırdıkları epigenetik çalışmalarında FGFR2 geninin Sınıf II maloklüzyon gelişimi için artmış bir risk faktörü olabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca fareler üzerinde yapılan bir çalışma sonucunda SNAIL gen ailesinin de kraniofasial defektler ve mandibular retrognatizm oluşumu üzerinde rolü olabileceğini gösterilmiştir [35]. Ashwin ve ark. da İskeletsel Sınıf II maloklüzyonun genetik faktörlerini araştırdıkları meta-analiz çalışmalarında FGFR2 ye ek olarak MSX1, MATN1, MYO1 gibi farklı gen ailelerini bu maloklüzyon ile ilişkili bulmuşlardır [36]. Treacher Collins Sendromu, Hemifasiyal mikrozomi, Akondroplazi gibi genetik geçişli sendromlarda da major bulgu olarak Sınıf II maloklüzyon görülmektedir [37].

Genel olarak genetik faktörlerin bir etken olduğu, aynı genotipin çevresel koşullara bağlı olarak çeşitli fenotipler oluşturabileceği düşünülmektedir [38] .

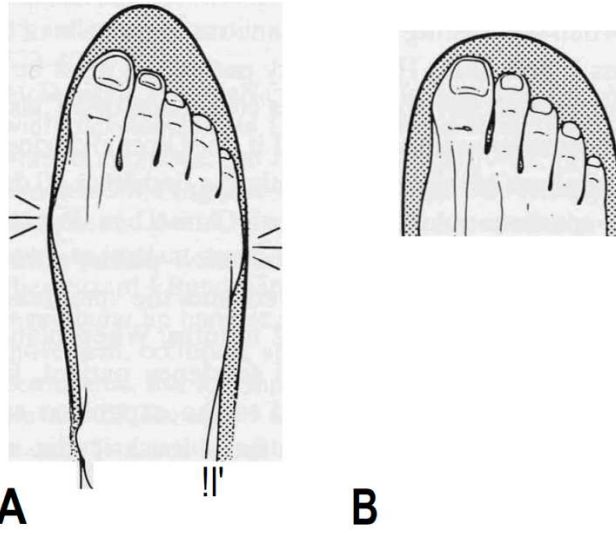
2.3.2 Çevresel faktörler

Maloklüzyonların gelişiminde genetik faktörlere ek olarak çevresel faktörlerin büyük etkisi bulunmaktadır. Örneğin Sınıf I oklüzyona sahip bir hastada maksiller süt ikinci molarların erken çekimi, birinci molarların istenmeyen mezializasyonu ile Sınıf II maloklüzyona sebep olmaktadır.

Ayrıca parafonksiyonel alışkanlıklar da maloklüzyon oluşumu ile ilişkilidir. Parmak emme, dil itimi, dudak ısırma gibi alışkanlıklar Sınıf II maloklüzyona sebep olabilir ya da varolan maloklüzyonu şiddetlendirebilir. Bu alışkanlıklar mental kas ve diğer perioral kasların anormal aktivitesi ile kesici proklinasyonunu arttırmaktadır [5]. Üzerinde değişiklik yapılamayacak genetik etkilerin tersine, çevresel faktörler koruyucu ve durdurucu tedaviler ile ortadan kaldırılabilir.

Ağız solunumunun da çene ve dil pozisyonlarını değiştirerek orofasiyal bölgedeki nöromüsküler fonksiyonel dengenin bozulmasıyla Sınıf II maloklüzyona sebep olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca baş postürünün anteriorda konumlanması da üst dentoalveolar yüksekliğin artma olasılığını yükselttiği için oklüzal düzlem açısını değiştirerek maloklüzyonun gelişimine sebep olabilir [37].

Parafonksiyonel alışkanlıklar maksillanın transvers yönde yetersizliğine sebep olabilir. Özellikle karışık dişlenme döneminde maksiller darlık ileride görülecek Sınıf II maloklüzyonun bir habercisi olabilir. Reichenbach ve Taatz bu durumu ayakkabı-ayak örneğiyle açıklamışlardır. Şekil 2.3'te görülen bu örnekte mandibulayı temsil ederken dar ayakkabı maksillayı temsil etmektedir. Dar bir ayakkabı içerisinde ayak tamamen öne gidemez ve ayakkabının ön kısmında bir boşluk kalır. Bu boşluk artmış overjeti temsil etmektedir. Eğer ayakkabı genişlerse ayak yerleşmesi gereken pozisyona doğru ilerleyebilir. Maksillanın genişletilmesi de karışık dişlenme döneminde mandibulanın spontan repozisyonu ile Sınıf II maloklüzyonun düzeltilmesi ve gelişiminin engellenmesini sağlayabilir [39]. Bishara ve ark.[40] süt dişlenmeden daimi dişlenmeye geçişte Sınıf II Divizyon 1 maloklüzyona sahip bireylerde normal oklüzyona sahip bireylere göre maksiller arkın darlık eğiliminin daha fazla olduğunu bildirmişlerdir .



Şekil 2.3: Ayakkabı-ayak örneği ile temsil edilen maksilla-mandibula ilişkisi (A) Ayak (mandibula), dar ayakkabı(maksilla) içerisinde ileri hareket edememektedir. (B) Geniş bir ayakkabı normal ilişkiyi sağlamaktadır [39].

Kondil kırıkları ya da eklem kompleksindeki bir travma da mandibular yetersizlik ve/veya asimetrinin de eşlik edebileceği bir iskeletsel Sınıf II maloklüzyonun sebebi olabilmektedir. Proffit'e göre [41] kondil kırığına bağlı ciddi mandibular yetersizlik oranı %5-10 arasına değişmektedir. Hastanın yaşı ne kadar küçükse, kondilin rejenerasyon kapasitesi de o kadar artmaktadır.

2.4 Sınıf II Maloklüzyonun Özellikleri

Sınıf II maloklüzyon tek bir diagnostik tanım olmamakla birlikte çok sayıda iskeletsel ve dentoalveolar bileşenin kombinasyonu sonucu ortaya çıkabilmektedir. İdeal bir ortodontik tedavi bu iskeletsel ve dental komponentleri etkilemelidir, bu sebeple de maloklüzyonun hangi komponentten kaynaklandığının bilinmesi önem teşkil etmektedir.

McNamara ve ark. [39] Sınıf II maloklüzyonu sınıflamak için kraniofasiyal bölgeyi sagittal yönde maksiller iskeletsel pozisyon, maksiller dentoalveolar pozisyon, mandibular dentoalveolar pozisyon, mandibular iskeletsel pozisyon olmak üzere 4 temel bölüme ayırmışlardır.

Maksillanın protrüzyonuna bağlı Sınıf II ilişkide maksilla diğer kraniofasiyal yapılara göre daha anteriorda konumlanmıştır. Hitchcock ve Perry [42] Sınıf II maloklüzyona

sahip 57 hasta üzerinde yaptıkları çalışmada sadece 9 hastanın SNA° değerinin normalden yüksek olduğunu bulmuştur. McNamara [3] da benzer çalışmasında 277 çocuk üzerinde çalışmış; maksillanın pozisyonun genellikle normal olduğunu, maksiller protrüzyonun %10-15 olmak üzere düşük oranda görüldüğünü ve maksiller retrüzyonun protrüzyona göre daha sık görüldüğünü bildirmiştir.

Maksiller dentoalveolar protrüzyonda maksillanın iskeletsel kaidesine göre maksiller dentisyon daha anterior pozisyonundadır. Reidel [23] maksiller anterior dişlerin protrüzyonunun, normal oklüzyona sahip hastalara göre Sınıf II Divizyon 1 hastalarda iki kat daha fazla görüldüğünü bildirmiştir. Buna karşın Henry [43] Nasion-A noktası doğrusunda göre 103 hastanın sadece 11 tanesinde maksiller dentoalveolar protrüzyon olduğunu bildirmiştir.

Maksiller dentoalveolar pozisyonun ölçümü için kullanılan referans düzlemler ölçümün yanıltıcı olmasına sebep olabilmektedir. Sınıf II maloklüzyon mandibular retrüzyon kaynaklı olabileceği için A noktası-Pogonion doğrusu gibi mandibular pozisyonundan etkilenen ölçümlere göre maksiller kesici dişlerin konumlarının ölçülmesi hatalı olarak yüksek bir sonuç vermektedir. McNamara bu ölçüm yöntemlerini karşılaştırmış aynı örnekleme A-Pogonion referans düzlemine göre %75 kesici protrüzyonu tespit edilirken, A noktasından geçen vertikal düzleme göre kesici dişlerde %20 protrüzyon, %50 normal pozisyon, %30 retrüzyon görüldüğünü bildirmiştir [39].

Sınıf II maloklüzyonun en sık görülen sebebi mandibular iskeletsel retrüzyondur [3]. Birçok araştırmacı Sınıf II maloklüzyonda mandibula boyutlarında yetersizlik görüldüğünü bildirmişlerdir. Craig [44] mandibulanın corpus uzunluğunun Sınıf II hastalarda daha kısa olduğunu rapor etmiştir. Renfroe [45] ve Henry [43] Sınıf II hastaların bir kısmında mandibula boyutlarında yetersizlik görülürken, bir kısmında mandibulanın normal boyutlarda olduğunu ancak glenoid fossanın posteriorda konumlanması sebebiyle retrüzyon görüldüğünü belirtmişlerdir.

Sınıf II maloklüzyon sagittal yönde bir problem olsa da vertikal yöndeki değişimler maloklüzyonun klinik yansımasını etkileyebilmektedir. Vertikal paternin azalmış olması retrognatik bir mandibulayı anteriora yönlendirerek mevcut sagittal problemi maskeleyebilmektedir. Alt anterior yüz yüksekliği az olan bu hastalarda tipik olarak; azalmış mandibular düzlem açısı, belirgin çene ucu ve derin kapanış görülür. Artmış

vertikal paterni bulunan hastalarda ise sıklıkla retrüziv maksilla ve mandibula, belirgin olmayan çene ucu, hiperaktif mental kas ve açık kapanış eğilimi bulunmaktadır [39].

Drelich [46] Sınıf II maloklüzyonda Sınıf I'e göre artmış anterior yüz yüksekliği oranının daha fazla olduğunu bildirmiştir. Henry [43] de benzer şekilde Sınıf II örnekleminde daha büyük mandibular düzlem açısı rapor etmiştir. McNamara [3] Sınıf II maloklüzyonda genellikle normal vertikal boyutlar görülürken, artmış vertikal paterne azalmışa oranla daha sık rastlandığını belirtmiştir.

Pancherz ve ark. [47] 503 Sınıf II maloklüzyon gösteren çocuk hasta üzerinde yaptıkları çalışmada hem Divizyon 1 hem Divizyon 2 karakterde maloklüzyonun daha sık mandibula kaynaklı olduğunu ve azalmış yüz yüksekliğinin daha sık görüldüğünü bildirmişlerdir. Ayrıca maksiller kesici pozisyonu dışında bu iki grup arasında dental ve iskeletsel özellikler bakımından belirgin bir fark bulunmadığını rapor etmişlerdir.

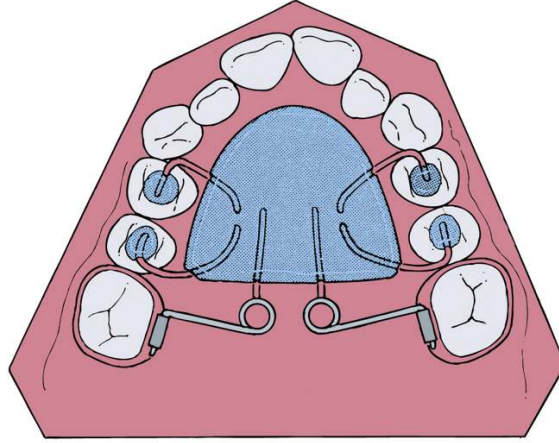
2.5 Sınıf II Maloklüzyon Tedavisi

Ortodontik tedavi yöntemine karar verirken hastaya ait bütün faktörler değerlendirilmelidir. Maloklüzyonun iskeletsel/dental kaynaklı olması, hasta yaşı ve büyüme gelişim dönemi, hastanın vertikal yönde iskeletsel paterni, yumuşak doku profili değerlendirilmelidir. Eğer iskeletsel kaynaklı bir maloklüzyon görülüyorsa problemin hangi iskeletsel komponent kaynaklı olduğu da tedavi kararının verilmesinde büyük önem taşımaktadır [21] .

Büyüme ve gelişimi sona ermiş olan hastalarda, iskeletsel deformitelerin düzeltilmesi için ortodontik tedavi ve cerrahi müdahalenin birlikte uygulandığı multidisipliner bir yaklaşım olan ortognatik cerrahi ile maksillomandibular ilişkiler düzenlenebilmektedir. Sadece maksilla/mandibula veya çene ucu cerrahileri yapılabileceği gibi bunların bir kombinasyonu şeklinde uygulamalar da yapılabilmektedir. Ortognatik cerrahi, fonksiyonu geliştirirken eş zamanlı olarak estetik görünümü de iyileştirmektedir. Fakat cerrahi komplikasyonlar, relaps, gerçekçi olmayan estetik beklentiler sebebiyle hasta memnuniyetsizliği, yüksek maliyet gibi dezavantajları bulunmaktadır [48].

İskeletsel Sınıf II maloklüzyona sahip hastalarda ortognatik cerrahi uygun bir tedavi seçeneği değilse, ya da iskeletsel ilişkiler normal olup sadece dental maloklüzyon bulunuyorsa; fonksiyonel bir oklüzyon oluşturmak için hastaya ait faktörler gözden

geçirilerek kamuflaj tedavileri uygulanabilir. Kamuflaj tedavisi; maksiller premolar dişlerin çekilmesi [5] ile veya Pendulum (Şekil 2.4), Keleş Slider gibi apareyler ya da geçici ankraj mekanikleri ile maksiller molar distalizasyonu [49-51] ile uygulanabilmektedir.



Şekil 2.4: Pendulum apareyi [52].

Proffit [21] kamuflaj tedavisinin tercihi için; hastanın normal ya da azalmış vertikal paterni bulunması, sagittal yönde çenelerde hafif bir uyumsuzluk olması, 4-6 mm'den küçük çapraşıklık görülmesi, burun, dudak, çene gibi yumuşak dokuların dengeli ve normal morfolojide olması ve transversal yönde iskeletsel problem olmaması gerektiğini bildirmiştir.

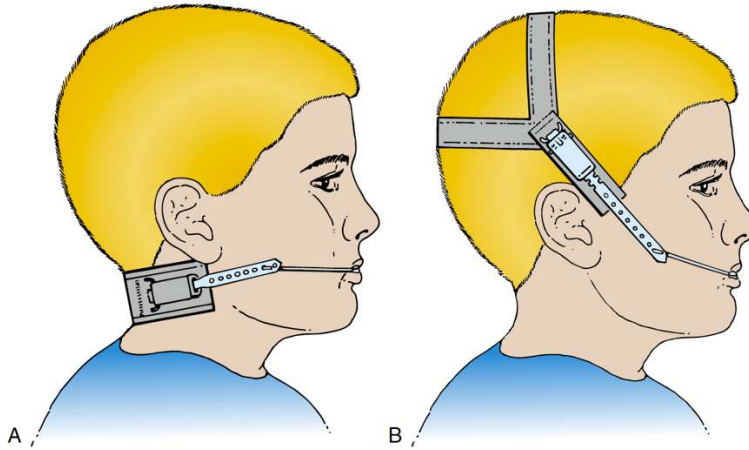
Graber'e göre [52] ise Sınıf II maloklüzyonun kamuflaj tedavisi için kararı etkileyen pozitif faktörler şöyledir:

1. Wits değerinin +4'ten küçük olması.
2. İskeletsel problemin kaynağının sadece tek bir çene olmaması, maksilla ve mandibulanın uyum içerisinde olması ve çene ucu konturunun yumuşak dokuyu destekliyor olması. Örneğin sadece mandibular yetersizlik kaynaklı ise kamuflaj tedavisinde fazla üst kesici retraksiyonu gerekir, bu durum da dudak desteğinin azalması ile yaşlı bir görünüme sebep olmaktadır.
3. Maksiller arkta orta derecede çapraşıklık ve mandibular arkta minimum çapraşıklık görülmesi.
4. Alt kesici dişlerin proklinasyona elverecek bir dişeti biyotipi olması ve yapışık dişeti miktarının yeterli olması.

5. Tedavi sonuçlarının uzun dönemde stabilizasyonunun güvenilir olması.

Büyüme gelişimi devam eden hastalarda maksilla ve mandibulanın sagittal yönde normal konumda olduğu fakat dental ilişkinin Sınıf II olduğu durumlarda büyüme gelişimi sona eren hastalarda olduğu gibi kamuflaj tedavisi yöntemleri kullanılabilir. İskeletsel Sınıf II maloklüzyon tedavisinde ise farklı olarak ortopedik tedavi yaklaşımlarının uygulanması mümkündür [5].

Maksiller protrüzyona sahip hastalarda maksillada büyümeyi kısıtlamak amacıyla uzun yıllardır ekstraoral traksiyon kullanılmaktadır. Ekstraoral traksiyon apareyleri facebow ve headgear olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Bu apareyler süturlarda kemik apozisyonunu etkileyerek maksillanın öne ve aşağı yönde büyümesini inhibe ederken, mandibulanın normal gelişimine izin vermektedir. Bu apareylerin boyundan destek alan ve vertikal boyutu arttıran servikal (low pull) headgear, baştan destek alan ve vertikal yönde kontrol sağlayan oksipital (high-pull) headgear ve her iki bölgeden de destek alan kombine headgear olmak üzere üç tipi bulunmaktadır (Şekil 2.5) [48]. Hastanın vertikal büyüme paternine göre headgear tipi seçilmektedir.



Şekil 2.5: A) Servikal (Low-pull) headgear, B) Oksipital (High-pull) headgear [52].

En sık görülen iskeletsel Sınıf II bulgusu olan mandibular retrognatide büyüme gelişimi devam eden hastalarda ortopedik tedavi için fonksiyonel apareyler kullanılmaktadır. Fonksiyonel apareyler, “bite jump” etkisi ile mandibulayı anterior pozisyonda konumlandırarak kaslarda postüral aktivitenin değişikliği ile iskeletsel ve dental düzeltimi amaçlamaktadır [52]. Literatürde fonksiyonel apareylerin efektif mandibular boyutları arttırdığını gösteren çalışmalar [53-56] bulunmaktayken, bu apareylerin uzun dönem etkinliği ile ilgili karşıt görüşler de mevcuttur. Uzun dönemde

iskeletsel etkinliklerinin minimal olduğunu savunan çalışmalar ile birlikte etkili bir iskeletsel düzeltim elde edildiğini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır [57-59]. Etkileri konusunda uzun yıllardır tartışılrsa da fonksiyonel apareyler mandibular retrognatiye bağlı Sınıf II maloklüzyonların tedavisinde yaygın şekilde kullanılmaktadır [60].

Maksiller prognati ve mandibular retrognatinin birlikte görüldüğü durumlarda ise ekstraoral apareyler ve fonksiyonel apareyler birlikte kullanılabilir. Literatürde aktivatör ve headgear apareylerini birlikte kullanan çalışmacılar bu kombinasyonun maksiller gelişimin durdurulması ile birlikte mandibulanın anterior yönde konumlanmasının gerçekleştiğini bildirmişlerdir [61, 62].

2.6 Fonksiyonel Apareyler ile Ortopedik Tedavi

2.6.1 Tanım ve tarihçe

Kraniofasial kompleksin gelişimi ve kemik dokunun morfolojik yapısı, fonksiyonel kuvvetler ve biyomekanik uyarılarla şekillenmektedir. Kemik doku, diğer bağ dokulara kıyasla daha yüksek düzeyde plastik ve adaptif bir yapıya sahiptir; bu nedenle üzerine iletilen fonksiyonel kuvvetlere karşı sürekli olarak yeniden şekillenme göstermektedir. Bu süreç, periost altı bölgelerde, kemik yüzeyinde ya da trabeküler yapıda gerçekleşen rezorpsiyon ve yeni kemik yapımı ile sağlanmaktadır [10]. Wolff kanunu [63], kemik dokunun yapısında veya fonksiyonunda meydana gelen değişikliklerin belirli bir düzenle morfolojik adaptasyonlara yol açtığını belirtmektedir. Wolff'a göre fonksiyonel kuvvetler; çığneme kasları tarafından oluşturulmaktadır ve bu kuvvetler kemik dokulara doğrudan ya da periodontal membran aracılığıyla iletilerek alveolar ve bazal kemikte yeniden şekillenme sürecini tetiklemektedir.

Bu biyomekanik yaklaşıma ek olarak Roux [64], biyolojik dokuların mekanik stres ve fonksiyonel kuvvetler karşısında adaptif yanıtlar geliştirdiğini savunmaktadır. Roux'a göre kemik dokular, üzerlerine uygulanan kuvvetlerin yönü ve büyüklüğüne göre yeniden şekillenir; bu da fonksiyonel ortopedik tedavilerin temel etki mekanizmalarından biri olarak kabul edilmektedir.

Muzzy'nin Enerjivital Teorisi ise, organizmanın gelişimini sürdürebilmesi için yapısal engellerin ortadan kalkması gerektiğini, Lienplastik Teori ise birbirine bağlı kemik

yapılardan birindeki değişimin diğerini de etkilediğini vurgulamaktadır. Moss'un Fonksiyonel Matriks Teorisi ise kraniyofasiyal bölgedeki kemik yapının, ona komşu olan fonksiyonel boşluklar ve yumuşak dokular (fonksiyonel matriks) tarafından yönlendirildiğini ileri sürmektedir. Bu teoriye göre iskeletsel üniteler, fonksiyonel matrikse destek olan yapılardır ve gelişim bu iki komponentin etkileşimiyle yönlendirilir [65].

Tüm bu teoriler ışığında geliştirilen fonksiyonel ortopedik tedavi, fonksiyonel uyarıların düzenlenmesi yoluyla iskeletsel yapılarda morfolojik değişikliklerin indüklenmesini amaçlayan bir yaklaşımdır. Bu tedavi yöntemi, büyüme potansiyelini kullanarak iskeletsel dengeyi sağlamayı hedeflemektedir [10].

Fonksiyonel apareylerin öncüsü sayılabilecek ilk aparey 1879 yılında Kingsley tarafından tanıtılan ısırma bloklu hareketli bir plaktır. 1902 yılında ise Pierre Robin, aynı isimli sendroma sahip hastalarda mandibular yetersizlik sebebiyle oluşan glossopitoz tedavisi için Monoblok apareyini geliştirmiştir [66]. 1905 yılında ise Herbst kendi adını taşıyan apareyi ilk defa tanıtmıştır [67] fakat aparey bulguların yayınlandığı ilk tarih olan 1935 yılından sonra uzun süre tercih edilmemiştir. Herbst apareyi 1979 yılından Pancherz tarafından tekrar gündeme getirilmesiyle popülerlik kazanmıştır. 1935'te ise Andersen ilk olarak kendi kızı için sabit ortodontik tedavi sonrası aktif retansiyonu amaçlayarak geliştirdiği Aktivatör apareyi ile Sınıf II maloklüzyon düzeltimi elde ettiğini gözlemlemiştir. 1966 yılında Frankel Fonksiyonel Regülatör adını verdiği doku destekli apareyini tanıtmıştır [66].

Tek parçalı apareylerin hasta konforunun düşük olması sebebiyle 1982 yılında Clark tarafından Twinblok apareyi tanıtmıştır. İki parçadan oluşan bu aparey ile hasta toleransını arttırmayı amaçlamıştır [7]. Ayrıca hasta kooperasyonu ve konforunu arttırmak amacıyla ileriki yıllarda ise Jasper Jumper, Eureka Spring, MARA, Forsus gibi birçok sabit fonksiyonel aparey geliştirilmiştir [68-71].

2.6.2 Fonksiyonel apareyler ile ortopedik tedavinin zamanlaması

İskeletsel Sınıf II maloklüzyonun fonksiyonel apareyler ile tedavi zamanlaması için literatürde farklı görüşler bulunmaktadır. Bazı çalışmalar [72, 73] büyüme modifikasyonu için en uygun zamanın pubertal büyüme atılımı dönemi olduğunu savunurken, bazıları [74, 75] ise preadölesan dönemde başlanarak iki aşamalı bir tedavinin daha avantajlı olduğunu belirtmektedir. Mathews [75] bu erken yaklaşımın,

iskeletsel düzensizliklerin büyüme yönlendirilerek düzeltilmesini, maksiller kesici dişlerin travmadan korunmasını ve yumuşak doku profilinin iyileştirilmesini sağladığını belirtmiştir.

Bacetti ve ark. [72] Twinblok apareyi ile fonksiyonel tedavi için ideal zamanın pubertal atılımın tepe noktası olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Franchi ve ark. [76] da Aktivatör ve Bionatör apareylerini puberte öncesi ve puberte dönemindeki hastalar üzerinde karşılaştırdıkları çalışmalarında pubertal atılımın tepe noktasındaki hastalarda mandibular uzunluk ve ramus yüksekliğinin daha fazla görüldüğünü rapor etmişlerdir. Faltin ve ark.[77] da benzer şekilde Bionatör apareyinin pubertal atılımın tepe döneminde daha etkili olduğunu göstermişlerdir.

Hansen ve ark. [78] Herbst apareyi ile fonksiyonel tedavinin puberte atılımı öncesi veya sonrası dönemde yapılmasının uzun dönem sonuçlarında fark gözlenmediğini fakat apareyin puberte atılımı sonrasında uygulanmasının oklüzal stabiliteyi arttırdığını ve retansiyon süresini kısalttığını bildirmişlerdir.

O'Brien ve ark. [79] Twinblok tedavisine erken başlamanın tedavi sonuçları açısından fark göstermediğini ancak erken yaşlarda aparey kullanım süresi ve hasta kooperasyonunun daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca erken tedavi hastaların özgüvenini arttırmış, anksiyete ve negatif sosyal deneyimlerini azaltmıştır [80].

Ek olarak, Sınıf II maloklüzyonun çok şiddetli olduğu durumlarda artmış overjet travma riski yaratmaktaysa, ya da hasta psikososyal olarak etkilenmekteyse fonksiyonel tedaviye erken başlanabilmektedir [80, 81].

2.6.3 Fonksiyonel aparey etkileri

Fonksiyonel apareyler mandibulanın hem sagittal yönde hem de vertikal yönde pozisyonunu değiştirerek etki göstermektedir. Mandibulanın aşağı ve ileri yönde hareketi ile yumuşak doku ve kasların gerilimini değiştirerek ortodontik bir kuvvet oluşturmakta ve oluşan bu kuvvetler aracılığıyla dental ve iskeletsel değişiklikler ile Sınıf II molar ilişkisinin düzeltilmesini ve overjetin azaltılmasını sağlamaktadırlar.

Fonksiyonel apareylerin başlıca etki mekanizmaları aşağıdaki gibidir:

1. Maksillanın öne-aşağı yönde büyümesinin frenlenmesi veya yönlendirilmesi

2. Mandibulada kondillerin artiküler fossadan anterior yönde yer değiştirmesi sonucu kondiler büyümenin uyarılması
3. Maksillada dentoalveolar büyümenin baskılanması
4. Mandibulada dentoalveolar büyümenin stimülasyonu
5. Üst kesici dişlerin palatinal yönde alt kesici dişlerin labial yönde devrilmesi ile overjetin düzeltilmesi
6. Temporomandibular eklemden yeniden şekillenme

Fonksiyonel apareylerin etkinliği konusunda birçok çalışma ve farklı görüş bulunmaktadır. Bishara'ya göre fonksiyonel apareyler ile ortalama 6 mm Sınıf II düzeltimi gerçekleşmekte ve bu düzeltimin %30-40'ı ortopedik, %60-70'i ise dentoalveolar değişiklikler ile sağlanmaktadır [57]. Graber [52] de sagittal düzeltim miktarını ortalama 6-7 mm olarak belirtmiştir. Bu düzeltimin 1-3 mm kondiler büyüme (erkeklerde daha fazla olabilir), 3-5 mm artiküler fossada adaptasyon, 0.5-1.5 mm fonksiyonel retrüzyon, 0.5-1.5 mm trabeküler yapının daha olumlu büyümesi, 1-1.5 mm maksiller büyümenin baskılanması, 1.5-2.5 mm posterior segmentlerde yukarı ve öne doğru diferansiyel erüpsiyon, 0-0.5 mm ise headgear etkisi ile olduğunu söylemiştir.

Cozza ve ark. [82] fonksiyonel apareylerin mandibular büyüme artışı üzerinde etkinliğini 22 klinik çalışma üzerinde değerlendirdikleri sistematik derleme sonucunda çalışmaların üçte ikisinde mandibular uzunluk artışı görüldüğünü bildirmişlerdir. Caccitore ve ark. [83] benzer meta-analiz çalışmaları sonucunda fonksiyonel apareyler ile Sınıf II maloklüzyonun uzun vadede düzeltilebildiğini, mandibular uzunlukta artış meydana geldiğini fakat çene projeksiyonuna önemli bir katkı göstermediğini rapor etmişlerdir.

Koretsi ve ark. [60] hareketli fonksiyonel apareylerin etkinliğini araştırdıkları meta-analiz çalışmalarında iskeletsel etkilerin minimum olduğunu, Sınıf II maloklüzyon düzeltiminin daha çok dentoalveolar etki ile gerçekleştiğini bildirirken, Twinblok apareyinde iskeletsel etkinliğin diğer hareketli fonksiyonel apareylerden daha fazla olduğunu bulmuşlardır.

Fonksiyonel apareyler ile mandibulanın yeni konumu uzayın her üç yönünde oluşturulan yeni kapanış konumu ile bağlantılıdır. Sagittal düzlemde mandibula

minimum, kesici dişlerin insizal uçları baş başa gelecek şekilde ya da negatif overjet oluşturacak şekilde öne alınabilmektedir. Vertikal düzlemde ise kapanışta oluşturulacak açıklık kondilin aşağı pozisyonunu belirlemektedir. Andresen ve Haupl; kapanışta belirgin bir açıklık gerekmeksizin aparey ile mandibulanın öne alınması ile kondiler adaptasyonun gerçekleştiğini, bu sebeple de açıklığın en fazla 4 mm ya da istirahat pozisyonunu aşmayacak şekilde olması gerektiğini savunmuşlardır [84]. Bunun aksine bazı araştırmacılar [85, 86] kasların viskoelastik özellikleri ve yumuşak doku gerilmesinin mandibulanın repozisyonu için belirleyici olduğunu ve sadece anterior dislokasyon değil 10-15 mm'ye kadar istirahat pozisyonunun ötesinde vertikal açıklık gerektiğini belirtmişlerdir. Bir diğer görüş ise izometrik kas kasılması ve yumuşak dokularda gerilimi sağlayabilmek için 4-6 mm'lik hafif bir vertikal açıklık oluşturulması yönündedir [87, 88].

Sagittal yönde ise bazı çalışmalar [55, 89] mandibulanın tek seferde maksimum ilerletilmesinin mandibular büyüme üzerinde en etkili yöntem olduğunu savunurken, kademeli aktivasyonun daha etkili olduğunu belirten çalışmalar da mevcuttur [90, 91]. Bu görüş mandibulanın önde konumlanmasının sebep olduğu lateral pterygoid kas aktivitesindeki artışın kondilde adaptif bir büyüme yanıt oluşturduğunu ancak 6-8 hafta sonra bu yanıtın azaldığını ve bu sebeple tedavi sırasında kademeli aktivasyon ile kas aktivitesinin tekrar artırılması gerektiğini savunmaktadır [84]. Pancherz ve ark. [91] kademeli aktive edilen bir hareketli aparey olan Bass apareyi ve tek seferde aktivasyonlu Herbst etkilerini karşılaştırdıkları çalışmalarında Bass apareyinin iskeletsel etkinliğini daha fazla bulmuşlardır. Chen ve ark. [90] da kademeli ve tek seferde aktivasyonun etkilerini inceledikleri meta-analiz çalışmasında kademeli aktivasyon ile iskeletsel etkinin daha fazla, dental kompanzasyonun ise daha az görüldüğünü bildirmişlerdir.

Şiddetli mandibular retrognati, mandibular korpus ile servikal vertebralar arasındaki mesafeyi azaltarak dil ve yumuşak damağın posteriora yerleşmesine ve bu durumun horlama ile obstrüktif uyku apnesi sendromu gibi solunum problemlerine yol açmasına neden olabilmektedir. Yapılan çalışmalar, iskeletsel Sınıf II maloklüzyona sahip çocuklarda hava yolu hacimlerinin azaldığını ve bu bireylerin ileride solunum sorunları açısından daha yüksek risk taşıdığını göstermektedir. Fonksiyonel aparey tedavileri ile mandibular ilerletmenin solunum fonksiyonlarında iyileşmeye katkı sağladığı düşünülmektedir [9, 92].

Fonksiyonel apareylerin etki ettiği bölge havayolunun üst kısmı olan nazofarenks, orofarenks ve hipofarenks bölümleridir. Xiang ve ark. [9] yaptıkları meta-analiz sonucunda fonksiyonel aparey tedavisi ile, nazofarenks ve hipofarenks boyutlarında da iyileşme görülmekle birlikte özellikle orofarenks genişliğinde artışın daha fazla bildirildiğini söylemişlerdir. Aynı çalışmada nazofarengeal bölgenin maksilla ve adenoid dokulardan da etkilenebileceği bildirilmiştir.

Hyoid kemik mandibula ve tiroid kıkırdak arasında bulunan; farenks, mandibula ve kraniuma kas ve ligamentler aracılığıyla bağlanan ve başka bir kemik ile eklem bağlantısı bulunmayan at nalı şeklinde bir kemiktir. Üzerine bağlanan kaslar ile havayolunun açıklığını korumada, yutkunmanın düzenlenmesinde ve mandibula hareketlerinde önemli rolü bulunmaktadır. Anatomik etkileşimleri sebebiyle mandibula pozisyonunda ortaya çıkan değişikliklerden hyoid kemik de etkilenmektedir. Mandibular retrognatinin hyoid kemiğın posterior yönde yer değiştirmesine sebep olabileceği, mandibulanın posterior rotasyonunun da hyoid kemiğın inferior ve posterior yönde yer değiştirmesine yol açabileceği bildirilmiştir. Fonksiyonel ortopedik tedavi ile mandibulada oluşan değişiklikler hyoid kemik konumu üzerinde de etki göstermektedir [8].

Fonksiyonel apareylerin temporomandibular eklem üzerine etkileri ise literatürde değişiklik göstermektedir. Fonksiyonel tedavi sonrası genellikle glenoid fossada hacim artışı görölmezken, kondil boyutlarında ve hacminde artış görölmemektedir. Glenoid fossanın tedavi sonrası inferior yönde yer değiştirdiğini bildiren çalışmalar mevcuttur. Kondil pozisyonu ise anterior ve inferior yönde yer değiştirmektedir. Bazı çalışmalar mandibulanın yeniden konumlandırılmasının disk deplasmanına sebep olabileceğini bildirirken, zararlı etkisi bulunmadığını bildiren çalışmalar da mevcuttur. Kyburz ve ark. [93] fonksiyonel tedavinin temporomandibular eklem üzerine etkilerini inceledikleri sistematik derleme ve meta- analiz çalışmalarında fonksiyonel aparey tedavisinin diskin pozisyonu, şekli ve yer değiştirmesi üzerinde önemli ölçüde etkili olmadığını ve kondil-disk ilişkisinin büyük çoğunlukla korunabildiğini bildirmişlerdir.

Fonksiyonel apareyler Sınıf II maloklüzyon tedavisi dışında parmak emme, dudak emme, ağız solunumu gibi parafonksiyonel alışkanlıkların tedavisi amacıyla da kullanılabilir. Posterior bölgede erüpsiyon ile posterior rotasyona sebep olduğu için derin kapanışa fayda göstermekle birlikte açık kapanış eğilimi olan hastalarda kullanımı uygun değildir. Bu apareyler ile uygulanacak dış hareketleri sınırlı olup,

sabit ortodontik tedavi ile düzeltim gereklidir ve tedavinin sonuçları hasta kooperasyonu ile korelasyon göstermektedir [5] .

2.6.4 Fonksiyonel aparey sınıflaması

Fonksiyonel apareyler kooperasyon faktörüne göre hareketli ve sabit olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Hareketli fonksiyonel apareylerin hasta tarafından takıp çıkarılarak kullanılmaktayken sabit fonksiyonel apareyler hekim tarafından dentisyona yerleştirildiği için kooperasyon faktörü minimumdur. Hareketli fonksiyonel apareyler periodontal dokulara daha az zarar vermektedir, çıkarılabildiği için hijyen sağlamak daha kolaydır ve daha basit laboratuvar işlemlerinden geçtikleri için daha ekonomiktirler [94, 95].

