



**DIŞ VE KEMİK DESTEKLİ REVERSE HEADGEAR
UYGULAMALARININ SONLU ELEMANLAR ANALİZİ İLE
İNCELENMESİ**

Başak ARSLAN AVAN

**DOKTORA TEZİ
ORTODONTİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MAYIS 2023

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Sağlık. Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Başak ARSLAN AVAN

09/05/2023

DİŞ VE KEMİK DESTEKLİ REVERSE HEADGEAR UYGULAMALARININ SONLU ELEMENLAR ANALİZİ İLE İNCELENMESİ

(Doktora Tezi)

Başak ARSLAN AVAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mayıs 2023

ÖZET

Çalışmanın amacı, diş ve kemik destekli 2 farklı reverse headgear uygulamasının kraniofasiyal yapılar üzerindeki etkilerini sonlu elemanlar analizi ile incelemek ve sonuçları karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir. Diş destekli olarak sabit ortodontik tedaviyle birlikte maksiller dişlere yerleştirilen braketler ve ark teli üzerinden oklüzal düzlemlerle 30° açı yapacak şekilde 350 g protraksiyon kuvveti ile reverse headgear uygulamasını, kemik destekli olarak ise üst çenede sağ ve sol lateral nazal duvarlara yerleştirilen miniplaklar üzerinden oklüzal düzlemlerle 30° açı yapacak şekilde 500 g protraksiyon kuvveti ile reverse headgear uygulamasını simüle eden 2 senaryo oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda her 2 senaryoda da reverse headgear apareyinden beklenen etki olacak şekilde tüm kraniofasiyal kemik yapılar, süturlar ve maksiller dişlerde kemik destekli modelde daha fazla olacak şekilde stres değerleri ve ileriye hareket görülmüştür. Vertikal yönde ise her 2 modelde de benzer olacak şekilde anterior maksillada yukarı, posterior bölgede aşağı hareket gözlenmiştir. Transversal incelemede maksillanın arka bölgesinde dışa yer değiştirme bulurken, ön bölgede içe hareket bazı noktalarda gözlenmiştir. Sonuç olarak her 2 senaryonun da klinik olarak maksillayı öne çekme potansiyeline sahip olabileceği, kemik destekli uygulamanın ise bu kapsamda daha büyük hareketler sağlayabileceği çıkarımı yapılmıştır. Çalışmamızın klinik uygulamaların biyomekaniğine katkı sağlayıp ileride yapılacak yeni uygulamalara referans olabileceği düşünülmektedir.

Bilim Kodu : 1045
Anahtar Kelimeler : Sınıf 3, reverse headgear, ortodonti, sonlu elemanlar analizi
Sayfa Adedi : 101
Danışman : Prof. Dr. Cumhuri TUNCER

EVALUATION OF DENTAL AND SKELETAL ANCHORED REVERSE HEADGEAR
APPLICATIONS WITH FINITE ELEMENT ANALYSIS

(Ph.D. Thesis)

Başak ARSLAN AVAN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF HEALTH SCIENCES

May 2023

ABSTRACT

Aim of this study is to examine the effects of 2 different tooth and bone supported reverse headgear applications on craniofacial structures with finite element analysis and evaluate results comparatively. 2 scenarios were created for simulating the reverse headgear application. As tooth anchored model, 350 g protraction force with an angle of 30° with the occlusal plane were applied over the brackets and arch wire placed on the maxillary teeth together with fixed orthodontic treatment, and as bone supported model, miniplates were placed on the right and left lateral nasal walls and 500 g protraction force with 30° application angle with the occlusal plane were applied. As a result, stress values and forward movement were observed in all craniofacial bone structures, sutures and maxillary teeth, as expected from the reverse headgear appliance in both scenarios, which would be more in the bone anchored model. In vertical direction, upward movement in the anterior maxilla and downward movement in the posterior region were observed similarly in both models. In the transversal evaluation, outward displacement was found in the posterior region of the maxilla, while inward movement in the anterior region was observed at some points. As a result, it was concluded that both scenarios may have the potential to clinically pull the maxilla forward, and that the bone anchored application can provide greater movements in this context. It is thought that our study will contribute to biomechanics of clinical applications and may be a reference for new applications in the future.

Science Code : 1045
Key Words : Class 3, reverse headgear, orthodontics, finite element analysis
Page Number : 101
Supervisor : Prof. Dr. Cumhuri TUNCER

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca öğrencisi olduğum için mutluluk duyduğum ve kendimi şanslı hissettiğim, desteklerini, iyi niyetini ve öğrencisinden yana olduğunu bana daima hissettiren saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Cumhuri TUNCER'e,

Her zaman zorlandığım konularda bütün içtenliği ve yardımseverliğiyle yanımda olan, iyiliği ve güleryüzüyle bölümü sevme sebeplerimden biri, danışman hocamın kıymetli eşi hocam Sn. Prof. Dr. Burcu BALOŞ TUNCER'e,

Öğrencilik zamanlarından beri ortodontiye ilgi duymamda etkileri olan ve hem doktora başlama hem de eğitim sürecimde beni dinleyen sayın hocalarım Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Çağrı ULUSOY ve Prof. Dr. Tuba TORTOP'a,

Birlikte akademik çalışma yapma fırsatını yakaladığım, eşsiz bilgisi ve çalışma disiplini ile bana çok şey öğreten kıymetli ablam Sn. Prof. Dr. Nehir CANIGÜR BAVBEK ve doktora eğitimim boyunca her sorumuzu sabırla dinleyip çözüm bulan abim Sn. Doç.Dr. Erdal BOZKAYA'ya.

Bilgilerini her zaman bizlerle paylaşıp emek veren, alanımızda iyi olmamız için çabalayan Gazi Üniversitesi Ortodonti Anabilim Dalı'ndaki hocalarıma ve Tez İzleme Komitesi'ndeki katkılarından ötürü Sn. Doç.Dr. Özer ALKAN'a,

Klinik düzenimiz ve eğitimimizin sorunsuz ilerlemesi için mesai süresi içinde ve dışında her zaman elinden geleni yapan bölümümüz idari ve yardımcı personeline,

Birlikte çalışmaktan çok keyif aldığım, birbirimizden de çok şey öğrendiğimiz ve uzun doktora eğitimini dostluklarıyla çekilebilir kılan çalışma arkadaşlarıma,

Her koşulda ve her zaman yanımda olan aileme,

Sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum...

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. Sınıf III Maloklüzyonlar.....	5
2.1.1. Sınıf 3 maloklüzyonların epidemiyoloji.....	5
2.1.2. Sınıf 3 maloklüzyonların etiyojisi.....	6
2.1.3. Sınıf 3 maloklüzyonların özellikleri.....	8
2.1.4. Sınıf 3 maloklüzyonların tedavi zamanlaması.....	9
2.1.5. Sınıf 3 maloklüzyonlarda tedavi yaklaşımları.....	11
2.2. Sonlu Elemanlar Stres Analiz Yöntemi.....	25
2.2.1. Sonlu elemanlar analizinde temel kavramlar.....	27
2.2.2. Maksiller protraksiyon alanında yapılmış sonlu elemanlar analiz çalışmaları.....	29
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	39
3.1. Modelleme İçin Kullanılan Araçlar ve Yöntem.....	39
3.2. Kemikler, Süturlar, Periodontal Ligamentin ve Dişlerin Modellenmesi.....	39
3.3. Braket, Tel, Plak ve Mini Vidaların Modellenmesi ve Çalışma Modellerinin Oluşturulması.....	41
3.4. Matematiksel Modellerin Elde Edilmesi.....	42

	Sayfa
3.5. Malzeme Tanımları.....	43
3.6. Sınır Koşulları.....	44
3.7. Sistemlerin Birleştirilmesi ve Sistemler Arası Bağlantı Durumu.....	45
3.8. Simulasyon ve Kuvvetin Uygulanıp Yorumlanması.....	46
4. BULGULAR.....	49
4.1. Diş Destekli Yüz Maskesi Uygulaması Modeline Ait Bulgular.....	49
4.1.1. Maksilla ve çevresindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağılımlarının değerlendirilmesi.....	49
4.1.2. Kraniofasial süturlarda meydana gelen von Mises stres dağılımlarının değerlendirilmesi.....	51
4.1.3. Maksiller dişlerde meydana gelen von Mises stres dağılımlarının değerlendirilmesi.....	52
4.1.4. Yüz maskesinin ağız içindeki ankraj bölgesinde meydana gelen von Mises stres dağılımlarının değerlendirilmesi.....	53
4.1.5. Maksilla ve çevresindeki kemiklerdeki landmarklarda görülen yer değiştirme değerlerinin değerlendirilmesi.....	55
4.1.6. Kraniofasial süturlarda görülen yer değiştirmelerin değerlendirilmesi..	56
4.1.7. Maksiller dişlerde meydana gelen yer değiştirmelerin değerlendirilmesi..	57
4.2. Kemik Destekli (İskeletsel Ankrajlı) Yüz Maskesi Uygulaması Modeline Ait Bulgular.....	58
4.2.1. Maksilla ve çevresindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağılımlarının değerlendirilmesi.....	58
4.2.2. Kraniofasial süturlarda meydana gelen von Mises stres dağılımlarının değerlendirilmesi.....	60
4.2.3. Maksiller dişlerde meydana gelen von Mises stres dağılımlarının değerlendirilmesi.....	61
4.2.4. Yüz maskesinin ağız içindeki ankraj bölgesinde meydana gelen von Mises stres dağılımlarının değerlendirilmesi.....	62
4.2.5. Maksilla ve çevresindeki kemiklerdeki landmarklarda görülen yer değiştirmelerin değerlendirilmesi.....	64
4.2.6. Kraniofasial süturlarda görülen yer değiştirmelerin değerlendirilmesi..	65

	Sayfa
4.2.7. Maksiller dişlerde görülen yer değiştirmelerin değerlendirilmesi.....	66
4.3. Tüm alışma modellerindeki von Mises stres ve yer değiştirmelerin karşılıklı olarak değerlendirilmesi.....	67
5. TARTIşMA.....	73
5.1. Gereç ve Yöntemin Tartışılması.....	73
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	83
KAYNAKLAR.....	85
ÖZGEçMİş.....	99

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Malzemelerin elastik modülü ve Poisson oranları.....	44
Çizelge 3.2. Modellere ait eleman ve düğüm sayıları.....	45
Çizelge 4.1. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında maksilla ve çevresindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağılımları.....	49
Çizelge 4.2. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında kraniyofasiyal süturlarda meydana gelen von Mises stres dağılımları.....	51
Çizelge 4.3. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında maksiller dişlerde meydana gelen von Mises stres dağılımları.....	52
Çizelge 4.4. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında ağız içi ankraj ünitesindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağılımları.....	53
Çizelge 4.5. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında maksilla ve çevresindeki kemiklerdeki landmarklarda görülen yer değiştirme değerleri.....	55
Çizelge 4.6. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında kraniyofasiyal süturlarda görülen yer değiştirme değerleri.....	56
Çizelge 4.7. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında maksiller dişlerde görülen yer değiştirmeler.....	57
Çizelge 4.8. İskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulamasında maksilla ve çevresindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağılımları.....	58
Çizelge 4.9. İskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulamasında kraniyofasiyal Süturlarda meydana gelen von Mises stres dağılımları.....	60
Çizelge 4.10. İskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulamasında maksiller dişlerde meydana gelen von Mises stres dağılımları.....	61
Çizelge 4.11. İskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulamasında ağız içi ankraj ünitesindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağılımları...	62
Çizelge 4.12. İskeletsel ankrajlı modelde maksilla ve çevresindeki kemiklerdeki landmarklarda görülen yer değiştirmeler.....	64
Çizelge 4.13. İskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulanan modelde kraniyofasiyal süturlarda görülen yer değiştirmeler.....	65
Çizelge 4.14. İskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulanan modelde maksiller dişlerde görülen yer değiştirmeler.....	66
Çizelge 4.15. Maksilla ve çevresindeki iskeletsel landmarklarda görülen von Mises stres değerlerine ait karşılaştırmalı veriler.....	67

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.16. Maksilla ve çevresindeki iskeletsel landmarklarda görülen yer değiştirmelere ait karşılaştırmalı veriler.....	68
Çizelge 4.17. Kraniofasial sütünlarda görülen von Mises stres değerlerine ait karşılaştırmalı veriler.....	69
Çizelge 4.18. Kraniofasial sütünlarda görülen yer değiştirmelere ait karşılaştırmalı veriler.....	69
Çizelge 4.19. Maksiller dişlerde görülen von Mises stres değerlerine ait karşılaştırmalı veriler.....	70
Çizelge 4.20. Maksiller dişlerde görülen yer değiştirmelere ait karşılaştırmalı veriler..	71



RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Bilgisayarlı tomografi görüntüsünün yazılıma aktarılması ait örnek görsel.	40
Resim 3.2. İskeletsel yapıların modellenmesi.....	41
Resim 3.3. Dişler ve periodontal ligamentin modellenmesi.....	41
Resim 3.4. Braketler, tüpler, ark teli ve crimpable hook'ların modellenmesi.....	42
Resim 3.5. Miniplaklar, fiksasyon vidaları ve vidaların miniplak içine yerleştirilmiş hallerine ait modelleme görüntüleri.....	42
Resim 3.6. Matematiksel model örnek görüntüsü.....	43
Resim 3.7. Sınır koşulların belirlenmesine ait görüntü.....	45
Resim 3.8. Braketli modele ait görüntü.....	46
Resim 3.9. Miniplaklı modele ait görüntü.....	47
Resim 3.10. Maksilla ve çevresindeki kemiklerdeki landmarklar.....	48
Resim 3.11. Kraniofasial süturlara ait landmarklar.....	48
Resim 4.1. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında maksilla ve çevresindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağılımlarına ait görsel-1....	50
Resim 4.2. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında maksilla ve çevresindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağılımlarına ait görsel-2....	50
Resim 4.3. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında kraniofasial süturlarda meydana gelen von Mises stres dağılımları.....	52
Resim 4.4. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında maksiller dişlerde meydana gelen von Mises stres dağılımları.....	53
Resim 4.5. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında ağız içindeki ankraj bölgesinde meydana gelen von Mises stres dağılımları -1.....	54
Resim 4.6. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında ağız içindeki ankraj bölgesinde meydana gelen von Mises stres dağılımları -2.....	54
Resim 4.7. İskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulamasında maksilla ve çevresindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağılımlarına ait görsel-1....	59
Resim 4.8. İskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulamasında maksilla ve çevresindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağılımlarına ait görsel-2....	59

Resim	Sayfa
Resim 4.9. İskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulamasında kraniyofasiyal süturlarda meydana gelen von Mises stres dağıllımları.....	61
Resim 4.10. İskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulamasında maksiller dişlerde meydana gelen von Mises stres dağıllımları.....	62
Resim 4.11. İskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulamasında ağız içi ankraj ünitesindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağıllımları -1.....	63
Resim 4.12. İskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulamasında ağız içi ankraj ünitesindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağıllımları -2.....	63



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

g	gram
gb	gigabyte
GHz	gigahertz
Gpa	gigapascal
kg	kilogram
mm	milimetre
Mpa	megapascal
N	Newton
°	derece (açı)

Kısaltmalar

Açıklamalar

ANS	Anterior nazal spina
AVPA	Akkaya vertikal protraksiyon apareyi
DDY	Dudak damak yarıklı
FM	yüz maskesi, face mask
MARPE	Minivida destekli hızlı maksiller genişletme
MPBA	Maxillary protraction bow appliance
PNS	Posterior nazal spina
RH	reverse headgear
RME	Hızlı maksiller genişletme
RPE	Rapid palatal ekspansiyon
SESA/FEM	Sonlu elemanlar stres analiz yöntemi
TME	Temporomandibular eklem

1. GİRİŞ

Diş kavislerinin, çenelerin ve yüzü oluşturan kemiklerin kendi içlerinde ve birbirleriyle olan ilişkilerinde normalden sapmış olma durumu ortodontik anomali veya maloklüzyon olarak adlandırılır. Ortodontik anomaliler uzayda her yönde görülebildikleri gibi, baş ve yüzün farklı dokularında (yüz kemikleri, dental arklar, dentoalveolar yapılar, yumuşak dokular vs.) çok çeşitli nedenlerden ortaya çıkabilmektedirler.

Ortodontik maloklüzyonlar, modern ortodontinin kurucusu olarak bilinen Edward Angle tarafından Sınıf I, II ve III şeklinde sınıflandırılmış olup (Angle, 1899), günümüze kadar güncellemeler ve değişikliklerle bir çok farklı sınıflama yapılmıştır (Ackerman ve Proffit, 1969; Williams ve Stephens, 1992; Chen ve diğerleri, 2016).

Sınıf 3 maloklüzyonlar ise çeşitli etiyolojik faktörlere bağlı olarak iskeletsel, dişsel ve fonksiyonel olarak gelişebilir. İskeletsel Sınıf 3 maloklüzyonlar maksiller yetersizlik, mandibular fazlalık ya da her iki durumun kombinasyonu şeklinde oluşurken, dişsel Sınıf III maloklüzyonlar ise çeneler kafa kaidesine göre ideal konumlarındayken maksiller dentisyonun retrüzyonu, mandibular dentisyonun protrüzyonu ya da bu iki durumun birlikte görülmesi şeklinde oluşabilir. Fonksiyonel Sınıf 3 maloklüzyonlarda ise, çeşitli sebeplerle hastanın alt çenesini normalde olması gerekenden farklı konumlandırması sonucu Sınıf 3 çene ilişkisi oluşur.

Sınıf 3 maloklüzyonların toplumlara göre farklı görülme sıklığı olmakla birlikte, diğer anomalilerle kıyaslandığında daha az sıklıkta rastlanmaktadır; fakat estetik ve fonksiyonel olarak bireyler açısından oldukça rahatsız edici bulunurlar (Bernabé ve diğerleri, 2008; Joshi ve diğerleri, 2014). Bu durum bireylerin tedaviye ihtiyaçları olduğunu daha kolay farketmelerine ve tedavi için arayışa girmelerine sebep olur.

İskeletsel Sınıf 3 maloklüzyonlarda tedavi yaklaşımı, birey büyüme gelişim döneminde ise hangi çenede bozukluk olduğuna göre değişmekle birlikte; üst çene geriliğinden kaynaklanan olgularda reverse headgear/yüz maskesi (RH/FM), alt çene fazlalığından kaynaklı olgularda çenelik kullanımı bilinen konvansiyonel tedavi yöntemlerindedir. Bunlara ek olarak çeşitli aparey tasarımları da literatürde mevcut olmakla birlikte, gelişen teknolojiyle alternatiflerin çok daha artabileceği düşünülmektedir. Büyüme gelişimin

tamamlamış vakalarda da, olgunun değerlendirilmesinin ardından fizyolojik limitler dahilinde sabit ortodontik tedavi yöntemleriyle kamuflaj tedavisi, şiddetli vakalarda ise ortognatik cerrahi tedaviler uygulanmaktadır.

Son yıllarda kullanımı oldukça artan miniplak ve minivida içeren iskeletsel ankrajlı uygulamalar bireyler için hem konforlu hem de optimum tedavi sonuçlarını sağlamayı hedefleyip, tedaviden elde edilen verimi maksimuma çıkarmayı amaçlamaktadır. Konvansiyonel reverse headgear uygulamalarında ankraj kontrolünde yaşanan zorluklar ve tedavi sonucunda elde edilen sonuçların çoğunlukla dişsel değişikliklerden elde edilen kazanımlar şeklinde olması araştırmacıları bu apareyi iskeletsel ankraj olanağı sağlayan miniplak uygulamalarına yönlendirmiş ve çeşitli bölgelere yerleştirilen miniplaklar ve bunlardan ağız içine uzanan kancalar yardımıyla reverse headgear uygulamaları yapılmaktadır.

Özellikle büyüme gelişiminin son dönemlerinde Sınıf 3 maloklüzyonun tedavisi için kliniğe başvuran bireylerde, az miktarda kalan büyüme potansiyelinin doğru şekilde ve yönde uygulanan kuvvetlerle yönlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. İskeletsel ankrajlı reverse headgear uygulamalarının bu dönemde uygulanmasıyla tedaviden elde edilen verimin artabileceği düşünülmektedir. Bu amaçla maksillada posteriordan uygulandığında infrazigomatik krest, anteriorda ise lateral nazal duvar bölgelerine uygulanan miniplaklardan reverse headgear kullanımı şeklinde 2 farklı metot dikkat çekmektedir. İnfrazigomatik plaklarla uygulanan reverse headgear'ı inceleyen sonlu elemanlar analizi çalışmaları olmasına rağmen, lateral nazal duvara uygulanan miniplak+RH uygulamasını inceleyen sonlu elemanlar analizi çalışmalarının sınırlı olduğu görülmektedir.

Büyüme gelişimin son dönemindeki olgularda kliniklerde kullanıldığı bilinen bir diğer uygulama ise sabit ortodontik tedavi mekanikleri ile birlikte uygulanan reverse headgear uygulamasıdır. Ark telleri üzerine lehimlenen kancalar ya da yerleştirilen crimpable hook'lara takılan elastikler aracılığıyla maksiller dentisyonun ve bir miktar da maksillanın protraksiyonu hedeflenmektedir. Fakat, bu yöndeki literatür çalışmaları oldukça kısıtlı olup yapılan bu uygulamanın teorik anlamda uygunluğunu değerlendiren çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu tez çalışmasının amacı, yukarıda bahsedilenlerden yola çıkarak diş ve kemik destekli 2 farklı reverse headgear uygulamasının kraniyofasiyal yapılar üzerindeki etkisini sonlu elemanlar analizi (SESA, FEM) ile incelemek ve sonuçları karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir. Diş destekli uygulama olarak sabit ortodontik tedaviyle birlikte kullanılan RH uygulaması, kemik destekli uygulama olarak ise üst çenede sağ ve sol lateral nazal duvarlara yerleştirilen miniplaklar üzerinden kullanılan RH uygulamasını simüle eden 2 senaryo oluşturulmuştur.





2. GENEL BİLGİLER

2.1. Sınıf III Maloklüzyonlar

Edward Angle 1899 yılında yaptığı tanımlamada Sınıf III maloklüzyonu, “Mandibulanın protrüzyonu, alt dişlerin normal oklüzyona göre bir premolar boyu veya şiddetli vakalarda daha fazla miktarda mezial oklüzyonu, alt kesici ve kanin dişlerin lingual inklinasyonu” olarak tanımlamıştır (Angle, 1899). Bu tanımlamaya ek olarak maloklüzyonun kaynaklandığı çeneye bağlı olarak prognathi inferior, retrognathi süperior, makrognathi, mezial oklüzyon, underbite gibi tanımlamalar da literatürdeki çalışmalarda mevcuttur (Sanborn, 1955). Ortodontik maloklüzyonların uzayında her yönünde görülebileceğini düşündüğümüzde, sadece sagittal yön çene ilişkisine bakılarak yapılan bu tanımlamanın günümüzde geçerliliğini koruduğu fakat yetersiz kaldığı görülmektedir.

2.1.1. Sınıf 3 maloklüzyonların epidemiyoloji

Sınıf III anomalilere diğer anomalilere kıyasla toplumda daha az rastlanmakla birlikte, etnik köken ve coğrafik faktörlere göre değişik görülme sıklığına sahiptirler.

Bu alanda yapılan bir sistematik derleme ve meta analiz çalışmasında (Hardy ve diğerleri, 2012), Sınıf III anomalilerin görülme oranı ırklar arasında farklılık göstermekle birlikte; Çin ve Malezya toplumlarında en fazla, Hint toplumunda ise en az görülmektedir sonucu çıkarılmıştır. Güneydoğu Asya ülkeleri Angle Sınıf III maloklüzyon prevalansına %15,8 ortalama ile en yüksek oranda sahip toplumlardır. Orta Doğu ülkelerinde ortalama %10,18, Avrupa ülkelerinde %4,88, Afrikalılarda %4,59 ve Hint toplumunda ise %1,19 olarak Sınıf III görülme prevalansı tespit edilmiştir.

Literatürdeki farklı diğer çalışmalarda ise, Afrika ülkelerinde Sınıf III maloklüzyon görülme sıklığının %2-%10,3 arasında değişkenlik gösterdiği bildirilmekteyken (Mtaya ve diğerleri, 2009; Goyal ve Goyal, 2012), Avrupa ülkelerinde bu oranın %2,79-%4,3 arasında olduğu belirtilmektedir (Lux ve diğerleri, 2009; Šidlauskas ve Lopatienė, 2009; Perillo ve diğerleri, 2010). Latin popülasyonlarında Sınıf III maloklüzyon insidansı yaklaşık %5 olarak bulunmuştur (Silva ve Kang, 2001).

Türk toplumunda görülme sıklığını inceleyen çalışmalar ise şu şekildedir:

Gelgör ve diğerleri, Türk toplumunda sınıf III maloklüzyonun görülme insidansını 240 hasta üzerinden yapmış oldukları çalışmada %10,30 olarak bulmuşlardır (Gelgör ve diğerleri, 2007). Çelikoğlu ve diğerleri, 1507 hastayı inceledikleri çalışmada sınıf III maloklüzyonun %16,7'lik oranda görüldüğünü belirtmişlerdir (Celikoglu ve diğerleri, 2010). Sarı ve diğerleri, Anadolu Türk popülasyonu şeklinde tabir ettikleri farklı illerden kökenli 1602 birey üzerinde yaptıkları araştırmalarında kişilerin %10,24'ünde Sınıf III maloklüzyon saptamışlardır (Sarı ve diğerleri, 2003). Sayın ve Türkkahraman, 1356 birey ile yaptıkları araştırmada bu bireylerin %12'sinin Sınıf III maloklüzyonlu olduğunu bulmuşlardır (Sayın ve Türkkahraman, 2004).

Kaygısız ve diğerleri ise, 1,110 bireyi inceledikleri bir çalışmada; bireylerin %11,7'sinde Sınıf III anomali olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışma kapsamında bireyler süt, erken karma, geç karma ve daimî dişlenme dönemi olmak üzere dört gruba ayrılmış ve Sınıf III anomalilerin görülme oranı süt dişlenme döneminde %1,2, erken karma dişlenme döneminde %11,6, geç karma dişlenme döneminde %10,5 ve daimî dişlenme döneminde %18,1 olarak kaydedilmiştir. Gruplar arası kıyaslamada Sınıf III anomalilerin görülme miktarı erken karma, geç karma, daimî dişlenme dönemlerinde süt dişlenme dönemine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Çalışma sonucunda Sınıf III anomalilerin görülme oranının süt dişlenme döneminden daimî dişlenme dönemine geçerken giderek artış gösterdiği sonucuna varmışlardır (Kaygisiz ve diğerleri, 2015).

2.1.2. Sınıf 3 maloklüzyonların etiyojisi

Maloklüzyonların tedavisinde etiyojisi büyük önem taşımakta olup, başarılı ve stabil bir tedavi sonucu elde edebilmek için anomaliye sebep olan etkenlerin bilinmesi ve ortadan kaldırılması büyük önem taşımaktadır.

Kraniyofasiyal yapının gelişiminin beş farklı faktöre bağlı olduğu J. Von Limborg tarafından belirtilmiştir. Bunlar intrinsik genetik, lokal ve genel epigenetik, lokal ve genel çevresel faktörler olarak sıralanabilir. İntrinsik genetik faktörler hücrenin içinde, epigenetik faktörler ise hücrenin dış kısmında kendini gösterir. Çevresel faktörler genetik yapılardan etkilenmez,

etki dış çevreden kaynaklanır (van Limborgh, 1983). Bu faktörlerle ilgili bireyin büyüme gelişim döneminde oluşan farklılıklar maloklüzyonların oluşumuna zemin hazırlayabilir.

Sınıf III maloklüzyonun etiyojisinin ise multifaktöriyel olduğu düşünölmekle birlikte kalıtımın en büyük etken olduğu bilinmektedir. Kalıtım ve çevresel faktörler arasında karmaşık bir etkileşim olup bir arada görölebileceği gibi, tek başına da etken faktör olarak görölebilmektedir (Battagel, 1993; Doraczynska-Kowalik ve diğerleri, 2017).

Sınıf III maloklüzyonun oluşumunda rol oynayan faktörler genetik ve çevresel faktörler olacak şekilde 2 grup altında açıklanabilir.

Genetik faktörler

Avusturya’da yaşamış olan Habsburg Kraliyet Ailesi’nde 9 nesil boyunca görölen, alt çene prognatizminden kaynaklanan Sınıf III anomali genetiğin etkisi gösteren en iyi örneklerden birisidir. Genetik geçişle ilgili yapılan çalışmada anomalinin otomozal dominant veya resesif geçiş yapmadığı, birçok farklı gen bölgesinin etkileşimiyle olduğu rapor edilmiştir (Litton ve diğerleri, 1970; Watanabe ve diğerleri, 2005). Buna karşın, özellikle mandibular fazlalık görölen vakalarda tek bir genle geçiş gösterildiğini savunan çalışmalar da vardır (Wolff ve diğerleri, 1993; Cruz ve diğerleri, 2008; Vilas ve diğerleri, 2019).

Jena ve diğerleri, Sınıf III maloklüzyon gösteren tek yumurta ikizleri ile yaptıkları çalışmalarında ikizlerin kranial kaidelerinin, mandibulanın anteroposterior konumu gibi bazı kraniyofasiyal yapılarının farklı olması sebebiyle Sınıf III maloklüzyonun oluşum mekanizmasında genetik faktörün yanı sıra çevresel faktörlerin de etkili olabileceğini belirtmişlerdir (Jena ve diğerleri, 2005).

Ek olarak, kondil büyümesiyle ilişkili olan insülin benzeri büyüme faktörü-1, vasküler endotelial büyüme faktörü, paratiroid hormon benzeri hormon gibi büyüme faktörlerini kodlayan genlerin ve ortaya çıkma düzeylerindeki farklılıkların mandibula kaynaklı Sınıf III maloklüzyon oluşumunda önemli role sahip olduğu bildirilmektedir (Rabie ve diğerleri, 2002; Rabie ve diğerleri, 2003; Xue ve diğerleri, 2010).

Çevresel faktörler

Sınıf III anomali oluşumunda etkili olabilen çevresel faktörler ise şunlardır (Petit, 1983; Orton ve diğerleri, 1992; Turley, 2002):

- Endokrin bozukluklar,
- Kraniofasial sendromlar
- Konjenital anatomik defektler
- Hipertrofik tonsiller,
- Solunum yolu problemleri
- Dilin konumu ve büyüklüğü,
- Daimi keserlerin olması gerekenden farklı zaman ve doğrultularda erüpsiyonu
- Süt dişlerinin erken kaybı
- İstenmeyen oklüzal kuvvetler ve kontaklar,
- Travma,
- Duruş bozuklukları,
- Taklitçilik gibi psikososyal sorunlar ve mandibulanun önde konumlanmasına sebep olan alışkanlıklar

2.1.3. Sınıf 3 maloklüzyonların özellikleri

Moyers Sınıf III anomalileri dişsel, musküler (fonksiyonel) ve iskeletsel olmak üzere üç gruba ayırmıştır (Moyers, 1988). İskelet kaynaklı Sınıf III anomaliler maksillanın ön kafa kaidesine göre geride, mandibulanın ileride konumlanması, maksillanın boyutsal az gelişmiş olması, mandibulanın aşırı büyümüş olması ya da bu durumların kombinasyonu gibi kemiklerin boyutsal/konumsal farklılıkları sonucu oluşabilir (Jacobson ve diğerleri,1974). Bu durumların yanı sıra maksiller dentisyonun retrüziv, mandibular dentisyonun protrüziv olması da Sınıf III maloklüzyon durumunda ağız içinde görülen dental bileşenler olarak söylenebilir.

Diş kaynaklı Sınıf III maloklüzyonda, SNA,SNB ve ANB açıları normal sınırlar içinde olup sagittal yönde iskeletsel yapıda bir sapma olmazken maksiller dişlerin retroklinasyon, mandibular dişlerin proklinasyonu ya da her iki durumun birleşimi görülmektedir.

Fonksiyonel Sınıf III anomaliler ise, maksilla ve mandibulanın normal boyutlara sahip olmasına rağmen, çeşitli nedenlerden dolayı mandibulanın uzun süre olması gerekenden daha ileride konumlandırılmasıyla iskeletsel yapıda kalıcı anatomik değişikliklerin oluşmasıyla karakterizedir. Sonradan kazanılan bir Sınıf III türüdür.

İskeletsel Sınıf III anomalilerin bireyden bireye değişebilmekle birlikte bazı karakteristik sefalometrik bulguları şu şekildedir (Ellis III ve McNamara Jr, 1984; Mackay ve diğerleri, 1992; Reyes ve diğerleri, 2006):

- Maksiller retrognathi vakalarında SNA açısında azalma,
- Mandibular prognathi vakalarında SNB açısında artma,
- Negatif ANB açısı,
- Maksillanın efektif boyutunda azalma, mandibulanın efektif boyutunda artma,
- Maksiller kesici dişlerde protrüzyon, mandibular kesici dişlerde lingual inklinasyon, anterior çapraz kapanış,
- Alt ön yüz yüksekliğinde ve gonial açıda artış.

2.1.4. Sınıf 3 maloklüzyonların tedavi zamanlaması

Sınıf III anomalileri uygun zamanda tedavi edebilmek için anomalinin nasıl oluştuğunu, atak yaptığı dönemleri ve sonuçta nasıl bir profil ortaya çıktığını bilmek önemlidir. İdeal tedavi zamanlaması konusunda ortodontistler arasında çeşitli görüşler ve fikir ayrılıkları bulunmaktadır. Bazı ortodontistler büyüme ve gelişim döneminde yapılan ortopedik tedavilerin etkinliğini savunurken, bazıları ise ortopedik tedavi uygulamayarak erişkin dönemde sabit ortodontik tedaviyle kamuflej ya da ortognatik cerrahi tedavilerini uygun bulmaktadır (Guyer ve diğerleri, 1986; Sugawara ve diğerleri, 1990).

Sınıf III hastalarda erken dönemde ortopedik tedavi uygulamak konusunda isteksiz olunmasının nedenlerinden biri, mandibular büyümenin tahmin edilmesindeki zorluklardır (Ngan, 2002). Bu amaçla tek bir sefalometrik radyografin kullanılmasının sınırlamaları olmakla birlikte; erken dönemde yapılan tedavilerin uzun vadeli sonuçlarından yapılan analizler, mandibula konumu, korpus uzunluğu, gonial açı ve ramal yükseklik gibi bazı sefalometrik değişkenler mandibular büyümeyi uzun vadede tahmin etmek amaçlı kullanılabilir. Yine de yapılan müdahalelere rağmen erken dönem ortopedik tedavi görmüş

hastalarda büyüme periyodunun sonunda hala cerrahi tedavi gerekebilir (Franchi ve diğerleri, 1997; Tahmina ve diğerleri, 2000; Ghiz ve diğerleri, 2005; Gokalp ve diğerleri, 2010). Özellikle genetik paterne bağlı ortaya çıkan Sınıf III maloklüzyonlarda mandibulanın büyümeye devam edeceği ve genetik olarak belirlenen boyutlara ulaşacağı düşünülmektedir. Böyle durumlarda hastalar, tedavinin ilk aşaması başarılı olsa bile daha sonraki bir tarihte ameliyat gerekebileceği yönünde bilgilendirilmelidir.

Erken ortopedik tedavilerde ise amaç, uzun vadede daha uygun bir dentofasiyal gelişimin meydana gelebileceği ortam yaratmak ve normal psikososyal gelişim için yüz estetiğini düzeltmek gibi sebeplerle Sınıf III maloklüzyonun tedavisine erken başlanması gerektiği savunulmaktadır (Campbell, 1983).

Erken Sınıf III tedavinin hedefleri aşağıdakileri içerebilir (Ngan, 2005):

- Geri dönüşü olmayan progresif yumuşak doku veya kemik değişikliklerini önlemek,
- İskeletsel uyumsuzlukları iyileştirmek ve gelecekteki büyüme için daha uygun bir ortam sağlamak,
- Oklüzal fonksiyonları iyileştirmek,
- İleride gerçekleştirilecek olası cerrahi prosedürlerin kapsamını en aza indirmek,
- Daha hoş bir yüz estetiği sağlayarak çocuğun psikososyal gelişimini iyileştirmek.

Literatürde bir histoloji çalışmasında infantil evrede (8-10 yaş) midpalatal süturun geniş ve pürüzsüz olduğu, juvenil evrede ise (10-13 yaş) daha skuamöz ve üst üste bindiği gösterilmiştir. Benzer bir şekilde maksillaya komşu süturlarda hücrel aktivasyonun erken dönemde yüksek olması ve palatal kemiğin pterygoid süreçlerden ayrılmasının bu dönemlerde mümkün olmasından dolayı Sınıf III maloklüzyonların erken dönemde maksiller retraksiyon ile tedavi edilmesinin sütural büyümeyi aktive ettiği bazı çalışmalarda bildirilmiştir (Melsen ve Melsen, 1982; Mermigos ve diğerleri, 1990).

Birçok araştırmacı, Sınıf III maloklüzyona müdahale etmek için en uygun zamanın, maksiller kesici dişler ve daimi 1.molar dişler sürdükten sonra olduğunu savunmaktadır (Angle, 1907; Campbell, 1983; Proffit ve diğerleri, 2018).

Sınıf III maloklüzyonlu bireylerin süt dişlenme (3-6 yaş), erken karma dişlenme (6-9 yaş) ve geç karma dişlenme (9-12 yaş) dönemi olarak ayırarak tedavi edildiği bir çalışmada, süt ve erken karma dişlenme dönemindeki bireylerde geç karma dişlenme dönemindeki bireylere göre daha fazla düzelme meydana geldiği için kooperasyon sağlanır sağlanmaz tedaviye başlanması gerektiği bildirilmiştir (Saadia ve Torres, 2000). Bacetti ve diğerleri de karışık dişlenme dönemindeki iskeletsel Sınıf 3 maloklüzyonlu bireyleri tedavi ettikleri çalışmalarında erken karışık dişlenme dönemindeki bireylerde geç karışık dişlenmedekilere göre daha etkili tedavi yanıtı gözlemlemiştir (Baccetti ve diğerleri, 1998).

Buna ek olarak büyüme ve gelişimin erken ve geç dönemlerinde Sınıf III maloklüzyonların tedavilerinde fark olmadığını bildiren çalışmalar da literatürde mevcuttur (Baik, 1995; Merwin ve diğerleri, 1997; Yüksel ve diğerleri, 2001).

Sınıf III maloklüzyon için erken ortodontik tedaviyi inceleyen 2017 yılında yapılmış bir sistematik derleme ve meta analizde, incelenen 15 çalışmanın 12'sinin kanıt kalitesi düşük bulunmuştur. Ek olarak reverse headgear ile yapılan erken dönem tedavilerde hem iskeletsel hem de dişsel değişikliklerde olumlu gelişmelerle sonuçlandığını gösteren orta düzeyde kanıt bulunmuş; uzun dönemde elde edilebilecek faydalar için kanıt eksikliği olduğu görülmüştür. Çenelik apareyinde ise, yüksek heterojenite ve hata riski nedeniyle, tedavi edilmeyen kontrol grubu ile karşılaştırıldığında daha büyük iskeletsel değişiklikler görülse de, sonuçların dikkatli yorumlanması gerektiğinden bahsedilmiştir. Çalışmada Sınıf III hastalarda erken dönemde uygulanan ortopedik tedavinin uzun dönem etkilerini ve faydasını belirlemek için daha fazla uzun vadeli, yüksek kaliteli çalışmalara ihtiyaç duyulduğu sonucuna ulaşılmıştır (Woon ve Thiruvengkatachari, 2017).

2.1.5. Sınıf 3 maloklüzyonlarda tedavi yaklaşımları

Sınıf III maloklüzyonun tedavisinde değerlendirilmesi gereken önemli faktörler; maloklüzyonun hangi komponentlerden kaynaklandığı, iskeletsel büyüme dönemi ve maloklüzyonun etiolojisidir. Buna göre tedavi seçenekleri; ortopedik tedaviler, ortognatik cerrahi ve ortodontik kamuflaj olmak üzere üç şekilde sınıflandırılabilir.

Ortopedik tedavi

Büyüme dönemindeki bireylerde, mevcut büyüme potansiyelinden faydalanarak çene ilişkisinin yönlendirilmesi ortopedik tedavilerin temelini oluşturur. Günümüzde sınıf III anomalilerin tedavi seçenekleri, anomalinin meydana geldiği çeneye ve bireyin içinde bulunduğu büyüme dönemine göre farklılıklar göstermektedir. Genel olarak Sınıf III anomalilerde bireylerin gelişim dönemlerine göre seçilen tedavi yöntemleri irdelendiğinde; erken dönemlerde kötü alışkanlıklara bağlı olarak meydana gelen olan Sınıf III anomalilerin alışkanlık kırıcı apareylerle tedavi edilebileceği düşünülmektedir (Joondeph, 1993). Sınıf III anomalileri düzeltmek amacıyla ağız içi ve ağız dışından uygulanan apareyler şu şekilde sınıflandırılabilir:

- Ağız içi uygulamalar
 - a) Bionator III
 - b) Frankel III
 - c) Two piece corrector
 - d) Hareketli mandibular retractor
 - e) Mıknatıslı apareyler
 - f) Tandem traksiyon yüz arkı apareyi
 - g) Modifiye tandem apareyi
 - h) Modifiye tandem traksiyon yüz arkı apareyi
 - i) Ağız içi çift plak apareyi
 - j) Mini maksiller protrüzyon apareyi
- Ağız dışı uygulamalar
 - a) Çenelik
 - b) Reverse headgear uygulaması
 - c) Çenelik ve reverse headgear apareylerinin kombine kullanımı
 - d) AVPA

Edward Angle'ın yaptığı sınıflamada dişsel ve iskeletsel anomalilerin ayrımı yapılmamıştır. O dönemlerde Sınıf III maloklüzyonun sadece alt çene ileriliğinden kaynakladığı

düşünülmüş ve mandibular büyümenin kontrol edilmesiyle tedavi edilebileceği savunulmuştur. Zaman içerisinde lateral sefalometrik radyografların gelişimiyle bu düşüncenin doğru olmadığı görülmüş ve maksiller yetersizlik-maksillomandibular uyumsuzluk kavramları ortaya çıkmıştır (Proffit ve diğerleri, 2018).

Mandibular fazlalıktan kaynaklanan sınıf III maloklüzyonun ortopedik tedavisi

Mandibula kaynaklı Sınıf III maloklüzyonlarda, mandibular boyut ve SNB açısı artmış olup, genellikle maksilla normal gelişim göstermektedir. Büyümenin frenlenmesi veya yönlendirilmesi amacıyla mandibulaya geriye doğru kuvvet uygulayan çenelik veya Sınıf III aktivatör apareyleri uygulanabilir (Graber ve Rakosi, 1997; Proffit ve diğerleri, 2018). 2 parçalı mıknatıslı apareyler de çoğunlukla mandibulanın fonksiyonel konumundan kaynaklanan maloklüzyonun tedavisinde tercih edilebilir (Tuncer ve Üner, 2005; Zhao ve diğerleri, 2015). İskeletsel ankraj sistemlerinden uygulanan Sınıf III elastikler temelde maksiller protraksiyonda başarılı bir yöntem olarak kullanılmasına karşın, mandibula üzerinde etkileri olduğu da bilindiğinden mandibular büyümeyi engelleyici olarak kullanılabilirler (De Clerck ve diğerleri, 2012).

Maksiller yetersizlikten kaynaklanan sınıf III maloklüzyonun ortopedik tedavisi

Mandibula normal konumdayken, maksillanın veya orta yüzün geride olmasıyla karakterize bu maloklüzyonda orta şiddetteki vakalarda aktivatör ya da Frankel apareyi uygulanırken, şiddetli vakalarda ağız dışı ortopedik kuvvet uygulamalarından faydalanılabilir (Graber ve Rakosi, 1997). Maksillanın vertikal yetersizliği ile görülen derin kapanış vakalarında, mandibulanın otorotasyonu ve bununla birlikte Sınıf III ilişkinin şiddetlenmesi de görülebilir. Ağızdışı ortopedik kuvvet uygulamalarıyla maksillanın sagittal ve vertikal yönlerde büyümesini stimüle etmek amaçlanıp; maksiller vertikal büyümeyi ve posterior dişlerin erüpsiyonunu artırarak mandibulanın posterior rotasyonu ile birlikte sagittal ilişkinin düzelmesine katkıda bulunulur (Graber ve Rakosi, 1997; Gallagher ve diğerleri, 1998). Bu tedavilerin sonucunda orta yüz konkavitesinde bir gelişme gözlenebilir. Maksiller protraksiyon adı verilen ve maksiller büyümeyi stimüle etmeyi amaçlayan bu ağız dışı ortopedik kuvvet uygulamalarından sıkça kullanılanlardan birisi reverse headgear'dır.

Reverse headgear

1800'lü yıllarda maksiller protraksiyon amaçlı ilk apareyler kullanılmaya başlanmıştır. 1866 yılında Norman W. Kingsley tarafından DDY hastalarının kullandığı ısırma plakları üzerine uygulanan lastikler ve 1875 yılında Potpeschnigg tarafından maksillanın anterior protraksiyonu için geliştirilen reverse headgear bu alanda literatürde bilinen ilk uygulamalardır (Potpeschnigg, 1875). Günümüzde kullanılan reverse headgear apareyine çok benzeyen yüz maskesi ise 1970'li yıllarda Delaire tarafından dizayn edilmiştir. Bu aparey alından destek alan kısım, mental bölgeden destek alan çenelik kısmı ve prelabial ark olmak üzere 3 kısımdan oluşmakta ve maksillaya aşağıya ve arkaya rotasyon yaptırmaktadır (Delaire ve diğerleri, 1978).

Petit, Delaire'in yüz maskesinde yüzün iki yanında geçen uzun metal barları midsagittal düzlemde birleştirmiş ve yine alın ile çene ucundan destek alan Petit Tipi yüz maskesini tanıtmıştır (Petit, 1983). Günümüzde de maksiller retrüzyona sahip hastaların tedavisinde en çok kullanılan ekstraoral apareylerden birisidir.

Zaman içerisinde aparey kullanıldıkça gözlemlenen istenmeyen etkileri ortadan kaldırmak amacıyla çeşitli reverse headgear ya da diğer adıyla yüz maskesi modifikasyonları tanıtılmıştır. Tubinger tipi yüz maskesi alınla çene ucundan ankraj alır ve burnun sağ ve solundan tarafından uzanan iki çelik bar içerir (Doğan ve Ertürk, 1991). 1980 yılında Nanda çenelik ve face bowdan oluşan, baştan ankraj alan modifiye protraksiyon headgear'ı dizayn etmiş ve face bowun dış kollarını maksiller dentisyonun direnç merkezi olan maksiller premolar dişlerin kökleri hizasında ayarlayarak maksillanın istenmeyen rotasyonunu önlemeyi amaçlamıştır. Konvansiyonel yüz maskesinde kullanılan ve hastaları kullanım sırasında olumsuz etkileyebilen lastiklerin yerine face bow'dan faydalanılmıştır. Bu apareyin uygulanması sonucunda B noktası etrafında rezorpsiyon, maksillada ileri yönde yer değiştirme, maksiller dentisyonunda protraksiyon, maksiller keser dişlerde flaring, mandibular keser dişlerde ise lingual yönde devrilme, mandibulada posterior rotasyon bildirmiştir (Nanda, 1980).

Grummons 1994 yılında, önceki yüz maskelerinde temporamandibuler eklemde çeneliğin etkisiyle görülmesi beklenen olumsuz etkileri ortadan kaldırmayı hedefleyerek oksipital,

alın ve suborbital bölgelerden ankraj alan Grummons yüz maskesini tasarlamıştır (Hegmann ve Rüther, 2003).

Keleş ve Alcan da benzer şekilde temporomandibular eklem üzerindeki aparey etkilerini minimuma indirmek için ağız dışında alın bölgesinden ankraj alan, ağız içinde ise hızlı maksiller genişletme aygıtı içeren ve maksiller dişlerin üzerini kaplayan akrilik plaktan ve özel bükülmüş bir face bowdan oluşan bir modifiye protraksiyon headgear'ı dizayn etmişlerdir (Alcan ve diğerleri, 2000).

Göyenç ve Ersoy, maksiller dişlerin tamamını kapsayan hareketli bir akrilik plak içine yerleştirilen face bow'dan maksillanın direnç merkezinden geçecek şekilde elastik uygulaması ile Delaire tipi yüz maskesini birleştirerek uygulama yapmışlardır (Göyenç ve Ersoy, 2004).

Altuğ ve Arslan 2006 yılında literatürde yayınlanan çalışmalarında; ağız içinde üst çenede tüm dişleri kapsayan ve genişletme vidası içeren, premolar dişler hizasında içine yerleştirilmiş hook'lar bulunan akrilik plak, alt çenede ise mandibular posterior dişleri kapsayan akrilik plaktan ankraj alan, ağız dışında ise servikal bölge ve çene ucundan destek alan bir modifiye yüz maskesi apareyi tanıtmıştır (Altug ve Arslan, 2006).

Özoğul ve Akkaya tarafından sunulan Akkaya Vertikal Protraksiyon Apareyi'nde ise, konvansiyonel reverse headgear'in yan etkisi olarak görülebilecek olan dik yön yüz boyutlarındaki artışı önlemek ve vertikal boyutları artmış maksiller yetersizliği olan Sınıf 3 olgularda uygulanmak üzere dikey çenelik üzerinden yukarıya doğru maksiller dişlerin üzerini örtecek şekilde hareketli ya da sabit olarak hazırlanan akrilik plağa uzanan 2 koldan uygulanan kuvvetle tedavi amaçlanmıştır (Özoğul ve Akkaya, 2015).

Reverse headgear'ın uygulama endikasyonları şu şekilde sıralanabilir (Nanda, 1980; Cozzani, 1981; Gaukroger ve diğerleri, 2000; Showkatbakhsh ve diğerleri, 2012; Nienkemper ve diğerleri, 2013; Zhang ve diğerleri, 2019):

1. Maksilla kaynaklı iskeletsel Sınıf III vakalarda ortopedik etki sağlamak amacıyla,
2. Ortognatik cerrahi sonrası retansiyon amaçlı

3. Minimum ankraj vakalarında
4. Dudak damak yarıklı vakalarda.

Protraksiyon kuvvetinin uygulanma açısı ve kuvveti

Protraksiyon kuvvetinin maksillanın direnç merkezine göre yönü, uygulamanın kranifasiyal sistem üzerindeki etkisi açısından oldukça önemlidir. Maksiller kemiğin direnç merkezi ile ilgili maksillanın zigomatik çıkıntısının altında, zigomatik çıkıntı hizasında, orta hat üzerinde, pterygomaksiller fissürün arka üst sırtında gibi birkaç farklı bölge literatürde bulunmaktadır (Staggers ve diğerleri, 1992; Tanne ve diğerleri, 1995; Billiet ve diğerleri, 2001). Ek olarak bunların teorik varsayımlar olduğu, tüm bireylerde aynı olmayabileceği ve ortopedik uygulamalarda bu durumun göz önünde bulundurulması gerektiği gibi görüş de mevcuttur (Papadopoulos ve Christou, 2000).

Keleş ve diğerleri, kuvvet yönünü değiştirmenin maksiller protraksiyon üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında 2 grup oluşturup 1. Grupta kanin bölgesinden oklüzal düzleme 30° açıyla ileri ve aşağı yönde, 2. Grupta maksiller oklüzal düzlemin 20 mm yukarisından ekstraoral olarak her 2 grupta da tek taraflı 500 g kuvvet uygulamışlardır. Sonuç olarak grup 1'de maksillanın saat yönünün tersine rotasyonla öne doğru ilerlediğini, Grup 2'de rotasyon olmaksızın maksillanın anterior translasyonunu gözlemlediklerini belirtmişlerdir (Keleş ve diğerleri, 2002).

Itoh ve diğerleri, fotoelastik analiz için oluşturulan 3 boyutlu anatomik insan kafatası modelinde protraksiyon kuvvetlerinin oklüzal düzleme paralel ve oklüzal düzleme 20° aşağı doğru bir vektörle uygulandığında maksillanın ön kısmında daralma olduğu; ayrıca oklüzal düzleme paralel protraksiyonda molar dişin ve palatal düzlemin saat yönünün tersine döndüğü, oklüzal düzleme 20° aşağı doğru verilen kuvvetinse bu etkiyi azalttığı görülmüştür (Itoh ve diğerleri, 1985).

Hata ve diğerleri ise maksillada etkili bir öne yer değiştirmenin klinik olarak palatal düzlemin 5 mm yukarisına uygulanan bir kuvvetle elde edilebileceğini öne sürmüşlerdir (Hata ve diğerleri, 1987).

Ishii ve diğçerlerinin 1.premolar ve 1.molar dişler hizasından yaptıkları farklı protraksiyon uygulamalarında, 1. molar protraksiyon grubunda 1.premolara kıyasla maksillada daha fazla öne doğru yer değiştirme ve daha fazla yukarı ve öne doğru rotasyon görölmüştür (Ishii ve diğçerleri, 1987).

Tanne ve diğçerleri ekstraoral maksiller protraksiyon kuvvetlerinin yönlerinin kraniyofasiyal kompleksteki biyomekanik değişiklikler üzerindeki etkisini üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemini kullanarak araştırdıkları çalışmalarında 1.molar dişler hizasından öne doğru 1 kg büyüklüğünde oklüzal düzleme paralel ve 30° açđ yapacak şekilde farklı kuvvetler uygulamışlar; oklüzal düzleme paralel uygulama sonucunda nazomaksiller komplekste öne doğru yer değiştirme ile yukarı ve ileri rotasyon, aşağı doğru kuvvet uygulamasında ise öne translasyonel hareket gözlemlemişlerdir (Tanne, ve diğçerleri, 1989).

Ngan ve diğçerleri tarafından protraksiyon yüz maskesi kullanılarak Sınıf III maloklüzyon tedavisine ilişkin klinik prospektif çalışmada kanin dişler bölgesine uygulanan 30° ileri ve aşağı kuvvet ile maksiller protraksiyonda kabul edilebilir bir klinik yanıt üretildiğini bildirmişlerdir (Ngan ve diğçerleri, 1997).

Lee ve diğçerleri, insan kuru kafatasđ üzerinde yaptıkları çalışmada oklüzal düzlemin 5-10-15 mm üzerinden ve 5-10 mm altından ve oklüzal düzlem hizasından, oklüzal düzleme paralel ve 20° aşağı yönde açđ yapacak şekilde kuvvet vektörleri oluşturmuşlardır. Oklüzal düzleme paralel uygulanan kuvvetin maksillada ileri yön hareketi ile birlikte anterior rotasyon meydana getirdiğini ancak uygulama noktasđnđ oklüzal düzlemden yukarı kaydđrdıkça anterior rotasyon miktarının azaldđđını bildirmişlerdir. Oklüzal düzleme göre aşağı doğru 20° açđ yapacak yönde kuvvet uygulandığında translasyonel hareketler veya posterior rotasyon oluştuğunu bildirmişlerdir. Gerçek translasyon hareketi için kuvvetin oklüzal düzlemin 15 mm. üzerinden ve 20° aşağı açđlandırma ile uygulanması gerektiğini vurgulamışlardır (Lee ve diğçerleri, 1997).

Protraksiyon kuvvetinin büyüklüğüne bakılacak olursa, tek taraflđ 125g'lık hafif kuvvetlerle başlayıp zamanla 250 g'a kadar artırđlan uygulamalardan(Mermigos ve diğçerleri, 1990), tek taraflđ 1000 g'a kadar artan protraksiyon kuvvet uygulamaları literatürde görölmektedir (Cozzani, 1981).

Hicham, tek tarafta uygulanan 600-800 gr. lık kuvvetin protraksiyon amacıyla kullanıldığında ortopedik etki meydana getirdiğini belirtmiştir (Hicham, 1991).

Gallagher ve diğerleri, maksiller bölgeye uygulanan ortopedik kuvvetin açısı sebebiyle mandibula üzerinde de etkileri olabileceğinden bahsetmişler ve yaptıkları çalışmada tek tarafta 600-800 g'lık bir protraksiyon kuvvetinin ideal olduğunu belirtip bu kuvvetin alt çeneye 840-1200 g arasında bir yansıması olduğunu öne sürmüşlerdir (Gallagher ve diğerleri, 1998).

Grandori ve diğerleri tarafından yapılan modellemede, maksillaya anterior yönde uygulanan 1000 g'lık kuvvetin, çene ucuna 700-750 g civarı karşıt yönde kuvvet uygulayıp alt çenenin posterior rotasyonuna sebep olabileceğini vurgulamışlardır (Grandori ve diğerleri, 1992).

Bir diğer çalışmada maksillaya uygulanan 800 g'lık kuvvetin yaklaşık %75'inin temporomandibular ekleme iletildiği, bu kuvvetin TME için kesik kesik ancak ağır bir kuvvet olduğundan bahsedilmiştir (Ngan ve diğerleri, 1997).

Yepes ve diğerleri tarafından yapılan bir sistematik derlemede yüz maskesi için literatürdeki çalışmalarda 180 ila 800 g arasında değişen kuvvet büyüklüğü, oklüzal düzlemin 20-30 derece altında veya oklüzal düzleme paralel kuvvet yön değerleri ile günde 10 ila 24 saat arasında değişen bir kullanım süresi olduğu fakat yüz maskesi ile maksiller protraksiyon uygulaması için kuvvet büyüklüğü, yönü ve süresi için yeterli parametrelerin tanımlanmasına izin verecek kesin bilimsel kanıt olmadığı yönünde sonuca varılmıştır (Yepes ve diğerleri, 2014).

Bu konuda önerilen genel uygulamaya bakıldığında, doğru tedavi zamanında uygulandığında reverse headgear aparatının günlük 12-14 saatlik bir kullanımla, 350-400 g kuvvet uygulayacak şekilde %75 ihtimalle başarılı bir tedavi oluşturabileceğinden bahsedilmektedir (Proffit ve diğerleri, 2018).

Reverse headgear uygulamasının kraniyofasiyal bölgede meydana getirdiği değişimler

Ortopedik uygulamalarda mekanik kuvvetlerle kraniyofasiyal yapılarda büyüme gelişimi yönlendirerek değişiklik yapmak amaçlanmaktadır. Rezorbsiyon, kemik apozisyonu gibi olgularla ortopedik uygulamalarda hücresel bazda benzer etkiler gözlenir. Süturlar üzerine

direkt bir etkileşim olmadığı için sütural büyüme doğrudan stimüle edilemez fakat kemiğe iletilen kuvvetlerin mekanik stres olarak yansımalarıyla süturlarda hücre büyümesini stimüle eden gerilimler görülebilir (Mao, 2002; Mao ve diğerleri, 2003).

Kambara tarafından *Macaca irus* maymunları üzerinde yapılan bir çalışmada, tek taraflı 300 g'lık bir protraksiyon kuvveti uygulamasının sonucu olarak sirkummaksiller suturlarda ve maksiller tüber bölgesinde değişimler, suturlarda açılma, sütural bağ doku fibrillerinde gerilim ve gerilen fibriller boyunca yeni kemik çökeltilerinin oluşumu gözlenmiştir (Kambara, 1977).

Jackson ve diğerleri *Macaca nemestrina* maymunlarının maksillalarına anterior yönde bir ekstraoral kuvvet uygulamış ve kuvvetin uygulanmasını takiben tüm maksiller süturlarda iskeletsel remodelasyon görmüş, bunun miktarının sütünun kuvvet sistemine olan mesafesi ve oryantasyonu ile orantılı olabileceğini savunmuşlardır (Jackson ve diğerleri, 1979).

Nanda ve Hickory de benzer şekilde *Macaca mulatta* maymunları ile yaptıkları çalışmalarında protraksiyon kuvvetinin zigomatikomaksiller suturlarda histolojik düzeyde değişim meydana getirdiğini ve bu değişimin uygulanan kuvvetin yönünden etkilendiğini bildirmişlerdir (Nanda ve Hickory, 1984).

Yapılan bir sonlu elemanlar analizi çalışmasında maksiller protraksiyondan sonra, maksimum von Mises stresi ile ilişkili sütünler sırasıyla sfenozigomatik, zigomatikomaksiller ve zigomatikotemporal sütünlar olarak gözlenmiştir (Gautam ve diğerleri, 2009).

Transvers maksiller darlıkla birlikte sagittal yönde maksiller yetersizliği görülen vakalarda posterior çapraz kapanışın düzeltilmesi, ark boyunun artması ve oklüzal interferenslerin elimine edilerek kapanışın açılmasının da RPE ile uygulanan yüz maskesine olumlu etkileri olabileceği şeklinde yorumlanmaktadır (Turley, 2002). Bu görüşe karşıt olarak bazı çalışmalar ise ekspansiyon yapılan ve yapılmayan RH tedavileri arasında belirgin fark görememişlerdir (Kim ve diğerleri, 1999; Tortop ve diğerleri, 2007).

Rapid palatal ekspansiyon uygulamasının, maksillanın kraniofasial komplekste komşu olduğu kemiklerle sütural artikülasyonunu bozarak, protraksiyon kuvvetlerine karşı sütural

hücresel cevabı ve maksillanın ileri yöndeki hareketini artırdığını bildirilmiştir (Bell, 1982; Wang ve diğerleri, 2009).

2005 yılında Liou ve diğerleri tarafından tanıtılan, ardışık 7-9 hafta boyunca RPE vidasının açılıp kapanmasıyla karakterize Alt-RAMEC protokolü de sütür mobilizasyonu sağlayarak yüz maskesinden alınan verimi artırmayı hedeflemektedir (Liou ve Tsai, 2005). Liou'nun damak yarıklı bireylerde yaptığı uygulamadan aldığı verimli sonuçların aksine, Alt-Ramec'in RPE uygulamasından çok da farklı değişiklikler oluşturmadığını gösteren görüşler de literatürde mevcuttur (Sitaropoulou ve diğerleri, 2020; Özbilen ve diğerleri, 2021).

Süturların haricinde reverse headgear uygulamasını takiben kraniyofasiyal bölgede görülen iskeletsel, dental ve fonksiyonel değişiklikler şu şekilde sıralanabilir:

- Pseudo Sınıf 3 vakalarda bozulan oklüzal ilişkinin düzeltilip sentrik oklüzyon sentrik ilişki uyumunun sağlanması,
- Maksilla'nın öne doğru hareketi ve kuvvetin uygulanma doğrultusuna göre rotasyonu (Mandall ve diğerleri, 2010; Nienkemper ve diğerleri, 2015),
- Maksiller posterior dişlerin ileri ve aşağı hareketi ve maksiller kesici dişlerde protrüzyon (Elnagar ve diğerleri, 2017; Maino ve diğerleri, 2018),
- Alt kesici dişlerde lingoversiyon (Elnagar ve diğerleri, 2017),
- Mandibulanın aşağı ve arkaya rotasyonu ve alt yüz yüksekliğinde artış (Baik, 1995; Macdonald ve diğerleri 1999),
- Üst dudağın belirginleşmesi ve yumuşak doku konveksitesinin artması (Kiliçoğlu ve Kirliç, 1998; Macdonald ve diğerleri, 1999).

Reverse headgear ile kullanılan ağız içi ankraj üniteleri

Protraksiyon kuvvetinin maksillaya doğru ve en verimli olacak şekilde iletilmesi RH tedavisinin başarılı bir şekilde tamamlanabilmesi için büyük önem taşımaktadır. Bu sebeple çeşitli ağız içi ankraj üniteleri tasarlanmış olup, temelde diş destekli (konvansiyonel) ve iskelet destekli olmak üzere 2 ana başlık altında toplanabilirler.

Diş destekli ağız içi ankraj üniteleri

Maksiller dişlerin üzerini kaplayan sabit ya da hareketli plaklar, sabit labiolingual arklar, quadheliks ya da Nance apareyleri, ankiloze dişler ya da sabit ortodontik mekanikler diş destekli ankraj üniteleri arasında gösterilebilir.

Cozzani maksiller dişleri bukkal ve palatinalden saran hareketli akrilik plaklar içerisine yerleştirilen kroşeler aracılığı ile RH uygulaması yapmıştır (Cozzani, 1981). Orton ve diğerleri de hareketli plaklarla RH tedavisi gerçekleştirmiş, karışık dişlenme döneminde uygulanan hareketli plakların kuvveti maksiller dişlere ek olarak damağa ilettiğinden bahsetmişlerdir (Orton ve diğerleri, 1992).

Yüksel ve diğerleri, müteharrik apareyden ankraj alarak RH uyguladıkları tedavi grubu ile tedavi edilmemiş bireyleri içeren kontrol grubunu kıyaslamış; tedavi grubunda SNA açısında erken ve geç dönemde artış gözlenmiş, kontrol grubunda değişim gözlenmemiş ancak bu değişimler gruplar arasında fark göstermemiştir. Tedavi grubunda SNB açısındaki azalma grup içinde anlamsız bulunurken erken dönemde kontrol grubuna göre anlamlı olduğu görülmüştür. Her iki tedavi grubunda da üst kesicilerde ve molarlarda anlamlı düzeyde ileri yönde hareket gözlenmiştir (Yüksel ve diğerleri, 2001).

Akkaya ve diğerleri ise posterior dişlerin yüzeyini örten hareketli ağız içi apareyden ankraj alarak yüz maskesi ile, oklüzal düzlemle 20° açı yapacak şekilde tek taraflı 400 gr kuvvet uygulayarak tedavi ettikleri bireyleri tedavi edilmemiş kontrol grubu ile kıyaslamışlardır. Sonuçta sagittal yönde SNA açısında her 2 grupta da anlamlı artış meydana gelirken gruplar arasında anlamlı fark görülmemiştir. Tedavi grubunda A noktasında anlamlı artış gözlenirken kontrol grubundaki değişim anlamsız bulunmuştur. Üst kesicilerde her iki grupta da protrüzyon gözlenmiş ama gruplar arasındaki değişimin benzer olduğu vurgulanmıştır (Akkaya ve diğerleri, 1994).

Mermigos ve diğerleri süt molar veya daimi molar dişlere simante ettikleri labiolingual arktan destek alarak RH tedavisi uygulamış; çalışmanın sonucunda SNA açısında 1,76°'lik anlamlı bir artış ile birlikte maksillada ileri yönde 4,75 mm anlamlı hareket meydana geldiği bildirilmiştir (Mermigos ve diğerleri, 1990).

Kılıçoğlu ve Kırılıç da benzer şekilde, üst 1.molar dişlerin bantlarına lehimlenmiş dişleri bukkal ve palatinalden destekleyen 2 arktan ankraj olarak uyguladıkları yüz maskesinin sonucu olarak maksiller protraksiyonla birlikte maksillada anterior yönde hareket, mandibulada posterior rotasyon ve yüz yüksekliklerinde artış, üst kesicilerde protrüzyon ve alt kesicilerde retrüzyon görüldüğünü bildirmişlerdir (Kılıçoğlu ve Kırılıç, 1998).

Kajiyama ve diğerleri süt ve daimi 1. molarlara simante edilmiş bantları birbirine bağlayan akrilik bir apareyden destek olarak uyguladıkları Maxillary Protraction Bow Appliance(MPBA) olarak adlandırılan yüz maskesi ile tedavi edilmiş ve edilmemiş bireyleri karşılaştırmış ve sonuç olarak diğer çalışmalara benzer şekilde maksillada anlamlı düzeyde ileri yönde hareket, mandibulada posterior rotasyon, üst kesicilerde labiale alt kesicilerde linguale devrilme meydana geldiğini rapor etmişlerdir (Kajiyama ve diğerleri, 2004)

Bir başka RH uygulamasında ise süt kanin dişler bilinçli olarak ankiloz edilerek bu dişler üzerinden protraksiyon kuvveti uygulaması yapılmaya çalışılmıştır. 12 aylık uygulamanın sonunda anterior çapraz kapanış neredeyse düzeltilmiş fakat kök rezorbsiyonu sebebiyle süt kanin dişler kaybedilmiştir. Sefalometrik değerlendirme sonucu maksillada ileri hareket, az miktarda mandibular büyüme ve ankiloz dişin yerinde sabit kaldığı gözlenmiştir (Kokich ve diğerleri, 1985).

Tocci ve diğerleri de süt kanin dişlerin kasıtlı ankilozunu takiben bu dişlerden uygulanan RH sonrası etkileri tedavi edilmemiş kontrol grubu ile karşılaştırmış ve fasiyal konveksite açısı ile apikal bazal kemiğin sagittal hareketinin arttığını bulmuşlardır (Tocci ve diğerleri, 2013).

Tindlund süt dişlenme dönemindeki dudak damak yarıklı bireylerde palatinalde quad heliks ve anteriorda kanin bölgesinden ankraj olarak RH uygulaması yapmış ve erken dönemde tedaviyle birlikte bazal kemiğin yanıtının arttığını öne sürmüşlerdir (Tindlund, 1989). Itoh ve diğerleri de simüle ettikleri kafatası modeli üzerinde Nance apareyi, bukkal ve palatinalden dişleri destekleyen labiolingual ark ve bukkalden 1.molar ve premolar bağlayan palatinalde akrilikle kaplı sabit 3 farklı aparey tasarımını ankraj ünitesi olarak kullanmış ve oklüzal düzleme paralel ve 20° açıyla uygulanan protraksiyonda anterior maksillada daralma gözlemlemişlerdir. Paralel uygulamada açılı uygulamaya ek olarak maksillada saat yönünün tersine rotasyon da izlenmiştir (Itoh ve diğerleri, 1985).

Cozzani ise sabit ortodontik tedavi görmekte olan hastalarda lateral dişlerin distalinde maksiller ark teli üzerindeki kancalardan uzanan elastikler yardımı ile RH uygulaması yapmış ve başarılı sonuç almıştır (Cozzani, 1981; Cozzani ve diğerleri, 2013).

İskelet destekli ağız içi ankraj üniteleri

Dişlerden destek alınan yüz maskesi uygulamalarında iskeletsel değişikliklere ek olarak dişsel değişiklikler de görülebilmektedir. Bu değişiklikler ortopedik uygulama sırasında iskeletsel etkilerin kamufle olmasına ve yeri geldiğinde tedavinin beklenen daha farklı şekilde sonuçlandırılmasına sebep olabilir. Ortodontide mini vida ve mini plak gibi uygulamaların kullanım alanların artmasıyla birlikte iskeletsel ankrajlı RH uygulamalarına ilgi artmış olup, bu yolla istenmeyen dişsel etkilerin elimine edilebileceği düşünülmektedir.

Enacar ve diğerleri maksiller hipoplazi ve şiddetli oligodontiye sahip bir hastada mevcut dişlerden ankraj alan ve alveole yerleştirilen bir titanyum vidadan destek alan ağız içi ankraj ünitesi ile RH apareyi kullanmışlardır (Enacar ve diğerleri, 2003).

Kırçelli ve diğerleri maksillanın lateral nazal duvarına miniplaklar yerleştirerek, plakların ağız içine uzanan kancalarından, diş dokusundan destek almadan RH tedavisi uygulamışlardır. Tedavi sonunda geç karışık dişlenme döneminde RH tedavisi ile birlikte iskeletsel ankraj kullanılarak orta yüzde kayda değer ilerleme ve buna bağlı olarak yumuşak doku profilinde dolgunluk sağlanabileceği sonucuna varmışlardır (Kırçelli ve Pektas, 2008).