Bu iki grup aparey açısından bir diğer farklılık da vertikal açıklıktır. Sabit fonksiyonel apareylerde posterior da vertikal açıklık limitlidir. Vertikal açıklık iki aparey tipinin iskeletsel adaptasyon yönünde farklılığa sebep olmaktadır. Yapılan çalışmalar sabit fonksiyonel aparey olan Herbst apareyinin kondil büyümesini sagittal yönde arttırdığı ve vertikal yönde anlamlı bir etkisi olmadığını bildirmektedir. Hareketli apareyler ise büyük oranda vertikal büyümeyi etkilemektedir. Ayrıca sabit fonksiyonel apareyler sürekli bir sagittal aktivasyon sağladığı için pubertal atılım döneminin hemen sonrasında da kullanılabilir. [84].

Hareketli apareylerin daha fazla vertikal açıklık ile birlikte daha hacimli olmaları kullanan hastalarda konuşma, yutkunma gibi fonksiyonlarda negatif etkiye sebep olabilmekte; bu durum da hasta kooperasyonunu etkileyebilmektedir. Buna karşın sabit fonksiyonel aparey kullanan hastalarda hareketli fonksiyonel apareylere göre daha fazla aparey kırılması ile acil hekim ziyareti görülmektedir [96].

Cozza ve ark. [82] fonksiyonel apareyler arasında Herbst apareyini mandibular uzunluk artışında en yüksek etkinlikte bulurken, aynı çalışmada yine yüksek etkinlik ile bunu Twinblok apareyinin takip ettiğini bildirmişlerdir. O'Brien ve ark. [97] Twinblok ve Herbst etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında her iki apareyin iskeletsel ve dentoalveolar etkileri arasında istatistiksel fark bulunmadığını rapor etmişlerdir. Kurt ve ark. [98] ise her iki apareyi de kontrol grubuna göre etkili bulurken Twinblok apareyinin daha fazla iskeletsel etki gösterdiğini bildirmişlerdir.

Ayrıca fonksiyonel apareyler destek aldığı dokulara göre de 4 şekilde gruplandırılabilirler [21]:

1. Pasif dış destekli apareyler: Bu apareyler vida ya da zemberek gibi herhangi bir kuvvet elemanı olmaksızın yumuşak doku gerilimi ve kas aktivitesi ile çalışırlar. Standart üretilmiş Bionatör, Twinblok ve Herbst apareyleri bu gruba dahildir.
2. Aktif dış destekli apareyler: Ekspansiyon vidası ya da zemberek gibi dış hareketi sağlayan unsurları da bulunan apareylerdir. Modifiye edilmiş Aktivatör ya da Bionatör tasarımları bu türe örnektir.
3. Doku destekli apareyler: Bu tip apareylere tek örnek Frankel apareyidir. Frankel apareyi dişlerden destek almadan sadece yumuşak doku basıncı ile çalışmaktadır.
4. Hibrit apareyler: Özellikle asimetri durumlarında kullanılan bu apareyler hastanın ihtiyacına göre farklı fonksiyonel apareylerin kombinasyonu şeklinde hazırlanabilmektedirler.

2.6.4.1 Hareketli fonksiyonel apareyler

Aktivatör

1902 yılında Pierre Robin, Monoblok adını verdiği Aktivatör'ün öncüsü olarak kabul edilen tek parçalı hareketli apareyi geliştirmiştir. Daha sonra 1909 yılında Viggo Andresen kızının sabit ortodontik tedavi sonrası retansiyonu için Hawley tipi bir apareye mandibulayı anteriora yönlendiren lingual bir parça eklemiş ve apareyin başarılı olduğunu görmüştür. Andresen ve Haupl tasarımı geliştirerek Aktivatör apareyini tanıtmışlardır (Şekil 2.6). Dış destekli bir fonksiyonel aparey olan Aktivatör mandibulayı önde tutmaktadır. Böylece protraksiyon ve elevasyon sağlayan kasların kasılması ve retraktör kasların gevşemesi ile oluşan yeni nöromuskuler dengeye bağlı olarak, kasların fonksiyonel yüklere adaptasyonu ile kemik yapılarında da değişiklikler oluşturmaktadır. Aparey ağız içerisinde gevşek şekilde tutunur ve kullanan hastaların aktif olarak yerinde tutması gerektiği için parafonksiyonel alışkanlıkların önlenmesinde ve normal kas aktivitesinin uyarılmasında bir egzersiz apareyi olarak da işlevi bulunmaktadır [52].

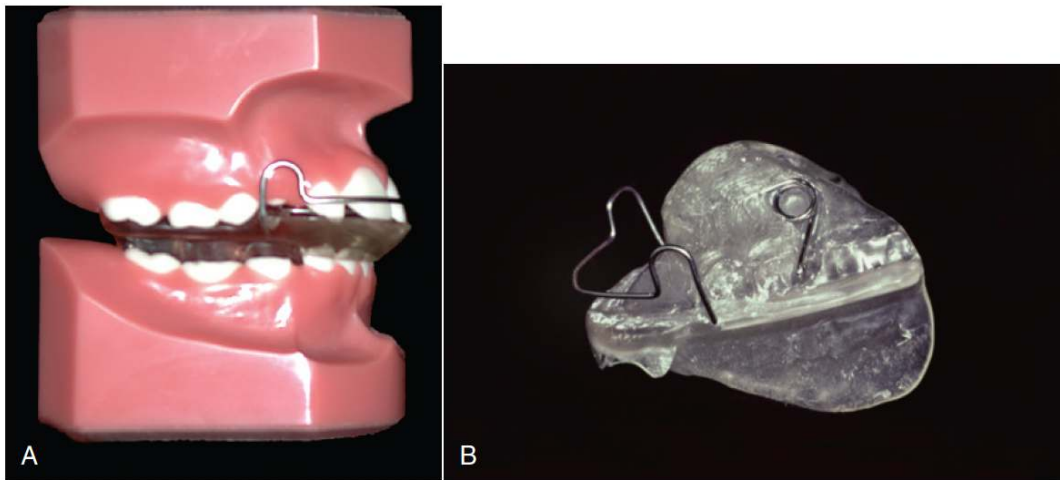
Aktivatör apareyi palatinal bölgeye yerleşen ve maksiller dişlerin palatinal yüzeylerinden geçen maksiller akrilik kaide, mandibular kesici dişlerin proklinasyonlarını sınırlandırmak için bu dişleri kaplayan mandibular akrilik kaide, maksiller labial arkta oluşmaktadır. Apareye ekspansiyon vidası da eklenebilmektedir. Apareyde alt posterior dişlerin akrilik ile temas ettiği kısımlar möllener ekstrezyon ile vertikal düzeltim de sağlanabilmektedir [65].

Aktivatör ile elde edilen dişsel değişiklikler aşağıdaki gibidir:

1. Mandibular kesici dişlerde protrüzyon
2. Maksiller kesici dişlerde retrüzyon
3. Mandibular arkta dentoalveolar mezializasyon
4. Mandibular molar bölgede ekstrezyon ve Spee eğrisinde düzleşme
5. Oklüzal düzlemde posterior rotasyon

Aktivatör ile elde edilen iskeletsel değişiklikler ise:

1. Mandibular uzunlukta artış
2. Gonial açı ve alt yüz yüksekliğinde artış
3. Kondil ve glenoid fossada yeniden şekillenme ile kondilde yeni kemik oluşumu
4. Maksillanın anterior ve inferior yönde normal gelişiminin azalmasıdır [65].



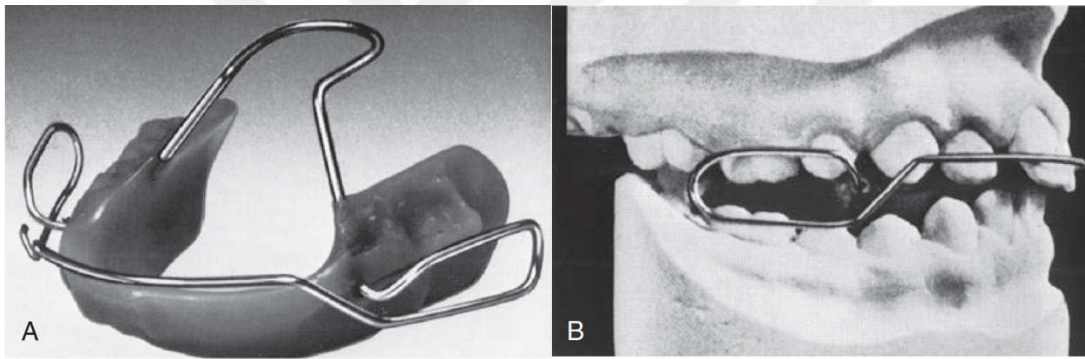
Şekil 2.6: Aktivatör apareyi (A, B) [21].

Bionatör

1950’li yıllarda Wilhelm Balters tarafından geliştirilen aparey hasta konforunun artması amacıyla hacimli bir aparey olan Aktivatör’e alternatif olarak geliştirilmiştir. Bionatör (Şekil 2.7) palatinal akrilik kaide yerine bir transpalatal bar olan “coffin spring” bulundurmaktadır, böylece Sınıf II vakalarda dil de daha serbest hareket ederek anteriorda konumlanabilmektedir. Ayrıca bukkal bölgeden geçen labial bar ile yanak baskısını engellemektedir. Apareyin hacmi azaldığı için gündüz kullanım süresi de artmakta ve kullanım kolaylığı sağlanmaktadır [52].

Bionatör apareyinin üç tipi bulunmaktadır [99]:

1. Sınıf II Divizyon 1 vakalar için standart Bionatör apareyi
2. Açık kapanış vakalarında anormal dil aktivitesini önleyici Bionatör apareyi
3. Sınıf III vakalarda kullanılan ters yönlü Bionatör apareyi



Şekil 2.7: Sınıf II Bionatör apareyi (A,B) [52].

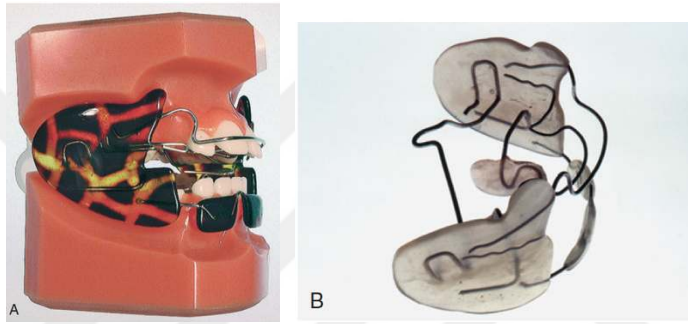
Frankel apareyi (Fonksiyonel regülatör)

Alman ortodontist Rolf Frankel tarafından geliştirilen bu aparey iskeletsel maloklüzyonların tedavisinde kas fonksiyonlarının düzenlenmesi ve orofasiyal dengenin oluşturulmasını amaçlamaktadır. Diğer fonksiyonel apareylerden farklı olarak yanak ve dil gibi yumuşak dokuların fonksiyonlarını da eğiterek çenelerin büyüme yönü ve boyutlarını etkilemektedir. Apareyin Sınıf II maloklüzyon dışında, Sınıf III ve açık kapanış için kullanılan versiyonları bulunmaktadır.

Frankel apareyi dişlerden destek almayıp sadece doku desteği alan tek fonksiyonel aparey olma özelliği taşımaktadır. Aparey, vestibüler ve labial yastıkları ile bukkal kas, mental kas ve orbicularis oris kaslarını elimine ederek periosteal gerilimi ile yeni kemik

gelişimini stimüle etmektedir. Bukkal kas eliminasyonu ile maksiller ve mandibular arklarda ekspansiyon sağlamaktadır.

Sınıf II maloklüzyon için üretilen Frankel-2 apareyinde labial yastıklar mandibular kesici dişlerin labialinde yerleşerek alt dudak basıncını elimine etmektedir (Şekil 2.8). Böylece mandibulada periosteal gerilim ile kemik büyümesinin aktivasyonunu sağlamaktadır. Mandibular kesici dişlerin arkasında bulunan lingual yastık ise mandibulayı önde konumlandırmaktadır. Aparey hacimli gibi görünse de büyük kısmı vestibülde konumlandığı için konuşmayı diğer fonksiyonel aparey tasarımlarından daha az etkilemektedir. Fakat karmaşık labratuvar süreçleri, kullanım zorluğu ve kooperasyon problemleri sebebiyle popülerliği son yıllarda azalmıştır [21, 52, 100].



Şekil 2.8: Frankel-2 Apareyi (A, B) [21].

Twinblok

Twinblok apareyi; 1982 yılında kullanımı kolay, konforlu ve daha estetik bir tasarım elde etmek amacıyla William J. Clark tarafından Monoblok ve Schwarz'ın iki parçalı plağının geliştirilmiş hali olarak tanıtılmıştır [7]. Aparey maksilla ve mandibulaya yerleşen ve oklüzal ısırma düzlemleri bulunan iki akrilik bloktan oluşmaktadır. 70° eğimli üretilen olarak üretilen ısırma düzlemleri mandibulayı aşağı ve öne yönlendiren bir rehber görevi görmektedir. Aparey ağızdayken hasta mevcut Sınıf II kapanış ilişkisini rahat oluşturamamakta ve eğimli ısırma düzlemlerinin oklüzyona geçmesi ile mandibulanın yeni anterior konumuna adaptasyon için yönlendirilmektedir. Hastanın mevcut oklüzyonuna ait tüberkül temasları bu düzlemler ile oluşturulan yeni pozitif propriyoseptif temaslarla değiştirilerek mandibulanın Sınıf II kapanışta kilitlenmesi engellenmektedir. Clark apareyin tam zamanlı kullanımını önermiştir. Böylece aparey etkisi ile oluşan yeni nöromüsküler dengeye adaptasyon ile, dokularda birkaç ay içerisinde hızlı bir pozitif değişim gözlenmektedir [52].

Apareyin 70° eğimli ısıрма düzlemleri tam kapanışta kenetlenerek overjeti azaltmakta ve mandibulanın mezial pozisyonunda üst kesiciler temasını sağlamaktadır. Bu ısıрма blokları üst parçada birinci molar dişlerin mezialine yerleşip üst molar ve ikinci premolarları kaplamaktayken, alt parçada premolar dişlerin mezialine uzanmaktadır [10].

Twinblok, ilk aşamada Sınıf II Divizyon 1 maloklüzyonun fonksiyonel tedavisinde mandibulayı anteriorda konumlandırmak için tasarlanmış olsa da yıllar içerisinde apareyin farklı modifikasyonları gelişmiştir. Sınıf II Divizyon 2 maloklüzyon tedavisinde üst kesici dişleri protrüze etmek amacıyla sagittal vidalar apereye eklenebilmektedir. Vertikal boyut kontrolü için ise posterior ısıрма düzlemlerinin kademeli şekilde mollenmesi ile mandibular molar dişlerin erüpsiyon kontrolü ile sağlanabilmektedir. Apareyin üst parçasına ihtiyaç halinde ekspansiyon vidası ve headgear tüpü de eklenebilmektedir [10].

Aparey için ısıрма kaydı alınırken Clark tek bir aktivasyon ile keserler baş başa olacak şekilde 10 mm öne alınabileceğini, ancak daha fazla overjet varlığında 7-8 mm ilerletme sonrası hasta uyumu sağlandıktan sonra sagittal yönde aktivasyon yapılması gerektiğini belirtmiştir. Vertikal büyüme paterni gösteren ve zayıf kas yapısına sahip olan hastalarda mandibulayı protrüzyonda tutma zorlukları görülebilmektedir. Böyle durumlarda eğimli ısıрма düzlemlerinden sagittal yönde mölleme yapılarak aktivasyonda bireysel varyasyonlar yapılabilmektedir [10]. Banks ve ark. [101] Twinblok tedavisinde tek seferde ilerletme ile kademeli ilerletme arasında fark olmadığını bildirirken, Doshi ve Mahindra [102] temporomandibular eklemden iskeletsel adaptasyonun kademeli ilerletmede daha dengeli olduğunu savunmuştur.

Lund ve ark. [103] Twinblok tedavisinin etkinliğini tedavi görmemiş bir kontrol grubu ile karşılaştırdıkları çalışmaları sonucunda ANB° açısının azaldığını ve SNB° açısının arttığını, çene ucunun kontrol grubuna göre daha fazla ileri hareket ettiğini bulmuşlardır. Overjet azalmasının ise daha çok dentoalveolar olduğunu bildirmişlerdir.

Ehsani ve ark. [104] Twinblok tedavisini kısa dönem etkilerini inceledikleri sistematik derleme ve meta-analiz çalışmaları sonucunda apareyin alt kesici dişlerde proklinasyon, üst kesici dişlerde retroklinasyon, alt molarlarda mezializasyon üst molarlarda distalizasyon, mandibular uzunlukta artış ve mandibulanın öne hareketinin

Çalışmalarda düzenli olarak rapor edildiğini bildirmişlerdir. Ayrıca maksiller büyümenin frenlenmesinin klinik olarak anlamlı olmadığını, vertikal boyutların da hastalar arasında değışiklik gösterdiğini belirtmişlerdir.

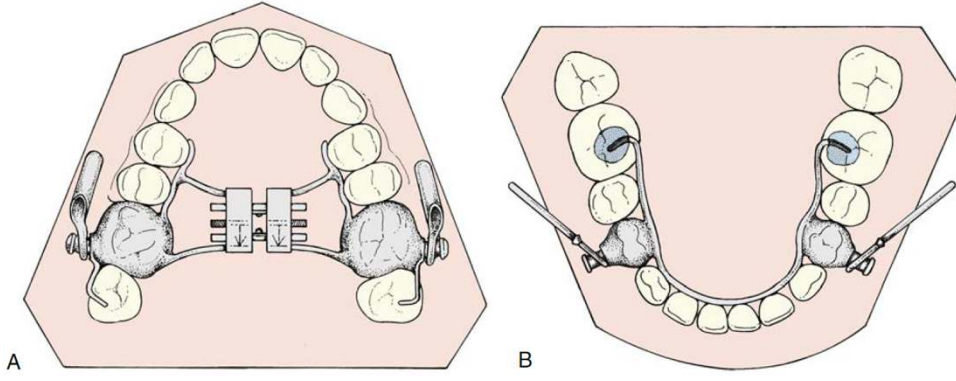
2.6.4.2 Sabit fonksiyonel apareyler

Sabit fonksiyonel apareyler kendi içlerinde esneklik kapasitelerine göre rijit, esnek ve hibrit olarak üç gruba ayrılmışlardır. Rijit apareyler elastik özellikleri bulunmayan, mandibulayı devamlı olarak önde konumlandıran ve lateral hareketleri kısıtlayan apareylerdir. Herbst ve MARA apareyleri bu gruba örnektir. Esnek sabit fonksiyonel apareyler intermaksiller uzanan yay ve zemberek sistemleri içermektedir ve mandibulanın protrüzyon dışında lateral hareketlerde de serbestliğini sağlamaktadırlar. Jasper Jumper ve Bite Fixer apareyleri bu grubun birer üyesidir. Hibrit apareyler ise yarı rijit bir sisteme sahiptirler ve esneklik özelliklerini piston sisteminin içerisinde bulunan yaylardan alırlar. Forsus, Eureka Spring ve Sabbagh Universal Spring II apareyleri bu grubun içerisinde bulunmaktadır [105].

Herbst apareyi

Sabit fonksiyonel apareylerin öncüsü olan Herbst apareyi ilk olarak 1905 yılında Emile Herbst tarafından geliştirilmiş fakat esas popülerliğini 1979 yılında Pancherz tarafından yapılan çalışmalar sonucu tekrar gündeme gelmesiyle kazanmıştır [55]. Aparey maksilla ve mandibula arasında intermaksiller uzanan teleskopik bir mekanizmadan ve bu mekanizmayı dentisyona bağlayan lehimlenmiş band, döküm kron ya da akrilik splint sisteminden oluşmaktadır. Bu teleskopik mekanizma mandibulayı önde konumlandırırken, rijit doğası sebebiyle lateral hareketlere izin vermemektedir [39] (Şekil 2.9).

Pancherz ve ark. [106] yaptıkları çalışmada, Herbst apareyi ile tedavi edilen Sınıf II hastalarda mandibular uzunluk ve SNB açısında artış gözlenmiş, oklüzyonun düzelmesinde iskeletsel ve dental katkıların eşit olduğu rapor edilmiştir. Aynı hasta grubunda yapılan başka bir çalışmada ise Herbst apareyinin maksiller molar ve mandibular kesicilerde intruzyona, mandibular molarlarda ekstrüzyona neden olarak alt yüz yüksekliğini artırdığı; ancak vertikal maksiller ve mandibular pozisyonlara etkisinin sınırlı olduğu belirtilmiştir [107].



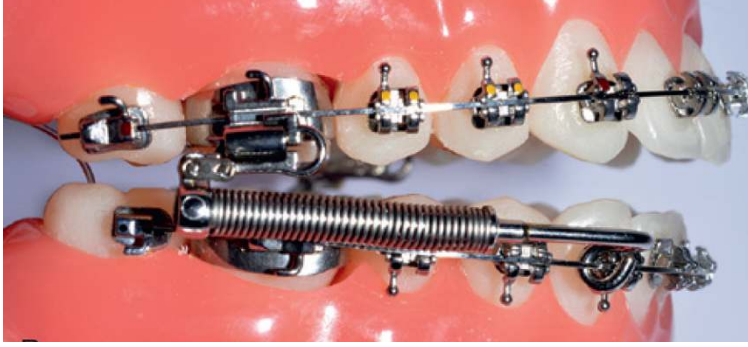
Şekil 2.9: Herbst apareyi [52].

Forsus

Forsus apareyi 2001 yılında Vogt tarafından tanıtılmıştır. Aparey sabit ortodontik tedavi sırasında ark tellerine bağlanarak kullanılmaktadır ve dört kısımdan oluşmaktadır [103]:

1. Teleskopik Yay (Çelik Spiral Yay): Kuvvet üretimini sağlayan ana parçadır. Sıkışma kuvveti aracılığıyla üst ve alt dişlere zıt yönlü kuvvet uygular.
2. L-Pin Modülü (Üç Parçalı Sistem) veya EZ2 Modülü (İki Parçalı Sistem): Apareyin üst ve alt arklarla bağlantısını sağlayan parçalardır.
3. Push Rod (İtici Çubuk): Mandibular ark teline, genellikle kanin ya da birinci premolar bölgesinin distalinde sabitlenen ve yayı destekleyen kısımdır.
4. Üst Birinci Molar Tüpü Bağlantısı: Yayın üst çeneye bağlantı noktasıdır, kuvvetin iletilmesini sağlamaktadır.

Forsus (Şekil 2.10), Herbst apareyinin modern bir alternatifi olarak tanıtılmıştır fakat etkileri daha çok dentoalveolar yöndedir [19]. Franchi ve ark. [68] yaptıkları çalışma sonucunda meydana gelen değişikliklerin maksillada iskeletsel olduğunu, mandibulada ise değişimin dentoalveolar etkiler ile görüldüğünü bildirmişlerdir. Caccitore ve ark. [103] da Sınıf II maloklüzyonun düzeltilmesinde dentoalveolar seviyede oldukça etkili olduğunu ve elde edilen değişikliklerin stabil bulunduğunu rapor etmişlerdir.



Şekil 2.10: Forsus apareyi [21].

2.7 Şeffaf Plaklar ile Ortodontik Tedavi

Son yıllarda ortodontik tedavide estetiğe verilen önemin artması ile birlikte şeffaf plak tedavileri geliştirilmiş ve oldukça popüler hale gelmiştir. Şeffaf plakların estetiğe ek olarak hekim ve hasta konforunu da arttırmaktadır. Ağız içi model elde edilmesi, tedavi planlaması ve plak üretim süreçleri gibi tedavi aşamaları dijital ortamda gerçekleştirilmektedir.

İlk olarak 1945 yılında Kesling “Tooth positioner” adını verdiği vakumlu sistemler ile hazırlanan şeffaf aparey ile basit diş hareketlerinin elde edilebileceğini bildirmiştir [108]. Daha sonraki gelişmeler ile plak materyalinin katı olan doğası sebebiyle tek bir plak ile sadece küçük hareketlerin gerçekleştirileceği anlaşılmış ve dişlerin minimal miktarlarda hareket ettiği sıralı bir tedavi sistemi oluşturulması ilkesi benimsenmiştir. Başlangıçta dental modellerin modifiye edilmesi ile manuel olarak elde edilen ve sadece iki ila beş plaklık seriler için kullanılan şeffaf plaklar; 1990’lı yılların sonunda Align Technology adlı şirketin Invisalign markası ile bu modelleme ve üretim sürecini dijitalleştirilmesiyle daha karmaşık diş hareketlerinin de tedavi edilebilmesine imkan sağlamıştır [21]. O dönemden günümüze şeffaf plak sistemlerinde birçok gelişme kaydedilmiş olup Invisalign (Align Technology, San Jose, California, ABD) dışında; Spark (Ormco Corporation, Orange, California, ABD), ClearCorrect (Straumann Group, Round Rock, Texas, ABD), SureSmile (Dentsply Sirona, Charlotte, North Carolina, ABD) gibi pek çok şeffaf plak sistemi bulunmaktadır [109]. Ayrıca hekimlerin kendi laboratuvar şartlarında üretebilecekleri dijital şeffaf plak üretim sistemleri de son dönemde üzerinde sıklıkla çalışılan bir konudur [110].

Başlangıçta şeffaf plaklar sadece basit çapraşıklıkların tedavisinde kullanılmaktayken, 1993 yılında Sheridan ve ark. [111] tarafından şeffaf plak tedavisinin interproksimal

redüksiyon (IPR) ile kombine şekilde uygulanabileceğinin gösterilmesiyle daha şiddetli vakaların tedavisinde de kullanılabilesinin mümkün olduğu kabul edilmiştir.

Şeffaf plaklar temel biyomekanik olarak dentisyonu tamamen sararak kavramakta ve plaktaki deformasyon ile kuvvetlerin oluşumu ile diş hareketi sağlamaktadır. Geleneksel sabit ortodontik mekaniklere göre şeffaf plakların temel farkları kuvvet uygulama şekli, tutuculuk ve ankraj mekanizmasıdır. Sabit ortodontik mekanikler çekme kuvveti ile çalışırken şeffaf plaklar dişleri itme kuvveti ile hareket ettirmektedirler. Sabit mekaniklerde, esnek bir ark teli braket slotuna yerleştirildiğinde eski formuna dönmeye çalışarak diş çekmekte böylece yeni bir konuma getirmektedir. Buna karşılık, şeffaf plaklar dişin mevcut pozisyonuyla plak içindeki hedef pozisyon arasındaki farkı elastik deformasyonla dengeleyerek bu farktan doğan itme kuvvetiyle diş hareket ettirmektedir. Tutuculuk açısından ise sabit mekaniklerde kalın ve rijit tellerin braket slotuna oturması ile kuvvet daha iyi iletilmekteyken; şeffaf plaklarda ise dişin yüzeyini saran plastik miktarı ve yüzey alanı bu tutuculuğu belirlemektedir. Kron boyu kısa ya da boyutu küçük dişlerde tutuculuk düşük olabileceği için ataçman adı verilen destek üniteleri ile tutuculuk arttırılabilmektedir. Ankraj yönünden de sabit mekanikler bir grup dişin diğerine destek olduğu karşılıklı kuvvet prensibine göre çalışmaktadır. Şeffaf plak sistemlerinde ise ankraj sistemleri dijital olarak planlanarak farklı aşamalarda değiştirilebilmektedir [112].

Yapılan çalışmalar şeffaf plakların sabit ortodontik mekaniklerde olduğu gibi etkili diş hareketi oluşturabileceğini bildirmektedir. Simon ve ark. [12] ortodontik kuvvet iletimini araştırdıkları çalışmaları sonucunda şeffaf plaklar ile üretilen kuvvet ve momentlerin ortodontik kuvvet aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Castroflorio ve ark. [11] da şeffaf plak tedavisinde kemik yapım ve yıkımını sağlayan biyolojik belirteçlerin geleneksel apareyler ile üretilen ortodontik kuvvete bağlı oluşan belirteçler ile uyumlu olduğunu göstermişlerdir.

Ortodontik kuvvetler geleneksel sabit ortodontik tedavi ile karşılaştırılabilir olsa da tedavi etkinliğinde hedeflenen diş hareketinin türü önem taşımaktadır. Devrilme ve intrüzyon hareketleri şeffaf plaklar ile kolay elde edilen hareketlerdir [113]. Distalizasyon ve ekspansiyon planlanan vakaların da şeffaf plaklar ile başarılı şekilde tedavi edilebileceği bildirilmiştir [114, 115]. Şiddetli rotasyon düzeltimi, fazla eğilmiş dişler, çok sayıda eksik diş bulunan vakaların tedavisinin şeffaf plaklar ile yönetimi

daha zorlayıcı olabilmektedir ve gerekirse geleneksel sabit mekanikler ile kombine tedavi planlaması oluşturulması önerilmiştir [116]. Ayrıca zorlu diş hareketlerinde ankrajı arttırmak ve plaklarla uygulanan kuvveti desteklemek için elastikler ve geçici ankraj mekaniklerinin kullanımı mümkündür [117].

Şeffaf plak tedavilerinde destek ünitesi olan ataçmanların sabit ortodontik tedavideki braketter gibi düşünülerek her dişe ataçman koyulması hatalı bir yaklaşımdır. Ataçmanların intrüzyon gibi ankraj gerektiren hareketlerde, translasyon hareketinde kök kontrolü için, premolar dişler gibi yuvarlak kron morfolojisine sahip dişlerin rotasyonunda, kron boyu kısa dişlerde ve kesici diş ekstrüzyonunda tutuculuk için kullanılması önerilmektedir. En sık kullanılan şeffaf plak sistemlerinden biri olan Align Technology'ye ait Invisalign sisteminde ataçmanlar konvansiyonel ve optimize olmak üzere iki kategoriye ayrılmıştır. Konvansiyonel ataçmanlar plakların dişleri hareket ettirebilmesi için kullanılan pasif ataçmanlardır. Elipsoid, vertikal dikdörtgen, horizontal dikdörtgen ve eğimli olmak üzere dört çeşidi bulunmaktadır. Optimize ataçmanlar ise belirli diş hareketi eşiklerine ulaşıldığında yazılım tarafından otomatik olarak yerleştirilen ve kuvvetin yönü, uygulama noktası ile miktarını kontrol etmek üzere dişe özel tasarlanan aktif yüzeylere sahip yapılardır. Bu ataçmanlar, diş morfolojisine göre şekillendirilmiş aktif yüzeyleri sayesinde plakların belirli bir kuvvet uygulayarak dişi istenilen yönde hareket ettirmesini sağlamaktadır [112].

2.7.1 Şeffaf plaklar ile fonksiyonel tedavi

Şeffaf plaklarla Sınıf II maloklüzyonun düzeltiminde geleneksel yöntemlerde olduğu gibi yine önemli olan faktörler mevcut maloklüzyonun dental ya da iskeletsel komponentli olması ve hastanın mevcut büyüme gelişim dönemidir. Dental maloklüzyonlar için genellikle Sınıf II elastik ile bite jump simülasyonu, sekanslı distalizasyon mekanikleri ve çekimli tedaviler düşünülürken, iskeletsel maloklüzyon için hastanın büyüme dönemine bağlı olarak ortognatik cerrahi ya da fonksiyonel tedavi uygulanabilmektedir [112]. Fonksiyonel tedavi seçeneği çoğu şeffaf plak sistemlerinde mevcut olmamakla birlikte, Invisalign Mandibular Advancement (MA) (Align Technology, San Jose, Kaliforniya, ABD), Runner aпарeyi (Leone SPA Company, Sesto Fiorentino, Firenze, Italy), Smartee G8 (Smartee Denti-Technology Co., Ltd., Pekin, Çin) ve A6 (Angelalign Technology Inc., Şanghay, Çin) sistemleri bu tedavi yaklaşımını sunan örneklerdir. Literatürde bu alanda yapılan çalışmalarda çoğunlukla Invisalign MA sistemi kullanılmıştır [118, 119].

Invisalign MA sisteminde alt ve üst olmak üzere her iki plakta da Twinblok apareyine benzer şekilde oklüzyonda birbirine kenetlenerek mandibulanın öne doğru yönlendirilmesini sağlayan hassas kanatlar adı verilen eklentiler bulunmaktadır. Plak materyali ile aynı materyalden plağın bir devamı şeklinde üretilen bu hassas kanatlar birinci molar dişler ve ikinci premolar dişler hizasında konumlanmaktadır. Hassas kanatlar yardımı ile ortopedik tedavi devam ederken eş zamanlı olarak diş hareketleri de elde edilebilmektedir[112, 117, 120].

İlerletme fazı olan MA fazına geçmeden önce pre-MA faz adı verilen bir hazırlık fazı bulunmaktadır. Özellikle Sınıf II divizyon 2 vakalarda mandibulanın ilerleyebilmesi için overjet oluşturulması, şiddetli derin kapanış, posterior çapraz kapanış ve 20°'den fazla rotasyona sahip birinci büyük azı dişlerine hassas kanatların yerleşebilmesi için rotasyon düzeltiminin bu fazda yapılması önerilmektedir. Bu faz için sabit bir plak sayısı olmayıp minimum 4 kanatsız standart plak içermektedir, özellikle büyüme dönemi kritik olan hastalarda bu fazın mümkün olduğunca kısa tutulması önerilmektedir [112, 117, 120].

MA fazında ise plaklar üzerine hassas kanatlar yerleşmektedir. Hassas kanatların konumu mandibula ilerledikçe değişebilmektedir. Bu faz en az 26 plaktan oluşmaktadır ve her bir plağın 7 gün kullanımı önerilmektedir. Plak sayısı maloklüzyon şiddetine göre değişmektedir. Hekim tarafından değiştirilebilmekle birlikte, önerilen mandibular ilerletme protokolü her 8 plakta 2 mm ilerleme şeklinde kademeli ilerletme protokolüdür. Önerilen ilerletme miktarı ise mandibulanın kesici dişler baş başa ilişkiye gelene kadar ilerleyeceği şekildedir. Mandibulanın uyku sırasında da ileri pozisyonda tutulabilmesi için geceleri kullanmak üzere tedavi planına üst kanin diş ile alt birinci premolar dişler arasında vertikal elastik eklenebilmektedir. Bu fazda eş zamanlı olarak anterior bölgede dişlerin seviyelenmesi, mandibular arkın ilerlemesine uygun olarak maksiller arkın genişletilmesi, mandibular arkta Spee eğrisinin düzeltilmesi ve derin kapanışın düzeltilmesi için kesici diş intrüzyonu için diş hareketlerinin uygulanması da mümkündür. Fakat hassas kanatların altında yer alan dişlerin hareketi sınırlıdır. Ayrıca maksiller arkta genişletme planlanırken genişletme miktarı konusunda dikkatli olunmalıdır, 4 mm'yi geçen ekspansiyon miktarı molar dişlerin tutuculuğunu etkileyerek uyum bozukluğuna, böylece sagittal ilerletmenin sekteye uğramasına sebep olabilmektedir [112, 117, 120].

MA fazı sona erdiğinde mandibulanın konumunu stabil tutmak amacıyla geçiş plakları kullanılmaktadır. Plak serisinin son plakları bu amaçla kullanılan dört pasif plaktan oluşmaktadır. Önceki aşamalarda düzeltilememiş rotasyonlar ve derin kapanış gibi problemlerin düzeltimi için bu geçiş plaklarının kullanımı sırasında yeni bir plak serisi için kayıtlar alınmaktadır [112, 117, 120].

Literatürde şeffaf plaklar ile mandibular ilerletme etkilerinin değerlendirildiği araştırma sayısı oldukça kısıtlıdır. Ghorbani ve ark. [118] bu alandaki çalışmaları değerlendirerek 2025 yılında gerçekleştirdikleri sistematik derlemede; hafif ve orta dereceli Sınıf II maloklüzyonlar için şeffaf plaklar ile diğer fonksiyonel apareylerin etkilerinin benzer olduğunu, vertikal düzlemde geleneksel fonksiyonel aparey tedavisilerine kıyasla mandibulada posterior rotasyonun daha az görüldüğünü bildirmişlerdir. Ayrıca şeffaf plaklar ile mandibular kesici diş proklinasyonunun daha iyi kontrol edilebildiğini rapor etmişlerdir.