Şar ve diğerleri de benzer olarak 3 farklı grup oluşturdukları çalışmalarında 1.gruba RPE+lateral nazal duvara yerleştirilen mini plaklar aracılığıyla RH, 2.gruba RPE ve devamında RPE apareyinin kancalarından uygulanan RH, 3.gruba ise tedavi uygulamayarak kontrol amaçlı 3 grup oluşturmuşlardır. Sonuçta iskeletsel ankraj kullanılan yüz maskesi grubunda daha fazla maksiller protraksiyon görmüşler; RPE'den ankraj alınan grupta ise iskeletsel ankraja göre mandibulanın posterior rotasyonu ve yüz yüksekliğinde ve maksillerin dişlerin protrüzyon ve mezializasyonunda daha anlamlı artış bulmuşlardır (Şar ve diğerleri, 2011).

Maksillanın infrazigomatik bölgesi de miniplak yerleşimi için uygun bir alan olarak görülmüş ve iskeletsel ankraj alanı olarak kullanılmıştır. Cha ve diğerleri 2 hastaya

infrazigomatik miniplak yerleştirip bu plaklardan ağız içine uzanan kancalardan RH apareyi uygulayarak başarılı olmuşlardır. RH tedavisini takiben sabit ortodontik tedavi de uygulanmış ve uzun süreli takibin sonunda stabil bir maksillomandibular ilişki olduğunu vurgulamışlardır (Cha ve diğerleri, 2021). Benzer şekilde infrazigomatik bölgeye yerleştirilen plaklardan ankraj alınan RH uygulaması ile RPE+RH uygulamasının kısa vadeli etkilerine bakan bir araştırmada miniplaklı uygulamada maksillada daha fazla ilerleme, mandibulada daha az posterior rotasyon ve maksiller kesicilerin daha az proklinasyon bulunmuştur (Lee ve diğerleri, 2012). İnfrazigomatik bölgeye yerleştirilen plakların, özellikle sabit ortodontik tedavisinde molar distalizasyonu planlanan vakalarda distalizasyon amacıyla da kullanılabilmesi ya da geç dönemde mandibulada atak görülen relaps vakalarında maksiller protraksiyon için tekrar faydalanılabileceği düşünülmektedir (Proffit ve diğerleri, 2018).

Tripathi ve diğerleri iskeletsel ankrajlı ve geleneksel yüz maskesi tedavisi ile tedavi edilen maksiller retrüzyon hastalarının tedavi öncesi ve sonrası kayıtlarından gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında; iskeletsel ankraj grubunda A noktasında daha fazla öne yer değiştirme, maksiller kesici dişlerin eğiminde ise konvansiyonel ankraj grubunda daha fazla değişim görmüşlerdir (Tripathi ve diğerleri, 2016). Aslan ve diğerleri ise maksillada 2 adet anterior, 2 adet de posteriorda kökler arası bölgelere yerleştirdikleri 4 minividan geçirdikleri tel üstünde bulunan F kroşe bükümlerinden, 300 g kuvvet ve oklüzal düzlemle 30° açıyla RH apareyi uyguladıkları vakada 2 mm maksiller ilerleme gözlemişlerdir (Aslan ve diğerleri, 2013).

Ortognatik cerrahi

Şiddetli Sınıf 3 maloklüzyona sahip ve büyüme gelişimini tamamlamış bireylerde ortognatik cerrahi yaklaşımları tercih edilmektedir (Mulier ve diğerleri, 2021). İlk zamanlarda Sınıf 3 maloklüzyonun alt çene kaynaklı olduğunun düşünülmesiyle uygulamalar daha çok alt çeneye yönelik olsa da zaman içerisinde gelişerek üst çeneye yönelik cerrahi uygulamalar yapılmaya başlanmıştır (Lee ve diğerleri, 2017).

Le Fort I osteotomisi ile maksiller ilerletme uygulaması ve Obwegeser tarafından tanıtılan bilateral sagittal split osteotomisi en sık kullanılan ortognatik cerrahi teknikleri arasındadır (Obwegeser, 1963; Bell, 1975). Le Fort I osteotomisinin 3 yıllık takibinin yapıldığı bir

çalışmada uygulamanın stabil olduğuna dair sonuçlar bulunmuştur, relaps için risk faktörleri ise cerrahi lerletilme miktarı ve interior yönde maksillanın yeniden konumlandırılması olarak belirlenmiştir (Dowling ve diğerleri, 2005). Bilateral sagittal split osteotomisi ameliyatı geçiren 80 hastanın sefalometrik verileri üzerinden gerçekleştirilen farklı bir çalışmada ise nüksün çoğunun ilk 6 ay içinde izlenebileceği, belirgin bir nüks olmadığı gözlenmiştir (Mobarak ve diğerleri, 2000). Sabit ortodontik tedavi de ortognatik cerrahiye eşlik etmekte olup, vakanın durumuna göre cerrahiden önce ya da sonrasında ortodontik tedavi uygulaması yapıp dişlerin konumsal düzenlemeleri ve oklüzyonun iyileştirilmesi sağlanabilir (Slavnic ve Marcusson, 2010; Peiro-Guijarro ve diğerleri, 2016). Bu konuda cerrahi öncesi ortodontik tedavinin, ameliyat sonrası stabiliteyi olumlu yönde etkileyebileceği ya da farklılık göstermeyeceği şeklinde çeşitli çalışmalar literatürde mevcuttur (Ko ve diğerleri, 2011; Kim ve diğerleri, 2014).

Ortodontik kamuflaj tedavileri

Sınıf 3 anomalinin şiddetli olmadığı, estetik açıdan fazla problem göstermeyen vakalarda sabit ortodontik tedavi mekanikleri ile kamuflaj tedavileri uygulanabilir (Georgalis ve Woods, 2015; Park ve diğerleri, 2017). Kamuflaj tedavileri ile hastalarda önemli diş ve yumuşak doku değişiklikleri beklenebilir ve çeşitli iskeletsel bozukluklar, periodonsiyuma zararlı etkiler olmaksızın diş hareketi ile kamufl edilebilir. Bu tedavilerde dikkat edilmesi gereken, istenmeyen sonuçları önlemek için dişlerin bazal kemikler içindeki konumlarını ve hareket potansiyellerini doğru şekilde belirleyerek uygun tanı ve gerçekçi tedavi hedeflerini koymaktır (Burns ve diğerleri, 2010).

2.2. Sonlu Elemanlar Stres Analiz Yöntemi

Stres analiz yöntemleri, bir cisme gelen kuvvetlerin hangi bölgelerde yoğunlaştığını gösteren uygulamalardır ve kuvvete bağlı olarak cisim içerisinde oluşabilecek gerilmelerin tespit edilip incelenmesini sağlarlar. Tıp alanında kullanıldıklarında biyolojik yapıları simüle edip tedavi etkilerinin öngörülmesi imkanını sağlayabilirler ve tedaviler sonucunda dokular üzerinde oluşan kuvvetlerin meydana getirdiği etkilerin, tedavilerin uygunluğu ve yeterliliğinin bilinmesi açısından büyük önem taşımaktadırlar.

Diş hekimliği alanında kullanılan stres analiz yöntemlerine; fotoleastik stres analiz yöntemi, gerilim ölçer stres analiz yöntemi, kırılğan vernik kaplama yöntemi, holografik interferometri (lazer ışını) ile kuvvet analizi, termografik kuvvet analiz yöntemi, radyotelemetri ile kuvvet analiz yöntemi ve sonlu elemanlar stres analizi yöntemi örnek gösterilebilir (Ramoğlu ve Ozan, 2014).

Bu analiz türlerinden biri olan sonlu elemanlar analizi, bilgisayar üzerinde biyolojik sistemin gerçeğe benzer matematiksel modellemesini yaratıp, modelin çözümlenmesi prensibine dayanan önemli ve modern tekniklerden biridir (Ramoğlu ve Ozan, 2014). Yazılım programları aracılığıyla problemin tanımlanması, geometrik modelin sonlu elemanlar modeline dönüştürülmesi, malzeme özelliklerine dair verilerin programda tanımlanması, sınır koşullarının belirlenmesi, kuvvet yüklemesinin yapılandırılması, sonuçların yorumlanması gibi aşamalar izlenerek gerçekleştirilir (Konda ve Tarannum, 2012). İlk olarak 1950'li yıllarda uzay mühendisliği alanında kullanılmakla birlikte, zaman içerisinde günümüze doğru makine, elektrik, uçak, inşaat, fizik gibi çeşitli mühendislik alanlarına ek olarak tıp alanında da ortopedi, kalp ve damar cerrahisi, estetik cerrahi dallarında da kullanılmaktadır.

Sonlu elemanlar stres analizi uygulanacak üç boyutlu katı modelin oluşturulması için bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans görüntü bilgileri, 2 veya 3 boyutlu olarak bilgisayar ortamına aktarılıp ağ yapısı oluşturulmaktadır (Geng ve diğerleri, 2001). Oluşturulmaya çalışılan model olabildiğince çok sayıda eleman ve bu elemanların temas yüzeylerinde düğümler kullanılarak tanımlanır ve malzeme özelliklerini ifade eden Poisson oranı, elastisite modülü gibi değerler bilgisayar ortamına girilerek gerilme ve şekil değiştirmeler elde edilebilir. Bu noktada senaryonun doğru bir şekilde oluşturulup malzeme tanımlarının iyi yapılması büyük önem taşımaktadır. Aksi takdirde verilerde sapma ya da yanlış sonuçlar görülebilir.

Diş hekimliğinde sonlu elemanlar analiz metodunun kullanıldığı alanlar özet halinde aşağıda verilmiştir (Mackerle, 2004):

- Dental materyaller
- Oral ve maksillofasiyal yapıların mekaniği ve cerrahisi
- Ortodontik tedaviler, dişlerin hareket ettirilmesi, ortodontik apareyler

- Konservatif ve endodontik tedaviler
- Dental restorasyonlar
- Dental implantlar

2.2.1. Sonlu elemanlar analizinde temel kavramlar

Kuvvet: Bir cismin uzayda yer ya da şekil değiştirmesine sebep olabilecek etkidir. Vektörel bir büyüklüktür.

Kuvvetin şiddeti; Newton(N), kilogram-kuvvet (kgf), gram-kuvvet (gf), ons (oz) veya dyne (dyn) cinsinden belirtilebilir (Mow ve Huiskes, 2005).

Gerilme (Stres): Bir cisme dışarıdan bir kuvvetin uygulanması sonucunda, kuvvete karşı birim alanda ortaya çıkan tepki gerilim (stres) olarak tanımlanabilir. Diğer bir deyişle dış kuvvetlerin etkisi altında nesnenin herhangi bir kesit yüzeyi üzerinde dağılmış bir iç kuvvetin birim alanına karşılık gelen miktarıdır. Ölçü birimi olarak Pascal terimi kullanılmaktadır ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$). Diş hekimliğinde kontrol edilen boyutlar genellikle milimetre ($1 \text{ MPa} = 106 \text{ Pa}$) olduğu için megapaskal (MPa veya N/mm^2) kullanılmaktadır. Çekme, kesme ve basınç olmak üzere üç temel gerilme tipi bulunmaktadır.

Asal Gerilme: Üç boyutlu elemanda en büyük stres değeri, bütün makaslama streslerinin vektörlerinin sıfır olduğu durumda meydana gelir. Bu gerilme tipine asal gerilme (principal stress) adı verilir. Maksimum asal gerilme, ara (intermediate) asal gerilme ve minimum asal gerilme olmak üzere üçe ayrılır. *Maksimum asal gerilme:* Maksimum asal gerilmeler pozitif değerdedir ve en yüksek çekme gerilmelerini ifade eder. *Minimum asal gerilme (Minimum principle):* Minimum asal gerilmeler negatif değerdedir ve en yüksek basma gerilmelerini ifade eder. Yük uygulanan cisimlerde, genellikle tek tip bir gerilme yerine üç tip gerilmenin bir arada bulunduğu birleşik gerilme durumu görülebilir.

Eş Değer Stres (Von Misses Stress): Von Mises stresi, materyal üzerine gelen esdeğer streslerin rakamsal değerlendirmesini verir ve test edilen materyal üzerine gelen streslerin dağılımı ve yoğunlaşması hakkında bilgi edinmek amacıyla kullanılır.

Elastisite katsayısı: Gerilme altındaki materyalin katılığı ile ilgili özellik elastisite katsayısıdır. Young's modülüs şeklinde gösterilir. Elastisite katsayısı arttıkça, cismin katılığı da artar.

Poisson Oranı: Elastik sınırlar içinde uygulanan kuvvete dik yöndeki gerinimin yükleme yönündeki gerinime oranıdır. Bütün maddeler için 0 ile 0,5 arasında değişir ve cisme bağlı ayırıcı bir özelliktir.

Eleman ve Düğüm: Sonlu elemanlar analizi kapsamında oluşturulan geometrik model eleman adı verilen basit geometrik şekillere ayrılmaktadır. Bu elemanlar, düğüm olarak adlandırılan özel noktadaki bilinmeyen değerler cinsinden ifade edilmektedir. Elemanlar geometrilerine ve boyutlarına, düğüm sayısı ve düğüm sayısındaki bilinmeyenlere ve problemin özelliklerine göre sınıflandırılır (Geng ve diğerleri, 2001). Üç boyutlu sonlu eleman modeli ne kadar çok sayıda elemana bölünürse, gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilir.

Sınır Koşulları: Cismin nereden sabitlendiğini ve kuvvetin hangi bölgelerden uygulandığını gösterir. Cismin ve sonlu elemanlar analiz kapsamında uygulanacak olan problemin durumuna göre belirlenir.

Sonlu elemanlar analizi kapsamında çeşitli cisimler dijital ortamda gerçeğine çok yakın şekilde taklit edilebilir ve cisim üzerine uygulanan kuvvetler simüle edilerek oluşabilecek iç yapı değişimleri ve stresler gözlenebilir. Analizler dijital ortamda sayısız kez tekrarlanabilir, teknolojinin de yardımıyla görsel olarak daha kolay ve detaylı ifade edilerek diğer yöntemlere kıyasla daha etkili, zaman kazandıran analizler uygulanabilir. Değişik materyallerden oluşan büyük bir cismin her bir katmanının ayrı şekilde tanımlanıp incelenmesine olanak sağlar. Tüm bunların planlanması için ileri bir teknolojik cihaz gereksinimi ve mühendislik bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır, eksik ya da yanlış kurulmuş modeller ve senaryolar direkt olarak sonuçları etkileyebilir ve hatalı çıkarımlar yapılmasına sebep olabilir. Bütün avantajlarının yanında unutulmamalıdır bu analizler biyolojik dokuları tam anlamıyla taklit etme becerisine sahip değildir ve organizmalar üzerinde kişiye bağlı oluşabilecek farklılıklar ve dış etkenler, klinik uygulamaların bazı öngörülemeyen sonuçları da olabileceğini gösterir. Tüm bu sebeplerden dolayı sonlu elemanlar analizi klinisyenler

için rehber olabilmekle beraber, tek başlarına yönlendirici olmamaktadırlar (Geng ve diğerleri, 2001).

2.2.2. Maksiller protraksiyon alanında yapılmış sonlu elemanlar analizi çalışmaları

Katada ve diğerleri, headgear ve reverse headgear'ı temsil edecek şekilde maksiller 1.molar dişe posterior ve anterior yönde kuvvet uyguladıkları çalışmalarında posterior yönde uygulanan kuvvetin belirledikleri referans düzlemlerde arka yönde hafif bir yer değiştirmeye ve saat yönünde rotasyona, ön kuvvetin ise öne doğru yer değiştirmeye ve saat yönünün tersine rotasyona neden olduğunu göstermişlerdir (Katada ve diğerleri, 2005).

Tanne ve diğerleri, kraniyofasiyal kompleks üzerinde protraktif maksiller ortopedik kuvvetlerin biyomekanik etkisini araştırdıkları FEM çalışmalarında maksiller 1.molar dişlerin bukkal yüzeylerine fonksiyonel oklüzal düzleme 30° aşağı yönde açıyla ve paralel olarak 2 farklı doğrultuda ileriye doğru 1.0 kg'lık bir kuvvet uygulamışlardır. Sonuçta nazomaksiller kompleks paralel protraksiyon durumunda yukarı ve ileriye doğru rotasyonla, aşağı doğru protraksiyon durumunda ise neredeyse translasyonel olarak ileriye hareket göstermiştir (Tanne ve diğerleri, 1989).

Tanne ve diğerleri ortopedik maksiller protraksiyondan kaynaklanan değişiklikleri sonlu eleman ve sefalometrik analizlerle araştırmak için yaptıkları çalışmalarında maksilla ve zigomatik kemikte anterior yönde çekme ve dik yönde basma gerilimi, süturlarda ise nazomaksiller komplekste saat yönünün tersine rotasyonla birlikte sıkışma bulmuşlardır (Tanne ve Sakuda, 1991).

Chung, sonlu elemanlar analizinin sonucunun malzeme özelliklerine, yapısal ifadeye, elemanların yoğunluğuna ve sınır yükleme koşullarına bağlı olduğunu belirtip uygun elastik davranışı temsil etmek için bilgisayarlı tomografi görüntülerinde farklı Hounsfield birim değerleri kullanarak bir sonlu eleman modeli yapılmıştır. 24 malzeme özelliği verilerek kurulan 1.modelde, geleneksel yöntemle yapılan ve 2 malzeme özelliği tanımlanan 2.modele göre daha esnek ve fazla hareket gözlemlenmiş ve verilen malzeme özelliklerine göre sonlu elemanlar analizinin farklı sonuçlarının ortaya çıkabileceğini belirtmiştir (Chung, 2006).

Ko ve Kim tarafından 1995 yılında yapılan bir çalışmada 1.premolar ve 1.molar dişlere 500 g'lık bir çekme kuvveti uygulanmış ve kuvvetin uygulama yönü oklüzal düzleme sırasıyla paralel veya 20 ° açıyla aşağı olacak şekilde belirlenmiştir. Sonuç olarak tüm modellerin protraksiyon kuvvetlerinin maksillanın saat yönünün tersine dönmesine neden olduğu fakat birinci premolardan 20° aşağı doğru uygulanan protraksiyonun en az rotasyon görülen uygulama olduğu ve dolayısıyla istenen uygulama şekli olabileceği belirtilmiştir (Ko ve Kim, 1995).

Gazzani ve diğerleri, oklüzal düzleme 30°'lik bir açı ve 9.8 N'lik protraksiyon kuvveti uygulayıp Petit ve Delaire yüz maskelerinin yüz derisi üzerinde olduğu stres gerilimlerini ölçtükleri sonlu elemanlar analiz çalışmalarında, Delaire yüz maskesinde, Petit modeline kıyasla daha düşük stres değerleri ve çekme gerilimleri bulmuşlardır. Hem Delaire hem de Petit yüz maskeleri için en yüksek gerilim mandibula seviyesinde gözlenmiş; Delaire yüz maskesinde en çok çene kemiğinin üst sınırında, Petit yüz maskesinde ise daha yoğun olarak çenenin orta bölgesine dağılmış olarak görülmüştür (Gazzani ve diğerleri, 2019).

Bu alanda yapılmış benzer diğer çalışmalar amaçlarına göre 3 ana başlık altında toplanıp incelenmiştir:

- Rpe İle Uygulanan Maksiller Protraksiyon
- Farklı Protraksiyon Kuvvetlerinin Etkilerini ve Uygulanma Doğrultusunu Değerlendiren Çalışmalar
- Ağız içi Ankraj Ünitesinin Maksiller Protraksiyona Etkisini İnceleyen Çalışmalar

Rpe ile uygulanan maksiller protraksiyon

Özdemir ve Göymen 2018 yılında yaptıkları sonlu elemanlar analiz çalışmalarında 1.senaryoda RPE+RH, 2.senaryoda iskeletsel ankrajlı RH+RPE, 3.senaryoda hibrid hyrax+mentoplate kombinasyonu oluşturmuşlardır. İlk senaryoda 500g, ikinci ve üçüncü senaryolarda 250g protraksiyon kuvveti uygulanmıştır. 1. ve 2. senaryolarda benzer fakat 3.'ye göre daha fazla stres değerleri bulunmuştur. İskeletsel ankrajlı modelde orta yüzü içerecek şekilde yer değiştirme bulunurken, 3.senaryoda Le Fort I düzeyinde yer değiştirme görmüşler, sonuç olarak 2.senaryonun 1.ve 3. Senaryolara göre daha fazla iskeletsel verim sağladığını bulmuşlardır (Ozdemir ve Goymen, 2018).

Tanaka ve diğeri, Hyrax tipi RPE ve RH ile 600 g'lık kuvveti üst süt kanin dişler hizasına yerleştirdikleri kancalar aracılığıyla oklüzal düzleme 15°, 30° ve 45° açılarla protraksiyon uyguladıkları modelde 1.molar dişin periodontal ligamenti üzerinde oluşan stres dağılımını analiz etmişler; tüm açılarda en yüksek stres düzeyini distobukkal ve palatinal kökler arasında, 15°'lik açıda ise ek olarak mezial kökün distal yüzünde ve bir miktar da ekstrüviz kuvvet gözlemlemişlerdir. Sagittal yönde gözlenen kuvvet traksiyon yönünde mezial hareket gerçekleştirecek şekilde bulunmuştur (Tanaka ve diğeri, 2015).

Suresh ve diğeri, mikroimplant destekli RPE'nin(MARPE) iskeletsel ankrajlı RH uygulamasına etkilerini inceledikleri çalışmalarında MARPE uygulanan grupta, uygulanmayan gruba göre maksillada daha belirgin ve saat yönünde hafif rotasyonla öne yer değiştirme ve genişleme, MARPE'siz grupta rotasyon olmadan anterior yönde hareket gözlemlemişlerdir. Süturlardaki gerilim MARPE olan grupta daha yüksek bulunmuştur. MARPE'yle uygulanan iskeletsel ankrajın, hiperdiverjan büyüme modeline sahip ya da açık kapanış eğilimi olan iskeletsel Sınıf III maloklüzyonlu hastalarda maksillanın istenmeyen yönde rotasyonunu engellediği için faydalı olabileceği tavsiyesi verilmiştir (Suresh ve diğeri, 2021).

Gautam ve diğeri RPE'li ve RPE'siz maksiller protraksiyon uyguladıkları çalışmalarında, RPE'li grupta diğeri gruba göre belirgin düzeyde yüksek stres değerleri bulmuşlardır. RPE'siz protraksiyonun düşük stres değerlerinden dolayı osteojenik etkisinin sorgulanabileceği, RPE'nin süturlarda oluşan yüksek streslerin yüz maskenin ortopedik etkisini kolaylaştırabileceği sonucuna varılmıştır. (Gautam ve diğeri, 2009) Yine Gautam ve diğeri tarafından yayınlanan bir çalışmada 4 mm midpalatal suture açıklığı olan bir modelde, sutureda açıklık olmayan bir modele palatal düzleme 30° açıyla olacak şekilde 1 kg'lık protraksiyon kuvveti uygulanmış ve ekspansiyon olan modelde rotasyon olmadan maksiller ilerleme ve daha büyük yer değiştirme değerleri bulunmuştur. Ekspansiyon olmayan modelde ise anterior maksillada daralma gözlenmiş, ekspansiyonla uygulanan protraksiyon daha avantajlı bulunmuştur (Gautam ve diğeri, 2009).

Tanaka ve diğeri, maksiller protraksiyon tedavisinde midpalatal suture boyunca stres büyüklüklerini ve yönlerini değerlendirdikleri çalışmalarında oklüzal düzleme 30° aşağı ve ileri her bir tarafa 300cN kuvvet uygulamış ve sonuç olarak insiziv kanalın ön bölgesinde yoğunlaşan sıkıştırıcı kuvvetler gözlemlemişlerdir. Anterior maksillada oluşabilecek bu

daralmanın önüne geçebilmek için RPE uygulamasının faydalı olabileceğini öne sürmüşlerdir (Tanaka ve diğerleri, 2016).

Yu ve diğerleri, kraniyofasiyal kemiklerin protraksiyon kuvvetine tepkisini ölçmek amacıyla midpalatal sütürlerin açıldığı ve açılmadığı şeklinde oluşturdukları 2 farklı protraksiyon senaryosunda birinci premolar diş bölgesine oklüzal düzlemin 20 derece aşığına doğru 500 g'lık bir protraksiyon kuvveti uygulamışlardır. Sonuçlarda, midpalatal sütür açıldığında sirkumaksiller sütür alanlarında daha az baskı stresi ve daha fazla çekme gerilimi, maksilla ve zigomatik arkın yukarı-ileri rotasyonunda bir azalma ve midpalatal sütürün açılmamasına kıyasla ön, dikey ve lateral yönlerde daha fazla yer değiştirme miktarları gözlenmiştir (Yu ve diğerleri, 2007).

Farklı protraksiyon kuvvetlerinin etkilerini ve uygulanma doğrultusunu değerlendiren çalışmalar

Zou ve Lin, 30°'lik bir açıyla maksiller kanin bölgesinden 3N'dan 8N'a kadar 6 farklı kuvvetle protraksiyon tasarlamışlar; maksillada ileri ve yukarı yönde, maksiller dental arkta ise posterior bölgede medial hareket gözlemlemişlerdir. Kuvvetin artmasıyla stres düzeylerinde de yükseliş gözlenmiş, 5N'dan sonra daha belirgin artışların oluşmasıyla bundan daha yüksek kuvvet değerlerinde dikkatli olunması gerektiğinden bahsedilmiştir (Zou ve Lin, 2011).

Holberg ve diğerleri, 2 x 3 N ve 2 x 5 N olacak şekilde anterior ve anterior kaudal yönde uyguladıkları kuvvetlerle maksiller protraksiyon uygulamasının kraniyal sütürlardaki etkisini ölçmüşlerdir. Sonuçta sütürlara yansıyan kuvvetlerin oldukça düşük olduğu ve bundan dolayı maksiller protraksiyon tedavisini dental etkilerinin daha fazla, iskeletsel etkilerinin ise şüpheli olabileceği çıkarımını sunmuşlardır (Holberg ve diğerleri, 2007).

Xu-xia ve diğerleri 2013 yılında yaptıkları çalışmalarında TME ve mandibulanın stres dağılımını ve yer değiştirme değişikliklerini analiz etmek amacıyla oklüzal düzlemden 37° açı ile 3 N ile 6 N arasında farklı kuvvetleri sırasıyla uygulayarak FEM çalışması yapmışlardır. Sonuçlar maksiller protraksiyon aparatının TME ve mandibula üzerinde reaksiyon kuvveti olduğunu göstermiş ve yükleme kuvvetlerinin artmasıyla tepki kuvvetleri ve deformasyonun artabileceğini vurgulamıştır. Maksiller protraksiyon sonunda

mandibulada saat yönünde rotasyon oluşabileceği sonucuna da ulaşılmıştır (Xu-xia ve diğerleri, 2013).

Gazzani ve diğerleri simüle ettikleri Delaire yüz maskesi üzerinden oklüzal düzleme göre 0° , 30° ve 50° 'lik açılarla ve 7.8 ve 9.8 N değerlerinde kuvvet uyguladıkları çalışmalarında yüksek gerilme ve deformasyonların çoğunlukla 9.8 N'luk kuvvetlerle ve aşağıya doğru artan kuvvet eğimleriyle ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır. Toplam gerilimlerin, uyguladıkları malzemeyi karakterize eden elastikiyet sınırından daha düşük olduğu için yüz maskesinin kuvveti emdiği ve plastik deformasyon oluşmadığını belirtmişlerdir (Gazzani ve diğerleri, 2018).

Oh ve diğerleri FH düzlemine 45° açı ile maksiller 1.premolar ve 20° açı ile maksiller 1.molar dişe 500 g'lık öne ve aşağı kuvvet uygulamış; maksiller birinci premolara 45 derecelik kuvvet uygulandığında molar bölgede ekspansiyon ve premolar kısımda daralma gözlemlenmiştir. Maksiller 1.molara 20° kuvvet uygulandığında lateral nazal duvarda genişleme ve molar kısımda daralma tespit edilmiştir (Oh ve diğerleri, 2009).

Hyun ve diğerleri FH düzlemine 0, 30, 60 ve 90° 'lik açılarla 500 g'lık protraksiyon kuvveti uygulanan FEM modelinde 60° 'lik açı ile yapılan uygulamada premolar bölgesinde ileri ve anterior maksillada aşağı yönde hareket gözlemlenmişler ve bu açının maksillanın rotasyon yapmadan ileri hareketi için uygun olduğu sonucunu savunmuşlardır (Hyun ve diğerleri, 2007).

Tanne ve diğerleri, maksiller birinci molar dişin bukkal yüzeyine, oklüzal düzleme -90 ile 90 derece arasında değişen yönlerde anterior olarak yönlendirilmiş 1.0 Kg'lık bir kuvvet uyguladıkları analizlerinde oklüzal düzleme paralel ve 30 derece yukarı ve aşağı kuvvetlerle ilişkili üç enine düzlemde gerilme dağılımları belirlemişlerdir. Nazomaksiller kompleks ve çevresindeki yapılarda yüksek stres seviyeleri ve nazomaksiller komplekse yatay protraksiyon kuvveti uygulandığında yukarı ve ileri rotasyon ile ileriye doğru bir yer değiştirme, aşağı doğru kuvvet uygulandığında ise anterior yönde neredeyse translasyonel olarak yeniden konumlandırılma gözlemlenmiştir. Aşağıya doğru protraksiyon kuvveti, en düzgün stres dağılımını üretmiştir (Tanne ve diğerleri, 1989).

Hou ve diğeri maksiller arkın tamamına ve apertura piriformisin tabanına uyguladıkları protraksiyon kuvvetlerini sonlu elemanlar analizi ile araştırdıkları çalışmalarında apertura piriformis bölgesine uygulanan protraksiyon kuvvetlerinin sonucunda konvansiyonel uygulamaya göre maksillada blok halinde ilerleme, saat yönünün tersine rotasyonda ve anterior maksillada daralmada azalma gözlemlemişlerdir (Hou ve diğeri, 2007).

Yine Hou ve diğeri tarafından benzer şekilde yapılan bir çalışmada maksiller ark ve apertura piriformisin tabanına uygulanan protraksiyon kuvvetine ek olarak 1.molar dişlere de kuvvet uygulanmış ve iskeletsel protraksiyon, dişlerden ankraj alan uygulamalara göre avantajlı bulunmuştur (Hou ve diğeri, 2007).

Dong ve diğeri maksiller protraksiyon sonrası mandibula üzerinde oluşabilecek reaktif kuvvetlerin TME zerindeki etkisini görmek amacıyla protraksiyonu taklit edecek bir sonlu elemanlar analiz senaryosu oluşturup alt çeneye 5N'luk ve oklüzal düzlemle 22° ila 49°'lik açı yapacak şekilde kuvvet uygulamışlardır. Kuvvetin uygulanma açısı arttıkça kondil boynundaki stres değeri azalma ve 40°'nin altında uygulanan kuvvetlerde mandibulada posterior rotasyon gözlemlemişlerdir. Maksilla ve mandibula için oluşan stres değeri ve yer değiştirmeler göz önünde bulunduğunda ideal protraksiyon açısı olarak 40°'yi önermişlerdir (Dong ve diğeri, 2013).

Ağızıi ankraj ünitesinin maksiller protraksiyona etkisini inceleyen alışmalar

Lee ve Baek iskeletsel ankraj amacıyla infrazigomatik kreste ve lateral nazal duvara yerleştirilen miniplaklar ile maksiller protraksiyon arasındaki stres ve yer değiştiriminin paternini ve miktarını karşılaştırmışlardır. Bu amaçla oklüzal düzlemle ileri ve 30° aşağı vektör ile mini plağın distal ucuna bir protraksiyon kuvveti (500 g/tek taraflı) uygulamışlar, frontonazal, frontomaksiller, zigomatik-maksiller ve pterygomaksiller sütürlerin stres değeri, infrazigomatik kreste lateral nazal duvardan daha fazla olduğu sonucuna varmışlardır. Miniplakların yerleşim yerine göre maksilladaki stres değeri farklılıklar bulunmuştur. Yer değiştirmede ise lateral nazal duvara miniplak uygulanan senaryoda, ANS, A Noktası ve prosthion'un ileri, aşağı ve dışa doğru yer değiştirmesi gözlenmiş, infrazigomatik krest senaryosunda ise, ANS, A Noktası ve prosthionda ise ileri ve yukarı yer değiştirmeyle maksillanın zigomatik proçesinin ve zigomatik kemiğin maksiller proçesinin dışa doğru yer değiştirmesi grlmştr (Lee ve Baek, 2012).

Ebisawa ve diğeri palatal bölgeye yerleştirilen mini vida ile ve geleneksel diş destekli maksiller protraksiyonu oklüzal düzleme 0°, 10°, 20°, 30° ve 40°'lik açılarla anteroinferior yönde 6 N'luk bir yük uygulayarak sonlu elemanlar analizi ile incelemiştir. ANS'de sagittal yönde iskeletsel ankraj modelinde, santral kesici dişler ve 1.molarda ise dental ankrajlı modelde daha fazla yer değiştirme bulmuşlardır. Her 2 modelde de dikey açı 20° olduğunda maksillanın rotasyonunun maksimum düzeyde baskılandığını gözlemlemiştir (Ebisawa ve diğeri, 2021).

Park ve diğeri, konvansiyonel yüz maskesi(A), paramedian kemik destekli genişleticili(B), palatal açılı kemil destekli genişleticili(C), konvansiyonel diş destekli genişleticili yüz maskesi(D) uygulamalarını kıyaslamış ve diş destekli genişletici içeren yüz maskesinde en fazla yer değiştirme bulunmuştur. Miniimplant uygulanan modellerde implant çevresinde yoğun stres gözlenmiş, tek başına yüz maskesi uygulamasında B ve C'ye göre daha fazla anterior yer değiştirme bulmuşlardır (Park ve diğeri, 2017).

Kim ve diğeri, palatal plak (Tip A), infrazigomatik kreste yerleştirilen mini plak (Tip B) ve konvansiyonel dental ankraj(Tip C) şeklinde 3 farklı ankraj modeliyle oklüzal düzleme 30° açı yapacak şekilde 500 g'lık protraksiyon kuvveti uygulamışlardır. Sonuçta tüm modellerde Tip A'da öne doğru en fazla görülecek şekilde A noktası, ANS ve prostionda öne ve yukarı, PNS'de ileri ve aşağı maksillada anterior rotasyonu işaret eden yer değiştirme gözlemlemiştir. Palatal plağın diğer ankraj yöntemleriyle karşılaştırıldığında daha geniş stres dağılımı ve daha fazla öne yer değiştirme gibi avantajları olduğunu savunmuşlardır (Kim ve diğeri, 2015).

Büyükçavuş ve Kale, infrazigomatik bölgeye yerleştirilen plaklardan yüz maskesi aracılığıyla uygulanan protraksiyon ile, maksillada yine aynı bölgeye ek olarak mandibulada simfiz bölgesine yerleştirilen plaklardan 500 g kuvvetle Sınıf III elastik uygulamasını sonucu oluşan stresi karşılaştırmış; her iki uygulamada da plakların yerleşim bölgelerinde yüksek stres değerleri gözlemlemiştir. Her iki yöntemde de sirkumaksiller sütürlere iletilen kuvvet miktarının bu bölgelerde osteogenez oluşumunu indüklemek için yeterli olduğu belirlenmiştir (Buyukcavus ve Kale, 2021).

Karamanlı, üst kanin dişten ve apertura piriformise yerleştirilen plaklardan ankraj olarak oklüzal düzleme göre 30° ileri ve aşağı açı ile tek taraflı 750 g'lık 2 protraksiyon modeli

oluşturduğu çalışmasında; iskeletsel ankrajlı modelde sirkummaksiller süturlarda dişsel ankraja göre daha büyük ve uniform stresler gözlemlenmiş ve iskeletsel ankrajı daha etkili protraksiyon için önermişlerdir (Karamanli, 2017).

Miyasaka-Hiraga ve diğerleri üst kanin dişlere fonksiyonel oklüzal düzleme paralel, 30 derece yukarı ve aşağı olmak üzere üç farklı yönde 1,0 kg'lık anterior yönlendirilmiş bir kuvvet uygulamış ve sonlu elemanlar analizi ile gerilimleri incelemişlerdir. Sütür sistemlerine etki eden normal gerilmeler, 30 derece yukarı yönde kuvvet uygulandığında en büyük olmuştur. Ayrıca 30 derecelik aşağı doğru bir kuvvet, frontonazal ve frontomaksiller sütürlerde en az kompresif stresle birlikte, zigomatikotemporal ve zigomatikomaksiller süturlarda neredeyse tek tip çekme gerilimleri üretmiş ve bu açı protraksiyon uygulaması için önerilmiştir (Miyasaka-Hiraga ve diğerleri, 1994).

Chang ve diğerleri, labiolingual aparey ankrajlı protraksiyon uygulamasını simüle ettikleri çalışmalarının sonucunda bu apareyin derin kapanışı olan hastalar için uygun olduğunu söylemişlerdir (Chang ve diğerleri, 2013).

Wu mikroimplantlar ile yapılan farklı implant yerleşim bölgeleri ve uygulama açılarıyla maksiller protraksiyon modellediği tez çalışmasının sonucunda oklüzal düzlemle 30° açı yapacak şekilde kuvvet uygulamasıyla posterior mikroimplantların maksillanın saf anterior protraksiyon, anterior ve palatal mikroimplantların ise maksillanın ileri ve yukarı hareketine sebep olabileceğini belirtmiştir. Konvansiyonel yüz maskesi uygulamasında mikroimplantı uygulamaya kıyasla süturlardan ziyade kemik üzerinde yoğunlaşan stres değerleri bulmuştur. Mikroimplantların yerleri ve uygulama açıları değiştirilerek derin kapanış ya da açık kapanışlı hastaların tedavilerinde farklı sonuçlar alınabileceğini belirtmiştir (Wu, 2012).

Liu ve diğerleri labiolingual arklar ve mini implant ile yapılan protraksiyon uygulamalarını karşılaştırmışlar; maksillanın rotasyon yönlerine göre değerlendirildiğinde labiolingual arkların çapraz kapanış ve derin kapanışı olan, mini implantların ise çapraz kapanışı ve açık kapanışı olan hastalar için daha uygun olduğunu belirtmişlerdir. Labiolingual arkın maksillada daha az uyarıcı büyümeye neden olurken, mini implantlı uygulamanın maksillada daha fazla uyarıcı büyümeye neden olduğunu bulup labiolingual ark ile protraksiyonu, daha genç yaştaki erken iskeletsel Sınıf III hastalar için; mini implantlı

protraksiyonu, geç karma dişlenme veya erken daimi dişlenme dönemindeki iskeletsel Sınıf III hastalara önermişlerdir (Liu ve diğerleri, 2015) .

Yan ve diğerleri, üst 1.molar diş ve infrazigomatik plaklardan tek taraflı 500 g kuvvetle oklüzal düzleme göre 0°, 10°, 20° ve 30° ileri ve aşağı aırlarla protraksiyon uyguladıkları 2 sonlu eleman modelinde; maksillanın iskeletsel ankrajda 20°, dişsel ankrajda 30° uygulamalarda neredeyse paralel hareket gösterdiğini, iskeletsel ankrajda maksillanın arka tarafındaki süturlarda daha fazla stres değerleri bulunduğunu, dişsel ankraj ise n bölgede daha yüksek değerleri olduğu sonucuna varmışlardır (Yan ve diğerleri, 2013).





3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada, diş ve kemik destekli 2 farklı reverse headgear uygulamasının kraniyofasiyal yapılar üzerindeki etkisinin sonlu elemanlar analizi ile incelenmesi ve sonuçların karşılaştırmalı olarak değerlendirmesi yapılmıştır.

3.1. Modelleme İçin Kullanılan Araçlar ve Yöntem

Çalışmada üç boyutlu sonlu elemanlar stres analiz yöntemi (SESA, FEM) kullanarak statik lineer analiz yapılmış, modellenen 2 ortopedik uygulamanın kraniyofasiyal bölgedeki stres oluşumuna etkileri değerlendirilmiştir. Çalışma Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı ve Tinus Mühendislik (Ankara, Türkiye) iş birliğiyle gerçekleştirilmiştir.

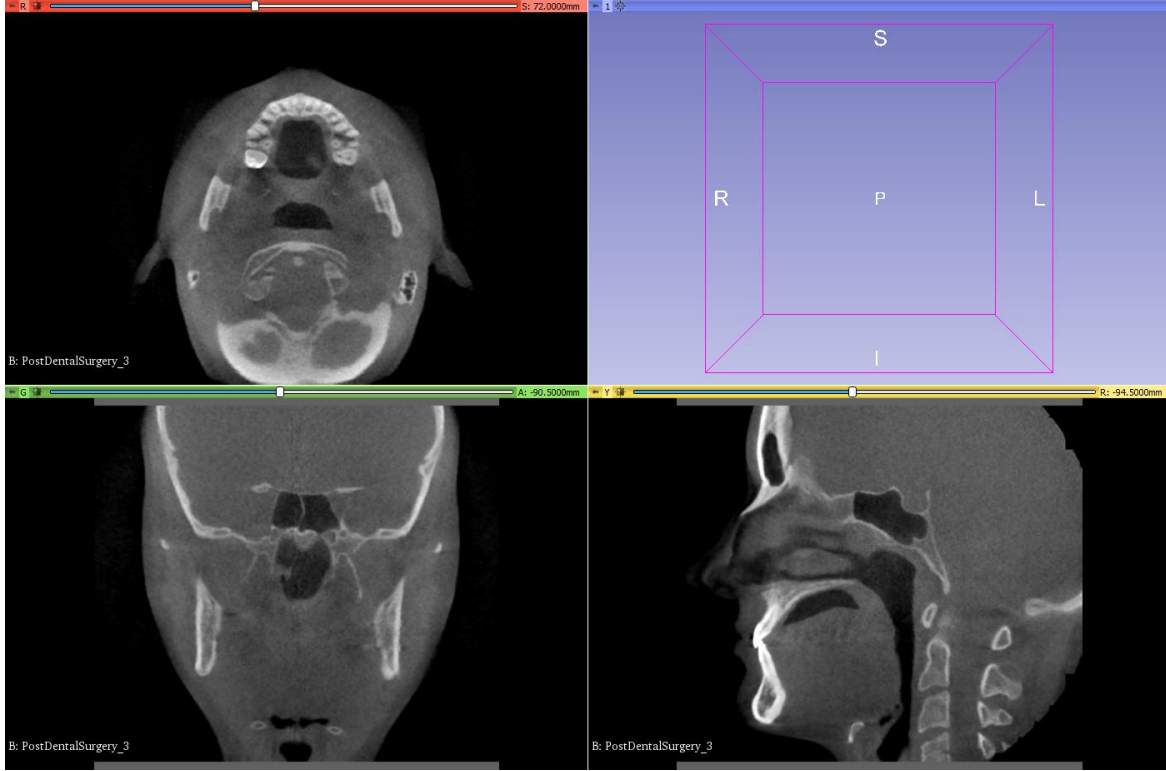
Üç boyutlu ağ yapısının düzenlenmesi ve matematiksel anlamda uygun katı ağ yapısına dönüştürülmesi, üç boyutlu sonlu elemanlar analizi modellerinin oluşturulması ve sonlu elemanlar stres analizi işlemi; 2.40 GHz saat hızında INTEL Xeon E-2286 işlemcili, 64 GB ECC belleğe sahip HP iş istasyonlarında gerçekleştirilmiştir.

Tomografi verisinden kemik .stl modelin elde edilmesi 3Dslicer açık kaynak yazılımında yapılmıştır. Tersine mühendislik ve üç boyutlu CAD faaliyetleri ALTAIR Evolve (ALTAIR, Troy, MI, USA) yazılımı, katı modellerin analiz ortamına uygun hale getirilmesi ve optimize ağ örgüsünün oluşturulması faaliyetleri ALTAIR Hypermesh (ALTAIR, Troy, MI, USA) yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan sonlu elemanlar modellerinin çözümü için Nastran tabanlı ALTAIR Optistruct (ALTAIR, Troy, MI, USA) implicit çözücüsü kullanılmıştır.

3.2. Kemikler, Süturlar, Periodontal Ligamentin ve Dişlerin Modellenmesi

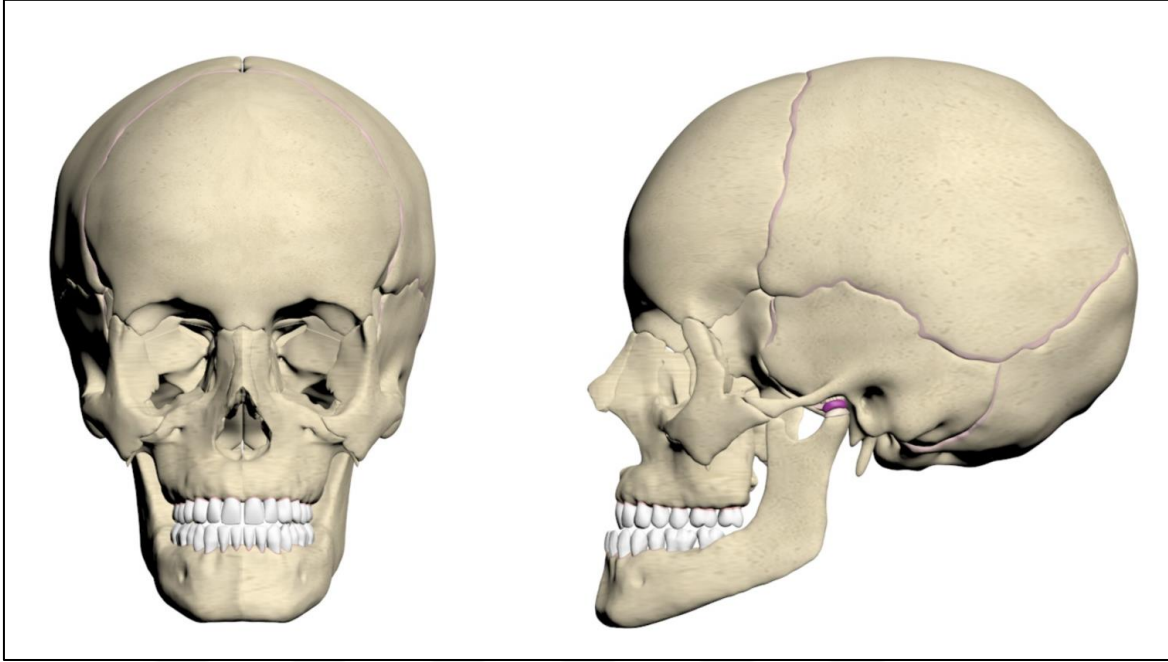
Çalışmada kullanılan maksilla kemik modelinin oluşturulması için Tinus Technologies kütüphanesinde bulunan, Visible Human Project (The National Library of Medicine, FACT SHEETS Office of Communications and Public Liaison National Library of Medicine, Maryland, USA) verisi kullanılarak elde edilmiş genç (erişkin olmayan) bir bireyin bilgisayarlı tomografisi kullanılmıştır. Tomografi verisi 0.1 mm kesit kalınlığı ile

rekonstrükte edilmiştir. Rekonstrüksiyon sonucunda elde edilen tomografi verileri DICOM (.dcm) formatında 3DSlicer yazılımına aktarılmış ve 3DSlicer yazılımında uygun Hounsfield değerlerine göre ayrıştırılarak, segmentasyon işlemi ile; kortikal kemik, trabeküler kemik ve dişleri üç boyutlu modelleri elde edilmiştir. Model .stl formatında dışa aktarılmıştır.

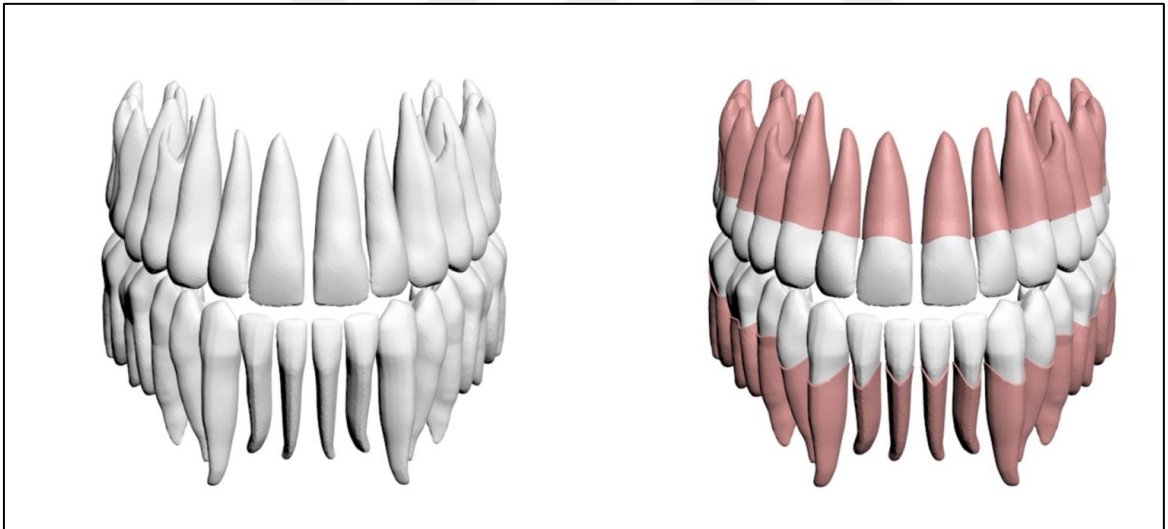


Resim 3.1. Bilgisayarlı tomografi görüntüsünün yazılıma aktarılması ait örnek görsel

Üç boyutlu model ALTAIR Evolve yazılımına aktarılmıştır ve burada uygun maksiller ve mandibular kortikal ve spongioz kemik ve diş geometrisi modellenmiştir. Kortikal kemik kalınlığı 2 mm olarak belirlendikten sonra kortikal kemiğin iç yüzeyi referans alınarak trabeküler kemik oluşturulmuştur. Sütür aralıkları 0,5 mm olarak belirlenmiş; dişlerin dış yüzeyleri referans alınarak 0,15 mm kalınlıkta periodontal ligament modellemesi yapılmıştır.



Resim 3.2. İskeletsel yapıların modellenmesi



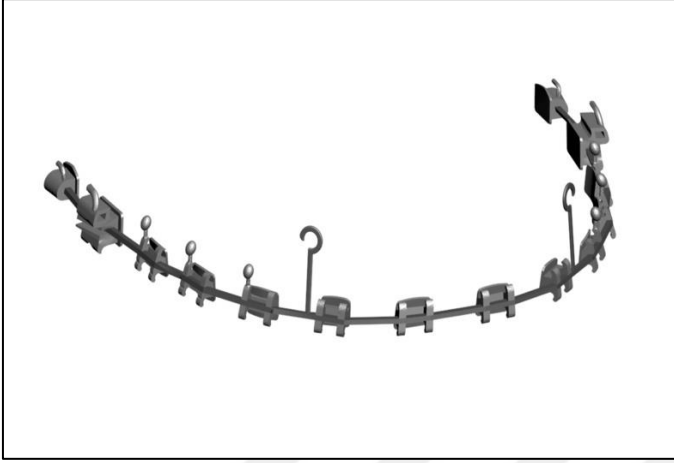
Resim 3.3. Dişler ve periodontal ligamentin modellenmesi

Hazırlanan tüm modeller ALTAIR Evolve yazılımında 3 boyutlu uzayda doğru koordinatlara yerleştirilip modelleme işlemi tamamlanmıştır.

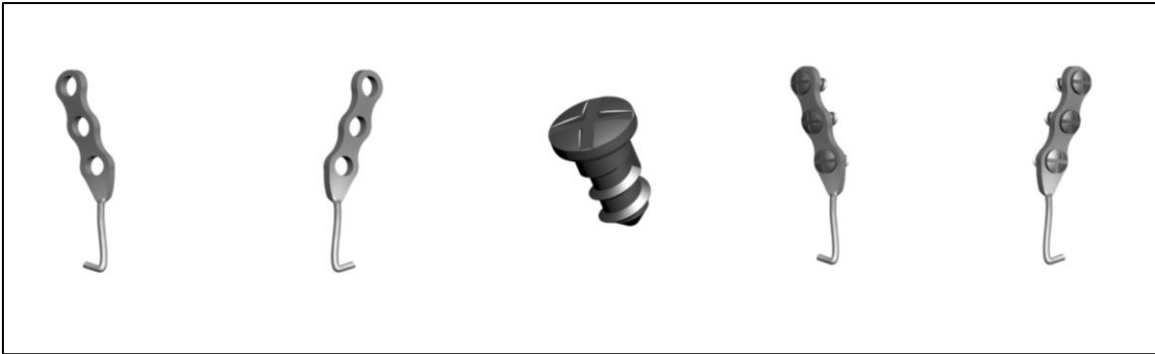
3.3. Braket, Tel, Plak ve Mini Vidaların Modellenmesi ve Çalışma Modellerinin Oluşturulması

Çalışma için Erverdi ve diğerlerinin (Erverdi ve diğerleri, 2006) araştırmalarında bahsedilen miniplak ve fiksasyon vidaları (Multipurpose Implant Tasarımmed, İstanbul, Türkiye), 18

slot Roth braketler ve tüpler, sağ ve sol olacak şekilde 2 adet crimpable hook (8 mm uzunluğunda), 0,018" × 0.025" paslanmak çelik ark teli ve petit tipi reverse headgear ALTAIR Evolve yazılımında modellenmiştir. Modeller arasında kuvvet aktarımının sağlanabilmesi için ALTAIR Hypermesh yazılımında mesh yapıları arasında uyumlandırma işlemi yapılmıştır. Dişler ve braketler arasında 0,2 mm kalınlığında yapıştırıcı kompozit kalınlığı modellenmiştir (Papageorgiou ve diğerleri, 2016).



Resim 3.4. Braketler, tüpler, ark teli ve crimpable hook'ların modellenmesi

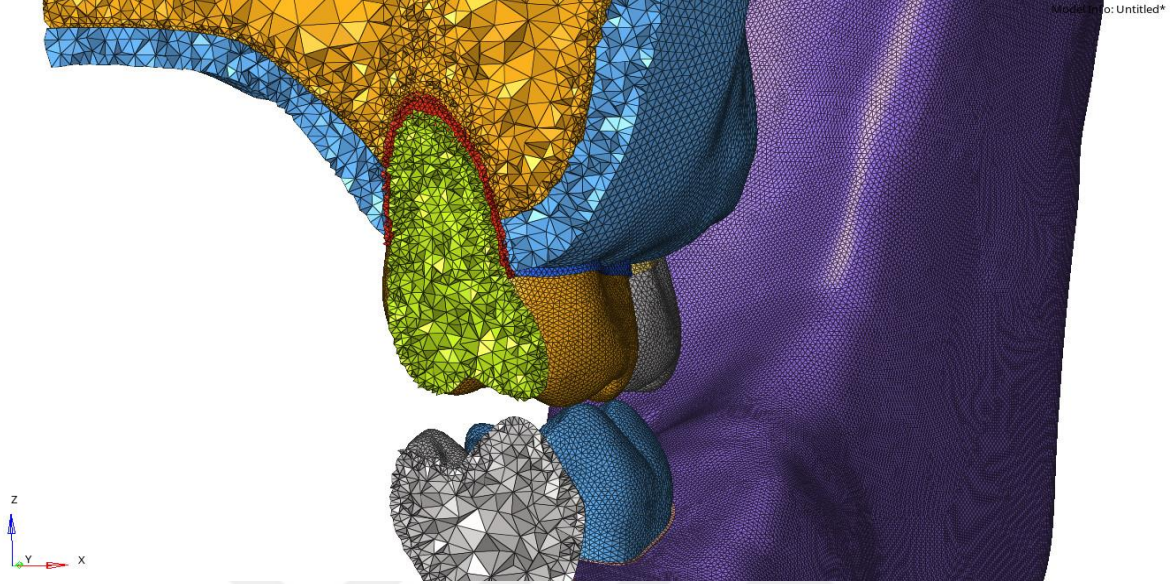


Resim 3.5. Miniplaklar, fiksasyon vidaları ve vidaların miniplak içine yerleştirilmiş hallerine ait modelleme görüntüleri

3.4. Matematiksel Modellerin Elde Edilmesi

Matematiksel modeller, geometrik modellerin mesh adı verilen basit ve küçük parçalara bölünmesiyle oluşmaktadır. ALTAIR Evolve (ALTAIR, Troy, MI, USA) yazılımında modelleme işlemi tamamlandıktan sonra modeller ALTAIR Hypermesh (ALTAIR, Troy, MI, USA) yazılımıyla matematiksel olarak oluşturulup analize hazır hale getirilmiştir. Analizlerin yapılabilmesi için, ALTAIR Hypermesh (ALTAIR, Troy, MI, USA) yazılımında

hazırlanan modeller .fem formatında ALTAIR Optistruct (ALTAIR, Troy, MI, USA) analiz programına aktarılmıştır.



Resim 3.6. Matematiksel model örnek görüntüsü

3.5. Malzeme Tanımları

Analizlerde elastik modül ve Poisson oranı verilen malzemelerin doğrusal (lineer) malzeme özellikleri kullanılmıştır. Analizi yapılan modelin malzeme özellikleri Çizelge 3.1.'de sayısal olarak tanımlanmıştır.

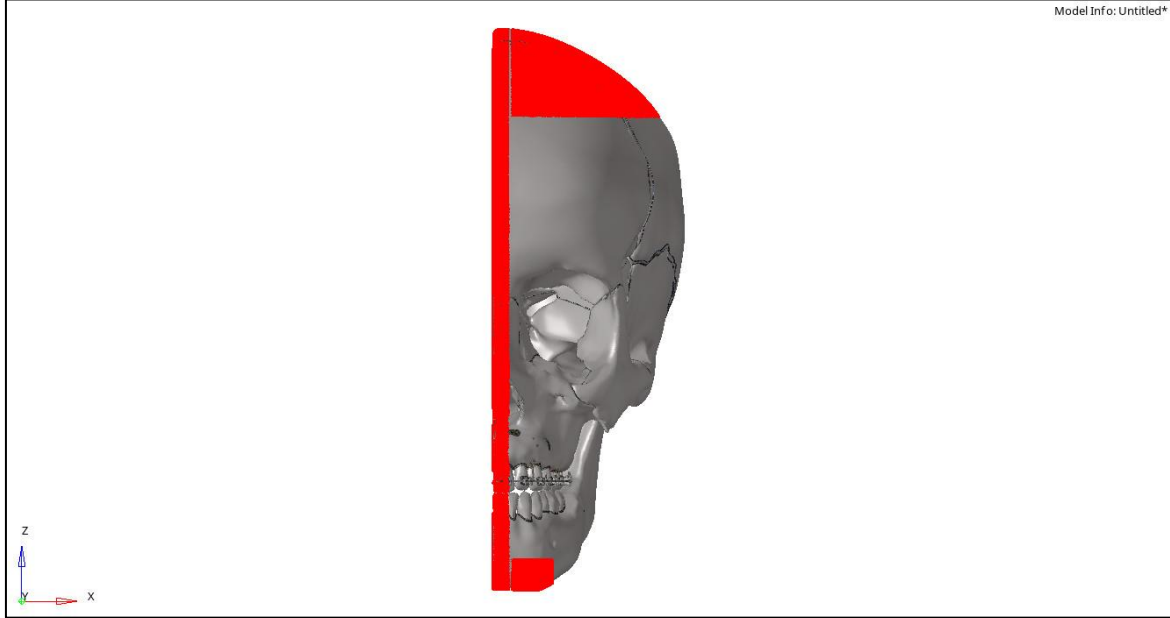
Çizelge 3.1. Malzemelerin elastik modülü ve Poisson oranları

Malzeme	Elastik Modül [MPa]	Poisson Oranı	Referans Çalışma
Kortikal Kemik	13700	0.3	Lee ve Baek (Lee ve Baek, 2012)
Spongioz Kemik	1370	0.3	Değer ve diğerleri (Değer ve diğerleri, 2015)
Diş	18600	0.31	Uysal ve diğerleri (Uysal ve diğerleri, 2019)
Titanyum	110000	0.35	Uysal ve diğerleri (Uysal ve diğerleri, 2019)
Paslanmaz çelik	200000	0.30	Papageorgiou ve diğerleri(Papageorgiou ve diğerleri, 2015)
Periodontal ligament	68	0.45	Değer ve diğerleri (Değer ve diğerleri, 2015)
Yapıştırıcı Kompozit	8823	0.25	Lin ve diğerleri (Lin ve diğerleri, 2011)
Sütür	7	0.4	Lee ve Baek (Lee ve Baek, 2012)
TME Kartilajı	0.79	0.49	Shu ve diğerleri (Shu ve diğerleri, 2019)

3.6. Sınır Koşulları

Analiz belirlenen yükleme koşulları altında toplamda iki lineer analiz olarak çözdürülmüş ve modeller kafatasının superior bölgesi ve mandibulanın çene bölgesi etrafında bulunan

düğüm noktalarından her üç eksendeki hareketi engellenecek şekilde tüm serbestlik dereceleri kısıtlanarak sabitlenmiştir. Modelde bulunan bütün parçalara; X ekseninde, Y-Z düzlemine göre simetrik olacak şekilde sınır koşulu uygulanmıştır.



Resim 3.7. Sınır koşulların belirlenmesine ait görüntü

Oluşturulan iki analiz modeli için eleman ve düğüm bilgileri Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Modellere ait eleman ve düğüm sayıları

	Dışsel ankrajlı model	İskeletsel ankrajlı model
Düğüm sayısı	3637734	3652774
Eleman sayısı	14837185	14907961

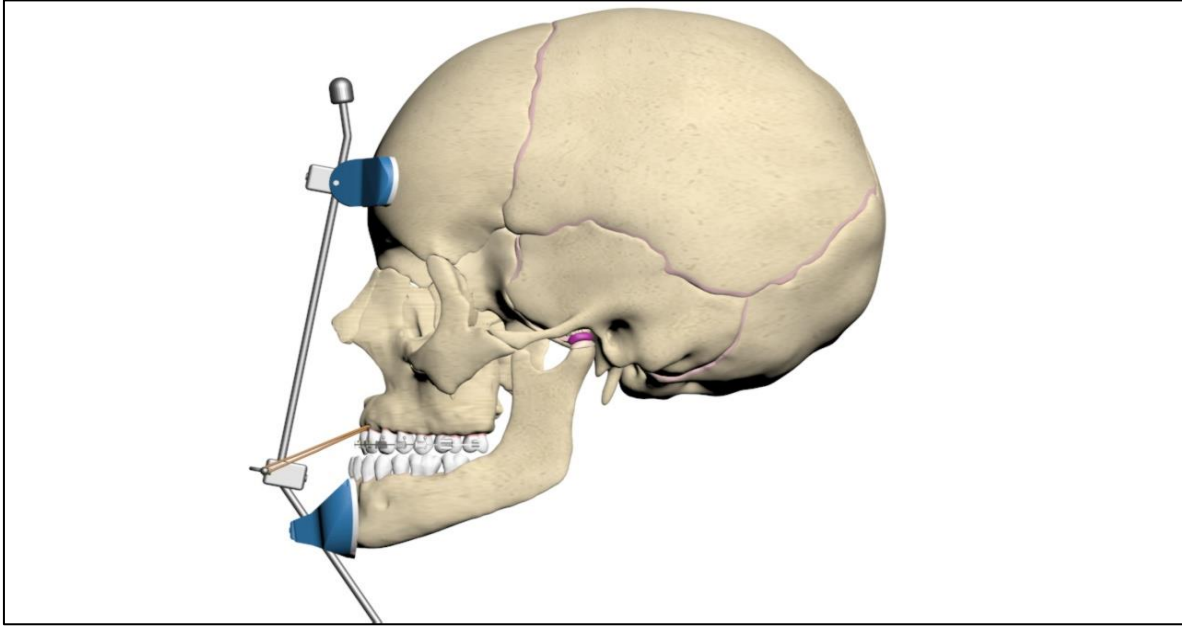
3.7. Sistemlerin Birleştirilmesi ve Sistemler Arası Bağlantı Durumu

Oluşturulan matematiksel modellerde analizlerin yapılabilmesi ve doğru sonuçların elde edilebilmesi için, modeli oluşturan parçaların birbirleriyle olan yüzey ilişkilerinin analiz programında tanımlanması gerekmektedir. Kemik-sütür, kemik-periodontal ligament-diş, mini vida-plak-kemik, diş-kompozit-braket temas bölgelerinde FREEZE tipi kontak tanımı gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşım parçaların hareket esnasında tam korelasyon ile hareket ettiği varsayımına dayanmaktadır.

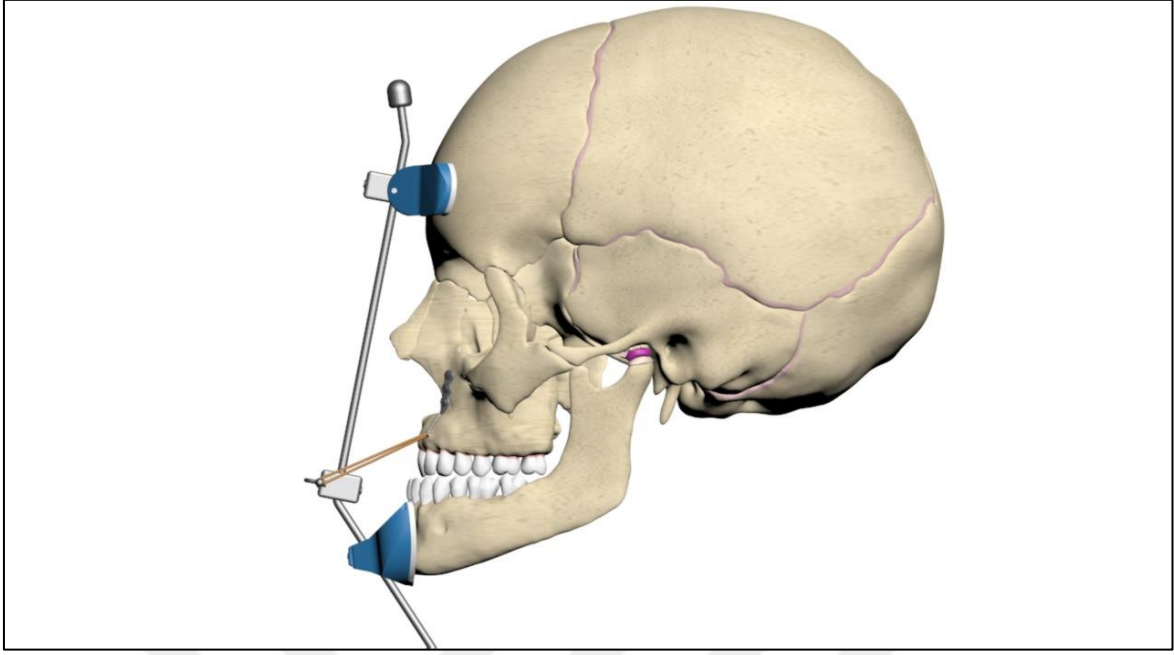
3.8. Simulasyon ve Kuvvetin Uygulanıp Yorumlanması

Dışsel ankrajlı braketli modelde (1.senaryo), maksiller dişlere 18 slot Roth braketler yerleştirilmiş ve .018" × .025" paslanmaz çelik ark teli uygulanmıştır. Sağ ve sol lateral kesici dişlerin distaline yerleştirilen crimpable hook'lar (8 mm uzunluğunda) aracılığıyla oklüzal düzlemle 30° açı oluşturacak şekilde ve 350 g kuvvetle reverse headgear uygulanmıştır.

İskeletsel ankrajlı miniplaklı modelde (2.senaryo) ise lateral nazal duvara uygulanan miniplaklar aracılığıyla, maksiller kanin ve lateral kesici dişler arasından 500 g kuvvet ve oklüzal düzlemle 30° açı oluşturacak şekilde RH uygulaması yapılmıştır. Miniplak uygulaması sağ ve solda 1'er adet olacak şekilde, fiksasyon içinse 2 mm çap, 5 mm uzunlukta 3'er adet minivida yerleştirilerek yapılmıştır. Modellere ait görüntüler Resim 3.8 ve Resim 3.9'da verilmiştir.



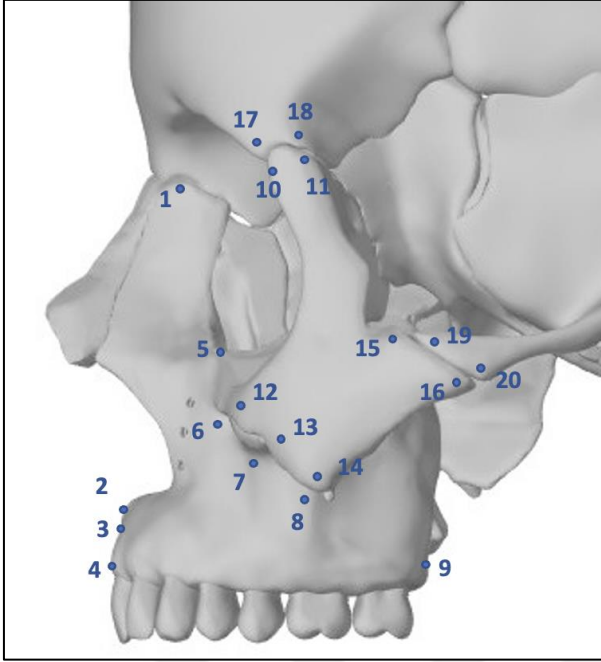
Resim 3.8. Braketli modele ait görüntü



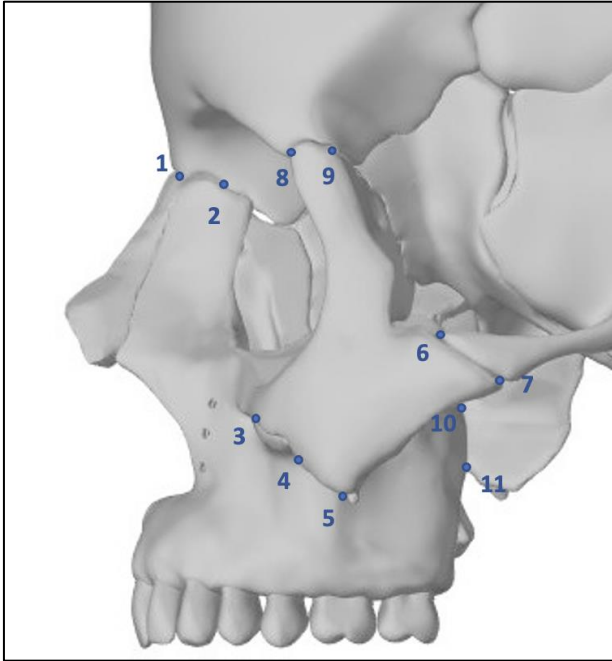
Resim 3.9. Miniplaklı modele ait görüntü

Sonlu elemanlar stres analizlerinden çıkarılan sonuçlarla istatistiksel analizler yapılamamaktadır. Çalışmada analiz sonucu elde edilen veriler modeller kendi içlerinde ve birbiri arasında değerlendirilip yorumlanmıştır.

Stres ve yer değiştirme değerlerinin senaryolarda karşılıklı olarak incelenebilmesi için, modeller üzerinde değişmeyen belirli anatomik noktalar seçilmiş (Resim 3.10 ve 3.11) (Lee ve Baek 2012) ve dişlerin hareketlerini detaylı olarak gözlemleyebilmek için maksiler dişlerin insizal ve kök apekslerinden aynı noktalar 2 modelde de belirlenmiştir. Molar dişlerde meziobukkal tüberkül tepesi ve meziobukkal kök uçları referans alınmıştır. Ağız içi ankraj bölgelerindeki stres düzeylerini inceleyebilmek için de braketli modelde ark teli üstünde, diğer modelde ise miniplaklar üzerinde belirlenen noktalardan ölçümler yapılmıştır.