Wu ve ark. [121] Van Beek tipi Aktivatör, Herbst apareyi, Twinblok ve Invisalign MA tedavilerinin dental ve iskeletsel etkilerini birbirleriyle ve tedavi edilmemiş bir kontrol grubu ile karşılaştırdıkları retrospektif çalışmaları sonucunda dört apareyin de Sınıf II düzeltiminde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Van Beek Aktivatör en yüksek oranda iskeletsel etki sağlamıştır. Herbst ve Twinblok alt kesici proklinasyonuna daha fazla sebep olmaktadır. Çalışmaya göre; Invisalign MA ise daha çok dentoalveolar etki göstermekte, ilerletme fazında diş hareketlerine izin verdiği için diğer apareylere göre ikinci fazda zamandan tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca bu çalışmada da kesici diş açıları daha iyi kontrol sağladığı bildirilmiştir.

Ravera ve ark. [17] puberte öncesi ve pubertal dönem erkilerini inceledikleri çalışmalarında; Invisalign MA ile puberte öncesi Sınıf II düzeltiminde etkilerin daha çok dentoalveolar olduğunu, puberte döneminde ise iskeletsel ve dentoalveolar etkilerin birlikte görüldüğünü bildirmişlerdir.

Hosseini ve ark. [122] Invisalign MA ve Herbst apareyleri ile tedavi sonu etkilerini karşılaştırdıkları çalışmalarında her iki yöntemle de Sınıf II düzeltiminin iskeletsel ve dentoalveolar etkilerle elde edilmiş olduğunu, aynı zamanda şeffaf plaklarla vertikal kontrolün daha iyi sağlandığını ve kesici diş açılarının daha iyi yönetilebildiğini bildirmişlerdir.

Caruso ve ark. [123] Twinblok ve Invisalign MA etkilerini lateral sefalometrik filmler üzerinde karşılaştırdıkları retrospektif çalışmalarının sonucunda her iki apareyin de iskeletsel Sınıf II maloklüzyonun düzeltiminde SNB° açısında artış ve ANB° açısında azalmayı sağlayarak etkili olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca üst kesici dişlerin retroklinasyonunu engellemekte Invisalign MA apareyinin daha başarılı olduğunu gözlemlemişlerdir.

Lombardo ve ark. [124] da Twinblok ve Invisalign MA tedavi etkilerini birbiriyle ve tedavi edilmemiş Sınıf II bireylerden oluşan kontrol grubuyla karşılaştırmışlardır. Her iki aparey ile kontrol grubuna oranla mandibular uzunluğun arttığını ve Sınıf II ilişkisinin düzeldiğini, overjet ve overbite değerlerinde azalma görüldüğünü bildirmişlerdir. Twinblok ile çene ucunun anterior yönde pozisyon değişikliği daha fazla bulunmuş bu durumun da profilde daha belirgin bir iyileşme olarak yansıdığını rapor etmişlerdir.

Zybutz ve ark. [125] Twinblok ve Invisalign MA tedavilerinin hasta konforu üzerine etkilerini karşılaştırdıkları anket çalışmalarında her iki apareyi kullanan hastaların alışma süresinin benzer olduğunu ve apareylerinden yüksek memnuniyet bildirdiklerini söylemişlerdir. Buna karşın Twinblok kullanan hastaların apareylerinden utanma hissinin daha uzun sürdüğünü ve daha zor bir takıp çıkarttıklarını, uyum problemleri ve kırılmalar sebebiyle ek randevu ihtiyacının daha fazla olduğunu; Invisalign MA kullanan hastaların ise tedavi sürecinde daha fazla diş ağrısı yaşadıklarını belirtmişlerdir.

Gurgel ve ark. [126] Invisalign MA etkilerini üç boyutlu olarak karşılaştırdıkları vaka raporunda; iki hastanın başlangıç ve ilerletme sonrası alınan konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) görüntülerinin kafa kaidesi üzerinde çakıştırılması ile tedavi sonucu elde edilen iskeletsel ve dental etkilerini değerlendirmişlerdir. Tedavi sonucunda her iki hastada da Sınıf II düzeltimin iskeletsel ve dentoalveolar değişikliklerin kombinasyonu ile gerçekleştiğini bildirmişlerdir. İskeletsel değişikliklerin mandibulanın kondil ve ramus büyümesinin etkisi ile anterior ve inferior yönde yer değiştirmesi ile, dental değişikliklerin ise mandibular arkta mezializasyon ve kesici dişlerin proklinasyonu ile gerçekleştiğini rapor etmişlerdir.

Zhang ve ark. [127] da Twinblok ve şeffaf plaklar ile mandibular ilerletme tedavilerinin temporomandibular eklem üzerindeki etkilerini üç boyutlu olarak

araştırmışlardır. Her iki apareyin de adaptif yeniden şekillenme ile kondilde daha çok vertikal yönde bir hacim, yüzey alanı ve yükseklik artışına sebep olurken; glenoid fossada belirgin yeniden şekillenme oluşturmadağını belirtmişlerdir. Sagittal yönde kondiler büyümeyi Twinblok daha çok desteklerken, vertikal yönde şeffaf plak tedavisinin daha üstün olduğunu göstermişlerdir. Ramus büyümesinin ise Twinblok ile daha belirgin şekilde desteklendiğini bildirmişlerdir.

Wang ve ark. [128] şeffaf plaklar ile mandibular ilerletme sırasında farklı mandibular hareketler ve tork kompensasyonlarının biyomekanik etkilerini sonlu elemanlar analizi ile karşılaştırdıkları çalışmalarında; ilerletme tedavisini farklı ilerletme, oklüzal açıklık ve mandibular kesici tork miktarları oluşturarak modellemişlerdir. Çalışma sonucunda oklüzal açıklığın artmasıyla mandibulada posterior periodontal ligamentler üzerinde stresin ve anterior dişlerde proklinasyonun arttığını belirtmişlerdir. Anterior dişler üzerinde tork kompensasyonun artışının kesici dişlerin proklinasyonunu azalttığı ancak periodontal stres artışını arttırdığını, bu sebeple tork miktarına dikkat edilmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Ayrıca plak uyumunu ve istenmeyen diş hareketlerini önlemek amacıyla birinci molar diş bölgesine ataçman eklenmesini önermişlerdir.

2.8. Fraktal Analiz Yöntemi

İstatistiksel fiziğin ölçekleme ilkelerine göre, geniş ölçekli bir sistemin davranışları daha küçük ölçeklerdeki modeller üzerinden öngörülebilmektedir. Bu bağlamda fraktal kavramı, 1970’li yıllarda matematikçi Benoît B. Mandelbrot tarafından bilim literatürüne kazandırılmıştır. Mandelbrot; doğada rastlanan ve doğru, düzlem, küre gibi klasik Öklid geometrisinin tanımlarıyla ifade edilemeyen yapılar üzerinde ölçeğe bağlı bir karmaşıklık vurgulamış ve fraktal kavramını literatüre sunmuştur. Kelime kökeni olarak Latince “kırılmış, parçalanmış” anlamına gelen “fractus” kelimesinden türetilen bu kavram; düzensiz eğrileri, birbirinden bağımsız dağınık noktaları, pürüzlü yüzeyleri ve standart geometrik yapılarda karşılığı bulunmayan amorf formları ifade etmektedir [129].

Fraktal geometri, bir yapının farklı büyüklüklerde incelendiğinde benzer şekil ve düzen özellikleri sergilemesi esasına dayanmaktadır. Fraktallerin temel karakteristiklerinden biri olan bu özellik kendine benzerlik (self-similarity) olarak adlandırılmaktadır [130]. Bu doğrultuda Mandelbrot [131], uzunluğu doğrudan

ölçülemeyen karmaşık formların düzensizlik derecesini tanımlamak amacıyla “fraktal boyut” (FB) kavramını geliştirmiştir. Ölçek değişse dahi FB değeri sabit kalacağı için, bu yaklaşım doğadaki morfolojilerin niceliksel olarak ifade edilmesini ve ölçülmesini mümkün kılmaktadır.

Frakral Analiz (FA), integral boyutla tanımlanamayan karmaşık yapıların matematiksel olarak sayısallaştırılmasını sağlayan bir yöntemdir ve yapıların morfolojik özelliklerini niceliksel verilerle değerlendirme olanağı sunmaktadır. FA için kullanılan yöntemler, belirlenen iki nokta arasındaki mesafe ölçümünü hesaplayan ve hacim ölçümüne bağlı hesaplama yapan yöntemler olmak üzere iki şekildedir. Richardson yöntemi, Flook’un piksel genişletme yöntemi ve kutu sayma yöntemi mesafe ölçümü hesaplayarak FB belirleyen yöntemlerdir. Bu yöntemler arasında en yaygın olan kutu sayma yöntemi, trabeküler kemik gibi ve kemik iliği gibi boşlukları inceleyebilme olanağı sunmaktadır. Bu yöntemde FB hesaplanacak trabeküler yapının üzerine kutular içeren bir ölçek yerleştirilerek 2-64 piksel arası değişen kutulardan oluşan kılavuzlarda kutu sayımı yapılmaktadır. Trabeküler kemik içeren kutu sayısı ile kılavuzdaki toplam kutu boyutunun logaritmik ölçekte grafiği çizilmekte ve elde edilen doğrunun eğimi FB’u vermektedir [132] .

FB, bir yapının geometrik karmaşıklığını sayısal olarak ifade eden ölçüttür. FB değeri yükseldikçe yapı daha karmaşık ve detaylı, düştükçe daha basit ve düzenli bir iç yapıya sahip olarak değerlendirilmektedir [131].

FA günümüzde tıp ve diş hekimliği de dahil olmak üzere pek çok alanda kullanılmaktadır. Diş hekimliğinde çürük lezyonların tanısı, periapikal lezyonların ve kök kanal tedavilerinin etkilerinin değerlendirilmesi, implant çevresindeki trabeküler kemik yapısının değerlendirilmesi, periodontal hastalıkların maksilla ve mandibulaya olan etkilerinin değerlendirilmesi, temporomandibular eklem rahatsızlıklarının mandibula kondil bölgesinde etkilerinin incelenmesi gibi alanlarda kullanımı mevcuttur [133-136]. Literatürde ortodonti alanında da FA yöntemi ile ortodontik kuvvetin dışı çevreleyen alveolar kemiğe etkisinin incelenmesi, braket ve ark tellerinin yüzey yapılarının değerlendirilmesi, bruksizmin mandibula üzerine etkilerinin incelenmesi, gömülü dişlerin çevre trabeküler kemik yapısına etkilerinin değerlendirilmesi, dudak ve damak yarıklarının çene kemiklerine etkilerinin incelenmesi gibi çalışma örnekleri bulunmaktadır [137-142]. Trabeküler kemik ölçümleri için diş hekimliği klinik pratiğinde teşhis için kullanılan rutin panoramik,

periapikal, lateral sefalometrik radyografiler sıklıkla kullanılırken KIBT gibi ileri görüntüleme yöntemleri de FA için kullanılabilir [143].

Fonksiyonel apareylerin maksilla ve mandibula üzerine etkileri de çeşitli araştırmacılar tarafından FA ile incelenmiştir. Cesur ve ark. [19] Twinblok ve Monoblok'tan oluşan hareketli aparey grubunu tedavi edilmemiş bir kontrol grubu ile panoramik röntgenler üzerinde FA yöntemi kullanarak karşılaştırmış, mandibulada kondil ve korpus üzerinde FB değişiklikleri gözlemlemişlerdir. Amuk ve ark. [18] da yine panoramik röntgenler üzerinde Herbst apareyinin mandibulanın kondil ve angulus bölgesine etkilerini değerlendirmiş, tedavi sırasında kondil trabeküler yapısında değişiklikler görüldüğünü fakat angulus bölgesinde değişiklik görülmediğini bildirmişlerdir. Korkmaz ve ark. [20] da prepubertal ve postpubertal dönemde Twinblok etkilerini panoramik ve lateral sefalometrik filmler üzerinde gerçekleştirdikleri FA yöntemi ile karşılaştırdıkları çalışmalarında pubertal dönemde kondil, korpus ve tüber maksilla bölgelerinde trabeküler yapıda değişiklik gözlemlemişlerdir.

3.GEREÇ VE YÖNTEM

Bu prospektif tez çalışmasının protokolü Bezmialem Vakıf Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır (Karar tarihi: 26.07.2023, Karar no: 13/3) (EK A) Çalışmaya katılan katılımcıların kendilerinden ve ebeveynlerinden “Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu” alınmıştır (EK B-E).

Örneklem büyüklüğü, Caruso ve ark. [123] tarafından bildirilen ANB açısı değişimlerine dayanarak, G*Power 3.1 yazılımı (Heinrich Heine University, Düsseldorf, Almanya) kullanılarak yapılan güç analizi sonucunda belirlenmiş olup ($\alpha = 0.05$, güç = 0.80, etki büyüklüğü $d = 1.00$), her grup için en az 14 katılımcı ile yeterli istatistiksel güce ulaşılabileceği öngörülmüştür.

3.1.Birey Seçimi ve Grupların Oluşturulması

Bu çalışmaya 2023-2024 yılları arasında Bezmialem Vakıf Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Kliniğine ortodontik tedavi amacıyla başvuruda bulunmuş, mandibular retrognatiye bağlı Sınıf II maloklüzyonu olan hastalar dahil edilmiştir.

Dahil edilme kriterleri:

- I. Retrognatik mandibulaya bağlı iskeletsel Sınıf II maloklüzyon ($ANB >4^\circ$)
- II. Angle Sınıf II molar ve kanin ilişkisi
- III. Artmış overjet ($> 6 \text{ mm}$)
- IV. Björk'ün [144] tanımladığı evreleme sistemine göre el bilek radyografilerinde büyüme atılım dönemi (S-MP3cap)

Dışlanma kriterleri:

- I. Geçmiş ortodontik tedavi öyküsü
- II. Karma dentisyon dönemi
- III. Diş eksikliği veya destek dişlerde aşırı madde kaybı bulunması
- IV. Büyüme-gelişim ve kemik metabolizmasını etkileyen sistemik hastalık ve sendromlar

Çalışmanın gücünü arttırmak ve çalışma sürecinde oluşabilecek örneklem kaybı riski sebebiyle dahil edilme ve dışlanma kriterleri göz önünde bulundurularak çalışmaya 41 hasta dahil edilmiştir. Hastalara hem Twinblok hem de Invisalign MA tedavileri ayrıntılı olarak açıklanmış, hastaların ebeveynlerinin onayı doğrultusunda hastanın grubu belirlenmiştir. MA grubuna 13 kız, 6 erkek olmak üzere 19 hasta; Twinblok grubuna ise 12 kız, 10 erkek olmak üzere 22 hasta dahil edilmiştir. MA grubuna dahil edilen 3 hasta yetersiz kooperasyon sebebi ile tedaviyi bırakmıştır. Twinblok grubunda ise dahil edilen 3 hasta yetersiz kooperasyon sebebi ile tedaviyi bırakmış, 1 hasta da devam eden tedavi sırasında odontojenik kist gelişimi tespit edildiği için çalışmadan çıkartılmıştır. Sonuç olarak mevcut çalışmada MA grubuna 12 kız, 4 erkek olmak üzere 16 hasta (yaş ortalaması: $11,80 \pm 1,0$ yıl), Twinblok grubuna ise 9 kız, 9 erkek olmak üzere (yaş ortalaması: $12,10 \pm 0,90$ yıl) 18 hasta dahil edilmiştir.

3.2. Hasta Kayıtlarının Toplanması

Çalışmaya dahil edilen hastalardan tedaviye başlamadan önce (T0) rutin ortodontik teşhis materyalleri olan ağız içi ve ağız dışı fotoğraflar, dental modeller ve radyografik kayıtlar (panoramik, lateral sefalometrik ve el-bilek röntgenleri) alınmıştır. Fonksiyonel tedavi fazından hemen sonra (T1) el-bilek röntgenleri hariç bütün kayıtlar tekrarlanmıştır.

Bütün radyografik kayıtlar aynı röntgen cihazı ile (Planmeca Promax, Helsinki, Finlandiya) elde edilmiştir. Panoramik röntgenler cihazın panoramik modülünde 66 kV, 8 mA, 16,6 saniye şutlama parametreleri ile hastanın Frankfurt horizontal düzlemi yere paralel, vertikal düzlemi yere dik olacak şekilde konumlandırılarak elde edilmiştir. Lateral sefalometrik röntgenler sefalometrik modülde 76 kV, 12 mA, 12 saniye şutlama parametreleri ile Frankfurt horizontal düzlemi yere paralel olacak şekilde alınmıştır ve hastaların sentrik oklüzyonda olmasına dikkat edilmiştir.

Bu kayıtlar dışında MA grubuna dahil edilen hastalardan iTero 5D Element (Align Technology Inc., San José, CA, USA) ağız içi tarayıcı ile üç boyutlu tarama kaydı alınmıştır. Tarama yapılmadan önce hastalardan ağızlarını suyla çalkalamaları istenmiş ve dişler kurutulmuştur. Ağız içi taramalar üretici firmanın önerdiği şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.3. Tedavi Protokolü ve Aparey Tasarımları

3.3.1 Şeffaf plaklar ile mandibular ilerletme

MA grubunda hastalara ait fotoğraf, röntgen ve ağız içi tarama kayıtları ile Invisalign (Align Technology Inc., San José, CA, USA) sistemine ait “Clincheck” yazılımı üzerinde dijital planlamalar oluşturulmuştur. Bütün planlamalar şeffaf plaklar konusunda deneyimli iki öğretim üyesi (E.S.A ve G.K) tarafından yapılmıştır.

Dijital planlamada bütün hastalar için fonksiyonel tedaviye hazırlık fazı olan pre-MA fazı oluşturulmuş ve bu fazda alt ve üst arklarda dişlerin seviyeleme ve hizalanması, üst çene genişletmesi, Spee eğrisinin düzeltilmesi planlanmıştır. Bu fazda ortalama plak sayısı $16,4 \pm 5,21$ adettir.

İlerletme fazı için ise sistem tarafından ideal olarak önerildiği gibi her 8 plakta 2 mm olacak şekilde kademeli sagittal aktivasyon planlanmıştır. Aktivasyon miktarı yine

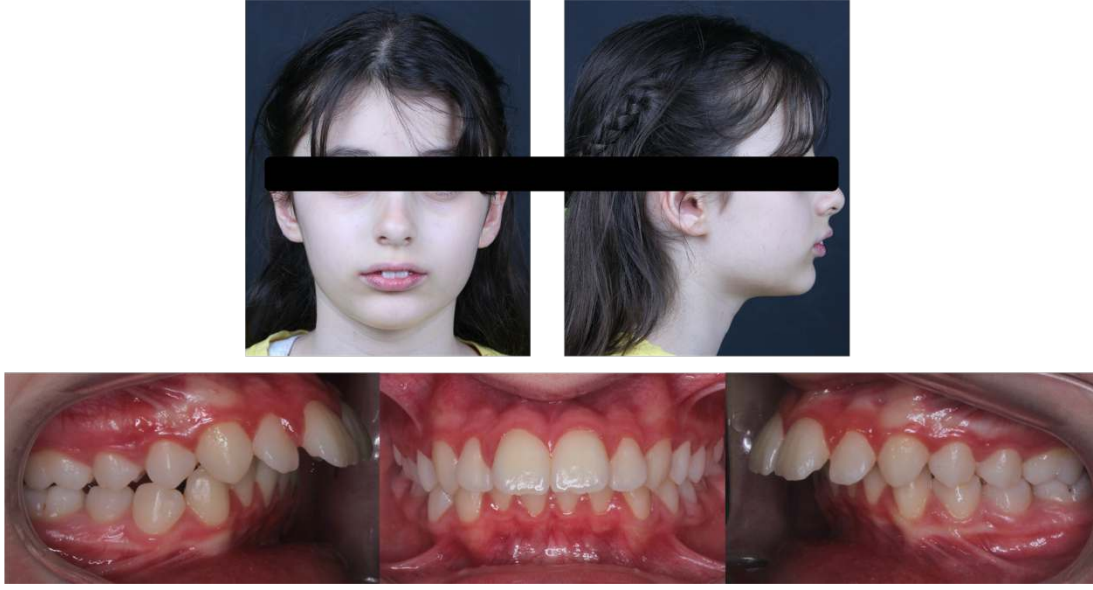
sistemin önerdiği şekilde kesici dişlerin uç uca geldiği pozisyona kadar planlanmıştır. Her hastaya en az 3 aktivasyon uygulanmış olup toplamda ortalama $7,1\pm1,78$ mm aktivasyon yapılmıştır. Bütün hastalarda retansiyon amacı ile birinci molar dişlerin palatinal yüzeyinde ve lateral dişlerin bukkal yüzeyinde standart olacak şekilde her kadranda en az dört adet ataçman planlanmıştır. Fonksiyonel tedavinin kesici dişler üzerindeki yan etkilerini azaltmak amacıyla her hastada maksiller kesici dişlere 10° palatinal kök torku, mandibular kesici dişlere ise 5° bukkal kök torku uygulanmıştır. İhtiyaç doğrultusunda, yalnızca gerekli görülen hastalarda interproksimal redüksiyon (IPR) planlanmış olup, bu hastalarda planan ortalama miktar maksillada $0,19\pm0,32$ mm, mandibulada ise $0,8\pm0,75$ mm olarak ölçülmüştür. Toplam plak sayısı ise ortalama $55,8\pm10,14$ adettir.



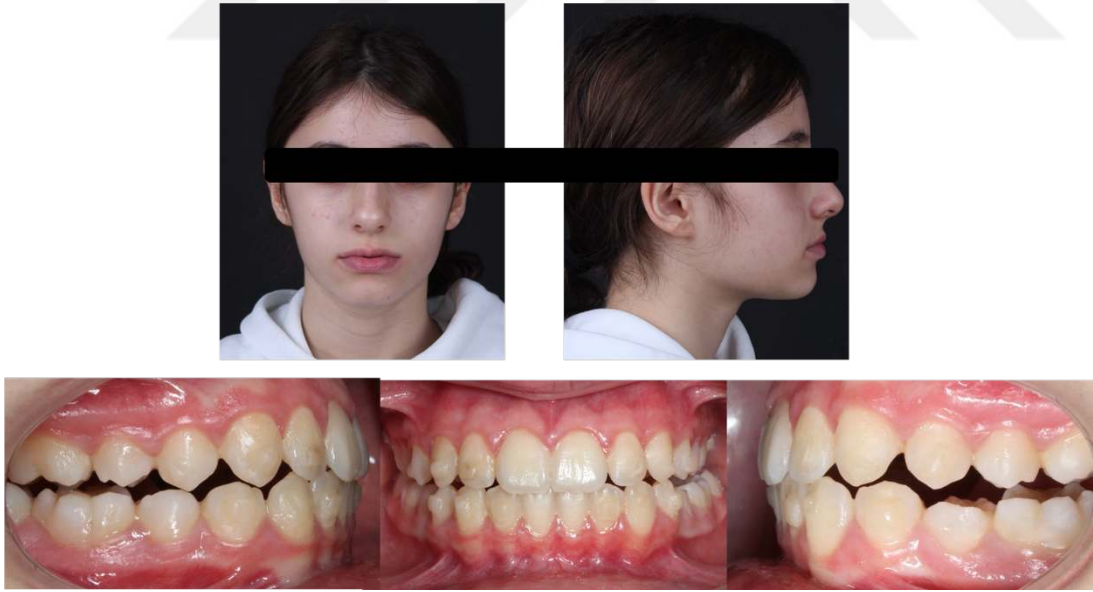
Şekil 3.1: Invisalign MA apareyi ile tedavi edilen bir hastaya ait ağız içi fotoğraflar

Clincheck yazılımında onaylanan dijital planlamalar sonrası ilk seansta hastalara ataçman uygulaması yapılmıştır. Tüm ataçmanlar için T-Resto Astor (Dentac, İstanbul, Türkiye) kompozit kullanılmıştır. IPR uygulamaları için ise tek ve çift taraflı el zımparaları (Sunshine, Horico, Berlin, Almanya) kullanılmıştır.

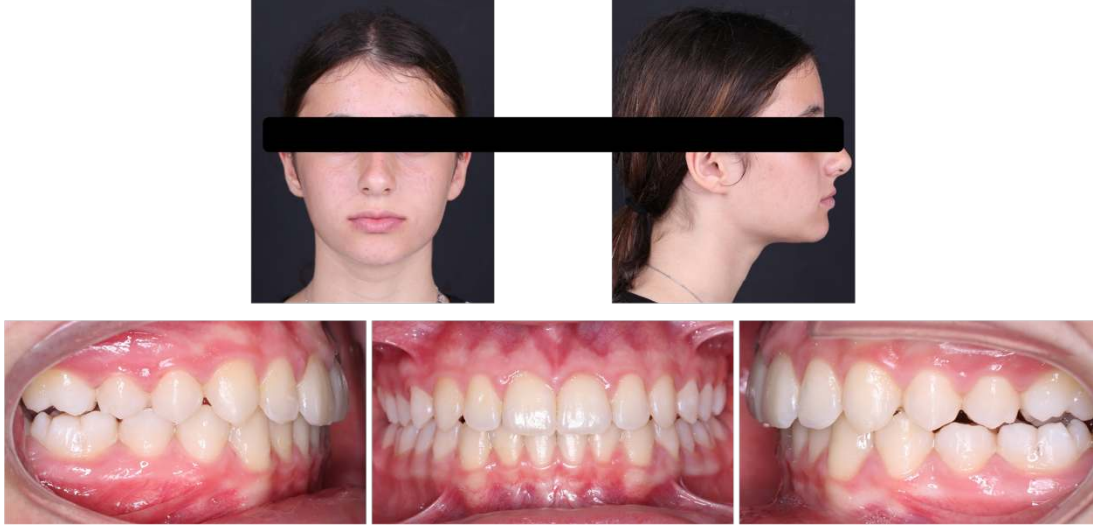
Hastalara plaklarını 7 gün değişim protokolü ile günde 22 saat kullanmaları belirtilmiş ve plak kullanımı ile ilgili gerekli eğitim sağlanmıştır. İlerletme fazına geçişte hastalara hassas kanatlar ile doğru ısırma konusunda bilgilendirme yapılmıştır. Bu fazda kapanışın uyurken de stabil kalması için geceleri maksiller kanin dişlerden mandibular birinci premolar dişlere uzanan elastik (3/16 inç 4,5 oz, Ormco Inc., Glendora, CA, USA) kullanmaları söylenmiştir. Her dört-beş plakta bir kontrol randevusu oluşturulmuştur. İlerletme fazı sona erdiğinde hasta kayıtları tekrar alınmış, yeni seri plaklar gelene kadar hastalar geçiş plaklarını kullanmıştır. MA grubunda pre-MA fazın ortalama süresi $0,3\pm0,1$ yıl; MA fazın ortalama süresi $0,76\pm0,17$ yıl olmak üzere toplam tedavi süresi $1,1\pm0,2$ yıldır.



Şekil 3.2: MA apareyi ile tedavi edilen bir hastaya ait tedavi başı fotoğrafları.



Şekil 3.3: MA apareyi ile tedavi edilen bir hastaya ait MA fazı sonrası fotoğraflar.



Şekil 3.4: MA apareyi ile tedavi edilen bir hastaya ait ortodontik tedavi sonu fotoğrafları.

3.3.2 Twinblok apareyi

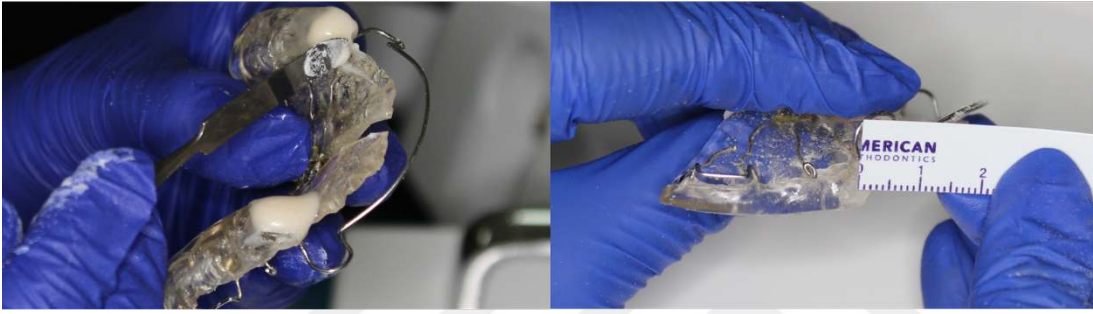
Twinblok grubunda Clark [7] tarafından tanımlanan aparey dizaynının bir modifikasyonu kullanılmıştır. Maksiller parça birinci molar dişlerde Adams kroşe, premolar dişler arasında damla kroşe, kanin dişler arasında uzanan bir vestibül ark ile birlikte orta hatta bir genişletme vidası içermektedir. Mandibular parça ise birinci premolar dişlerde Adams kroşe, anterior interproksimal bölgelerde ise damla kroşelerden ve kesici dişler üzerindeki yan etkiyi azaltmak amacıyla dişlerin oklüzal yüzeylerini kaplayan akrilik kısımdan oluşmuştur. Bütün apareyler aynı laboratuvar tarafından üretilmiştir.



Şekil 3.5: Twinblok apareyi ile tedavi edilen bir hastaya ait ağız içi fotoğraflar.

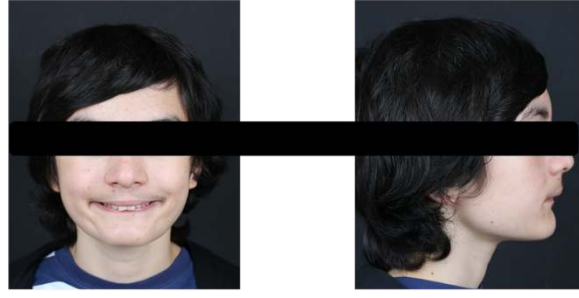
Kapanış kaydı Clark'ın [10] önerdiği şekilde mandibulanın 6-7 mm protrüzyonu ile ve 3-4 mm posterior vertikal açıklık ile alınmış, başlangıçta daha büyük overjetli bulunan hastalarda 3. aydan itibaren her ay 2 mm olacak şekilde kesici dişler uç uca gelene

kadar sagittal yönde ek aktivasyon yapılmıştır. Ek aktivasyonlar kontrol seansı içerisinde otopolimerizan bir akrilik resin (TemDent, Schütz Dental GmbH, Rosbach, Almanya) ile klinik ortamda gerçekleştirilmiştir. Sadece 2 hasta için ilave aktivasyon gerçekleştirilmemiş olup, ek aktivasyon yapılan 16 hastada ilave aktivasyon miktarı ortalama $2,93 \pm 1,49$ mm'dir. Sagittal aktivasyonun tamamlanmasının ardından, ihtiyaç duyulan hastalarda mandibular molar erüpsiyonunu desteklemek amacıyla, apareyin maksiller parçasının mandibular parçaya bakan posterior yüzeyinden selektif mölleme uygulanmıştır.



Şekil 3.6: Twinblok apareyinin klinik ortamda sagittal yönde aktivasyonu.

Hastalara ilk seansta aparey kullanımı ile ilgili bilgilendirme yapılmış, apareylerini günde 20-22 saat takmaları konusunda talimat verilmiştir. Transversal yönde yeterli genişleme elde edilene kadar haftada iki çeyrek tur genişletme vidalarını çevirmeleri bildirilmiştir. Hastalar birer aylık aralıklar ile kontrol edilmiştir. En az 7 aylık aparey kullanımı sonrası mandibulanın sentrik oklüzyon ve sentrik ilişki farkı incelenmiş, sentrik ilişki ve sentrik oklüzyonda sapma tespit edilmediğinde fonksiyonel tedavi tamamlanmış ve sabit ortodontik tedaviye başlanmıştır. Twinblok grubunda toplam tedavi süresi $0,8 \pm 0,2$ yıldır.



Şekil 3.7: Twinblok apareyi ile tedavi edilen bir hastaya ait tedavi başı fotoğrafları.



Şekil 3.8: Twinblok apareyi ile tedavi edilen bir hastaya ait tedavi fonksiyonel tedavi sonu fotoğrafları.



Şekil 3.9: Twinblok apareyi ile tedavi edilen bir hastaya ait ortodontik tedavi sonu fotoğrafları.

3.4. Analiz ve Ölçümler

3.4.1 Lateral sefalometrik analizler

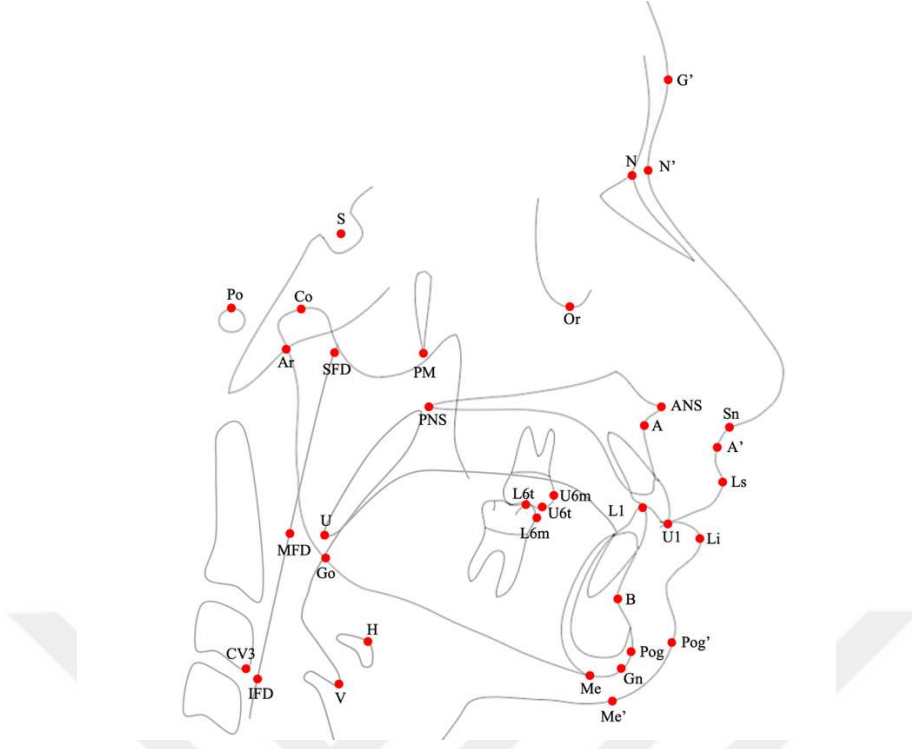
Her iki grup için T0 ve T1’de alınan lateral sefalometrik röntgenler üzerinde iskeletsel, dişsel, yumuşak doku ve hava yolu analizleri yapılmıştır. İskeletsel, dişsel ve yumuşak dokuya ait analizler NemoCeph yazılımı (Nemostudio, Software Nemotech S.L., Madrid, Spain) kullanılarak yapılmıştır. Bu yazılımda mevcut olmayan hava yolu ölçümleri ile ek iskeletsel ve dişsel mesafe ölçümleri ise WebCeph yazılımı (AssembleCircle Corp., Seongnam-si, Gyeonggi-do, Güney Kore) üzerinde manuel olarak anatomik referans noktaları belirlenerek gerçekleştirilmiştir.

3.4.1.1 Çalışmada kullanılan sefalometrik anatomik noktalar (Şekil 3.10)

1. Sella noktası (S): Sella turcica’nın merkezidir.
2. Nasion noktası (N): Sutura frontonasalis’in en anterior ve o bölgedeki girintinin en derin noktasıdır.
3. Orbitale noktası (Or): Orbitanın alt kenarının en derin noktasıdır.
4. Porion noktası (Po): Dış kulak yolunun en üst noktasıdır
5. Posterior Nasal Spina (PNS): Maksillanın sagittal planda en üst ve arka noktasıdır.