Resim 3.10. Maksilla ve çevresindeki kemiklerdeki landmarklar; Maksilla; 1: Frontal proçes, 2:ANS, 3:A noktası, 4:Prosthion, 5:Inferior orbital rim, 6-8: Zigomatik proçes (süperior, middle, posterior), 9:PNS, Zigomatik kemik; 10 ve 11:Frontal proçes (anterior, posterior), 12-14: Maksiller proçes (süperior, middle, inferior), 15 ve 16:Temporal proçes (süperior, inferior), Frontal kemik; 17 ve 18:Zigomatik proçes (anterior ve posterior), Temporal kemik; 18 ve 19:Zigomatik proçes (süperior ve inferior)



Resim 3.11. Kraniofasiyal süturlara ait landmarklar; 1:frontonazal suture, 2:frontomaksiller suture, 3-5: zigomatikomaksiller suture (süperior, middle, inferior), 6 ve 7: zigomatikotemporal suture (süperior ve inferior), 8 ve 9: zigomatikofrontal suture (anterior ve posterior)

4. BULGULAR

Diş ve kemik destekli 2 farklı reverse headgear uygulamasının kraniyofasiyal yapılar üzerindeki etkisinin sonlu elemanlar analizi ile incelenmesi üzerine yapılmış çalışmanın bulguları Çizelge 4.1., 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13 ve 4.14'te detaylı olarak belirtilmiştir.

4.1. Diş Destekli Yüz Maskesi Uygulaması Modeline Ait Bulgular

Diş destekli yüz maskesi uygulaması modeline ait bulgular aşağıda verilmiştir.

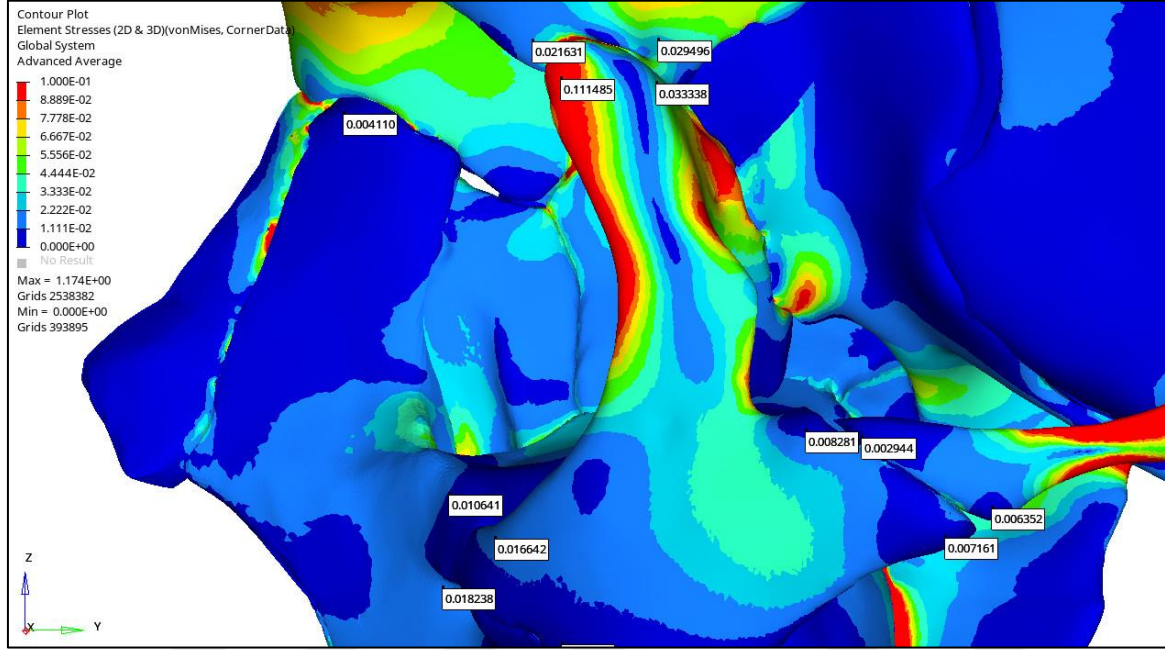
4.1.1. Maksilla ve çevresindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağılımlarının değerlendirilmesi

Çizelge 4.1. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında maksilla ve çevresindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağılımları

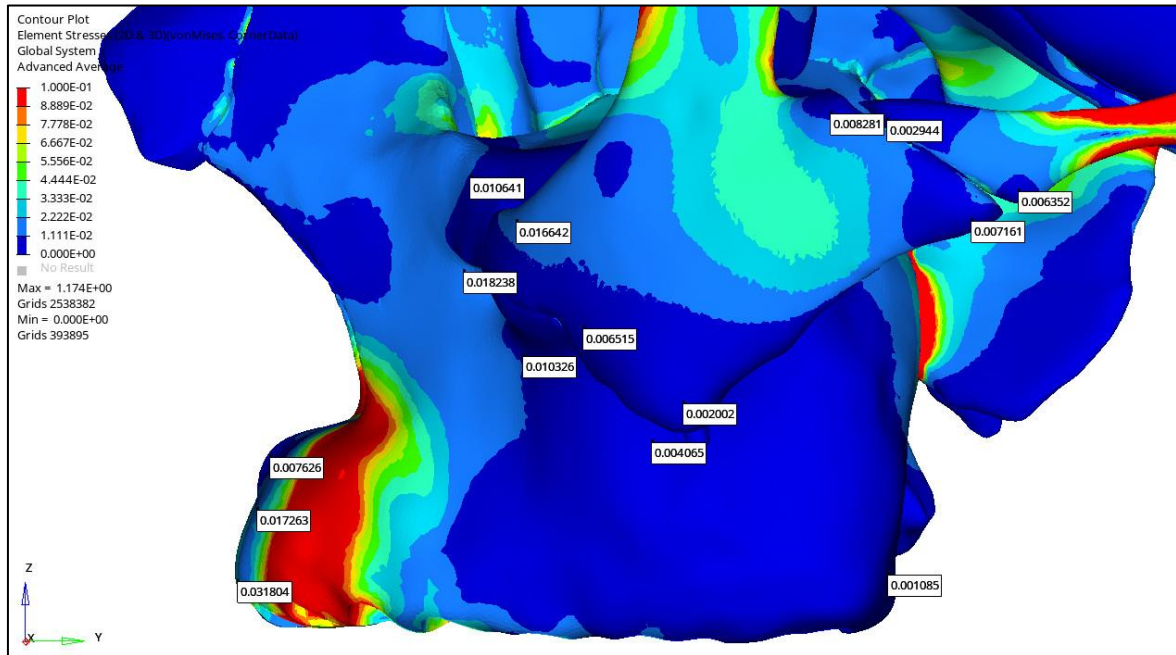
		Stres Değerleri (MPa)
Maksilla	Frontal proçes	0,004110
	ANS	0,007626
	A noktası	0,017263
	Prosthion	0,031804
	Inferior orbital rim	0,010641
	Zigomatik proçes (süperior)	0,018238
	Zigomatik proçes (middle)	0,010326
	Zigomatik proçes (inferior)	0,004065
	PNS	0,001085
Zigomatik kemik	Frontal proçes (anterior)	0,111485
	Frontal proçes (posterior)	0,033338
	Maksiller proçes (süperior)	0,016642
	Maksiller proçes (middle)	0,006515
	Maksiller proçes (inferior)	0,002002
	Temporal proçes (süperior)	0,008281
	Temporal proçes (inferior)	0,007161
Frontal kemik	Zigomatik proçes (anterior)	0,021631
	Zigomatik proçes (posterior)	0,029496
Temporal kemik	Zigomatik proçes (süperior)	0,002944
	Zigomatik proçes (inferior)	0,006352

Resim 4.1 ve 4.2'de maksilla ve çevresindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağılımları lateral görünümünden izlenebilmektedir. Stres değerleri büyükten küçüğe şekilde sırasıyla zigomatik kemiğin frontal proçesi (anterior ve posterior), prosthion, frontal kemiğin

zigomatik proçesi (anterior ve posterior), maksillanın zigomatik proçesi (süperior ve middle) ve inferior orbital rim şeklinde sıralanabilir. Landmarklardan bağımsız olarak, resimler incelendiğinde ise maksillanın anterioru, zigomatik ark bölgesi ve pterigomaksiller bölgede de yüksek stres değerleri gözlenmiştir. En düşük stres değeri PNS'de gözlenmiştir.



Resim 4.1. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında maksilla ve çevresindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağılımlarına ait görsel-1



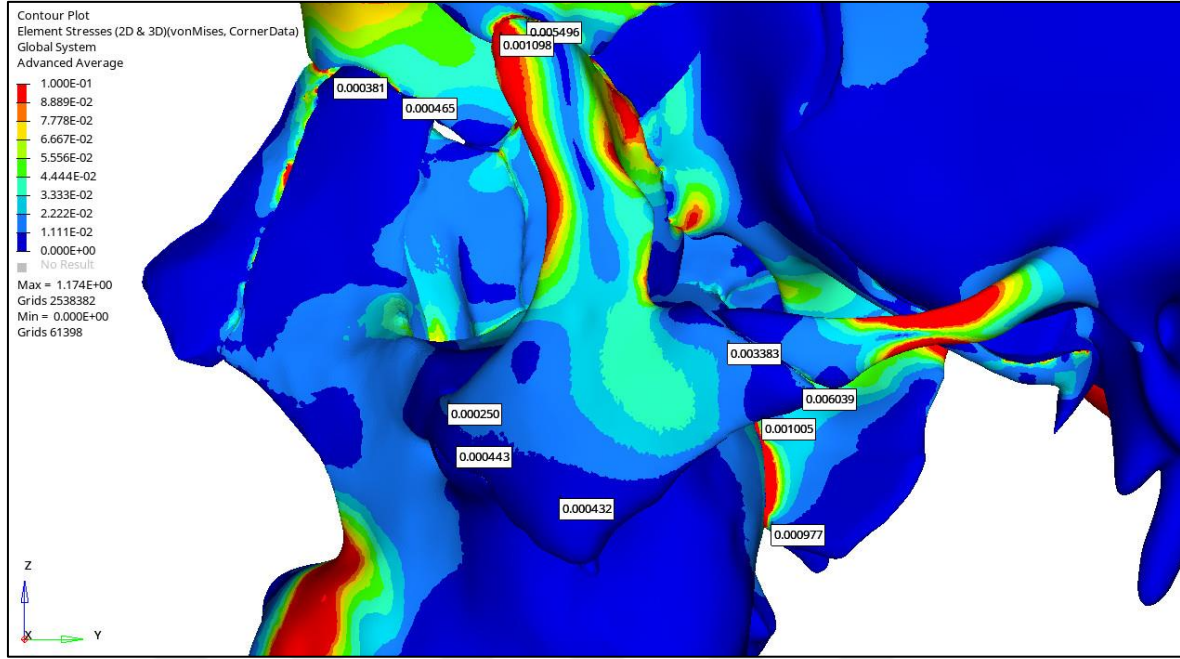
Resim 4.2. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında maksilla ve çevresindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağılımlarına ait görsel-2

4.1.2. Kraniyofasiyal süturlarda meydana gelen von Mises stres dağımlarının değerlendirilmesi

Çizelge 4.2. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında kraniyofasiyal süturlarda meydana gelen von Mises stres dağımları

	Stres Değerleri (MPa)
Frontonazal sütur	0,000381
Frontomaksiller sütur	0,000465
Zigomatikomaksiller sütur (süperior)	0,000250
Zigomatikomaksiller sütur (middle)	0,000443
Zigomatikomaksiller sütur (inferior)	0,000432
Zigomatikotemporal sütur (süperior)	0,003383
Zigomatikotemporal sütur (inferior)	0,001005
Zigomatikofrontal sütur (anterior)	0,001098
Zigomatikofrontal sütur (posterior)	0,005496
Pterigomaksiller sütur (süperior)	0,001005
Pterigomaksiller sütur (inferior)	0,000977

Resim 4.3'te kraniyofasiyal süturlarda oluşan von Mises stres dağımları lateral görünümden izlenebilmektedir. En yüksek stres değerleri büyükten küçüğe sırasıyla zigomatikofrontal sütur (posterior), zigomatikotemporal sütur (süperior) ve zigomatikofrontal sütur (anterior) ve zigomatiko temporal sütur (inferior)'da gözlenmiştir. En düşük stres değerleri frontonazal sütur ve zigomatikomaksiller süturun inferiorunda grlmştir.



Resim 4.3. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında kraniyofasiyal süturlarda meydana gelen von Mises stres dağılımları

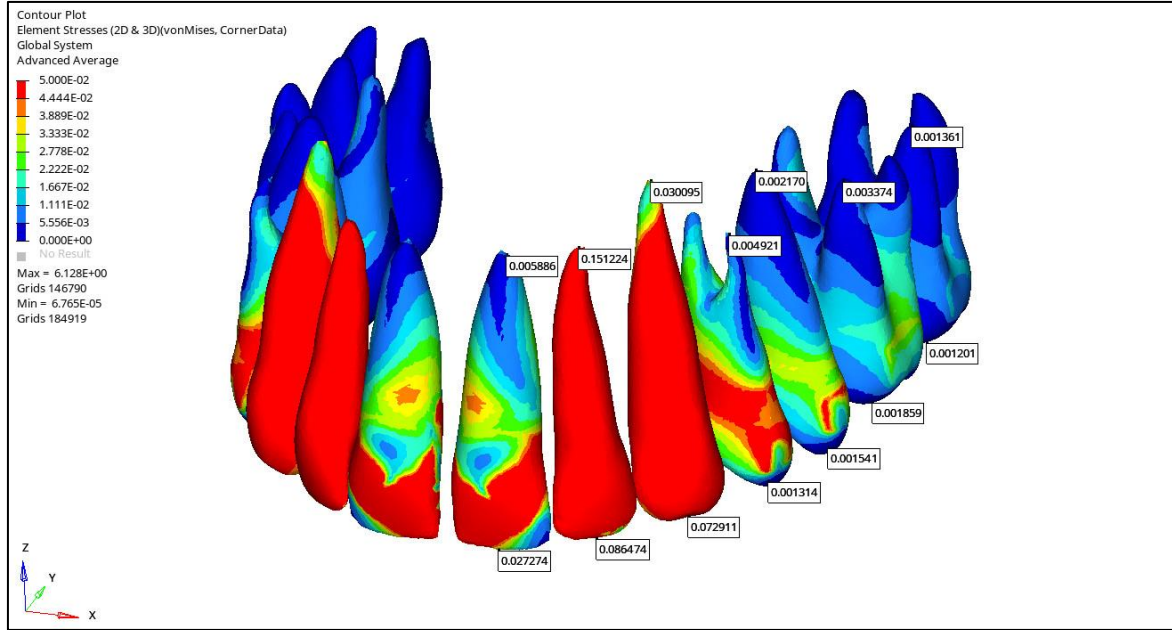
4.1.3. Maksiller dişlerde meydana gelen von Mises stres dağılımlarının değerlendirilmesi

Çizelge 4.3. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında maksiller dişlerde meydana gelen von Mises stres dağılımları

		Stres Değerleri (MPa)
Santral kesici	insizal	0,027274
	apex	0,005886
Lateral kesici	insizal	0,086474
	apex	0,151224
Kanin	insizal	0,072911
	apex	0,030095
1.premolar	insizal	0,001314
	apex	0,004921
2.premolar	insizal	0,001541
	apex	0,002170
1.molar	insizal	0,001859
	apex	0,003374
2.molar	insizal	0,001201
	apex	0,001361

Resim 4.4'te maksiller dişlerin insizal uçları ve kök apekslerinde görülen stres değerleri izlenebilmektedir. En yüksek stres değeri sırasıyla 0.151224 MPa ve 0.086474 MPa ile lateral dişin kök ve insizal ucunda izlenmiştir. Büyükten küçüğe göre sıralandığında; kanin

dişin apeksine kadar olan bölgede, santral kesici ve 1.premolar dişin kronunda ve 2.molar dişin braketinin çevresinde krona diğer diş bölgelerine kıyasla yüksek stres alanları görülmüştür. En düşük stres alanları posterior bölgede molar dişlerde tespit edilmiştir. Lateral kesici ve 2.molar diş haricinde tüm dişlerde insizal kenarlarda kök apeksine göre daha büyük stres değerleri bulunmuştur.



Resim 4.4. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında maksiller dişlerde meydana gelen von Mises stres dağılımları

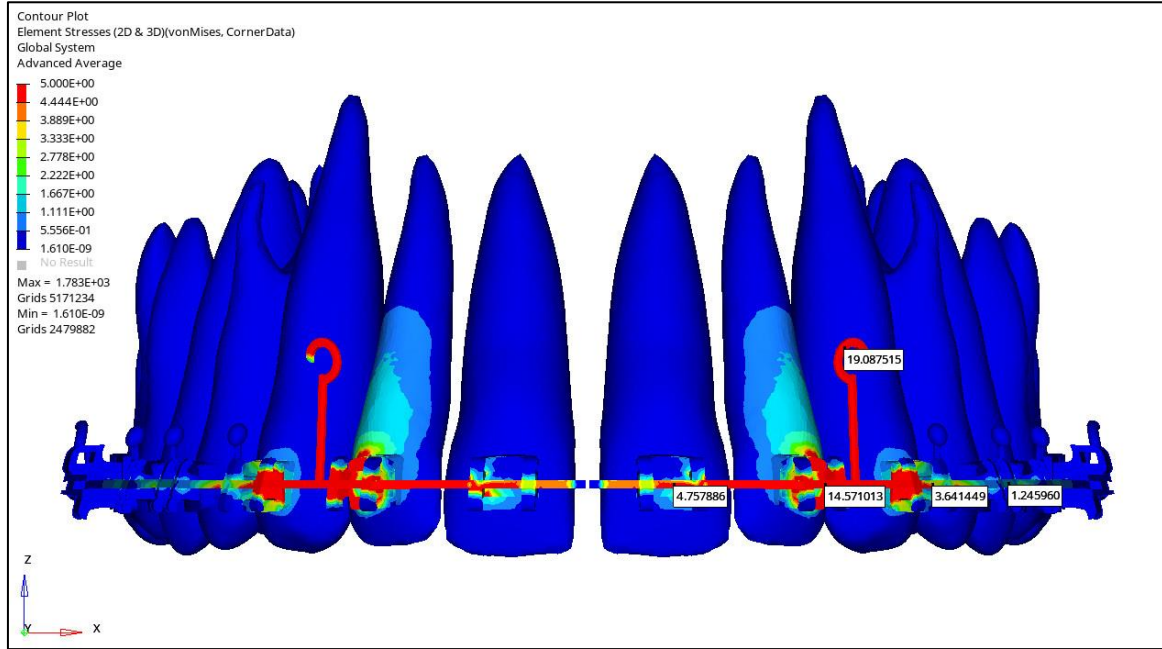
4.1.4. Yüz maskesinin ağız içindeki ankraj bölgesinde meydana gelen von Mises stres dağılımlarının değerlendirilmesi

Çizelge 4.4. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında ağız içi ankraj ünitesindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağılımları

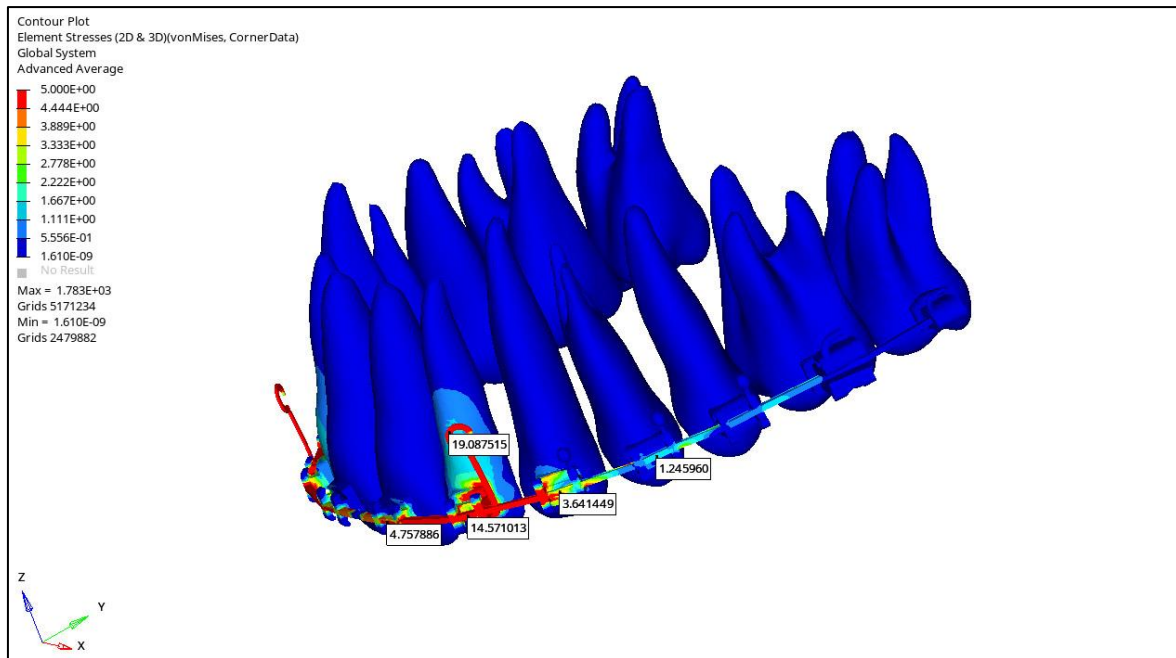
	Stres Değerleri (MPa)
Santral braketi	4,757886
Lateral braketi	14,571013
Kanın braketi	3,641449
1.premolar braketi	1,245690
Crimpable hook	19,087515

Resim 4.5 ve 4.6'da crimpable hook ve ark teli üzerinde meydana gelen von Mises stresler incelemektedir. En yüksek stres crimpable hook'un kuvvet uygulanan kanca bölgesinde olmak üzere lateral ve santral dişlerin braketlerinin orta noktasındaki ark telinde de diğer bölgelere kıyasla yüksek seviyeler izlenmiştir. Resim 4.6'da lateral görünümünden

bakıldığında anteriordan posteriora doğru gidildikçe stres düzeylerinin azaldığı görülmektedir.



Resim 4.5. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında ağız içindeki ankraj bölgesinde meydana gelen von Mises stres dağılımları -1



Resim 4.6. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında ağız içindeki ankraj bölgesinde meydana gelen von Mises stres dağılımları -2

4.1.5. Maksilla ve çevresindeki kemiklerdeki landmarklarda görülen yer değiştirme değerlerinin değerlendirilmesi

Çizelge 4.5. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında maksilla ve çevresindeki kemiklerdeki landmarklarda görülen yer değiştirme değerleri

		X-ekseni	Y-ekseni	Z-ekseni
Maksilla	Frontal proçes 1	-2,16E-06	-1,58E-03	2,12E-04
	ANS 2	1,89E-07	-4,18E-03	3,77E-04
	A noktası 3	3,77E-06	-4,39E-03	4,36E-04
	Prosthion 4	8,49E-06	-4,65E-03	5,09E-04
	Inferior orbital rim 5	-5,03E-05	-3,07E-03	-1,71E-04
	Zigomatik proçes (süperior) 6	-3,89E-05	-3,43E-03	-1,51E-04
	Zigomatik proçes (middle) 7	-2,48E-05	-3,76E-03	-3,54E-04
	Zigomatik proçes (inferior) 8	-1,37E-05	-4,08E-03	-8,23E-04
	PNS 9	5,63E-06	-4,60E-03	-1,73E-03
Zigomatik kemik	Frontal proçes (anterior) 10	4,69E-05	-1,09E-03	-1,88E-04
	Frontal proçes (posterior) 11	5,09E-05	-1,13E-03	-8,21E-04
	Maksiller proçes (süperior) 12	-1,79E-06	-3,62E-03	-2,78E-04
	Maksiller proçes (middle) 13	1,65E-05	-3,24E-03	-5,05E-04
	Maksiller proçes (inferior) 14	3,83E-06	-3,88E-03	-8,58E-04
	Temporal proçes (süperior) 15	-1,03E-04	-2,74E-03	-1,38E-03
	Temporal proçes (inferior) 16	-2,88E-04	-3,05E-03	-1,85E-03
Frontal kemik	Zigomatik proçes (anterior) 17	9,31E-06	-1,09E-03	5,43E-05
	Zigomatik proçes (posterior) 18	-6,95E-05	-5,96E-04	-1,41E-04
Temporal kemik	Zigomatik proçes (süperior) 19	-3,10E-05	-1,70E-03	-2,33E-03
	Zigomatik proçes (inferior) 20	2,57E-04	-1,17E-03	-1,26E-03

Yer değiştirme değerlerine ait Çizelge 4.5 incelendiğinde, sagittal yönde tüm noktalarda öne doğru hareket gözlenmiştir. En fazla hareket sırasıyla prosthion, PNS, A noktası ve ANS gibi anterior maksillaya ait yapılarda görülmüştür. Zigomatik kemiğin maksiller proçesi (süperior, middle, inferior), maksiller kemiğin zigomatik proçesi (süperior, middle, inferior)

ve inferior orbital rim bölgesinde de diğer bölgelere kıyasla sagittal yönde öne doğru yüksek yer değiştirme bulunmuştur. Vertikal yönde incelendiğinde, maksillanın frontal proçesi, A noktası, ANS, prosthion ve frontal kemiğin zigomatik proçesinin anterior'unda yukarı doğru, diğer landmarklarda aşağı doğru hareket izlenmiştir. Transversal açıdan değerlendirildiğinde ise prosthion, ANS, A noktası ve PNS'de dışa doğru yer değiştirme görülmüştür. Maksillanın zigomatik proçesine ait landmarklarda içe, zigomanın maksiller proçesine ait landmarklarda ise dışa doğru hareket tespit edilmiştir.

4.1.6. Kraniyofasiyal süturlarda görülen yer değiştirmelerin değerlendirilmesi

Çizelge 4.6. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında kraniyofasiyal süturlarda görülen yer değiştirme değerleri

	X-ekseni	Y-ekseni	Z-ekseni
Frontonazal suture	0,00E+00	-1,52E-03	1,62E-04
Frontomaksiller suture	4,86E-06	-1,67E-03	-8,62E-05
Zigomatikomaksiller suture (superior)	-8,21E-06	-3,22E-03	-2,82E-04
Zigomatikomaksiller suture (middle)	6,75E-06	-3,43E-03	-3,04E-04
Zigomatikomaksiller suture (inferior)	2,31E-06	-3,69E-03	-7,79E-04
Zigomatikotemporal suture (superior)	-1,70E-04	-2,83E-03	-1,54E-03
Zigomatikotemporal suture (inferior)	-2,99E-04	-3,00E-03	-1,88E-03
Zigomatikofrontal suture (anterior)	3,83E-05	-9,68E-04	-1,57E-04
Zigomatikofrontal suture (posterior)	1,10E-04	-8,98E-04	-5,73E-04
Pterigomaksiller suture (superior)	2,97E-05	-3,16E-03	-1,75E-03
Pterigomaksiller suture (inferior)	8,09E-05	-3,67E-03	-1,78E-03

Kraniyofasiyal süturlardaki yer değiştirme değerlerine ait Çizelge 4.6 incelendiğinde sagittal yönde tüm süturlarda öne doğru hareket izlenmiştir. Bu yönde en yüksek yer değiştirme değerleri pterigomaksiller ve zigomatikomaksiller suture bölgelerinde görülmüştür. Zigomatikofrontal suture bölgesinde en düşük yer değiştirme gözlenmiştir. Vertikal yönde değerlendirildiğinde, pterigomaksiller ve zigomatikotemporal sutureda en fazla olacak şekilde aşağıya doğru yer değiştirme tespit edilmiştir. Sadece frontonazal sutureda yukarı hareket bulunmuştur. Transversal yönde pterigomaksiller (superior ve inferior) ve zigomatikomaksiller (middle, inferior) süturlarda dışa hareket, zigomatikotemporal sutureda içe hareket görülmüştür.

4.1.7. Maksiller dişlerde meydana gelen yer değiştirmelerin değerlendirilmesi

Çizelge 4.7. Diş destekli yüz maskesi uygulamasında maksiller dişlerde görülen yer değiştirmeler

	X-ekseni		Y-ekseni		Z-ekseni	
	insizal	apeks	insizal	apeks	İnsizal	apeks
1	-1,00E-05	8,51E-06	-5,31E-03	-4,15E-03	4,35E-04	1,61E-04
2	-9,38E-04	-2,77E-05	-3,84E-03	-4,17E-03	2,66E-04	1,80E-05
3	1,60E-04	-2,11E-05	-5,70E-03	-3,94E-03	3,58E-04	3,37E-06
4	-1,01E-05	-1,13E-05	-5,31E-03	-4,17E-03	-1,38E-04	-9,25E-05
5	-4,75E-06	-1,30E-05	-5,27E-03	-4,11E-03	-4,70E-04	-5,08E-04
6	-1,88E-05	-1,08E-05	-5,21E-03	-4,27E-03	-7,95E-04	-7,91E-04
7	-1,58E-05	1,59E-06	-5,20E-03	-4,37E-03	-1,27E-03	-1,46E-03

Maksiller dişlerde meydana gelen yer değiştirmeler Çizelge 4.7’de verilmiştir. Sagittal yönde tüm dişlerde öne doğru ileriye hareketle gözlenmekle birlikte, lateral kesici diş haricinde tüm dişlerde insizal kenarda apekse göre daha fazla hareket gözlenmiştir. 1.premolar dişten posteriora doğru gidildikçe yer değiştirmelerde giderek azalma; anterior bölgede insizal kenarlar değerlendirildiğinde büyükten küçüğe kanin, santral kesici ve lateral kesici dişlerde, kök apeksleri değerlendirildiğinde ise tam tersi sıralamayla yer değiştirme izlenmiştir. Vertikal yönde premolar ve molar dişlerde aşağı hareket gözlenirken, kesici ve kanin dişlerde yukarı hareket gözlenmiştir. 2.premolar ve molar dişlerde görülen hareket miktarı, anterior dişlerde görülen hareketten daha büyük miktardadır. Transvers yön değerlendirmesinde santral kesici dişin apeksi ve kanin dişin insizal kenarı kenarı hariç tüm noktalarda iç hareket görülmüştür. 1.premolar ve 2.molar dişteki farklılık haricinde diğer dişlerde insizal kenardaki hareketler apekslerden daha büyük durumdadır.

4.2. Kemik Destekli (İskeletsel Ankrajlı) Yüz Maskesi Uygulaması Modeline Ait Bulgular

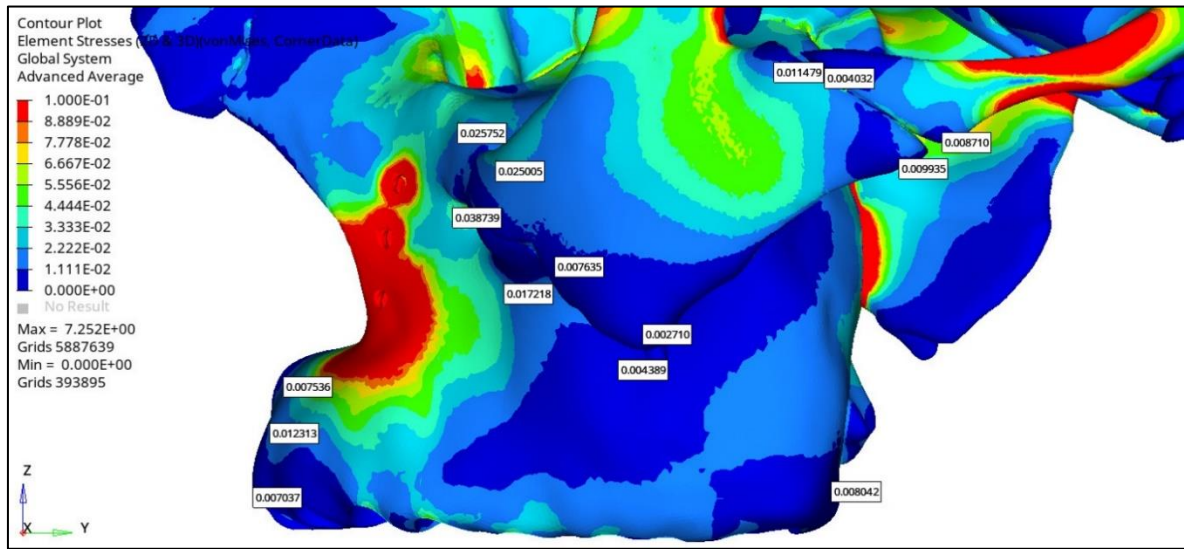
İskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulaması modeline ait bulgular aşağıda verilmiştir.

4.2.1. Maksilla ve çevresindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağılımlarının değerlendirilmesi

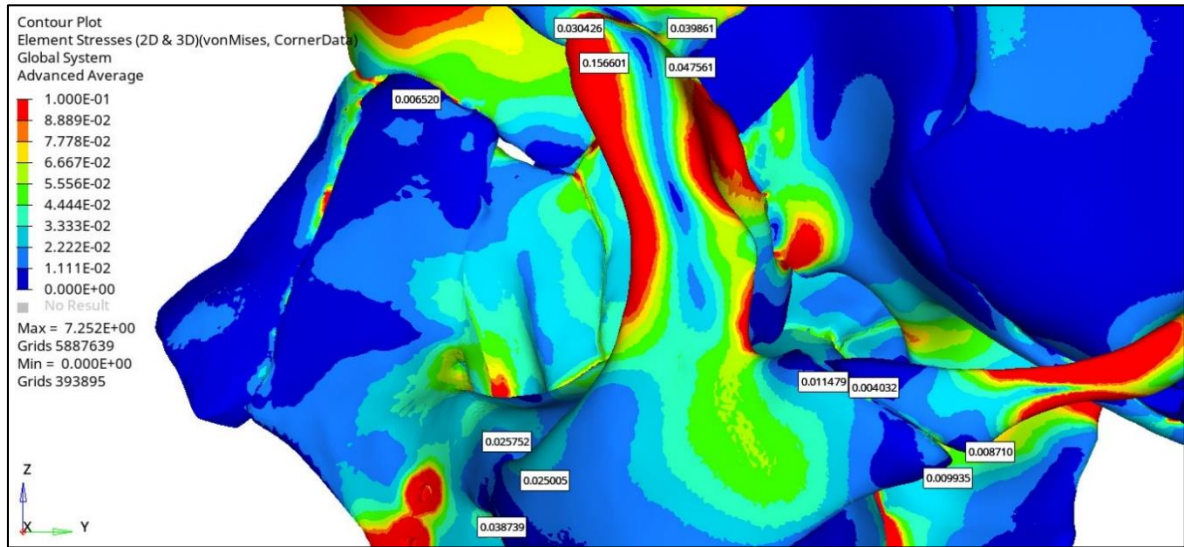
Çizelge 4.8. İskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulamasında maksilla ve çevresindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağılımları

		Stres Değerleri (MPa)
Maksilla	Frontal proçes	0,006520
	ANS	0,007536
	A noktası	0,012313
	Prosthion	0,007037
	Inferior orbital rim	0,025752
	Zigomatik proçes (süperior)	0,038739
	Zigomatik proçes (middle)	0,017218
	Zigomatik proçes (inferior)	0,004389
	PNS	0,008042
Zigomatik kemik	Frontal proçes (anterior)	0,156601
	Frontal proçes (posterior)	0,047561
	Maksiller proçes (süperior)	0,025005
	Maksiller proçes (middle)	0,007635
	Maksiller proçes (inferior)	0,002710
	Temporal proçes (süperior)	0,011479
	Temporal proçes (inferior)	0,009935
Frontal kemik	Zigomatik proçes (anterior)	0,030426
	Zigomatik proçes (posterior)	0,039861
Temporal kemik	Zigomatik proçes (süperior)	0,004032
	Zigomatik proçes (inferior)	0,008710

Resim 4.7 ve 4.8’de maksilla ve çevresindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağılımları lateral görünümünden izlenebilmektedir. Stres değerleri büyükten küçüğe şekilde sırasıyla zigomatik kemiğin frontal proçesi (anterior ve posterior), frontal kemiğin zigomatik proçesi (anterior ve posterior), maksillanın zigomatik proçesi (süperior ve middle), inferior orbital rim ve A noktası olacak şekilde gözlenmiştir. Resimler incelendiğinde, miniplakların yerleştirildiği lateral nazal duvar bölgesi, zigomatik ark bölgesi ve pterigomaksiller bölgede de yüksek stres seviyeleri tespit edilmiştir. En düşük stres değeri zigomatik kemiğin maksiller proçesinin inferiorunda izlenmiştir.