6. Anterior Nasal Spina (ANS): Maksillanın sagittal planda en üst ve ön noktasıdır.
7. A noktası (A): Maksiller ön alveolar kemik girintisinin en derin noktasıdır.
8. B noktası (B): Mandibular ön alveolar kemik girintisinin en derin noktasıdır.
9. Pogonion noktası (Pog): Kemik çene ucunun en ön noktasıdır.
10. Gnathion noktası (Gn): Alt çene simfizinin en ileri ve en alt noktasıdır.
11. Menton noktası (Me): Alt çene simfizinin dış kontur yüzeyindeki en alt noktadır.
12. Gonion noktası (Go): Alt çene ramusu ve korpusundan geçen teğetlerin kesişim noktasında oluşan açının açıortayının ramusu kestiği noktadır.
13. Condilion (Co): Mandibular kondilin en superoposterior noktasıdır.
14. Artikulare (Ar): Mandibular ramusun posterior sınırının kranial tabanın inferior sınırı ile kesişim noktasıdır.
15. U1 noktası: Üst santral kesici dişin kesici kenar noktasıdır.
16. L1 noktası: Alt santral kesici dişin kesici kenar noktasıdır
17. U6m noktası: Üst birinci molar dişin mezial yüzeyinin orta noktasıdır.
18. U6t noktası: Üst birinci molar dişin meziyobukkal tüberkülünün tepe noktasıdır.
19. L6m noktası: Alt birinci molar dişin mezial yüzeyinin orta noktasıdır.
20. L6t noktası: Alt birinci molar dişin meziyobukkal tüberkülünün tepe noktasıdır
21. PM noktası: Pterygomaksiller fissürün en alt noktasıdır.
22. Süperior faringeal duvar noktası (SFD): Arka faringeal duvar üzerinde, PM noktasının hizasında ve Frankfurt horizontal düzlemine paralel olarak yer alan noktadır.
23. U noktası: Uvulanın en inferior uç noktasıdır.
24. Median faringeal duvar noktası (MFD): Arka faringeal duvar üzerinde, U noktasının hizasında ve Frankfurt horizontal düzlemine paralel olarak yer alan noktadır.

25. Vallecule noktası (V): Epiglot ile dil kökü tabanının kesişim noktasıdır.
26. Inferior faringeal duvar noktası (IFD): Arka faringeal duvar üzerinde, V noktasının hizasında ve Frankfurt horizontal düzlemine paralel olarak yer alan noktadır.
27. H noktası: Hyoid kemiğın en süperior ve anterior noktasıdır.
28. CV3 noktası: Üçüncü servikal vertebra gövdesinin en anterior ve inferior noktasıdır.
29. Ls noktası: Üst dudağın sagittal yönde en anterior noktasıdır.
30. Li noktası: Alt dudağın sagittal yönde en anterior noktasıdır.
31. Yumuşak doku Nasion noktası (N'): Sella-Nasion doğrusunun sagittal düzlemde yumuşak dokuyu kestiğı noktadır.
32. Yumuşak doku Pogonion noktası (Pog'): Yumuşak doku üzerinde çene ucunun en ileri noktasıdır.
33. Yumuşak doku A noktası (A'): Maksillanın en anterior konveks bölgesinde, üst dudak konturunun kesişiminde yer alan ve iskeletsel A noktasının yumuşak doku karşılığı olan noktadır.
34. Yumuşak doku Menton noktası (Me'): Yumuşak doku üzerinde çene ucunun en alt noktasıdır.
35. Subnasal (Sn): Üst dudak ile burun tabanının yumuşak doku üzerinde birleşim noktasıdır.
36. Glabella (G'): Yumuşak doku üzerinde frontal bölgenin en anterior noktasıdır.



Şekil 3.10: Çalışmada kullanılan sefalometrik anatomik noktalar.

3.4.1.2 Çalışmada kullanılan sefalometrik referans doğru ve düzlemler (Şekil 3.11)

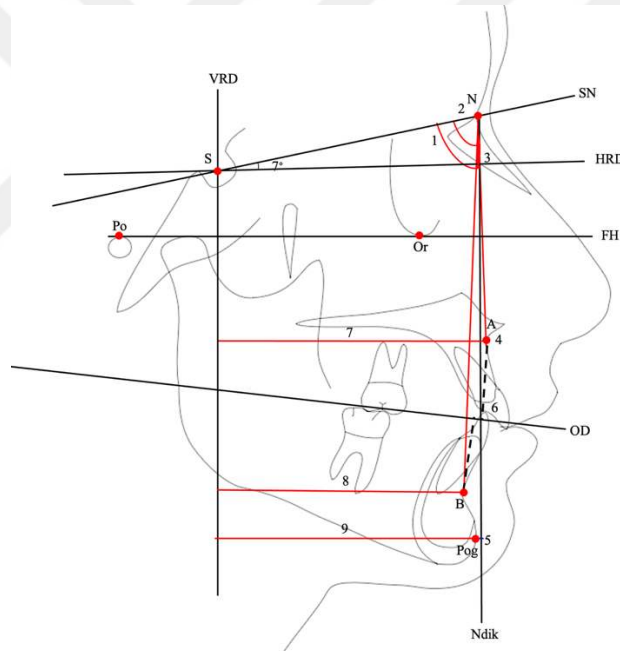
Düzlemler:

1. Sella-Nasion düzlemi (SN): Sella ve Nasion noktaları arasında yer alan ön kafa kaidesi olarak da adlandırılan düzlemdir.
2. Frankfurt horizontal düzlemi (FH): Porion ve Orbitale noktaları arasında yer alan düzlemdir.
3. Palatal düzlem (PD) (ANS-PNS): Anterior Nazal Spina ve Posterior Nasal Spina arasında yer alan; spinalar doğrusu, üst çene kaidesi olarak da adlandırılan düzlemdir.
4. Oklüzal düzlem (OD): Üst ve alt kesici dişleri birleştiren doğrunun orta noktası ile üst birinci molar dişin mesiobukkal tüberkülü arasında yer alan düzlemdir.
5. Mandibular düzlem (MD) (Go-Me): Gonion ve Menton noktaları arasında yer alan düzlemdir.
6. Horizontal referans düzlem (HRD): SN düzlemi ile 7° açı oluşturulan referans düzlemdir.

7. Vertikal referans düzlem (VRD): S noktasından HRD üzerine dik olarak indirilen dikme ile oluşturulan referans düzlemdir.

Doğrular:

1. N-A doğrusu: Nasion ve A noktaları arasında yer alan doğrudur.
2. N-B doğrusu: Nasion ve B noktaları arasında yer alan doğrudur.
3. Nasion dikmesi (Ndik): Nasion noktasından FH düzlemine dik indirilen doğrudur.
4. Gerçek vertikal çizgi (TVL): Doğal baş pozisyonunda Sn noktasından yere dik olarak inen yumuşak doku referans doğrusudur.
5. Ricketts'in E doğrusu: Burun ucu ile yumuşak doku çene ucunu birleştiren doğrudur.

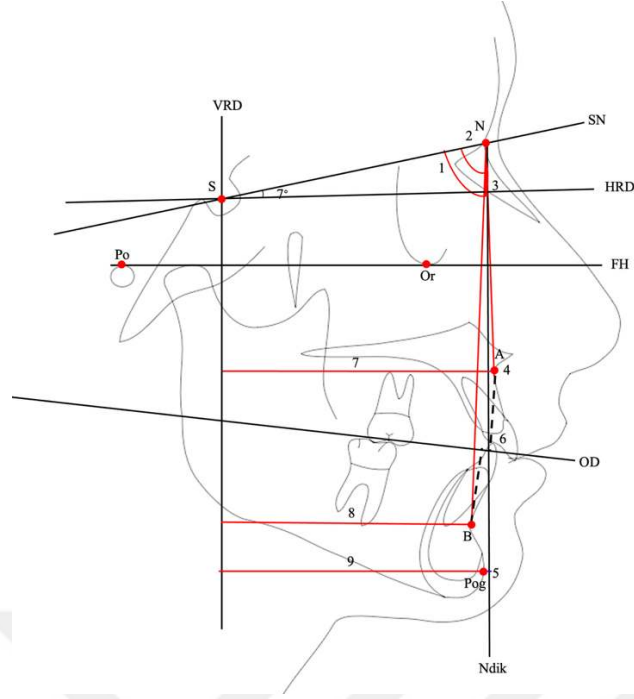


Şekil 3.11: Çalışmada kullanılan sefalometrik doğru ve düzlemler

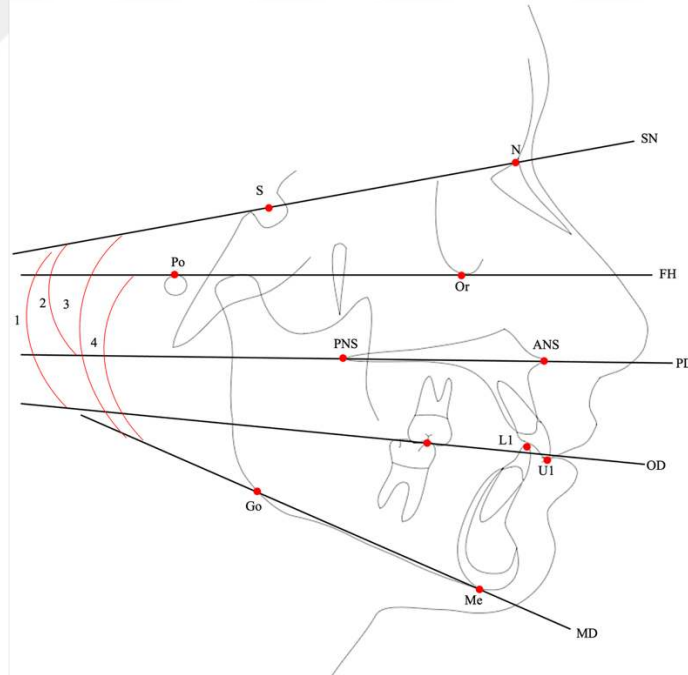
3.4.1.3 İskeletsel sefalometrik ölçümler (Şekil 3.12, Şekil 3.13, Şekil 3.14)

1. SNA açısı: Maksillanın ön kafa kaidesine göre sagittal yöndeki konumunu belirten açıdır.
2. SNB açısı: Mandibulanın ön kafa kaidesine göre sagittal yöndeki konumunu belirten açıdır.

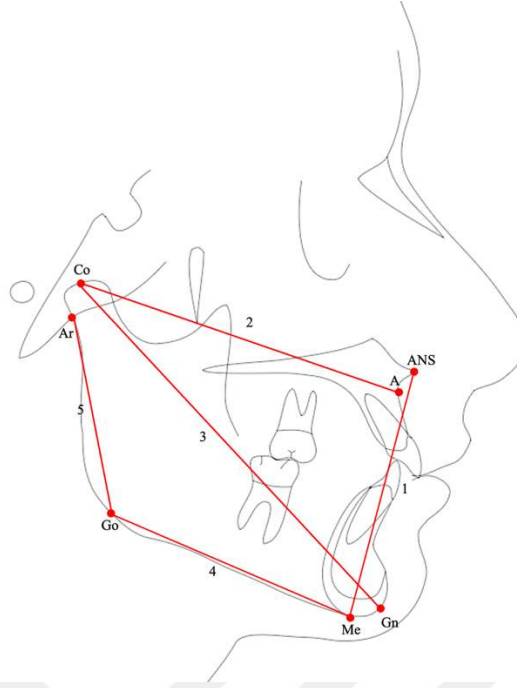
3. ANB açısı: Maksilla ve mandibulanın birbirine göre konumunu belirten açıdır.
4. A–Ndik: A noktasının Nasion dikmesine olan mesafesidir.
5. Pog–Ndik: Pog noktasının Nasion dikmesine olan mesafesidir.
6. Witts değeri: Oklüzal düzleme A ve B noktalarından indirilen dikmeler arasındaki mesafe farkıdır.
7. A-VRD mesafesi: A noktası ile VRD arası mesafedir.
8. B-VRD mesafesi: B noktası ile VRD arası mesafedir.
9. Pog-VRD mesafesi: Pog noktası ile VRD arası mesafedir
10. SN-GoMe açısı: Vertikal yönde mandibular düzlem açısıdır, büyüme yönünü gösterir.
11. SN-PD açısı: Ön kafa kaidesi ile ANS-PNS noktaları arasında bulunan açıdır.
12. FMA açısı: Mandibular düzlem ve FHD arasında kalan açıdır. Vertikal yön belirlemede kullanılır.
13. SN-OD açısı: Ön kafa kaidesi ile oklüzal düzlem arasında bulunan açıdır.
14. ANS-Me mesafesi: Alt ön yüz yüksekliğini göstermektedir.
15. Co-A mesafesi: Efektif maksilla uzunluğunu göstermektedir.
16. Co-Gn mesafesi: Efektif mandibula uzunluğunu göstermektedir.
17. Go-Me mesafesi: Mandibular corpus uzunluğunu göstermektedir.
18. Ar-Go mesafesi: Mandibular ramus uzunluğunu göstermektedir.



Şekil 3.12: Sagittal yönde iskeletsel ölçümler; 1) SNA° , 2) SNB° , 3) ANB° 4) A-Ndik (mm), 5) Pog-Ndik(mm), 6) Witts (mm), 7) A-VRD (mm), 8) B-VRD (mm), 9) Pog-VRD (mm)



Şekil 3.13: Vertikal yönde iskeletsel ölçümler; 1) $SN-OD^\circ$, 2) $SN-PD^\circ$, 3) $SN-GoMe^\circ$, 4) FMA°

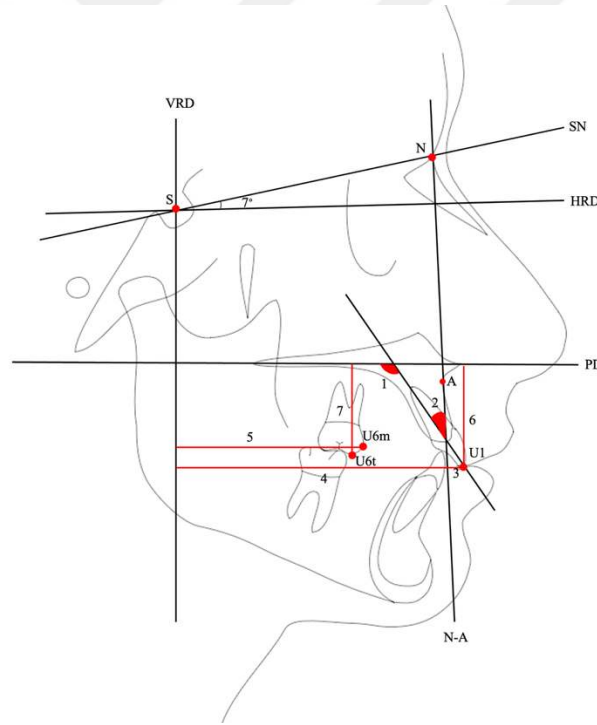


Şekil 3.14: İskeletsel çene boyut ölçümleri; 1) ANS-Me (mm), 2) Co-A (mm), 3) Co-Gn (mm), 4) Go-Me (mm), 5) Ar-Go (mm)

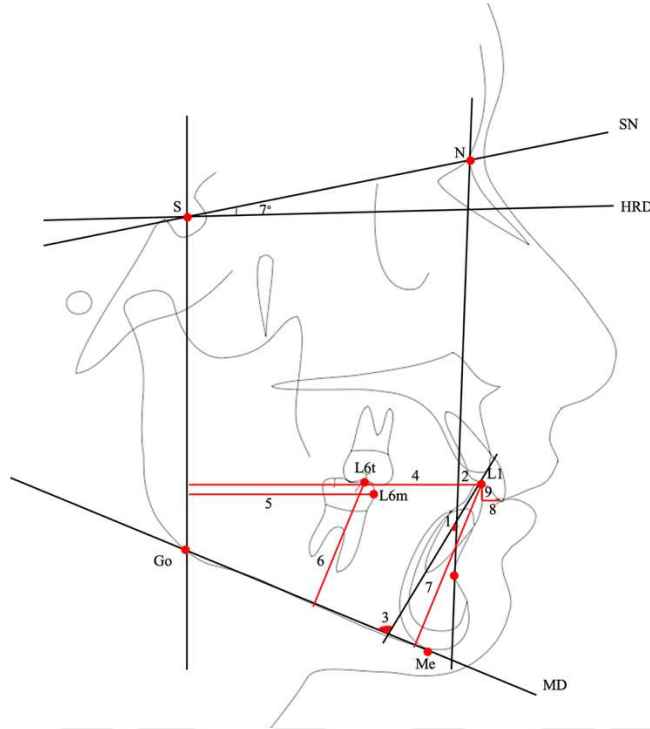
3.4.1.4 Dişsel sefalometrik ölçümler (Şekil 3.15, Şekil 3.16)

1. U1-PD açısı: Üst santral kesici diş aksı ile palatal düzlem arasındaki açıdır.
2. U1-NA açısı: Üst santral kesici diş aksı ile N-A doğrusu arasındaki açıdır.
3. U1-NA mesafesi: Üst santral kesici dişin insizal kenarı (U1 noktası) ile N-A doğrusu arası mesafedir.
4. U1-VRD mesafesi: Üst santral kesici dişin insizal kenarı (U1 noktası) ile VRD arası mesafedir.
5. U6-VRD mesafesi: Üst birinci molar dişin mezial yüzeyi (U6m noktası) ile VRD arası mesafedir.
6. U1-PD mesafesi: Üst santral kesici dişin insizal kenarı (U1 noktası) ile palatal düzlem arası mesafedir.
7. U6-PD mesafesi: Üst birinci molar dişin meziyobukkal tüberkülünün tepe noktası (U6t) ile palatal düzlem arası mesafedir.
8. L1-NB açısı: Alt santral kesici diş aksı ile N-B doğrusu arasındaki açıdır.
9. L1-NB mesafesi: Alt santral kesici dişin insizal kenarı (L1 noktası) ile N-B doğrusu arası mesafedir.
10. IMPA açısı: Alt santral kesici diş aksı ile mandibular düzlem arasındaki açıdır.

11. L1-VRD mesafesi: Alt santral kesici dişin insizal kenarı (L1 noktası) ile VRD arası mesafedir.
12. L6-VRD mesafesi: Alt birinci molar dişin mezial yüzeyi (L6m noktası) ile VRD arası mesafedir.
13. L1-MD mesafesi: Alt santral kesici dişin insizal kenarı (L1 noktası) ile mandibular düzlem arası mesafedir.
14. L6-MD mesafesi: Alt birinci molar dişin meziyobukkal tüberkülünün tepe noktası (L6t) ile palatal düzlem arası mesafedir.
15. Overjet: Sagittal yönde üst santral dişin insizal kenarı ile alt santral dişin anterior yüzeyi arasındaki mesafedir.
16. Overbite: Vertikal yönde alt ve üst santral kesici dişlerin insizal kenarları arasındaki mesafedir.



Şekil 3.15: Üst çene dişsel ölçümleri; 1) U1-PD°, 2)U1-NA°, 3)U1-NA (mm), 4)U1-VRD (mm), 5) U6-VRD (mm), 6) U1-PD (mm), 7)U6-PD (mm)

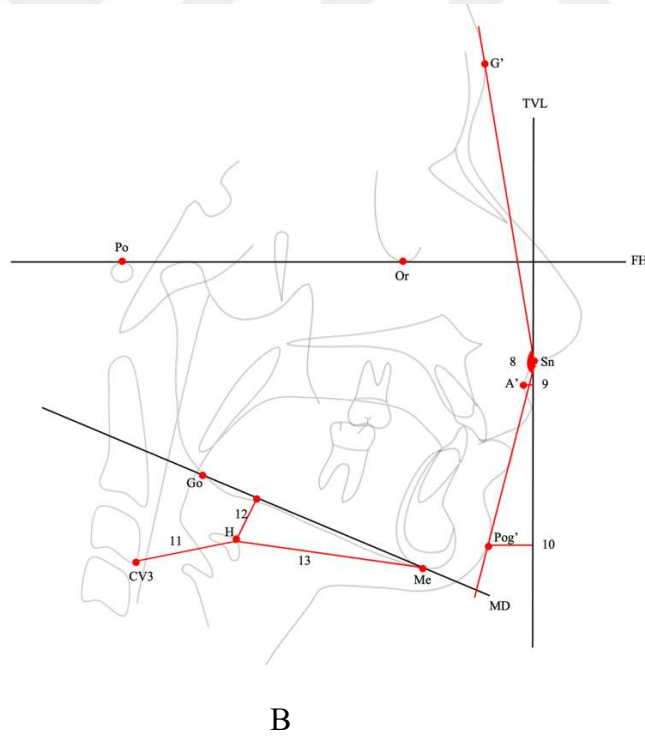
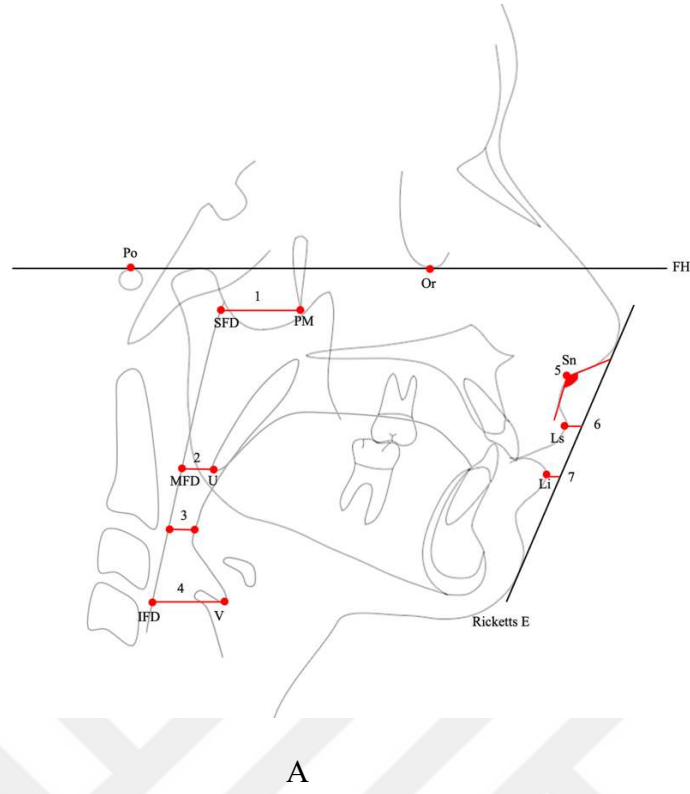


Şekil 3.16: Alt çene ve çeneler arası diş ölçümleri; 1) L1-NB°, 2) L1-NB (mm), 3) IMPA°, 4) L1-VRD (mm), 5) L6-VRD (mm), 6) L6-MD (mm), 7) L1-MD (mm), 8) Overjet (mm), 9) Overbite (mm)

3.4.1.4 Hava yolu, hyoid ve yumuşak doku ölçümleri (Şekil 3.17)

1. PM-SFD mesafesi: Nazofarengeal hava yolu boşluğunu gösteren, pterygomaksiller fissürün en alt noktası ve farenks arka duvarı arası mesafedir.
2. U-MFD mesafesi: Orofarengeal hava yolu boşluğunu gösteren uvulanın en uç noktası ile farenks arka duvarı arası mesafedir.
3. PASmin mesafesi: Sagittal yönde hava yolunun en dar mesafesini veren ölçümdür.
4. V-IFD mesafesi: Hipofarengeal hava yolu boşluğunu gösteren, epiglot ile dil kökü tabanının kesişim noktası ile farenks arka duvarı arası mesafedir.
5. H-CV3 mesafesi: Hyoid kemiğin en anterior ve süperior noktası ile üçüncü servikal vertebra arasındaki mesafeyi gösteren ölçümdür.

6. H-GoMe mesafesi: Hyoid kemiğin en anterior ve süperior noktası ile mandibular düzlem arasındaki mesafeyi gösteren ölçümdür.
7. H-Me mesafesi: Hyoid kemiğin en anterior ve süperior noktası ile çene ucu arasındaki mesafeyi gösteren ölçümdür.
8. Nazolabial aç: Üst dudak ile nasal kolumella arasındaki açıdır.
9. E-Üst dudak mesafesi: Ricketts'in E doğrusu ile üst dudağın en anterior noktası arasındaki mesafedir.
10. E-Alt dudak: Ricketts'in E doğrusu ile alt dudağın en anterior noktası arasındaki mesafedir.
11. A'-TVL: Yumuşak doku A noktasının konumunu gösteren mesafedir.
12. Pog'- TVL: Yumuşak doku Pog noktasının sagittal yönde konumunu gösteren mesafedir.
13. G'-Sn-Pog' Yumuşak dokunun konturunu gösteren yumuşak doku konveksite açısıdır.



Şekil 3.17: A) Hava yolu ve yumuşak doku ölçümleri; 1) PM-SFD (mm), 2) U-MFD (mm), 3) PASmin, 4) V-IFD (mm), 5) Nazolabial açı°, 6)E-Üst dudak (mm), 7)E-Alt dudak (mm) B) Yumuşak doku (devam) ve hyoid ölçümleri; 8) G'-Sn-Pog'°, 9) A'-TVL (mm), 10) Pog'-TVL (mm), 11) H-CV3 (mm), 12) H-GoMe (mm), 13) H-Me (mm)

3.4.2. Fraktal analiz

FA için her iki grupta tüm hastalara ait T0 ve T1 döneminde alınmış panoramik ve lateral sefalometrik röntgenler kullanılmıştır. Analiz öncesi incelenecek röntgenler TIFF formatına dönüştürülmüştür. Dönüştürülen görüntüler ImageJ (National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, ABD) görüntü analiz programına aktarılmıştır. FA, White ve Rudolph [145] tarafından tanımlanan kutu sayma yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm analizler tek bir ortodontist tarafından (A.İ.T) aynı bilgisayar üzerinde (Samsung Electronics, PO Box 12987, Dublin) (Ekran Çözünürlüğü: 1920x1080 piksel) gerçekleştirilmiştir.

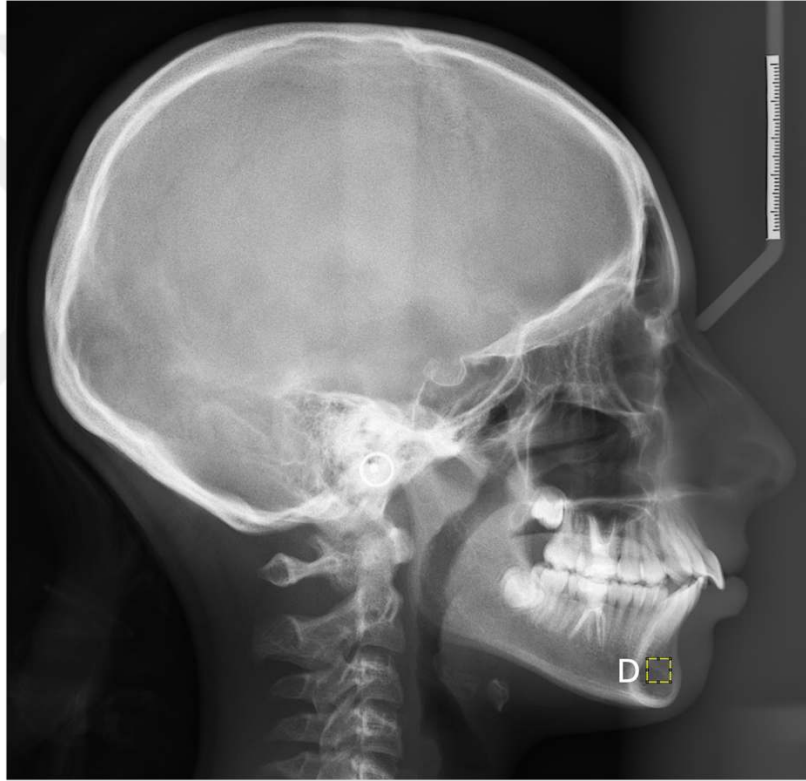
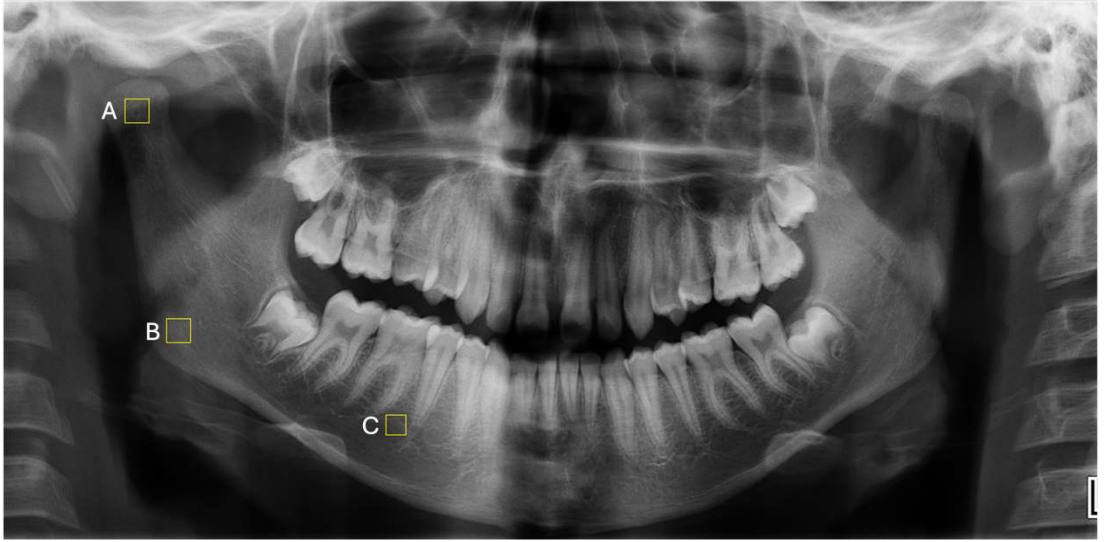
FA yönteminde incelenecek bölgelere ilgi alanı (Region of interest, ROI) adı verilmektedir. Panoramik [19, 146] ve lateral sefalometrik [20] röntgenler üzerinde incelenecek ROI alanları vasküler kanal, kortikal kemik ve diş kökleri gibi yapıları içermeyecek şekilde aşağıdaki gibi belirlenmiştir (Şekil 3.18):

I. Panoramik röntgen üzerinde:

- Kondil: Mandibular kondil başının subkortikal merkezi, sağ ve sol olmak üzere iki taraflı, 60x60 piksel boyutlarda.
- Angulus: Mandibula angulus bölgesine ait suprakortikal alan, sağ ve sol olmak üzere iki taraflı, 60x60 piksel boyutlarında.
- Korpus: Mandibular birinci molar ve ikinci premolar dişler arasındaki interdental alan, sağ ve sol olmak üzere iki taraflı, 50x50 piksel boyutlarında.

II. Lateral sefalometrik röntgen üzerinde:

- Simfiz: Mandibula anterior bölgede, kesici dişlerin apikal bölgelerinin altında kalan alan, 50x50 piksel boyutlarında.

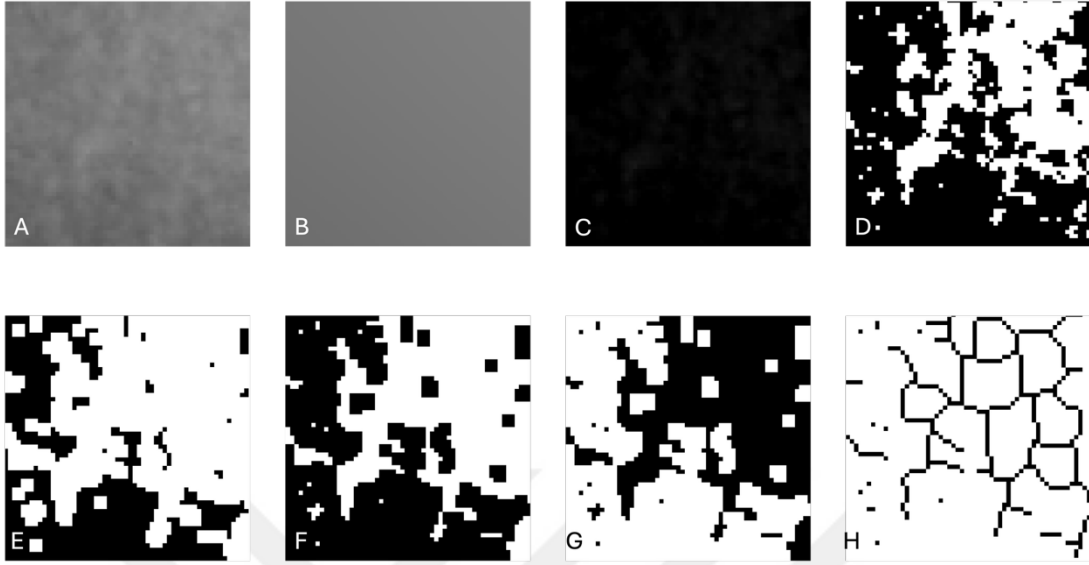


Şekil 3.18: Panoramik ve lateral sefalometrik röntgenler üzerinde belirlenen ROI alanları; A) Kondil, B) Angulus, C) Korpus, D) Simfiz

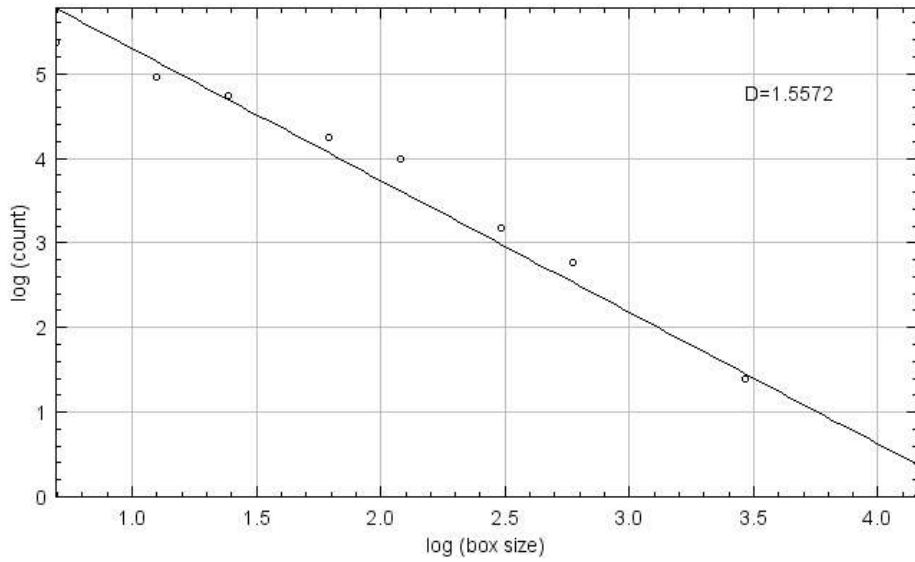
Radyografik görüntülerde belirlenen ROI alanları üzerinde sırasıyla şu aşamalar gerçekleştirilmiştir [145](Şekil 3.19):

1. Belirlenen ROI alanları duplike edilmiştir.
2. Duplike edilmiş görüntüye Gaussian filtresi ($\sigma=35$ piksel) uygulanmıştır. Böylece görüntü bulanıklaştırılarak kemik ve yumuşak dokuya ait farklılıklar kaynaklı küçük ve orta dereceli densite farkları elimine edilmiştir.
3. Elde edilen yeni görüntü orijinal görüntüden çıkartılmıştır.
4. Trabeküler kemik yapısı ve kemik iliği boşluklarının birbirinden ayrılması amacıyla her piksele 128 gri tonu eklenmiştir.
5. Görüntü 8-bit formatına dönüştürüldükten sonra kemik iliği boşlukları ve trabekül yapılarının belirginleştirilmesi için, 128 parlaklık eşik değeri uygulanarak siyah ve beyaz olacak şekilde ikili hale getirilmiştir.
6. Görüntüye erozyon uygulanarak gürültü ortadan kaldırılmıştır.
7. Genişletme uygulanmış ve görüntü daha belirgin hale getirilmiştir.
8. Beyaz alanlar siyah, siyah alanlar ise beyaz alanlara dönüşecek şekilde görüntü ters çevrilmiş ve trabeküler kemik çevresi belirlenmiştir.
9. Belirlenen kemik yapı iskeletselleştirilmiş ve trabeküler yapının ana hatları ortaya çıkartılmıştır.
10. Elde edilen son görüntü üzerinde fraktal kutu sayımı uygulanmıştır. Kutu sayma yöntemi ile görüntü 2, 3, 4, 6, 8, 12, 16, 32 ve 64 piksellik kutulara bölünerek her piksel için trabeküler yapıların yer aldığı kare sayısı ve görüntünün toplam kare sayısı hesaplanmaktadır. Hesaplanan kare sayıları ile logaritmik ölçekte bir grafik oluşturularak grafikte yer alan doğrunun eğiminin analizi ile FB değeri elde edilmektedir (Şekil 3.20).

Trabeküler kemik için kutu sayma yöntemi ile hesaplanan FB değerleri genellikle 1-2 arasında değişmekle birlikte; 1'e yakın değerler daha az fraktal içeren basit yapıları, 2'ye yakın değerler ise daha karmaşık kemik yapısını temsil etmektedir [143].



Şekil 3.19: Fraktal analiz aşamaları; A) Belirlenmiş ROI alanı, B) Gaussian filtresi, C) Çıkartılmış görüntü, D) Eşik değeri uygulanmış görüntü, E) Erozyon, F) Genişletme, G) Ters çevirme işlemi, H) İskeletselleştirme



Şekil 3.20: Logaritmik grafik ile FB değeri elde edilmesi.

3.5 İstatistiksel Analiz

Veri analizleri MedCalc Statistical Software version 12.7.7 (MedCalc Software bvba, Ostend, Belgium; <http://www.medcalc.org>; 2013) <http://www.medcalc.org>; 2013) programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sürekli değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilks testi ile incelenmiştir. Grup içi karşılaştırmalarda normal dağılıma uygunluk göstermeyen bağımsız iki sürekli değişken arasındaki fark Mann-Whitney U testi, gruplar arası karşılaştırmalarda bağımlı iki sürekli değişken arasındaki fark ise Wilcoxon Signed Rank testi ile değerlendirilmiştir. Sürekli değişkenlerin tanımlanmasında tanımlayıcı istatistikler (ortalama, standart sapma, medyan, minimum, maksimum) kullanılmıştır. Kategorik değişkenlerin dağılımı frekans ve yüzde ile belirtilmiş, kategorik değişkenler arasındaki ilişki ise Ki-Kare testi veya uygun durumlarda Yates Süreklilik düzeltmesi ya da Fisher Exact testi ile incelenmiştir. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak belirlenmiştir.

3.6 Yöntem Hatası

Yapılan ölçümlerde hata olasılığının hesaplanması için 34 hasta içinden rastgele 17 hasta seçilmiş T0 ve T1’de alınan röntgen kayıtları üzerinde aynı araştırmacı (A.İ.T) tarafından 30 gün ara ile tekrar ölçüm yapılmıştır. Ölçümler arası güvenilirlik Cronbach Alpa katsayısı ile incelenmiş ve güvenilirlik düzeyi sefalomerik ölçümler için 0,910-0,997 arasında, FA için ise 0,821-0,970 arasında olmak üzere oldukça iyi düzeyde bulunmuştur (Tablo 3.1).

Tablo 3.1: T0 ve T1 değerlerine ait ölçümlerin Cronbach Alpha katsayısı değerleri

	T0	T1
<i>Sefalometrik ölçümler</i>		
SNA(°)	0,913	0,981
SNB(°)	0,994	0,983
ANB(°)	0,940	0,975
Wits(mm)	0,962	0,965
A–Ndik(mm)	0,975	0,950
Pog–Ndik(mm)	0,991	0,991
A-VRD(mm)	0,986	0,990
B-VRD(mm)	0,990	0,991
Pog-VRD(mm)	0,994	0,991
SN-GoMe(°)	0,963	0,962
SN-PD(mm)	0,987	0,988
FMA(°)	0,979	0,984
SN-OD(°)	0,962	0,975
ANS-Me(mm)	0,989	0,986
Co-A(mm)	0,981	0,982
Co-Gn(mm)	0,990	0,985
Go-Me(mm)	0,974	0,967
Ar-Go(mm)	0,994	0,987
U1-PD(°)	0,983	0,975
U1-NA(mm)	0,910	0,920
U1-NA(°)	0,988	0,986
U1-VRD(mm)	0,986	0,983
U6-VRD(mm)	0,989	0,974
U1-PD(mm)	0,990	0,993
U6-PD(mm)	0,991	0,993
L1-NB(mm)	0,995	0,992
L1-NB(°)	0,990	0,984
IMPA(°)	0,993	0,982
L1-VRD(mm)	0,989	0,979
L6-VRD(mm)	0,989	0,969
L1-MD(mm)	0,991	0,983
L6-MD(mm)	0,990	0,988

Tablo 3.1 (Devam): T0 ve T1 değerlerine ait ölçümlerin Cronbach Alpha katsayısı değerleri

Overjet(mm)	0,992	0,948
Overbite(mm)	0,947	0,987
Nazolabial açısı(°)	0,993	0,987
E-Üst dudak(mm)	0,986	0,971
E-Alt dudak(mm)	0,995	0,987
A'-TVL(mm)	0,943	0,987
Pog' - TVL(mm)	0,966	0,955
G' - Sn - Pog'(°)	0,993	0,991
PM-SFD(mm)	0,989	0,984
U-MFD(mm)	0,990	0,962
PASmin(mm)	0,994	0,947
V-IPD(mm)	0,986	0,975
H-Me(mm)	0,990	0,994
H-GoMe(mm)	0,989	0,997
HCV3(mm)	0,991	0,991
FA ölçümleri		
Sağ angulus	0,827	0,871
Sağ korpus	0,821	0,929
Sol kondil	0,946	0,970
Sol angulus	0,875	0,842
Sol korpus	0,881	0,948
Simfiz	0,927	0,914

Cronbach Alpha Katsayısı

4.BULGULAR

4.1 Demografik Özellikler

Çalışmaya dahil edilen bireylerin demografik verileri gruplar arasında karşılaştırmalı olarak Tablo 4.1’de verilmiştir. MA ve Twinblok gruplarında yaş ve cinsiyet bakımından anlamlı bir fark bulunmazken ($p>0,05$), MA grubunda tedavi süresinin istatistiksel olarak daha uzun olduğu görülmüştür ($p=0,008$).

Tablo 4.1: MA ve Twinblok gruplarının demografik verilerinin karşılaştırılması

		MA		Twinblok		p değeri
		Ort± SS	Med(min-maks)	Ort± SS	Med(min-maks)	
Yaş (yıl)		11,8±1,0	11,5(10,4-13,5)	12,1±0,9	11,9(10,3-13,6)	0,227 ¹
Tedavi süresi (yıl)		1,1±0,2	1,1(0,7-1,5)	0,8±0,2	0,8(0,6-1,4)	0,008¹
Cinsiyet		n	%	n	%	0,253 ²
	Kadın	12	75	9	50	
	Erkek	4	25	9	50	

¹Mann-Whitney U, ²Continuity Correction

4.2 Başlangıç Verilerinin Karşılaştırılması

MA ve Twinblok gruplarında lateral sefalometrik analiz ve FA verilerinin T0 değerleri karşılaştırıldığında; lateral sefalometrik analizler ile gerçekleştirilen iskeletsel, dişsel, hyoid ve yumuşak doku ölçümleri istatistiksel olarak benzer bulunmuştur. Havayolu ölçümleri ise PASmin değeri dışında (p=0,042) istatistiksel olarak benzer bulunmuştur FA analiz ile gerçekleştirilen kondil, angulus, korpus ve simfiz bölgelerinin FB'ları da benzer bulunmuştur. (Tablo 4.2, Tablo 4.3, Tablo 4.4, Tablo 4.5).

4.3 Lateral Sefalometrik Analiz Bulguları

4.3.1 İskeletsel ölçümlerin karşılaştırılması (Tablo 4.2)

Her iki grupta da T0 ve T1'deki SNA° değerlerinde grup içi ve gruplar arasında anlamlı bir fark görülmemiştir (p>0,05). Benzer şekilde maksillanın sagittal iskeletsel konumunu gösteren A-VRD mesafesinde de her iki grupta istatistiksel olarak anlamlı bir değişim görülmezken (p>0,05); A-Ndik değerlerinde MA grubunda tedavi sonunda anlamlı bir azalma görülmüş (p=0,017), Twinblok grubunda anlamlı bir değişiklik izlenmemiştir (p>0,05).

Hem MA ($p=0,007$) hem TWB ($p<0,001$) gruplarında fonksiyonel tedavi sonunda SNB° değerinde anlamlı bir artış görülmüştür. İki grup karşılaştırıldığında bu artış Twinblok grubunda istatistiksel olarak daha fazladır ($p=0,021$). Benzer şekilde B-VRD değerinde de her iki grupta tedavi sonunda artış izlenmiştir ($p<0,001$).

Çene ucunun iskeletsel konumunu gösteren Pog-VRD ($p<0,05$) değerlerinde SNB° açısındaki değişim ile paralel olarak her iki grupta da tedavi sonunda artış görülmüştür fakat iki grup arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Pog-Ndik değerinde ise MA grubunda anlamlı bir değişiklik gözlenmezken ($p>0,05$), Twinblok grubunda anlamlı bir artış görülmüştür ($p=0,009$). İki grup arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

ANB° ve Witts değerleri de her iki grupta tedavi sonunda azalmıştır ($p<0,05$), fakat iki grup arasında anlamlı bir fark görülmemiştir ($p>0,05$).

Vertikal yönde $SN-GoMe^\circ$, $SN-PD^\circ$ ve FMA° değerlerinde her iki grupta da anlamlı bir değişim gözlenmemiştir ($p>0,05$). $SN-OD$ değerinde hem MA ($p=0,03$) hem Twinblok ($p=0,010$) grubu için anlamlı bir artış mevcuttur, fakat iki grup arasında fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Alt anterior yüz yüksekliği ($ANS-Me$) iki grupta da artış göstermiştir ($p<0,05$).

Fonksiyonel tedavi sonunda efektif maksilla boyutunda (Co-A) iki grupta da değişim görülmezken ($p>0,05$), efektif mandibula boyutunda (Co-Gn) her iki grupta da anlamlı bir artış mevcuttur ($p<0,05$). Korpus uzunluğu (Go-Me) MA grubunda anlamlı bir artış göstermiştir ($p=0,012$). Twinblok grubunda ise ramus uzunluğunda (Ar-Go) anlamlı bir artış gözlenmiştir ($p=0,05$). Boyutsal değerlerde iki grup arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

Tablo 4.2: MA ve Twinblok gruplarının T0 ve T1 iskeletsel değerlerinin grup içi ve gruplar arası, T1-T0 fark değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması

		T0		T1		T1-T0		p değeri
		Ort± SS	Med (min-maks)	Ort± SS	Med (min-maks)	Ort± SS	Med (min-maks)	
İskeletsel Ölçümler								
SNA(°)								
	MA	80,3±3,1	80(76-88)	79,9±3,4	80(74-87)	-0,4±1,5	-1(-2-3)	0,260 ¹
	Twinblok	80,4±3,4	80(74-90)	80,7±3,2	80(7690)	0,3±1,6	0(-3-4)	0,377 ¹
	p değeri	0,931 ²		0,637 ²		0,078 ²		
SNB(°)								
	MA	75±3,9	75(70-85)	76,2±4	76(69-85)	1,2±1,3	1(-1-4)	0,007 ¹
	Twinblok	74,1±3,4	74(68-83)	76,6±3,5	76(71-86)	2,5±1,6	2,5(0-6)	<0,001 ¹
	p değeri	0,521 ²		0,781 ²		0,021 ²		
ANB(°)								
	MA	5,3±1,9	5(3-9)	3,8±2,2	3(1-9)	-1,6±1	-2(-3-0)	0,002 ¹
	Twinblok	6,3±1,9	6(4-10)	4,2±2,6	4(-1-9)	-2,1±1,2	-2(-5--1)	<0,001 ¹
	p değeri	0,136 ²		0,576 ²		0,190 ²		
Wits(mm)								
	MA	4,2±2,6	4,8(0-7,8)	-0,1±3,3	-0,1(-5,6-4,7)	-4,3±2	-4,7(-9,1--0,7)	<0,001 ¹
	Twinblok	5,7±2,6	5,4(-0,5-10,1)	0,4±3	0,7(-7,2-4,3)	-5,3±1,8	-5,3(-8,1--1,6)	<0,001 ¹
	p değeri	0,173 ²		0,629 ²		0,100 ²		
A–Ndik(mm)								
	MA	-0,1±3,1	-0,1(-4,8-6,7)	-1,4±3,2	-1,1(-6,9-4,3)	-1,2±1,8	-0,9(-4,6-2,8)	0,017 ¹
	Twinblok	0,1±2,6	0,8(-4,1-5,2)	-0,1±2,1	-0,3(-2,9-4,1)	-0,2±1,9	-0,1(-4,4-2,3)	0,868 ¹
	p değeri	0,629 ²		0,241 ²		0,107 ²		

Tablo 4.2 (Devam): MA ve Twinblok gruplarının T0 ve T1 iskeletsel değerlerinin grup içi ve gruplar arası, T1-T0 fark değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması

Pog–Ndik(mm)							
<i>MA</i>	-7,9±6,5	-9,7(-19,1-5,6)	-7,5±7,5	-7,9(-20,4-5,5)	0,4±3,2	0,9(-5,5-6,7)	0,532 ¹
<i>Twinblok</i>	-9,4±4,7	-10,6(-17--0,5)	-6,6±5,6	-6(-17,3-5,2)	2,8±4	3(-5,5-10,7)	0,009¹
<i>p</i> değeri		0,427 ²		0,679 ²		0,055 ²	
A–VRD(mm)							
<i>MA</i>	63,9±3,8	63,6(58,7-75,5)	63,5±4,1	63(58,7-75,8)	-0,3±1,2	-0,3(-2,5-1,5)	0,301 ¹
<i>Twinblok</i>	63,8±3,3	63,4(58,5-71,6)	63,6±4	63,4(56-72,4)	-0,3±1,5	-0,4(-2,5-2,9)	0,360 ¹
<i>p</i> değeri		1,000 ²		0,918 ²		0,986 ²	
B-VRD(mm)							
<i>MA</i>	53,1±6,9	53,2(42,8-71,3)	55,2±6,9	54,8(41,9-74)	2,1±1,6	1,8(-0,8-5,6)	0,001¹
<i>Twinblok</i>	51±4,3	50,9(44,5-63,4)	54,3±4,9	55,2(44,5-64,7)	3,3±2,9	3,7(-1,8-8,9)	<0,001¹
<i>p</i> değeri		0,255 ²		0,809 ²		0,129 ²	
Pog-VRD(mm)							
<i>MA</i>	53,5±8,1	53,3(42,2-75)	55,5±8,2	55,1(40,4-76,6)	2±1,8	1,6(-1,9-5,6)	0,003¹
<i>Twinblok</i>	50,9±4,9	49,8(42,3-62,6)	54±5,7	53,4(44,6-64)	3±2,9	3,6(-2-7,3)	0,002¹
<i>p</i> değeri		0,317 ²		0,558 ²		0,248 ²	
SN-GoMe(°)							
<i>MA</i>	36,2±5	35,5(28-46)	36,2±5,4	36(26-48)	0±2,4	0(-5-3)	0,937 ¹
<i>Twinblok</i>	36,3±3,9	37(28-42)	36,7±3,8	38(29-42)	0,4±1,8	0(-2-4)	0,291 ¹
<i>p</i> değeri		0,627 ²		0,615 ²		0,607 ²	
SN-PD(mm)							
<i>MA</i>	8,6±2,9	8,5(3-13)	9,1±2,7	10(5-14)	0,5±1,7	0,5(-3-3)	0,336 ¹
<i>Twinblok</i>	7,8±3,8	8(-1-15)	7,8±5	8(-5-18)	-0,1±2,1	0(-4-3)	0,905 ¹
<i>p</i> değeri		0,441 ²		0,313 ²		0,393 ²	

Tablo 4.2 (Devam): MA ve Twinblok gruplarının T0 ve T1 iskeletsel değerlerinin grup içi ve gruplar arası, T1-T0 fark değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması

FMA(°)								
MA	26,4±5	26,5(17-37)	27,3±5,4	26(19-38)	0,9±2,1	1(-3-5)	0,164 ¹	
Twinblok	26,7±3,6	27(20-32)	27,4±4,3	28,5(20-34)	0,7±1,7	1(-3-3)	0,096 ¹	
p değeri	0,822 ²		0,795 ²		0,956 ²			
SN-OD(°)								
MA	16,3±4,7	15,5(8-25)	19,6±4,3	19(11-30)	3,3±2,8	3(-2-9)	0,003 ¹	
Twinblok	16,2±3,7	16,5(10-22)	18,3±4,7	19,5(9-25)	2,1±2,8	1,5(-1-7)	0,010 ¹	
p değeri	0,959 ²		0,742 ²		0,222 ²			
ANS-Me(mm)								
MA	59,6±4,3	59,2(54,5-68,5)	61,8±5	61,5(55,2-73,8)	2,2±2,5	2,6(-1,7-7,2)	0,015 ¹	
Twinblok	61,7±3,5	61,3(56,5-67,2)	64,3±4,2	65,2(57,9-71,8)	2,6±2,5	2,1(-1,4-8,6)	<0,001 ¹	
p değeri	0,101 ²		0,101 ²		0,527 ²			
Co-A(mm)								
MA	80,5±4,9	80,5(71,2-93,4)	81,3±4,4	80,9(74,9-92,4)	0,8±2,3	0,8(-2,9-4,1)	0,211 ¹	
Twinblok	81,9±4,3	80,7(75,9-93,7)	81,5±4,1	81,3(74-88,4)	-0,4±2,6	-0,1(-5,4-4,1)	0,776 ¹	
p değeri	0,369 ²		0,809 ²		0,278 ²			
Co-Gn(mm)								
MA	101±7,9	100,5(85,4-121,7)	104,8±6,7	106,3(94,7-121,8)	3,8±3,4	3,6(-0,9-9,3)	0,003 ¹	
Twinblok	102,3±5,4	101,9(92,7-113,8)	106,6±6,5	106(91,1-116,1)	4,3±3,2	3,6(-1,6-10)	<0,001 ¹	
p değeri	0,448 ²		0,334 ²		0,563 ²			
Go-Me(mm)								
MA	61,5±4,7	61,5(51,7-74,6)	62,8±4,8	63,7(54,3-75,1)	1,3±1,7	1,6(-1,9--4,3)	0,012 ¹	
TWB	62,5±3,2	62,2(56,3-66,9)	64±3,8	64,4(57,1-71,7)	1,5±2,8	0,7(-2,2--9,5)	0,052 ¹	
p değeri	0,266 ²		0,330 ²		0,670 ²			
Ar-Go(mm)								
MA	47,5±7,1	47,5(31,6-59,9)	49,7±7,5	49,6(35,2-65,6)	2,1±4,1	2,3(-4,6-12,6)	0,064 ¹	
Twinblok	46,8±5,1	45,5(38,5-56,1)	49,2±4,9	49,2(41,9-58,7)	2,4±2,7	2,9(-2,3-6,1)	0,005 ¹	
p değeri	0,704 ²		0,931 ²		0,515 ²			

¹Wilcoxon Signed Rank test, ²Mann-Whitney U

4.3.2 Dişsel ölçümlerin karşılaştırılması (Tablo 4.3)

MA ve Twinblok gruplarında U1-PD° ve U1-NA° açıları ile birlikte U1-NA ve U1-VRD mesafeleri istatistiksel olarak anlamlı azalma göstermektedir ($p<0,05$). Yine her iki grupta da üst kesici dişlerin insizal kenarı ile palatal düzlem arası mesafede (U1-PD) artış, yani ekstrüzyon gözlenmiştir ($p<0,05$). İki grup arasında üst kesici diş ile ilgili değerlerde anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0,05$).

Fonksiyonel tedavi sonrası L1-NB° ve IMPA° açılarında MA grubunda değişiklik görülmezken ($p>0,05$), Twinblok grubunda alt kesici dişler procline olmuş ve bu değerlerde anlamlı artış gözlenmiştir ($p<0,001$; $p=0,008$). L1-NB mesafesi de benzer şekilde MA grubunda değişmezken ($p>0,05$), Twinblok grubunda artış göstermiştir ($p<0,001$). Mandibular kesici dişlerin sagittal konumu ile ilişkili L1-VRD mesafesi hem MA ($p<0,001$) hem de Twinblok ($p<0,001$) grubunda artış göstermiştir. Gruplar arası karşılaştırmada L1-NB açısı ve mesafelerinde iki grup arasında anlamlı bir fark gözlenmiştir ($p<0,05$). Alt kesici dişlerin vertikal konumunu gösteren L1-MD mesafesi Twinblok grubunda değişmemiş ($p<0,05$), MA grubunda ise anlamlı bir azalma izlenmiştir ($p=0,011$). Alt keserlerin vertikal konumundaki değişim miktarı MA grubunda Twinblok grubuna göre istatistiksel olarak anlamlıdır ($p=0,016$).

Üst molar dişlerin sagittal ve vertikal konumlarında anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir (U6-VRD, U6-PD) ($p>0,05$). Alt molar dişlerde ise sagittal konumu gösteren L6-VRD değeri her iki grupta da T0-T1 arasında artış göstermiş ($p<0,05$), vertikal olarak (L6-MD) ise anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Overjet ve overbite değerleri her iki aparey ile anlamlı olarak azalmıştır ($p<0,05$). Apareylerin gruplar arası karşılaştırılmasında Twinblok grubunda her iki değerdeki azalmanın daha fazla olduğu görülmektedir ($p<0,05$).

Tablo 4.3: MA ve Twinblok gruplarının T0 ve T1 dişsel değerlerinin grup içi ve gruplar arası, T1-T0 fark değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması

		T0		T1		T1-T0		p değeri
		Ort± SS	Med (min-maks)	Ort± SS	Med (min-maks)	Ort± SS	Med (min-maks)	
U1-PD(°)								
	MA	117,6±6,5	117(106-128)	109,4±3,4	109(104-117)	-8,1±5,8	-7,5(-17-3)	0,001 ¹
	Twinblok	118,2±5,6	118(109-130)	110,1±7,4	107(100-125)	-8,1±6,4	-8,5(-21-5)	<0,001 ¹
	p değeri	0,849 ²		0,678 ²		0,885 ²		
U1-NA(mm)								
	MA	5,6±2	5,9(2,2-8,3)	3±1,7	3,2(-0,1-5,9)	-2,6±1,6	-2,8(-5,3-0,5)	<0,001 ¹
	Twinblok	6,6±1,8	6,6(4,1-10,3)	3,6±2,4	3,6(-1,3-7,9)	-3±1,8	-2,8(-6,5--0,4)	<0,001 ¹
	p değeri	0,214 ²		0,334 ²		0,899 ²		
U1-NA(°)								
	MA	28,8±7,7	30,5(11-40)	20,6±4,4	21(12-28)	-8,1±5,2	-7,5(-15-2)	<0,001 ¹
	Twinblok	30±5,6	31(22-41)	21,6±6,9	20,5(10-34)	-8,4±5,7	-7(-21-1)	<0,001 ¹
	p değeri	0,795 ²		0,917 ²		0,786 ²		
U1-VRD(mm)								
	MA	67,5±4,1	67,3(61,3-78,6)	65,1±4,2	65,5(58,9-75,5)	-2,4±1,4	-2,2(-5,6-0,4)	<0,001 ¹
	Twinblok	68,5±4,3	67,3(61,6-78,1)	66±5,1	65,5(57,8-78,4)	-2,5±2,5	-1,8(-6,7-1,3)	0,002 ¹
	p değeri	0,535 ²		0,904 ²		0,809 ²		
U6-VRD(mm)								
	MA	39,1±3,8	39,1(32,6-48,8)	39,5±4,1	39,4(32,7-50)	0,4±1,3	0,3(-2,3-3)	0,163 ¹
	Twinblok	38,1±3,5	38,2(31-46,6)	37,8±4,1	38,5(29,3-47,1)	-0,3±1,7	0,2(-3,5-2,2)	0,695 ¹
	p değeri	0,408 ²		0,221 ²		0,427 ²		
U1-PD(mm)								
	MA	25,3±2,1	25,5(20,7-28,5)	26,3±2	26,5(22,4-30)	1±1	1,2(-0,4-2,6)	0,004 ¹
	Twinblok	26,5±2,1	26,7(22-29,5)	27,2±1,9	27,4(24-30,1)	0,7±0,8	0,7(-0,7-2,6)	0,001 ¹
	p değeri	0,125 ²		0,255 ²		0,427 ²		

Tablo 4.3 (Devam): MA ve Twinblok gruplarının T0 ve T1 dişsel değerlerinin grup içi ve gruplar arası, T1-T0 fark değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması

U6-PD(mm)								
MA	17,9±4,2	17,8(10-26,7)	19,1±4	18,6(12,5-25,1)	1,2±2,6	1,2(-3,9-4,5)	0,083 ¹	
Twinblok	17,8±4,2	18,3(11,9-28,1)	18,5±5,2	18,2(8,7-26)	0,7±3,4	0,8(-5,4-5,3)	0,446 ¹	
p değeri	0,756 ²		0,629 ²		0,836 ²			
L1-NB(mm)								
MA	4,5±2,1	4,7(1,1-8,2)	4,9±2,5	5,4(0,9-8,9)	0,4±1	0,3(-1,2-2,3)	0,147 ¹	
Twinblok	4,8±3,7	5,1(-2,8-11,6)	6,6±3,4	6,2(0,6-13,4)	1,8±1,2	1,8(-0,3-3,7)	<0,001	
p değeri	0,796 ²		0,190 ²		0,003 ²			
L1-NB(°)								
MA	26,2±5,3	27(19-36)	27,4±5,5	27(17-34)	1,2±3,3	1(-4-7)	0,399 ¹	
Twinblok	26,4±9	27,5(6-40)	32,4±9,5	33(14-52)	6±3	6(0-12)	<0,001 ¹	
p değeri	0,959 ²		0,059 ²		<0,001 ²			
IMPA(°)								
MA	97,7±5,8	99(88-113)	98,7±6,5	97,5(86-112)	1±3,5	1(-5-7)	0,511 ¹	
Twinblok	97,7±7,9	97,5(85-111)	100,9±8,6	100,5(86-118)	3,2±4,1	3,5(-7-9)	0,008 ¹	
p değeri	0,768 ²		0,478 ²		0,052 ²			
L1-VRD(mm)								
MA	61±4,8	61,1(54,5-74,6)	62,5±4,5	62,8(55,2-75,3)	1,5±1,2	1,2(-0,6-3,6)	<0,001 ¹	
Twinblok	59,4±4,6	59,2(50,9-70,6)	63,5±4,8	63,6(50,2-72,9)	4,1±2,1	4,4(-0,7-7,6)	<0,001 ¹	
p değeri	0,301 ²		0,227 ²		<0,001 ²			
L6-VRD(mm)								
MA	37,7±3,9	37,4(31-48,1)	40,5±4,1	40,2(32,7-50)	2,8±1,4	2,5(0,4-5,5)	<0,001 ¹	
Twinblok	36,2±3,8	35,8(30,9-46,8)	39,9±3,4	39,1(35-47,7)	3,6±1,8	3,6(0,36,8)	<0,001 ¹	
p değeri	0,227 ²		0,523 ²		0,147 ²			

Tablo 4.3 (Devam): MA ve Twinblok gruplarının T0 ve T1 dişsel değerlerinin grup içi ve gruplar arası, T1-T0 fark değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması

L1-MD(mm)								
<i>MA</i>	36,9±2,7	37,1(32,4-41,4)	36,1±3	36,1(30,5-42,3)	-0,8±1,1	-1,1(-2,3-1,3)	0,011¹	
<i>Twinblok</i>	38,1±2,3	37,7(34-42,8)	38,2±2,7	38(32,9-42,5)	0,04±1	0,1(-2,2-1,8)	0,794 ¹	
<i>p</i> değeri		0,168 ²		0,047²		0,016²		
L6-MD(mm)								
<i>MA</i>	29,8±6,7	30,1(18,4-39,7)	29,7±5,8	29,1(21,3-38,9)	-0,1±4,7	0,4(-7,7-8,5)	0,918 ¹	
<i>Twinblok</i>	31,8±3,9	31,3(26-37,6)	31,5±6,4	31,2(21,5-42,7)	-0,3±4,8	0,1(-6,9-6,2)	0,711 ¹	
<i>p</i> değeri		0,437 ²		0,334 ²		0,782 ²		
Overjet(mm)								
<i>MA</i>	7,6±1,7	7,7(3,2-10,5)	2,9±1	2,8(1,2-4,4)	-4,8±1,7	-4,9(-8,9--2)	<0,001¹	
<i>Twinblok</i>	9,7±3	8,4(5,2-14,6)	2,5±1,9	2,6(0,2-6,7)	-7,2±2,4	-7,8(-10,2--3)	<0,001¹	
<i>p</i> değeri		0,062 ²		0,351 ²		0,009²		
Overbite(mm)								
<i>MA</i>	4,9±1,9	5,2(1,2-8)	2,9±1,5	2,9(-0,2-6)	-2±1,5	-2(-5-1)	0,001¹	
<i>Twinblok</i>	5,5±2,1	5,3(1-9,6)	1,9±1,9	1,5(-0,4-5,6)	-3,6±2	-3,6(-7,8-0,6)	<0,001¹	
<i>p</i> değeri		0,448 ²		0,035 ²		0,021²		

¹Wilcoxon Signed Rank test, ²Mann-Whitney U

4.3.2 Hava yolu, hyoid ve yumuşak doku ölçümlerinin karşılaştırılması (Tablo 4.4)

MA ve Twinblok gruplarında ölçülen farengeal havayolu değerlerine ait T0 ve T1 değerleri karşılaştırıldığında her iki aparey ile nazofarenks (PM-SFD), orofarenks (U-MFD), hipofarenks (V-IFD) ölçümleri ve havayolunun sagittal yönde en dar olduğu bölgeden ölçülen PASmin değerlerinde artış görülmektedir ($p<0,05$). İki grup arasında orofarenks genişliğinde Twinblok grubunda daha fazla artış izlenirken ($p=0,038$), diğer ölçümlerde iki grup arasında fark gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Hyoid kemiğin sagittal konumunu gösteren H-Me ve H-CV3 değerlerinde anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir ($p>0,05$). Hyoid kemik ve mandibular düzlem arası mesafe (H-GoMe) MA grubunda değişmezken ($p>0,05$), Twinblok grubunda azalmıştır ($p=0,004$).

Nazolabial açı ve alt dudak konumunda (E-Alt dudak) değişiklik görülmezken ($p>0,05$), üst dudak her iki grupta da sagittal yönde geri hareket etmiştir (E-Üst dudak) ($p<0,05$). Yumuşak doku A' noktası MA grubunda anlamlı olarak geri hareket gösterirken ($p=0,021$), Pog' noktası Twinblok grubunda anlamlı olarak ileri hareket etmiştir ($p=0,004$). Yumuşak doku konveksite açısı ($G'-Sn - Pog'$) iki grupta da artmış, profil daha düz bir karakter kazanmıştır ($p<0,05$).

Tablo 4.4: MA ve Twinblok gruplarının T0 ve T1 havayolu, hyoid ve yumuşak doku değerlerinin grup içi ve gruplar arası, T1-T0 fark değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması

		T0		T1		T1-T0		p değeri
		Ort± SS	Med (min-maks)	Ort± SS	Med (min-maks)	Ort± SS	Med (min-maks)	
Hava Yolu Ölçümleri								
PM-SFD(mm)								
MA	15,7±3,7	15,8(10-22,3)	17,3±3,4	16,5(12,8-23,6)	1,5±2	1,3(-1,5-5,6)	0,023¹	
TWB	14,8±4,6	14,8(7,7-23,2)	16,4±4,8	16,1(10,1-24,6)	1,6±3,1	1,9(-3,9-9,8)	0,043¹	
p değeri	0,535 ²		0,512 ²		0,918 ²			
U-MFD(mm)								
MA	8,2±2,1	7,8(5,2-11,9)	9,1±2,3	8,3(5,9-13,2)	0,9±1,4	0,5(-1,2-3,7)	0,020¹	
TWB	8,3±2,4	8,7(4,1-11,8)	10,2±2,3	10,1(5,5-15,5)	1,8±1,3	1,9(-0,7-5,1)	<0,001¹	
p değeri	0,972 ²		0,184 ²		0,038²			
PASmin(mm)								
MA	8,2±2,5	7,8(3,8-12,1)	9,8±3	9,9(5,7-15,9)	1,6±1,7	1,4(-1,6-4,6)	0,007¹	
TWB	6,4±2,3	6(3,6-10,3)	8±1,8	8,1(5-12,3)	1,5±1,7	1,3(-1,7-5)	0,004¹	
p değeri	0,042²		0,062 ²		0,783 ²			
V-IFD(mm)								
MA	14,8±2,5	14,4(9,5-19,5)	16,3±2,2	16,2(13-21,2)	1,5±1,8	1,4(-1-5,1)	0,003¹	
TWB	14,6±2,5	14,6(10,7-19,2)	16±3,2	15,8(10,2-21,1)	1,5±2,4	1,6(-2,3-5,8)	0,028¹	
p değeri	0,809 ²		0,717 ²		0,972 ²			
Hyoid Ölçümleri								
H-Me(mm)								
MA	38,1±5	39,3(30,3-45,2)	38,5±5,1	38,4(28-48,1)	0,3±4	-0,2(-8,4-5,6)	0,679 ¹	
TWB	38,4±3,7	37,9(32,5-43,7)	39,8±5,1	40(27,3-48,8)	1,4±5,1	1,2(-6,5-11,1)	0,286 ¹	
p değeri	0,945 ²		0,269 ²		0,730 ²			

Tablo 4.4 (Devam): MA ve Twinblok gruplarının T0 ve T1 havayolu, hyoid ve yumuşak doku değerlerinin grup içi ve gruplar arası, T1-T0 fark değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması

H-GoMe(mm)								
<i>MA</i>	11,9±5,3	11,6(5,9-25,6)	12,3±4,8	10,6(4,9-25,2)	0,4±3,2	0,5(-4,5-6)	0,796 ¹	
<i>TWB</i>	14±3,9	14,3(6,5-22,5)	11,4±3,9	12,3(2,8-17,4)	-2,6±3	-2,9(-6,5-4,5)	0,004¹	
<i>p</i> değeri		0,084 ²		0,783 ²		0,011²		
H-CV3(mm)								
<i>MA</i>	30±3,3	30,6(23,7-36,8)	30,5±4	30,5(20,3-38,1)	0,6±3	0(-4,5-6,3)	0,642 ¹	
<i>TWB</i>	30,2±3,7	30,9(24,1-36,3)	30,8±3,9	31(21,7-39,8)	0,6±2,6	1(-3,5-5)	0,396 ¹	
<i>p</i> değeri		0,783 ²		0,654 ²		1,000 ²		
Yumuşak Doku Ölçümleri								
Nazolabial aç(°)								
<i>MA</i>	111,7±10,8	114(94-126)	112,5±9,5	113(100-127)	0,8±8,7	3,5(-22-14)	0,291 ¹	
<i>TWB</i>	111,3±9,5	111,5(94-124)	111,9±7,5	113(96-126)	0,7±6,9	0(-9-15)	0,938 ¹	
<i>p</i> değeri		0,876 ²		0,876 ²		0,491 ²		
E-Üst dudak(mm)								
<i>MA</i>	0,1±2,3	-0,2(-4,9-4,6)	-1,5±1,5	-2(-3,41,6)	-1,6±2,2	-2(-4,3-5)	0,012¹	
<i>TWB</i>	1,4±2	1,1(-2-4,5)	-0,7±2,3	-0,7(-4,62,6)	-2,1±1	-2(-4--0,5)	<0,001¹	
<i>p</i> değeri		0,112 ²		0,293 ²		0,481 ²		
E-Alt dudak(mm)								
<i>MA</i>	0,1±2,7	0,2(-4,1-4,3)	0±2,3	0,2(-3,35)	-0,1±1,7	-1,2±2,5	0,670 ¹	
<i>TWB</i>	1,5±4,1	1,9(-6,2-7,5)	0,3±3,3	-0,4(-5,44,9)	0,1(-2,44)	-1,7(-4,84)	0,062 ¹	
<i>p</i> değeri		0,262 ²		0,756 ²		0,104 ²		

Tablo 4.4 (Devam): MA ve Twinblok gruplarının T0 ve T1 havayolu, hyoid ve yumuşak doku değerlerinin grup içi ve gruplar arası, T1-T0 fark değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması

A'-TVL(mm)								
<i>MA</i>	-1,9±1	-2,4(-3,3-0,5)	-3,1±1,5	-2,8(-6,2-1,3)	-1,2±1,6	-1,3(-4,4-1,6)	0,021¹	
<i>TWB</i>	-3±7,1	-1,5(-30,5-4,7)	-3,9±5,6	-2,5(-25,2-0,2)	-0,9±2,7	-0,8(-7,8-5,3)	0,085 ¹	
<i>p</i> değeri		0,511 ²		0,490 ²		0,395 ²		
Pog' -TVL(mm)								
<i>MA</i>	-11,6±4,2	-12,7(-18,4-2,1)	-10,8±4,9	-11,7(-18,8-3,2)	0,8±2,6	0,5(-2,8-6,9)	0,451 ¹	
<i>TWB</i>	-14±3,8	-14(-21,5-5,4)	-10,8±4,2	-10,9(-18,8-3,1)	3,1±3,6	4,6(-4,7-8,4)	0,004¹	
<i>p</i> değeri		0,081 ²		0,904 ²		0,029 ²		
G' - Sn - Pog'(°)								
<i>MA</i>	155,9±7,3	155,5(143-168)	159,1±7	157(149-170)	3,2±3,7	2(-2-14)	0,003¹	
<i>TWB</i>	154,5±5,4	153(146-164)	159±6	160(149-170)	4,5±3	4,5(1-10)	<0,001¹	
<i>p</i> değeri		0,437 ²		0,959 ²		0,160 ²		