Resim 4.7. İskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulamasında maksilla ve çevresindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağılımlarına ait görsel-1



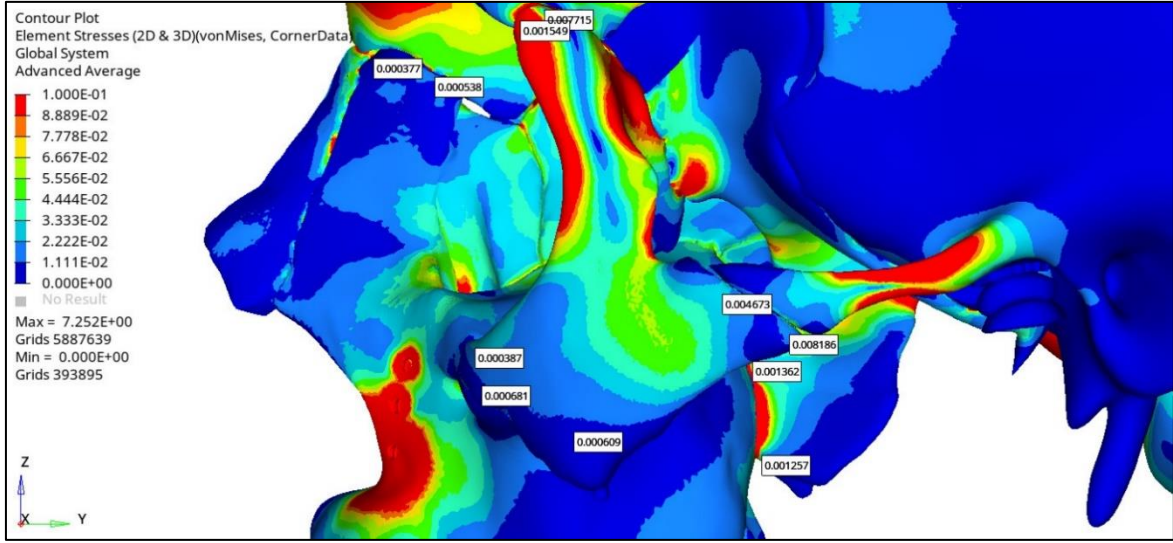
Resim 4.8. İskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulamasında maksilla ve çevresindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağılımlarına ait görsel-2

4.2.2. Kraniofasial süturlarda meydana gelen von Mises stres dağımlarının değerlendirilmesi

Çizelge 4.9. İskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulamasında kraniofasial süturlarda meydana gelen von Mises stres dağımları

	Stres Değerleri (MPa)
Frontonazal sütur	0,000377
Frontomaksiller sütur	0,000538
Zigomatikomaksiller sütur (süperior)	0,000387
Zigomatikomaksiller sütur (middle)	0,000681
Zigomatikomaksiller sütur (inferior)	0,000609
Zigomatikotemporal stur (süperior)	0,004673
Zigomatikotemporal stur (inferior)	0,008186
Zigomatikofrontal stur (anterior)	0,001549
Zigomatikofrontal stur (posterior)	0,007715
Pterigomaksiller stur (süperior)	0,001362
Pterigomaksiller stur (inferior)	0,001257

Resim 4.9.'da kraniofasial süturlarda oluşan von Mises stres dağımları lateral grnmden izlenebilmektedir. En yüksek stres değerleri sırasıyla zigomatikotemporal sütur (süperior ve inferior), zigomatikofrontal sütur (posterior ve anterior) ve pterigomaksiller süturda (süperior ve inferior) gözlenmiştir. En düşük stres değerleri frontonazal süturda grlmştir.



Resim 4.9. İskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulamasında kraniyofasiyal süturlarda meydana gelen von Mises stres dağılımları

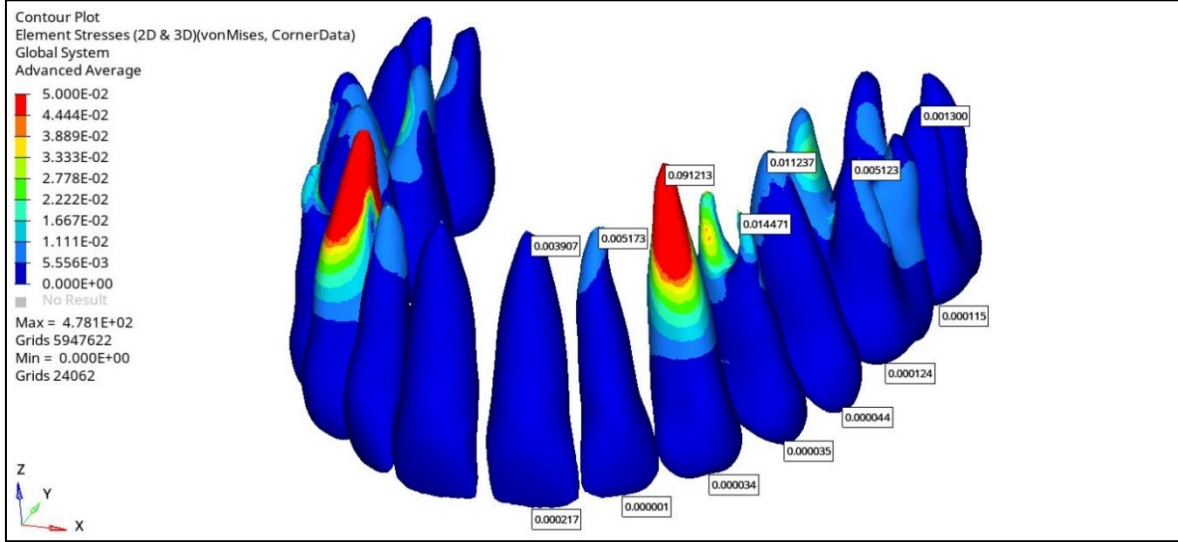
4.2.3. Maksiller dişlerde meydana gelen von Mises stres dağılımlarının değerlendirilmesi

Çizelge 4.10. İskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulamasında maksiller dişlerde meydana gelen von Mises stres dağılımları

		Stres Değerleri (MPa)
Santral	insizal	0,000217
	apex	0,003907
Lateral	insizal	0,000001
	apex	0,005173
Kanin	insizal	0,000034
	apex	0,091213
1.premolar	insizal	0,000035
	apex	0,014471
2.premolar	insizal	0,000044
	apex	0,011237
1.molar	insizal	0,000124
	apex	0,005123
2.molar	insizal	0,000115
	apex	0,001300

Resim 4.10'da maksiller dişlerin insizal uçları ve kök apekslerinde görülen stres değerleri izlenebilmektedir. En yüksek stres değeri sırasıyla 0,091213 MPa, 0,014471 MPa ve 0,011237 MPa ile kanin, 1.premolar ve 2.premolar dişlerin kök ucunda izlenmiştir. Tüm dişlerde kök apekslerinde insizaldeki noktalara kıyasla daha yüksek stres değerleri bulunmuş

ve en düşük stres değerleri küçükten büyüğe lateral kesici, kanin, 1.premolar ve 2.premolar dişlerin insizal kenarlarında izlenmiştir.



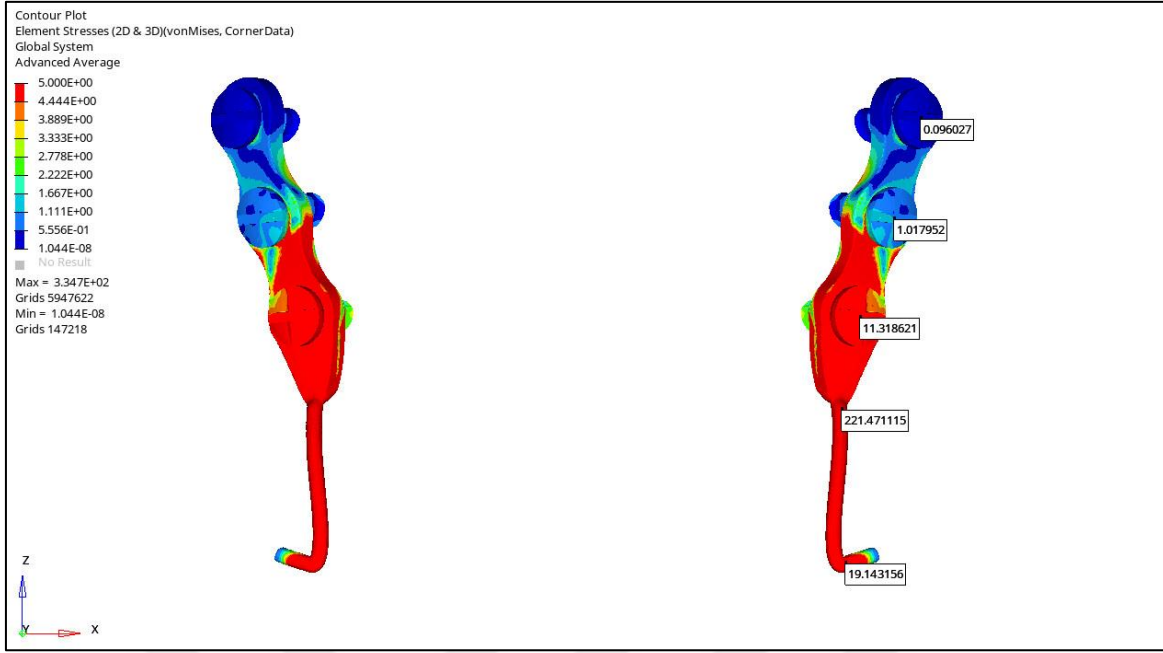
Resim 4.10. İskeletsel ankranlı yüz maskesi uygulamasında maksiller dişlerde meydana gelen von Mises stres dağılımları

4.2.4. Yüz maskesinin ağız içindeki ankrāj bölgesinde meydana gelen von Mises stres dağılımlarının değerlendirilmesi

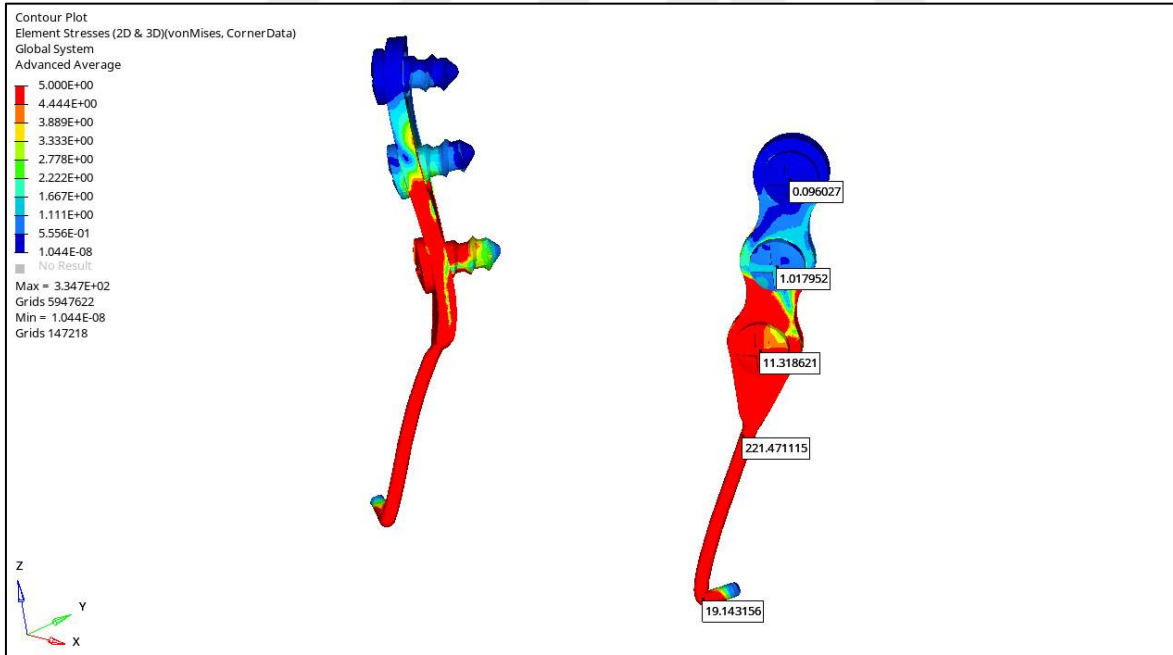
Çizelge 4.11. İskeletsel ankranlı yüz maskesi uygulamasında ağız içi ankrāj ünitesindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağılımları

	Stres Değerleri (MPa)
Yukardaki vida	0,137192
Ortadaki vida	1,454334
Aşağıdaki vida	16,170776
Miniplak kancası	27,348730
Miniplak boyun bölgesi	316,414551

Resim 4.11 ve Resim 4.12’de belirtildiği gibi, lateral nazal duvara yerleştirilen miniplaklar üzerindeki stres seviyeleri incelendiğinde en yüksek değer miniplak boyun bölgesinde, ardından mini plağın kancasının kıvrımlı kısmı ve aşağıdan yukarıdaki minividaya doğru azaldığı şeklinde görülebilir.



Resim 4.11. İskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulamasında ağız içi ankraj ünitesindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağılımları -1



Resim 4.12. İskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulamasında ağız içi ankraj ünitesindeki landmarklarda meydana gelen von Mises stres dağılımları -2

4.2.5. Maksilla ve çevresindeki kemiklerdeki landmarklarda görülen yer değiştirmelerin değerlendirilmesi

Çizelge 4.12. İskeletsel ankrajlı modelde maksilla ve çevresindeki kemiklerdeki landmarklarda görülen yer değiştirmeler

		X-ekseni	Y-ekseni	Z-ekseni
Maksilla	Frontal proçes 1	-2,86E-06	-2,18E-03	2,43E-04
	ANS 2	0,00E+00	-5,67E-03	4,58E-04
	A noktası 3	-3,96E-06	-5,89E-03	5,16E-04
	Prosthion 4	-3,30E-06	-6,18E-03	5,92E-04
	Inferior orbital rim 5	-9,18E-05	-4,18E-03	-3,03E-04
	Zigomatik proçes (süperior) 6	-6,79E-05	-4,68E-03	-2,76E-04
	Zigomatik proçes (middle) 7	-3,73E-05	-5,12E-03	-5,45E-04
	Zigomatik proçes (inferior) 8	-2,85E-05	-5,52E-03	-1,14E-03
	PNS 9	9,79E-07	-6,17E-03	-2,31E-03
Zigomatik kemik	Frontal proçes (anterior) 10	8,72E-06	-1,53E-03	-2,64E-04
	Frontal proçes (posterior) 11	-1,05E-04	-1,58E-03	-1,13E-03
	Maksiller proçes (süperior) 12	-2,03E-05	-4,41E-03	-4,15E-04
	Maksiller proçes (middle) 13	1,27E-06	-4,93E-03	-7,14E-04
	Maksiller proçes (inferior) 14	2,42E-08	-5,27E-03	-1,18E-03
	Temporal proçes (süperior) 15	-1,48E-04	-3,76E-03	-1,87E-03
	Temporal proçes (inferior) 16	-3,95E-04	-4,16E-03	-2,49E-03
Frontal kemik	Zigomatik proçes (anterior) 17	8,72E-06	-8,38E-04	7,39E-05
	Zigomatik proçes (posterior) 18	-1,05E-04	-8,28E-04	-1,95E-04
Temporal kemik	Zigomatik proçes (süperior) 19	-4,27E-05	-2,31E-03	-3,17E-03
	Zigomatik proçes (inferior) 20	3,50E-04	-1,59E-03	-1,71E03

Yer değiştirme değerlerine ait Çizelge 4.12. incelendiğinde, sagittal yönde tüm noktalarda öne doğru hareket gözlenmiştir. En fazla hareket sırasıyla prosthion, PNS, A noktası ve ANS gibi anterior maksillaya ait yapılar da görülmüştür. Maksiller kemiğin zigomatik proçesi

(süperior, middle, inferior), zigomatik kemiğin maksiller proçesi (süperior, middle, inferior), temporal proçesinin inferioru ve inferior orbital rim bölgesinde de diğer bölgelere kıyasla sagittal yönde öne doğru yüksek yer değiştirme bulunmuştur. Vertikal yönde incelendiğinde, maksillanın frontal proçesi, A noktası, ANS, prosthion ve frontal kemiğin zigomatik proçesinin anterior'unda yukarı doğru, diğer landmarklarda aşağı doğru hareket izlenmiştir. Transversal açıdan değerlendirildiğinde ise prosthion ve A noktasında ie hareket; PNS'de dışa hareket görölmüştür. ANS'de değişiklik gözlenmemiştir. Maksillanın zigomatik proçesine ait landmarklarda ie, zigomanın maksiller proçesine ait landmarklarda ise dışa yer değiştirme tespit edilmiştir.

4.2.6. Kraniyofasiyal süturlarda görölen yer değiştirmelerin değerlendirilmesi

Çizelge 4.13. İskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulanan modelde kraniyofasiyal süturlarda görölen yer değiştirmeler

Kraniyofasiyal süturlarda görölen yer değiştirmeler	X-ekseni	Y-ekseni	Z-ekseni
Frontonazal sütün	0,00E+00	-2,11E-03	2,13E-04
Frontomaksiller sütün	8,26E-06	-2,31E-03	-1,57E-04
Zigomatikomaksiller sütün (süperior)	-3,06E-05	-4,39E-03	-4,32E-04
Zigomatikomaksiller sütün (middle)	-4,04E-06	-4,67E-03	-4,55E-04
Zigomatikomaksiller sütün (inferior)	-4,60E-06	-5,02E-03	-1,08E-03
Zigomatikotemporal sütün (süperior)	-2,38E-04	-3,87E-03	-2,09E-03
Zigomatikotemporal sütün (inferior)	-4,09E-04	-4,10E-03	-2,53E-03
Zigomatikofrontal sütün (anterior)	4,59E-05	-1,36E-03	-2,21E-04
Zigomatikofrontal sütün (posterior)	1,49E-04	-1,26E-03	-7,93E-04
Pterigomaksiller sütün (süperior)	4,20E-05	-4,29E-03	-2,63E-03
Pterigomaksiller sütün (inferior)	1,05E-04	-4,97E-03	-2,40E-03

Kraniyofasiyal süturlardaki yer değiştirme değerlerine ait izelge 4.13. incelendiğinde sagittal yönde tüm süturlarda öne doğru hareket izlenmiştir. Bu yönde en yüksek yer değiştirme değerleri pterigomaksiller ve zigomatikomaksiller sütün bölgelerinde görölmüştür. En düşük yer değiştirmeler zigomatikofrontal sütün bölgesinde gözlenmiştir. Vertikal yönde değerlendirildiğinde, pterigomaksiler ve zigomatikotemporal süturda en

fazla olacak şekilde aşağıya doğru hareket, frontonazal sutureda yukarı hareket bulunmuştur. Transversal yönde pterigomaksiller (süperior ve inferior) sutureda dışa; zigomatikomaksiller (middle, inferior) ve zigomatikotemporal sutureda içe hareket görülmüştür.

4.2.7. Maksiller dişlerde görülen yer değiştirmelerin değerlendirilmesi

Çizelge 4.14. İskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulanan modelde maksiller dişlerde görülen yer değiştirmeler

	X-ekseni		Y-ekseni		Z-ekseni	
	insizal	apeks	insizal	apeks	İnsizal	apeks
1	-8,35E-08	5,48E-07	-6,83E-03	-5,64E-03	5,02E-04	2,16E-04
2	-5,32E-06	2,41E-06	-6,78E-03	-5,64E-03	3,76E-04	1,36E-05
3	-1,56E-05	7,77E-05	-6,80E-03	-5,60E-03	7,85E-05	-9,70E-05
4	-1,97E-07	6,76E-06	-6,85E-03	-5,70E-03	-2,80E-04	-2,32E-04
5	-4,91E-06	-1,30E-06	-6,91E-03	-5,58E-03	-6,82E-04	-7,28E-04
6	-2,13E-05	-1,86E-05	-6,91E-03	-5,76E-03	-1,11E-03	-1,10E-04
7	-2,47E-05	-1,92E-06	-6,92E-03	-5,88E-03	-1,72E-03	-1,96E-03

Maksiller dişlerde meydana gelen yer değiştirmeler Çizelge 4.14.'te verilmiştir. Sagittal yönde tüm dişlerde öne doğru ileriye hareket gözlenmiş ve tüm dişlerde insizal kenarda apekse göre daha fazla hareket gözlenmiştir. 1.premolar dişten posteriora doğru gidildikçe yer değiştirmelerde artma; anterior bölgede insizal kenarlar değerlendirildiğinde büyükten küçüğe santral kesici, kanin ve lateral kesici dişlerde, kök apeksleri değerlendirildiğinde ise kesici dişlerde eşit ve sonrasında kanin dişte yer değiştirme izlenmiştir. Vertikal yönde premolar ve molar dişlerde aşağı hareket gözlenirken, kesici ve kanin dişlerde yukarı hareket gözlenmiştir. Posterior dişlerde görülen hareket miktarı, anterior dişlerde görülen hareketten daha büyük miktardadır. Transvers yön değerlendirmesinde insizal kenarlardaki hareketler incelendiğinde tüm dişlerde içe; kök apeksleri incelendiğinde 2.premolar ve molar dişlerde içe, kesici, kanin ve 1.premolar dişlerde dışa hareket bulunmuştur.

4.3. Tüm çalışma modellerindeki von Mises stres ve yer değiştirmelerin karşılıklı olarak değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında kurgulanan iki modele ait elde edilen von Mises stres ve yer değiştirme değerleri Çizelge 4.15., 4.16., 4.17., 4.18., 4.19. ve 4.20.'de karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.15. Maksilla ve çevresindeki iskeletsel landmarklarda görülen von Mises stres değerlerine ait karşılaştırılmalı veriler

		Stres Değerleri (Dişsel Ankrajlı Model) (MPa)	Stres Değerleri (İskeletsel Ankrajlı model) (MPa)
Maksilla	Frontal proçes	0,004110	0,006520
	ANS	0,007626	0,007536
	A noktası	0,017263	0,012313
	Prosthion	0,031804	0,007037
	Inferior orbital rim	0,010641	0,025752
	Zigomatik proçes (süperior)	0,018238	0,038739
	Zigomatik proçes (middle)	0,010326	0,017218
	Zigomatik proçes (inferior)	0,004065	0,004389
	PNS	0,001085	0,008042
Zigomatik kemik	Frontal proçes (anterior)	0,111485	0,156601
	Frontal proçes (posterior)	0,033338	0,047561
	Maksiller proçes (süperior)	0,016642	0,025005
	Maksiller proçes (middle)	0,006515	0,007635
	Maksiller proçes (inferior)	0,002002	0,002710
	Temporal proçes (süperior)	0,008281	0,011479
	Temporal proçes (inferior)	0,007161	0,009935
Frontal kemik	Zigomatik proçes (anterior)	0,021631	0,030426
	Zigomatik proçes (posterior)	0,029496	0,039861
Temporal kemik	Zigomatik proçes (süperior)	0,002944	0,004032
	Zigomatik proçes (inferior)	0,006352	0,008710

Çizelge 4.16. Maksilla ve çevresindeki iskeletsel landmarklarda görülen yer değiştirmelere ait karşılaştırmalı veriler

		X-ekseni (Dişsel Ankrajlı Model)	Y-ekseni (Dişsel Ankrajlı Model)	Z-ekseni (Dişsel Ankrajlı Model)	X iskelet (İskeletsel Ankrajlı model)	Y iskelet (İskeletsel Ankrajlı model)	Z iskelet (İskeletsel Ankrajlı model)
Maksilla	Frontal proçes 1	-2,16E-06	-1,58E-03	2,12E-04	-2,86E-06	-2,18E-03	2,43E-04
	ANS 2	1,89E-07	-4,18E-03	3,77E-04	0,00E+00	-5,67E-03	4,58E-04
	A noktası 3	3,77E-06	-4,39E-03	4,36E-04	-3,96E-06	-5,89E-03	5,16E-04
	Prosthion 4	8,49E-06	-4,65E-03	5,09E-04	-3,30E-06	-6,18E-03	5,92E-04
	Inferior orbital rim 5	-5,03E-05	-3,07E-03	-1,71E-04	-9,18E-05	-4,18E-03	-3,03E-04
	Zigomatik proçes (süperior) 6	-3,89E-05	-3,43E-03	-1,51E-04	-6,79E-05	-4,68E-03	-2,76E-04
	Zigomatik proçes (middle) 7	-2,48E-05	-3,76E-03	-3,54E-04	-3,73E-05	-5,12E-03	-5,45E-04
	Zigomatik proçes (inferior) 8	-1,37E-05	-4,08E-03	-8,23E-04	-2,85E-05	-5,52E-03	-1,14E-03
	PNS 9	5,63E-06	-4,60E-03	-1,73E-03	9,79E-07	-6,17E-03	-2,31E-03
Zigomatik kemik	Frontal proçes (anterior) 10	4,69E-05	-1,09E-03	-1,88E-04	8,72E-06	-1,53E-03	-2,64E-04
	Frontal proçes (posterior) 11	5,09E-05	-,1,13E-03	-8,21E-04	-1,05E-04	-1,58E-03	-1,13E-03
	Maksiller proçes (süperior) 12	-1,79E-06	-3,62E-03	-2,78E-04	-2,03E-05	-4,41E-03	-4,15E-04
	Maksiller proçes (middle) 13	1,65E-05	-3,24E-03	-5,05E-04	1,27E-06	-4,93E-03	-7,14E-04
	Maksiller proçes (inferior) 14	3,83E-06	-3,88E-03	-8,58E-04	2,42E-08	-5,27E-03	-1,18E-03
	Temporal proçes (süperior) 15	-,1,03E-04	-2,74E-03	-1,38E-03	-1,48E-04	-3,76E-03	-1,87E-03
	Temporal proçes (inferior) 16	-2,88E-04	-3,05E-03	-1,85E-03	-3,95E-04	-4,16E-03	-2,49E-03
	Frontal kemik	Zigomatik proçes (anterior) 17	9,31E-06	-1,09E-03	5,43E-05	8,72E-06	-8,38E-04
Zigomatik proçes (posterior) 18		-6,95E-05	-5,96E-04	-1,41E-04	-1,05E-04	-8,28E-04	-1,95E-04
Temporal kemik	Zigomatik proçes (süperior) 19	-3,10E-05	-1,70E-03	-2,33E-03	-4,27E-05	-2,31E-03	-3,17E-03
	Zigomatik proçes (inferior) 20	2,57E-04	-1,17E-03	-1,26E-03	3,50E-04	-1,59E-03	-1,71E03

Çizelge 4.17. Kraniofasial süturlarda görülen von Mises stres değerlerine ait karşılaştırmalı veriler

	Stres Değerleri (Dişsel Ankrajlı Model) (MPa)	Stres Değerleri (İskeletsel Ankrajlı model) (MPa)
Frontonazal sütün	0,000381	0,000377
Frontomaksiller sütün	0,000465	0,000538
Zigomatikomaksiller sütün (süperior)	0,000250	0,000387
Zigomatikomaksiller sütün (middle)	0,000443	0,000681
Zigomatikomaksiller sütün (inferior)	0,000432	0,000609
Zigomatikotemporal sütün (süperior)	0,003383	0,004673
Zigomatikotemporal sütün (inferior)	0,001005	0,008186
Zigomatikofrontal sütün (anterior)	0,001098	0,001549
Zigomatikofrontal sütün (posterior)	0,005496	0,007715
Pterigomaksiller sütün (süperior)	0,001005	0,001362
Pterigomaksiller sütün (inferior)	0,000977	0,001257

Çizelge 4.18. Kraniofasial süturlarda görülen yer değiştirmelere ait karşılaştırmalı veriler

	X-ekseni (Dişsel Ankrajlı Model)	Y-ekseni (Dişsel Ankrajlı Model)	Z-ekseni (Dişsel Ankrajlı Model)	X iskelet (İskeletsel Ankrajlı model)	Y iskelet (İskeletsel Ankrajlı model)	Z iskelet (İskeletsel Ankrajlı model)
Frontonazal sütün	0,00E+00	-1,52E-03	1,62E-04	0,00E+00	-2,11E-03	2,13E-04
Frontomaksiller sütün	4,86E-06	-1,67E-03	-8,62E-05	8,26E-06	-2,31E-03	-1,57E-04
Zigomatikomaksiller sütün (süperior)	-8,21E-06	-3,22E-03	-2,82E-04	-3,06E-05	-4,39E-03	-4,32E-04
Zigomatikomaksiller sütün (middle)	6,75E-06	-3,43E-03	-3,04E-04	-4,04E-06	-4,67E-03	-4,55E-04
Zigomatikimaksiller sütün (inferior)	2,31E-06	-3,69E-03	-7,79E-04	-4,60E-06	-5,02E-03	-1,08E-03
Zigomatikotemporal sütün (süperior)	-1,70E-04	-2,83E-03	-1,54E-03	-2,38E-04	-3,87E-03	-2,09E-03
Zigomatikotemporal sütün (inferior)	-2,99E-04	-3,00E-03	-1,88E-03	-4,09E-04	-4,10E-03	-2,53E-03
Zigomatikofrontal sütün (anterior)	3,83E-05	-9,68E-04	-1,57E-04	4,59E-05	-1,36E-03	-2,21E-04
Zigomatikofrontal sütün (posterior)	1,10E-04	-8,98E-04	-5,73E-04	1,49E-04	-1,26E-03	-7,93E-04
Pterigomaksiller sütün (süperior)	2,97E-05	-3,16E-03	-1,75E-03	4,20E-05	-4,29E-03	-2,63E-03
Pterigomaksiller sütün (inferior)	8,09E-05	-3,67E-03	-1,78E-03	1,05E-04	-4,97E-03	-2,40E-03

Çizelge 4.19. Maksiller dişlerde görülen von Mises stres değerlerine ait karşılaştırmalı veriler

Maksiller dişler		Stres Değerleri (Dişsel Ankrajlı Model) (MPa)	Stres Değerleri (İskeletsel Ankrajlı model) (MPa)
Santral	insizal	0,027274	0,000217
	apex	0,005886	0,003907
Lateral	insizal	0,086474	0,000001
	apex	0,151224	0,005173
Kanin	insizal	0,072911	0,000034
	apex	0,030095	0,091213
1.premolar	insizal	0,001314	0,000035
	apex	0,004921	0,014471
2.premolar	insizal	0,001541	0,000044
	apex	0,002170	0,011237
1.molar	insizal	0,001859	0,000124
	apex	0,003374	0,005123
2.molar	insizal	0,001201	0,000115
	apex	0,001361	0,001300

Çizelge 4.20. Maksiller dişlerde görülen yer değiştirmelere ait karşılaştırmalı veriler

	X-ekseni (Dişsel Ankrajlı Model)		Y-ekseni (Dişsel Ankrajlı Model)		Z-ekseni (Dişsel Ankrajlı Model)		X iskelet (İskeletsel Ankrajlı model)		Y iskelet (İskeletsel Ankrajlı model)		Z iskelet (İskeletsel Ankrajlı model)	
	insizal	apeks	insizal	apeks	İnsizal	apeks	insizal	apeks	insizal	apeks	İnsizal	apeks
1	-1,00E-05	8,51E-06	-5,31E-03	-4,15E-03	4,35E-04	1,61E-04	-8,35E-08	5,48E-07	-6,83E-03	-5,64E-03	5,02E-04	2,16E-04
2	-9,38E-04	-2,77E-05	-3,84E-03	-4,17E-03	2,66E-04	1,80E-05	-5,32E-06	2,41E-06	-6,78E-03	-5,64E-03	3,76E-04	1,36E-05
3	1,60E-04	-2,11E-05	-5,70E-03	-3,94E-03	3,58E-04	3,37E-06	-1,56E-05	7,77E-05	-6,80E-03	-5,60E-03	7,85E-05	-9,70E-05
4	-1,01E-05	-1,13E-05	-5,31E-03	-4,17E-03	-1,38E-04	-9,25E-5	-1,97E-07	6,76E-06	-6,85E-03	-5,70E-03	-2,80E-04	-2,32E-04
5	-4,75E-06	-1,30E-05	-5,27E-03	-4,11E-03	-4,70E-04	-5,08E-04	-4,91E-06	-1,30E-06	-6,91E-03	-5,58E-03	-6,82E-04	-7,28E-04
6	-1,88E-05	-1,08E-05	-5,21E-03	-4,27E-03	-7,95E-04	-7,91E-04	-2,13E-05	-1,86E-05	-6,91E-03	-5,76E-03	-1,11E-03	-1,10E-04
7	-1,58E-05	1,59E-06	-5,20E-03	-4,37E-03	-1,27E-03	-1,46E-03	-2,47E-05	-1,92E-06	-6,92E-03	-5,88E-03	-1,72E-03	-1,96E-03



5. TARTIŞMA

5.1. Gereç ve Yöntemin Tartışılması

İskeletsel sınıf 3 maloklüzyonlar çeşitli etiyolojik faktörlere bağlı oluşabilen, fasiyal estetik ve çiğneme fonksiyonunu önemli derece etkileyen maloklüzyonlardır. Maksiller yetersizlikten kaynaklanan iskeletsel Sınıf 3 bozuklukların tedavisinde büyüme gelişim dönemindeki bireylerde başta yüz maskesi apareyi ve buna benzer çeşitli ortodontik aparey tasarımları kullanılmaktadır (Özoğul ve Akkaya, 2015; Nanda, 1980; Petit, 1983; Doğan ve Ertürk, 1991; Grummons, 1994; Graber ve Rakosi, 1997; Alcan ve diğerleri, 2000; Göyenc ve Ersoy, 2004; Altug ve Arslan, 2006). Yüz maskesi apareyini ağız içine bağlayan ankraj üniteleri ise dişsel ve iskeletsel destekli olarak 2'ye ayrılabilir. Maksiller dişlerin üzerini kaplayan sabit ya da hareketli plaklar, sabit labiolingual arklar (Mermigos ve diğerleri, 1990; Kiliçoğlu ve Kirliç, 1998), quadheliks (Tindlund, 1989) ya da Nance apareyleri (Itoh ve diğerleri, 1985), ankiloz dişler (Kokich ve diğerleri, 1985; Tocci ve diğerleri, 2013) ya da sabit ortodontik mekanikler (Cozzani, 1981; Cozzani ve diğerleri, 2013) diş destekli ankraj üniteleri arasında gösterilebilirken; miniplak ve minivida içerikli uygulamalar da iskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulamalarına örnek verilebilir (Enacar ve diğerleri, 2003, Kircelli ve Pektas, 2008; De Clerck ve diğerleri, 2012; Lee ve diğerleri, 2012; Aslan ve diğerleri, 2013). Dişsel ankrajlı RH uygulamaları daha az invaziv, az maliyetli ve mekanik kurulumu açısından göreceli daha kolay olarak görülse ve bu konuda çok sayıda çalışma literatürde olsa da, iskeletsel kazanımların bu uygulamaların sonucunda kısıtlı olduğu ve tedavi sonuçlarının çoğunlukla dental değişimler olduğuna dair görüşler de mevcuttur (Proffit ve diğerleri, 2018). Bu noktada iskeletsel ankrajlı ağız içi ankraj ünitesi tasarımları iskeletsel kazanımları artırmak adına daha avantajlı olmakla birlikte, onların da yüksek malzeme ve operasyon maliyetiyle hastalar için girişimsel işlem gerektirme gibi zorunlulukları söz konusudur. Bu bağlamda olabilecek en kolay, az maliyetli ve az girişimsel uygulamayla en etkili iskeletsel yanıtı alabilecek çalışmalar yapılmaya devam etmektedir ve çalışmamızın amaçlarından biri de bu bağlamda literatüre katkı sağlamaktır.