¹Wilcoxon Signed Rank test, ²Mann-Whitney U

4.4 FA Bulguları (Tablo 4.5)

Her iki grup için başlangıç değerleri karşılaştırıldığında gruplar arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p>0,05$). MA ve Twinblok apareyleri için T0 ve T1 FB değerleri karşılaştırıldığında her iki tarafta kondil, angulus ve korpus FB değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik gözlenmezken ($p>0,05$); simfizinin FB değerinde her iki grupta da artış gözlenmiştir ($p<0,05$). İki grup birbiriyle karşılaştırıldığında anlamlı bir fark izlenmemiştir ($p>0,05$)



Tablo 4.5: MA ve Twinblok gruplarının FA bulgularının T0 ve T1 değerlerinin grup içi ve gruplar arası karşılaştırılması, T1-T0 fark değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması

	T0		T1		T1-T0		<i>p</i> değeri
	Ort± SS	Med(min-maks)	Ort± SS	Med(min-maks)	Ort± SS	Med(min-maks)	
Sağ Kondil							
<i>MA</i>	1,4±0,1	1,5(1,2-1,6)	1,5±0,1	1,5(1,3-1,6)	0,02±0,1	0,02(-0,1-0,2)	0,570 ¹
<i>TWB</i>	1,4±0,1	1,5(1,1 1,6)	1,5±0,1	1,5(1,3-1,6)	0,03±0,1	0,02(-0,1-0,3)	0,432 ¹
<i>p</i> değeri		0,557 ²		0,704 ²		0,863 ²	
Sağ Angulus							
<i>MA</i>	1,5±0,1	1,5(1,3-1,6)	1,5±0,1	1,5(1,3-1,6)	0,002±0,1	-0,02(-0,2-0,2)	0,977 ¹
<i>TWB</i>	1,4±0,1	1,4(1,3-1,6)	1,4±0,1	1,4(1,2-1,6)	0,01±0,1	-0,01(-0,2-0,3)	0,571 ¹
<i>p</i> değeri		0,641 ²		0,769 ²		0,730 ²	
Sağ Korpus							
<i>MA</i>	1,3±0,1	1,3(1-1,5)	1,3±0,1	1,3(1-1,5)	0,04±0,2	0,1(-0,3-0,4)	0,364 ¹
<i>TWB</i>	1,3±0,1	1,3(1,1-1,4)	1,3±0,1	1,3(1-1,4)	0,01±0,1	0,01(-0,2-0,2)	0,727 ¹
<i>p</i> değeri		0,972 ²		0,276 ²		0,500 ²	
Sol Kondil							
<i>MA</i>	1,5±0,1	1,5(1,3-1,6)	1,5±0,1	1,5(1,2-1,7)	0,01±0,1	0,01(-0,1-0,2)	0,733 ¹
<i>TWB</i>	1,4±0,1	1,5(1,3-1,6)	1,5±0,1	1,5(1,3-1,6)	0,04±0,1	0,03(-0,1-0,2)	0,085 ¹
<i>p</i> değeri		0,849 ²		0,407 ²		0,388 ²	
Sol Angulus							
<i>MA</i>	1,5±0,1	1,5(1,31,6)	1,4±0,1	1,5(1,31,6)	-0,04±0,1	-0,03(-0,3-0,2)	0,244 ¹
<i>TWB</i>	1,5±0,1	1,5(1,21,6)	1,4±0,1	1,4(1,21,6)	-0,04±0,1	-0,04(-0,3-0,2)	0,305 ¹
<i>p</i> değeri		0,986 ²		0,945 ²		10,00 ²	

Tablo 4.5 (Devam): MA ve Twinblok gruplarının FA bulgularının T0 ve T1 değerlerinin grup içi ve gruplar arası karşılaştırılması, T1-T0 fark değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması

Sol Karpus							
<i>MA</i>	1,3±0,1	1,3(11,5)	1,3±0,1	1,3(1,11,4)	0,0±0,2	0,04(-0,4-0,3)	0,836 ¹
<i>TWB</i>	1,3±0,1	1,2(1,21,5)	1,3±0,1	1,3(1,11,5)	0,01±0,1	-0,04(-0,3-0,2)	0,844 ¹
<i>p</i> değeri	0,822 ²		0,743 ²		0,931 ²		
Simfiz							
<i>MA</i>	1,2±0,1	1,2(0,91,4)	1,4±0,1	1,4(1,11,5)	0.1±0.2	0.1(-0.1-0.4)	0,008¹
<i>TWB</i>	1,2±0,1	1,3(1,11,4)	1,4±0,1	1,4(1,21,5)	0.1±0.1	0.2(-0.1-0.4)	0,002¹
<i>p</i> değeri	0,730 ²		0,671 ²		0,691 ²		

¹Wilcoxon Signed Rank test, ²Mann Whitney

5.TARTIŞMA

5.1. Amacın Tartışılması

İskeletsel Sınıf II maloklüzyon toplumda yüksek bir görülme sıklığına sahiptir ve en sık sebebi mandibular retrognatidir [1, 3]. Mandibular retrognatiye bağlı Sınıf II maloklüzyonun tedavi yöntemine karar verirken hastanın büyüme ve gelişim dönemi oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Yetişkin hastalarda kamuflej tedavileri veya ortognatik cerrahi tedaviler uygulanırken, büyüme ve gelişimi devam eden hastalarda fonksiyonel ortopedik tedavi seçeneği de bulunmaktadır [4, 6]. Fonksiyonel apareyler maksiller büyümeyi inhibe ederken mandibular büyümeyi stimüle ederek iskeletsel ve dişsel Sınıf II maloklüzyonu tedavi ederken, yumuşak doku profilinde iyileşme ve hava yolu genişliğinde artışa da sebep olurlar [5, 9].

Fonksiyonel ortopedik tedavinin temelleri 19. yüzyılda atılmakla birlikte zamanla gelişim göstermiş ve bu yönde apareyler geliştirilmiştir [66]. Bu apareylerden biri olan Twinblok 1982 yılında Clark tarafından geliştirilmiş olup günümüzde hala en sık kullanılan fonksiyonel apareylerden biridir. İki parçadan oluşan bu apareyin alt ve üst parçalarında mandibulayı önde konumlandıran eğik düzlem şeklinde ısırma blokları bulunmaktadır [7]. Literatürde Twinblok apareyinin Sınıf II maloklüzyonun tedavisinde etkili olduğunu gösteren birçok çalışma mevcuttur [82, 98, 103].

Son yıllarda ortodontik tedavide estetik kaygıların artması sebebiyle geliştirilen şeffaf plaklar ile fonksiyonel tedavi de uygulanabilmektedir. Invisalign MA sisteminde Twinblok apareyine benzer şekilde alt ve üst plaklarda bulunan hassas kanatlar mandibulayı önde tutarak mandibulanın gelişimini stimüle ederken aynı zamanda diş hareketlerini de mümkün kılmayı amaçlamaktadır [112]. Ghorbani ve ark. [118] sistematik derlemelerinde bu güncel sistemin etkilerinin diğer fonksiyonel apareyler ile benzer olduğunu bildirmişlerdir.

Bu çalışma Twinblok ve Invisalign MA tedavilerinin iskeletsel, dişsel, yumuşak doku, hava yolu ve hyoid kemiğin konumu üzerine etkilerini sefalometrik ölçümler aracılığıyla; mandibuladaki trabeküler kemik yapıya olan etkilerini ise FA yöntemi ile

karşılaştırmalı olarak incelemeyi amaçlamaktadır. Literatürde sefalometrik röntgenler ile bu iki apareyin etkilerini Lombardo ve ark. [124] ve Caruso ve ark. [123] gibi karşılaştıran retrospektif çalışmalar bulunmakla birlikte bilindiği kadarıyla prospektif olarak karşılaştıran bir çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca fonksiyonel apareylerin çene kemiklerinin trabeküler yapısı üzerine etkilerini FA ile inceleyen çalışmalar [18-20] olmakla birlikte şeffaf plaklar ve geleneksel fonksiyonel apareylerin etkilerini karşılaştırmalı ve prospektif olarak değerlendiren bir çalışma da bulunmamaktadır.

5.2. Gereç ve Yöntemin Tartışılması

Bu prospektif çalışmaya retrognatik mandibulaya sahip iskeletsel ve dişsel Sınıf II maloklüzyon görülen hastalar dahil edilmiştir. Literatürde fonksiyonel apareylerin zamanlaması konusunda farklı görüşler olsa da daha sık kabul edilen yaklaşım olan ve Bacetti ve ark. [72] ve Franchi ve ark. [76] gibi çalışmaların önerisine paralel şekilde bu çalışmada da büyüme atılım dönemindeki hastalara fonksiyonel aparey tedavileri uygulanmıştır. Ayrıca Ravera ve ark. [17] da pubertal dönemde prepubertal döneme göre MA tedavisinin iskeletsel etkinliğinin daha belirgin olduğunu belirtmişlerdir. Büyüme gelişim döneminin belirlenmesi için el-bilek radyografileri Björk'ün [144] tanımladığı evreleme sistemine göre değerlendirilmiş ve S-MP3cap dönemindeki hastalar seçilmiştir. Çalışmamıza dahil edilen hastaların tedavi başlangıcında ortalama yaşı MA grubunda $11,80 \pm 1,0$ yıl, Twinblok grubunda ise $12,10 \pm 0,90$ yıl olmakla birlikte iki grubun yaş ortalaması benzerdir ($p>0,05$).

Fonksiyonel aparey tedavisine verilen yanıtların cinsiyet ile bağlantılı olabileceğini öne süren Luder [147] ve Jacobson [148] gibi araştırmacılar olmasına karşılık tedaviye verilen yanıt farkını açık olarak ortaya koyan bir çalışma bulunmamaktadır. Aelbers ve Dermout [149] fonksiyonel aparey çalışmalarında sıklıkla karma örneklem kullanıldığını belirtmişlerdir. Çalışmamızda da MA grubuna 12 kadın, 4 erkek hasta; Twinblok grubuna 9 kadın, 9 erkek hasta dahil edilmiştir. İki grup arasındaki erkek ve kadın cinsiyet sayısı her ne kadar birbirine eşit olmasa da gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Şeffaf plaklar ile fonksiyonel ortodontik tedavi seçeneği birkaç sistemde mevcut olmakla birlikte ülkemizde ulaşım olanağı ve literatürde kullanım sıklığı açısından bu

çalışmada Invisalign MA sistemi tercih edilmiştir [118]. Twinblok apareyi için ise Clark [7] tarafından geliştirilen geleneksel apareyin bir modifikasyonu kullanılmıştır.

MA grubunda, sistem tarafından ideal olarak önerilen şekilde her 8 plakta 2 mm'lik kademeli aktivasyon protokolü uygulanmıştır. Twinblok grubunda ise Clark'ın [10] önerisine uygun olarak başlangıçta 6–7 mm protrüzyon yapılmış, kalan aktivasyon ise 2 mm'lik kademeler halinde gerçekleştirilmiştir. Literatürde, Banks ve ark. [101] tek seferde ilerletme ile kademeli ilerletme arasında fark olmadığını bildirirken; Doshi ve Mahindra [102] ile Chen ve ark. [90] kademeli aktivasyonun daha fazla iskeletsel etki sağladığını ileri sürmüşlerdir. Lombardo ve ark. [124] da MA ve Twinblok apareylerini karşılaştırdıkları retrospektif çalışmada ise Clark modifikasyonu bir aparey tasarımı kullanmışlar, 7-8 mm başlangıç aktivasyonu yapmışlardır. Ancak çalışmamızdan farklı olarak daha büyük miktarda bir overjet durumunda ikinci bir aktivasyonla kesici dişler uç uca gelecek şekilde bir aktivasyon uygulanmıştır. Çalışmamızda bu çalışmadan farklı olarak 2 hasta dışında diğer hastalarda başlangıç aktivasyonu sonrası 3. Aydan itibaren 2'şer mm ek aktivasyonlar uygulanmıştır. Hastalara uygulanan ek aktivasyon miktarı ise ortalama $2,93 \pm 1,49$ mm'dir. Ayrıca çalışmamızda Lombardo ve ark.'nın [124] çalışmasından farklı olarak apareyin alt parçasının anterior bölgesinde kesici diş proklinasyonunu önlemek amacıyla oklüzal yüzey kaplamalı bir tasarım kullanılmıştır. Literatürde iki apareyi karşılaştıran diğer çalışmalarda [121, 123] ise aparey tasarımı ve aktivasyon şekli ile ilgili ayrıntılı bir bilgi verilmemiştir.

Fonksiyonel tedavinin alt kesici dişler üzerindeki proklinasyon etkisini sınırlandırmak için her iki grupta da bazı önlemler alınmıştır. Wang ve ark. [128] şeffaf plaklarda anterior dişler üzerinde tork artışı ile proklinasyonun sınırlanabileceğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda da MA grubunda alt kesici dişlere 5° bukkal kök torku uygulanmış, Twinblok grubunda ise alt kesici dişlerin oklüzal yüzeylerinin akrilik rezin ile kaplandığı bir tasarım kullanılmıştır. Mörndal ve ark. [150] ile Sidlauskas [151] gibi araştırmacılar alt kesici dişlerin proklinasyonunu sınırlı tutmak için akrilik ile kaplanmasını önermişlerdir.

MA sisteminde hassas kanatların etkin çalışabilmesi için şiddetli derin kapanış, posterior çapraz kapanış ve büyük rotasyonlara sahip azı dişlerinin önceki fazda düzeltilmesi gerekmektedir [117]. Bu sebeple MA grubunda tedavi öncesi pre-MA fazda dişlerin seviyelenmesi ve hizalanması, üst çene genişletmesi ve Spee eğrisinin

düzeltilmesi planlanmıştır. Twinblok apareyinde ise bir hazırlık fazı bulunmamakla birlikte elde edilebilecek diş hareketleri sınırlıdır, bu grupta da üst çene genişletmesi amacıyla apareye genişletme vidası eklenmiştir. Tedavi süresi MA grubunda ortalama $1,1\pm0,2$ yıl, Twinblok grubunda $0,8\pm0,2$ yıl olarak bulunmuştur. Tedavi süreleri arasındaki bu farkın MA grubunda pre-MA faza bağlı olduğu düşünülmektedir. Fakat Wu ve ark. [121] belirttiği gibi fonksiyonel tedavi ile birlikte diş hareketlerine izin vermesi sebebiyle MA faz 2 tedavinin süresinin kısalmasını sağlayabilmektedir.

Her iki grupta da başlangıç ve fonksiyonel tedavi sonunda rutin olarak alınan röntgenler üzerinde analizler uygulanmıştır. Lateral sefalometrik analizlerde 18 iskeletsel, 16 dişsel, 4 havayolu, 3 hyoid, 6 yumuşak doku olmak üzere toplam 47 ölçüm yapılmıştır. Ölçümler için NemoCeph yazılımında (Nemostudio, Software Nemotech S.L., Madrid, Spain) Steiner, McNamara, Tweed, Ricketts, Arnett gibi analizlere [152, 153] ait ölçümler ile özelleştirilmiş bir analiz oluşturulmuş; aynı zamanda WebCeph yazılımı (AssembleCircle Corp., Seongnam-si, Gyeonggi-do, Güney Kore) üzerinde manuel olarak anatomik referans noktaları belirlenerek sagittal ve vertikal mesafe ölçümleri, havayolu ölçümleri ve hyoid ölçümleri yapılmıştır (Tablo 4.2).

Ek olarak uygulanan mesafe ölçümleri Baysal ve Uysal'ın [154] çalışmasının bir modifikasyonu olacak şekilde planlanmıştır. Bu çalışmadan farklı olarak dijital ortamda uygulanma zorluğundan dolayı çakıştırma yapılmış sefalomerik röntgenler üzerinde ölçümler uygulanmamıştır. Bu sebeple de referans horizontal düzlem olarak oklüzal düzlem yerine daha önce mesafe ölçümlerinde güvenilir olduğu bildirilmiş olan [155], S-N düzlemine 7° olacak şekilde belirlenmiş bir horizontal referans düzlemi kullanılmıştır. Vertikal düzlem olarak da S noktasından geçen ve bu horizontal düzleme dik bir referans düzlem kullanılmıştır. Tedavi sonunda Baysal ve Uysal'a [154] benzer ölçümler tanımlanan referans düzlemler üzerinde yapılmıştır.

MA ve Twinblok etkisi ile oluşabilecek havayolu değişikliklerini değerlendirmek için nazofarenks, orofarenks, hipofarenks ve havayolunun en dar bölgesi ölçülmüştür. Ölçümler Arora ve ark. [156] ile Koay ve ark. [157] çalışmalarına benzer şekilde noktalar belirlenerek yapılmıştır. Her iki apareyin etkisiyle mandibulanın sagittal ve vertikal boyutları ile pozisyonu değişebilmekte; bu durum hyoid kemiğin konumunu da etkileyebilmektedir. Ayrıca hyoid kemik, farengeal havayolları ile yakın ilişki içerisinde [158]. Çalışmamızda hyoid kemiğin çene ucu, üçüncü servikal vertebra

ve mandibular düzleme olan uzaklıkları Amuk ve ark. [159] çalışmalarına benzer şekilde değerlendirilmiştir.

Kemik morfolojisinin değerlendirilmesinde Mikro-CT yöntemi altın standart olarak kabul edilmekle birlikte bu yöntem yüksek maliyet ve radyasyon dozu ile birlikte kemik örneği gerektirmesi sebebiyle kullanımı sınırlıdır [160]. Non-invaziv bir teknik olan FA diş hekimliğinde implant bölgelerinin değerlendirilmesi, ortognatik cerrahi sonrası kemik iyileşmesi, gömülü kanin çevresindeki kemik yapısının analizi gibi alanlarda kullanılmaktadır [141, 161, 162]. Diş hekimliği literatüründe FA için panoramik, periapikal, bitewing ve lateral sefalometrik radyografiler gibi iki boyutlu ve KIBT gibi üç boyutlu görüntüleme yöntemleri kullanılmıştır. KIBT üç boyutlu görüntüleme imkanı, minimal distorsiyon ve süperpozisyon olmaması gibi avantajlarına rağmen; yüksek radyasyon dozu nedeniyle etik olarak rutin teşhis materyali olarak kullanılmamaktadır [143]. Ayrıca voksel boyutlarının FB değerlerini etkilemesi ve düşük görüntü çözünürlüğü FA için kullanımında dezavantaj olarak görülmektedir [163]. Magat ve Özcan Şener [164] KIBT ve panoramik radyografilerin FB değerlerini karşılaştırmış, yüksek çözünürlüğü ve düşük radyasyon dozu sebebiyle panoramik radyografi kullanımını önermişlerdir. Ayrıca panoramik radyografilerden elde edilen FB değerlerinin kemik mineral yoğunluğu testleri ile karşılaştırıldığında tatmin edici derecede doğruluk gösterdiği de bildirilmiştir. Lateral sefalometrik radyografilerin de düşük radyasyon dozu, panoramik radyografilere göre daha az distorsiyon ve gerçek boyutlu görüntü elde etme gibi avantajlarından dolayı FA için kullanılması son dönemde artmıştır [143].

Bu çalışmada da daha önce FA ile fonksiyonel apareylerin etkilerinin değerlendirildiği çalışmalara benzer şekilde panoramik radyografiler [18, 19, 146] ve lateral sefalometrik radyografiler [20, 165] kullanılmıştır. ROI alanları panoramik röntgenler üzerinde Cesur ve ark. [19] benzer şekilde mandibulanın sağ ve sol kısımlarından ayrı ayrı olacak şekilde kondil, angulus ve korpus bölgelerinden, lateral sefalometrik röntgenlerde ise Çiçek ve Arslan [165] ile Korkmaz ve ark. [20] çalışmalarına benzer şekilde simfiz bölgesinden alınmıştır.

5.3 Bulguların Tartışılması

Çalışmamızda MA ve Twinblok gruplarının lateral sefalometrik ve FA verilerinin başlangıç değerleri incelendiğinde, PAsmin ($p=0,042$) değeri dışında tüm parametrelerin istatistiksel olarak benzer olduğu görülmüştür ($p>0,05$). Bu bulgu, iki grubun başlangıçtaki maloklüzyon şiddetlerinin karşılaştırmaya elverişli ve benzer özellikte olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, elde edilen sonuçların her iki apareyin tedaviye özgü etkilerini yansıtması ve başlangıçtaki farklılıklardan bağımsız olarak yorumlanabilmesi mümkündür.

5.3.1 Lateral sefalometrik analiz bulguları

5.3.1.1 İskeletsel ölçümlerin tartışılması

Hem MA hem de Twinblok grubunda grup içi ve gruplar arası karşılaştırmada SNA° değerlerinde istatistiksel olarak fark gözlenmemiştir ($p>0,05$). Literatürde Caruso ve ark. [123] Twinblok ve MA apareyinin etkilerini başlangıç ve tedavi sonunu sefalometrik filmlerle karşılaştırdıkları çalışmalarında; MA grubunda anlamlı değişiklik görülmezken, Twinblok grubunda anlamlı bir azalma görüldüğünü bildirmişlerdir. Bulgularımızdaki farklılık bu çalışmasının örneklem sayısının bizim çalışmamıza göre daha az olmasından kaynaklanıyor olabilir. Lombardo ve ark. [124] ile Wu ve ark. [121] ise çalışmamıza benzer şekilde SNA° değerinde Twinblok ve MA tedavileri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmediğini rapor etmişlerdir. Maksillanın sagittal konumunu ifade eden A-VRD mesafesi her iki grupta da grup içinde istatistiksel olarak anlamlı değişiklik göstermezken ($p>0,05$), A-Ndik değerinde MA grubunda istatistiksel olarak bir azalma gözlenmiştir ($p=0,017$). Gruplar arasında ise iki ölçüm için de istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir ($p>0,05$). Çalışmamızda mesafe ölçümleri için referans düzlem olarak Ndik düzlemi ve SN düzlemine 7° açı ile oluşturulan HRD'ye dik indirilen VRD düzlemi kullanılmıştır. Ndik doğrusu FH düzlemine dik geçen doğrudur, FH düzleminin bileşenleri olan Po ve Or noktalarının tespiti zorlayıcı olabilmektedir [166]. Ayrıca; özellikle puberte döneminde N noktası büyüme gelişimden S noktasına göre daha fazla etkilenmektedir [167]. Çalışmamızda toplam tedavi süresi MA grubunda Twinblok grubuna göre daha fazla bulunmuştur ($p=0,008$). A-Ndik ve A-VRD arasındaki bu farklılığın sebebinin; tedavi süresine bağlı olarak büyüme gelişim etkisi ile N noktasının anterior yönde konumunun S noktasına göre daha fazla değişmesi olduğu düşünülmektedir.

Çalışmamızda SNB° değeri için her iki grupta da tedavi sonunda anlamlı bir artış görülmekle birlikte ($p<0,05$) Twinblok grubunda bu artış istatistiksel olarak daha fazla bulunmuştur ($p=0,021$). Benzer şekilde Caruso ve ark. [123] ve Wu ve ark. [121] iki apareyde de SNB açısından anlamlı bir artış bildirmişlerdir. Her iki grupta tedavi sonunda B-VRD ($p<0,001$) ve Pog-VRD ($p<0,05$) mesafelerinde anlamlı bir artış görülürken, Pog-Ndik mesafesindeki artış sadece Twinblok grubunda istatistiksel olarak anlamlılık göstermiştir. ($p=0,009$). Bu farkın sebebinin de yine tedavi süresine bağlı büyüme ve gelişim etkisi ile N noktasının S noktasına göre daha belirgin konum değişikliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Mesafe ölçümleri gruplar arası karşılaştırıldığında hiçbir ölçüm için iki grup arasında anlamlı fark gözlenmemiştir ($p>0,05$). Wu ve ark. [121] ise çalışmamızdan farklı olarak Twinblok ile mandibuladaki konum değişiminin MA grubuna kıyasla daha fazla olduğunu da belirtmişlerdir. Çalışmamızda maksilla ve mandibulanın birbirine göre konumunu belirten ANB ve Witts değerleri ise literatür [121-123] ile uyumlu şekilde azalmıştır ($p<0,001$).

Vertikal açısal değerlerin önceki çalışmalarla uyumlu olarak [121, 123, 124] her iki grupta da artış eğilimi göstermesine rağmen, bu değerlerden yalnızca SN-OD açısından istatistiksel olarak anlamlı bir artış saptanmıştır ($p<0,05$). Bu artışın üst kesici dişlerdeki retroklinasyon sonucu OD'nin posterior rotasyonuna bağlı olduğu düşünülmektedir. Alt anterior yüz yüksekliğinde iki apareyde de bir artış görülmüştür ($p<0,05$). Literatürde Mills ve McCulloch [54] ile Toth ve McNamara Jr. [56] gibi araştırmacılar Twinblok tedavisinin alt anterior yüz yüksekliğini arttırdığını rapor etmişlerdir. Hosseini ve ark. [122] da MA tedavisi ile alt anterior yüz yüksekliğinin arttığını bildirmişlerdir. Wu ve ark. [121] çalışmalarında bizim çalışmamıza benzer şekilde MA ve Twinblok apareyleri ile alt anterior yüz yüksekliği değerlerinde artış gözlemlemişlerdir.

Her iki grupta da efektif maksiller boyutta anlamlı bir değişim gözlenmemiştir ($p>0,05$). Bu bulgu, A-VRD mesafesinde herhangi bir değişiklik izlenmemesiyle uyumludur. Öte yandan, efektif mandibular boyutlar hem MA hem de Twinblok gruplarında anlamlı artış gösterirken ($p=0,003$, $p<0,001$), gruplar arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p>0,05$). Bu sonuçlar, Lombardo ve ark. [124] ile Wu ve ark.'nın [121] bildirdikleri bulgularla paralellik göstermektedir. Ayrıca, D'Antò ve ark. [168] ile Cozza ve ark. [82] tarafından yapılan sistematik derlemelerde de fonksiyonel

apareylerin mandibular uzunlukta artış sağladığı ortaya konmuştur. Dolayısıyla çalışmamızın bulguları, fonksiyonel apareylerin mandibular büyümeyi desteklediği yönündeki mevcut literatür ile tutarlılık göstermektedir.

Mandibular korpus uzunluğu her iki grupta da tedavi sonunda artış göstermiş olmakla birlikte, yalnızca MA grubunda anlamlı bulunmuştur ($p=0,012$). İki aparey biribiri ile karşılaştırıldığında anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p>0,05$). Wu ve ark.nın [121] çalışmasında da iki apareyin korpus üzerine etkisi arasında fark bulunmadığı bildirilmiştir. Zhang ve ark.nın [127] bulgularına benzer şekilde çalışmamızda ramus boyutu MA grubunda değişmezken ($p>0,05$), Twinblok apareyinde anlamlı olarak artış ($p=0,005$) izlenmiştir.

5.3.1.2 Dişsel ölçümlerin tartışılması

Çalışmamızda her iki aparey grubunda da üst kesici dişlerde retrüzyon ve retroklinasyon gözlenmiştir. Üst kesici dişlerin vertikal konumunu gösteren U1-PD değerlerindeki artış, retroklinasyona bağlı ekstrüzyonun gerçekleştiğini doğrulamaktadır ($p>0,05$). Literatürde, fonksiyonel apareylerle overjet azaltımında üst kesici retrüzyonunun önemli bir rol oynadığı bildirilmektedir [56, 154, 169]. Toth ve ark. [56] ile Baysal ve Uysal'ın [154] çalışmalarında maksiller kesici dişlerde fonksiyonel aparey kullanımıyla retrüzyona eşlik eden ekstrüzyonun görüldüğünü raporlanmıştır. Twinblok ve MA apareylerini karşılaştıran çalışmalarda, Caruso ve ark. [123] her iki apareyde de üst kesici retroklinasyonu gözlemlemiş, Twinblok grubunda bu bulgunun istatistiksel olarak daha belirgin olduğunu bildirmişlerdir; bizim çalışmamızda ise iki aparey arasında anlamlı fark gözlenmemiştir. Bu farklılığın, Caruso ve ark.'ın [123] sınırlı örneklem büyüklüğünden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Wu ve ark. [121] her iki apareyde çalışmamıza benzer şekilde retroklinasyon gözlemlemiş, ancak istatistiksel fark bildirmemiştir. Lombardo ve ark. [124] da iki aparey arasında üst kesici diş inklinasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını rapor etmişlerdir.

Alt kesici dişler için L1-NB° ($p<0,001$) ve IMPA° ($p=0,008$) açıları MA grubunda anlamlı değişiklik göstermezken, Twinblok grubunda anlamlı bir proklinasyon gözlenmiştir. Ayrıca L1-NB (mm) değerinde de yalnızca Twinblok grubunda bir artış görülmüştür ($p<0,001$). L1-VRD değerinde iki grupta da artış gözlenmiştir ($p<0,001$). Fakat bu ölçüm mandibulanın sagittal yönde hareketini de kapsamaktadır, yani bu değerde bir artış tek başına protrüzyon bulgusunu desteklememektedir; sadece sella

konumuna göre mandibulanın anterior hareketi ile birlikte alt kesici dişlerin anterior hareketini bildirmektedir. Bizim çalışmamıza benzer şekilde Wu ve ark. [121] MA ile anlamlı alt kesici diş proklinasyonu görülmediğini bildirirken, Twinblok ile anlamlı bir proklinasyon görüldüğünü bildirmişlerdir. Caruso ve ark.[123] ve Lombardo ve ark. [124] ise iki grupta da anlamlı bir fark görülmediğini rapor etmişlerdir. Ghorbani ve ark. [118] ait meta-analiz çalışmasında şeffaf plaklar ile fonksiyonel tedavinin alt kesici diş pozisyon ve eğimi üzerinde daha fazla kontrol sağladığı söylenmiştir. Çalışmamızda Twinblok apareyinde görülen anlamlı kesici diş proklinasyonu Caruso ve ark. [123] ile Lombardo ve ark. [124] çalışmalarına göre fark gösterse de Twinblok apareyi hakkında yapılan geçmiş çalışmalar ile uyum sergilemektedir [104, 170, 171]. Alt kesici dişlerin vertikal konumunu gösteren L1-MD mesafesi de Twinblok grubunda değişim göstermezken ($p>0,05$), MA grubunda anlamlı şekilde azalmıştır ($p=0,11$), iki aparey arasındaki fark da istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu farklılığın MA grubunda pre-MA fazda Spee eğrisinin alt kesici intrüzyonu ile düzeltilmesine bağlı olduğu düşünülmektedir.

MA apareyi doğası gereği fonksiyonel tedavi ile eş zamanlı olarak diş hareketlerinin de gerçekleştirildiği bir apareydir. Bu sebeple çalışmamızda alt kesici dişlerde seviyeleme, hizalama, intrüzyon hareketleri yapılmış ve gerektiğinde bu hareketlere eşlik eden IPR uygulanmıştır. Twinblok apareyinde ise fonksiyonel tedavi direkt olarak başlamaktadır ve aparey tedavisi boyunca alt kesici dişler üzerine herhangi bir diş hareketi uygulanmamaktadır. Dolayısıyla MA apareyinin kesici dişler üzerindeki etkileri değerlendirilirken, yalnızca fonksiyonel tedavinin değil, aynı zamanda eşlik eden ortodontik hareketlerin de sonuçlara katkı sağladığı göz önünde bulundurulmalıdır.

Her iki apareyde de üst molar dişlerin sagittal ve vertikal değerlerini gösteren U6-VRD ve U6-PD değerlerinde değişiklik gözlenmemiştir ($p>0,05$). Baysal ve Uysal [154] ve Toth ve McNamara Jr. [56] da Twinblok etkisiyle üst molarların sagittal ve vertikal konumlarında anlamlı değişiklik görülmediğini bildirmişlerdir. Hosseini ve ark. [122] MA apareyi ile fonksiyonel tedavi fazı sonrası üst molar konumunda anlamlı bir değişiklik gözlenmediğini bildirmişlerdir. Alt molar dişlerin sagittal yönde konumunu bildiren L6-VRD değeri iki grupta da artış göstermiştir. Fakat bu değer mandibulanın kütleli anterior hareketine de bağlılık göstermektedir ($p<0,01$). Alt molar dişlerin vertikal konumlarını belirten L6-MD değerinde de iki grup için anlamlı bir fark

gözlenmemiştir ($p>0,05$). Baysal ve Uysal'ın [154] çalışmasında da Twinblok apareyinin kontrol grubuyla karşılaştırıldığında alt molar dişin vertikal konumunda değişikliğe sebep olmadığı bildirilmiş, bu bulgu yazarlar tarafından Twinblok apareyinin “bite-blok” etkisi ile açıklanmıştır. Şeffaf plaklar da oklüzal yüzeyi kaplamaları sebebiyle aynı etkiye sahiptir [172].

Overjet ($p<0,001$) ve overbite ($p=0,001$; $p>0,001$) değerleri ise her iki grupta da azalma göstermekle birlikte Twinblok grubunda daha anlamlı bir azalma görülmüştür. ($p=0,009$; $p=0,021$). Benzer çalışmalarda [121, 123, 124] iki aparey ile de bu parametrelerde iyileşme izlendiği bildirilmiştir. Caruso ve ark. [123] overjet değerlerinde Twinblok ve MA apareyleri arasında Twinblok lehine bir farklılık rapor ederken, overbite değerlerinde fark görülmediğini belirtmişlerdir. Lombardo ve ark. [124] ise iki apareyin overjet ve overbite üzerine etilerinde fark bulunmadığını söylemişlerdir.

5.3.1.3 Hava yolu, hyoid ve yumuşak doku ölçümlerinin tartışılması

Çalışmamızda nazofarenks, orofarenks, hipofarenks ve hava yolunun en dar noktası olarak belirlenen PASmin ölçümlerinde hem MA hem de Twinblok gruplarında tedavi sonrası artış saptanmıştır ($p<0,05$). Bu bulgu, fonksiyonel apareylerin Class II bireylerde üst hava yolunu genişleterek solunum fonksiyonlarını olumlu yönde etkilediğini bildiren önceki çalışmalarla uyumludur [92, 159, 173]. Çalışmamızda orofarenks genişliğinde yalnızca Twinblok grubunda daha belirgin bir artışın gözlenmesi ($p = 0,038$), Twinblok apareyinde mandibulanın sagittal yöndeki konumunu gösteren mesafe değerlerindeki artışların MA grubuna göre daha yüksek anlamlılık düzeyine sahip olmasından kaynaklanıyor olabilir.

MA ve Twinblok apareylerinin havayolu üzerine etkisini karşılaştıran çalışma sayısı sınırlı olmakla birlikte genel görüş iki apareyin de havayolu değerlerinde artışa sebep olduğu yönündedir [174-176]. Lombardo ve ark. [175] uyku solunum bozukluğu teşhisli Sınıf II bireylerde MA ve Twinblok tedavilerini karşılaştırdıkları retrospektif bir çalışmada her iki apareyin de üst hava yolu boyutlarını artırdığı ve semptomlarını iyileştirdiği bildirmişlerdir. Buna karşın araştırmacılar alt hava yolu için sadece MA apareyinde iyileşme gözlendiğini bildirmişlerdir. Bu bölgeler çalışmamızdaki nazofarenks ve orofarenks bölgeleri ile eşleşmektedir. Araştırmacılar iki aparey arasında alt hava yolundaki bu farkı Twinblok grubunda tek aşamada aktivasyon yapılmasına bağlamışlardır. Bizim çalışmamızda ise nazofarenks ve orofarenkste her

iki aparey grubunda da anlamlı artış gözlenmiş olup, bu artış Twinblok grubunda MA grubuna göre orofarenkste daha fazla görülmüştür. Bu farklılık bizim çalışmamızda Twinblok grubunda tek aşamalı değil kademeli aktivasyon yapılmasından kaynaklanmış olabilir. Ayrıca çalışmamızda bu çalışmadan farklı olarak sağlıklı hasta popülasyonu üzerinde ölçüm yapılmıştır. Bulgularımızdaki farklılığın sebebinin çalışmaların gereç ve yöntem farkından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Yue ve ark. [174] ise MA ve Twinblok apareylerinin havayolu üzerine etkilerini KIBT üzerinde hacimsel olarak değerlendirdikleri çalışmalarında her iki apareyin de havayolu üzerindeki direnci azalttığını bildirmişlerdir. İki apareyin de orofarenks ve hipofarenks genişliğini anlamlı olarak arttırmakla birlikte MA apareyinde hipofarenksin en dar bölgesinin daha fazla genişlediğini vurgulamışlardır. Araştırmacılar bu bulguyu MA apareyi ile mandibular ilerletme sonrası mandibulanın vertikal pozisyonunun daha iyi korunması ve Twinblok apareyine göre mandibulada daha az saat yönünde rotasyon olmasına bağlamışlardır. Bizim çalışmamızda ise vertikal değerlerde iki aparey arasında anlamlı bir fark görülmemiştir. Jiang ve ark. [176] da şeffaf plaklar ile fonksiyonel tedavinin havayolu üzerine etkisini üç boyutlu hacim ölçümleri ile değerlendirmiş ve üst hava yollarının tamamı üzerinde pozitif etki görüldüğünü bildirmişlerdir.

Çalışmamızda hyoid kemiğin konumu ile ilişkili sagittal ölçümlerde (H-Me, H-CV3) artış eğilimi göstermekle birlikte istatistiksel olarak anlamlı değişiklik gözlenmemiştir ($p>0,05$). Vertikal konumunu gösteren H-GoMe ölçümünde ise MA grubunda anlamlı değişiklik gözlenmemekle ($p>0,05$) birlikte Twinblok grubunda bir azalma gözlenmiştir ($p=0,04$). Fonksiyonel apareylerin hyoid kemiğe etkisini araştıran geçmiş çalışmalarda hyoid kemiğin öne ve aşağı yönde hareketi bildirilirken [174], pozisyonunda değişiklik görülmediği [177] ve vertikal yönde yukarı yönde hareket görüldüğünü [159] bildiren çalışmalar da mevcuttur. Bu farklı bulguların hyoid kemik ile ilişkili kasların kompleks yapısı ve hyoid kemiğin adaptasyon kabiliyetine sahip olmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir [178, 179]. Tsuiki ve ark. [180] göre hyoid kemiğe tutunan digastrik kasın posterior karnı, infrahyoid kaslar ve hyoid kemik-yumuşak damak ile bağlantılı ekstrinsik dil kasları hyoid kemiğin öne hareketini kısıtlanmaktadır. Bu sebeple hyoid kemiğin öne hareketinin mandibulanın öne hareketine kıyasla daha sınırlı olduğunu bildirmişlerdir. Li ve ark. [181] meta-analiz çalışmalarında obstrüktif uyku apnesi ile hyoid kemiğin inferior pozisyonunu ilişkili

bulmuşlardır. Çalışmamızda Twinblok grubunda mandibular ilerleme sonucunda literatür ile uyumlu [159, 178, 182] şekilde hyoid kemiğin yukarı hareketi gözlenmiştir. MA grubunda bu yönde anlamlı bir değişiklik gözlenmezken, Twinblok grubundaki farkın nedeni, mandibulanın sagittal konumunu gösteren mesafe değerlerindeki artışların MA grubuna göre daha yüksek anlamlılık düzeyine sahip olması olabilir.

Literatürde şeffaf plaklar ile fonksiyonel tedavinin hyoid kemiğe olan etkisini değerlendiren çalışma sayısı limitlidir [174, 176]. Yue ve ark. [174] Twinblok ve MA apareylerinin hyoid kemik üzerindeki etkilerini üç boyutlu görüntüleme yöntemleriyle değerlendirdikleri çalışmalarında, her iki apareyin de hyoid kemiği anterior ve inferior yönde konumlandığını bildirmiştir. Bu etkinin, mandibulanın öne hareketi ve posterior rotasyonu ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca bu çalışmada ortalama hasta yaşı $10,2 \pm 0,84$ olarak rapor edilmiştir. Yaşın hyoid kemiğin morfolojisi ve konumu üzerinde etkili olduğu bilinmektedir [183]. Bizim çalışmamızda yaş ortalamasının daha yüksek olması ve değerlendirmelerin lateral sefalometrik radyografiler üzerinden yapılması, bu çalışmanın bulguları ile aradaki farklılıkları açıklayabilir. Jiang ve ark. [176] yalnızca şeffaf plaklarla fonksiyonel tedavi gören hastalarda hyoid kemiği incelemiş, hyoid kemiğin konumunda sagittal yönde ve mandibular düzleme göre anlamlı değişiklik bildirmemişlerdir. Bu sonuç, çalışmamızdaki MA grubu bulgularıyla paralellik göstermektedir.

Yumuşak doku değerlerinde, her iki aparey grubunda da nazolabial açı ve alt dudak konumunda anlamlı bir değişiklik gözlenmezken ($p > 0,05$), üst dudak her iki grupta da geriye doğru hareket etmiştir ($p < 0,05$). Bu bulgu, üst dudağın üst kesici dişlerin retrüzyonunu takip etmesinden kaynaklanıyor olabilir. Yumuşak doku A noktası konumundaki geriye hareket MA grubunda istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş ($p = 0,021$), ancak yumuşak dokuya ait çene ucu değerlerinde anlamlı bir değişiklik izlenmemiştir ($p > 0,05$). Öte yandan, Twinblok grubunda yumuşak doku çene ucunda anlamlı bir ileri hareket saptanmıştır ($p = 0,004$). Ayrıca yumuşak doku profil konveksitesinde her iki aparey grubunda da azalma gözlenmiştir ($p < 0,05$). Ancak yumuşak dokudaki bu değişiklikler iki aparey grupları arası karşılaştırıldığında anlamlı bir fark göstermemiştir ($p > 0,05$). Çalışmamızdan farklı olarak Lombardo ve ark. [124] TVL-Pog' değerindeki artışın MA grubuna göre daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

5.3.2 Fraktal analiz bulguları

Çalışmamızda kondil bölgesinde FB değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim bulunmamıştır ($p>0,05$). Fonksiyonel apareylerin etkilerini inceleyen geçmiş çalışmalarda ise FB değerlerinde artış veya azalma görülmesi ve değişim görülmemesi gibi farklı bulgular görülmektedir. Bolat Gümüş ve ark. [146] fonksiyonel aparey etkisi ile kondiler bölgede anlamlı bir FB değişimi olmadığını bildirirken, Cesur ve ark. [19] fonksiyonel apareylerin etkilerini inceledikleri benzer bir çalışmada fonksiyonel tedavinin kondiler bölgede FB artışına neden olduğunu rapor etmişlerdir. Korkmaz ve ark. [20] ise puberte ve postpuberte dönemlerinde Twinblok etkilerini karşılaştırmış ve pubertal dönemde kondil FB değerlerinde azalma gözlenirken, postpuberte döneminde değişiklik gözlenmediğini bildirmişlerdir. Amuk ve ark. [18] ise kondili iki bölgeye ayırarak Herbst apareyinin kondil merkezinde FB değerlerinde artışa, kondil süperoposter bölgesinde ise azalmaya neden olduğunu gözlemlemişlerdir. Çalışmamızda her iki grupta da sefalometrik ölçümlerde mandibular boyut artışı saptanmasına rağmen, FB değerlerinde anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir. Bu durum, kullanılan aparey tasarımına bağlı olabilir. Geçmiş retrospektif çalışmalarda Bolat Gümüş ve ark. [146] ile Cesur ve ark. [19] Monoblok ve Twinblok apareylerini kullanmışlar fakat aparey tasarımı ve aktivasyon protokolü konusunda bilgi vermemiştir. Korkmaz ve ark. [20] da Twinblok kullanmış ama tasarım ve aktivasyon protokolünden bahsetmemiştir. Amuk ve ark. [18] da sabit bir fonksiyonel aparey olan Herbst apareyini kullanmışlardır ve çalışmada aktivasyon protokolü hakkında bilgi bulunmamaktadır. Bizim çalışmamız diğer çalışmalardan farklı olarak prospektif bir tasarıma sahiptir. Gruplarda bütün apareyler benzer şekilde planlanmış olup MA grubunda her 8 plakta bir 2 mm'lik aktivasyon, TWB grubunda da 6-7 mm başlangıç aktivasyonuna ek olacak şekilde 2 mm ek aktivasyon standart olarak uygulanmıştır. Wolff kanununa göre kemik doku, maruz kaldığı mekanik kuvvetlere yanıt olarak yeniden şekillenir ve adaptasyon gösterir [184]. Kademeli aktivasyon prensibi sayesinde kondiller üzerindeki ani yüklenmeler azaltılarak ilgili bölgelerde kemik dokusunun yapım-yıkım döngüsünün daha dengeli bir şekilde gerçekleşmesine olanak tanınmış olabilir.

Mandibula angulus bölgesinde ise her iki apareyde de geçmiş çalışmalar [18-20] ile uyumlu bir şekilde anlamlı FB değişikliği gözlenmemiştir ($p>0,05$). Amuk ve ark. [18] benzer çalışmalarında angulus bölgesinde FB'larda değişim izlenmemesini

fonksiyonel tedavi sürecinde başlangıçta azalan masseter kas aktivitesinin, tedavi ilerledikçe tekrar başlangıç seviyelerine ulaşması ile açıklamaktadırlar.

Mandibula korpus bölgesinde çalışmamızda anlamlı FB değişikliği tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Ancak, literatürde hem azalma hem artış bildiren çalışmalar mevcuttur. Örneğin, Korkmaz ve ark. [20] gözlemledikleri FB azalışını olgunlaşmamış yeni trabeküler kemik dokusuna, Bolat Gümüş ve ark. [146] ise Twinblok apareyinin posterior akrilik tasarımı nedeniyle azalan oklüzal yüklemelere bağlamıştır. Bu bulguların aksine Cesur ve ark. [19] korpus bölgesinde FB artışı rapor etmişlerdir. Bu artışın apareyin posterior akrilik kısmının möllenmesi ile alt molar dişlerdeki erüpsiyon ile ilişkili olduğunu söylemişlerdir. Çalışmamızda alt molar dişlerin vertikal yönde hareketi ölçülmüş ve her iki aparey grubunda da vertikal yönde istatistiksel olarak anlamlı hareket görülmemiştir. Bu bulgu korpus bölgesinde FB değerlerinde anlamlı bir değişiklik izlenmemesi ile bağlantılı olabilir.

Geçmiş çalışmalar diğer fonksiyonel apareylerin FB etkileri üzerineyken, yakın dönemde yapılan retrospektif bir çalışma MA apareyinin FB üzerine etkisini incelemiştir. Karanlı ve ark. [185] kondil, angulus ve korpus bölgesini inceledikleri çalışmalarında bizim çalışmamıza benzer şekilde bu bölgelerde FB değerlerinde anlamlı değişiklik gözlenmediğini bildirmişlerdir.

Hem MA grubu hem de Twinblok grubunda mandibula simfiz bölgesinde FB değerlerinde anlamlı bir artış gözlenmiştir ($p=0,008$; $p=0,002$). Çiçek ve Arslan [165], sabit fonksiyonel aparey etkilerini inceledikleri çalışmalarında simfiz ve alt kesici dişlerin bukkoapikal bölgelerini ayrı incelemişler; simfiz bölgesinde anlamlı fark bildirmezken, bukkoapikal bölgede FB değerlerinde azalma rapor etmişlerdir. Çalışmamızdan farklı olarak bölgeyi iki farklı ROI ile incelemiş oldukları için ROI boyutları bizim çalışmamıza göre daha küçük belirlenmiştir ve daha büyük ROI boyutlarının incelenen bölge ile ilgili daha fazla bilgi verdiği bilinmektedir [143]. Sonuçlarımız arasındaki farkın sebebi ROI alanları arasındaki fark kaynaklı olabilir. Aynı bölgeyi panoramik radyografiler ile inceleyen Bolat Gümüş ve ark. [146] bizim sonuçlarımıza benzer olarak FB artışı rapor etmişler ve sebebini diş hareketleri olarak göstermişlerdir. Çalışmamızda da her ne kadar MA grubundan farklı olarak bir diş hareketi planlanmamış olsa da Twinblok grubunda alt kesici diş açılarında anlamlı değişiklikler görülmüştür, MA grubunda alt kesici diş açılarında anlamlı değişiklik görülmemiş fakat tedavi sırasında seviyeleme, hizalama, intrüzyon gibi diş hareketleri

gerçekleştirilmiştir. Bizim çalışmamızda da diş hareketleri gözlenmiş olup; Bolat Gümüş ve ark.ının [146] düşüncesine paralel şekilde FB artışının mandibula anterior bölgedeki diş hareketleri sebebiyle gerçekleştiği düşünülmektedir.

5.2 Çalışmanın Limitasyonları

Çalışmamızın bazı sınırlamaları bulunmaktadır. Öncelikle hem MA hem de Twinblok apareyleri, hareketli apareyler olduğu için hasta kooperasyonuna bağımlıdır ve ölçülen etkiler, hastaların aparey kullanım süreleri ve düzenine bağlı olarak değişebilir. Çalışmada kullanılan lateral sefalometrik analizler, iki boyutlu görüntüleme yöntemleri olduğundan, hyoid kemiğin ve hava yolunun üç boyutlu yapısındaki değişiklikleri tam olarak yansıtamayabilir. Ek olarak bu çalışmada, yalnızca tedavi grupları karşılaştırılmış, büyümenin etkilerini gözlemleyebileceğimiz bir Sınıf II maloklüzyona sahip kontrol grubu dahil edilmemiştir. Bunun nedeni, hastaların pubertal büyüme döneminde olmaları ve bu dönemde tedavinin ertelenmesinin etik açıdan uygun görülmemesidir. Gelecekte, daha büyük ve eşit örneklem sayısına sahip, kontrollü ve üç boyutlu görüntüleme yöntemlerini de içeren çalışmalar, literatüre önemli katkılar sağlayacaktır.

6. SONUÇLAR

Çalışmamızın sonuçlarına göre; Twinblok apareyi ve şeffaf plaklar ile gerçekleştirilen mandibular ilerletme tedavilerinin iskeletsel, dental, yumuşak doku, havayolu, hyoid kemiğin konumu ve mandibular trabeküler kemik yapısı üzerindeki etkileri açısından anlamlı bir fark oluşturmayaacağı yönündeki sıfır hipotezi reddedilmiştir.

1. MA ve Twinblok apareylerinin maksilla üzerine etkileri benzer ve sınırlıdır. Mandibulada ise iki aparey ile de sagittal yönde iskeletsel etki elde edilmiştir. Bu etkiler SNB° değerine göre Twinblok grubunda MA grubuna göre daha anlamlıyken, mesafe ölçümlerine göre iki grup arasında bir etki farkı görülmemiştir.

2. Her iki aparey ile de çeneler arası iskeletsel ilişki benzer şekilde iyileşmiştir.
3. Hem MA hem de Twinblok grubunda benzer şekilde vertikal kontrol sağlanmıştır. Oklüzal düzlemde her iki aparey ile de posterior rotasyon gözlenmiştir.
4. İki apareyle de efektif maksiller boyut değişmemiş, efektif mandibular boyut üzerinde benzer şekilde artış elde edilmiştir. Korpus boyutları üzerinde MA apareyi anlamlı etki gösterirken, ramus boyutlarında ise Twinblok apareyi anlamlı artışa sebep olmuştur.
5. Hem MA hem Twinblok grubunda üst kesici dişlerde benzer retroklinasyon, retrüzyon ve ekstrüzyon gözlenmiştir. Twinblok tedavisi ile alt kesici dişlerin vertikal konumu değişmemiş, fakat Twinblok proklinasyon ve protrüzyona sebep olmuştur. MA apareyinde ise alt kesici dişlerde anlamlı protrüzyon ve proklinasyon görülmemekle birlikte intrüzyon izlenmiştir.
6. Twinblok tedavisinde daha anlamlı olmak üzere, her iki aparey de overjet ve overbite miktarlarında azalmaya neden olmuştur.
7. Nazofarenks, orofarenks, hipofarenks ve hava yolunun en dar bölgesinin sagittal yönde boyutlarında her iki apareyle de artış izlenmiştir. Orofarenks mesafesi Twinblok grubunda MA grubuna göre daha fazla artarken diğer ölçümlerde artış benzerdir.
8. Hyoid kemiğin sagittal konumu iki apareyle de değişmemiştir. Yalnızca Twinblok grubunda hyoid kemik yukarı hareket göstermiştir.
9. Her iki aparey de nasolabial açı ve alt dudak konumu üzerinde etki göstermemiştir, fakat üst dudak konumunu benzer şekilde geri taşımıştır. Yalnızca MA apareyi sagittal yönde yumuşak doku A' noktası üzerinde geri yönde etki gösterirken, yumuşak doku çene ucunda ise sadece Twinblok apareyi anterior yönde etkiye sebep olmuştur. Yumuşak doku profilinde iki apareyde de benzer düzleşme elde edilmiştir.
10. Hem MA hem de Twinblok apareyi ile mandibula kondil, angulus, korpus üzerinde trabeküler yapı değişikliği izlenmemiştir. Simfiz bölgesinde iki aparey de benzer trabekülasyon artışına neden olmuştur.

EKLER

EK A: Etik kurul kararı / onayı

EK B: Bilgilendirilmiş gönüllü olur formu (Şeffaf plak grubu, çalışma grubu için)

EK C: Bilgilendirilmiş gönüllü olur formu (Şeffaf plak grubu, kanuni temsilci için)

EK D: Bilgilendirilmiş gönüllü olur formu (Twinblok grubu, çalışma grubu için)

EK E: Bilgilendirilmiş gönüllü olur formu (Twinblok grubu, kanuni temsilci için)



BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMUNDA OLMASI GEREKEN ASGARİ BİLGİLER				
Doküman No	İlk Yayın Tarihi	Revizyon Tarihi	Revizyon No	Sayfa
KAD-DD-13	01.12.2019		00	1/3

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

HASTA GRUBU (ŞEFFAF PLAK) (ÇALIŞMA GRUBU)

Sınıf II Maloklüzyonun Fonksiyonel Tedavisinde Şeffaf Plakların ve Twinblok Apareyinin Etkilerinin Karşılaştırılması

Bu uzmanlık tez çalışması senin gibi alt çenesinde geriliği olan (iskeletsel Sınıf II maloklüzyon) hastalarda, geleneksel bir fonksiyonel aparey olan Twinblok apareyi ve şeffaf plaklar ile mandibular ilerletme olmak üzere iki farklı fonksiyonel tedavinin iskeletsel ve dental etkilerini karşılaştırmayı amaçlamaktadır.

Araştırma tüm hastaların sonuç kayıtlarının elde edilmesiyle sonlanacaktır ve öngörülen süre 2 yıldır. Araştırmaya senin maloklüzyonuna sahip 30 hastanın dahil edilmesi planlanmaktadır. 15 hastaya Twinblok apareyi uygulanacak, 15 hastaya ise şeffaf plaklar ile alt çene ilerletmesi yapılacaktır. Sana her iki tedavi seçeneği de sunulacak ve anlatılacak, kendi kararına göre grubun belirlenecektir.

Senden tedavinin başlangıç ve sonunda ortodonti kliniğinde rutin olarak alınan kayıtlar olan ağız içi ve ağız dışı fotoğraflar, ağız içi modeller, panoramik ve sefalometrik röntgenler ve büyüme gelişim dönemini belirlemek için alınan el bilek radyografileri dışında ekstra bir kayıt alınmayacak ve ekstra bir uygulama yapılmayacaktır. Bu çalışma için alman gerekenden fazla bir radyasyon almayacaksın.

Bu çalışmada senin gibi büyüme gelişimi devam eden, iskeletsel alt çene geriliği bulunan çocuklar tedavi edilecektir. Senin kullanacağın şeffaf plakların etki edebilmesi tedaviye uyumuna bağlıdır. Tedaviden sonuç alabilmen için hekiminin tavsiye ettiği şekilde ve sürede apareyini kullanmalısın.

Çalışma kapsamında sorumluluğun ortodontik tedavi gören bütün hastaların sorumluluklarıyla benzerdir. Tedavi boyunca randevularını ve plak kullanımını aksatmadan, plakların deforme olmaması veya kaybolmaması için dikkatli kullanman, herhangi bir sorunla karşılaştığında hekiminle iletişime geçmen beklenmektedir.

Bu çalışmaya katılmak senin isteğine bağlıdır. İstedğin zaman, herhangi bir cezaya veya yaptırıma maruz kalmaksızın, hiçbir hakkını kaybetmeksizin çalışmaya katılmayı reddedebilir veya çalışmadan çekilebilirsin.

Senin kimliğini ortaya çıkaracak kayıtlar gizli tutulacaktır, kamuoyuna açıklanmayacak; çalışma sonuçlarının yayınlanması halinde dahi kimliğin gizli kalacaktır.

Tedaviyi takip eden hekimler, etik kurul, kurum ve diğer ilgili sağlık otoritelerinin senin orijinal tıbbi kayıtlarına doğrudan erişimleri bulunabilir, ancak bu bilgiler gizli tutulacaktır; yazılı bilgilendirilmiş gönüllü olur formunun imzalanmasıyla söz konusu erişime izin vermiş olacaksın.

Bu çalışmanın konusuyla ilgili ve senin çalışmaya katılmaya devam etme isteğini etkileyebilecek yeni bilgiler elde edildiğinde sen veya kanuni temsilcin zamanında bilgilendirileceksin.

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMUNDA OLMASI GEREKEN ASGARİ BİLGİLER				
Doküman No	İlk Yayın Tarihi	Revizyon Tarihi	Revizyon No	Sayfa
KAD-DD-13	01.12.2019		00	1/3

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

HASTA GRUBU (ŞEFFAF PLAK) (KANUNİ TEMSİLCİ)

Sınıf II Maloklüzyonun Fonksiyonel Tedavisinde Şeffaf Plakların ve Twinblok Apareyinin Etkilerinin Karşılaştırılması

Bu uzmanlık tez çalışması çocuğunuz gibi alt çenesinde geriliği olan (iskeletsel Sınıf II maloklüzyon) hastalarda, geleneksel bir fonksiyonel aparey olan Twinblok apareyi ve şeffaf plaklar ile mandibular ilerletme olmak üzere iki farklı fonksiyonel tedavinin iskeletsel ve dental etkilerini karşılaştırmayı amaçlamaktadır.

Araştırma tüm hastaların sonuç kayıtlarının elde edilmesiyle sonlanacaktır ve öngörülen süre 2 yıldır. Araştırmaya sizin çocuğunuzla aynı maloklüzyona sahip 30 hastanın dahil edilmesi planlanmaktadır. 15 hastaya Twinblok apareyi uygulanacak, 15 hastaya ise şeffaf plaklar ile alt çene ilerletmesi yapılacaktır. Size her iki tedavi seçeneği de sunulacak ve anlatılacak, kararınıza göre grubun belirlenecektir.

Çocuğunuzdan tedavinin başlangıç ve sonunda ortodonti kliniğinde rutin olarak alınan kayıtlar olan ağız içi ve ağız dışı fotoğraflar, ağız içi modeller, panoramik ve sefalometrik röntgenler ve büyüme gelişim dönemini belirlemek için alınan el bilek radyografileri dışında ekstra bir kayıt alınmayacak ve ekstra bir uygulama yapılmayacaktır. Çocuğunuz çalışma için alması gerekenden fazla bir radyasyon almayacaktır.

Bu çalışmada çocuğunuz gibi büyüme gelişimi devam eden, iskeletsel alt çene geriliği bulunan çocuklar tedavi edilecektir. Çocuğunuzun kullanacağı şeffaf plakların etki edebilmesi tedaviye uyumuna bağlıdır. Tedaviden sonuç alabilmeniz için hekiminizin tavsiye ettiği şekilde ve sürede plaklarını kullanması gerekmektedir.

Çalışma kapsamında sorumluluğunuz ortodontik tedavi gören bütün hastaların sorumluluklarıyla benzerdir. Tedavi boyunca çocuğunuzun randevularını ve plak kullanımını aksatmaması, plakların deforme olmaması veya kaybolmaması için dikkatli kullanması ve herhangi bir sorunla karşılaştığınızda hekiminizle iletişime geçmeniz beklenmektedir.

Bu çalışmaya katılmak sizin isteğinize bağlıdır. İsteddiğiniz zaman, herhangi bir cezaya veya yaptırıma maruz kalmaksızın, hiçbir hakkınızı kaybetmeksizin çalışmaya katılmayı reddedebilir veya çalışmadan çekilebilirsiniz.

Çocuğunuzun kimliğini ortaya çıkaracak kayıtlar gizli tutulacaktır, kamuoyuna açıklanmayacak; çalışma sonuçlarının yayınlanması halinde dahi çocuğunuzun kimliği gizli kalacaktır.

Tedaviyi takip eden hekimler, etik kurul, kurum ve diğer ilgili sağlık otoritelerinin çocuğunuzun orijinal tıbbi kayıtlarına doğrudan erişimleri bulunabilir, ancak bu bilgiler gizli tutulacaktır; yazılı bilgilendirilmiş gönüllü olur formunun imzalanmasıyla söz konusu erişime izin vermiş olacaksınız.

Bu çalışmanın konusuyla ilgili ve sizin çalışmaya katılmaya devam etme isteğini etkileyebilecek yeni bilgiler elde edildiğinde çocuğunuz veya siz zamanında bilgilendirileceksin.

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMUNDA OLMASI GEREKEN ASGARİ BİLGİLER				
Doküman No	İlk Yayın Tarihi	Revizyon Tarihi	Revizyon No	Sayfa
KAD-DD-13	01.12.2019		00	1/3

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

HASTA GRUBU (TWIN BLOK) (ÇALIŞMA GRUBU)

Sınıf II Maloklüzyonun Fonksiyonel Tedavisinde Şeffaf Plakların ve Twinblok Apareyinin Etkilerinin Karşılaştırılması

Bu uzmanlık tez çalışması senin gibi alt çenesinde geriliği olan (iskeletsel Sınıf II maloklüzyon) hastalarda, geleneksel bir fonksiyonel aparey olan Twinblok apareyi ve şeffaf plaklar ile mandibular ilerletme olmak üzere iki farklı fonksiyonel tedavinin iskeletsel ve dental etkilerini karşılaştırmayı amaçlamaktadır.

Araştırma tüm hastaların sonuç kayıtlarının elde edilmesiyle sonlanacaktır ve öngörülen süre 2 yıldır. Araştırmaya senin maloklüzyonuna sahip 30 hastanın dahil edilmesi planlanmaktadır. 15 hastaya Twinblok apareyi uygulanacak, 15 hastaya ise şeffaf plaklar ile alt çene ilerletmesi yapılacaktır. Sana her iki tedavi seçeneği de sunulacak ve anlatılacak, kendi kararına göre grubun belirlenecektir.

Senden tedavinin başlangıç ve sonunda ortodonti kliniğinde rutin olarak alınan kayıtlar olan ağız içi ve ağız dışı fotoğraflar, ağız içi modeller, panoramik ve sefalometrik röntgenler ve büyüme gelişim dönemini belirlemek için alınan el bilek radyografileri dışında ekstra bir kayıt alınmayacak ve ekstra bir uygulama yapılmayacaktır. Bu çalışma için alman gerekenden fazla bir radyasyon almayacaksın.

Bu çalışmada senin gibi büyüme gelişimi devam eden, iskeletsel alt çene geriliği bulunan çocuklar tedavi edilecektir. Senin kullanacağın Twinblok apareyinin etki edebilmesi tedaviye uyumuna bağlıdır. Tedaviden sonuç alabilmen için hekiminin tavsiye ettiği şekilde ve sürede apareyini kullanmalısın.

Çalışma kapsamında sorumluluğun ortodontik tedavi gören bütün hastaların sorumluluklarıyla benzerdir. Tedavi boyunca randevularını ve aparey kullanımını aksatmadan, apareyinin kırılmaması veya kaybolmaması için dikkatli kullanman, herhangi bir sorunla karşılaştığında hekiminle iletişime geçmen beklenmektedir.

Bu çalışmaya katılmak senin isteğine bağlıdır. İstedğin zaman, herhangi bir cezaya veya yaptırıma maruz kalmaksızın, hiçbir hakkını kaybetmeksizin çalışmaya katılmayı reddedebilir veya çalışmadan çekilebilirsin.

Senin kimliğini ortaya çıkaracak kayıtlar gizli tutulacaktır, kamuoyuna açıklanmayacak; çalışma sonuçlarının yayınlanması halinde dahi kimliğin gizli kalacaktır.

Tedaviyi takip eden hekimler, etik kurul, kurum ve diğer ilgili sağlık otoritelerinin senin orijinal tıbbi kayıtlarına doğrudan erişimleri bulunabilir, ancak bu bilgiler gizli tutulacaktır; yazılı bilgilendirilmiş gönüllü olur formunun imzalanmasıyla söz konusu erişime izin vermiş olacaksın.

Bu çalışmanın konusuyla ilgili ve senin çalışmaya katılmaya devam etme isteğini etkileyebilecek yeni bilgiler elde edildiğinde sen veya kanuni temsilcin zamanında bilgilendirileceksin.

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMUNDA OLMASI GEREKEN ASGARİ BİLGİLER				
Doküman No	İlk Yayın Tarihi	Revizyon Tarihi	Revizyon No	Sayfa
KAD-DD-13	01.12.2019		00	1/3

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

HASTA GRUBU (TWINBLOK) (KANUNİ TEMSİLCİ)

Sınıf II Maloklüzyonun Fonksiyonel Tedavisinde Şeffaf Plakların ve Twinblok Apareyinin Etkilerinin Karşılaştırılması

Bu uzmanlık tez çalışması çocuğunuz gibi alt çenesinde geriliği olan (iskeletsel Sınıf II maloklüzyon) hastalarda, geleneksel bir fonksiyonel aparey olan Twinblok apareyi ve şeffaf plaklar ile mandibular ilerletme olmak üzere iki farklı fonksiyonel tedavinin iskeletsel ve dental etkilerini karşılaştırmayı amaçlamaktadır.

Araştırma tüm hastaların sonuç kayıtlarının elde edilmesiyle sonlanacaktır ve öngörülen süre 2 yıldır. Araştırmaya sizin çocuğunuzla aynı maloklüzyona sahip 30 hastanın dahil edilmesi planlanmaktadır. 15 hastaya Twinblok apareyi uygulanacak, 15 hastaya ise şeffaf plaklar ile alt çene ilerletmesi yapılacaktır. Size her iki tedavi seçeneği de sunulacak ve anlatılacak, kararınıza göre grubun belirlenecektir.

Çocuğunuzdan tedavinin başlangıç ve sonunda ortodonti kliniğinde rutin olarak alınan kayıtlar olan ağız içi ve ağız dışı fotoğraflar, ağız içi modeller, panoramik ve sefalometrik röntgenler ve büyüme gelişim dönemini belirlemek için alınan el bilek radyografileri dışında ekstra bir kayıt alınmayacak ve ekstra bir uygulama yapılmayacaktır. Çocuğunuz çalışma için alması gerekenden fazla bir radyasyon almayacaktır.

Bu çalışmada çocuğunuz gibi büyüme gelişimi devam eden, iskeletsel alt çene geriliği bulunan çocuklar tedavi edilecektir. Çocuğunuzun kullanacağı Twinblok apareyinin etki edebilmesi tedaviye uyumuna bağlıdır. Tedaviden sonuç alabilmeniz için hekiminizin tavsiye ettiği şekilde ve sürede apareyini kullanması gerekmektedir.

Çalışma kapsamında sorumluluğunuz ortodontik tedavi gören bütün hastaların sorumluluklarıyla benzerdir. Tedavi boyunca çocuğunuzun randevularını ve aparey kullanımını aksatmaması, apareyinin kırılmaması veya kaybolmaması için dikkatli kullanması, herhangi bir sorunla karşılaştığınızda hekiminizle iletişime geçmeniz beklenmektedir.

Bu çalışmaya katılmak sizin isteğinize bağlıdır. İsteddiğiniz zaman, herhangi bir cezaya veya yaptırıma maruz kalmaksızın, hiçbir hakkınızı kaybetmeksizin çalışmaya katılmayı reddedebilir veya çalışmadan çekilebilirsiniz.

Çocuğunuzun kimliğini ortaya çıkaracak kayıtlar gizli tutulacaktır, kamuoyuna açıklanmayacak; çalışma sonuçlarının yayınlanması halinde dahi çocuğunuzun kimliği gizli kalacaktır.

Tedaviyi takip eden hekimler, etik kurul, kurum ve diğer ilgili sağlık otoritelerinin çocuğunuzun orijinal tıbbi kayıtlarına doğrudan erişimleri bulunabilir, ancak bu bilgiler gizli tutulacaktır; yazılı bilgilendirilmiş gönüllü olur formunun imzalanmasıyla söz konusu erişime izin vermiş olacaksınız.

Bu çalışmanın konusuyla ilgili ve sizin çalışmaya katılmaya devam etme isteğini etkileyebilecek yeni bilgiler elde edildiğinde çocuğunuz veya siz zamanında bilgilendirileceksin.

KAYNAKLAR

1. **Proffit, W. R., Fields Jr, H. ve Moray, L.** (1998). Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment need in the United States: estimates from the NHANES III survey. *The International journal of adult orthodontics and orthognathic surgery*, 13(2), 97-106.
2. **Nucera, R., Giudice, A. L., Rustico, L., Matarese, G., Papadopoulos, M. A. ve Cordasco, G.** (2016). Effectiveness of orthodontic treatment with functional appliances on maxillary growth in the short term: A systematic review and meta-analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 149(5), 600-611. e603.
3. **McNamara Jr, J. A.** (1981). Components of Class II malocclusion in children 8–10 years of age. *The Angle Orthodontist*, 51(3), 177-202.
4. **Bell, W. H.** (1966). Surgical correction of mandibular retrognathism. *American Journal of Orthodontics*, 52(7), 518-528.
5. **Bishara, S. E.,** Year editör^editörler. Class II malocclusions: diagnostic and clinical considerations with and without treatment. Seminars in orthodontics; 2006: Elsevier; Published.
6. **Santamaría-Villegas, A., Manrique-Hernandez, R., Alvarez-Varela, E. ve Restrepo-Serna, C.** (2017). Effect of removable functional appliances on mandibular length in patients with class II with retrognathism: systematic review and meta-analysis. *BMC oral health*, 17, 1-9.
7. **Clark, W. J.** (1982). The twin block traction technique. *The European Journal of Orthodontics*, 4(2), 129-138.
8. **Hourfar, J., Lisson, J. A. ve Kinzinger, G. S. M.** (2021). Changes of epiglottis and hyoid bone position after orthodontic treatment with cast splint fixed functional appliances. *Clinical Oral Investigations*, 25(3), 1525-1534.
9. **Xiang, M., Hu, B., Liu, Y., Sun, J. ve Song, J.** (2017). Changes in airway dimensions following functional appliances in growing patients with skeletal class II malocclusion: A systematic review and meta-analysis. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 97, 170-180.
10. **Clark, W. ve Clark, W. J.** (2014). *Twin block functional therapy*. JP Medical Ltd.
11. **Castroflorio, T., Gambero, E. F., Caviglia, G. P. ve Deregibus, A.** (2017). Biochemical markers of bone metabolism during early orthodontic tooth movement with aligners. *The Angle Orthodontist*, 87(1), 74-81.
12. **Simon, M., Keilig, L., Schwarze, J., Jung, B. A. ve Bourauel, C.** (2014). Forces and moments generated by removable thermoplastic aligners: incisor torque, premolar derotation, and molar distalization. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 145(6), 728-736.
13. **Koukou, M., Damanakis, G. ve Tsolakis, A. I.** (2022). Orthodontic management of skeletal Class II malocclusion with the invisalign mandibular advancement feature appliance: a case report and review of the literature. *Case Reports in Dentistry*, 2022(1), 7095467.