Erken dönem ortopedik uygulamaların avantajlarına yönelik çeşitli çalışmalar olmasına rağmen, adölesan dönemdeki uygulamaların ortopedik açıdan yeterli olabileceğine dair karşıt fikirler de mevcuttur (Baik, 1995; Merwin ve diğerleri, 1997; Saadia ve Torres, 2000; Yüksel ve diğerleri, 2001; Proffit ve diğerleri, 2018). Ergenliğin ilerleyen dönemlerinde,

büyüme gelişiminin sonlarına yaklaşan bireylerde sınırlı miktarda olan kalan büyüme potansiyelinden faydalanma amacıyla ortopedik uygulamaların tercih edildiği zaman zaman klinikte görülmektedir. Pratik uygulamada özellikle braketler üzerinden yapılan RH uygulamasında da hastaların çoğunlukla adölesan dönemin orta ya da sonlarında olan bireyler olduğu görülmüştür. İskeletsel ankrajlı RH uygulamasının akrilik cap splintler'den farklı olarak zaten az kalmış büyüme potansiyelinde iskeletsel kazanımları artırabileceği düşünülmüş ve her 2 senaryo için de uygun olabileceği yorumu yapılarak ergenlik döneminde olan bir bireyin konik ışınlı bilgisayarlı tomografi görüntüleri üzerinden sonlu elemanlar analizi gerçekleştirilmiştir.

Maksiller dişlere yerleştirilen braketler üzerinden yüz maskesi uygulamasına literatürde Cozzani ve diğerleri (Cozzani ve diğerleri, 2013) tarafından bahsedilmiş olup; pratik uygulamada klinikte zaman zaman rastlanmasına rağmen bu tasarım hakkında daha önce yapılmış araştırma sayısının kısıtlı olduğu, sonlu elemanlar stres analiz çalışmasının ise hiç olmadığı görülmektedir. Bu sebeplerden dolayı dişsel ankrajlı model olarak maksiller dişlere braketler üzerinden yüz maskesi uygulaması çalışmamızda 1.senaryo olarak tercih edilmiştir. Maksiller arkin bir bütün şekline hareket etmesini sağlamak amacıyla tüm maksiller dişlere braket ve tüpler yerleştirilmiş, biyomekanik olarak diş devrilmeleri engellemek ve paralel hareketi olabildiğince sağlamak amacıyla 18 slot braket sistemi üzerine 0,018" x 0.025" paslanmaz çelik ark teli yerleştirilmiştir. Crimpable hook'lar Cozzani ve diğerlerinin (Cozzani ve diğerleri, 2013) çalışmasında bahsedildiği gibi lateral kesici dişlerin distaline yerleştirilmiştir.

Mini plaklar aracılığıyla yüz maskesi uygulamasında ise en çok kullanılan ve literatürde rastlanan 2 yöntem infrazigomatik mini plaklar ve lateral nazal duvara yerleştirilen miniplaklardan yapılan uygulamalardır(Kircelli ve Pektas, 2008; Cha ve diğerleri, 2011; Şar, ve diğerleri, 2011; Elnagar ve diğerleri, 2017). Plakların yerleşim yerine göre protraksiyon kuvvetin uygulaması değişebilmekle birlikte lateral nazal duvardaki miniplaklara kuvvet uygulama noktası anteriorda, infrazigomatik mini plaklara kuvvet uygulanma noktası daha posteriodadır. 1.senaryoda da lateral dişlerin distalindeki crimpable hook'lara uygulanan protraksiyon kuvveti ön bölgede konumlandığı için 2 uygulamanın daha objektif kıyaslanabilmesi adına çalışmamızda 2.senaryo olarak lateral nazal duvara mini plak yerleştirilmesi tercih edilmiştir. Mini plakların ve fiksasyon vidalarının markası, kemiksel yapı üzerinde yerleştirileceği konum gibi parametrelerde literatürde benzer çalışmalara da

referans olmuş Kırçelli ve diğerlerinin çalışması örnek olarak alınmıştır(Kircelli ve Pektas, 2008).

Maksiller protraksiyon kuvvetinin büyüklüğü konusunda hem klinik çalışmalar hem de sonlu elemanlar analiz çalışmalarında tek taraflı 250 g (Mermigos ve diğerleri, 1990), 600-800 g (Hıçam, 1991; Gallagher ve diğerleri, 1998), 1000 g (Cozzani, 1981; Grandori ve diğerleri, 1992) gibi bir çok farklı uygulama vardır. Profitt ve diğerleri doğru tedavi zamanında uygulandığında RH apareyinin günlük 12-14 saatlik bir kullanımla 350-400 g kuvvet uygulamasıyla %75 oranında başarılı tedavi oluşturabileceğinden bahsetmiştir (Proffit ve diğerleri, 2018). Çalışmamızda maksiller dişlerin kökünde meydana gelebilecek rezorbsiyon riski gibi durumlardan kaçınmak amacıyla dişsel ankrajlı modelde protraksiyon kuvveti olabildiğince minimum tutularak 350 g olarak belirlenmiştir. İskeletsel ankrajlı modelde ise, 350 g'in kemik direncini kırmak açısından yetersiz kalabileceği düşüncesiyle daha önce yapılmış bir sonlu elemanlar analiz çalışması referans alınarak 500g kuvvet uygulaması yapılmıştır (Lee ve Baek ,2012).

Protraksiyon kuvvetinin uygulama açısı RH'nin etkisiyle maksillanın rotasyon yapmadan saf translasyonel bir şekilde ileri ve aşağıya ilerlemesi için oldukça önemlidir. Maksiller kemiğin ve maksiller dental arkın direnç merkezlerinin bileşkesinden geçen protraksiyon uygulama kuvvetinin saf translasyonu sağlayabileceği, fakat direnç merkezlerinin yerleri kesin olarak bilinemediğinden bu konuda bir genelleme yapılamayacağından literatürde bahsedilmektedir(Tanne ve diğerleri, 1995; Papadopoulos ve Christou, 2000, Billiet, De Pauw ve diğerleri 2001). Ishii ve diğerleri 1.molar ve 1.premolar dişlerden maksillaya protraksiyon kuvveti uyguladıkları çalışmalarında, posterior bölgeden uygulanan prokraksiyon sonucunda anteriora göre daha fazla yukarı ve öne doğru rotasyon gözlemlemişlerdir(Ishii ve diğerleri, 1987). Tanne ve diğerlerinin oklüzal düzleme paralel ve 30° açı ile protraksiyon uyguladıkları sonlu elemanlar analiz çalışmasında, 30° açı ile uygulama yapılan modelde maksillada translasyonel hareket bulmuşlardır (Tanne ve diğerleri, 1989). Bu kapsamda yapılan çok sayıda diğer çalışmada da, oklüzal düzleme paralel olarak yapılan uygulamaların maksillada anterior rotasyona sebep olabileceğini vurgulanmış ve oklüzal düzleme aşağıya doğru açı yapacak şekildeki uygulamaların daha faydalı olabileceği savunulmuştur(Lee ve diğerleri, 1997; Ngan ve diğerleri, 1997; Keles ve diğerleri, 2002). Literatürde daha çok kabul gören 30° uygulama açısı çalışmamızda kullanılmıştır.

Diş hekimliği alanında kullanılan stres analiz yöntemlerine fotoleastik stres analiz yöntemi, gerilim ölçer stres analiz yöntemi, kırılğan vernik kaplama yöntemi, holografik interferometri (lazer ışını) ile kuvvet analizi, termografik kuvvet analiz yöntemi, radyotelemetri ile kuvvet analiz yöntemi ve sonlu elemanlar stres analizi yöntemi örnek gösterilebilir(Ramoğlu ve Ozan, 2014). Sonlu elemanlar stres analiz yönteminin diğer stres ölçüm yöntemlerine göre üstünlükleri olduğu ve diş hekimliği alanında sıklıkla kullanıldığı bilinmektedir(Mackerle, 2004). Karmaşık geometrik yapıların ayrıntılı modellenmesini sağlayarak gerçeğe yakın ve hassas kantitatif ölçümler yapılmasına olanak vermesi gibi avantajlarından dolayı çalışmada SESA yöntemi tercih edilmiştir. SESA yönteminde senaryoların doğru şekilde oluşturulması büyük önem taşımakla birlikte bilgisayar üzerindeki modellemelerin de detaylı ve dikkatli yapılması da çalışmanın doğruluğu açısından dikkat gerektirmektedir. Çalışmamızda modelleme yapılırken kritik bölgeler eleman ve düğüm noktaları açısından diğer bölgelere kıyasla daha yoğun modellenmiştir. Bu analizlerde elemanların yüzey sayısının arttıkça kuvvetle birlikte stres aktarımının gerçeğe daha yakın olacağı bilindiğinden ve olabildiğince sekiz yüzeyle (oktahedral) elemanlar kullanılarak düğüm sayısı artırılmış ve gerçeğe yakın bir model oluşturulmaya çalışılmıştır(Cruz ve diğerleri, 2006).

5.2. Bulguların tartışılması

Bu çalışmada dişsel ve iskeletsel ankrajlı 2 farklı reverse headgear uygulaması sonlu elemanlar stres analizi yardımıyla bilgisayar ortamında modellenerek kraniyofasiyal yapılarda oluşabilecek stres ve yer değiştirme miktarları tespit edilip karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular maksilla ve çevresindeki kemiklerde belirlenen landmarklar, kraniyofasiyal süturlar, maksiller dişler ve ağız içi ankraj üniteleri olmak üzere 4 başlık altında toplanarak, verilerin olabildiğince açıklayıcı ve gruplandırılmış bir şekilde sunulmasına çaba gösterilmiştir.

Maksilla ve çevresindeki iskeletsel landmarklara ait veriler incelendiğinde; her 2 modelde de belirlenen tüm noktalarda stres gözlenmiştir. ANS, A noktası ve prosthion hariç tüm landmarklarda iskeletsel ankrajlı modelde daha yüksek stres seviyeleri bulunmuştur. Bu bağlamda çalışmamızın literatürde dişsel ve iskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulamasını kıyaslayan diğer sonlu elemanlar analiz çalışmaları ile uyumlu olduğu görülmektedir (Kim ve diğerleri, 2015; Liu ve diğerleri, 2015). Ayrıca miniplakların yerleştirilme yeri olan lateral

nazal duvar bölgesinde de iskeletsel ankrajlı modelde yüksek stresler izlenmiştir. Sonlu elemanlar çalışmalarında kuvvet uygulama noktasına yakın alanlarda stres artışı olabileceği bilinmektedir (Çifter ve Saraç, 2011). Büyükçavuş ve Kale de infrazigomatik bölgeye yerleştirilen miniplaklardan yüz maskesi ile maksilladaki miniplaklardan mandibular simfiz bölgesine Sınıf 3 elastik uygulamasını kıyasladıkları FEM çalışmalarında plakların yerleşim bölgelerinde yüksek stres seviyeleri gözlemlemişlerdir (Buyukcavus ve Kale, 2021). Park ve diğerleri de dişsel ankraj ile kıyasladıkları palatinalden mini implantlar uygulayarak iskeletsel ankrajla yüz maskesi uygulamasında benzer şekilde mini implant çevresinde yoğun stresler tespit etmişlerdir (Park ve diğerleri, 2017). Dişsel ankrajlı modelde ANS, A noktası ve prosthion gibi anterior maksillaya ait noktaların iskeletsel ankrajlı modele göre daha yüksek çıkmasının sebebi, miniplakların uygulanma bölgesi sebebiyle iskeletsel ankrajlı modelde maksillaya gelen kuvvetin daha lateral ve yukarıdan konumlanması; dişsel ankrajlı modelde ise direkt olarak ark teli üzerinden dişlere kuvvet iletiminin sağlanması ve böylece maksiller kesici dişlerinde köklerinde de meydana gelen hareketle anterior maksilladaki bu noktalara dolaylı yoldan kuvvet iletimi olabileceği şekline yorumlanabilir. ANS, A noktası ve prosthion'un dişsel ankrajlı modeldeki stres seviyeleri sırasıyla 0,007626 MPa, 0,017263 MPa ve 0,031804 MPa iken; iskeletsel ankrajlı modelde bu değerler 0,007536 MPa, 0,012313 MPa ve 0,007037 MPa şeklindedir. Değerler matematiksel olarak incelendiğinde birbirlerine oldukça yakın ve virgülden sonraki basamaklarla ifade edilecek düzeyde küçük sayılar olduğundan, sadece stres düzeylerinden yola çıkılarak klinik anlamda iki uygulamanın maksillanın ön bölgesindeki stres dağılımı açısından farklı sonuçlar oluşturabileceği çıkarımına varmanın sorgulanabilir olduğu düşünülebilir.

Diğer iskeletsel landmarklar değerlendirildiğinde, her 2 modelde de benzer olacak şekilde, zigomatik kemiğin frontal proçesi, zigomatik ark bölgesi ve pterigomaksiller bölgede diğer bölgelere kıyasla artmış stresler görülmüştür. En düşük stres seviyeleri dişsel ankrajlı modelde PNS, iskeletsel ankrajlı modelde zigomatik kemiğin maksiller proçesinin inferior'u olacak şekilde bulunmuştur.

Yer değiştirme miktarlarında ise sagittal yönde tüm noktalarda görülen iskeletsel ankrajlı modelde daha fazla olacak şekilde yüz maskesi apareyini beklenen bir etkisi olarak ileri hareket izlenmiştir. En fazla hareket her iki modelde de sırasıyla prosthion, PNS, A noktası ve ANS gibi anterior maksillaya ait yapılarda görülmüştür. Maksiller kemiğin zigomatik proçesi (süperior, middle, inferior), zigomatik kemiğin maksiller proçesi (süperior, middle,

inferior), temporal proçesinin inferioru ve inferior orbital rim bölgesinde de diğer bölgelere kıyasla sagittal yönde öne doğru yüksek yer değiştirme bulunmuştur.

Vertikal yönde incelendiğinde, maksillanın frontal proçesi, A noktası, ANS, prosthion ve frontal kemiğin zigomatik proçesinin anterior'unda yukarı doğru, diğer landmarklarda aşağı doğru hareket izlenmiştir. İskeletsel ankrajlı modelde daha yüksek yer değiştirme değerleri tespit edilmiştir. Maksillanın anterior kısmındaki landmarkların yukarı, diğer landmarkların aşağıya doğru izlenen hareketi, protraksiyon kuvvetinin oklüzal düzlemle 30°'lik bir açıyla uygulanmasına rağmen yine de maksillada anterior rotasyonun önüne tam olarak geçilemediği şeklinde yorumlanabilir. Bu bulgu, lateral nazal duvara ve infrazigomatik kreste yerleştirilen miniplaklardan oklüzal düzlemle bizim çalışmamıza benzer şekilde 30°'lik bir açıyla 500 g kuvvetle yüz maskesi uygulamasını kıyaslayan Lee ve Baek'in çalışmasıyla farklılık gösterirken; dişsel ve iskeletsel çeşitli ankraj üniteleriyle uygulanan yüz maskesini kıyaslayan Kim'in çalışması ile benzerlik göstermektedir (Lee ve Baek, 2012; Kim ve diğerleri, 2015). Çalışmalardaki farklı sonuçların kişiye özğü faktörlerle de değişebildiği düşünölen maksillanın direnç merkezinin konumuna bağlı olarak gerçekteştiği düşünölmektedir.

Transversal yönde dişsel ankrajlı modelde prosthion, ANS, A noktası ve PNS'de dışa doğru yer değiştirme görölrken, miniplaklı modelde prosthion ve A noktasında içe; PNS'de dışa hareket görölmüştür. Her iki modelde benzer olarak maksillanın zigomatik proçesine ait landmarklarda içe, zigomanın maksiller proçesine ait landmarklarda ise dışa doğru hareket tespit edilmiştir.

Kraniyofasiyal süturlarda gözlenen değişimlere bakıldığında; tüm modellerde belirlenen sütün noktalarında stres görölmüştür. İskeletsel ankrajlı modelde dişsel ankraja kıyasla daha yüksek stres seviyeleri tespit edilmiştir. Karamanlı ve diğerleri ve Yan ve diğerleri d iskeletsel ve dişsel ankrajlı yüz maskesi uygulamalarını kıyasladıkları FEM çalışmalarında iskeletsel ankrajlı modellerde süturlarda daha yüksek stres değerleri bulmuşlardır(Yan ve diğerleri, 2013, Karamanlı, 2017). En yüksek stres değerleri braketli modelde zigomatikofrontal sütün (posterior), zigomatikotemporal sütün (süperior), zigomatikofrontal sütün (anterior) ve zigomatiko temporal sütün (inferior) iken miniplaklı modelde ise zigomatikotemporal sütün (süperior ve inferior), zigomatikofrontal sütün (posterior ve anterior) ve pterigomaksiller süturda (süperior ve inferior) olarak gözlenmiştir. İskeletsel

ankrajlı modelde en düşük stres değeri frontonazal sutureda görölürken, dişsel ankrajlı modelde buna zigomatikomaksiller sutureun inferior noktası da eklenmiştir.

Yer değıştirme miktarlarında da streslere benzer şekilde iskeletsel ankrajlı modelde daha yüksek yer değıştirme değeri bulunmuştur. Sagittal yönde, her 2 modelde de tüm noktalarda öne doğru hareket izlenmiş ve en yüksek yer değıştirme değeri pterigomaksiller ve zigomatikomaksiller suture bölgelerinde görölmüştür. En düşük yer değıştirmeler zigomatikofrontal suture bölgesinde gözlenmiştir. Vertikal yönde ise yine her 2 modelde de aynı olarak pterigomaksiler ve zigomatikotemporal sutureda en fazla olacak şekilde aşağıya doğru, sadece frontonazal sutureda yukarı doğru yer değıştirme tespit edilmiştir. Suturelarda gözlenen bu durum, kemik landmarklarda görülen hareketlerin benzeri olarak maksillada oluşan anterior rotasyonun bir göstergesi olarak yorumlanabilir. Transversal yönde her 2 modelde de pterigomaksiller (süperior ve inferior) suture noktalarında dışa hareket görölmüştür. Kemik noktalarında maksillanın posterior bölgesini temsil eden PNS'de her iki modelde görülen dışa hareket, pterigomaksiller suturedaki bu yer değıştirme ile uyum içindedir. Dişsel ankrajlı modelde buna ek olarak zigomatikomaksiller (middle, inferior) sutureda da dışa, zigomatikotemporal sutureda içe yer değıştirme bulunurken iskeletsel ankrajda bu 2 suture bölgesinde de içe hareket gözlenmiştir.

Maksiller dişlere ait verilerde kanin, premolar ve 1.molar dişlerin apeksleri hariç tüm noktalarda dişsel ankrajlı modelde daha yüksek stres seviyeleri gözlenmiştir. En yüksek stres değeri dişsel ankrajlı modelde lateral kesici dişin kök ve insizal ucunda izlenirken, iskeletsel ankrajlı modelde kanin ve premolar dişlerin kök ucunda izlenmiştir. Belirtilen stres bölgeleri ağız içi ankraj bölgelerinde protraksiyon kuvvetinin uygulanma noktalarına yakın olduğundan, bu bölgelerde görülen artmış stresler çalışmanın tasarımı ile uyum içindedir. En düşük stres değeri dişsel ankrajlı modelde posterior bölgede molar dişlerde, iskeletsel ankrajlı modelde lateral kesici, kanin, 1.premolar ve 2.premolar dişlerin insizal kenarlarında tespit edilmiştir. Bu bulgular ışığında iskeletsel ankrajlı modelde anterior dişlerde meydana gelen stresin dişsel ankrajlı modele göre daha az olduğu söylenebilir. Dişsel ankrajlı modelde lateral kesici ve ikinci molar diş hariç tüm dişlerin insizal kenarında kök ucundan daha fazla stres görölmekle birlikte, iskeletsel ankrajlı modelde tüm dişler için kök uçlarında oluşan stres miktarı insizal kenarda görülen streslere göre daha fazladır.

Yer değiştirme verilerinde sagittal yönde iskeletsel ankrajlı modelde daha yüksek hareket miktarları bulunmuştur. Sagittal yönde tüm dişlerde öne doğru ileriye hareketle gözlenmekle birlikte, 2 modelde de tüm dişlerde insizal kenarda apekse göre daha fazla hareket gözlenmiştir (Dişsel ankrajlı modelde lateral kesici diş hariç). Lateral kesici dişte braketli modelde görülen tam tersi durum, bu dişin hemen distaline yerleştirilen crimpable hook aracılığıyla ark telinin 9 cm kadar yukarısından uygulanan kuvvetin biyomekanik olarak diğer dişlerden daha farklı bir şekilde lateral kesici dişin köküne daha yakın iletilmesi ve sonuç olarak dişte daha farklı bir yer değiştirme görülmesi şeklinde açıklanabilir. Dişsel ankrajlı modelde 1.premolar dişten posteriora doğru gidildikçe yer değiştirmelerde giderek azalma; iskeletsel ankrajlı modelde artma grlmştr. Vertikal yönde 2 modelde de premolar ve molar dişlerde aşağı hareket gözlenirken, kesici ve kanin dişlerde yukarı hareket gözlenmiş ve premolar ve molar dişlerde görülen hareket miktarı anterior dişlere göre daha fazla bulunmuştur. Bu bulgu da maksiller dentisyondaki anterior rotasyona bir gösterge olarak yorumlanabilir. Kanin dişin insizali, lateral kesici ve molar dişlerin apeksi hariç iskeletsel ankrajlı modelde daha yüksek yer değiştirmeler bulunmuştur. Transvers yn değerlendirmesinde dişsel ankrajlı modelde santral kesici dişin apeksi ve kanin dişin insizal kenarı kenarı hariç tüm noktalarda ie hareket grlmştr. 1.premolar ve 2.molar dişteki farklılık haricinde diğer dişlerde insizal kenardaki hareketler apekslerden daha büyük durumdadır. İskeletsel ankrajlı modelde ise insizal kenarlardaki hareketler incelendiğinde tüm dişlerde ie; kök apeksleri incelendiğinde 2.premolar ve molar dişlerde ie, kesici, kanin ve 1.premolar dişlerde dışa hareket bulunmuştur.

2 model arasında protraksiyon kuvvetinin büyüklüğü açısından farklılıklar söz konusudur. Maksiller dişlere kuvvet ark teli aracılığıyla direkt olarak iletildiği için kuvvete karşı olumsuz bir yanıt oluşmasının önüne geçmek amacıyla kuvvetin büyüklüğü olabildiğince düşük tutulmaya çalışılarak 350 g olarak belirlenmiştir. Miniplaklar üzerinden uygulanan kuvvet önceki çalışmalar da referans alınarak 500 g olarak belirlenmiştir. Stres ve yer değiştirme değerlerinin iskeletsel ankrajlı modelde daha yüksek çıkması durumu kuvvetin büyüklüğüne bağlı olarak da meydana gelmiş olabilir. Çalışmanın sonuçları değerlendirilirken bu durum da göz önünde bulundurulmalıdır.

Ağız içi ankraj üniteleri incelendiğinde dişsel ankrajlı modelde en büyük stres değerleri crimpable hook'un kuvvet uygulanan kanca bölgesinde olmak üzere lateral ve santral dişlerin braketlerinin orta noktasındaki ark telinde de diğer bölgelere kıyasla yüksek

seviyeler izlenmiştir. Kuvvetin uygulama noktasından posteriora doğru gidildikçe stres değerlerinde azalma gözlenmiştir. İskeletsel ankrajlı modelde ise en yüksek değerini miniplak boyun bölgesinde, ardından mini plağın kancasının kıvrımlı kısmı ve aşağıdan yukarıdaki minividaya doğru azaldığı şeklinde görülebilir.

Sonlu elemanlar stres analiz yöntemi diş hekimliğinde sıklıkla tercih edilen bir tekniktir ve diğer stres analiz yöntemlerine kıyasla yüksek avantajlara sahiptir. Cisimler dijital ortamda yüksek teknoloji bilgisayar aracılığıyla gerçeğine çok yakın şekilde taklit edilebilir ve cisim üzerine uygulanan kuvvetler yazılım üzerinde tanımlanarak oluşabilecek iç yapı değişimleri, stresler ve yer değiştirmeler gözlenebilir. Çalışmalar planlanırken, birlikte çalışan mühendis ve doktor ekibinin alanında tecrübeli, teorik ve pratik anlamda oluşturulan senaryolara hakim olması gerekmektedir. Eksik ya da yanlış kurulmuş senaryolar direkt olarak sonuçları etkileyebilir ve hatalı çıkarımlar yapılmasına sebep olabilir. Ayrıca unutulmamalıdır bu analizler biyolojik dokular tam anlamıyla taklit etme becerisine sahip değildir ve organizmalar üzerinde kişiye bağlı oluşabilecek farklılıklar ve dış etkenler, klinik uygulamalar sırasında bazı öngörülemeyen sonuçlar da oluşabileceğini gösterir(Geng, Tan et al. 2001). Tüm bu avantaj ve limitasyonlara rağmen dikkat edilmesi gereken detay; analizlerin sonuçlarının zaman zaman klinik çalışmalarla farklılık gösterebileceği şeklinde olup, klinik uygulamaları tasarlarken sadece sonlu eleman analizinin verilerine bağlı kalmayıp farklı ek bilimsel verilerden de mutlaka faydalanılmasıdır. Bu bağlamda çalışmamızın klinik uygulamaların biyomekaniğine katkı sağlayıp ilerde yapılacak yeni uygulamalara referans olabileceği düşünülmektedir.



6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Dişsel ve iskeletsel ankrajlı 2 farklı yüz maskesi uygulamasının sonlu elemanlar analizi ile incelenip kıyaslandığı bu çalışmada elde edilen sonuçlar ve öneriler şu şekildedir:

- Hem iskeletsel hem dişsel ankrajlı yüz maskesi uygulaması kraniyofasiyal kemik yapılar, süturlar ve maksiller dişler üzerinde stres meydana getirmektedir.
- İskeletsel ankrajlı yüz maskesi uygulamasında, anterior maksilla hariç tüm kraniyofasiyal yapılarda dişsel ankrajlı uygulamaya göre daha büyük stres değerleri gözlenmiştir.
- İskeletsel ankrajlı modelde, miniplak ve minividaların uygulanma bölgesinde yoğun stresler gözlenmiştir. Dişsel ankrajlı modelde braketlerin üzerine yerleştirilen ark telinde kuvvetin uygulanma bölgesine yakın dişlerde ve crimpable hook üzerinde artmış stres değerleri bulunmuştur.
- Tüm düzlemlerde iskeletsel ankrajlı modelde dişsel ankraja göre daha yüksek yer değiştirme değerleri tespit edilmiştir. Bu açıdan bakıldığında lateral nazal duvara yerleştirilen miniplaklar aracılığıyla yapılan yüz maskesi uygulaması, maksiller dişlere yerleştirilen braketler ve ark teli üzerinden uygulanan yüz maskesine göre daha fazla iskeletsel ve dişsel kazanım sağlama potansiyeline sahip olabilir.
- İskeletsel ankraj için miniplak yerleştirilmesinin mümkün olmadığı ya da sosyal endikasyonu uygun olmayan bireylerde, klinik çalışmalarla desteklenip ideal protraksiyon kuvvet değeri bulunarak braketler ve ark teli üzerinden yüz maskesi uygulaması yapılabilir.
- Transversal yönde maksiller arkta tedavi sonunda oluşabilecek olası daralmanın önüne geçilmek için, hastanın tedavi başlangıcındaki durumu da değerlendirilerek maksiller ekspansiyon uygulamalarından faydalanılabilir.
- 2 modelde de, kuvvet uygulaması sonucunda maksillada anterior rotasyonu gösteren yer değiştirme değerlerine rastlanmıştır. Hastanın tedavi başlangıcındaki overbite'ı, dikey büyüme yönü ve buna benzer bireye bağlı faktörler uygun protraksiyon yönteminin seçiminde göz önünde bulundurulmalıdır.
- Yüz maskesi alanında yapılmış sonlu elemanlar analiz çalışmalarında kuvvetin uygulandığı bölgeden uygulanma doğrultusu, açısı ve ankraj tipi gibi birçok faktör çalışmanın sonucuna etki edebilmektedir. İleride birbiriyle daha net kıyaslanabilir,

standardize ve in-vivo çalışmaların daha belirgin ve evrensel sonuçlar çıkarmak için uzun dönemde faydalı olabileceğine inanılmaktadır.



KAYNAKLAR

- Ackerman, J. L., and Proffit, W. R. (1969). The characteristics of malocclusion: a modern approach to classification and diagnosis. *American Journal of Orthodontics*, 56(5), 443-454.
- Akkaya, S., Yüksel, A. E., Hızlan, S. ve Tortop, T. (1994). İskeletsel sınıf 3 tedavisinde maksiler protraksiyon uygulamasının üst yüz ve dentoalveolar yapılaraya etkisi. *Türk Ortodonti Dergisi*, 7(1), 1-6.
- Alcan, T., Keles, A. ve Erverdi, N. (2000). The effects of a modified protraction headgear on maxilla. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 117(1), 27-38.
- Altug, Z. ve Arslan, A. D. (2006). Skeletal and dental effects of a mini maxillary protraction appliance. *The Angle Orthodontist*, 76(3), 360-368.
- Angle, E. H. (1899). Classification of malocclusion. *The Dental Cosmos*, 41, 350-375.
- Angle, E. H. (1907). *Treatment of malocclusion of the teeth: angle's system. greatly enl. and entirely rewritten, with six hundred and forty-one illustrations*. Philadelphia: SS White Dental Manufacturing Company, 21-24.
- Aslan, B. I., Qasem, M. A. ve Dinçer, M. (2013). Maxillary protraction in a case with miniscrew bone anchorage. *Journal of Orthodontic Research*, 1(2), 77.
- Baccetti, T., McGill, J. S., Franchi, L., McNamara Jr, J. A. and Tollaro, I. (1998). Skeletal effects of early treatment of Class III malocclusion with maxillary expansion and face-mask therapy. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 113(3), 333-343.
- Baik, H. S. (1995). Clinical results of the maxillary protraction in Korean children. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 108(6), 583-592.
- Battagel, J. M. (1993). The aetiological factors in class III malocclusion. *The European Journal of Orthodontics*, 15(5), 347-370.
- Bell, R. A. (1982). A review of maxillary expansion in relation to rate of expansion and patient's age. *American Journal of Orthodontics*, 81(1), 32-37.
- Bell, W. H. (1975). Le Forte I osteotomy for correction of maxillary deformities. *Journal of Oral Surgery (American Dental Association: 1965)*, 33(6), 412-426.
- Bernabé, E., Sheiham, A. and de Oliveira, C. M. (2008). Condition-specific impacts on quality of life attributed to malocclusion by adolescents with normal occlusion and Class I, II and III malocclusion. *The Angle Orthodontist*, 78(6), 977-982.
- Billiet, T., De Pauw, G., and Dermaut, L. (2001). Location of the centre of resistance of the upper dentition and the nasomaxillary complex. An experimental study. *The European Journal of Orthodontics*, 23(3), 263-273.

- Burns, N. R., Musich, D. R., Martin, C., Razmus, T., Gunel, E., and Ngan, P. (2010). Class III camouflage treatment: what are the limits? *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 137(1), 9-13.
- Buyukcavus, M. H., and Kale, B. (2021). Comparison of the effects of different types of maxillary protraction on the maxilla with finite element analysis. *Journal of the Pakistan Medical Association*, 71(3), 1-18.
- Campbell, P. M. (1983). The dilemma of Class III treatment: Early or late? *The Angle Orthodontist*, 53(3), 175-191.
- Celikoglu, M., Akpınar, S., and Yavuz, I. (2010). The pattern of malocclusion in a sample of orthodontic patients from Turkey. *Medicina Oral, Patologia Oral, Cirugia Bucal*, 15(5), 791-796.
- Cha, B. K., Choi, D. S., Ngan, P., Jost-Brinkmann, P. G., and Kim, S. M. (2011). Maxillary protraction with miniplates providing skeletal anchorage in a growing Class III patient. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 139(1), 99-112.
- Cha, B. K., Park, J. H., Choi, D. S., and Jang, I. (2021). Facemask therapy with skeletal anchorage: A possible alternative to orthognathic surgery. *Orthodontics and Craniofacial Research*, 24, 13-20.
- Chang, L., Xianchun, Z., Xing, Z., Jingfang, G., and Guanqun, T. (2013). Three-dimensional finite-element analysis of maxillary protraction based on labiolingual appliance. *West China Journal of Stomatology*, 31(5), 457-462.
- Chen, Y. J., Yao, C. C., Chang, Z. C., Lai, H. H., Lu, S. C., and Kok, S. H. (2016). A new classification of mandibular asymmetry and evaluation of surgical-orthodontic treatment outcomes in Class III malocclusion. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 44(6), 676-683.
- Chung, D. H. (2006). Stress distribution following face mask application using different finite element models according to Hounsfield unit values in CT images. *The Korean Journal of Orthodontics*, 36(6), 412-421.
- Çifter, M., and Saraç, M. (2011). Maxillary posterior intrusion mechanics with mini-implant anchorage evaluated with the finite element method. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 140(5), 233-241.
- Cozzani, G. (1981). Extraoral traction and Class III treatment. *American Journal of Orthodontics*, 80(6), 638-650.
- Cozzani, M., Menini, A., and Thomas, W. M. (2013). Early Class III treatment with a facemask anchored by fixed appliances. *Journal of Clinical Orthodontics*, 47(7), 419-425.
- Cruz, M., Lourenço, A. F., Toledo, E. M., da Silva Barra, L. P., de Castro Lemonge, A. C., and Wassall, T. (2006). Finite element stress analysis of cuneiform and cylindrical threaded implant geometries. *Technology and Health Care*, 14(4-5), 421-438.

- Cruz, R. M., Krieger, H., Ferreira, R., Mah, J., Hartsfield Jr, J., and Oliveira, S. (2008). Major gene and multifactorial inheritance of mandibular prognathism. *American Journal of Medical Genetics Part A*, 146(1), 71-77.
- De Clerck, H., Nguyen, T., de Paula, L. K., and Cevidanes, L. (2012). Three-dimensional assessment of mandibular and glenoid fossa changes after bone-anchored Class III intermaxillary traction. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 142(1), 25-31.
- Değer, Y., Adigüzel, Ö., Özer, S. Y., Kaya, S., Polat, Z. S., and Bozyel, B. (2015). Evaluation of temperature and stress distribution on 2 different post systems using 3-dimensional finite element analysis. *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, 21, 3716.
- Delaire, J., Verdon, P., and Flour Nantes, J. (1978). Möglichkeiten und Grenzen extraoraler Kräfte in posteroanteriore Richtung unter Verwendung der orthopädischen Maske. *Fortschritte der Kieferorthopädie*, 39(1), 27-45.
- Doğan, S., and Ertürk, N. (1991). Use of the face mask in the treatment of maxillary retrusion—a case report. *British Journal of Orthodontics*, 18(4), 333-338.
- Dong, R., Wang, X. X., Zhang, W. J., Li, J., Zheng, D. H., and Zhang, J. (2013). Three-dimensional finite element analysis of different reactive force direction of maxillary protraction on temporomandibular joint. *Zhonghua kou Qiang yi xue za zhi= Zhonghua Kouqiang Yixue Zazhi= Chinese Journal of Stomatology*, 48(12), 740-744.
- Doraczynska-Kowalik, A., Nelke, K. H., Pawlak, W., Sasiadek, M. M., and Gerber, H. (2017). Genetic factors involved in mandibular prognathism. *Journal of Craniofacial Surgery*, 28(5), 422-431.
- Dowling, P. A., Espeland, L., Sandvik, L., Mobarak, K. A., and Hogevoold, H. E. (2005). LeFort I maxillary advancement: 3-year stability and risk factors for relapse. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 128(5), 560-567.
- Ebisawa, T., Katada, H., Sueishi, K., and Nishii, Y. (2021). Biomechanical evaluation of maxillary protraction with an orthodontic anchor screw: a three-dimensional finite element analysis. *Orthodontic Waves*, 80(3), 149-160.
- Delaire, J. (1971). La croissance maxillaire: déductions thérapeutiques. *Transactions of the European Orthodontic Society*, 81-102.
- Ellis III, E., and McNamara Jr, J. A. (1984). Components of adult Class III malocclusion. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 42(5), 295-305.
- Elnagar, M. H., Elshourbagy, E., Ghobashy, S., Khedr, M., and Evans, C. A. (2017). Dentoalveolar and arch dimension changes in patients treated with miniplate-anchored maxillary protraction. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 151(6), 1092-1106.
- Enacar, A., Giray, B., Pehlivanoglu, M., and Iplikcioglu, H. (2003). Facemask therapy with rigid anchorage in a patient with maxillary hypoplasia and severe oligodontia. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 123(5), 571-577.