14. **Sabouni, W., Hansa, I., Al Ali, S. M., Adel, S. M. ve Vaid, N.** (2022). Invisalign treatment with mandibular advancement: a retrospective cohort cephalometric appraisal. *Journal of Clinical Imaging Science*, 12, 42.
15. **Al Subaie, H., Alturki, G., Alsulaimani, F., Ghoneim, S. ve Baeshen, H.** (2024). Assessment of dental, skeletal, and soft tissue changes following mandibular advancement with Invisalign in skeletal Class II. *The Saudi Dental Journal*, 36(1), 66-71.
16. **Blackham, S. S.** (2020) A study of short-term skeletal, dental, and soft tissue effects of Class II malocclusions treated with Invisalign® with Mandibular Advancement Feature or Twin Block appliance compared with historical controls: University of British Columbia.
17. **Ravera, S., Castroflorio, T., Galati, F., Cugliari, G., Garino, F., Deregibus, A., ve ark.** (2021). Short term dentoskeletal effects of mandibular advancement clear aligners in Class II growing patients. A prospective controlled study according to STROBE Guidelines. *European Journal of Paediatric Dentistry*, 119-124.
18. **Amuk, M., Gul Amuk, N. ve Yılmaz, S.** (2022). Treatment and posttreatment effects of Herbst appliance therapy on trabecular structure of the mandible using fractal dimension analysis. *European Journal of Orthodontics*, 44(2), 125-133.
19. **Cesur, E., Bayrak, S., Kursun-Çakmak, E. Ş., Arslan, C., Köklü, A. ve Orhan, K.** (2020). Evaluating the effects of functional orthodontic treatment on mandibular osseous structure using fractal dimension analysis of dental panoramic radiographs. *The Angle Orthodontist*, 90(6), 783-793.
20. **Korkmaz, Y. N., Akbulut, S. ve Bayrak, S.** (2023). Comparison of the effects of removable functional appliance therapy applied in pubertal and postpubertal periods: A retrospective cephalometric and fractal analyses study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 163(5), 700-709.
21. **Proffit, W. R., Fields Jr, H. W. ve Sarver, D. M.** (2012). *Contemporary Orthodontics*, 5e. Elsevier India.
22. **Tang, E. L. ve Wei, S. H.** (1993). Recording and measuring malocclusion: a review of the literature. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 103(4), 344-351.
23. **Riedel, R. A.** (1952). The relation of maxillary structures to cranium in malocclusion and in normal occlusion. *The Angle Orthodontist*, 22(3), 142-145.
24. **Steiner, C. C.** (1953). Cephalometrics for you and me. *American journal of orthodontics*, 39(10), 729-755.
25. **Ülgen, M.** (2000). *Ortodonti: anomaliler, sefalometri, etoloji, büyüme ve gelişim, tanı*. Yeditepe Üniversitesi.
26. **Trivedi, R., Bhattacharya, A., Mehta, F., Patel, D., Parekh, H. ve Gandhi, V.** (2015). Cephalometric study to test the reliability of anteroposterior skeletal discrepancy indicators using the twin block appliance. *Progress in orthodontics*, 16, 1-10.
27. **Emrich, R. E., Brodie, A. G. ve Blayney, J.** (1965). Prevalence of Class I, class II, and class III malocclusions (angle) in an urban population an epidemiological study. *Journal of dental research*, 44(5), 947-953.
28. **Helm, S.** (1968). Malocclusion in Danish children with adolescent dentition: an epidemiologic study. *American journal of orthodontics*, 54(5), 352-366.

29. **Lew, K., Foong, W. ve Loh, E.** (1993). Malocclusion prevalence in an ethnic Chinese population. *Australian dental journal*, 38(6), 442-449.
30. **Onyeaso, C. O.** (2004). Prevalence of malocclusion among adolescents in Ibadan, Nigeria. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 126(5), 604-607.
31. **Sari, Z., Uysal, T., Karaman, A., Basciftci, F., Usumez, S. ve Demir, A.** (2003). Orthodontic malocclusions and evaluation of treatment alternatives: an epidemiologic study. *Turkish J Orthod*, 16(2), 119-126.
32. **Sayin, M. ve Türkkahraman, H.** (2004). Malocclusion and crowding in an orthodontically referred Turkish population. *The Angle Orthodontist*, 74(5), 635-639.
33. **Gelgör, İ. E., Karaman, İ. A. ve Ercan, E.** (2007). Prevalence of malocclusion among adolescents in central anatolia. *European journal of dentistry*, 1(03), 125-131.
34. **da Fontoura, C. G., Miller, S., Wehby, G., Amendt, B., Holton, N., Southard, T., ve ark.** (2015). Candidate gene analyses of skeletal variation in malocclusion. *Journal of dental research*, 94(7), 913-920.
35. **Murray, S. A., Oram, K. F. ve Gridley, T.** (2007). Multiple functions of Snail family genes during palate development in mice.
36. **George, A. M., Felicita, A. S., Tania, S. M. ve Priyadharsini, J. V.** (2021). Systematic review on the genetic factors associated with skeletal Class II malocclusion. *Indian Journal of Dental Research*, 32(3), 399-406.
37. **Shaughnessy, T. ve Shire, L.** (1988). Etiology of Class II malocclusions. *Pediatr Dent*, 10(4), 336-338.
38. **Buschang, P. H.** (2025). Section I: The development, phenotypic characteristics, and etiology of Class II malocclusion. *Recognizing and Correcting Developing Malocclusions: A Problem-Oriented Approach to Orthodontics*, 107-130.
39. **McNamara, J. A., Brudon, W. L. ve Kokich, V. G.** (2001). *Orthodontics and dentofacial orthopedics*. Needham Press Ann Arbor, Mich.
40. **Bishara, S. E., Hoppens, B. J., Jakobsen, J. R. ve Kohout, F. J.** (1988). Changes in the molar relationship between the deciduous and permanent dentitions: a longitudinal study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 93(1), 19-28.
41. **Proffit, W. R., Vig, K. W. ve Turvey, T. A.** (1980). Early fracture of the mandibular condyles: frequently an unsuspected cause of growth disturbances. *American Journal of Orthodontics*, 78(1), 1-24.
42. **Hitchcock, H. P.** (1973). A cephalometric description of Class II, Division 1 malocclusion. *American journal of orthodontics*, 63(4), 414-423.
43. **Henry, R.** (1957). A classification of Class II, division I malocclusion. *The Angle Orthodontist*, 27(2), 83-92.
44. **Craig, C.** The skeletal patterns characteristic of Class I and Class II. *Division I*.
45. **Renfro, E.** (1948). A study of the facial patterns associated with Class I. *Class II division, I*, 12-15.
46. **Drelich, R. C.** (1948). A cephalometric study of untreated class II, division 1 malocclusion. *The Angle Orthodontist*, 18(3), 70-75.
47. **Pancherz, H., Zieber, K. ve Hoyer, B.** (1997). Cephalometric characteristics of Class II division 1 and Class II division 2 malocclusions: a comparative study in children. *The Angle Orthodontist*, 67(2), 111-120.

48. **Yılmaz, H. ve Özlü, F. Ç.** (2019). İskeletsel Sınıf II Anomalilerin Tedavisine Genel Bakış. *Türkiye Klinikleri Orthodontics-Special Topics*, 5(3), 37-44.
49. **Antonarakis, G. S. ve Kiliaridis, S.** (2008). Maxillary molar distalization with noncompliance intramaxillary appliances in Class II malocclusion: a systematic review. *The angle orthodontist*, 78(6), 1133-1140.
50. **Bayome, M., Park, J. H., Bay, C. ve Kook, Y. A.** (2021). Distalization of maxillary molars using temporary skeletal anchorage devices: A systematic review and meta-analysis. *Orthodontics & craniofacial research*, 24, 103-112.
51. **Sfondrini, M. F., Cacciafesta, V. ve Sfondrini, G.** (2002). Upper molar distalization: a critical analysis. *Orthodontics & craniofacial research*, 5(2), 114-126.
52. **Graber, L. W., Vanarsdall, R. L., Vig, K. W. ve Huang, G. J.** (1994). Orthodontics: current principles and techniques. (No Title).
53. **McNamara Jr, J. A., Bookstein, F. L. ve Shaughnessy, T. G.** (1985). Skeletal and dental changes following functional regulator therapy on Class II patients. *American journal of orthodontics*, 88(2), 91-110.
54. **Mills, C. M. ve McCulloch, K. J.** (1998). Treatment effects of the twin block appliance: a cephalometric study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 114(1), 15-24.
55. **Pancherz, H.** (1979). Treatment of Class II malocclusions by jumping the bite with the Herbst appliance: a cephalometric investigation. *American journal of orthodontics*, 76(4), 423-442.
56. **Toth, L. R. ve McNamara Jr, J. A.** (1999). Treatment effects produced by the Twin-block appliance and the FR-2 appliance of Fränkel compared with an untreated Class II sample. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 116(6), 597-609.
57. **Bishara, S. E. ve Ziaja, R. R.** (1989). Functional appliances: a review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 95(3), 250-258.
58. **Hansen, K., Iemamneisuk, P. ve Pancherz, H.** (1995). Long-term effects of the Herbst appliance on the dental arches and arch relationships: a biometric study. *British journal of orthodontics*, 22(2), 123-134.
59. **Wieslander, L.** (1993). Long-term effect of treatment with the headgear-Herbst appliance in the early mixed dentition. Stability or relapse? *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 104(4), 319-329.
60. **Koretsi, V., Zymperdikas, V. F., Papageorgiou, S. N. ve Papadopoulos, M. A.** (2015). Treatment effects of removable functional appliances in patients with Class II malocclusion: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Orthodontics*, 37(4), 418-434.
61. **Lehman, R., Romuli, A. ve Bakker, V.** (1988). Five-year treatment results with a headgear-activator combination. *The European Journal of Orthodontics*, 10(1), 309-318.
62. **Van Beek, H.** (1982). Overjet correction by a combined headgear and activator. *The European Journal of Orthodontics*, 4(4), 279-290.
63. **Frost, H. M.** (1994). Wolff's Law and bone's structural adaptations to mechanical usage: an overview for clinicians. *The Angle Orthodontist*, 64(3), 175-188.
64. **Roux, W.** (1885). Beitrage zur Morphologie der funktionellen Anpassung. *Arch Anat Physiol Anat Abt*, 120-185.
65. **Ülgen, M.** (1993). Ortodontik tedavi prensipleri.

66. **Wahl, N.** (2006). Orthodontics in 3 millennia. Chapter 9: functional appliances to midcentury. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 129(6), 829-833.
67. **Herbst, E.** (1910). Atlas und Grundriss der zahnärztlichen Orthopädie. (No Title).
68. **Al-Jewair, T. S.** (2015). Meta-analysis on the mandibular dimensions effects of the MARA appliance in patients with Class II malocclusions. *The Angle Orthodontist*, 85(4), 706-714.
69. **Franchi, L., Alvetro, L., Giuntini, V., Masucci, C., Defraia, E. ve Baccetti, T.** (2011). Effectiveness of comprehensive fixed appliance treatment used with the Forsus Fatigue Resistant Device in Class II patients. *The Angle Orthodontist*, 81(4), 678-683.
70. **Stromeyer, E. L., Caruso, J. M. ve DeVincenzo, J. P.** (2002). A cephalometric study of the Class II correction effects of the Eureka Spring. *The Angle Orthodontist*, 72(3), 203-210.
71. **Weiland, F. J. ve Droschl, H.** (1996). Treatment of a Class II, Division 1 malocclusion with the Jasper Jumper: a case report. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 109(1), 1-7.
72. **Baccetti, T., Franchi, L., Toth, L. R. ve McNamara Jr, J. A.** (2000). Treatment timing for Twin-block therapy. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 118(2), 159-170.
73. **Petrovic, A., Stutzmann, J. ve Lavergne, J.** (1990). Mechanism of craniofacial growth and modus operandi of functional appliances: a cell-level and cybernetic approach to orthodontic decision making. *Craniofacial growth theory and orthodontic treatment Monograph*, 23, 13-74.
74. **Ahn, S.-J., Kim, J.-T. ve Nahm, D.-S.** (2001). Cephalometric markers to consider in the treatment of Class II Division 1 malocclusion with the bionator. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 119(6), 578-586.
75. **Mathews, J. R.** (1971). Interception of Class II malocclusion. *The Angle Orthodontist*, 41(2), 81-97.
76. **Franchi, L., Pavoni, C., Faltin Jr, K., McNamara Jr, J. A. ve Cozza, P.** (2013). Long-term skeletal and dental effects and treatment timing for functional appliances in Class II malocclusion. *The Angle Orthodontist*, 83(2), 334-340.
77. **Faltin Jr, K., Faltin, R. M., Baccetti, T., Franchi, L., Ghiozzi, B. ve McNamara Jr, J. A.** (2003). Long-term effectiveness and treatment timing for Bionator therapy. *The Angle Orthodontist*, 73(3), 221-230.
78. **Hansen, K., Pancherz, H. ve Hägg, U.** (1991). Long-term effects of the Herbst appliance in relation to the treatment growth period: a cephalometric study. *The European Journal of Orthodontics*, 13(6), 471-481.
79. **O'Brien, K., Wright, J., Conboy, F., Sanjie, Y., Mandall, N., Chadwick, S., ve ark.** (2003). Effectiveness of early orthodontic treatment with the Twin-block appliance: a multicenter, randomized, controlled trial. Part 1: dental and skeletal effects. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 124(3), 234-243.
80. **O'Brien, K., Wright, J., Conboy, F., Chadwick, S., Connolly, I., Cook, P., ve ark.** (2003). Effectiveness of early orthodontic treatment with the Twin-block appliance: a multicenter, randomized, controlled trial. Part 2:

- Psychosocial effects. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 124(5), 488-494.
81. **Järvinen, S.** (1978). Incisal overjet and traumatic injuries to upper permanent incisors: A retrospective study. *Acta Odontologica Scandinavica*, 36(5-6), 359-362.
 82. **Cozza, P., Baccetti, T., Franchi, L., De Toffol, L. ve McNamara Jr, J. A.** (2006). Mandibular changes produced by functional appliances in Class II malocclusion: a systematic review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 129(5), 599. e591-599. e512.
 83. **Cacciatore, G., Ugolini, A., Sforza, C., Gbinigie, O. ve Plüddemann, A.** (2019). Long-term effects of functional appliances in treated versus untreated patients with Class II malocclusion: A systematic review and meta-analysis. *PloS one*, 14(9), e0221624.
 84. **Shen, G., Hägg, U. ve Darendeliler, M.** (2005). Skeletal effects of bite jumping therapy on the mandible—removable vs. fixed functional appliances. *Orthodontics & craniofacial research*, 8(1), 2-10.
 85. **Harvold, E. P. ve Vargervik, K.** (1971). Morphogenetic response to activator treatment. *American journal of orthodontics*, 60(5), 478-490.
 86. **Woodside, D.** Some effects of activator treatment on the growth rate of the mandible and position of the midface. Transactions of Third International Orthodontic Congress; 1973: The CV Mosby Company; Published.
 87. **Schmuth, G. P.** (1983). Milestones in the development and practical application of functional appliances. *American journal of orthodontics*, 84(1), 48-53.
 88. **Witt, E.** (1971). Basic principles of activator and bionator therapy. *Zahnärztliche Praxis*, 22(1), 1-5.
 89. **Reey, R. W. ve Eastwood, A.** (1978). The passive activator: case selection, treatment response, and corrective mechanics. *American journal of orthodontics*, 73(4), 378-409.
 90. **Chen, Z., Chen, Q., Fan, X., Li, Y. ve Mo, S.** (2020). Stepwise versus single-step mandibular advancement with functional appliance in treating class II patients: A meta-analysis. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*, 81(5).
 91. **Pancherz, H., Malmgren, O., Hägg, U., Ömblus, J. ve Hansen, K.** (1989). Class II correction in Herbst and Bass therapy. *The European Journal of Orthodontics*, 11(1), 17-30.
 92. **Özbek, M. M., Memikoglu, T. U. T., Gögen, H., Lowe, A. A. ve Baspinar, E.** (1998). Oropharyngeal airway dimensions and functional-orthopedic treatment in skeletal Class II cases. *The Angle Orthodontist*, 68(4), 327-336.
 93. **Kyburz, K. S., Eliades, T. ve Papageorgiou, S. N.** (2019). What effect does functional appliance treatment have on the temporomandibular joint? A systematic review with meta-analysis. *Progress in orthodontics*, 20, 1-13.
 94. **Littlewood, S., Tait, A., Mandall, N. ve Lewis, D.** (2001). The role of removable appliances in contemporary orthodontics. *British dental journal*, 191(6), 304-310.
 95. **Wu, Y., Cao, L. ve Cong, J.** (2020). The periodontal status of removable appliances vs fixed appliances: A comparative meta-analysis. *Medicine*, 99(50), e23165.
 96. **Pacha, M. M., Fleming, P. S. ve Johal, A.** (2016). A comparison of the efficacy of fixed versus removable functional appliances in children with Class

- II malocclusion: a systematic review. *European journal of orthodontics*, 38(6), 621-630.
97. **O'brien, K., Wright, J., Conboy, F., Sanjie, Y., Mandall, N., Chadwick, S., ve ark.** (2003). Effectiveness of treatment for Class II malocclusion with the Herbst or twin-block appliances: a randomized, controlled trial. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 124(2), 128-137.
 98. **Kurt, G., Baysal, A., Sisman, C. ve Sakin, C.** (2010). Effects of fixed and removable functional appliances on skeletal and dentoalveolar structures. *Turkish Journal Of Orthodontics*, 23(1), 7-20.
 99. **Rudzki-Janson, I. ve Noachtar, R.** Functional appliance therapy with the Bionator. *Seminars in Orthodontics*; 1998: Elsevier; Published.
 100. **McNamara Jr, J. A. ve Huges, S. A.** (1981). The Fränkel appliance (FR-2): model preparation and appliance construction. *American Journal of Orthodontics*, 80(5), 478-495.
 101. **Banks, P., Wright, J. ve O'Brien, K.** (2004). Incremental versus maximum bite advancement during twin-block therapy: a randomized controlled clinical trial. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 126(5), 583-588.
 102. **Doshi, U. H. ve Mahindra, R.** (2014). Effective temporomandibular joint growth changes after stepwise and maximum advancement with Twin Block appliance. *Journal of the World Federation of Orthodontists*, 3(1), e9-e14.
 103. **Lund, D. I. ve Sandler, P. J.** (1998). The effects of Twin Blocks: a prospective controlled study. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 113(1), 104-110.
 104. **Ehsani, S., Nebbe, B., Normando, D., Lagravere, M. O. ve Flores-Mir, C.** (2015). Short-term treatment effects produced by the Twin-block appliance: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Orthodontics*, 37(2), 170-176.
 105. **Ritto, A. K. ve Ferreira, A. P.** (2000). Fixed functional appliances--a classification. *The Functional Orthodontist*, 17(2), 12-30, 32.
 106. **Pancherz, H.** (1982). The mechanism of Class II correction in Herbst appliance treatment: a cephalometric investigation. *American journal of orthodontics*, 82(2), 104-113.
 107. **Pancherz, H.** (1982). Vertical dentofacial changes during Herbst appliance treatment. A cephalometric investigation. *Swedish dental journal Supplement*, 15, 189-196.
 108. **Kesling, H. D.** (1945). The philosophy of the tooth positioning appliance. *American Journal of Orthodontics and Oral Surgery*, 31(6), 297-304.
 109. **Shi, C., Feng, Y., Hsiao, Y.-C., Smith, J., Jin, C., Farella, M., ve ark.** (2022). Clear aligners brands and marketing claims: An overview of available information on the web. *Australasian Orthodontic Journal (0587-3908)*, 38(2).
 110. **Khosravi, R., Gidarakou, I. ve Salazar, T.** Essential factors in developing an efficient in-office aligner system. *Seminars in Orthodontics*; 2022: Elsevier; Published.
 111. **JJ, S.** (1993). Essix retainers: fabrication and supervision for permanent retention. *J Clin Orthod*, 27, 37-45.
 112. **Tai, S.** (2018). Clear aligner technique.
 113. **Brezniak, N.** 2008. The clear plastic appliance: a biomechanical point of view. 381-382.

114. **Galluccio, G., De Stefano, A. A., Horodynski, M., Impellizzeri, A., Guarnieri, R., Barbato, E., ve ark.** (2023). Efficacy and accuracy of maxillary arch expansion with clear aligner treatment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5), 4634.
115. **Simon, M., Keilig, L., Schwarze, J., Jung, B. A. ve Bourauel, C.** (2014). Treatment outcome and efficacy of an aligner technique—regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. *BMC oral health*, 14, 1-7.
116. **Joffe, L.** (2003). Invisalign®: early experiences. *Journal of orthodontics*, 30(4), 348-352.
117. **Moya, S. P. ve Zafra, J. L.** (2021). *Aligner techniques in Orthodontics*. John Wiley & Sons.
118. **Ghorbani, M., Mousavi, S. A., Bardideh, E., Saeedi, P., Shahnasari, S., Shafaei, H., ve ark.** (2025). The Effectiveness of Functional Clear Aligners for Class II Correction in Growing Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Orthodontics & Craniofacial Research*.
119. **Nanda, R., Castroflorio, T., Garino, F. ve Ojima, K.** (2021). *Principles and Biomechanics of Aligner Treatment-E-Book: Principles and Biomechanics of Aligner Treatment-E-Book*. Elsevier Health Sciences.
120. **Huang, A. T. ve Huang, D.** (2022). *Controversies in clear aligner therapy: contemporary perspectives, limitations, and solutions*. Springer Nature.
121. **Wu, Y., Yu, Q., Xia, Y., Wang, B., Chen, S., Gu, K., ve ark.** (2023). Does mandibular advancement with clear aligners have the same skeletal and dentoalveolar effects as traditional functional appliances? *BMC Oral Health*, 23(1), 65.
122. **Hosseini, H. R., Ngan, P., Tai, S. K., Andrews II, L. J. ve Xiang, J.** (2024). A comparison of skeletal and dental changes in patients with a Class II relationship treated with clear aligner mandibular advancement and Herbst appliance followed by comprehensive orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 165(2), 205-219.
123. **Caruso, S., Nota, A., Severino, M., Gatto, R., Meuli, S., Mattei, A., ve ark.** (2021). Mandibular advancement with clear aligners in the treatment of skeletal Class II. A retrospective controlled study. *European journal of paediatric dentistry*, 22(1), 26-30.
124. **Lombardo, E. C., Lione, R., Franchi, L., Gaffuri, F., Maspero, C., Cozza, P., ve ark.** (2024). Dentoskeletal effects of clear aligner vs twin block—a short-term study of functional appliances. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*, 85(5), 317-326.
125. **Zybutz, T., Drummond, R., Lekic, M. ve Brownlee, M.** (2021). Investigation and comparison of patient experiences with removable functional appliances: Invisalign Teen with Mandibular Advancement versus Twin Block. *The Angle Orthodontist*, 91(4), 490-495.
126. **Gurgel, M. L., de Oliveira Ruellas, A. C., Bianchi, J., McNamara Jr, J. A., Tai, S., Franchi, L., ve ark.** (2023). Clear aligner mandibular advancement in growing patients with Class II malocclusion. *AJO-DO clinical companion*, 3(2), 93-109.
127. **Zhang, Y., Zheng, J., Wu, Q., Jiang, T., Xiao, H., Du, Y., ve ark.** (2024). Three-dimensional spatial analysis of temporomandibular joint in adolescent Class II division 1 malocclusion patients: comparison of Twin-Block and clear functional aligner. *Head & Face Medicine*, 20(1), 4.

128. **Wang, Y., Daraqel, B., Wang, Y., Yang, D., Dong, Y., Hu, Y., ve ark.** (2024). Biomechanical effects of different mandibular movements and torque compensations during mandibular advancement with clear aligners: a finite element analysis. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 12, 1496517.
129. **Geraets, W. ve Van Der Stelt, P.** (2000). Fractal properties of bone. *Dentomaxillofacial Radiology*, 29(3), 144-153.
130. **Krzysztofik, W. J.** (2013). Fractal Geometry in Electromagnetics Applications-from Antenna to Metamaterials. *Microwave Review*, 19(2).
131. **Cannon, J.** (1984). The fractal geometry of nature. by Benoit B. Mandelbrot. *The American Mathematical Monthly*, 91(9), 594-598.
132. **Güleç, M., Taşöker, M. ve Şener, S.** (2019). Fractal Analysis in Medicine and Dentistry. *International Archives Of Dental Sciences*, 40(1), 17-31.
133. **Chen, S.-K., Oviir, T., Lin, C.-H., Leu, L.-J., Cho, B.-H. ve Hollender, L.** (2005). Digital imaging analysis with mathematical morphology and fractal dimension for evaluation of periapical lesions following endodontic treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 100(4), 467-472.
134. **Shrout, M. K., Roberson, B., Potter, B. J., Mailhot, J. M. ve Hildebolt, C. F.** (1998). A comparison of 2 patient populations using fractal analysis. *Journal of periodontology*, 69(1), 9-13.
135. **Umemori, S., Tonami, K.-i., Nitta, H., Mataka, S. ve Araki, K.** (2010). The possibility of digital imaging in the diagnosis of occlusal caries. *International journal of dentistry*, 2010(1), 860515.
136. **Zeytinoğlu, M., İlhan, B., DüNDAR, N. ve Boyacıoğlu, H.** (2015). Fractal analysis for the assessment of trabecular peri-implant alveolar bone using panoramic radiographs. *Clinical oral investigations*, 19(2), 519-524.
137. **Köse, E., Ay Ünüvar, Y. ve Uzun, M.** (2022). Assessment of the relationship between fractal analysis of mandibular bone and orthodontic treatment duration: A retrospective study. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*, 83(Suppl 1), 102-110.
138. **Özden, S. ve Cicek, O.** (2024). Assessment of the Mandibular Osseous Architecture in Cleft Lip and Palate Using Fractal Dimension Analysis: A Pilot Study. *Journal of Clinical Medicine*, 13(23), 7334.
139. **Sarul, M., Kozakiewicz, M. ve Jurczyszyn, K.** (2021). Surface evaluation of orthodontic wires using texture and fractal dimension analysis. *Materials*, 14(13), 3688.
140. **Sarul, M., Mikulewicz, M., Kozakiewicz, M. ve Jurczyszyn, K.** (2022). Surface evaluation of Orthodontic brackets using texture and Fractal Dimension Analysis. *Materials*, 15(6), 2071.
141. **Sunal Akturk, E., Toktas, A. I., Can, E., Kosen, E. ve Sarica, I.** (2024). Assessment of the trabecular bone microstructure surrounding impacted Maxillary canines using Fractal Analysis on Cone-Beam computed tomography images. *Diagnostics*, 14(19), 2143.
142. **Wagle, N., Do, N. N., Yu, J. ve Borke, J. L.** (2005). Fractal analysis of the PDL-bone interface and implications for orthodontic tooth movement. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 127(6), 655-661.

143. **Kato, C. N., Barra, S. G., Tavares, N. P., Amaral, T. M., Brasileiro, C. B., Mesquita, R. A., ve ark.** (2020). Use of fractal analysis in dental images: a systematic review. *Dentomaxillofacial Radiology*, 49(2), 20180457.
144. **Björk, A.** (1972). Timing of interceptive orthodontic measures based on stages of maturation. *Transactions European Orthodontic Society*, 61-74.
145. **White, S. C. ve Rudolph, D. J.** (1999). Alterations of the trabecular pattern of the jaws in patients with osteoporosis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 88(5), 628-635.
146. **Bolat Gümüş, E., Yavuz, E. ve Tufekci, C.** (2023). Effects of functional orthopedic treatment on mandibular trabecular bone in class II patients using fractal analysis. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*, 84(Suppl 3), 155-164.
147. **Luder, H. U.** (1981). Effects of activator treatment—evidence for the occurrence of two different types of reaction. *The European Journal of Orthodontics*, 3(3), 205-222.
148. **Jakobsson, S.-O. ve Paulin, G.** (1990). The influence of activator treatment on skeletal growth in Angle Class II: 1 cases. A roentgenocephalometric study. *The European Journal of Orthodontics*, 12(2), 174-184.
149. **Aelbers, C. F. ve Dermaut, L.** (1996). Orthopedics in orthodontics: Part I, fiction or reality a—review of the literature. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 110(5), 513-519.
150. **Mörndal, O.** (1984). The effect on the incisor teeth of activator treatment: a follow-up study. *British Journal of Orthodontics*, 11(4), 214-220.
151. **Sidlauskas, A.** (2005). The effects of the Twin-block appliance treatment on the skeletal and dentolaveolar changes in Class II Division 1 malocclusion. *Medicina (Kaunas)*, 41(5), 392-400.
152. **Gonzalez, M. B., Caruso, J. M., Sugiyama, R. M. ve Schlenker, W. L.** (2013). Establishing cephalometric norms for a Mexican population using Ricketts, Steiner, Tweed and Arnett analyses. *APOS Trends in Orthodontics*, 3(6), 171-177.
153. **McNamara Jr, J. A.** (1984). A method of cephalometric evaluation. *American journal of orthodontics*, 86(6), 449-469.
154. **Baysal, A. ve Uysal, T.** (2014). Dentoskeletal effects of Twin Block and Herbst appliances in patients with Class II division 1 mandibular retrognathia. *European journal of orthodontics*, 36(2), 164-172.
155. **Rains, M. D. ve Nanda, R.** (1982). Soft-tissue changes associated with maxillary incisor retraction. *American journal of orthodontics*, 81(6), 481-488.
156. **Arora, S., Grover, S., Harikrishnan, P., Dabas, A., Dogra, N. ve Nindra, J.** (2024). Cephalometric evaluation of pharyngeal airway and tongue space following treatment with Herbst and AdvanSync appliances: a prospective randomized clinical trial. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*, 85(Suppl 1), 7-18.
157. **Koay, W. L., Yang, Y., Tse, C. S. K. ve Gu, M.** (2016). Effects of Two-Phase Treatment with the Herbst and Preadjusted Edgewise Appliances on the Upper Airway Dimensions. *The Scientific World Journal*, 2016(1), 4697467.
158. **Liu, Y., Chen, W., Wei, Y., Zhang, G., Zhang, X., Sharhan, H. M., ve ark.** (2022). The effect of orthodontic vertical control on the changes in the upper airway size and tongue and hyoid position in adult patients with hyperdivergent skeletal class II. *BMC Oral Health*, 22(1), 532.

159. **Gul Amuk, N., Kurt, G., Baysal, A. ve Turker, G.** (2019). Changes in pharyngeal airway dimensions following incremental and maximum bite advancement during Herbst-rapid palatal expander appliance therapy in late adolescent and young adult patients: a randomized non-controlled prospective clinical study. *European journal of orthodontics*, 41(3), 322-330.
160. **González-García, R. ve Monje, F.** (2013). The reliability of cone-beam computed tomography to assess bone density at dental implant recipient sites: a histomorphometric analysis by micro-CT. *Clinical oral implants research*, 24(8), 871-879.
161. **Heo, M.-S., Park, K.-S., Lee, S.-S., Choi, S.-C., Koak, J.-Y., Heo, S.-J., ve ark.** (2002). Fractal analysis of mandibular bony healing after orthognathic surgery. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 94(6), 763-767.
162. **Soylu, E., Coşgunarslan, A., Çelebi, S., Soydan, D., Demirbaş, A. E. ve Demir, O.** (2021). Fractal analysis as a useful predictor for determining osseointegration of dental implant? A retrospective study. *International journal of implant dentistry*, 7, 1-8.
163. **Pauwels, R., Faruangsang, T., Charoenkarn, T., Ngonphloy, N. ve Panmekiate, S.** (2015). Effect of exposure parameters and voxel size on bone structure analysis in CBCT. *Dentomaxillofacial Radiology*, 44(8), 20150078.
164. **Magat, G. ve Ozcan Sener, S.** (2019). 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 Radiology*, 35, 35-42.
165. **Cicek, O. ve Arslan, D.** (2024). Effect of Fixed and Removable Functional Therapy on Mandibular Anterior Bone Structures: A Fractal Analysis Study. *Diagnostics*, 14(16), 1713.
166. **Pittayapat, P., Jacobs, R., Bornstein, M. M., Odri, G. A., Lambrichts, I., Willems, G., ve ark.** (2018). Three-dimensional Frankfort horizontal plane for 3D cephalometry: a comparative assessment of conventional versus novel landmarks and horizontal planes. *European journal of orthodontics*, 40(3), 239-248.
167. **Arat, Z. M., Türkkahraman, H., English, J. D., Gallerano, R. L. ve Boley, J. C.** (2010). Longitudinal growth changes of the cranial base from puberty to adulthood: a comparison of different superimposition methods. *The Angle Orthodontist*, 80(4), 725-732.
168. **D'Antò, V., Bucci, R., Franchi, L., Rongo, R., Michelotti, A. ve Martina, R.** (2015). Class II functional orthopaedic treatment: a systematic review of systematic reviews. *Journal of oral rehabilitation*, 42(8), 624-642.
169. **Mills, J.** (1991). The effect of functional appliances on the skeletal pattern. *British Journal of Orthodontics*, 18(4), 267-275.
170. **Illing, H. M., Morris, D. O. ve Lee, R. T.** (1998). A prospective evaluation of Bass, Bionator and Twin Block appliances. Part I-The hard tissues. *The European Journal of Orthodontics*, 20(5), 501-516.
171. **van der Plas, M. C., Janssen, K. I., Pandis, N. ve Livas, C.** (2017). Twin Block appliance with acrylic capping does not have a significant inhibitory effect on lower incisor proclination. *The Angle Orthodontist*, 87(4), 513-518.
172. **Harris, K., Ojima, K., Dan, C., Upadhyay, M., Alshehri, A., Kuo, C.-L., ve ark.** (2020). Evaluation of open bite closure using clear aligners: a retrospective study. *Progress in orthodontics*, 21(1), 23.

173. **Jena, A. K., Singh, S. P. ve Utreja, A. K.** (2013). Effectiveness of twin-block and Mandibular Protraction Appliance-IV in the improvement of pharyngeal airway passage dimensions in Class II malocclusion subjects with a retrognathic mandible. *The Angle Orthodontist*, 83(4), 728-734.
174. **Yue, Z., Yi, Z., Liu, X., Chen, M., Yin, S., Liu, Q., ve ark.** (2023). Comparison of invisalign mandibular advancement and twin-block on upper airway and hyoid bone position improvements for skeletal class II children: a retrospective study. *BMC Oral Health*, 23(1), 661.
175. **Cretella Lombardo, E., Lugli, L., Cozza, P., Lione, R., Loberto, S. ve Pavoni, C.** (2024). Comparison between twin block appliance and mandibular advancement on clear aligners in the improvement of airway dimension: incremental versus maximum bite advancement. *Frontiers in Oral Health*, 5, 1463416.
176. **Jiang, T., Qi, Y., Zhang, Y., Du, Y., Wu, Q., Xiao, H., ve ark.** (2025). Changes in upper airway morphology and respiratory function of adolescent patients with mandibular retrognathism treated with clear aligner mandibular advancement: a prospective study. *BMC Oral Health*, 25, 975.
177. **Lin, Y.-C., Lin, H.-C. ve Tsai, H.-H.** (2011). Changes in the pharyngeal airway and position of the hyoid bone after treatment with a modified bionator in growing patients with retrognathia. *Journal of Experimental & Clinical Medicine*, 3(2), 93-98.
178. **Bavbek, N. C., Tuncer, B. B., Turkoz, C., Ulusoy, C. ve Tuncer, C.** (2016). Changes in airway dimensions and hyoid bone position following class II correction with forsus fatigue resistant device. *Clinical Oral Investigations*, 20(7), 1747-1755.
179. **Rizk, S., Kulbersh, V. P. ve Al-Qawasmi, R.** (2016). Changes in the oropharyngeal airway of Class II patients treated with the mandibular anterior repositioning appliance. *The Angle Orthodontist*, 86(6), 955-961.
180. **Tsuiki, S., Hiyama, S., Ono, T., Imamura, N., Ishiwata, Y., Kuroda, T., ve ark.** (2001). Effects of a titratable oral appliance on supine airway size in awake non-apneic individuals. *Sleep*, 24(5), 554-560.
181. **Li, Y., Zhao, T., Ngan, P., Yi, S., Wei, Z., Hua, F., ve ark.** (2024). Hyoid Bone Position and Upper Airway Morphology of Children With Obstructive Sleep Apnea: A Systematic Review and Meta-analysis. *Orthodontics & craniofacial research*.
182. **Poon, K. H., Chay, S. H. ve Chiong, K.** (2008). Airway and craniofacial changes with mandibular advancement device in Chinese with obstructive sleep apnoea. *Ann Acad Med Singapore*, 37(8), 637-644.
183. **Shim, J., Heo, G. ve Lagravère, M. O.** (2013). Correlation between three-dimensional morphological changes of the hyoid bone with other skeletal maturation methods in adolescents. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 116(4), 511-517.
184. **Chen, J.-H., Liu, C., You, L. ve Simmons, C. A.** (2010). Boning up on Wolff's Law: mechanical regulation of the cells that make and maintain bone. *Journal of biomechanics*, 43(1), 108-118.
185. **Karshi, N., Gonca, M., Türksever, G. M. ve Beyaz, N. A.** (2025). Evaluation of the efficacy of clear aligners in mandibular advancement and their effect on mandibular trabecular structures using fractal dimension analysis. *BMC Oral Health*, 25(1), 1-10.