- Erverdi, N., Usumez, S., and Solak, A. (2006). New generation open-bite treatment with zygomatic anchorage. *The Angle Orthodontist*, 76(3), 519-526.
- Franchi, L., Baccetti, T., and Tollaro, I. (1997). Predictive variables for the outcome of early functional treatment of Class III malocclusion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 112(1), 80-86.
- Gallagher, R. W., Miranda, F., and Buschang, P. (1998). Maxillary protraction: treatment and posttreatment effects. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 113(6), 612-619.
- Gaukroger, M. J., Bounds, G., and Noar, J. H. (2000). The use of a face mask for postoperative retention in cleft lip and palate patients. *The International Journal of Adult Orthodontics and Orthognathic Surgery*, 15(2), 114-118.
- Gautam, P., Valiathan, A., and Adhikari, R. (2009). Maxillary protraction with and without maxillary expansion: a finite element analysis of sutural stresses. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 136(3), 361-366.
- Gautam, P., Valiathan, A., and Adhikari, R. (2009). Skeletal response to maxillary protraction with and without maxillary expansion: a finite element study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 135(6), 723-728.
- Gazzani, F., Pavoni, C., Cozza, P., and Lione, R. (2019). Stress on facial skin of class III subjects during maxillary protraction: a finite element analysis. *Bio Medical Center Oral Health*, 19(1), 31.
- Gazzani, F., Pavoni, C., Giancotti, A., Cozza, P., and Lione, R. (2018). Facemask performance during maxillary protraction: a finite element analysis (FEA) evaluation of load and stress distribution on Delaire facemask. *Progress in Orthodontics*, 19(1), 21.
- Gelgör, İ. E., Karaman, İ. A., and Ercan, E. (2007). Prevalence of malocclusion among adolescents in central anatolia. *European Journal of Dentistry*, 1(03), 125-131.
- Geng, J. P., Tan, K. B., and Liu, G. R. (2001). Application of finite element analysis in implant dentistry: a review of the literature. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 85(6), 585-598.
- Georgalis, K., and Woods, M. G. (2015). A study of Class III treatment: orthodontic camouflage vs orthognathic surgery. *Australasian Orthodontic Journal*, 31(2), 138-148.
- Ghiz, M. A., Ngan, P., and Gunel, E. (2005). Cephalometric variables to predict future success of early orthopedic Class III treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 127(3), 301-306.
- Gokalp, H., Güney, V., and Kurt, G. (2010). Late growth period orthopedic therapy versus bimaxillary surgery for correction of skeletal class III. *Journal of Craniofacial Surgery*, 21(3), 741-747.

- Gokalp, H., Güney, V., and Kurt, G. (2010). Late growth period orthopedic therapy versus bimaxillary surgery for correction of skeletal class III. *Journal of Craniofacial Surgery*, 21(3), 741-747.
- Goyal, S., and Goyal, S. (2012). Pattern of dental malocclusion in orthodontic patients in Rwanda: A retrospective hospital based study. *Rwanda Medical Journal*, 69(4), 13-18.
- Göyenc, Y., and Ersoy, Ş. (2004). The effect of a modified reverse headgear force applied with a facebow on the dentofacial structures. *The European Journal of Orthodontics*, 26(1), 51-57.
- Graber, T. M., Rakosi, T., and Petrovic, A. G. (1997). *Dentofacial orthopedics with functional appliances*. 2nd ed. Maryland Heights, MO United States: Mosby.
- Grandori, F., Merlini, C., Amelotti, C., Plasente, M., Tadini, G., and Ravazzani, P. (1992). A mathematical model for the computation of the forces exerted by the facial orthopedic mask. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 101(5), 441-448.
- Guyer, E. C., Ellis III, E. E., McNamara Jr, J. A., and Behrents, R. G. (1986). Components of Class III malocclusion in juveniles and adolescents. *The Angle Orthodontist*, 56(1), 7-30.
- Hardy, D. K., Cubas, Y. P., and Orellana, M. F. (2012). Prevalence of angle class III malocclusion: A systematic review and meta-analysis. *Open Journal of Epidemiology*, 2(4), 4.
- Hata, S., Itoh, T., Nakagawa, M., Kamogashira, K., Ichikawa, K., Matsumoto, M., and Chaconas, S. J. (1987). Biomechanical effects of maxillary protraction on the craniofacial complex. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 91(4), 305-311.
- Hegmann, M., and Rütger, A. K. (2003). The Grummons face mask as an early treatment modality within a Class III therapy concept. *Journal of Orofacial Orthopedics / Fortschritte der Kieferorthopädie*, 64(6), 450-456.
- Hicham, J. (1991). Maxillary protraction therapy diagnosis and treatment. *Journal of Clinical Orthodontics*, 25, 102-113.
- Holberg, C., Mahaini, L., and Rudzki, I. (2007). Analysis of sutural strain in maxillary protraction therapy. *The Angle Orthodontist*, 77(4), 586-594.
- Hou, M., Liu, C. M., Zhang, H. Z., Liang, L. M., and Gao, Q. W. (2007). Three-dimensional finite element analysis of craniofacial skeleton protraction at medium position. *Zhonghua Zheng Xing wai ke za zhi= Zhonghua Zhengxing Waike Zazhi= Chinese Journal of Plastic Surgery*, 23(4), 281-283.
- Hyun, H. Y., Cha, K. S., and Chung, D. H. (2007). Biomechanical Effects of Facial Mask according to Direction of Forces on the Craniofacial Complex: A Finite Element Study. *Journal of Dental Rehabilitation and Applied Science*, 23(4), 359-371.

- Ishii, H., Morita, S., Takeuchi, Y., and Nakamura, S. (1987). Treatment effect of combined maxillary protraction and chin cap appliance in severe skeletal Class III cases. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 92(4), 304-312.
- Itoh, T., Chaconas, S. J., Caputo, A. A., and Matyas, J. (1985). Photoelastic effects of maxillary protraction on the craniofacial complex. *American Journal of Orthodontics*, 88(2), 117-124.
- Jackson, G. W., Kokich, V. G., and Shapiro, P. A. (1979). Experimental and postexperimental response to anteriorly directed extraoral force in young *Macaca nemestrina*. *American Journal of Orthodontics*, 75(3), 318-333.
- Jacobson, A., Evans, W. G., Preston, C. B., and Sadowsky, P. L. (1974). Mandibular prognathism. *American Journal of Orthodontics*, 66(2), 140-171.
- Jena, A. K., Duggal, R., Mathur, V. P., and Parkash, H. (2005). Class-III malocclusion: genetics or environment? A twins study. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 23(1), 27.
- Joondeph, D. R. (1993). Early orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 104(2), 199-200.
- Joshi, N., Hamdan, A. M., and Fakhouri, W. D. (2014). Skeletal malocclusion: a developmental disorder with a life-long morbidity. *Journal of Clinical Medicine Research*, 6(6), 399.
- Kajiyama, K., Murakami, T., and Suzuki, A. (2004). Comparison of orthodontic and orthopedic effects of a modified maxillary protractor between deciduous and early mixed dentitions. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 126(1), 23-32.
- Kambara, T. (1977). Dentofacial changes produced by extraoral forward force in the *Macaca irus*. *American Journal of Orthodontics*, 71(3), 249-277.
- Karamanli, B. (2017). Evaluation of the effects of the dental and skeletal anchored face mask therapies on the craniofacial system by using nonlinear finite element analysis. *Asian Pacific Orthodontic Society Trends in Orthodontics*, 7(6), 267-267.
- Katada, H., Katada, H., and Isshiki, Y. (2005). Changes in orthodontic cephalometric reference points on application of orthopedic force to jaw: three-dimensional finite element analysis. *The Bulletin of Tokyo Dental College*, 46(3), 59-65.
- Kaygisiz, E., Taner, L., and Gungor, K. (2015). Distribution of sagittal occlusal relationships in different stages of dentition. *Brazilian Oral Research*, 29(1), 1-6.
- Keles, A., Tokmak, E. Ç., Erverdi, N., and Nanda, R. (2002). Effect of varying the force direction on maxillary orthopedic protraction. *The Angle Orthodontist*, 72(5), 387-396.

- Kiliçoğlu, H., and Kirliç, Y. (1998). Profile changes in patients with Class III malocclusions after Delaire mask therapy. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 113(4), 453-462.
- Kim, C. S., Lee, S. C., Kyung, H. M., Park, H. S., and Kwon, T. G. (2014). Stability of mandibular setback surgery with and without presurgical orthodontics. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 72(4), 779-787.
- Kim, J. H., Viana, M. A., Graber, T. M., Omerza, F. F., and BeGole, E. A. (1999). The effectiveness of protraction face mask therapy: a meta-analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 115(6), 675-685.
- Kim, K. Y., Bayome, M., Park, J. H., Kim, K. B., Mo, S. S., and Kook, Y. A. (2015). Displacement and stress distribution of the maxillofacial complex during maxillary protraction with buccal versus palatal plates: finite element analysis. *European Journal of Orthodontics*, 37(3), 275-283.
- Kircelli, B. H., and Pektas, Z. Ö. (2008). Midfacial protraction with skeletally anchored face mask therapy: a novel approach and preliminary results. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 133(3), 440-449.
- Ko, E. W. C., Hsu, S. S. P., Hsieh, H. Y., Wang, Y. C., Huang, C. S., and Chen, Y. R. (2011). Comparison of progressive cephalometric changes and postsurgical stability of skeletal Class III correction with and without presurgical orthodontic treatment. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 69(5), 1469-1477.
- Ko, J. S., and Kim, J. C. (1995). Effects of maxillary protraction on the displacement of the maxilla. *The Korean Journal of Orthodontics*, 25(5), 543-556.
- Kokich, V. G., Shapiro, P. A., Oswald, R., Koskinen-Moffett, L., and Clarren, S. K. (1985). Ankylosed teeth as abutments for maxillary protraction: a case report. *American Journal of Orthodontics*, 88(4), 303-307.
- Konda, P., and Tarannum, S. A. (2012). Basic principles of finite element method and its applications in orthodontics. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Sciences*, 16(16), 1-4.
- Lee, C. H., Park, H. H., Seo, B. M., and Lee, S. J. (2017). Modern trends in Class III orthognathic treatment: A time series analysis. *The Angle Orthodontist*, 87(2), 269-278.
- Lee, K. G., Ryu, Y. K., Park, Y. C., and Rudolph, D. J. (1997). A study of holographic interferometry on the initial reaction of maxillofacial complex during protraction. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 111(6), 623-632.
- Lee, N. K., and Baek, S. H. (2012). Stress and displacement between maxillary protraction with miniplates placed at the infrazygomatic crest and the lateral nasal wall: a 3-dimensional finite element analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 141(3), 345-351.

- Lee, N. K., Yang, I. H., and Baek, S. H. (2012). The short-term treatment effects of face mask therapy in Class III patients based on the anchorage device: miniplates vs rapid maxillary expansion. *The Angle Orthodontist*, 82(5), 846-852.
- Lin, C. L., Huang, S. F., Tsai, H. C., and Chang, W. J. (2011). Finite element sub-modeling analyses of damage to enamel at the incisor enamel/adhesive interface upon debonding for different orthodontic bracket bases. *Journal of Biomechanics*, 44(1), 134-142.
- Liou, E. J. W., and Tsai, W. C. (2005). A new protocol for maxillary protraction in cleft patients: repetitive weekly protocol of alternate rapid maxillary expansions and constrictions. *The Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 42(2), 121-127.
- Litton, S. F., Ackermann, L. V., Isaacson, R. J., and Shapiro, B. L. (1970). A genetic study of Class III malocclusion. *American Journal of Orthodontics*, 58(6), 565-577.
- Liu, C., Zhu, X., and Zhang, X. (2015). Three-dimensional finite element analysis of maxillary protraction with labiolingual arches and implants. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 148(3), 466-478.
- Lux, C. J., Dücker, B., Pritsch, M., Komposch, G., and Niekusch, U. (2009). Occlusal status and prevalence of occlusal malocclusion traits among 9-year-old schoolchildren. *The European Journal of Orthodontics*, 31(3), 294-299.
- Macdonald, K. E., Kapust, A. J., and Turley, P. K. (1999). Cephalometric changes after the correction of Class III malocclusion with maxillary expansion/facemask therapy. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 116(1), 13-24.
- Mackay, F., Jones, J. A. H., Thompson, R., and Simpson, W. (1992). Craniofacial form in class III cases. *British journal of orthodontics*, 19(1), 15-20.
- Mackerle, J. (2004). Finite element modelling and simulations in dentistry: a bibliography 1990–2003. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 7(5), 277-303.
- Maino, G., Turci, Y., Arreghini, A., Paoletto, E., Siciliani, G., and Lombardo, L. (2018). Skeletal and dentoalveolar effects of hybrid rapid palatal expansion and facemask treatment in growing skeletal Class III patients. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 153(2), 262-268.
- Mandall, N., DiBiase, A., Littlewood, S., Nute, S., Stivaros, N., McDowall, R., Shargill, I., Worthington, H., Cousley, R., Dyer, F., Mattick, R., and Doherty, B. (2010). Is early Class III protraction facemask treatment effective? A multicentre, randomized, controlled trial: 15-month follow-up. *Journal of Orthodontics*, 37(3), 149-161.
- Mao, J. J. (2002). Mechanobiology of craniofacial sutures. *Journal of Dental Research*, 81(12), 810-816.
- Mao, J. J., Wang, X., and Kopher, R. A. (2003). Biomechanics of craniofacial sutures: orthopedic implications. *The Angle Orthodontist*, 73(2), 128-135.

- Melsen, B., and Melsen, F. (1982). The postnatal development of the palatomaxillary region studied on human autopsy material. *American Journal of Orthodontics*, 82(4), 329-342.
- Mermigos, J., Full, C. A., and Andreasen, G. (1990). Protraction of the maxillofacial complex. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 98(1), 47-55.
- Merwin, D., Ngan, P., Hagg, U., Yiu, C., and Wei, S. H. (1997). Timing for effective application of anteriorly directed orthopedic force to the maxilla. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 112(3), 292-299.
- Miyasaka-Hiraga, J., Tanne, K., and Nakamura, S. (1994). Finite element analysis for stresses in the craniofacial sutures produced by maxillary protraction forces applied at the upper canines. *British Journal of Orthodontics*, 21(4), 343-348.
- Mobarak, K. A., Krogstad, O., Espeland, L., and Lyberg, T. (2000). Long-term stability of mandibular setback surgery: a follow-up of 80 bilateral sagittal split osteotomy patients. *The International Journal of Adult Orthodontics and Orthognathic Surgery*, 15(2), 83-95.
- Mow, V. C., and Huiskes, R. (2005). A brief history of science and orthopaedic biomechanics. In *Basic orthopaedic biomechanics and mechano-biology*. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins Ltd., 1-27.
- Moyers, R. E. (1988). *Handbook of orthodontics*. Chicago: Year Book Medical Publishers.
- Mtaya, M., Brudvik, P., and Åstrøm, A. N. (2009). Prevalence of malocclusion and its relationship with socio-demographic factors, dental caries, and oral hygiene in 12-to 14-year-old Tanzanian schoolchildren. *The European Journal of Orthodontics*, 31(5), 467-476.
- Mulier, D., Gaitán Romero, L., Führer, A., Martin, C., Shujaat, S., Shaheen, E., Politis, C., and Jacobs, R. (2021). Long-term dental stability after orthognathic surgery: a systematic review. *European Journal of Orthodontics*, 43(1), 104-112.
- Nanda, R. (1980). Biomechanical and clinical considerations of a modified protraction headgear. *American Journal of Orthodontics*, 78(2), 125-139.
- Nanda, R., and Hickory, W. (1984). Zygomaticomaxillary suture adaptations incident to anteriorly-directed forces in rhesus monkeys. *The Angle Orthodontist*, 54(3), 199-210.
- Ngan, P. (2002). Biomechanics of maxillary expansion and protraction in Class III patients. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 121(6), 582-583.
- Ngan, P. (2005). Early timely treatment of Class III malocclusion. *Seminars in orthodontics*, 11(3), 140-145.
- Ngan, P. W., Hagg, U., Yiu, C., and Wei, S. H. (1997). Treatment response and long-term dentofacial adaptations to maxillary expansion and protraction. In *Seminars in orthodontics*, 3(4), 255-264.

- Nienkemper, M., Wilmes, B., Franchi, L., and Drescher, D. (2015). Effectiveness of maxillary protraction using a hybrid hyrax-facemask combination: A controlled clinical study. *The Angle Orthodontist*, 85(5), 764-770.
- Nienkemper, M., Wilmes, B., Pauls, A., and Drescher, D. (2013). Maxillary protraction using a hybrid hyrax-facemask combination. *Progress in Orthodontics*, 14(1), 1-8.
- Obwegeser, H. (1963). The indications for surgical correction of mandibular deformity by the sagittal splitting technique. *British Journal of Oral Surgery*, 1, 157-171.
- Oh, K. C., Cha, K. S., and Chung, D. H. (2009). Finite Element Analysis of Stress Distribution in using Face Mask according to Traction Point. *Journal of Dental Rehabilitation and Applied Science*, 25(2), 171-181.
- Orton, H. S., Noar, J. H., and Smith, A. J. (1992). The customized facemask. *Journal of Clinical Orthodontics*, 26(4), 230-235.
- Özbilen, E. Ö., Yılmaz, H. N., and Acar, Y. B. (2021). Does Alt-RAMEC protocol and facemask treatment affect dentoalveolar structures? A 3-dimensional study. *The Angle Orthodontist*, 91(5), 626-633.
- Ozdemir, S., and Goymen, M. (2018). A finite element analysis of the effects of different skeletal protraction and expansion methods used in class III malocclusion treatment. *Medicine Science*, 7(4), 898-904.
- Özoğul, B., and Akkaya, S. (2015). *Evaluation of skeletal and dentoalveolar effects of AVPA versus reverse headgear a randomized comparative clinical trial*. In American Association of Orthodontists 115th Annual Session, San Francisco, California.
- Papadopoulos, M. A., and Christou, P. K. (2000). Centers of resistance of the maxillary complex: Theoretical models and practical applications in orthodontics. *Hellenic Orthodontic Review*, 3(1), 35-51.
- Papageorgiou, S. N., Keilig, L., Hasan, I., Jäger, A., and Bourauel, C. (2016). Effect of material variation on the biomechanical behaviour of orthodontic fixed appliances: a finite element analysis. *European Journal of Orthodontics*, 38(3), 300-307.
- Park, J. H., Bayome, M., Zahrowski, J. J., and Kook, Y. A. (2017). Displacement and stress distribution by different bone-borne palatal expanders with facemask: a 3-dimensional finite element analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 151(1), 105-117.
- Park, J. H., Yu, J., and Bullen, R. (2017). Camouflage treatment of skeletal Class III malocclusion with conventional orthodontic therapy. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 151(4), 804-811.
- Peiro-Guijarro, M. A., Guijarro-Martinez, R., and Hernandez-Alfaro, F. (2016). Surgery first in orthognathic surgery: a systematic review of the literature. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 149(4), 448-462.

- Perillo, L., Masucci, C., Ferro, F., Apicella, D., and Baccetti, T. (2010). Prevalence of orthodontic treatment need in southern Italian schoolchildren. *The European Journal of Orthodontics*, 32(1), 49-53.
- Petit, H. (1983). Adaptation following accelerated facial mask therapy. *Clinical alteration of the growing face. Monograph*, 14, 253-289.
- Potpeschnigg, H. (1875). Eine Zahnrichtmaschine. *Deutsche Vierteljahres-Z Zahnheilk*, 15, 34-36.
- Proffit, W. R., Fields, Jr, H. W., Larson, B., and Sarver, D. M. (2018). *Contemporary orthodontics-e-book*. Amsterdam: Elsevier Health Sciences.
- Rabie, A. B. M., Shum, L., and Chayanupatkul, A. (2002). VEGF and bone formation in the glenoid fossa during forward mandibular positioning. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 122(2), 202-209.
- Rabie, A. B. M., Tang, G. H., Xiong, H., and Hägg, U. (2003). PTHrP regulates chondrocyte maturation in condylar cartilage. *Journal of Dental Research*, 82(8), 627-631.
- Ramoğlu, S. ve Ozan, O. (2014). Finite element methods in dentistry. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 24(3), 175-180.
- Reyes, B. C., Baccetti, T., and Mc Namara Jr, J. A. (2006). An estimate of craniofacial growth in Class III malocclusion. *The Angle Orthodontist*, 76(4), 577-584.
- Saadia, M., and Torres, E. (2000). Sagittal changes after maxillary protraction with expansion in class III patients in the primary, mixed, and late mixed dentitions: a longitudinal retrospective study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 117(6), 669-680.
- Sanborn, R. T. (1955). Differences between the facial skeletal patterns of Class III malocclusion and normal occlusion. *The Angle Orthodontist*, 25(4), 208-222.
- Şar, Ç., Arman-Özçırpıcı, A., Uçkan, S., and Yazıcı, A. C. (2011). Comparative evaluation of maxillary protraction with or without skeletal anchorage. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 139(5), 636-649.
- Sarı, Z., Uysal, T., Karaman, A., Başçiftçi, F. A., Üşümez, S. ve Demir, A. (2003). Ortodontik maloklüzyonlar ve tedavi seçeneklerinin değerlendirilmesi: Epidemiyolojik çalışma. *Türk Ortodonti Dergisi*, 16(2), 119-126.
- Sayin, M., and Türkkahraman, H. (2004). Malocclusion and crowding in an orthodontically referred Turkish population. *The Angle Orthodontist*, 74(5), 635-639.
- Showkatbakhsh, R., Jamilian, A., Taban, T., and Golrokh, M. (2012). The effects of face mask and tongue appliance on maxillary deficiency in growing patients: a randomized clinical trial. *Progress in Orthodontics*, 13(3), 266-272.
- Shu, J., Zhang, Y., and Liu, Z. (2019). Biomechanical comparison of temporomandibular joints after orthognathic surgery before and after design optimization. *Medical Engineering and Physics*, 68, 11-16.

- Šidlauskas, A., and Lopatienė, K. (2009). The prevalence of malocclusion among 7–15-year-old Lithuanian schoolchildren. *Medicina*, 45(2), 147.
- Silva, R. G., and Kang, D. S. (2001). Prevalence of malocclusion among Latino adolescents. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 119(3), 313-315.
- Sitaropoulou, V., Yilmaz, H. N., Yilmaz, B., and Kucukkeles, N. (2020). Three-dimensional evaluation of treatment results of the Alt-RAMEC and facemask protocol in growing patients. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*, 81(6), 407-418.
- Slavnic, S., and Marcusson, A. (2010). Duration of orthodontic treatment in conjunction with orthognathic surgery. *Swedish Dental Journal*, 34(3), 159-66.
- Staggers, J. A., Germane, N., and Legan, H. L. (1992). Clinical considerations in the use of protraction headgear. *Journal of Clinical Orthodontics*, 26(2), 87-91.
- Sugawara, J., Asano, T., Endo, N., and Mitani, H. (1990). Long-term effects of chincap therapy on skeletal profile in mandibular prognathism. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 98(2), 127-133.
- Suresh, S., Sundareswaran, S., and Sathyanadhan, S. (2021). Effect of microimplant assisted rapid palatal expansion on bone-anchored maxillary protraction: A finite element analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 160(4), 523-532.
- Tahmina, K., Tanaka, E., and Tanne, K. (2000). Craniofacial morphology in orthodontically treated patients of class III malocclusion with stable and unstable treatment outcomes. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 117(6), 681-690.
- Tanaka, O. M., Araújo, E. A., Oliver, D. R., and Behrents, R. G. (2015). A finite element analysis of the maxillary first molar PDL with maxillary protraction in a mixed dentition Class III malocclusion. *Orthodontics and Craniofacial Research*, 18(4), 242-250.
- Tanaka, O. M., Saga, A. Y., Pithon, M. M., and Argenta, M. A. (2016). Stresses in the midpalatal suture in the maxillary protraction therapy: a 3D finite element analysis. *Progress in Orthodontics*, 17(1), 1-5.
- Tanne, K., and Sakuda, M. (1991). Biomechanical and clinical changes of the craniofacial complex from orthopedic maxillary protraction. *The Angle Orthodontist*, 61(2), 145-152.
- Tanne, K., Hiraga, J., and Sakuda, M. (1989). Effects of directions of maxillary protraction forces on biomechanical changes in craniofacial complex. *The European Journal of Orthodontics*, 11(4), 382-391.
- Tanne, K., Hiraga, J., Kakiuchi, K., Yamagata, Y., and Sakuda, M. (1989). Biomechanical effect of anteriorly directed extraoral forces on the craniofacial complex: a study using the finite element method. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 95(3), 200-207.

- Tanne, K., Matsubara, S., and Sakuda, M. (1995). Location of the centre of resistance for the nasomaxillary complex studied in a three-dimensional finite element model. *British Journal of Orthodontics*, 22(3), 227-232.
- Tindlund, R. S. (1989). Orthopaedic protraction of the midface in the deciduous dentition: results covering 3 years out of treatment. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 17, 17-19.
- Tocci, L. F. C., Silva Filho, O. G. D., Fuziy, A., and Lauris, J. R. P. (2013). Influence of intentional ankylosis of deciduous canines to reinforce the anchorage for maxillary protraction. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 18, 94-102.
- Tortop, T., Keykubat, A., and Yuksel, S. (2007). Facemask therapy with and without expansion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 132(4), 467-474.
- Tripathi, T., Rai, P., Singh, N., and Kalra, S. (2016). A comparative evaluation of skeletal, dental, and soft tissue changes with skeletal anchored and conventional facemask protraction therapy. *Journal of Orthodontic Science*, 5(3), 92.
- Tuncer, C., and Üner, O. (2005). Effects of a magnetic appliance in functional Class III patients. *The Angle Orthodontist*, 75(5), 768-777.
- Turley, P. K. (2002). Managing the developing Class III malocclusion with palatal expansion and facemask therapy. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 122(4), 349-352.
- Uysal, C., Baloş Tuncer, B., and Tuncer, C. (2019). Maxillary posterior intrusion with corticotomy-assisted approaches with zygomatic anchorage—a finite element stress analysis. *Progress in Orthodontics*, 20(1), 1-12.
- Van Limborgh, J. (1983). Morphogenic control of craniofacial growth. *Clinical alteration of the growing face. Craniofacial Growth Series, Monograph*, 1-15.
- Vilas, R., Ceballos, F. C., Al-Soufi, L., González-García, R., Moreno, C., Moreno, M., Villanueva, L., Ruiz, L., Mateos, J., Gonzalez, D., Ruiz, J., Cinza, A., Monje, F., and Álvarez, G. (2019). Is the “Habsburg jaw” related to inbreeding? *Annals of Human Biology*, 46(7-8), 553-561.
- Wang, Y. C., Chang, P. M., and Liou, E. J. W. (2009). Opening of circumaxillary sutures by alternate rapid maxillary expansions and constrictions. *The Angle Orthodontist*, 79(2), 230-234.
- Watanabe, M., Suda, N., and Ohyama, K. (2005). Mandibular prognathism in Japanese families ascertained through orthognathically treated patients. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 128(4), 466-470.
- Williams, A. C., and Stephens, C. D. (1992). A modification to the incisor classification of malocclusion. *British Journal of Orthodontics*, 19(2), 127-130.

- Wolff, G., Wienker, T. F., and Sander, H. (1993). On the genetics of mandibular prognathism: analysis of large European noble families. *Journal of Medical Genetics*, 30(2), 112-116.
- Woon, S. C., and Thiruvengkatachari, B. (2017). Early orthodontic treatment for Class III malocclusion: A systematic review and meta-analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 151(1), 28-52.
- Wu, K. (2012). *The efficacy of maxillary protraction protocols with and without micro-implants—a finite element study*. Los Angeles: University of California, 44.
- Xue, F., Wong, R. W. K., and Rabie, A. B. M. (2010). Genes, genetics, and Class III malocclusion. *Orthodontics and Craniofacial Research*, 13(2), 69-74.
- Xu-xia, W., Rui, D., and Yun, C. (2013). A three-dimensional finite element study on the reaction of different force values generated from maxillary protraction appliance. *Shanghai Journal of Stomatology*, 22(5), 498.
- Yan, X., He, W., Lin, T., Liu, J., Bai, X., Yan, G., and Lu, L. (2013). Three-dimensional finite element analysis of the craniomaxillary complex during maxillary protraction with bone anchorage vs conventional dental anchorage. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 143(2), 197-205.
- Yan, X., He, W., Lin, T., Liu, J., Bai, X., Yan, G., and Lu, L. (2013). Three-dimensional finite element analysis of the craniomaxillary complex during maxillary protraction with bone anchorage vs conventional dental anchorage. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 143(2), 197-205.
- Yepes, E., Quintero, P., Rueda, Z. V., and Pedroza, A. (2014). Optimal force for maxillary protraction facemask therapy in the early treatment of class III malocclusion. *European Journal of Orthodontics*, 36(5), 586-594.
- Yu, H. S., Baik, H. S., Sung, S. J., Kim, K. D., and Cho, Y. S. (2007). Three-dimensional finite-element analysis of maxillary protraction with and without rapid palatal expansion. *The European Journal of Orthodontics*, 29(2), 118-125.
- Yüksel, S., Üçem, T. T., and Keykubat, A. (2001). Early and late facemask therapy. *The European Journal of Orthodontics*, 23(5), 559-568.
- Zhang, Y., Fu, Z., Jia, H., Huang, Y., Li, X., Liu, H., and Li, W. (2019). Long-term stability of maxillary protraction therapy in Class III patients with complete unilateral cleft lip and palate. *The Angle Orthodontist*, 89(2), 214-220.
- Zhao, N., Feng, J., Hu, Z., Chen, R., and Shen, G. (2015). Effects of a novel magnetic orthopedic appliance (MOA-III) on the dentofacial complex in mild to moderate skeletal class III children. *Head and Face Medicine*, 11(1), 1-10.
- Zou, M., and Lin, W. J. (2011). A three-dimensional finite element study on the influence of different protraction force on cranio-maxillary complex. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue= Shanghai Journal of Stomatology*, 20(1), 88-92.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ARSLAN AVAN, Başak
Uyruğu : T.C.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Doktora	Gazi Üniversitesi/Dış Hekimliği Fakültesi /Ortodonti Anabilim Dalı	Devam Ediyor
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi/Dış Hekimliği Fakültesi	2016
Lise	Gazi Üniversitesi Vakfı Özel Fen Lisesi	2010

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
-	-	-

Yabancı Dil

İngilizce, Almanca

Yayınlar

1. Arslan B., Tuncer C. Evaluation of Finite Element Analysis Studies Related to Maxillary Protraction with Facemask. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Dış Hekimliği Dergisi*. 2022; 4(2): 73-78.
2. Arslan, B., Yıldırım, E., Bodur, O. C., Tuncer, B. B., Ulusoy, M. Ç., and Tuncer, C. (2022). Effects of Tooth Brushing and MouthWashing on Leaching Bisphenol A Levels From an Orthodontic Adhesive: An In Vitro Study. *Turkish Journal of Orthodontics*, 35(1), 27-32.
3. Canigur Bavbek, N., and Arslan Avan, B. (2021). Morphometric evaluation of cranial base and sella turcica in patients with bilateral agenesis of maxillary lateral incisors. *Odontology*, 109(3), 701-709.
4. Baloş Tuncer B. , Canigür Bavbek N. , Arslan Avan B. , Çelik B. , Tuncer C. The influence of clinical training level on the empathy levels of undergraduate and postgraduate dental students. *Acta Odontologica Turcica*. 2021; 38(1): 1-7.

5. Kurnaz M, Arslan Avan B, Baloş Tuncer B. Erken dönem miyofonksiyonel tedavinin önemi. Taner L, editör. Erken Dönem Ortodontik Tedaviler ve Etkileri. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2020. p.25-32.

Katılan Bilimsel Kongre ve Sempozyumlar

1. Alt Keser Diş Çekimli Tedavilerde Diş Boyutları, Oranları ve Oklüzal İlişkilerdeki Değişimlerin İncelenmesi, 18.Uluslararası Türk Ortodonti Derneği Kongresi, 16-22 Kasım 2022, Antalya, TÜRKİYE. (Sözlü sunum)
2. Canigür Bavbek N., Arslan B., Kar İ., Baloş Tuncer B., Yüz maskesi ve hızlı üst çene genişletmesi uygulamasının yaşam kalitesi üzerine etkilerinin değerlendirilmesi: Hasta ve ebeveyn algısı, 17.TOD Uluslararası Sanal Sempozyumu, 12-14 Mart 2021, TÜRKİYE.
3. Arslan B., Yıldırım E., Bodur O.C., Baloş Tuncer B., Ulusoy M.Ç., Tuncer C., Ortodontik Yapıştırıcıdan Salınan Bisfenol A'nın İn-vitro Olarak Değerlendirilmesi, Erciyes Üniversitesi Uluslararası Diş Hekimliği Kongresi, 26-29 Şubat 2020, Kayseri, TÜRKİYE. (Sözlü sunum)
4. Akkaya S., Arslan Avan B., Kurnaz M., Evaluation of the effect of incisor intrusion on dental arch using Burstone segmental arch technique : 2 case reports, 3rd Congress of the Balkan Association of Orthodontic Specialists, 12-15 September 2019, Ohrid, Northern Macedonia. (Sözlü sunum)
5. Akkaya S., Arslan Avan B., Kurnaz M., Evaluation of the effect of incisor intrusion on dental arch using Burstone segmental arch technique : 2 case reports, 3rd Congress of the Balkan Association of Orthodontic Specialists, 12-15 September 2019, Ohrid, Northern Macedonia. (Sözlü sunum)
6. Arslan B., Tuncer C., Canigür Bavbek N., Çelik B., Baloş Tuncer B., Lisans ve lisansüstü diş hekimliği öğrencilerinin empatik düşünme eğilimlerinin incelenmesi, Türk Diş Hekimleri Birliği 24. Uluslararası Diş Hekimliği Kongresi, 27-30 Eylül 2018, Ankara, TÜRKİYE. (Sözlü sunum)
7. Salahaldin A., Arslan B., Tuncer C., Bilateral posterior çapraz kapanış ve açık kapanışa sahip bir bireyin çekimli sabit tedavisi ve pekiştirilmesi, XV. Uluslararası Türk Ortodonti Derneği Sempozyumu, 5-7 Kasım 2017, Ankara, TÜRKİYE.
8. Salahaldin A., Arslan B., Tuncer C., Şiddetli sınıf 2 anomaliye sahip bireyin erken dönem fonksiyonel tedavisi ve 3 yıllık takibi, XV. Uluslararası Türk Ortodonti Derneği Sempozyumu, 5-7 Kasım 2017, Ankara, TÜRKİYE.

Katılan Bilimsel Kurslar

1. Splintten Fizyoterapiye Oklüzyonun Düzenlenmesi; Teşhis, Planlama, Tedavi. Ağustos 2022, Ankara, TÜRKİYE.
2. Hücre Kültürü ve Temel Moleküler Biyolojik Teknikler Eğitimi. Nisan 2022, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, TÜRKİYE
3. Clincheck Masters Vol II, 2021, Ankara, TÜRKİYE

4. Invisalign Şeffaf Plak Sistemi Sertifikasyon Programı, Ağustos 2021, Ankara, TÜRKİYE.

Üye Olduğu Bilimsel Kuruluşlar

Türk Ortodonti Derneği





GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..